



Solução de Engenharia de Proteção Contra Sobretensões

JORGE MANUEL DE ABREU SOUSA

Outubro de 2021

Solução de Engenharia de Proteção Contra Sobretensões

Jorge Manuel de Abreu Sousa



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2021

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE –
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Jorge Manuel de Abreu Sousa, Nº 1191148, 1191148@isep.ipp.pt

Orientação científica: António Augusto Araújo Gomes, aag@isep.ipp.pt

Empresa: Iso-Sigma – Energia e Gestão, LDA

Supervisão: José Marques, tecnica@iso-sigma.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2021

A todos que acreditaram que seria possível... A ti meu Pai

Agradecimentos

Quero começar por deixar um enorme agradecimento à minha companheira Célia Henriques por toda a força e coragem que foi transmitindo ao longo deste percurso.

Agradecer ao Engenheiro António Gomes pela disponibilidade e apoio durante o desenvolver do trabalho e por ter aceitado ser o meu orientador científico.

Ao Engenheiro José Marques que além de ser meu colega de trabalho aceitou ser meu orientador a nível de empresa e por todo o conhecimento transmitido ao longo destes meses de trabalho.

À minha família pelo apoio e paciência nos momentos mais complicados nesta caminhada da minha vida.

Ao corpo docente do Instituto Superior de Engenharia do Porto que apesar de curta a minha passagem é com enorme apreço que fico pelos conhecimentos transmitidos e todo o apoio prestado ao longo destes dois anos.

Aos meus colegas de estudo pelo tempo passado juntos a batalhar para concluir com sucesso os desafios propostos e pela força passada para nunca desistir.

Aos meus amigos de longa data que estão sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida.

Por último, a todos os meu colegas de trabalho na Iso-Sigma que sem eles tudo isto não seria possível. Aos diretores da empresa uma palavra de apreço por todo o apoio e confiança depositada em mim.

Resumo

As descargas atmosféricas são um fenómeno natural, cujos efeitos podem trazer consequências muito significativas, quer em termos de danificação e perdas de bens materiais, quer em termos de perda de vidas humanas.

Os equipamentos elétricos e eletrónicos estão em constante exposição a perturbações elétricas, e se não estiverem devidamente protegidos estão sujeitos a danos que na maioria das vezes são irreparáveis, causados por sobretensões transitórias ou permanentes.

Torna-se, assim, mandatário a adoção de medidas de proteção e mitigação dos efeitos das descargas atmosféricas diretas e sobretensões nas instalações de assegurar a proteção de bens e pessoas.

No âmbito desta dissertação, será abordada a temática da proteção das instalações contra descargas atmosféricas e sobretensões induzidas, em termos de enquadramento regulamentar, normativo, técnico/científico e tecnológico.

Primariamente é apresentada uma breve análise da origem, formação e caracterização das descargas atmosféricas, bem como a análise da metodologia e soluções técnicas de proteção externa e interna aos edifícios. São também abordados e sintetizados os regulamentos e normas existentes destinados a normalizar métodos e procedimentos, para a decisão de implementação de medidas de segurança no sentido de proteger uma estrutura.

Seguidamente foram desenvolvidas duas aplicações informáticas, de apoio ao projeto de sistemas de proteção contra sobretensões. A primeira uma aplicação informática de apoio à análise de risco e definição no nível de proteção, de acordo com o definido na norma IEC 62305-2, e a segunda, uma aplicação de apoio à seleção do material e realização de mapa de quantidades. As aplicações desenvolvidas permitiram a redução do tempo de projeto de sistemas de proteção contra sobretensões.

Foi, ainda, desenvolvido um projeto técnico de proteção contra sobretensões de um edifício recebendo público, envolvendo a proteção externa, com recurso a sistemas passivos e

sistemas ativos, assim como a proteção interna, com o projeto de descarregadores de sobretensões. Foi também realizada uma análise económica aos dois sistemas de proteção.

Na parte final do documento são apresentadas as conclusões obtidas no estudo, assim como algumas considerações que poderão ser objeto de estudo em trabalhos futuros.

Palavras-Chave

Descargas Atmosféricas; Sobretensões; Sistemas de Proteção; Segurança; Danos; Regulamentação; Estruturas.

Abstract

Lightning discharges are a natural phenomenon, the effects of which can have very significant consequences, both in terms of damage and loss of material goods and of human lives.

Electrical and electronic equipment are constantly exposed to electrical disturbances, and if they are not properly protected they are subject to damage, which in most cases is irreparable, caused by transient or permanent overvoltages.

It is therefore mandatory to adopt measures to protect and mitigate the effects of direct lightning strikes and overvoltages on installations to ensure the protection of people and property.

Within the scope of this dissertation, the subject of the protection of installations against lightning and induced overvoltages will be addressed, in terms of the regulatory, normative, technical/scientific and technological framework.

Firstly, a brief analysis of the origin, formation and characterisation of lightning discharges is presented, as well as the analysis of the methodology and technical solutions for external and internal protection of buildings. The existing regulations and standards aimed at standardising methods and procedures for the decision of implementing safety measures to protect a structure are also addressed and summarised.

Two software applications were then developed to support the design of surge protection systems. The first was an application to support the risk analysis and the definition of the protection level, according to the IEC 62305-2 standard, and the second was an application to support the selection of material and the preparation of a bill of quantities. The applications developed allowed a reduction in the design time of surge protection systems.

It was also developed a technical project of protection against overvoltages of a building receiving public, involving external protection, using passive and active systems, as well as

internal protection, with the design of surge arresters. An economic analysis of the two protection systems was also carried out.

The final part of the document presents the conclusions obtained in the study, as well as some considerations that may be the subject of study in future work.

Keywords

Lightning; Surge; Protection Systems; Security; Damage; Regulations; Structure

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract.....	vii
Índice	x
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tabelas	xxii
Listas de Abreviaturas e Símbolos	xxiv
1 Introdução.....	1
1.1 Objetivos da Dissertação	2
1.2 Estrutura da Dissertação	2
2 Proteção das Instalações Contra Descargas Atmosféricas e Sobretensões.....	5
2.1 Descargas Atmosféricas e Sobretensões.....	5
2.1.1 Processo de Formação de Descargas Atmosféricas.....	6
2.1.2 Tipos de Descargas Atmosféricas.....	7
2.1.3 Nível Isoceráunico e Densidade de Descargas no Solo.....	8
2.1.4 Sobretensões de Origem Atmosférica	9
2.1.5 Impacto Direto e Indireto de uma Descarga Atmosférica	10
2.1.5.1 Efeitos do Impacto Direto	11

2.1.5.2	Efeitos do Impacto Indireto.....	12
2.1.6	Sobretensões	13
2.1.6.1	Modos de Propagação	14
2.1.6.2	Consequências das Sobretensões	15
2.2	Proteção Externa e Proteção Interna.....	16
2.2.1	Proteção Externa.....	16
2.2.1.1	Dispositivos de Captura	16
2.2.1.1.1	Sistemas Passivos	17
2.2.1.1.2	Sistemas Ativos.....	19
2.2.1.2	Métodos para a Definição do Sistema Captor	20
2.2.1.2.1	Sistemas Passivos	20
2.2.1.2.2	Sistemas Ativos.....	24
2.2.1.3	Condutores de Baixada.....	25
2.2.1.4	Sistemas de Ligação à Terra.....	25
2.2.2	Proteção Interna.....	26
2.2.2.1	Descarregadores de Sobretensões	26
2.2.2.2	Características dos Descarregadores de Sobretensões	26
2.2.2.3	Instalação e Tipos de Descarregadores de Sobretensões	27
2.2.3	Ligação Equipotencial	31
2.2.4	Isolação Elétrica	34
2.3	Regulamentos e Normas	35

2.3.1	Aspetos Gerais	35
2.3.2	Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão	35
2.3.3	Norma IEC 62305	37
2.3.4	Norma NP 4426	39
2.3.5	Norma EN 62561	39
2.3.6	Norma EN 50164	40
2.3.7	Guia Prático NP EN 62305	41
2.4	Avaliação do Risco e Definição de Nível de Proteção	41
2.4.1	Princípios Gerais	42
2.4.1.1	Origem dos Danos	42
2.4.1.2	Tipos de Danos	43
2.4.1.3	Tipos de Perdas	43
2.4.1.4	Riscos e Componentes de Risco	44
2.4.2	Gestão de Risco	45
2.4.3	Avaliação das Componentes de Risco	47
2.4.4	Análise Custo-Benefício da Implementação de Medidas de Proteção	51
3	Aplicação Informática de Análise de Risco	53
3.1	Generalidades	53
3.2	Objetivos Gerais da Ferramenta Informática	53
3.3	Tecnologias Informáticas Utilizadas	54
3.4	Arquitetura da Ferramenta Informática	54

3.5	Geração de Resultados.....	56
3.6	Verificação e Validação.....	57
4	Aplicação Informática de Seleção de Material de Apoio ao Projeto.....	61
4.1	Generalidades	61
4.2	Objetivos Gerais da Ferramenta Informática.....	61
4.3	Tecnologias Informáticas Utilizadas	62
4.4	Arquitetura da Ferramenta Informática	62
4.5	Geração de Resultados.....	65
5	Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Sobretensões – Estudo de Caso.....	67
5.1	Enquadramento	67
5.2	Descrição da Instalação	67
5.2.1	Avaliação do Risco	68
5.2.1.1	Processo Manual	69
5.2.1.2	Com Recurso a Aplicações Informáticas	74
5.2.1.2.1	Software Comercial	74
5.2.1.2.2	Software Desenvolvido no âmbito do Presente Trabalho.....	75
5.2.2	Análise Comparativa	76
5.3	Proteção Externa.....	76
5.3.1	Sistema Passivo	77
5.3.1.1	Haste de Terminação.....	77
5.3.1.2	Condutores de Baixada.....	78

5.3.1.3	Porta Condutores	79
5.3.1.4	Proteção aos Condutores de Baixada	80
5.3.1.5	Abraçadeira para Condutor Isolado de Cobre	81
5.3.1.6	Sistemas de Terras.....	81
5.3.1.6.1	Caixa de Visita.....	82
5.3.1.6.2	Barra Coletora.....	83
5.3.1.6.3	Eléctrodo em Piquet.....	83
5.3.2	Sistema Ativo de Avanço à Ignição	84
5.3.2.1	Ponta Captora	84
5.3.2.2	Mastro de Extensão	86
5.3.2.3	Fixador Mural.....	87
5.3.2.4	Condutores de Baixada.....	87
5.3.2.5	Fixação para o Condutor de Baixada	88
5.3.2.6	Abraçadeira para Fita	89
5.3.2.7	Contador de Descargas.....	89
5.3.2.8	Ligador Amovível	90
5.3.2.9	Proteção do Condutor de Baixada.....	91
5.3.2.10	Sistemas de Terras.....	91
5.3.2.10.1	Caixa de Visita.....	91
5.3.2.10.2	Barra Coletora.....	92
5.3.2.10.3	Eléctrodo em Piquet.....	93

5.4	Proteção Interna.....	94
5.5	Análise de Investimento	97
5.6	Análise Técnico Económica	99
6	Conclusão	101
6.1	Contributos do Trabalho	101
6.2	Desenvolvimentos Futuros	102
	Bibliografia.....	104
	Anexo I: Projeto da Instalação de um SPDA	
	Anexo II: Projeto da Instalação de um SPDI	

Índice de Figuras

Figura 1 - Ciclo de Vida de uma Nuvem Cumulus Nimbus [3]	5
Figura 2 - Desapontar do Traçador na Base da Nuvem [4]	6
Figura 3 - Mapa de Portugal Continental com Curvas de Nível Isoceraúnico [6]	8
Figura 4 - Sobretensões Transitórias [9].....	10
Figura 5 - Distribuição da Corrente de Raio - Impacto Direto [12]	12
Figura 6 - Representação da Onda 10/350 μ s e 8/20 μ s [12]	12
Figura 7 - Efeitos do Impacto Indireto das Descargas Atmosféricas [13].....	13
Figura 8 - Sobretensão Transitória em Modo Comum [15]	14
Figura 9 - Sobretensão Transitória em Modo Diferencial [15]	15
Figura 10 - Consequências de Sobretensões (Exemplo) [15].....	15
Figura 11 - Exemplo de uma Ponta de Franklin [18]	18
Figura 12 - Exemplo de um Sistema Gaiola de Faraday [18]	19
Figura 13 - Exemplo de um Captor Ionizante de Avanço à Ignição [19].....	20
Figura 14 - Ângulo de Proteção Correspondente à Classe de SPDA [16]	21
Figura 15 - Volume Protegido por uma Haste de Captura Vertical [16].....	22
Figura 16 - Conceção do Dispositivo de Captura pelo Método da Esfera Rolante [16]	23
Figura 17 – Ângulo de Proteção e Raio Comparável da Esfera Rolante [18].....	23
Figura 18 - ZPD definida por um Sistema de Medidas de Proteção (SMP) [22].....	28

Figura 19 - Descarregador de Sobretensões do Tipo 2 [23]	29
Figura 20 - Exemplo Instalação de DST Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3 [24]	31
Figura 21 - Anel de Terra Embebido nos Elementos de Construção [14].....	33
Figura 22 - Organização por Partes de IEC 62305 [22]	39
Figura 23 - Procedimento Geral de Aplicação da IEC 62305-2 [30]	47
Figura 24 - Interface da Aplicação Desenvolvida	55
Figura 25 - Aplicação Desenvolvida - Extrato do Menu de Preenchimento de Dados: Localização Relativa.....	55
Figura 26 - Aplicação Desenvolvida - Extrato do Menu de Preenchimento de Dados: Dimensões da Estrutura.....	56
Figura 27 - Interface da Aplicação Desenvolvida Preenchida pelo Utilizador	56
Figura 28 - Aplicação Desenvolvida – Extrato do Menu de Cálculo do Risco.....	57
Figura 29 - Software "RIESGO" - Extrato do Menu de Preenchimento: Dados Gerais	58
Figura 30 - Software Desenvolvido - Extrato do Menu de Preenchimento: Dados Gerais	58
Figura 31 - Software "RIESGO" - Extrato do Menu Cálculo de Risco	59
Figura 32 - Software Desenvolvido - Extrato do Menu Cálculo de Risco	59
Figura 33 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Página Inicial	63
Figura 34 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Consultar Material	63
Figura 35 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Seleção de Material / Mapa de Quantidades	64
Figura 36 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Extrato da Escolha de um Modelo de Ponta Captora.....	64

Figura 37 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Mapa de Quantidades	65
Figura 38 - Localização do Edifício da Iso-Sigma	68
Figura 39 - Extrato do Desenho da Implementação da Haste de Terminação	77
Figura 40 - Haste de Terminação DEHN-105500 [31]	78
Figura 41 - Extrato do Desenho do Traçado do Condutor de Baixada.....	79
Figura 42 - Condutor de Baixada DEHN-840008 [31]	79
Figura 43 - Porta Condutores DEHN-253050 [31]	80
Figura 44 - Extrato do Desenho da Proteção aos Condutores de Baixada	80
Figura 45 - Condutor CUI DEHN-830208 [31]	81
Figura 46 - Abraçadeira para Condutor CUI DEHN-275220 [31].....	81
Figura 47 - Extrato do Desenho do Eléctrodo de Terra	82
Figura 48 - Caixa de Visita AT-010K [19]	83
Figura 49 - Barra Coletora DEHN-472207 [31].....	83
Figura 50 - Piquet Terra DEHN-620101 [31]	83
Figura 51 - Extrato do Desenho dos Raios de Proteção Calculados	85
Figura 52 - Extrato do Desenho da Implementação das PDI	86
Figura 53 - Ponta Captora AT-1560 [19]	86
Figura 54 - Mastro de Extensão AT-056A [19]	87
Figura 55 - Fixador Mural AT-023B [19]	87
Figura 56 - Fita de Cobre Estanhado AT-052D [19].....	88
Figura 57 - Peça de Fixação para Condutor de Baixada AT-011A [19]	88

Figura 58 - Colocação da Peça de Fixação para o Condutor de Baixada [19]	88
Figura 59 - Abraçadeira para Fita AT-240E [19]	89
Figura 60 - Contador de Descargas AT-034G [19]	89
Figura 61 – Extrato do Desenho da Colocação do Contador de Descargas, Ligador Amovível e Tubo de Proteção	90
Figura 62 - Ligador Amovível AT-010F [19]	91
Figura 63 - Tubo de Proteção AT-063G [19]	91
Figura 64 - Caixa de Visita AT-010H [19]	92
Figura 65 - Barra Coletora AT-020H [19].....	92
Figura 66 - Extrato do Desenho da Conexão do Eléctrodo de Terra à Rede Geral de Terras	93
Figura 67 - Eléctrodo em Piquet AT-041H [19]	93
Figura 68 - Planta da Distribuição dos Quadros Eléctricos	95
Figura 69 - Esquema Eléctrico: Ligação dos Descarregadores de Sobretensões	96
Figura 70 – Instalação de um Descarregador de Sobretensões num Quadro Eléctrico.....	97

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Corrente de Pico de uma Descarga Atmosférica [10]	10
Tabela 2 - Relação dos Níveis de Proteção Contra as Descargas Atmosféricas e Classe de SPDA	17
Tabela 3 - Valores Máximos Admissíveis para Cada Método de Proteção e Classe de SPDA [16]	20
Tabela 4 - Valores Típicos da Distância Entre os Condutores de Baixada [16]	25
Tabela 5 - Dimensões Mínimas dos Condutores de Conexão de Diferentes Barras de Equipotencialidade ou de Conexão dessas Barras ao Sistema de Ligação à Terra [16]	32
Tabela 6 - Dimensões Mínimas dos Condutores de Conexão das Instalações Metálicas Internas à Barra de Equipotencialidade [16]	32
Tabela 7 - Dimensões Mínimas dos Condutores Ligados a Diferentes Barras de Equipotencialidade ou Entre as Barras de Equipotencialidade e a Terra [20]	33
Tabela 8 - Dimensões Mínimas dos Condutores de Ligação Entre os Elementos Metálicos Internos e a Ligador Amovível Principal [20].....	34
Tabela 9 - Níveis de Referência das Sobretensões Transitórias nos Circuitos e nos Equipamentos [25].....	37
Tabela 10 - Características Técnicas Mínimas Definidas na EN 62561 [26].....	40
Tabela 11 - Origem dos Danos [29]	43
Tabela 12 - Tipos de Danos [29]	43
Tabela 13 - Tipos de Perdas [29].....	43
Tabela 14 - Tipos de Riscos [29].....	44

Tabela 15 - Valores Típicos de Risco Tolerável [29].....	46
Tabela 16 - Dimensão do Edifício.....	67
Tabela 17 - Risco Calculado sem Proteção	73
Tabela 18 - Risco Calculado com Proteção Nível IV.....	74
Tabela 19 - Risco Calculado pelo Software "RIESGO"	74
Tabela 20 - Risco Calculado pelo Software Desenvolvido	75
Tabela 21 – Risco Calculado com Proteção Nível IV pelo Software Desenvolvido	75
Tabela 22 - Risco Calculado Através de Ferramentas Diversas.....	76
Tabela 23 - Identificação das Zonas (ZPD) no Edifício.....	94
Tabela 24 - Listagem de DST Propostos a Instalar	96
Tabela 25 - Estimativa de Investimento - SPDI.....	98
Tabela 26 - Estimativa de Investimento - SPDA.....	98
Tabela 27 - Estimativa de Investimento - DST	99
Tabela 28 - Diferenças de Custo e Mão de Obra.....	99

Listas de Abreviaturas e Símbolos

- **Lista de abreviaturas**

BT	Baixa Tensão
CAED	Choque Atmosférico Eletromagnético da Descarga atmosférica
CTE	Comissão Técnica de Normalização
DST	Descarregadores de Sobretensões
EN	Norma Europeia
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IEP	Instituto Eletrotécnico Português
LEMP	Impulso Eletromagnético devido a Descargas atmosféricas
MT	Média Tensão
NP	Norma Portuguesa
NPDA	Níveis de Proteção contra Descargas Atmosféricas
PDI	Ponta
QE	Quadro Elétrico
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RTIEBT	Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
SPDI	Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas com Dispositivo de Ionização
VBA	<i>Visual Basic for Application</i>
VSC	<i>Visual Studio Code</i>
ZPD	Zonas de Proteção contra Descargas atmosféricas

• **Lista de símbolos**

cm	centímetro
kA	kiloAmpere
km	Quilómetro
kV	kiloVolt
m	metro
MJ	MegaJoules
mJ	miliJoules
mm	milímetro
V	Volt
μm	micrómetro
μs	microsegundo
Δ	nível de ionização
Ω	Ohm

1 Introdução

Descargas atmosféricas são eventos naturais, incontroláveis e aleatórios, em que a monitorização do local exato onde se irá suceder é de grande complexidade. Devido à sua aleatoriedade associada ao poder de destruição que lhes é reconhecido, este fenómeno é uma das principais ameaças à segurança das instalações elétricas e pessoas que não pode ser ignorado, sob a pena de causar uma panóplia de consequências devastadoras.

A melhor forma de se enfrentar esta ameaça, passa por identificar as fragilidades que uma possível estrutura apresenta face a um acontecimento deste tipo e implementar um sistema de proteção contra os efeitos dos raios. Um sistema de proteção consiste na proteção externa, com capacidade de capturar, direcionar e escoar a elevada corrente que possa surgir em condições de segurança e na proteção interna que envolve todas as medidas adicionais que impedem as implicações magnéticas e elétricas da corrente do raio.

Na falta de existência de dispositivos ou métodos capazes de alterar tal fenómeno, a aplicação de medidas de proteção externas e internas contra descargas atmosféricas são essenciais. Num mundo onde a complexidade de edifícios e equipamentos tende a crescer o raio é um risco contínuo. Por força da existência de um regulamento internacional a aplicação de tais medidas são obrigatórias e através de um conjunto de normas são determinadas as orientações quanto à necessidade de deteção e proteção, caso ocorra com incidência na própria estrutura ou a alguma distância da mesma.

Na sequência de uma descarga atmosférica, para além dos danos diretos, existem os efeitos indiretos que atingem setores económicos e que leva na maior parte dos casos a prejuízos muito superiores aos causados diretamente. Para minimizar o impacto económico é fundamental a implementação de medidas de proteção para este tipo de fenómenos.

Ao longo deste projeto, será desenvolvido um estudo técnico e económico para a aplicação de proteção interna e externa nas instalações da empresa Iso-Sigma – Energia e Gestão, LDA.

A Iso-Sigma é uma empresa ligada ao mercado energético com o fabrico e/ou comércio de produtos de média e baixa tensão nomeadamente na produção de postos de transformação e seccionamento de Média Tensão (MT), fabrico/asmblagem de quadros elétricos de Baixa Tensão (BT) e serviços de segurança elétrica.

1.1 Objetivos da Dissertação

Sem prejuízo da realização de outras atividades que possam vir a ser desenvolvidas, os objetivos principais específicos da presente dissertação são:

- Realização do estado da arte sobre a temática do trabalho;
- Desenvolvimento de uma aplicação informática de apoio à análise de risco de acordo com o definido na norma IEC 62305 – Parte 2;
- Desenvolvimento de uma aplicação informática interativa de apoio ao projeto de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas e sobretensões, de consulta e seleção de materiais e equipamentos;
- Estudo de caso: Desenvolvimento de um projeto (estudo técnico e económico) de proteção interna e externa de um edifício recebendo público:
 - Proteção externa: Sistema passivo (Gaiola de Faraday) e Sistema ativo (Pararaios ionizante de avanço à ignição);
 - Proteção interna: Descarregadores de sobretensões.

1.2 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

No capítulo 1 é realizada uma introdução à temática do tema da dissertação e apresentados os objetivos propostos para a realização da mesma.

No capítulo 2 é realizada uma revisão e síntese ao estado da arte do assunto em foco na presente dissertação. É realizada uma descrição sobre o fenómeno das descargas atmosféricas e os diferentes tipos de descargas atmosféricas que podem ocorrer. Também é

abordada a temática das proteções, externas e internas, que se podem aplicar nas diversas estruturas para reduzir os efeitos do impacto que podem surgir na ocorrência deste tipo de fenómenos. É feita uma abordagem à regulamentação e normas em vigor em Portugal que sustentam a aplicação dos sistemas de proteção, passivos pela norma IEC 62305, e ativos pela norma NP 4426, passando também pelas Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT). Abordam-se também as normas EN 62561 e EN 50164 que normalizam as características técnicas mínimas que o material a instalar deve respeitar, com o intuito de garantir a fiabilidade e durabilidade do sistema. Ainda no capítulo 2 é explicado como fazer uma avaliação de risco de uma estrutura segundo a norma IEC 62305-2, para definição do nível de proteção a considerar num sistema de proteção a instalar.

O capítulo 3 é dedicado à apresentação da aplicação informática desenvolvida para a realização de uma análise de risco de forma célere e eficaz. Para verificação e validação do funcionamento da mesma, é feito uma comparação com um *software* comercial disponibilizado pela empresa *Aplicaciones Tecnológicas*.

No capítulo 4 é dedicado à apresentação da segunda aplicação desenvolvida no presente trabalho de dissertação, onde foi feita uma aplicação de suporte para a seleção de material a implementar num sistema de proteção de carácter ativo.

No capítulo 5 é apresentado o estudo de caso desenvolvido, nomeadamente o desenvolvimento de um projeto de implementação de proteção externa e interna de um edifício recebendo público. Primariamente foi feito um enquadramento do trabalho a ser realizado e uma breve caracterização do edifício em estudo. De seguida realizou-se uma análise de risco recorrendo a três processos diferentes, manual, recorrendo ao *software* comercial e também à aplicação desenvolvida. Por fim abordou-se o material de cada sistema, passivo e ativo, bem como os descarregadores de sobretensões a implementar, finalizando com uma análise técnico económica.

No capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado e os desenvolvimentos futuros a elaborar nas aplicações produzidas ao longo do projeto.

2 Proteção das Instalações Contra Descargas Atmosféricas e Sobretensões

2.1 Descargas Atmosféricas e Sobretensões

As descargas atmosféricas são descargas elétricas de grande dimensão e de grande intensidade, que ocorrem devido ao acumular de cargas elétricas em diversas regiões da atmosfera, em geral dentro das nuvens de trovoadas, do tipo *Cumulus Nimbus* [1][2]. Estes tipos de nuvens formam-se a partir do vapor de água que se desenvolve desde a troposfera e são compostas por pequenas partículas de gelo na parte superior e ainda por gotas de água na parte inferior.

Ao colidirem entre si, os cristais de gelo originam cargas elétricas de diferentes polaridades, fazendo com que o ar fique carregado de forma positiva e as partículas de água de forma negativa. Geralmente, esta nuvem está carregada negativamente na zona inferior e positivamente na zona superior [3].

A Figura 1 mostra o ciclo de vida de uma nuvem *Cumulus Nimbus*.

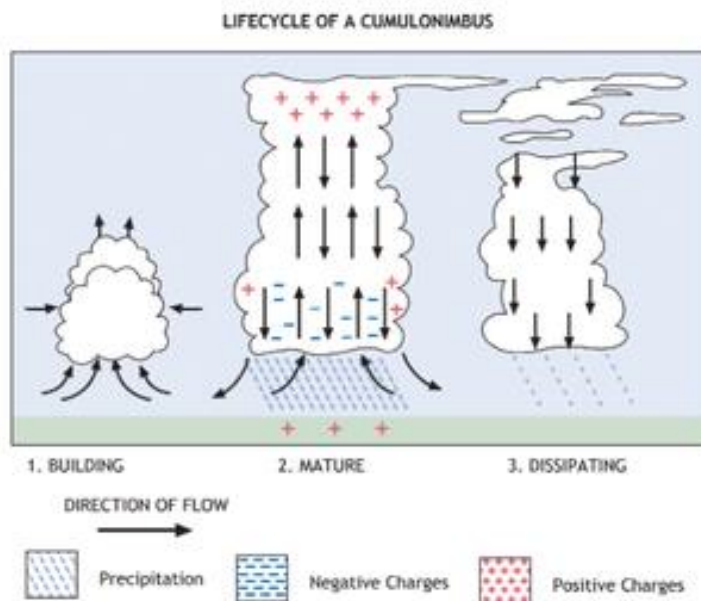


Figura 1 - Ciclo de Vida de uma Nuvem *Cumulus Nimbus* [3]

2.1.1 Processo de Formação de Descargas Atmosféricas

A descarga elétrica inicia quando o campo elétrico produzido por estas cargas atinge a capacidade isolante do ar, ou seja, a rigidez dielétrica é atingida em um determinado local na atmosfera, que pode ser dentro da nuvem ou junto ao solo. Uma vez rompida a resistência, inicia-se um rápido movimento de elétrons da zona carregada negativamente para a outra zona carregada de forma positiva [1][2].

Como consequência dessa ruptura inicial ocorre uma descarga preliminar pouco luminosa, designada por traçador, como se pode visualizar na Figura 2, que se difunde da nuvem até ao solo avançando por estágios de poucas dezenas de metros [3].

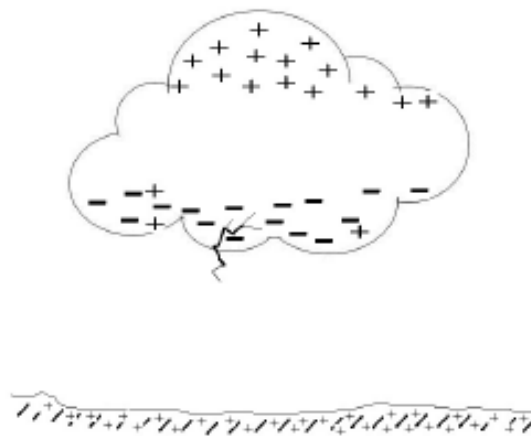


Figura 2 - Desapontar do Traçador na Base da Nuvem [4]

Com o aproximar do traçador ao solo pelo efeito de atração, há um aumento na densidade de cargas no solo e do campo elétrico naquela zona. No momento em que o traçador atinge uma certa distância em relação ao solo, pré descargas ascendentes desenvolvem-se consecutivamente de forma similar ao traçador. Quando o traçador e as descargas ascendentes se encontram, é criado um curto-circuito entre a nuvem e o solo, no qual irá permitir a passagem de uma corrente bastante elevada no sentido de neutralizar todas as cargas envolvidas, definida também como corrente de retorno. Em simultâneo nota-se a presença de efeitos luminosos e sonoros [3][4].

Ao invés do que acontece na primeira descarga, que é antecedida de um traçador por descarga, as seguintes são precedidas por um traçador contínuo, mais rápido e imponente, denominado por traçador piloto [3].

2.1.2 Tipos de Descargas Atmosféricas

Existem diversos tipos de descargas, em que cada tipo tem uma designação diferente e de modo a facilitar a sua análise é possível agrupá-los da seguinte forma:

- Descargas entre nuvens;
- Descargas no ar;
- Descargas nuvem-solo;
- Descargas solo-nuvem;
- Descargas intra-nuvem.

As descargas no solo ocorrem com maior frequência quando comparadas com as descargas nas nuvens. As descargas nuvem-solo / solo-nuvem, são caracterizadas pela transferência de carga para a terra que ocorre por meio de avanço do canal ionizado. As do tipo solo-nuvem, onde o canal ionizado progride no sentido da nuvem, ocorre com menor frequência, sendo observadas em regiões montanhosas e torres.

No conjunto de descargas na nuvem incluem-se as descargas intra-nuvem, descargas no ar e descargas entre nuvens. Fundamentalmente, a diferença entre estes tipos passa pela direção da evolução do canal ionizado. Por exemplo, nas descargas intra-nuvem, o canal é formado internamente na nuvem de trovoadas por meio da atração das cargas presentes formando uma região de alta luminosidade [4].

Alguns destes tipos de descargas são raros de ocorrer, no entanto é importante ter a ideia que o fenómeno é o mesmo, independentemente da classificação [4].

O tipo de descargas em que a frequência de ocorrência é maior, cerca de 70%, são as do tipo intra-nuvem que podem chegar aos 90% em zonas próximas do equador ou inferior, perto de 50%, em regiões de latitude intermédia [3][4].

2.1.3 Nível Isoceráunico e Densidade de Descargas no Solo

Devido à variabilidade da probabilidade de ocorrência de trovoadas ser diferente em toda a superfície terrestre, as estatísticas existentes referem-se ao número de dias de trovoada por ano registados numa dada região. Com os dados disponíveis é possível traçar mapas de curvas isoceráunicas, como é possível observar na Figura 3, que nos indicam o número médio de trovoadas por ano em uma determinada região [5].

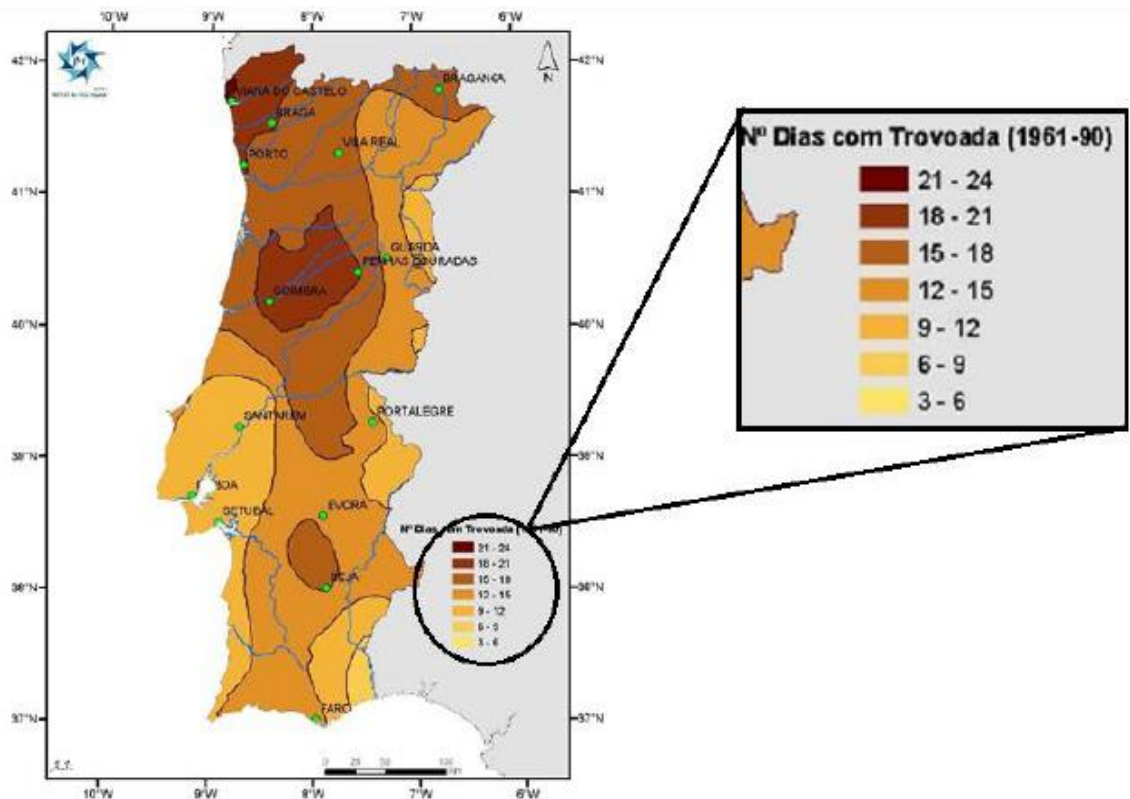


Figura 3 - Mapa de Portugal Continental com Curvas de Nível Isoceráunico [6]

Com a pouca precisão do nível Isoceráunico para obter uma medida útil quanto à severidade de descargas atmosféricas, é necessário conhecer a densidade das mesmas, ou seja, o número aproximado de descargas por unidade de superfície e por ano numa dada região, por recurso a fórmulas empíricas, como por exemplo a Equação 1 [7].

$$N = T(0,1 + 0,35 \cos \theta). (0,4 \pm 0,2) \quad (km^2) \quad (1)$$

Em que:

N – Densidade de descargas no solo, expressa em nº de descargas por km^2 e por ano;

T – Nível Isoceráunico do local, expresso em nº de dias de trovoada por ano;

θ – Latitude da região considerada.

2.1.4 Sobretensões de Origem Atmosférica

Com a melhoria da qualidade do fornecimento de energia ao longo dos anos torna-se evidente a necessidade de se identificar as causas de perturbações nos sistemas elétricos. As entidades responsáveis por este tipo de fenómenos têm vindo a desenvolver estudos em torno da eficiência das técnicas utilizadas com vista a minimizar o impacto do problema [8]. As sobretensões de origem em descargas atmosféricas têm um peso muito importante quando se está a projetar sistemas de proteção e isolamento em instalações elétricas. Desse modo, verifica-se que nos últimos anos os estudos e pesquisas em volta deste assunto tem vindo a aumentar com o intuito de melhorar a compreensão dos fenómenos envolvidos.

Uma sobretensão é definida por um pico de tensão imposta sobre a tensão nominal da rede num intervalo de tempo muito pequeno. Existem 4 tipos de sobretensões que podem perturbar as instalações elétricas: sobretensões de manobra, sobretensões de frequência, sobretensões causadas por descarga electrostática e sobretensões por descarga atmosférica.

As sobretensões por descargas atmosféricas aparecem como principal foco, no qual são normalmente apontadas como principais responsáveis pela maioria das interrupções das linhas de transmissão e de distribuição. De um modo geral as descargas atmosféricas são responsáveis por cerca de 70% das interrupções em sistemas de transmissão e aproximadamente 30% nas interrupções nas redes de distribuição. A Figura 4 mostra os vários tipos de sobretensões transitórias que podem ocorrer.

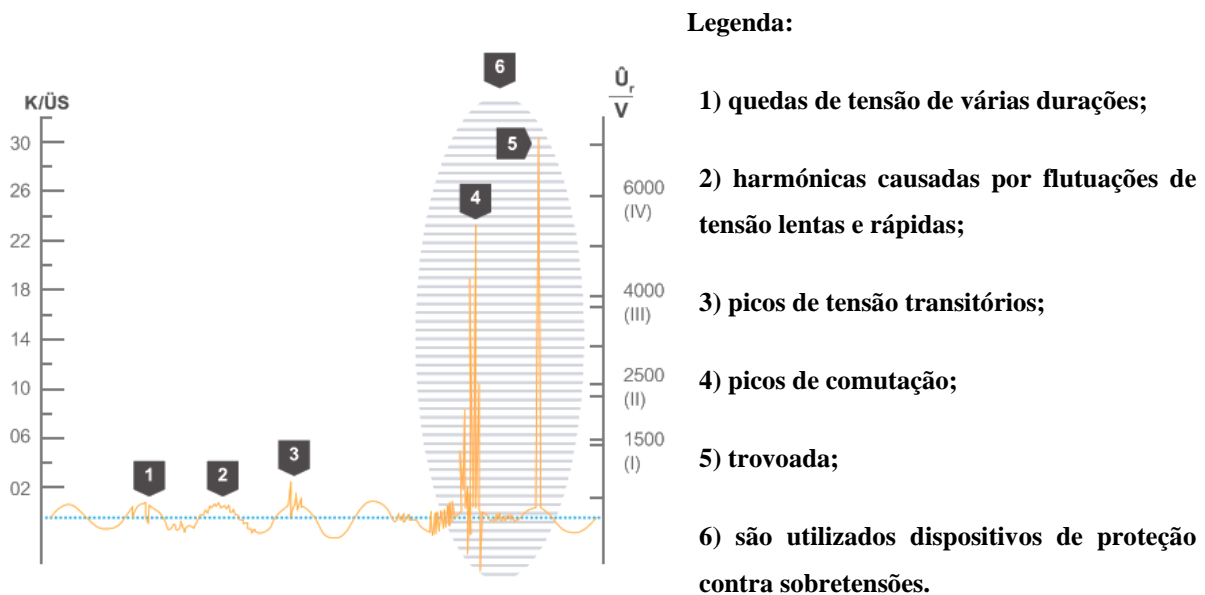


Figura 4 - Sobretensões Transitórias [9]

No planeta terra, estão em constante formação tempestades que se fazem acompanhar por descargas atmosféricas que representam um elevado risco para pessoas e bens. Por ano, o número de descargas atmosféricas chega aos 3 mil milhões pelo mundo inteiro, em média existem entre 30 e 100 descargas por segundo. Como é possível observar na Tabela 1, 50% destas descargas têm uma corrente superior a 33 kA e 5% ultrapassa os 65 kA. Este tipo de descargas também provocam um número considerável de incêndios, principalmente quando decorre em zonas agrícolas [10].

Tabela 1 - Corrente de Pico de uma Descarga Atmosférica [10]

Probabilidade de Ultrapassar (%)	Corrente de Pico (kA)	Frente (kA/μs)
95	7	9,1
50	33	24
5	65	65
1	140	95
0	270	

2.1.5 Impacto Direto e Indireto de uma Descarga Atmosférica

As descargas atmosféricas podem ocorrer de duas formas, descargas diretas nas linhas de transmissão ou de distribuição e em edifícios, ou descargas indiretas que ocorrem nas

proximidades que podem dar origem a sobretensões transitórias de amplitude elevada que se difundem ao longo da linha.

Se o valor destas sobretensões ultrapassarem os níveis limites do sistema, levam à atuação do dispositivo de proteção contra sobre correntes para eliminar o problema. A maior parte das interrupções provocadas por descargas atmosféricas tem duração inferior a 1 minuto, mas podem provocar situações críticas, por exemplo, danificar equipamentos elétricos e eletrónicos tanto num contexto residencial como industrial. Os custos de reparação costumam ser bastante elevados, mas também são relevantes os custos que provocam na falha de continuidade de serviço da rede de telecomunicações bem como a operacionalização de empresas que trabalham com sistemas de controlo e programas de controladores lógicos [8][10].

O comportamento das linhas de transmissão e das redes de distribuição pode ser significativamente melhorado na incidência de uma descarga atmosférica, caso sejam bem percebidos os mecanismos de indução das sobretensões e aplicadas técnicas eficazes para reduzir os problemas que possam surgir [8][11].

2.1.5.1 Efeitos do Impacto Direto

No caso de um raio atingir diretamente uma estrutura, a energia do mesmo é escoada para a terra na tentativa de ser dissipada em segurança, na qual pode provocar danos físicos na própria estrutura como também no seu interior. Porém, a impedância da terra e a corrente que flui, cria uma elevada diferença de potencial que origina as chamadas sobretensões.

Este aumento de potencial faz com que a corrente proveniente do raio seja dividida pelo sistema de proteção da instalação, pela rede de energia elétrica e pela rede de comunicações como exemplifica a Figura 5.

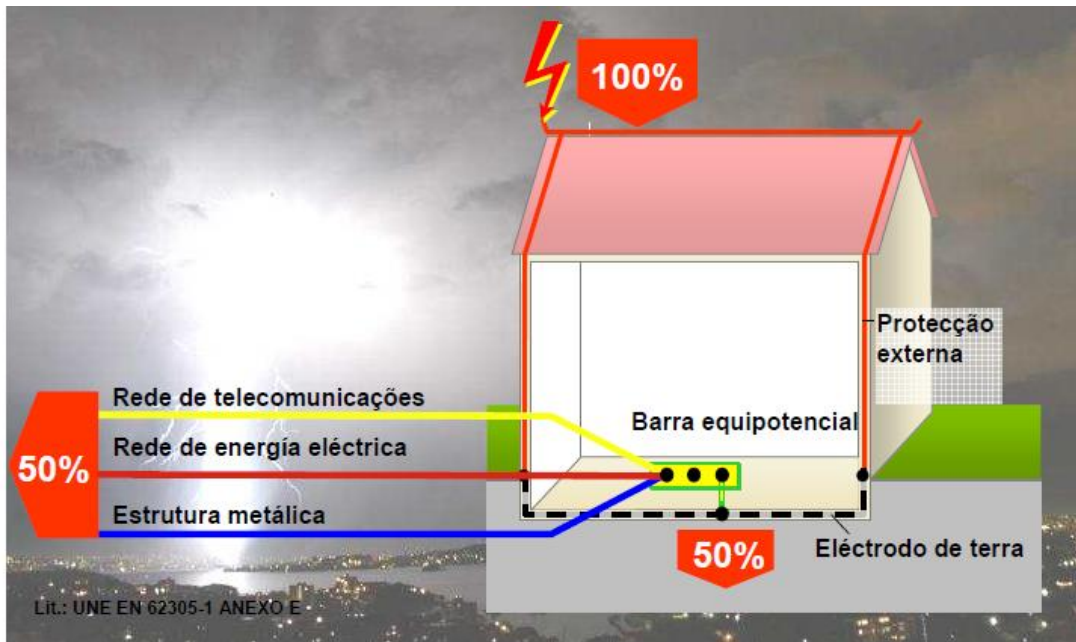


Figura 5 - Distribuição da Corrente de Raio - Impacto Direto [12]

Neste tipo de impacto as ondas de corrente caracterizam-se por “Onda de 10/35 μs ”, tal como se pode observar a sua forma na Figura 6.

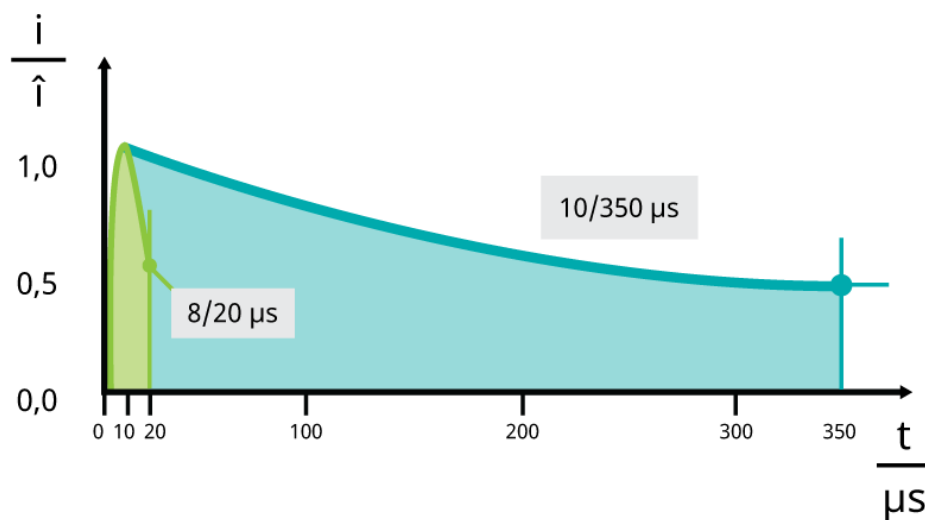


Figura 6 - Representação da Onda 10/350 μs e 8/20 μs [12]

2.1.5.2 Efeitos do Impacto Indireto

A queda de um raio na proximidade de uma estrutura, nas linhas de distribuição ou de telecomunicação causa sobretensões induzidas devido à sua radiação de interferência magnética que afetam a instalação que se pretende proteger. Os danos causados por este tipo

de impacto podem atingir instalações até uma distância de cerca de dois quilómetros do ponto da queda do raio. A ampla área de perigo deve-se à crescente sensibilidade dos equipamentos e aos cabos que se estendem para além do edifício bem como ao crescimento do uso de redes sensíveis [13]. Na Figura 7 é possível visualizar os efeitos do impacto indireto das descargas atmosféricas.

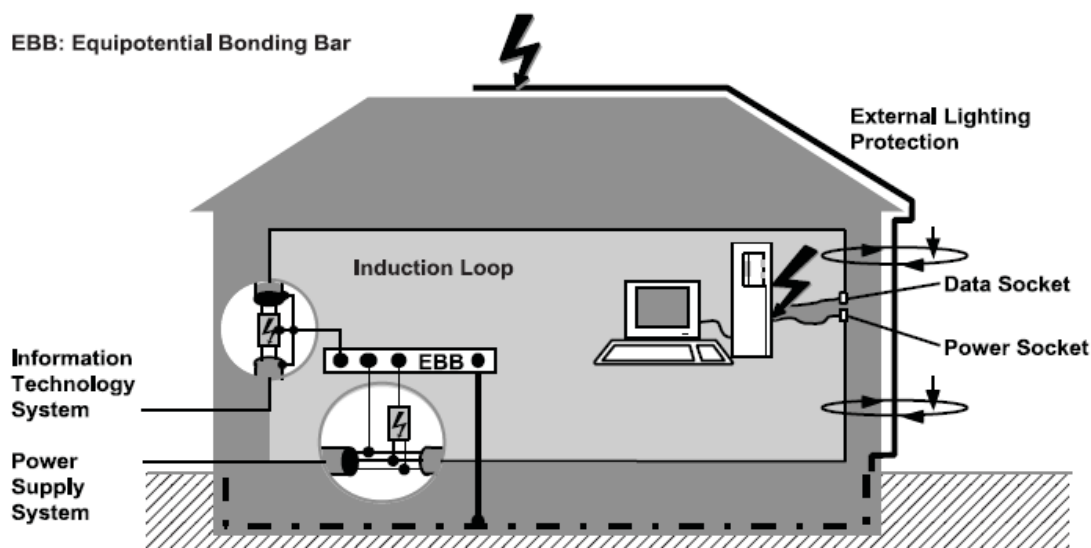


Figura 7 - Efeitos do Impacto Indireto das Descargas Atmosféricas [13]

Sobretensões causadas por este tipo de impacto caracterizam-se por “Onda 8/20 μ s”, e assumem a forma que é possível visualizar na Figura 6, onde a corrente é significativamente mais pequena do que a corrente representada na forma de onda 10/350 μ s.

2.1.6 Sobretensões

Chama-se de sobretensão a um aumento repentino da tensão normal de funcionamento de uma instalação elétrica num curto espaço de tempo. Como uma sobretensão é um aumento súbito e acidental de tensão na instalação, a sua ocorrência pode trazer consequências bastante nefastas para as instalações e seus utilizadores [14].

As sobretensões podem ser classificadas em dois grupos: Sobretensões de origem externa e Sobretensões de origem interna. As sobretensões de origem externa são provenientes de causas externas ao sistema considerado, como por exemplo as descargas atmosféricas. Já as sobretensões de origem interna são originadas por eventos dentro do sistema em

consideração, tais como curto-circuitos ou manobras de equipamentos. As sobretensões podem ser dos seguintes tipos [14]:

- Sobretensões de origem atmosférica – sucedem-se devido a fenómenos atmosféricos, nomeadamente pelos raios provenientes das trovoadas;
- Sobretensões de manobra – sucedem-se na sequência de manobras na rede elétrica;
- Sobretensões de frequência – sucedem-se na sequência de uma falha permanente, como por exemplo, um defeito de isolamento ou corte de neutro;
- Sobretensões por cargas eletrostáticas – sucedem-se devido à acumulação de cargas elétricas, criando um campo eletromagnético forte.

As sobretensões podem ser periódicas ou aleatórias, e podem aparecer em qualquer combinação entre condutores de fase, neutro ou terra. Também podem ter diferentes valores de amplitude, duração ou taxas de elevação suficientes para criar danos irreversíveis [15].

2.1.6.1 Modos de Propagação

As sobretensões de origem atmosférica podem propagar-se de duas maneiras distintas, ou seja, de modo comum ou de modo diferencial.

A sobretensão transitória em modo comum consiste na perturbação entre um condutor ativo e a terra, fase/terra ou neutro/terra. Este tipo de sobretensão é perigoso para os aparelhos em que a sua massa esteja ligada ao barramento de terra, devido aos riscos de rutura da rigidez dielétrica dos materiais. A Figura 8 ilustra uma sobretensão transitória em modo comum.

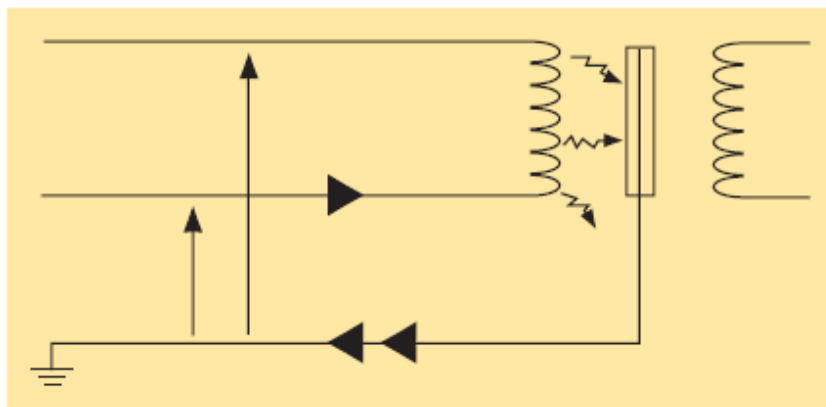


Figura 8 - Sobretensão Transitória em Modo Comum [15]

Já a sobretensão transitória em modo diferencial consiste na perturbação entre condutores ativos, fase/neutro. Com o surgimento deste tipo de sobretensão é particularmente perigoso para equipamentos eletrônicos e materiais mais sensíveis, como por exemplo, os do tipo informático. A Figura 9 exemplifica uma sobretensão transitória em modo diferencial.

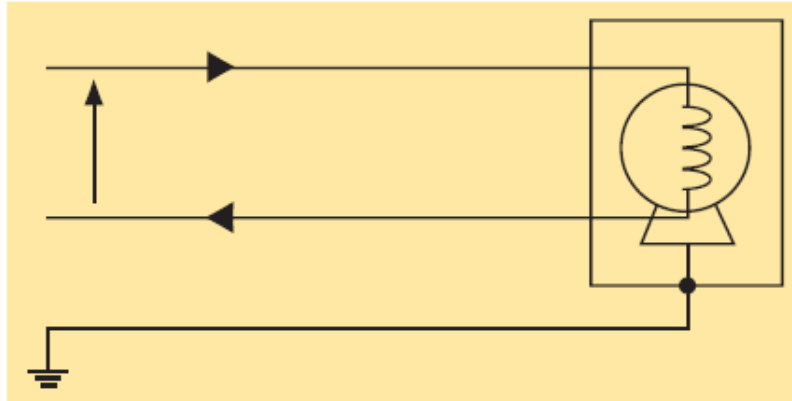


Figura 9 - Sobretensão Transitória em Modo Diferencial [15]

2.1.6.2 Consequências das Sobretensões

Independentemente da origem do aparecimento de uma sobretensão, as consequências passam pela destruição de equipamentos, tempos de imobilização das instalações e falhas totais nos diversos tipos de controladores. Os defeitos ou falhas em equipamentos causadas por sobretensão são mais frequentes do que se pensa, implicando a destruição total do equipamento ou um envelhecimento prematuro, como demonstra a Figura 10, caso as sobretensões se tornem repetitivas.

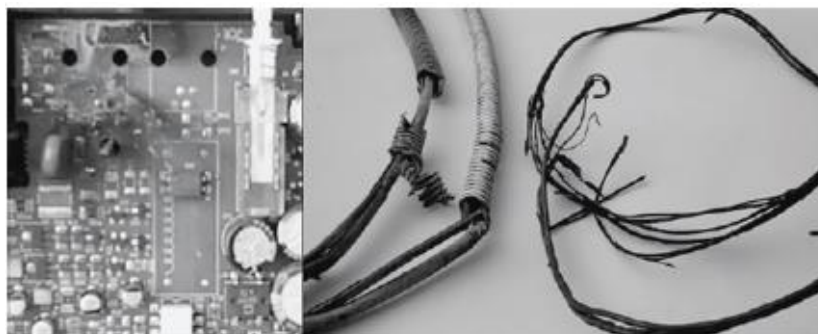


Figura 10 - Consequências de Sobretensões (Exemplo) [15]

Em instalações industriais, na maior parte dos casos, as consequências dos danos são bastante graves, implicando um elevado custo para a reparação dos equipamentos com

defeito. De modo a evitar este tipo de anomalias deve-se considerar um sistema de proteção interno contra as sobretensões.

2.2 Proteção Externa e Proteção Interna

De acordo com as normas nacionais e internacionais um sistema de proteção contra raios para edifícios requer a proteção de todo o sistema contra os efeitos que podem ser provocados, ou seja, consiste na proteção externa e interna. A proteção externa envolve os sistemas de terminação de ar, os condutores de baixada e o sistema de aterramento. A proteção interna envolve todas as medidas adicionais que evitam implicações magnéticas e elétricas da corrente de raio. Das principais medidas a contemplar é a ligação equipotencial de proteção contra raios que reduz a diferença de potencial causada pela descarga elétrica [13].

2.2.1 Proteção Externa

A colocação de um sistema de proteção externa contra descargas atmosféricas destina-se a impedir que incida diretamente na estrutura e a dispersar a corrente de raio, desde o ponto de impacto até à terra, de forma segura, sem causar danos térmicos ou mecânicos.

Normalmente, o sistema de proteção externo poderá estar ligado à estrutura a proteger e por vezes será necessário considerar um sistema isolado, quando da ocorrência de uma descarga atmosférica, os efeitos térmicos e explosivos no ponto de impacto, bem como nos condutores que transportam a corrente de descarga possam causar danos na estrutura ou ao conteúdo ou quando a sensibilidade do mesmo garanta a redução do campo magnético radiado, associado à corrente de impulso da descarga atmosférica no condutor de baixada [16].

2.2.1.1 Dispositivos de Captura

Uma estrutura que contenha um sistema de proteção externo contra descargas atmosféricas, a probabilidade de penetração da corrente de descarga é bastante reduzida devido ao dispositivo de captura devidamente dimensionado. Os dispositivos de captura podem ser ativos, do tipo para-raios com dispositivo de ionização, ou passivos, constituídos por hastes, fios de catenárias e condutores em malha.

2.2.1.1.1 Sistemas Passivos

Os sistemas de proteção passivos são determinados consoante as características da estrutura a proteger, bem como pelo nível de proteção contra descargas atmosféricas a considerar.

Existem quatro classes de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), que correspondem aos Níveis de Proteção contra Descargas Atmosféricas (NPDA) como indica a Tabela 2.

Tabela 2 - Relação dos Níveis de Proteção Contra as Descargas Atmosféricas e Classe de SPDA

NPDA	SPDA
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Os dispositivos de captura podem ser constituídos por hastes (incluindo mastros separados), fios de catenárias e condutores em malha [16]. Se a opção recair em hastes de captura individuais, as mesmas devem estar ligadas entre si ao nível do telhado de maneira a assegurar a divisão de corrente.

2.2.1.1.1.1 Ponta de Franklin

A ponta de Franklin baseia-se no princípio de que o traçador descendente pode ser intercetado por um traçador ascendente emitido por um dos captores instalados no sistema de proteção. A ponta de Franklin é composta por uma haste metálica e longa, colocada na parte mais elevada da estrutura, de modo a abranger a maior área possível. O captor é ligado a condutores que distribuem a corrente pelos cabos de baixada, dissipando a energia da descarga elétrica por meio de aterramento [17]. Na Figura 11 é possível observar um exemplo de uma ponta de Franklin.



Figura 11 - Exemplo de uma Ponta de Franklin [18]

2.2.1.1.2 Gaiola de Faraday

O sistema de Gaiola de Faraday consiste em envolver a parte superior da estrutura com uma malha captora de condutores nus, em que a distância entre eles varia consoante o nível de proteção. Na ocorrência de uma descarga atmosférica sobre a gaiola de Faraday, a corrente de descarga circula apenas pelo emalhado, protegendo a estrutura por ela coberta [17].

O condutor de captura/descarga, colocado no perímetro da cobertura e nas baixadas do edifício, é um dos principais elementos deste tipo de sistema e são envolvidas durante a construção e amarradas, através de acessórios de aperto mecânico ao ferro que compõe o betão armado.

Na Figura 12 é possível observar um exemplo de uma gaiola de Faraday num telhado de uma estrutura.



Figura 12 - Exemplo de um Sistema Gaiola de Faraday [18]

2.2.1.1.2 Sistemas Ativos

O Para-raios com Dispositivo de Ionização (PDI) utiliza a mesma base teórica dos sistemas passivos e assenta o seu funcionamento nas características elétricas da formação do raio. Enquanto nos sistemas passivos, o traçador ascendente é emitido de forma natural e aleatória, o PDI é ativo, sendo o traçador ascendente emitido naturalmente de forma controlada, ou seja, antecipa a sua emissão tendo uma maior probabilidade de captação, a conexão com o traçador descendente é feita a uma altura superior e o raio de proteção é maior.

Essa antecipação, designada por avanço à ignição, é a capacidade de antecipar o traçador ascendente na presença de um campo elétrico que precede uma descarga, intensificando a ionização na ponta do captor desenvolvendo a emissão do traçador ascendente, com algumas dezenas de microssegundos de antecipação, ocorrendo a conexão com o traçador descendente a uma altura superior.

A Figura 13 ilustra um exemplo de um captor ionizante de avanço à ignição.



Figura 13 - Exemplo de um Captor Ionizante de Avanço à Ignição [19]

2.2.1.2 Métodos para a Definição do Sistema Captor

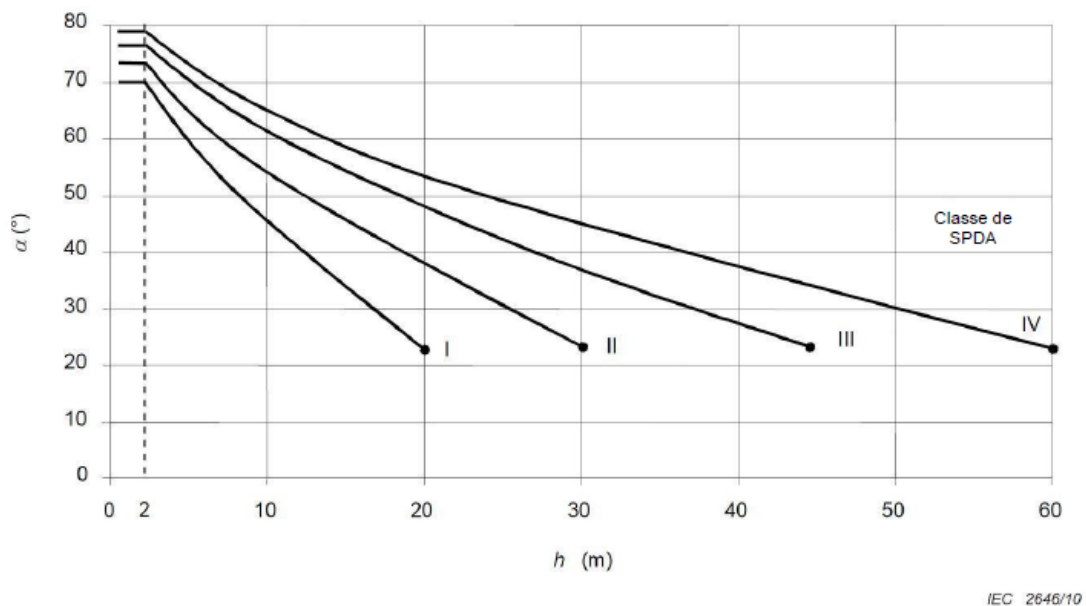
Os dispositivos de captura, dependendo do tipo passivo ou ativo, quando instalados numa estrutura devem ser colocados em conformidade com os métodos, definidos, respetivamente, na norma IEC 62305-3 e na norma NP 4426.

2.2.1.2.1 Sistemas Passivos

Para cada classe de SPDA são definidos os valores do ângulo de proteção, do raio da esfera rolante e do tamanho das malhas. A Tabela 3 e a Figura 14 mostram os valores máximos do raio da esfera rolante, do tamanho das malhas e do ângulo de proteção de acordo com a classe do SPDA.

Tabela 3 - Valores Máximos Admissíveis para Cada Método de Proteção e Classe de SPDA [16]

Classe de SPDA	Método de Proteção		
	Raio da Esfera Rolante r (m)	Tamanho das Malhas Wm (m)	Ângulo de Proteção α°
I	20	5x5	Ver Figura 11 abaixo
II	30	10x10	
III	45	15x15	
IV	60	20x20	



NOTA 1: Não aplicável para além dos valores marcados com *. Apenas o método da esfera rolante e o método das malhas são aplicáveis nestes casos.

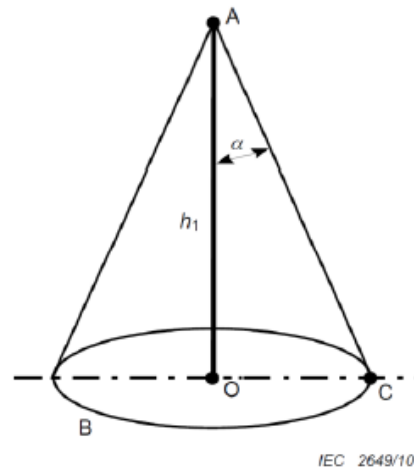
NOTA 2: h é a altura do dispositivo de captura acima do plano de referência da área a proteger.

NOTA 3: O ângulo não irá modificar para valores de h abaixo de 2 m.

Figura 14 - Ângulo de Proteção Correspondente à Classe de SPDA [16]

Com recurso aos métodos referidos só se considera a localização do dispositivo de captura adequada se a estrutura que se pretende proteger estiver totalmente situada dentro do volume protegido pelo dispositivo de captura [16].

Segundo a norma IEC 62305-3 o volume protegido por uma haste vertical (Ponta de Franklin) tem a forma de um cone circular, onde o vértice fica sobre o eixo do captor e a área de proteção varia de acordo com o ângulo respetivo do nível de proteção e da altura do dispositivo de captura. É possível ver um exemplo de um volume protegido na Figura 15.

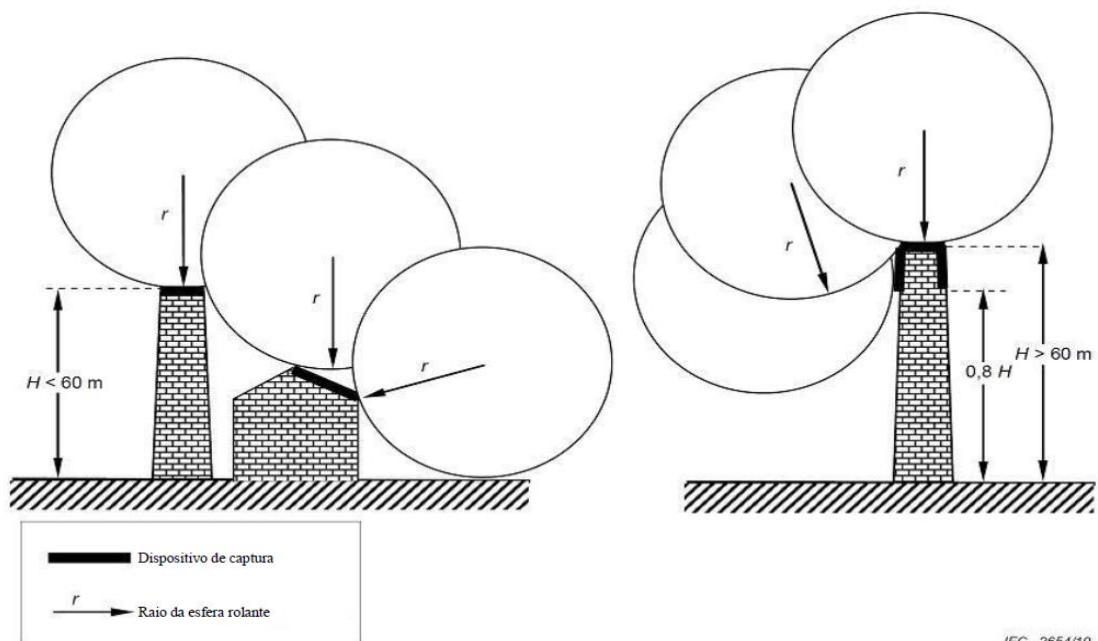


Legenda:

- A ponta de uma haste de captura
- B plano de referência
- OC raio da superfície protegida
- h_1 altura da haste de captura acima do plano de referência da área a proteger
- α ângulo de proteção de acordo com o Quadro 2

Figura 15 - Volume Protegido por uma Haste de Captura Vertical [16]

Outro dos métodos utilizado é o método da esfera rolante que consiste em fazer rolar uma esfera em torno e na parte superior da estrutura a proteger e em todas as direções possíveis, sendo que a esfera apenas toca no dispositivo de proteção como é possível observar na Figura 16. Só é considerada a localização adequada do dispositivo de captura quando nenhum ponto da estrutura entrar em contacto com a esfera fictícia. O raio r varia consoante a classe do SPDA [16].



IEC 2654/10

NOTA: O raio da esfera rolante r , deverá cumprir com a classe de SPDA selecionada (ver Quadro 2).

Figura 16 - Conceção do Dispositivo de Captura pelo Método da Esfera Rolante [16]

Tecnicamente o método do ângulo de proteção é derivado do modelo da esfera rolante, isto é, o ângulo de proteção é definido pelo raio da esfera e é dado quando um declive intersecta a mesma de tal forma que as áreas resultantes têm o mesmo tamanho como mostra a Figura 17 [18].

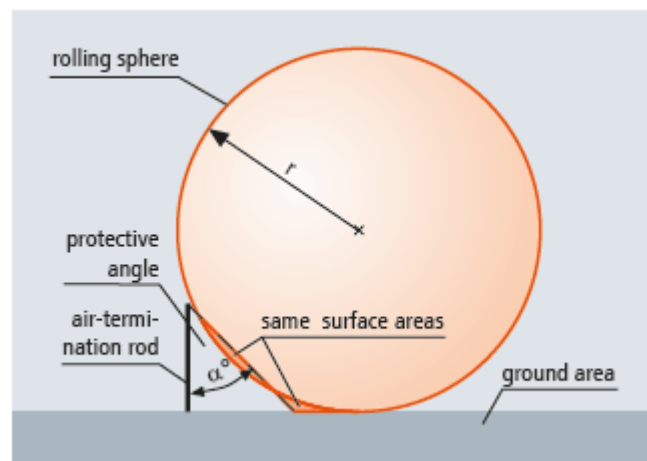


Figura 17 – Ângulo de Proteção e Raio Comparável da Esfera Rolante [18]

Outro método a ser utilizado é o de malhas (Gaiola de Faraday) que pode ser utilizado em qualquer estrutura independentemente da altura e da forma do telhado. O tamanho das

malhas da rede de captura varia mediante a classe do SPDA e não pode ser superior aos valores que estão na Tabela 3 [18].

A rede dos dispositivos de captura deve ser construída de maneira que na ocorrência de uma corrente de descarga atmosférica, tenha pelo menos dois caminhos distintos de forma a escoar à terra. Quanto menor for a distância entre os condutores da malha, melhor será a proteção obtida.

2.2.1.2.2 Sistemas Ativos

Para os sistemas ativos a área protegida é determinada em função da eficácia do PDI. A área protegida é circunscrita por uma superfície de revolução definida pelo raio de proteção correspondente às duas alturas diversas consideradas [20].

O raio de proteção de um PDI está relacionado com a sua altura (h) em relação à superfície a proteger, ao seu nível de ionização (Δ) e ao nível de proteção selecionado. O raio de proteção R_p deve ser determinado através das expressões 2 e 3.

$$R_p(h) = \sqrt{2rh - h^2 + \Delta(2r + \Delta)} \quad \text{Para } h \geq 5m \quad (2)$$

$$R_p = \frac{h \times R_p(5)}{5} \quad \text{Para } 2m \leq h \leq 5m \quad (3)$$

Em que,

$r(m)$ – 60m para a proteção de nível IV;

$h(m)$ – Altura da extremidade do PDI relativamente ao plano horizontal do ponto mais alto do objeto a proteger;

$\Delta(m)$ – Avanço da ignição, em que $\Delta(m) = \Delta T \times 10^6$.

2.2.1.3 Condutores de Baixada

Os condutores de baixada, de forma a reduzir a probabilidade de danos provocados pela circulação da corrente de descarga, devem estar dispostos de maneira que, entre o ponto de impacto e a terra:

- a) Existam vários caminhos de corrente paralelos;
- b) O comprimento dos caminhos de corrente seja reduzido ao mínimo;
- c) Uma ligação equipotencial entre as partes condutoras da estrutura.

A Tabela 4 apresenta a distância a que normalmente são colocados os condutores de baixada de acordo com a classe de SPDA.

Tabela 4 - Valores Típicos da Distância Entre os Condutores de Baixada [16]

Classe de SPF	Distâncias típicas (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

Nos Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas com Dispositivo de Ionização (SPDI) os condutores de baixada devem, de preferência, ser instalados na parte exterior da estrutura em dois alçados diferentes a menos que não seja possível. A cada PDI deve ser ligado a pelo menos a dois condutores de baixada, e a sua trajetória o mais direta e curta possível.

2.2.1.4 Sistemas de Ligação à Terra

Para que a dispersão da corrente da descarga atmosférica corra em segurança, minimizando quaisquer sobretensões perigosas, os critérios de sistema de ligação à terra são importantes. Vulgarmente, é recomendada uma ligação à terra de baixa resistência, se possível inferior a um valor de 10Ω [16][20]. Um sistema de ligação à terra único e integrado na estrutura é o ideal para todo o tipo de proteção, ou seja, proteção contra descargas atmosféricas e proteção das redes de energia e de telecomunicações [16].

2.2.2 Proteção Interna

Na ocorrência de uma descarga atmosférica são libertadas centenas de megajoules (MJ) de energia, comparando com os milijoules (mJ) de energia suficientes para causar danos irreversíveis em equipamentos eletrônicos sensíveis, ou num sistema elétrico e eletrônico. Portanto, torna-se claro a necessidade de instalar medidas adicionais de proteção para proteger esses mesmos equipamentos.

A falência de sistemas elétricos e eletrônicos pode ser causada pelo Choque Atmosférico Eletromagnético da Descarga atmosférica (CAED), através de sobrecargas conduzidas e induzidas transmitidas ao equipamento por meio dos fios conectados, ou por efeitos de campos eletromagnéticos irradiados diretamente ao equipamento [21].

2.2.2.1 Descarregadores de Sobretensões

Todos os dispositivos, sistemas e métodos abordados anteriormente referenciam a proteção das estruturas e instalações contra os efeitos diretos das descargas atmosféricas. A forma de proteção para efeitos indiretos que possam surgir, é assegurada por dispositivos com capacidade de proteção, que são designados por Descarregadores de Sobretensões (DST).

2.2.2.2 Características dos Descarregadores de Sobretensões

Os DST são caracterizados pelos seguintes parâmetros:

- Corrente $I_{m\acute{a}x}$ e I_{imp} – é o valor máximo de uma corrente de sobretensão que pode ser descarregada à terra pelo dispositivo de proteção. Como existem dois tipos de forma de onda, longa (10/350 μ s) e curta (8/20 μ s), estes parâmetros são avaliados independentemente. Assim:
 - $I_{m\acute{a}x}$ é o valor máximo de corrente de uma forma de onda curta.
 - I_{imp} é o valor máximo de corrente de uma forma de onda longa.
- Nível de proteção (U_p) – é a tensão suportada pelo DST no encaminhamento da corrente para a terra. Este valor não pode exceder o valor de tensão admissível no equipamento ligado a jusante.

- Tensão máxima de operação (U_c) – é a tensão nominal do dispositivo de proteção contra sobretensões. É necessário ter em consideração a tensão nominal da rede e as tolerâncias possíveis.
- Capacidade de extinção de correntes consecutivas de rede (I_f) – é a corrente que flui pelo descarregador após o processo de descarga, sendo fornecida pela rede.
- Tempo de resposta (t_A) – Caracteriza-se essencialmente pela resposta de cada elemento de proteção utilizado nos descarregadores.

2.2.2.3 Instalação e Tipos de Descarregadores de Sobretensões

Com a colocação de DST na instalação, consegue-se de algum modo proteger a deterioração dos equipamentos elétricos e a destruição de componentes eletrónicos dos diversos recetores. Os DST podem ser utilizados em todos os esquemas de ligação à terra: TT, TN e IT.

A proteção de sistemas elétricos e eletrónicos nas estruturas do impulso eletromagnético devido a descargas atmosféricas (LEMP), baseia-se no conceito das Zonas de Proteção contra Descargas atmosféricas (ZPD). A estrutura a proteger deve ser dividida em zonas de proteção exteriores e interiores, de maneira a adaptar as diversas áreas aos diferentes níveis de risco LEMP [18]. As ZPD são definidas na norma IEC 62305-4, e podem ser observadas na Figura 18.

- Zonas exteriores

ZPD 0 Zona onde a ameaça é devida ao campo eletromagnético não atenuado da descarga atmosférica. Os sistemas internos poderão ser sujeitos parcial ou completamente às sobreintensidades da descarga atmosférica. A *ZPD 0* pode ser dividida em duas:

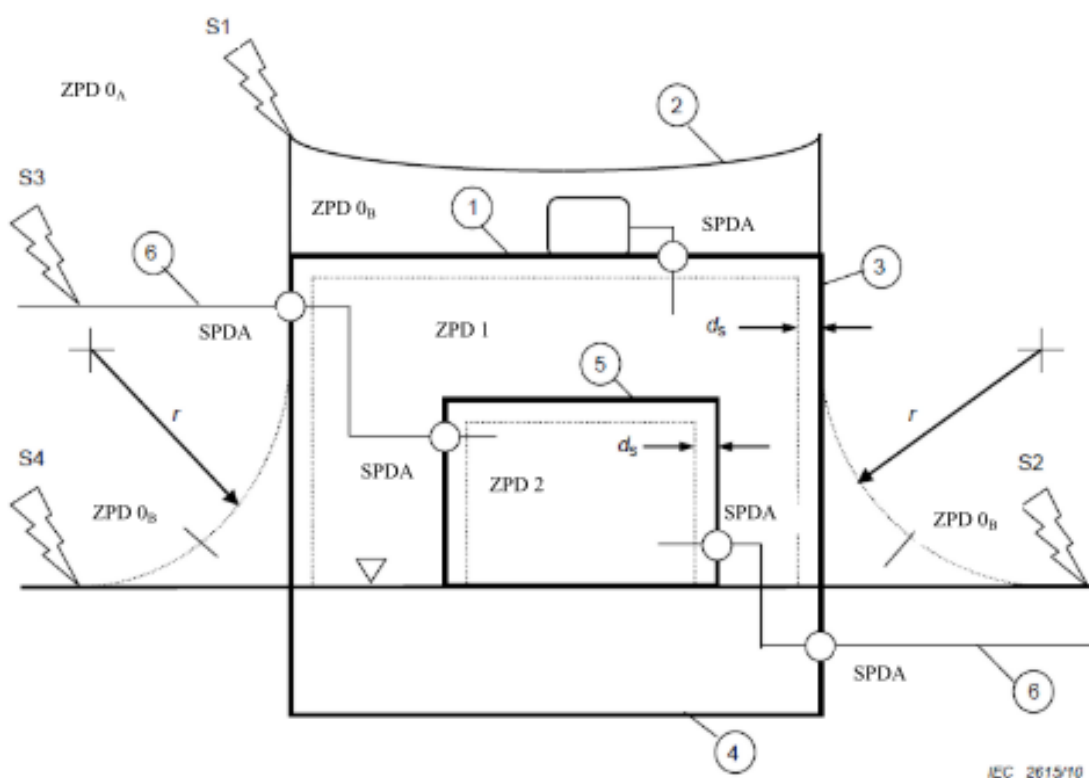
ZPD 0_A Zona onde a ameaça é devida à descarga atmosférica direta e campo eletromagnético completo da descarga atmosférica. Os sistemas internos poderão ser sujeitos completamente às sobreintensidades da descarga atmosférica;

ZPD 0_B Zona protegida contra descarga atmosférica direta, mas onde a ameaça é a plena no campo eletromagnético da descarga atmosférica. Os sistemas internos poderão ser sujeitos parcialmente às sobreintensidades da descarga atmosférica;

- Zonas interiores

ZPD 1 Zona onde a sobreintensidade é limitada pela partilha de corrente e isolamento das interfaces e/ou Dispositivo de Proteção de Sobrecargas (DPS) no limite. A proteção existente poderá atenuar o LEMP;

ZPD 2, ..., n Zona onde a sobreintensidade pode ser limitada pela partilha da corrente e isolamento das interfaces e/ou DPS adicionais no limite. A proteção adicional poderá ser utilizada para atenuar o LEMP [21].



Legenda:

1	estrutura (proteção de ZPD 1)	S1	descarga atmosférica na estrutura
2	sistema de captação	S2	descarga atmosférica na proximidade da estrutura
3	sistema de condutor de baixada	S3	descarga atmosférica nas linhas conectadas à estrutura
4	sistema de ligação à terra	S4	descarga atmosférica na proximidade da linha conectada à estrutura.
5	compartimento (proteção de ZPD 2)	r	raio da esfera rolante
6	linhas conectadas à estrutura	d_s	distância de segurança contra campo magnético muito alto

▽ nível do solo

○ ligação equipotencial de descarga atmosférica através de SPDA

Figura 18 - ZPD definida por um Sistema de Medidas de Proteção (SMP) [22]

As exigências para as zonas interiores devem ser definidas em função da resistência dielétrica dos sistemas elétricos e eletrônicos a proteger.

A ligação equipotencial deve ser estabelecida no limite de cada zona interior para todas as peças metálicas e linhas de alimentação de entrada, diretamente ou através de DPS adequados [18].

Consultando as gamas de equipamentos de proteção disponibilizados no mercado, é possível verificar que se encontram divididos entre DST de sinal e de energia, consoante as necessidades apresentadas. Quanto aos DST de energia estão organizados em quatro grupos: os do Tipo 1, os do Tipo 2, os de proteção combinada e os do Tipo 3.

Os DST do Tipo 1 têm a capacidade de descarga de grandes quantidades de energia proveniente das descargas atmosféricas, sendo a sua instalação fundamental em instalações expostas a descargas diretas. Estão preparados e testados para serem eficientes aquando do surgimento de formas de onda do tipo 10/350 μ s.

Já os DST do Tipo 2 não têm a mesma capacidade de descarga da alta energia como acontece no caso anterior, no entanto apresenta um U_p melhor, ou seja, uma melhor proteção dos equipamentos. Este tipo de DST é bastante utilizado numa fase intermédia do sistema de proteção e limita a propagação da onda do tipo 8/20 μ s.

A Figura 19 mostra um exemplo de um descarregador de sobretensões do Tipo 2.



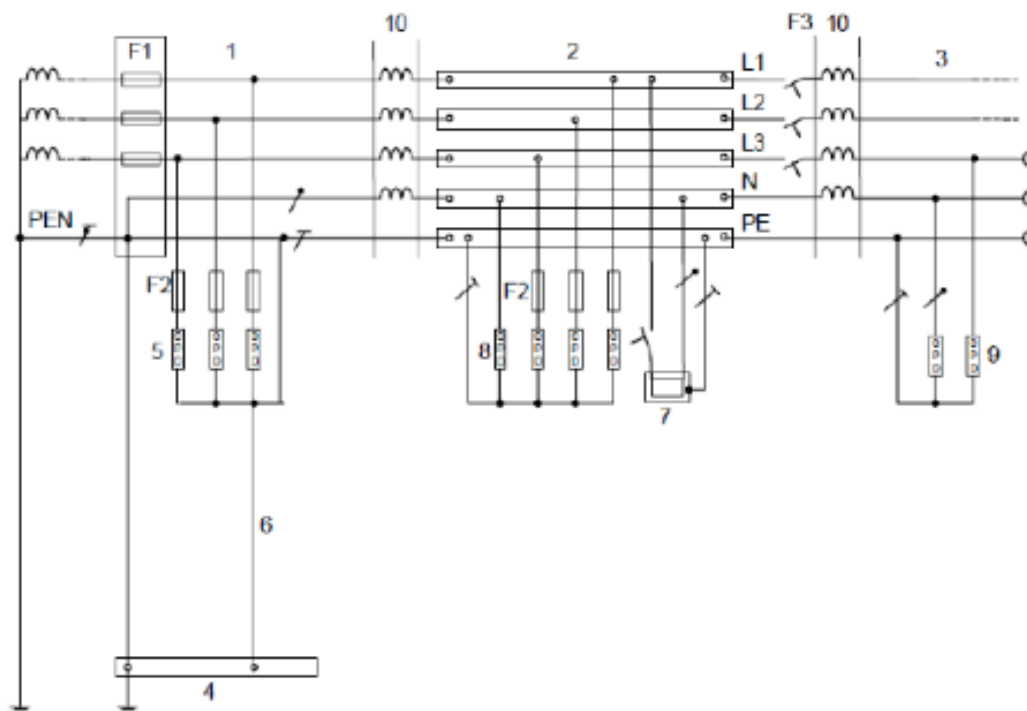
Figura 19 - Descarregador de Sobretensões do Tipo 2 [23]

Os dispositivos do Tipo combinado estão preparados para atuar na forma de onda 10/350 μ s mas também na onda 8/20 μ s, substituindo perfeitamente os dois tipos apresentados anteriormente. Estes reúnem as características específicas de ambos, o que permite suster

valores elevados de corrente e em simultâneo apresentar um U_p suficiente para proteger os dispositivos a ele associados. É fundamental que na sua utilização seja respeitada uma coordenação coincidente com a informação disponibilizada pelo fabricante, para que não haja a possibilidade da eficácia do mesmo ser colocada em causa.

Por fim existem os DST do Tipo 3 que são utilizados para a proteção contra sobretensões de equipamentos individuais ou de um grupo de equipamentos, consoante o local da sua instalação. Este tipo de dispositivo sugere uma utilização seletiva e personalizada, pois é apenas conveniente a sua utilização junto de equipamentos fundamentais ou em equipamentos onde o seu valor económico justifique a sua implementação. As principais características são a capacidade de limitar a tensão devido ao seu nível de proteção, possibilidade de descarga na ordem dos 5 kA e estão disponíveis em diferentes tensões nominais de funcionamento (24 V, 48 V, 60 V, 120 V, 230 V).

A Figura 20 exemplifica a instalação de DST Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3.



IEC 2812/10

Legenda:

- | | | | |
|---|--|-------------|---|
| 1 | origem da instalação | 7 | equipamento fixo a ser protegido |
| 2 | Quadro de distribuição | 8 | dispositivo de proteção contra sobrecarga, ensaio de classe II |
| 3 | saída de distribuição | 9 | dispositivo de proteção contra sobrecarga, ensaio de classe II ou III |
| 4 | terminal ou barra principal de terra | 10 | elemento de desacoplamento ou comprimento de linha |
| 5 | dispositivo de proteção contra sobrecarga, ensaio de classe I ou II | F1, F2, F3, | seccionadores de proteção de sobrecorrente |
| 6 | ligação à terra (condutor de terra) do dispositivo de proteção contra sobrecarga | | |

Figura 20 - Exemplo Instalação de DST Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3 [24]

2.2.3 Ligação Equipotencial

Consegue-se alcançar a equipotencialidade quando conectado o SPDA com as instalações metálicas, sistemas internos, as partes condutoras externas e as linhas conectadas à estrutura. Uma ligação equipotencial quando efetuada pelos sistemas internos, parte da corrente de descarga poderá derivar para o interior dos mesmos na qual se deve ter em atenção [16].

Então os meios de interconexão podem ser:

- Condutores de equipotencialidade, quando a continuidade elétrica não é assegurada por ligação natural;

- Descarregadores de sobretensões, quando as conexões diretas com os condutores de equipotencialidade não são exequíveis;
- Disruptores de isolamento, quando as conexões diretas com os condutores de equipotencialidade não são admissíveis.

Na conexão dos condutores de equipotencialidade que ligam diferentes barras de equipotencialidade e que ligam essas barras ao sistema de ligação à terra devem respeitar um valor mínimo de secção eficaz, bem como os que conectam as instalações metálicas internas às barras. O valor da secção dos condutores varia consoante o material e o tipo de ligação, a Tabela 5 e 6 apresentam os valores das secções dos condutores a considerar.

Tabela 5 - Dimensões Mínimas dos Condutores de Conexão de Diferentes Barras de Equipotencialidade ou de Conexão dessas Barras ao Sistema de Ligação à Terra [16]

Classe de SPDA	Material	Secção eficaz (mm ²)
I a IV	Cobre	16
	Alumínio	25
	Aço	50

Tabela 6 - Dimensões Mínimas dos Condutores de Conexão das Instalações Metálicas Internas à Barra de Equipotencialidade [16]

Classe de SPDA	Material	Secção eficaz (mm ²)
I a IV	Cobre	6
	Alumínio	10
	Aço	16

Todas as baixadas são equipotencializadas, de modo a fechar todo o sistema, constituindo um anel de terra instalado no solo, ou então embebido nos elementos de construção como mostra a Figura 21. Junto a cada baixada também é colocado um piquete de terra que conecta o emalhado com o solo melhorando o escoamento da corrente de descarga para a terra.



Figura 21 - Anel de Terra Embebido nos Elementos de Construção [14]

Nos SPDI a equipotencialidade é realizada pela interligação com:

- A estrutura metálica do edifício;
- As instalações mecânicas;
- Os sistemas interiores;
- Os elementos externos condutores e as linhas ligadas à estrutura.

Na instalação de um SPDI, as partes metálicas do exterior da estrutura a ser protegida podem ser afetadas, no qual devem ser consideradas ligações equipotenciais dessas mesmas partes na sua concepção [20].

As ligações equipotenciais devem ser o mais diretas e retas possíveis. Os valores das secções de ligação entre as barras e a terra, e entre as instalações metálicas e as barras devem estar em consonância com os valores das Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Dimensões Mínimas dos Condutores Ligados a Diferentes Barras de Equipotencialidade ou Entre as Barras de Equipotencialidade e a Terra [20]

Nível de proteção	Material	Secção transversal (mm ²)
I a IV	Cobre	16
	Alumínio	22
	Aço	50

Tabela 8 - Dimensões Mínimas dos Condutores de Ligação Entre os Elementos Metálicos Internos e a Ligador Amovível Principal [20]

Nível de proteção	Material	Secção transversal (mm ²)
I a IV	Cobre	6
	Alumínio	8
	Aço	16

2.2.4 Isolação Elétrica

Tanto nos sistemas passivos e nos sistemas ativos a isolação elétrica é feita entre o dispositivo de captura ou os condutores de baixada e com as partes metálicas da estrutura, instalações metálicas e os sistemas internos por uma distância, s , entre as partes. Para calcular o s , utiliza-se a Equação (2) para sistemas passivos [16] e a Equação (3) para os sistemas ativos [20].

$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l \quad (m) \quad (2)$$

Em que:

k_i – Depende da classe de SPDA selecionada;

k_m – Depende do material de isolação elétrica;

k_c – Depende da corrente da descarga atmosférica (parcial) que flui nos dispositivos de captura e nos condutores de baixada;

l – É o comprimento, em metros, ao longo dos dispositivos de captura e condutores de baixada entre o ponto onde a distância de separação é considerada e o ponto de ligação equipotencial mais próximo.

$$s = k_i \times \frac{k_c}{k_m} \times l \quad (m) \quad (3)$$

Em que:

k_i – Depende do nível de proteção escolhido;

k_m – Depende do material de isolamento elétrico;

k_c – Depende da corrente da descarga atmosférica que flui nos condutores de baixada e da terra;

l – É o comprimento, em metros, ao longo dos dispositivos de captura e condutores de baixada entre o ponto onde a distância de separação é considerada e o ponto de ligação equipotencial mais próximo.

2.3 Regulamentos e Normas

2.3.1 Aspectos Gerais

Com a incapacidade de alterar o fenómeno natural do tempo, com dispositivos ou métodos capazes de prevenir as descargas atmosféricas, e por este fenómeno ser tão perigoso para as pessoas como para as próprias estruturas e seus bens é essencial a aplicação de medidas de proteção. Com a necessidade de implementar sistemas de proteção eficazes, tanto em estruturas como em equipamentos eletrónicos, surgiu um mecanismo de regulamentação com o intuito de normalizar todas as operações e procedimentos auxiliando as tomadas de decisão por parte dos responsáveis nas condições de gestão de risco.

Nos seguintes pontos serão referidas diversas normas e parte das Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT) que sustentam a instalação e o projeto de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas.

2.3.2 Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão

As RTIEBT são compostas por oito partes e indicam as principais regras para o projeto e execução de instalações elétricas, de forma a garantir o seu bom funcionamento e segurança.

A secção 443 referente às sobretensões de origem atmosférica e sobretensões de manobra, indica as regras relativas à proteção das instalações elétricas contra sobretensões transitórias de origem atmosférica, transmitidas pelas redes de distribuição e contra as sobretensões de manobra produzidas pelos equipamentos da instalação. Indica também os casos em que a proteção contra as sobretensões é obrigatória e os casos em que é recomendada [25].

443.2 – Medidas a considerar na origem da instalação

Neste ponto das RTIEBT refere as medidas a considerar na origem da instalação, dependendo de como a mesma é alimentada, por uma rede subterrânea ou por uma linha aérea de BT.

443.2.1 – Quando uma instalação for alimentada por uma rede subterrânea de BT, não é exigível, na origem da instalação, qualquer proteção suplementar contra as sobretensões.

443.2.2 – Quando uma instalação for alimentada por um cabo subterrâneo de comprimento suficiente, ligado a uma linha aérea de BT, não é exigida, na origem da instalação, qualquer proteção suplementar.

443.2.3 – Quando uma instalação for alimentada por uma linha aérea de BT e quando as consequências de influências externas forem AQ1 (nível cerâmico não superior a 25 dias por ano), não é exigida, na origem da instalação, qualquer proteção suplementar.

443.2.4 – Quando uma instalação for alimentada por uma linha aérea de BT e quando as consequências de influências externas forem AQ2 (nível cerâmico superior a 25 dias por ano), deve-se considerar proteção suplementar, em função do nível de sobretensões transitórias presumido para a origem da instalação.

443.2.5 – Quando as condições de influências externas presumidas forem AQ2, a proteção contra as sobretensões de origem atmosférica pode ser garantida por um ou mais descarregadores de sobretensões, ou por outros meios que garantam uma limitação das sobretensões equivalente.

443.3 – Seleção dos equipamentos na instalação

443.3.1 – Os equipamentos a instalar devem ser selecionados por forma a que a sua tensão suportável ao choque estipulada não seja inferior ao valor das sobretensões presumidas no ponto da instalação. A Tabela 9 indica os níveis de referência das sobretensões transitórias nos circuitos e nos equipamentos.

Tabela 9 - Níveis de Referência das Sobretensões Transitórias nos Circuitos e nos Equipamentos [25]

Tensão nominal da instalação (1) (V)		Nível presumido das sobretensões transitórias para: (kV)		
Redes trifásicas	Redes monofásicas	Circuitos de distribuição e finais (categoria de sobretensões III)	Aparelhos de utilização (categoria de sobretensões II)	Equipamentos especialmente protegidos (categoria de sobretensões I)
-----	120/240	2,5	1,5	0,8
230/400	-----	4 ⁽²⁾	2,5 ⁽²⁾	1,5 ⁽²⁾
277/480 ⁽³⁾	-----	4 ⁽²⁾	2,5 ⁽²⁾	1,5 ⁽²⁾
400/690	-----	6	4	2,5
1000	-----	8	6	4

(1) - Estes valores estão de acordo com a Norma HD 472. Para outros valores, veja-se o Anexo IV
(2) - Para alimentação em triângulo com uma fase à terra veja-se o Anexo IV
(3) - Este valor de tensão não deve ser usado conjuntamente com os valores 230/400V ou 400/690V.

443.3.2 – Quando parte da instalação incluir linhas aéreas, devem ser utilizados equipamentos da categoria de sobretensões IV, ou proteções contra as sobretensões de acordo com o nível de referência de sobretensão transitória.

443.3.3 – Podem ser utilizados equipamentos que tenham tensões suportáveis ao choque estipuladas inferiores ao nível presumido de sobretensões, desde que não tenha de ser garantida a coordenação do isolamento e tenham sido avaliadas as consequências.

2.3.3 Norma IEC 62305

A norma IEC 62305 fornece os requisitos gerais necessários a seguir para a proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, incluindo as próprias instalações e conteúdos, assim como as pessoas. A norma não se aplica a sistemas de proteção contra descargas atmosféricas com dispositivo de ionização não radioativo, que são objeto de uma norma específica (ver secção 2.3.4).

Atualmente em vigor, a norma IEC 62305:2014 está dividida em 4 parte:

- IEC 62305-1 – Princípios Gerais;
- IEC 62305-2 – Avaliação de Risco;
- IEC 62305-3 – Danos Físicos a Estruturas e Riscos Humanos;
- IEC 62305-4 – Sistemas Elétricos e Eletrónicos em estruturas.

A parte 1 da norma contém os requisitos gerais necessários como guia para a implementação de proteção de estruturas contra descargas atmosféricas, incluindo as instalações, pessoas e bens.

A parte 2 da norma é aplicável à avaliação de risco na necessidade de implementação, ou não, de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Define um procedimento para a realização da avaliação e para a seleção de medidas de proteção a adotar de forma a reduzir o risco.

A parte 3 da norma define os requisitos para a colocação de um SPDA de forma a garantir a proteção contra riscos humanos e de estruturas contra os danos físicos.

A quarta e última parte, aborda os princípios gerais para a conceção, instalação, inspeção, manutenção e ensaio de proteção de sistemas elétricos e eletrónicos contra os efeitos de sobretensões de origem atmosférica. Disponibiliza ainda orientações para que tudo corra em analogia entre o projetista dos sistemas elétricos e eletrónicos e o projetista das medidas de proteção de forma que seja alcançada uma proteção concreta e estável.

A Figura 22 apresenta a organização por partes da norma IEC 62305 de uma forma gráfica, de interpretação mais simples.

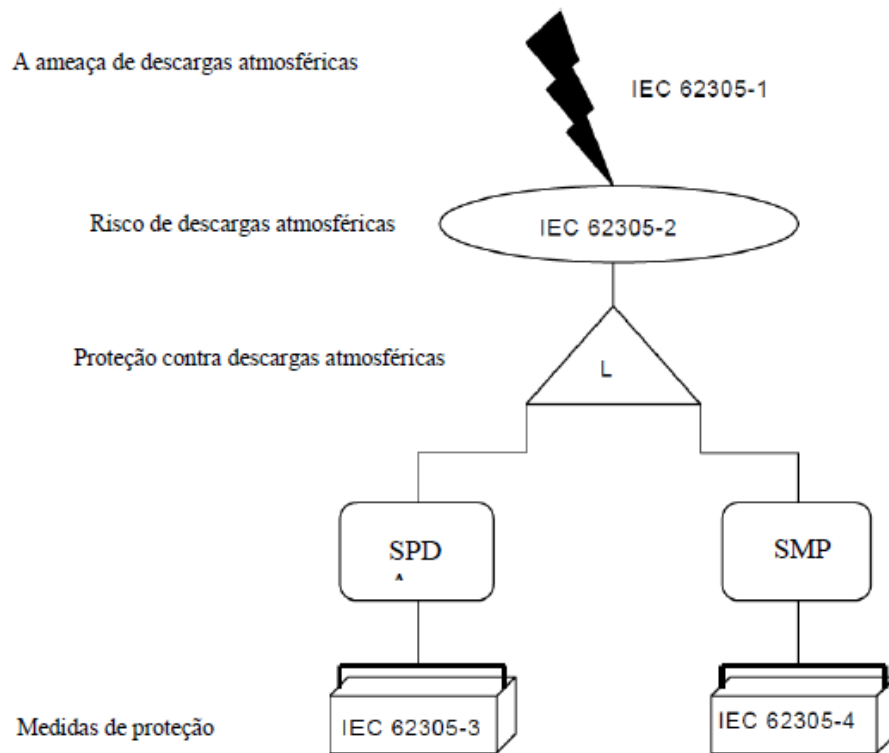


Figura 22 - Organização por Partes de IEC 62305 [22]

2.3.4 Norma NP 4426

A norma NP 4426 aplica-se aos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas com dispositivo de ionização não radioativo, para proteger as estruturas, edifícios e áreas abertas contra os impactos diretos de descargas atmosféricas [20].

A norma define os requisitos para ensaio, seleção, projeto e instalação de sistema de proteção contra descargas atmosféricas com dispositivo de ionização.

2.3.5 Norma EN 62561

A EN 62561 é a Norma Europeia que regula as características técnicas a cumprir pelos elétrodos de terra implementados nos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas. Na norma estão definidas as características técnicas mínimas que são aceites nos diferentes materiais utilizados em elétrodos de terra [26].

Os materiais aceites para a utilização em elétrodos de terra são o cobre, cobre estanhado, aço galvanizado, aço, aço cobreado e aço inoxidável. Por exemplo, nos elétrodos de aço

cobreado é frequente o não cumprimento da norma no que diz respeito à espessura mínima do cobre. Sendo esta a principal característica deste material, com impacto na sua durabilidade e resistência à corrosão. A Tabela 10 mostra as características técnicas mínimas exigidas pela norma.

Tabela 10 - Características Técnicas Mínimas Definidas na EN 62561 [26]

MATERIAL	CONFIGURAÇÃO	SECÇÃO			DIMENSÕES
		Piquet (mm ²)	Condutor (mm ²)	Chapa (mm ²)	
Aço cobreado	Sólido redondo	≥ 150			14 mm de diâmetro, com revestimento mínimo de 250 µm de cobre 99,9%
	Sólido redondo		≥ 50		8 mm de diâmetro, com revestimento mínimo de 250 µm de cobre 99,9%
	Sólido redondo		≥ 78		10 mm de diâmetro, com revestimento mínimo de 70 µm de cobre 99,9%
	Sólido fita		≥ 90		3 mm de diâmetro, com revestimento mínimo de 70 µm de cobre 99,9%

O não cumprimento destas características, nomeadamente das espessuras de revestimento de cobre, reduz o tempo de vida da instalação, colocando em perigo a segurança da mesma.

2.3.6 Norma EN 50164

Outra das normas importantes nos sistemas de proteção é a norma EN 50164-2 que especifica os requisitos e testes para condutores metálicos que fazem parte do sistema de terminação aérea e condutores de baixada e para elétrodos de terra que fazem parte do sistema de terminação de terra. Tais componentes também podem ser utilizados em atmosferas perigosas, logo deve-se ter em atenção os requisitos adicionais para que possam ser instalados em segurança em ambientes considerados perigosos [27].

A conceção dos elétrodos e condutores de terra deve ser de maneira que na sua utilização o seu desempenho seja fiável e que não cause nenhum perigo para as pessoas e meio ambiente, onde a escolha do material a utilizar depende da sua capacidade de corresponder aos requisitos específicos da aplicação pretendida. O material deve ser acompanhado com toda

a literatura necessária para assegurar que o instalador selecione de forma adequada e em conformidade os materiais a instalar.

A norma EN 50164-2 contém dois anexos que descrevem como realizar os testes que a norma apresenta, teste esses que passa por teste de flexão para condutores revestidos, teste ambiental para condutores e varas de terminação aérea ou de ligação à terra, teste de aderência e teste de compressão por meios manuais e por meios mecânicos.

2.3.7 Guia Prático NP EN 62305

O guia prático da norma NP EN 62305, desenvolvido pela Comissão Técnica de Normalização 81 (CTE 81), coordenada pelo Instituto Eletrotécnico Português (IEP), é um guia que permite uma melhor compreensão das normas da série NP EN 62305.

Encontra-se dividido em quatro partes, permitindo aos profissionais desta área um fácil acesso à informação essencial da norma com o intuito de dar diretrizes de leitura das mesmas.

O objetivo principal do desenvolvimento do guia passou por permitir uma melhor compreensão dos fenómenos físicos através de regras validadas que evitam medidas demasiado restritivas, de modo a garantir a máxima proteção com um custo mínimo [28].

2.4 Avaliação do Risco e Definição de Nível de Proteção

A necessidade de proteção, os benefícios económicos da instalação de medidas de proteção e a seleção de medidas de proteção adequadas, devem ser determinadas em condições de gestão de risco, gestão essa que é objeto da norma IEC 62305-2. Na norma NP 4426, mais concretamente no Anexo A, também é explicado um método e os termos para uma análise de risco para concluir ou não a necessidade de implementação de um SPDI.

O objetivo é que seja definido um procedimento para a avaliação de risco, e que permita a escolha de medidas de proteção apropriadas com o intuito de reduzir o risco para ou abaixo do limite tolerável.

Nos dias de hoje em que a exigência imposta em matérias económicas é grande, torna-se um desafio para os profissionais desta área garantir total segurança ao mais baixo custo possível.

2.4.1 Princípios Gerais

Com o propósito de uma correta implementação de um dos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas é necessário realizar uma análise e conhecer todas as condicionantes que este tipo de fenómeno natural pode provocar na estrutura onde a avaliação de risco irá ser realizada.

As descargas atmosféricas que incidam numa estrutura podem causar diversos danos à própria estrutura, ocupantes e conteúdos da mesma. No entanto estes tipos de danos podem expandir-se para as redondezas, e a gravidade da expansão depende das características da estrutura e da descarga atmosférica.

As características das estruturas relativas aos efeitos das descargas atmosféricas incluem:

- Construção;
- Função;
- Ocupantes e conteúdos;
- Linhas conectadas;
- Medidas de proteção existentes ou previstas;
- Escala de extensão do perigo.

De tal modo que é impreterível ter presente se as descargas são diretas, com o ponto de impacto a ser na estrutura ou indiretas, em que o ponto de impacto se situa na vizinhança e quais os danos que podem causar, as perdas associadas ao acontecimento e quais os riscos que se possam surgir. Segundo a norma IEC 62305, existem quatro tipos de origem e três tipos de danos para a estrutura.

2.4.1.1 Origem dos Danos

A fonte principal dos danos que podem ocorrer é o valor da corrente do raio, no qual se distingue pelo ponto de impacto, que podem ser quatro como mostra a Tabela 11.

Tabela 11 - Origem dos Danos [29]

S1	Raio atinge a estrutura
S2	Raio atinge a vizinhança da estrutura
S3	Raio atinge uma linha
S4	Raio atinge a vizinhança da linha

2.4.1.2 Tipos de Danos

Um raio pode causar diversos danos, em que as características das estruturas podem ser importantes para o tamanho ou gravidade dos mesmos. Para colocar em prática a avaliação de risco, é importante distinguir os três tipos básicos de danos que podem ocorrer como mostra a Tabela 12. Os danos ocorridos numa estrutura podem ser limitados a uma parte ou estender-se á totalidade, ou também envolver estruturas das proximidades ou até mesmo o meio ambiente local.

Tabela 12 - Tipos de Danos [29]

D1	Raio atinge a estrutura
D2	Raio atinge a vizinhança da estrutura
D3	Raio atinge uma linha

Com a ocorrência do dano, individual ou em simultâneo, pode acarretar uma perda na estrutura a ser protegida, perda essa que correlaciona as características da estrutura e do seu conteúdo. Na norma IEC 62305 também são referidas as perdas associadas a estes acontecimentos.

2.4.1.3 Tipos de Perdas

Devem ser tidas em importância as perdas mostradas na Tabela 13.

Tabela 13 - Tipos de Perdas [29]

L1	Perda de vidas humanas (incluindo lesões permanentes)
L2	Perda de serviço público
L3	Perda de património cultural
L4	Perda de valor económico (estrutura, conteúdo, e perda de atividade)

A avaliação da necessidade da colocação de proteção contra descargas atmosféricas na estrutura a proteger, de modo a reduzir as perdas, o risco relevante deve ser avaliado para cada tipo de perda que possa surgir.

2.4.1.4 Riscos e Componentes de Risco

O risco R , é o valor relativo de uma perda anual média provável. Os riscos que mostra a Tabela 14, são os riscos a avaliar numa estrutura.

Tabela 14 - Tipos de Riscos [29]

R1	Risco de perda de vida humana (incluindo lesões permanentes)
R2	Risco de perda de serviço público
R3	Risco de perda de património cultural
R4	Risco de perda de valor económico

Na avaliação dos riscos devem ser definidas e calculadas as componentes de risco relevantes, em que as componentes de risco podem ser agrupadas de acordo com a fonte e tipo do dano.

As componentes de Risco tem a seguinte composição:

Risco de Perda Humana - R_1

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1}^{(1)} + R_{M1}^{(1)} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1}^{(1)} + R_{Z1}^{(1)} \quad (4)$$

$R^{(1)}$ – Apenas para estruturas com risco de explosão e para hospitais com equipamento elétrico que salva-vidas ou outras estruturas que na falha de sistemas internos coloca imediatamente em perigo a vida humana.

Risco de Perdas de Serviços Públicos - R_2

$$R_2 = R_{B2} + R_{C2} + R_{M2} + R_{V2} + R_{W2} + R_{Z2} \quad (5)$$

Risco de Perdas de Património Cultural - R_3

$$R_3 = R_{B3} + R_{V3} \quad (6)$$

Risco de Perda de Valor Económico - R4

$$R_4 = R_{A4}^{2)} + R_{B4} + R_{C4} + R_{M4} + R_{U4}^{2)} + R_{V4} + R_{W4} + R_{Z4} \quad (7)$$

$R^{2)}$ – Apenas para propriedades onde haja o risco de perda de animais.

2.4.2 Gestão de Risco

Na gestão de risco o procedimento de base consiste na identificação e avaliação de vários parâmetros, tais como, identificação e recolha das características da estrutura a proteger, identificação de todos os tipos de perdas e do risco correspondente, avaliação do risco para cada tipo de perda, avaliação da necessidade de proteção por comparação dos riscos e avaliação da relação custo-eficácia da proteção por comparação dos custos da perda total com e sem medidas de proteção.

Para a avaliação dos riscos da estrutura, deve ser considerado:

- A própria estrutura;
- Instalações na estrutura;
- Conteúdo da estrutura;
- Pessoas na estrutura ou nas zonas até três metros a partir do exterior da estrutura;
- Ambiente afetado por danos na estrutura.

A necessidade de instalação da proteção é considerada quando cada risco calculado seja maior que o risco tolerável. Os valores típicos de R_T utilizados para a avaliação de risco são apresentados na Tabela 15. Para a perda de valor económico, L4, se não for possível obter os dados para esta análise, o R_T toma como valor 10^{-3} .

Tabela 15 - Valores Típicos de Risco Tolerável [29]

	Tipos de Perdas	$R_T(y^{-1})$
L1	Perda de vidas humanas (incluindo lesões permanentes)	10^{-5}
L2	Perda de serviço público	10^{-3}
L3	Perda de património cultural	10^{-4}

A cada tipo de perda está associada um conjunto de medidas de proteção, que podem ser individuais ou combinadas, que colocam o $R \leq R_T$. A solução a adotar pelo responsável técnico do projeto, que passa por identificar as componentes de risco mais críticas e reduzi-las, deve ter em conta os aspetos técnicos e económicos. A avaliação do seu impacto económico passa por comparar o custo das perdas totais com e sem medidas de proteção, o que irá decidir se é economicamente viável implementar medidas de proteção.

A Figura 23 mostra o procedimento simplificado de avaliação de risco.

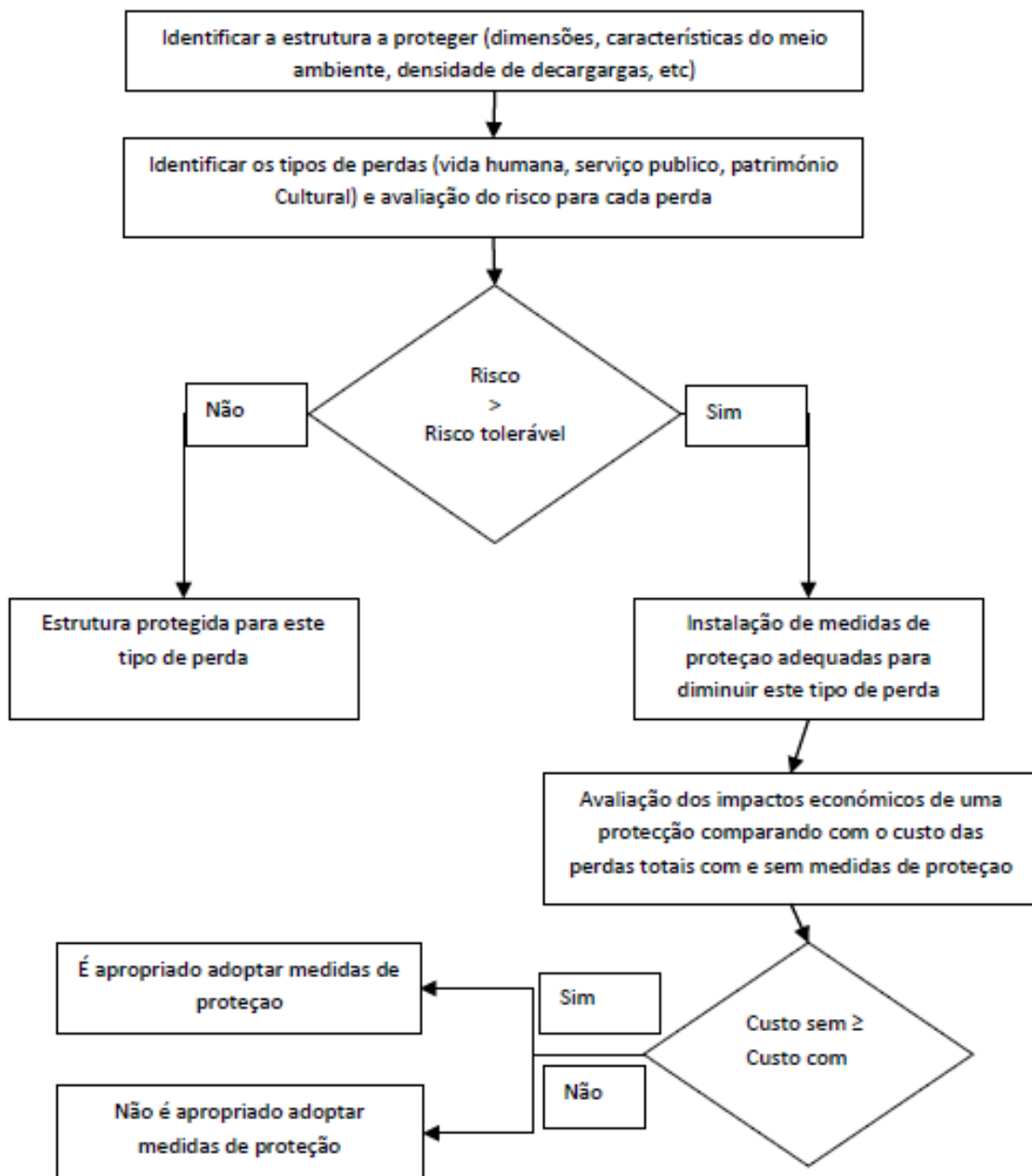


Figura 23 - Procedimento Geral de Aplicação da IEC 62305-2 [30]

2.4.3 Avaliação das Componentes de Risco

Depois de identificar a estrutura a proteger e avaliar as perdas que podem ocorrer, é possível identificar e calcular as correspondentes componentes de risco:

- Componente de risco – Lesão de seres vivos, raio atinge a estrutura - R_A

$$R_A = N_D \times P_A \times L_A \quad (8)$$

Em que,

N_D – Número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura a proteger;

P_A – Probabilidade de lesão para os seres vivos devido ao choque elétrico;

L_A – Perda associada à lesão de seres vivos devido ao choque elétrico.

➤ Componente de risco – Dano físico na estrutura, raio atinge a estrutura - R_B

$$R_B = N_D \times P_B \times L_B \quad (9)$$

Em que,

N_D – Número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura a proteger;

P_B – Probabilidade de danos físicos na estrutura;

L_B – Perda associada a danos físicos na estrutura.

➤ Componente de risco – Falha dos sistemas internos, raio atinge a estrutura - R_C

$$R_C = N_D \times P_C \times L_C \quad (10)$$

Em que,

N_D – Número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura a proteger;

P_C – Probabilidade de danos nos sistemas internos;

L_C – Perda associada a danos nos sistemas internos.

➤ Componente de risco – Falha dos sistemas internos, raio atinge a vizinhança da estrutura - R_M

$$R_M = N_M \times P_M \times L_M \quad (11)$$

Em que,

N_M – Número de eventos perigosos ocorridos devido aos efeitos de um raio atingir a vizinhança próxima da estrutura a proteger;

P_M – Probabilidade da falha dos sistemas internos;

L_M – Perda associada à falha dos sistemas internos.

- Componente de risco – Lesão de seres vivos, raio atinge uma linha ligada à estrutura
- R_U

$$R_U = (N_L + N_{DJ}) \times P_U \times L_U \quad (12)$$

Em que,

N_L – Número de eventos perigosos ocorridos devido aos efeitos de um raio atingir uma linha ligada à estrutura;

N_{DJ} – Número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura adjacente à estrutura a proteger;

P_U – Probabilidade de lesão para os seres vivos devido ao choque elétrico;

L_U – Perda associada à lesão de seres vivos devido ao choque elétrico.

- Componente de risco – Dano físico na estrutura, raio atinge uma linha ligada à estrutura - R_V

$$R_V = (N_L + N_{DJ}) \times P_V \times L_V \quad (13)$$

Em que,

N_L – Número de eventos perigosos ocorridos devido aos efeitos de um raio atingir uma linha ligada à estrutura;

N_{DJ} – Número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura adjacente à estrutura a proteger;

P_V – Probabilidade de danos físicos na estrutura;

L_V – Perda associada a danos físicos na estrutura.

- Componente de risco – Falha dos sistemas internos, raio atinge uma linha ligada à estrutura - R_W

$$R_W = (N_L + N_{DJ}) \times P_W \times L_W \quad (14)$$

Em que,

N_L – Número de eventos perigosos ocorridos devido aos efeitos de um raio atingir uma linha ligada à estrutura;

N_{DJ} – Número de eventos perigosos ocorridos devido a um raio atingir a estrutura adjacente à estrutura a proteger;

P_W – Probabilidade da falha dos sistemas internos;

L_W – Perda associada à falha dos sistemas internos.

- Componente de risco para uma estrutura - R_X

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X \quad (15)$$

Em que,

N_X – Número de eventos perigosos ocorridos num ano;

P_X – Probabilidade de ocorrer danos relevantes na estrutura;

L_X – Perda associada à ocorrência de danos relevantes na estrutura.

- Componente de risco – Falhas dos sistemas internos, raio atinge a vizinhança de uma linha ligada à estrutura - R_Z

$$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z \quad (16)$$

Em que,

N_I – Número de eventos perigosos ocorridos devido aos efeitos de um raio atingir a vizinhança de uma linha ligada à estrutura;

P_Z – Probabilidade da falha dos sistemas internos;

L_Z – Perda associada à falha dos sistemas internos.

Após calcular todos os parâmetros verifica-se se $R > R_T$, ou seja, se o risco envolvido é superior ao risco tolerável. No caso de positivo, em que o risco envolvido é superior ao risco tolerável, será necessário aplicar medidas de proteção e ter em consideração a existência de algum SPDA na estrutura. Caso seja negativo, em que se verifica que o risco envolvido é inferior ao tolerável, pode-se assumir que a estrutura se encontra devidamente protegida e não necessita de nenhuma medida de proteção.

Na necessidade de implementar um conjunto de medidas de proteção à estrutura, com o intuito de proteger as pessoas que partilham o espaço e garantir a segurança da mesma, será sempre oportuno realizar uma avaliação do impacto custo-benefício que tais medidas irão implicar.

2.4.4 Análise Custo-Benefício da Implementação de Medidas de Proteção

Segundo o Anexo D da norma IEC 62305-2 para se fazer os cálculos das perdas económicas, é necessário saber o valor do custo de perdas sem meios de proteção e o custo das perdas residuais, depois de instalados os meios de proteção selecionados. À diferença é ainda subtraído o custo dos meios de proteção.

Se o custo anual de perda total for superior ao somatório do custo anual das medidas de proteção com o custo das perdas residuais após instalação das medidas estipuladas, então é economicamente viável a adoção das medidas, caso tal condição não se verifique, a aplicação das mesmas não se torna economicamente rentáveis.

3 Aplicação Informática de Análise de Risco

3.1 Generalidades

Na realização de um projeto de implementação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas deve compreender a melhor solução técnico-económica para a instalação a proteger, considerando como fator preponderante a segurança de pessoas e bens, bem como a sua funcionalidade e durabilidade.

Primariamente, antes de avançar para a definição do material a colocar no sistema de proteção, é necessário realizar uma análise de risco da estrutura que se pretende proteger. Os sistemas informáticos tornam a tarefa mais rápida e simples, e de um modo geral acrescentam uma maior qualidade e rigor.

Atualmente existem diversas ferramentas informáticas disponíveis de apoio à análise de risco para a realização de projetos de instalação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, no entanto, apesar de gratuitas estão sempre associadas ao fabricante do material a instalar, e os dados a inserir para a realização dessa análise são dados gerais referentes à estrutura. Uma dessas ferramentas é a “*RIESGO*”, que se encontra disponível no site da *Aplicaciones Tecnológicas*.

Neste sentido, e sendo âmbito de estudo no presente trabalho de dissertação na secção 2.4, foi desenvolvido uma aplicação de apoio à análise de risco de acordo com o definido na norma IEC 62305-2.

Com o desenvolvimento da aplicação irá permitir realizar uma análise de risco rápida e fiável, com um menor risco de erro para os profissionais de segurança.

3.2 Objetivos Gerais da Ferramenta Informática

Com o desenvolvimento da ferramenta informática de apoio à análise de risco, suportada na norma IEC 62305-2, pretendeu-se a criação de uma ferramenta de trabalho, rápida e eficaz, à atividade dos profissionais de segurança.

Assim, foram requisitos que a aplicação fosse intuitiva, de fácil utilização, fiável e aplicável a todo o tipo de projeto de implementação de sistemas de proteção.

3.3 Tecnologias Informáticas Utilizadas

A aplicação informática de apoio ao projeto de implementação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas foi realizado com suporte da ferramenta *Visual Basic for Application* (VBA).

A opção por esta ferramenta deveu-se a ela permitir desenvolver a aplicação com todas as funcionalidades exigidas, permitir futuras alterações, caso se verifique alterações no texto da norma, e suportada pelo sistema operacional *Windows*, sistema de uso generalizado em Portugal.

3.4 Arquitetura da Ferramenta Informática

Pretendeu-se que a ferramenta informática desenvolvida permitisse uma utilização intuitiva. A arquitetura da aplicação baseia-se no VBA, em que permite a aplicação de alguns recursos de programação em documentos do *Microsoft Excel*.

Após o estudo sobre a metodologia subjacente à análise de risco e definição de nível de proteção requerido para as instalações, foi elaborada uma folha de cálculo em Excel com todos os cálculos necessários na análise de risco, e depois passada, com auxílio de alguma programação, para VBA de forma a ficar mais intuitiva para o utilizador.

A Figura 24 mostra a *interface* com o utilizador desenvolvido para a aplicação.

The screenshot displays the 'MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA' interface. It is divided into several sections:

- Influências Ambientais:** Includes fields for 'Cidade', 'Dias de Trovoada (Td)', and 'Densidade Anual Impacto (Ng)'. A central table shows 'Riscos Tolerável' (L1-0,00001, L2-0,001, L3-0,0001, L4-0,001) and 'Riscos Calculado' with a 'Calcular' button.
- Características da Estrutura:** Fields for 'Localização Relativa (Cd)', 'Instalação da Linha (Ci)', 'Tipo de Linha (Ct)', 'Fator Ambiental da Linha (Ce)', and 'Comprimento Secção de Linha (LL)'. A sub-section 'Dimensões da Estrutura' includes 'Comprimento (L)', 'Largura (W)', 'Altura (H)', 'Altura Saliência (Hp)', and 'Área de Exposição (Ad)'.
- Tipo de Perda:** Divided into L1 (Danos Físicos (Lf1), Falha Sistemas Internos (Lo1)) and L4 (Lesões Devido ao Choque (Lt4), Danos Físicos (Lf4), Falha Sistemas Internos (Lo4)).
- Medidas de Proteção:** Fields for 'Proteção Adicional (Pta)', 'Redução Danos Físicos (Pb)', 'Nível de Proteção Contra Raios (Pspd)', and 'Proteção a Tensões de Toque Perigosas (Ptu)'. The 'Estrutura Isolada: nenhum outro objeto nas proximidades' option is highlighted.
- Linhas de Serviços:** Fields for 'Linha Externa (Cld) / Ligação à Entrada (Cfi)', 'Cablagem Interna (Ks3)', and 'Tensão Impulso Nominal do Sistema (Uw - kV)'.
- Perdas:** Fields for 'Número de Pessoas na Zona (nz)', 'Número Total de Pessoas na Estrutura (nt)', 'Número de horas/ano de Presença na Estrutura (tz)', 'Tipo de Superfície (rt)', 'Disposições para Reduzir risco Fogo (rp)', 'Risco de Fogo (rf)', 'Tipo de Perigo Especial (hz)', and 'Tipo de Serviço'.

Figura 24 - Interface da Aplicação Desenvolvida

No processo de análise de risco, é considerada uma diversidade de aspetos relacionados com o edifício, a sua localização, o risco de perdas de vidas humanas e perdas materiais, entre outros, que o projetista terá que conhecer, para posteriormente poder aplicar na metodologia de análise de risco definida na norma.

Para reduzir o tempo necessário à realização da análise de risco e minimizar a possibilidade de falha na realização do mesmo, para os campos cuja informação é disponibilizada pela norma, foram criadas caixas com as opções indicadas na norma IEC 62305-2. Por exemplo, na parte das características da estrutura no campo “Localização Relativa (Cd)” são disponibilizadas as possibilidades definidas na norma, conforme mostra a Figura 25.

This close-up shows the 'Localização Relativa (Cd)' dropdown menu with the following options:

- Estrutura rodeada de objetos superiores
- Estrutura rodeada por objetos da mesma altura ou mais pequenos
- Estrutura Isolada: nenhum outro objeto nas proximidades** (highlighted)
- Estrutura Isolada no topo de uma colina ou de um nó

Figura 25 - Aplicação Desenvolvida - Extrato do Menu de Preenchimento de Dados: Localização Relativa

Nos campos em que os dados se referem à estrutura em estudo, como por exemplo, as “Dimensões da Estrutura” ou o “Número Total das Pessoas na Estrutura” têm de ser inseridos pelo utilizador. A Figura 26 apresenta um extrato do campo a preencher pelo utilizador referente às dimensões da estrutura.

Dimensões da Estrutura	
Comprimento (L)	350
Largura (W)	250
Altura (H)	30
Altura Saliência (Hp)	0
Área de Exposição (Ad)	220946.9

Figura 26 - Aplicação Desenvolvida - Extrato do Menu de Preenchimento de Dados: Dimensões da Estrutura

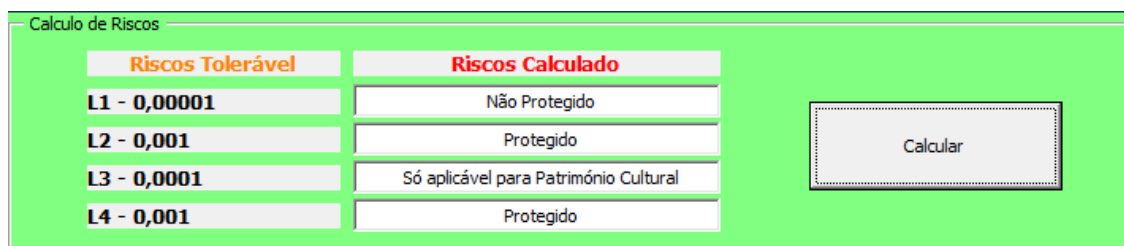
3.5 Geração de Resultados

Depois de definidos todos os parâmetros necessário à análise de risco da instalação em estudo por parte do utilizador, conforme é mostrado um exemplo na Figura 27, pode ser realizado o cálculo de análise de risco.

Características da Estrutura		Dimensões da Estrutura	
Localização Relativa (Cd)	Estrutura rodeada por objetos da mesma altura ou mais pequenos	Comprimento (L)	350
Instalação da Linha (Cl)	Enterrado	Largura (W)	250
Tipo de Linha (Ct)	Linha de alimentação AT (com transformador AT/BT)	Altura (H)	30
Fator Ambiental da Linha (Ce)	Urbano	Altura Saliência (Hp)	0
Comprimento Secção de Linha (Ll)	50	Área de Exposição (Ad)	220946.9
Tipo de Perda: L1		Tipo de Perda: L4	
Danos Físicos (Lf1)	Industrial, comercial	Lesões Devido ao Choque (Lt4)	Nenhuma das opções
Falha Sistemas Internos (Lo1)	Nenhuma das opções	Danos Físicos (Lf4)	Hotel, escola, escritório, entretenimento público, comercial
		Falha Sistemas Internos (Lo4)	Hospital, industrial, escritório, hotel, comercial
Medidas de Proteção			
Proteção Adicional (Pta)	Sem medidas de proteção		
Redução Danos Físicos (Pb)	Estrutura não protegida por LPS		
Nível de Proteção Contra Raios (Pspd)	I		
Proteção a Tensões de Toque Perigosas (Ptu)	Sem medidas de proteção		
Linhas de Serviços			
Linha Externa (Cld) / Ligação à Entrada (Clf)	Linha Aérea Desprotegida, Indefinido		
Cablagem Interna (Ks3)	Cabo desprotegido - sem precauções de encaminhamento para evitar loops		
Tensão Impulso Nominal do Sistema (Uw - kV)	1		
Perdas			
Número de Pessoas na Zona (nz)	13000	Número Total de Pessoas na Estrutura (nt)	6000
		Número de horas/ano de Presença na Estrutura (tz)	6570
Tipo de Superfície (rt)	Agrícola, betão		
Disposições para Reduzir risco Fogo (rp)	Uma das seguintes disposições: extintores; instalações fixas de extinção de funcionamento manual; instalações de alarme manual; bocas de incêndio; compartimentos de incêndio; vias de evacuação		
Risco de Fogo (rf)	Comum		
Tipo de Perigo Especial (hz)	Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas concebidas para eventos culturais ou desportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)		
Tipo de Serviço	Gás, água, fornecimento de energia		

Figura 27 - Interface da Aplicação Desenvolvida Preenchida pelo Utilizador

A Figura 28 mostra um exemplo de geração de resultados realizado pela aplicação informática.



Riscos Tolerável	Riscos Calculado
L1 - 0,00001	Não Protegido
L2 - 0,001	Protegido
L3 - 0,0001	Só aplicável para Património Cultural
L4 - 0,001	Protegido

Figura 28 - Aplicação Desenvolvida – Extrato do Menu de Cálculo do Risco

3.6 Verificação e Validação

Após o desenvolvimento da aplicação informática, de modo a assegurar a fiabilidade e a qualidade dos resultados obtidos na mesma, foi realizado um procedimento de verificação e validação.

O procedimento realizado teve como princípio a realização de estudos comparativos entre os resultados gerados pela aplicação informática desenvolvida e um *software* usado profissionalmente na análise de risco, “*RIESGO*”, da empresa *Aplicaciones Tecnológicas*.

Para ilustrar o procedimento realizado, apresentasse, a título de exemplo, na Figura 29 um exemplo de realização da análise de risco, com recurso ao *software* “*RIESGO*” e na Figura 30 na aplicação informática desenvolvida no âmbito do presente trabalho.

Cálculo do índice de risco

Ed. 1 Nome do edifício Comprimento 350,00 Largura 250,00 Altura 30,00 PDC-Malha P

Edifício número: 1 de 1
Nome do edifício

APLICACIONES TECNOLÓGICAS

Empresa
Comprimento(L) 350,00 m.
Largura (W) 250,00 m.
Altura(H) 30,00 m.
Altura proeminência (Hp) 30,00 m.
Superfície exposição (Ad) 220 946,90 m² Fixa manualmente

Projecto

Dados gerais

Cálculo de risco

Posição de edifícios
Tipo de cobertura B. Betão.
Tipo de estrutura B. Betão.

Posição de pára-raios
Risco de incêndio B. Comum.
Tipo cablagem interna A. Não blindado.

Proteção externa

Proteção interna

Memoria

Solicite orçamento

Guia de desenho

ESPAÑOL
ENGLISH
FRANCAIS
PORTUGUÊS

SOLUCIÓN

DIMENSIONES

PÉRDIDAS

LINEAS DE SERVICIOS

Tipo 1. Perdas de vidas humanas
Por incêndios C. Concentração habitual de
Por risco de pânico C. Médio (entre 100 e 1000)
Consequências dos danos A. Sem consequências.
Por Sobretensões A. Não se aplica.

Alimentação
Situação das cablagens B. Enterrado.
Tipo de cablagem B. Não blindado.
Transformador MT/BT A. Transformador.

Outros serviços aéreos
Número de serviços 0
Tipo de cabos B. Não blindado.

Outros serviços enterrados
Número de serviços 0
Tipo de cabos B. Não blindado.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN EXISTENTES
Classe SPCR E. Sem protecção.
Protecção Sobretensões B. Só na entrada do serviço.

CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA
Tipo de cobertura B. Betão.
Tipo de estrutura B. Betão.
Risco de incêndio B. Comum.
Tipo cablagem interna A. Não blindado.

INFLUENCIAS AMBIENTALES
Situação B. Altura similar.
Factor ambiental B. Urbano.
Dias trovoadas 12 Dias / ano
Densidade anual impacto 1,20 Impactos / km²
Tipo de terreno B. Rocha mole.

Tipo 2. Interrupção de serviços essenciais
Perda de serviços A. Não se aplica.

Tipo 3. Perdas de património cultural
Perdas de património A. Não se aplica.

Tipo 4. Prejuízos económicos
Riscos especiais A. Sem consequências.
Por incêndios A. Valor comum.
Por Sobretensões A. Não se aplica.
Por tensão passo/contacto A. Sem risco de choque.
Risco tolerável de perdas C. 1 em 1.000 anos.

Eficácia do SPCR na estrutura - E.
Classe de SPCR segundo IEC.
- Nivel I. (E=0,02).
- Nivel II. (E=0,05).
- Nivel III. (E=0,2).
- Nivel IV. (E=0).
- Sem protecção. (E=0).

Figura 29 - Software "RIESGO" - Extrato do Menu de Preenchimento: Dados Gerais

Características da Estrutura

Localização Relativa (Cd) Estrutura rodeada por objetos da mesma altura ou mais pequenos
Instalação da Linha (Ci) Enterrado
Tipo de Linha (Ct) Linha de alimentação AT (com transformador AT/BT)
Fator Ambiental da Linha (Ce) Urbano
Comprimento Secção de Linha (Ll) 50

Dimensões da Estrutura

Comprimento (L) 350
Largura (W) 250
Altura (H) 30
Altura Saliência (Hp) 0
Área de Exposição (Ad) 220946,9

Tipo de Perda: L1

Danos Físicos (Lf1) Industrial, comercial
Falha Sistemas Internos (Lo1) Nenhuma das opções

Tipo de Perda: L4

Lesões Devido ao Choque (Ll4) Nenhuma das opções
Danos Físicos (Lf4) Hotel, escola, escritório, entretenimento público, comercial
Falha Sistemas Internos (Lo4) Hospital, industrial, escritório, hotel, comercial

Medidas de Protecção

Protecção Adicional (Pta) Sem medidas de protecção
Redução Danos Físicos (Pb) Estrutura não protegida por LPS
Nível de Protecção Contra Raios (Pspd) I
Protecção a Tensões de Toque Perigosas (Ptu) Sem medidas de protecção

Linhas de Serviços

Linha Externa (Ck) / Ligação à Entrada (Cb) Linha Aérea Desprotegida, Indefnido
Cablagem Interna (Ks3) Cabo desprotegido - sem precauções de encaminamento para evitar loops
Tensão Impulso Nominal do Sistema (Uw - kV) 1

Perdas

Número de Pessoas na Zona (nz) 12000
Número Total de Pessoas na Estrutura (nt) 6000
Número de horas/ano de Presença na Estrutura (tz) 6570
Tipo de Superfície (rt) Agrícola, betão
Disposições para Reduzir risco Fogo (rp) Uma das seguintes disposições: extintores; instalações fixas de extinção de funcionamento manual; instalações de alarme manual; bocas de incêndio; compartimentos de incêndio; vias de evacuação
Risco de Fogo (rf) Comum
Tipo de Perigo Especial (hz) Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas concebidas para eventos culturais ou desportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)
Tipo de Serviço Gás, água, fornecimento de energia

Figura 30 - Software Desenvolvido - Extrato do Menu de Preenchimento: Dados Gerais

Depois de preenchidos todos os dados disponíveis, igual ao colocado na aplicação desenvolvida, passamos para o menu do cálculo de risco. Para ilustrar o procedimento

realizado, apresentasse, na Figura 31 o menu de cálculo de risco do software “RIESGO” e na Figura 32 o menu de cálculo de risco da aplicação informática desenvolvida. Em ambos o resultado é igual, onde a estrutura não se encontra protegida contra o tipo de risco de perda de vida humana.

DETERMINAÇÃO DA NECESSIDADE DE PROTECÇÃO SEGUNDO A NORMA UNE-EN 62305-2										
Ed.	Nome	Superfície de oaptura	Risco de perda de vidas humanas	Risco de interrupção de serviços públicos	Risco de perdas de património	Risco de perdas económicas	Necessidade instalação SEPCR*	Nível de protecção	Necessidade instalação SIPCR**	Tipo SIPCR
1		220 946,90	3,38E-04	0,00E+00	0,00E+00	1,35E-04	Necessária	Consultar	Necessária	Consultar

Figura 31 - Software "RIESGO" - Extrato do Menu Cálculo de Risco

Calculo de Riscos

Riscos Tolerável	Riscos Calculado
L1 - 0,00001	Não Protegido
L2 - 0,001	Protegido
L3 - 0,0001	Só aplicável para Património Cultural
L4 - 0,001	Protegido

Figura 32 - Software Desenvolvido - Extrato do Menu Cálculo de Risco

Utilizando os mesmos dados de uma das simulações, os resultados da necessidade da colocação de um sistema de proteção foram iguais nos dois *softwares*. No entanto, o valor do risco calculado varia entre ambas, sem que o resultado de análise de risco seja colocado em causa. Isto deve-se ao facto do número de dados que o utilizador insere, ou seja, no *software* “RIESGO” apenas são inseridos dados globais da estrutura em estudo enquanto na aplicação desenvolvida os dados a inserir são mais pormenorizados e em maior número, como por exemplo, o “Número de Pessoas na Zona (nz)” ou o “Número Total de Pessoas na Estrutura (nt)”, seguindo o definido na norma IEC 62305-2.

Contudo, para efeitos de verificação e validação da aplicação desenvolvida, podemos concluir que a mesma está validada depois de comparar com um dos *softwares* mais utilizados a nível académico e profissional.

4 Aplicação Informática de Seleção de Material de Apoio ao Projeto

4.1 Generalidades

Com a existência de uma vasta oferta de material a implementar no sistema de proteção no mercado, por vezes torna-se complicado e moroso para o projetista a escolha do mesmo. Seria importante que todos os materiais, ou boa parte deles, estejam sob a forma de uma consulta rápida e que toda a informação relativa esteja facilmente disponível.

Contudo, não existe nenhum software disponível que concentre todo o material necessário no desenvolvimento de um sistema de proteção, de modo que a seleção de material se torne num processo rápido para os profissionais da área.

Neste sentido, surgiu a necessidade de desenvolver uma solução informática de apoio ao projeto, que agregasse parte do material a instalar, permitindo aos profissionais realizar a tarefa de forma célere, aumentando a qualidade e detalhe dos trabalhos realizados.

A aplicação desenvolvida vai permitir a redução de tempo na elaboração das especificações de equipamentos e materiais, assim como na elaboração dos mapas de quantidades e estimativas orçamentais. Foram também colocadas ilustrações nos diversos materiais, de modo a permitir uma melhor perceção e um primeiro contacto com os materiais a instalar por parte do projetista.

4.2 Objetivos Gerais da Ferramenta Informática

Com o desenvolvimento de uma ferramenta informática de apoio à seleção de material a aplicar num SPDI, pretendeu-se criar uma ferramenta de apoio à fase de projeto e orçamentação por parte do projetista de sistemas de segurança. No entanto a ferramenta pode ser utilizada tanto a nível profissional como na vertente académica.

Outro dos objetivos pretendidos era que a ferramenta fosse expansível, quer em termos da consideração de novos equipamentos, quer em termos de novas funcionalidades.

4.3 Tecnologias Informáticas Utilizadas

A aplicação informática de apoio ao projeto do presente trabalho de dissertação foi desenvolvida com suporte do editor de código fonte *Visual Studio Code* (VSC).

O VSC garante um conjunto de funcionalidades que permite a criação de páginas *Web* e aplicativos de telemóvel. Optou-se por utilizar este tipo de editor de código, pelas várias funcionalidades disponíveis, sendo ela o suporte de várias linguagens de programação.

4.4 Arquitetura da Ferramenta Informática

Foi pretendido que a ferramenta de seleção de material de apoio ao projeto fosse de utilização intuitiva. A arquitetura da aplicação baseia-se numa linguagem de marcação HTML e mecanismo CSS. HTML é uma linguagem de marcação padrão que descreve e desenvolve, suportado numa série de elementos, a estrutura de uma página *Web*. Enquanto o CSS é utilizado para estilizar elementos HTML, como forma de decorar e organizar a página, com a finalidade de uma melhor apresentação do conteúdo final.

A aplicação desenvolvida contém três páginas *Web* interligadas, permitindo uma fácil utilização, para o utilizador visualizar a informação necessária. A primeira página apresenta conteúdo informativo sobre a instalação de um SPDI, enquanto na segunda página é apresentado um menu, do diverso material a instalar, permitindo ao utilizador uma navegação fácil e intuitiva entre produtos. Na terceira e última página utilizou-se o elemento `<iframe>`, que fornece uma ligação direta a um documento *Excel*, permitindo ao utilizador interagir com a escolha dos materiais e criação do mapa de quantidades final, visualizando o custo parcial e final do conjunto final.

A Figura 33 ilustra a página inicial da aplicação informática, em que é feita uma breve explicação de como instalar um SPDI de acordo com a norma NP 4426.

GUIA DE INSTALAÇÃO

CAPTAÇÃO

- O raio de proteção de um PDI depende da sua altura (h) em relação à superfície a proteger, do seu avanço de ionização ΔT não radiativo e do nível de proteção.
- O para-raios tem de ficar pelo menos 2 metros acima de qualquer outro elemento dentro do seu raio de proteção.

BAIXADAS

- Cada para-raios será ligado à terra por duas baixadas situadas no exterior da estrutura. Estas devem ir preferencialmente por fachadas distintas do edifício.
- O condutor de baivada deve instalar-se de forma que a sua trajetória seja o mais direta possível, evitando qualquer mudança de direção brusca ou subidas.
- O traçado dos condutores de baivada deve ser escolhido de forma que evite a proximidade de condutas elétricas e o seu cruzamento.
- Quando for impossível realizar uma baivada pelo exterior da estrutura, pode-se colocar o cabo de baivada pelo interior do edifício. Não sendo no entanto recomendável porque reduz a eficácia do sistema de proteção contra o raio, dificulta a sua manutenção e aumenta o risco de sobretensões.
- As fixações dos condutores de baivada realizam-se às tomadas como referência 3 trações por metro.
- O condutor de baivada deve ter uma secção de 50 mm². Dado o caráter impulsional da corrente do raio, o condutor plano (fita) é preferível ao condutor redondo, já que oferece uma maior superfície exterior para uma secção idêntica. Por outro lado, recomenda-se o cobre estanhado devido às suas propriedades físicas, mecânicas e elétricas (condutividade, maleabilidade, resistência à corrosão...).
- Os condutores devem estar protegidos mediante um tubo de proteção até uma altura superior a dois metros a partir do solo.
- Recomenda-se a instalação de um contador de raios antes do tubo de proteção para poder realizar as operações de verificação e manutenção indispensáveis em qualquer instalação de proteção contra o raio.
- Deve-se guardar sempre uma distância de segurança de 3 metros entre o condutor de baivada e as canalizações interiores de gás.

REDE DE TERRAS

- Realiza-se uma tomada de terra por cada condutor de baivada. As redes de terra devem estar, salvo absoluta impossibilidade, sempre orientadas para o exterior dos edifícios.
- A resistência da rede de terra medida por meios convencionais deve ser inferior a 10Ω, separando-a de qualquer elemento de natureza condutora.
- Deve realizar-se a interligação com o circuito de terra no fundo da escavação, diretamente ao pé de cada baivada mediante um dispositivo que permita a desconexão da rede de terra e que este esteja instalado num registo de inspeção que tenha o símbolo de terra.
- A indutância da rede de terra deve ser o mais baixa possível. A disposição recomendada são eletrodos verticais em triângulo, com um comprimento total mínimo de 6 metros, unidos entre si por um condutor enterrado a 50 cm de profundidade e separados a uma distância superior ao seu comprimento.
- Recomenda-se a utilização de um melhorador da condutividade em terrenos de resistividade alta.
- Todas as redes de terra deverão estar unidas entre si à rede de terra geral do edifício.
- Recomenda-se a unificação tanto da rede de terra do para-raios com a rede de terra geral, como ao mastro de antena com o condutor de baivada, mediante um disruptor de terras.
- Os elementos das redes de terra dos para-raios deverão distar, no pior dos casos, 5 metros de toda canalização metálica ou elétrica enterrada.

Figura 33 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Página Inicial


Após uma breve leitura de como realizar uma instalação de um SPDI, é disponibilizada uma nova secção de consulta de material. Para ser mais direta a procura do material, foi criado um menu do lado esquerdo em que divide por tópicos os materiais a implementar. Ao selecionar o tópico do material que se pretende consultar aparece ao centro uma tabela em que disponibiliza os dados mais relevantes e uma ilustração do produto como mostra a Figura 34.

MATERIAL

MENU

INÍCIO

- Para-raios
- Peça de Adaptação
- Mastros para fixação a muro ou estrutura
- Fixação em U
- Fixação de barra em ângulo
- Fixação ligeira
- Fixação de mastro para cobertura plana
- Abraçadeira para fita
- Abraçadeira simples para fita
- Abraçadeira fixação rápida
- Abraçadeira em latão para cabo
- Abraçadeira metálica
- Abraçadeira de nylon para fixar cabo
- Abraçadeira para nylon para condutor baivada
- Ligador quadrado para cabo
- Ligador de teste para cabo e fita
- Contador de raios
- Tubos de proteção
- Condutor bimetalico de aço cobreado
- Condutor bimetalico de aluminio cobreado
- Fita de cobre nú
- Fita de cobre estanhado
- Piquet's com cobreamento de 254 µm
- Piquet's de aço inoxidável
- Piquet's de aço galvanizado
- Caixas de visita
- Barra coletora



Mastros para fixação a muro ou estrutura							
Referência	Modelo	Dimensões	Incluído	Material	Peso (Kg)	Preço	Info
AT-051A	Mastro de 1 m	Ø1½ x 1 m	1 secção x 1 m	Aço galvanizado	3,3	€ 58,21	DataSheetAT-051A
AT-052A	Mastro de 2 m	Ø1½ x 2 m	1 secção x 2 m	Aço galvanizado	6,6	€ 90,84	DataSheetAT-052A
AT-053A	Mastro de 3 m	Ø1½ x 3 m	1 secção x 3 m	Aço galvanizado	10	€ 122,76	DataSheetAT-053A
AT-050A	Mastro de 4 m	Ø1½ x 4 m	2 secções x 2 m	Aço galvanizado	13	€ 186,06	DataSheetAT-050A
AT-056A	Mastro de 6 m (2 secções)	Ø1½ x 6 m	2 secções x 3 m	Aço galvanizado	20	€ 214,78	DataSheetAT-056A
AT-057A	Mastro de 6 m (3 secções)	Ø1½ x 6 m	3 secções x 2 m	Aço galvanizado	20	€ 282,24	DataSheetAT-057A
AT-058A	Mastro de 8 m	Ø2" - Ø1½ x 8 m	3 secções x 3 m	Aço galvanizado	35	€ 719,51	DataSheetAT-058A
AT-060A	Mastro de 1 m	Ø1½ x 1 m	1 secção x 1 m	Aço inoxidável	3	€ 96,79	DataSheetAT-060A
AT-062A	Mastro de 2 m	Ø1½ x 2 m	1 secção x 2 m	Aço inoxidável	6	€ 239,34	DataSheetAT-062A
AT-063A	Mastro de 3 m	Ø1½ x 3 m	1 secção x 3 m	Aço inoxidável	9	€ 295,66	DataSheetAT-063A
AT-065A	Mastro de 4 m	Ø1½ x 4 m	2 secções x 2 m	Aço inoxidável	12	€ 343,19	DataSheetAT-065A
AT-066A	Mastro de 6 m (2 secções)	Ø1½ x 6 m	2 secções x 3 m	Aço inoxidável	18	€ 661,74	DataSheetAT-066A
AT-067A	Mastro de 6 m (3 secções)	Ø1½ x 6 m	3 secções x 2 m	Aço inoxidável	18	€ 686,05	DataSheetAT-067A
AT-068A	Mastro de 8 m	Ø2" - Ø1½ x 8 m	3 secções x 3 m	Aço inoxidável	30	€ 1279,77	DataSheetAT-068A

Figura 34 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Consultar Material

Como na fase de projeto é importante reunir a maior informação possível para submeter a aprovação ou até mostrar ao cliente, criou-se uma coluna onde são disponibilizados os *datasheet's*, para consulta ou até mesmo para guardar.

Terminada a consulta do material é disponibilizada uma nova secção de seleção de material e mapa de quantidades como ilustra a Figura 35.

SELEÇÃO DE MATERIAL / MAPA DE QUANTIDADES

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

Captação										
Para raios com dispositivo de PDI										
AT-1500	DEF CONTROLER PULSE 200 JH-REOLITE 787008	AT-1500-V-200	200	2.074,00 €						
Para raios sem dispositivo de PDI										
AT-1514	11"	Ø (mm)	Ø (mm)	11"	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1504	14000 00 01 21 000000	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1548	Super em U de 30 cm antena na caixa	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
Substâncias										
AT-1508	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1509	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1504	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1510	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1512	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1510	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
Outros materiais										
AT-1511	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1512	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1513	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1514	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1515	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1516	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1517	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1518	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1519	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1520	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1521	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1522	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1523	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1524	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1525	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1526	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1527	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1528	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1529	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1530	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1531	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1532	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1533	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1534	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1535	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1536	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1537	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1538	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1539	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1540	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1541	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1542	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1543	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1544	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1545	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1546	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1547	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1548	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1549	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1550	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1551	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1552	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1553	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1554	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1555	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1556	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1557	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1558	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1559	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)
AT-1560	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)	Ø (mm)

Figura 35 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Seleção de Material / Mapa de Quantidades

Relativamente ao preenchimento dos vários materiais a seleccionar, são disponibilizadas as opções que aparecem na secção de consulta de material no tópico respetivo. Na Figura 36 mostra um extrato da seleção de material referente à ponta captora.

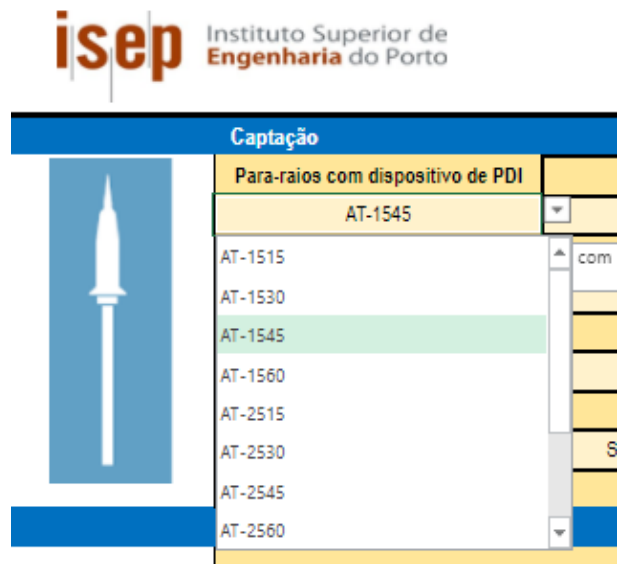


Figura 36 - Aplicação Desenvolvida Seleção de Material: Extrato da Escolha de um Modelo de Ponta Captora

5 Proteção Contra Descargas Atmosféricas e Sobretensões – Estudo de Caso

5.1 Enquadramento

Nesta parte do trabalho de dissertação pretende-se desenvolver um estudo de caso técnico e económico, de proteção interna e externa, do edifício onde labora a empresa Iso-Sigma – Energia e Gestão, LDA.

Este estudo incidiu sobre a implementação de proteção interna e externa contra descargas atmosféricas. Antes do desenvolvimento do estudo das proteções, primariamente foi necessário realizar a avaliação de risco ao edifício. Após encontrar o nível de proteção a implementar, foram realizados dois estudos no que consiste à proteção externa, um para sistemas passivos e o outro para sistemas ativos. Assim vai ser possível achar qual a melhor solução técnica e económica a implementar no edifício em estudo.

5.2 Descrição da Instalação

O edifício a proteger é a instalação da sede da Iso-Sigma, constituída por uma nave fabril, armazém e uma parte de escritórios, localizada na Rua de Trás, nº 421, Nogueira da Maia. A Tabela 16 mostra as dimensões do edifício.

Tabela 16 - Dimensão do Edifício

Dimensões (m)	Largura	40
	Comprimento	88
	Altura	5,9

Na nave fabril a principal atividade passa pelo fabrico e montagem de aparelhagem elétrica de Baixa Tensão (BT) e Média Tensão (MT), auxiliada pelo um armazém onde todo o material necessário para o desenvolvimento e construção dos diversos produtos é armazenado. Na parte dos escritórios encontram-se os departamentos comerciais, financeiros e a gerência da empresa.

A Figura 38 ilustra de uma forma geral a localização do edifício.



Figura 38 - Localização do Edifício da Iso-Sigma

5.2.1 Avaliação do Risco

Conforme apresentado no capítulo 4 a análise de risco permite selecionar quais as medidas de proteção apropriadas a implementar de modo a reduzir o risco para valores iguais ou menores dos valores limites toleráveis.

A análise de risco à instalação, foi realizada, primeiro de forma manual, seguindo o definido na parte 2 da norma IEC 62305.

Seguidamente, a mesma análise de risco foi realizada com recurso à aplicação de análise de risco desenvolvida.

Conforme seria esperado, verificou-se a obtenção do mesmo resultado e a definição do mesmo nível de proteção a prever para a instalação. Contudo, o tempo de realização do

procedimento foi completamente diferente, tendo sido necessário um tempo muito superior para a realização manual do procedimento de análise de risco.

5.2.1.1 Processo Manual

Considerando o $T_d = 18$, dias de trovoada por ano no distrito do Porto, a densidade de raios no solo é dada por:

$$N_G = 0,1 \times T_d = 1,8 \text{ km}^2/\text{ano} \quad (17)$$

O edifício da Iso-Sigma é uma estrutura retangular, e com os dados da Tabela 11 que nos indica as dimensões podemos determinar a área de recolha A_d .

$$A_D = L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 = 9035,429 \text{ m}^2 \quad (18)$$

Um dos fatores a considerar é a localização relativa da estrutura C_d , considerando que o edifício está rodeado por objetos da mesma altura ou mais pequenos o $C_d = 0,5$.

Número de eventos perigosos N_D para a estrutura:

$$N_D = N_G \times A_d \times C_d \times 10^{-6} = 0,0081312 \quad (19)$$

Área de recolha de raios que se propagam perto da estrutura:

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2 = 913398,16 \text{ m}^2 \quad (20)$$

Número médio anual de eventos perigosos N_M devido a raios perto da estrutura:

$$N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} = 1,6441 \quad (21)$$

Outros dos fatores a ser considerados são os que interferem com o tipo, a instalação, o fator ambiental e o comprimento da secção da linha de alimentação à estrutura.

Instalação da linha, encaminhamento - Aéreo ($C_I = 1$);

Tipo de linha, instalação - Linha de alimentação AT, com transformador AT/BT ($C_T = 0,2$);

Fator ambiental da linha, ambiente - Urbano ($C_E = 0,1$);

Comprimento da secção da linha - Quando o comprimento é desconhecido, $L_L = 1000$ deve ser considerado;

Área de recolha de raios:

$$A_L = 40 \times L_L = 40000 \quad (22)$$

Número médio anual de eventos perigosos N_L devido a raios para uma linha:

$$N_L = N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} = 0,00144 \quad (23)$$

Área de recolha de raios perto de uma linha:

$$A_I = 4000 \times L_L = 4000000 \quad (24)$$

Número médio anual de eventos perigosos N_I devido a raios perto de uma linha:

$$N_I = N_G \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} = 0,144 \quad (25)$$

No seguimento da avaliação do risco segundo a IEC 62305-2, o anexo B refere-se à avaliação da probabilidade de dano que um raio causará à estrutura, à vizinhança ou à linha. Como no anexo A existem valores de probabilidades que devem ser considerados para a realizar os cálculos necessários.

Medidas de proteção adicional - Sem medidas de proteção ($P_{TA} = 1$);

Características da estrutura – Estrutura não protegida por sistema de proteção contra raios ($P_B = 1$);

Probabilidade P_A que um raio numa estrutura causará lesões a seres vivos por choque elétrico:

$$P_A = P_{TA} \times P_B = 1 \quad (26)$$

Nível de proteção contra raios - Sem sistema coordenado de SPD ($P_{SPD} = 1$);

Tipo de linha externa - Linha aérea desprotegida ($C_{LD} = 1$);

Ligação à entrada - Indefinido ($C_{LI} = 1$);

Probabilidade P_C que um raio numa estrutura provoque a falha dos sistemas internos:

$$P_C = P_{SPD} \times C_{LD} = 1 \quad (27)$$

Tipo de cablagem interna - Cabo não blindado, precaução de encaminhamento a fim de evitar grandes malhas ($K_{S3} = 0,2$);

Tensão de impulso nominal do sistema - ($U_W = 1 \text{ kV}$);

Probabilidade P_M que um raio perto de numa estrutura provoque a falha dos sistemas internos:

$$P_M = P_{SPD} \times P_{MS} = 8,2944 \times 10^{-6} \quad (28)$$

Medidas de proteção - Sem medidas de proteção ($P_{TU} = 1$);

Nível de proteção contra raios para qual os SPD's são concebidos - Sem SPD ($P_{EB} = 1$);

P_{LD} em função da resistência R_S e da tensão de impulso U_W do equipamento - Linha aérea ou enterrada, não blindada cuja blindagem não está ligada à mesma barra do que o equipamento ($P_{LD} = 1$);

Probabilidade P_U que um raio numa linha causará lesões a seres vivos por choque elétrico:

$$P_U = P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} = 1 \quad (29)$$

Probabilidade P_V que um raio numa linha causará danos físicos:

$$P_V = P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} = 1 \quad (30)$$

Probabilidade P_U que um raio numa linha causará a falha dos sistemas internos:

$$P_W = P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} = 1 \quad (31)$$

P_{LI} depende do tipo de linha e da tensão de impulso U_W ($P_{LI} = 1$);

Probabilidade P_Z de um raio perto de uma linha de entrada provoque a falha dos sistemas internos:

$$P_Z = P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} = 1 \quad (32)$$

Tipo de Perdas: L1

Número de pessoas na zona - $n_z = 50$;

Número de pessoas na estrutura - $n_t = 35$;

Número de horas/ano de presença na estrutura - $t_z = 2080$;

Tipo de superfície - Agrícola, betão ($r_t = 0,01$);

Disposições tomadas para reduzir as consequências do incêndio - Uma das seguintes disposições: extintores; instalações fixas de extinção de funcionamento manual; instalações de alarme manual; bocas de incêndio; compartimentos de incêndio; vias de evacuação ($r_p = 0,5$);

Risco de incêndio ou explosão da estrutura - Risco de fogo, quantidade de risco comum ($r_f = 10^{-2}$);

Tipo de perigo especial - Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e o número de pessoas não superior a 100) ($h_z = 2$);

Valores de perda para cada zona:

$$L_{A1} = L_{U1} = r_t \times L_T \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} = 3,3920 \times 10^{-5} \quad (33)$$

$$L_{B1} = L_{V1} = r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} = 6,7841 \times 10^{-5} \quad (34)$$

$$L_{C1} = L_{M1} = L_{W1} = L_{Z1} = L_o \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} = 0 \quad (35)$$

Tipos de Perdas: L2

Valores de perda para cada zona:

$$L_{B2} = L_{V2} = r_p \times r_f \times L_F \times \frac{n_z}{n_t} = 7,1429 \times 10^{-4} \quad (36)$$

$$L_{C2} = L_{M2} = L_{W2} = L_{Z2} = L_o \times \frac{n_z}{n_t} = 0,01429 \quad (37)$$

Tipos de Perdas: L4

Valores de perda para cada zona:

$$L_{B4} = L_{V4} = r_p \times r_f \times L_F \times \frac{(c_a + c_b + c_c + c_s)}{c_t^a} = 0,005 \quad (38)$$

$$L_{C4} = L_{M4} = L_{W4} = L_{Z4} = L_o \times \frac{c_s}{c_t^a} = 10^{-2} \quad (39)$$

Depois de calculados todos os fatores que influenciam na avaliação de risco, podemos calcular as componentes de risco para depois comparar com os riscos toleráveis indicados na norma IEC 62305-2 e verificar se o risco calculado é inferior ao risco tolerável. A Tabela 17 mostra os resultados da avaliação de risco ao edifício em assunto.

Tabela 17 - Risco Calculado sem Proteção

Tipo de Risco	Risco		Protegido?
	Tolerável	Calculado	
R1	0,00001	$9,7405 \times 10^{-7}$	Protegido
R2	0,001	$2,204 \times 10^{-4}$	Protegido
R3	0,0001	0	Só aplicável a Património Cultural
R4	0,001	$1,58 \times 10^{-3}$	Não Protegido

Como se pode verificar o edifício não está protegido contra o tipo de risco de perda de valor económico. Será necessário fazer novos cálculos, mas agora com a implementação de um SPDA de nível IV. A Tabela 18 mostra os resultados da nova avaliação de risco.

Tabela 18 - Risco Calculado com Proteção Nível IV

Risco			
Tipo de Risco	Tolerável	Calculado	Protegido?
R1	0,00001	$1,7282 \times 10^{-7}$	Protegido
R2	0,001	$1,1109 \times 10^{-5}$	Protegido
R3	0,0001	0	Só aplicável a Património Cultural
R4	0,001	$0,7796 \times 10^{-4}$	Protegido

5.2.1.2 Com Recurso a Aplicações Informáticas

5.2.1.2.1 Software Comercial

São diversos os *softwares* disponíveis para realizar uma análise de risco a uma estrutura que se pretende implementar um SPDA. No presente trabalho de dissertação está a ser utilizado como comparação aos cálculos manuais e ao software desenvolvido, o software da empresa *Aplicaciones Tecnológicas – “RIESGO”*.

Foram colocados os dados referentes ao edifício em estudo. No entanto, foi possível observar que o *software* comercial pede muitos menos dados aos utilizados no processo manual e aos colocados na aplicação desenvolvida.

Tabela 19 - Risco Calculado pelo Software "RIESGO"

Risco			
Tipo de Risco	Tolerável	Calculado	Protegido?
R1	0,00001	$5,81E - 06$	Protegido
R2	0,001	0	Protegido
R3	0,0001	0	Só aplicável a Património Cultural
R4	0,001	$7,25E - 05$	Protegido

Como é possível observar na Tabela 19, os valores do risco calculado são inferiores ao risco tolerável, logo o edifício em estudo não necessitaria da implementação de um SPDA.

5.2.1.2.2 Software Desenvolvido no âmbito do Presente Trabalho

Depois de utilizar o software comercial passamos para a aplicação desenvolvida no âmbito do presente trabalho e apresentada no capítulo 3.

Foram novamente colocados todos os dados referentes ao edifício em estudo para que a aplicação fizesse o cálculo dos respetivos riscos. Em comparação com o *software* utilizado anteriormente, o desenvolvido necessita de bastantes mais dados, aproximando-se ao processo manual suportado na IEC 62305-2.

Tabela 20 - Risco Calculado pelo Software Desenvolvido

Risco			
Tipo de Risco	Tolerável	Calculado	Protegido?
R1	0,00001	9,75E – 07	Protegido
R2	0,001	2,21E – 04	Protegido
R3	0,0001	0	Só aplicável a Património Cultural
R4	0,001	1,56E – 03	Não Protegido

Como indica a Tabela 20, o edifício não está protegido contra o tipo de risco de perda de valor económico. Como foi feito no processo manual, mas agora de uma forma muito mais simples e rápida, faremos uma nova simulação com a implementação de um SPDA de nível IV. A Tabela 21 mostra os novos valores dos riscos calculados.

Tabela 21 – Risco Calculado com Proteção Nível IV pelo Software Desenvolvido

Risco			
Tipo de Risco	Tolerável	Calculado	Protegido?
R1	0,00001	1,73E – 07	Protegido
R2	0,001	1,11E – 05	Protegido
R3	0,0001	0	Só aplicável a Património Cultural
R4	0,001	0,81E – 04	Protegido

5.2.2 Análise Comparativa

Com a utilização de várias ferramentas para a realização da análise de risco ao edifício em estudo, é possível fazer uma análise comparativa entre elas. A Tabela 22 apresenta os valores do risco calculado pelas diversas ferramentas utilizadas.

Tabela 22 - Risco Calculado Através de Ferramentas Diversas

Tipo de Risco	Risco Tolerável	Risco Calculado		
		Processo Manual	Software Comercial	Software Desenvolvido
R1	0,00001	$9,7405 \times 10^{-7}$	5,81E – 06	9,75E – 07
R2	0,001	$2,204 \times 10^{-4}$	0	2,21E – 04
R3	0,0001	0	0	0
R4	0,001	$1,58 \times 10^{-3}$	7,25E – 05	1,56E – 03

É possível observar que os valores obtidos pelo processo manual são muito próximos dos valores obtidos pelo *software* desenvolvido. No *software* comercial os valores obtidos distam dos restantes, isto porque faz uma análise muito global focando-se apenas em alguns dados. Como observado anteriormente, os dados pedidos para colocar no software comercial são bastante inferiores em relação aos colocados nas duas outras ferramentas.

É possível concluir que, apesar de os valores não serem exatamente iguais, o processo manual e o *software* desenvolvido são fiáveis para a avaliação de risco que se pretende.

Posto isto, e analisando os cálculos acima apresentados, o sistema de proteção a implementar terá de ter um nível de proteção IV para que o edifício esteja totalmente protegido contra os riscos de perda a ele associados.

5.3 Proteção Externa

Relativamente à proteção externa serão estudadas duas soluções técnicas de proteção, uma com recurso a sistemas passivos de proteção, e a segunda com recurso a sistemas ativos de avanço à ignição. Em termos práticos, nada pode ser feito para impedir a queda de um raio numa determinada zona, assim sendo, as soluções estudadas procuram minimizar os efeitos da descarga atmosférica caso o ponto de impacto ocorra na instalação objeto de estudo.

Para um entendimento correto do estudo de caso, foram desenvolvidos vários desenhos de apoio ao projeto que podem ser consultados no Anexo I para o sistema passivo e no Anexo II para o sistema ativo.

5.3.1 Sistema Passivo

Neste ponto, pretende-se, a nível de projeto, dimensionar e caracterizar todo o material, segundo o nível de proteção encontrado na análise de risco, necessário na instalação de um SPDA.

Todo o material e equipamentos considerados para este tipo de sistema de proteção passivo, satisfazem as condições exigidas e obedecem a todas as prescrições anotadas nas normas em vigor.

5.3.1.1 Haste de Terminação

Os dispositivos de captura devem ser instalados na parte superior do edifício, respeitando o desenho do projeto, e para que fique em conformidade com os métodos mencionados na secção 2.2.1.1.1. A Figura 39 apresenta um extrato do desenho “**SPDA_04 – Alçado Traseiro-Implementação SPDA**”, que pode ser visto na sua totalidade no Anexo I, da instalação da haste de terminação.

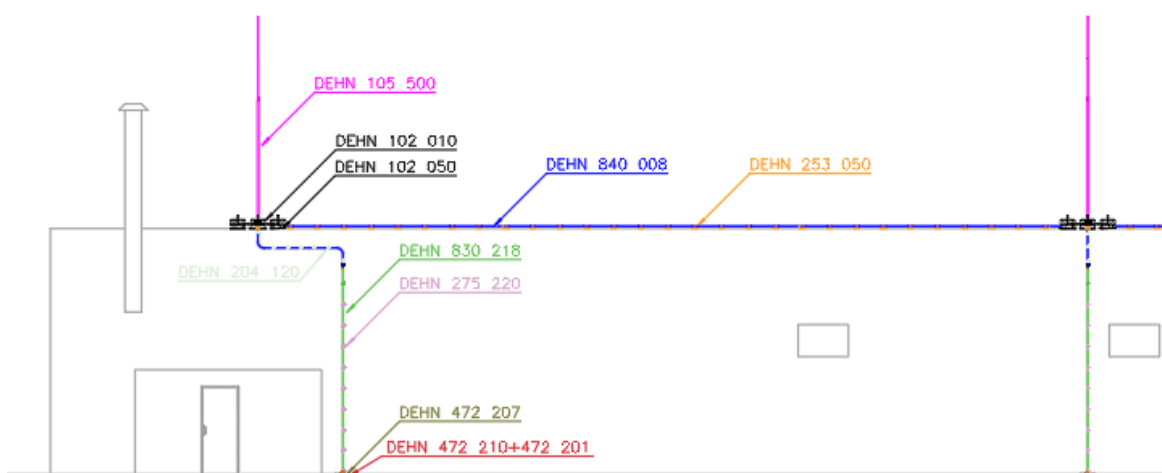


Figura 39 - Extrato do Desenho da Implementação da Haste de Terminação

As hastes de terminação a instalar serão as hastes com a referência DEHN – 105500. A altura da mesma deverá ser de 5 m, e colocada nos locais definidos no desenho, de forma que os

ângulos de proteção definidos sejam cumpridos. Este tipo de haste é de material de alumínio e está equipada com um tripé de suporte em aço galvanizado. A Figura 40 ilustra o tipo de haste de terminação a instalar.



Figura 40 - Haste de Terminação DEHN-105500 [31]

5.3.1.2 Condutores de Baixada

O traçado dos condutores de baixada deve estar disposto de forma que existam vários caminhos de corrente paralelos e que o comprimento desses caminhos sejam o mais curto possível, de forma que os danos provocados pela circulação da corrente originada pela descarga atmosférica sejam os menores possíveis. A Figura 41 mostra um extrato do desenho “**SPDA_03 – Alçado Esquerdo-Implementação SPDA**”, Anexo I, o traçado do condutor de baixada.

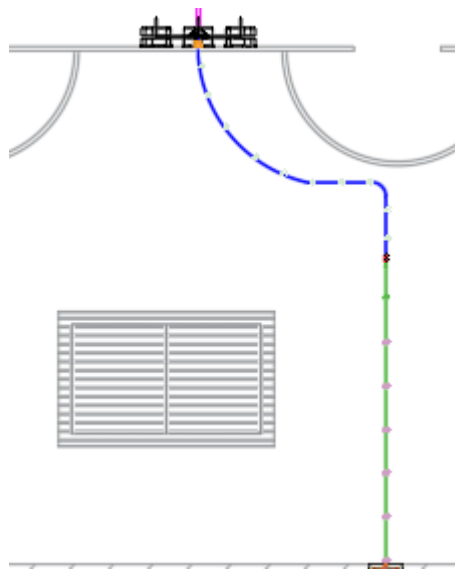


Figura 41 - Extrato do Desenho do Traçado do Condutor de Baixada

O condutor de baixada deverá ter uma boa resistência à corrosão, e para o sistema de proteção foi selecionado o condutor com a referência DEHN – 840008, de material AlMgSi (liga de alumínio-magnésio-silício). A Figura 42 demonstra o condutor de baixada a instalar.



Figura 42 - Condutor de Baixada DEHN-840008 [31]

5.3.1.3 Porta Condutores

De forma a colocar os condutores de baixada seguros na parte superior do edifício, e para que formem uma continuação direta dos condutores de captura, com um trajeto curto e o mais direto possível à terra, existe a necessidade de colocar porta condutores.

Para suporte ao condutor de baixada ao longo do telhado foram selecionados os porta condutores com a referência DEHN – 253050, com as dimensões 141x86x70 mm. A Figura 43 ilustra o porta condutores considerado.



Figura 43 - Porta Condutores DEHN-253050 [31]

5.3.1.4 Proteção aos Condutores de Baixada

Para a proteção aos condutores de baixada houve a necessidade de colocar um condutor isolado de cobre de designação CUI devido à proximidade de portas e janelas do edifício. Este tipo de proteções têm um condutor interno de cobre de 8 mm de diâmetro e um isolamento resistente, com a capacidade de suportar sobretensões de 100 kV. A Figura 44 mostra um extrato do desenho “SPDA_03 – Alçado Esquerdo-Implementação SPDA”, Anexo I, a aplicação da proteção aos condutores de baixada através do condutor CUI.

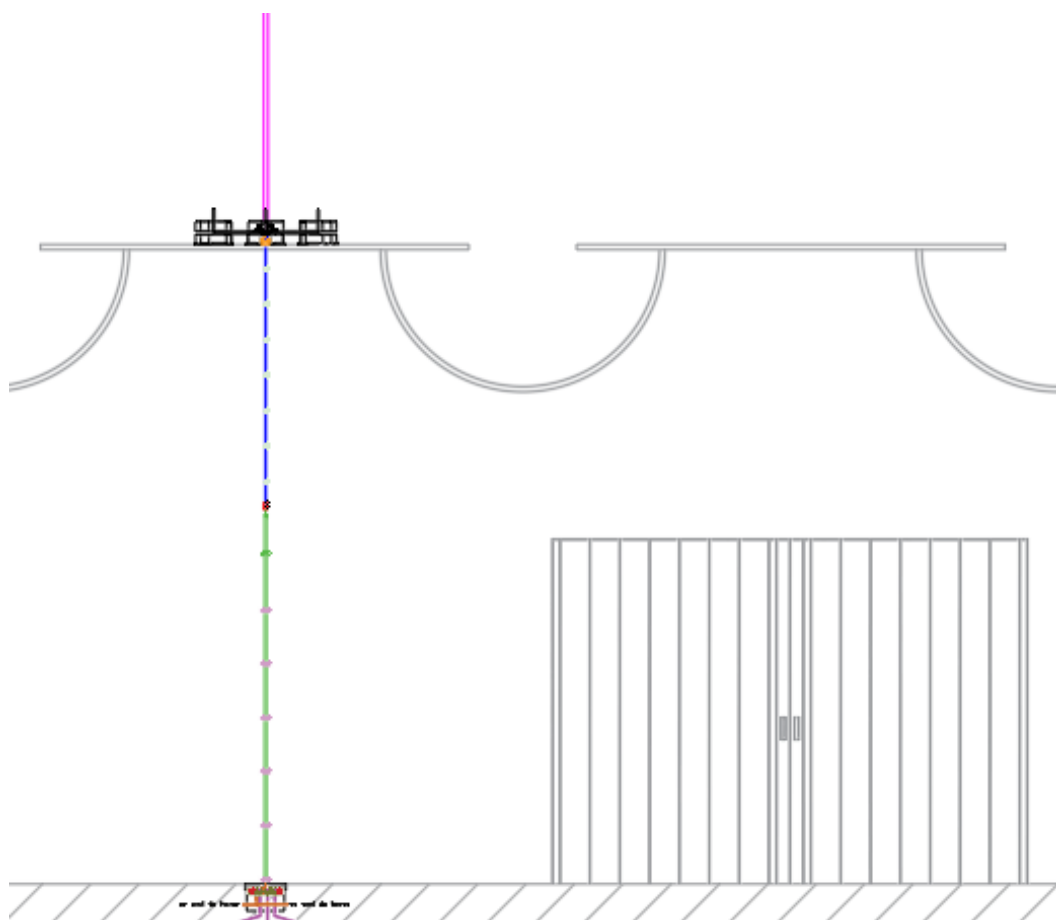


Figura 44 - Extrato do Desenho da Proteção aos Condutores de Baixada

A área considerada perigosa, em volta do condutor de baixada, para pessoas é de 3 m ao nível do solo e a 3 m de altura. Será instalado uma proteção CUI, com a referência DEHN - 830208 por cada condutor de baixada. A Figura 45 mostra a proteção aos condutores de baixada a instalar.



Figura 45 - Condutor CUI DEHN-830208 [31]

5.3.1.5 Abraçadeira para Condutor Isolado de Cobre

Os condutores CUI devem ser bem fixados à parede, para que não haja o risco de se soltar em dias de tempestades e trovoadas. Para o efeito foram seleccionadas abraçadeiras próprias para o efeito, com a referência DEHN – 275220. A Figura 46 ilustra as abraçadeiras a utilizar para fixar a proteção dos condutores de baixada.



Figura 46 - Abraçadeira para Condutor CUI DEHN-275220 [31]

5.3.1.6 Sistemas de Terras

Todos os sistemas de terras da estrutura devem estar interligados e em cada condutor de baixada será instalado um conjunto de três piquet's, de comprimento total mínimo de 6m a uma profundidade mínima de 50 cm. Devem estar dispostos em forma de pata de galo e separados por uma distância igual ao comprimento enterrado e interligados por um condutor de cobre de secção de 50 mm². A Figura 47 mostra um extrato do desenho “SPDA_05 –

Diagrama do SPDA”, Anexo I, do elétrodo de terra em forma de pata de galo a aplicar em cada condutor de baixada.

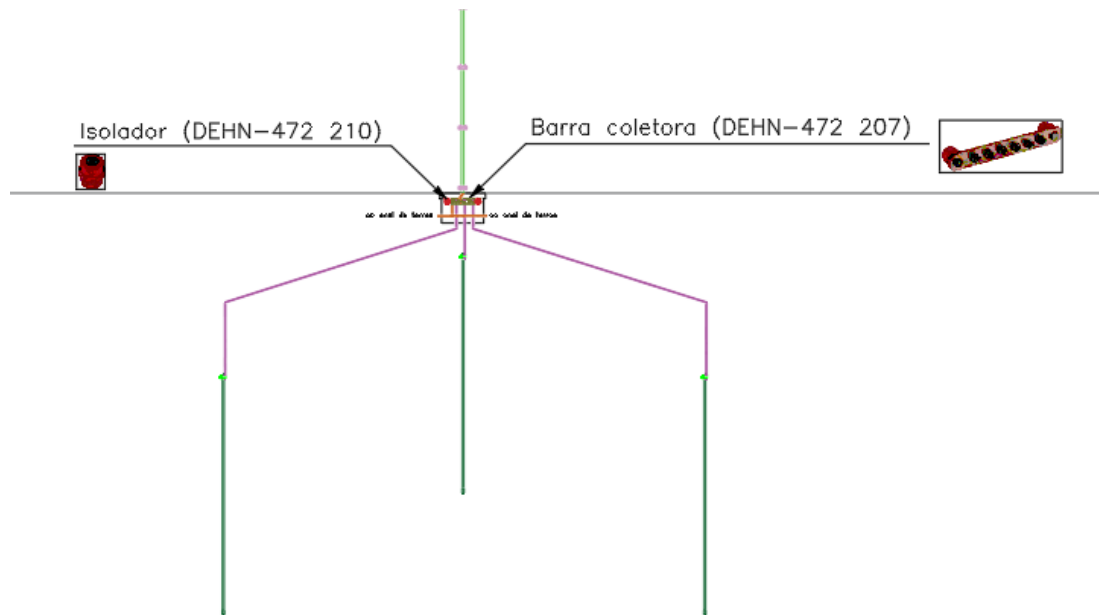


Figura 47 - Extrato do Desenho do Elétrodo de Terra

Deverá ser medido, em cada elétrodo independente, o valor de resistência de terra. Se estes apresentarem um valor superior a 10Ω , os elétrodos deverão ser reforçados com a colocação de mais piquet's ou deverá ser utilizado produtos de melhoria de terras.

5.3.1.6.1 Caixa de Visita

Em cada elétrodo de terra será instalada uma caixa de visita em betão, com as dimensões 410x410x300mm, com a referência AT-010K da *Aplicaciones Tecnológicas*. A Figura 48 demonstra o tipo de caixa de visita considerada para o sistema de terras.



Figura 48 - Caixa de Visita AT-010K [19]

5.3.1.6.2 Barra Coletora

Para a ligação do eletrodo de terra de cada condutor de baixada à rede geral de terras subterrânea será instalada uma barra coletora. Permite a ligação até 6 terminais, e está preparada com 2 isoladores para ser fixa na caixa de visita.

As barras coletoras a aplicar têm como referência DEHN – 472207. A Figura 47 ilustra a barra coletora a instalar no eletrodo de terra.



Figura 49 - Barra Coletora DEHN-472207 [31]

5.3.1.6.3 Eletrodo em Piquet

A cada eletrodo de terra por cada baixada, será colocado 3 piquet's de 20 mm de secção e 2 m de comprimento em forma de pata de ave, associados dois a dois, em material de aço galvanizado, cuja referência é DEHN – 620101. A Figura 50 mostra os piquet's a aplicar no eletrodo de terra em forma de pata de ave.



Figura 50 - Piquet Terra DEHN-620101 [31]

5.3.2 Sistema Ativo de Avanço à Ignição

Na opção de implementar um SPDI deve ser determinado o posicionamento dos para-raios, as trajetórias dos condutores de baixada, a localização e o tipo de ligação à terra segundo a norma NP 4426.

No desenvolvimento do projeto de implementação de um SPDI deve ser tomado em consideração restrições de arquitetura de modo que a eficácia do sistema de proteção seja a máxima possível.

Um Para-raios com Dispositivo de Ionização (PDI) é caracterizado pela sua eficácia de avanço à ionização (ΔT), compreendida entre 10 μs e 60 μs , e é composto por uma ponta de captura, um dispositivo de ionização, um elemento de fixação e uma ligação de baixada [20].

5.3.2.1 Ponta Captora

No cálculo dos raios de proteção do PDI, conforme explicado na secção 2.2.1.1.2, e substituindo os valores necessários nas Equações (2) e (3), conclui-se que haveria a necessidade da colocação de duas pontas captoras, para que a área de todo edifício fica-se totalmente protegida.

Na Figura 51 é possível visualizar um extrato do desenho “**SPDI_01 – Planta de Implantação-Raios de Proteção**”, Anexo II, onde é possível visualizar os raios de proteção calculados e a necessidade da colocação de duas pontas captoras.

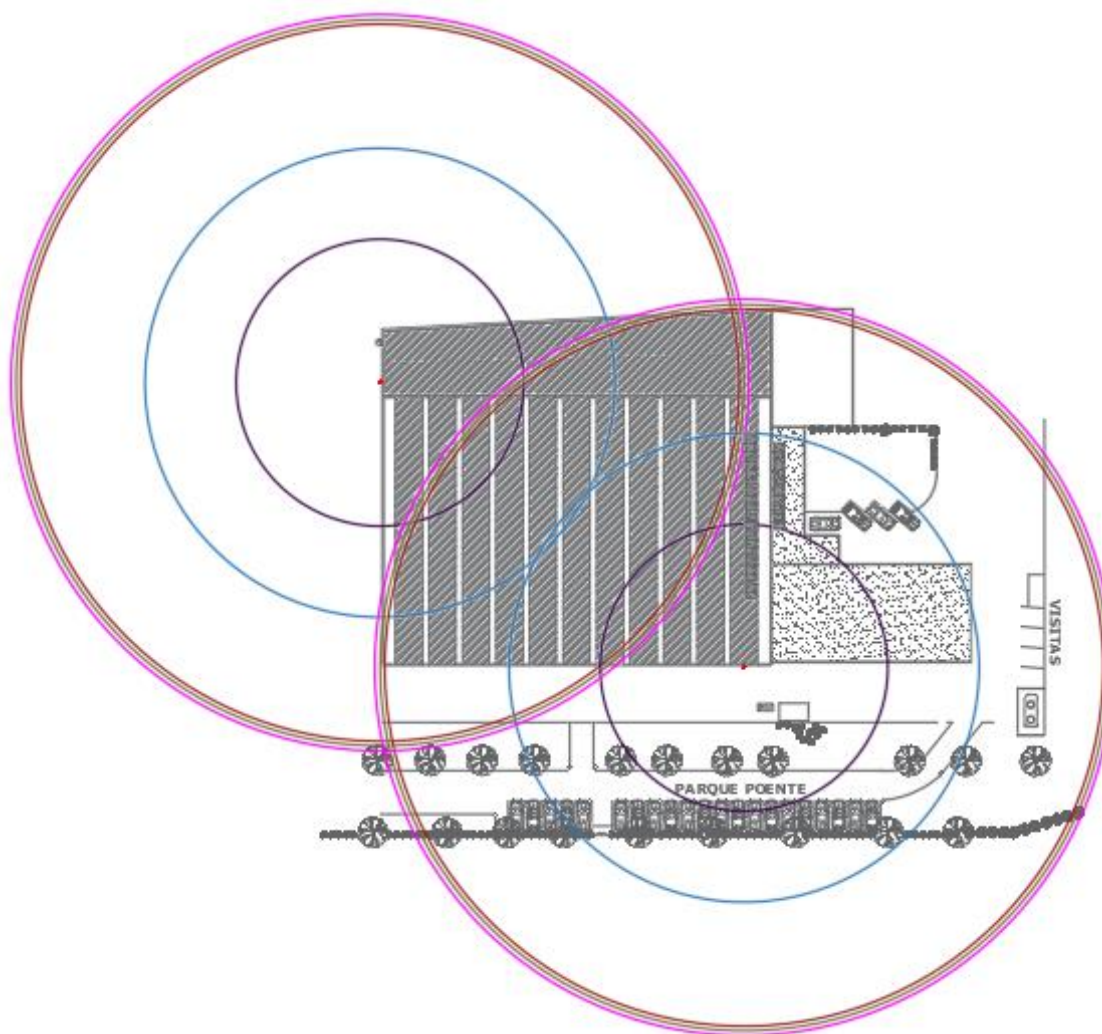


Figura 51 - Extrato do Desenho dos Raios de Proteção Calculados

As pontas captoras a instalar no SPDI são a *Flash Captor* da *Aplicaciones Tecnológicas* com a referência AT-1560. Este tipo de ponta captora é de material aço inoxidável AISI 316L, que irá permitir obter uma elevada resistência à corrosão e às variações de temperatura. Tem um tempo de avanço de $60 \mu\text{s}$, valor esse limitado pela norma NP4426, com a capacidade de aguentar uma corrente superior a 200 kA.

A Figura 51 mostra um extrato do desenho “**SPDI_04 – Alçado Traseiro-Implantação SPDI**”, Anexo II, da colocação dos para raios com dispositivo de ionização.

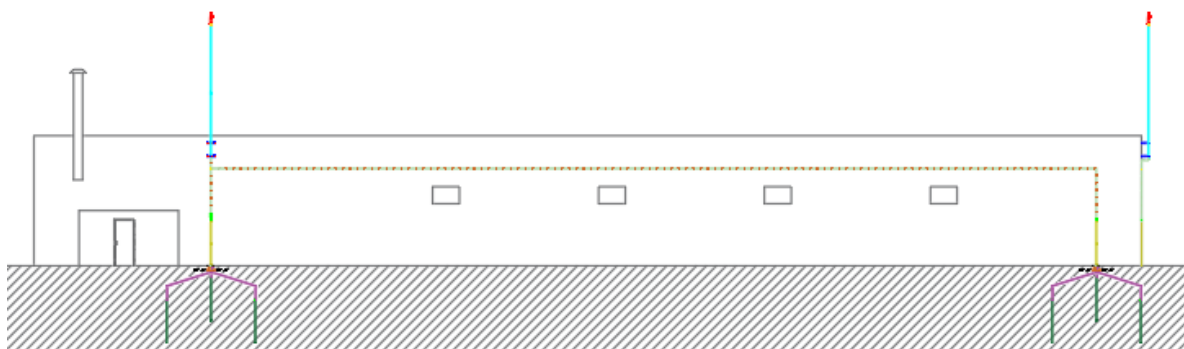


Figura 52 - Extrato do Desenho da Implementação das PDI

Deverá ser confirmado se a ponta captora estará instalada pelo menos 2 m acima de qualquer outra estrutura a proteger. Na Figura 53 é possível observar o tipo de ponta captora a instalar.



Figura 53 - Ponta Captora AT-1560 [19]

5.3.2.2 Mastro de Extensão

O mastro de extensão deverá garantir que a ponta captora fica instalada com pelo menos 2 m de distância acima de qualquer estrutura a proteger, e que seja fixo à parede do edifício com os fixadores apropriados ao efeito. Os mastros a instalar são de material aço galvanizado e têm uma altura total de 6 m divididos em duas secções de 3 m cada. Os mastros seleccionados a aplicar têm como referência AT-056A. A Figura 54 demonstra o tipo de mastro de extensão a utilizar para suporte da ponta captora.



Figura 54 - Mastro de Extensão AT-056A [19]

5.3.2.3 Fixador Mural

Os fixadores devem ser aplicados com uma distância de 600 mm entre si, e de pelo menos 300 mm ao topo da parede para garantir que a fixação do mastro é a mais correta possível. Os fixadores murais a instalar têm como referência AT-023B com as dimensões 400x50 mm e um afastamento de 300 mm relativamente à parede, e é de material aço galvanizado. A Figura 55 ilustra o fixador mural a utilizar para fixação do mastro à parede do edifício.



Figura 55 - Fixador Mural AT-023B [19]

5.3.2.4 Condutores de Baixada

Devem ser considerados 4 condutores de baixada, em que cada PDI deve ser ligado a pelo menos dois condutores por meio de um sistema de fixação no mastro. As duas trajetórias para a terra deveriam ser em dois alçados diferentes, mas como não foi tecnicamente possível, colocou-se as duas baixadas de cada ponta captora no mesmo alçado separadas com uma distância superior a 2 m para que possam ser consideradas independentes como refere a norma NP 4426.

O condutor selecionado é em fita de cobre estanhado com uma secção de 60 mm², de referência AT-052D, de maneira a cumprir os requisitos de secção eficaz mínima dos

condutores de captura. A Figura 56 mostra a fita de cobre estanhado a aplicar para o condutor de baixada.



Figura 56 - Fita de Cobre Estanhado AT-052D [19]

5.3.2.5 Fixação para o Condutor de Baixada

Para fixação dos condutores de baixada ao mastro, será utilizado um suporte de ponta com conexão a fita, em material latão naval de dimensões $\varnothing 48 \times 70$ mm. O fixador selecionado tem como referência AT-011A e é possível observar um exemplo na Figura 57.



Figura 57 - Peça de Fixação para Condutor de Baixada AT-011A [19]

A Figura 58 exemplifica a colocação da peça de fixação do condutor de baixada à ponta captora.



Figura 58 - Colocação da Peça de Fixação para o Condutor de Baixada [19]

5.3.2.6 Abraçadeira para Fita

Os condutores de baixada devem ser fixados com 3 fixações por metro, ou seja, as abraçadeiras devem ser colocadas com 33 cm, aproximadamente, de distância entre elas. Devem permitir uma eventual expansão térmica que possa surgir nos condutores, e devem ser adaptadas aos suportes de maneira a não alterar a estanquicidade da superfície onde vai ser colocada.

As abraçadeiras selecionadas são de material aço inox com as dimensões 58x13x20 mm, com referência AT-240E. A Figura 59 mostra o tipo de abraçadeira para fita a utilizar na instalação do condutor de baixada.



Figura 59 - Abraçadeira para Fita AT-240E [19]

5.3.2.7 Contador de Descargas

Segundo as recomendações da norma NP 4426, o contador de descargas deverá ser instalado no condutor de baixada mais direto e de preferência um pouco acima da junta de controlo. O contador a aplicar tem a referência AT-034G com as dimensões 156x66x61 mm. Na Figura 60 é possível observar o contador de descargas a instalar.



Figura 60 - Contador de Descargas AT-034G [19]

5.3.2.8 Ligador Amovível

Cada condutor de baixada deverá estar equipado com um ligador amovível, para quando das medições da resistência da terra seja permitido desligar. A sua instalação deve ser na parte mais baixa da baixada, num patamar inferior ao contador de descargas.

A Figura 61 mostra um extrato do desenho “SPDI_03 – Alçado Esquerdo-Implantação SPDI”, Anexo II, da colocação do contador de descargas, do ligador amovível e do tubo de proteção do condutor de baixada.

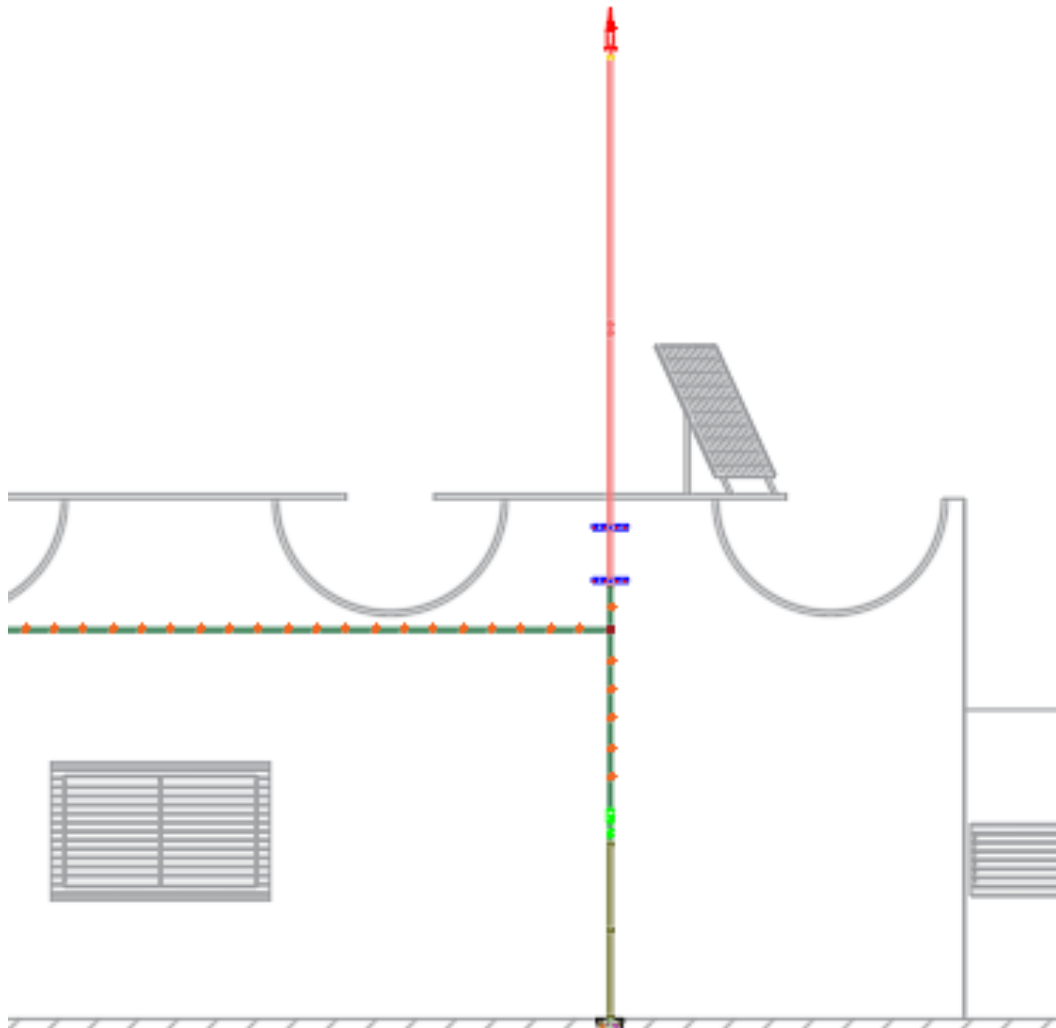


Figura 61 – Extrato do Desenho da Colocação do Contador de Descargas, Ligador Amovível e Tubo de Proteção

Os ligadores amovíveis selecionados têm como referência AT-010F, de material latão naval e com as dimensões 55x30x75 mm. A Figura 62 ilustra o tipo de ligador amovível a instalar para seccionar o condutor de baixada durante as medições da resistência da terra.



Figura 62 - Ligador Amovível AT-010F [19]

5.3.2.9 Proteção do Condutor de Baixada

Deve ser considerado para cada condutor de baixada um tubo de proteção em aço inox específico para condutores com secções de 60 mm², com a referência AT-063G. Devem garantir uma proteção até uma altura de pelo menos 2 m acima do nível do solo. A Figura 61 mostra o tubo de proteção que será instalado em cada baixada.



Figura 63 - Tubo de Proteção AT-063G [19]

5.3.2.10 Sistemas de Terras

O sistema de terras a considerar neste sistema de proteção ativo é exatamente igual ao mencionado no sistema de proteção passivo na secção 6.3.6.

5.3.2.10.1 Caixa de Visita

Por cada condutor de baixada será instalada uma caixa de visita em polipropileno com as dimensões aproximadas de 250x250x250 mm, com a referência AT-010H. Na Figura 64 é possível visualizar o tipo de caixa de visita onde será alojada a barra coletora.



Figura 64 - Caixa de Visita AT-010H [19]

5.3.2.10.2 Barra Coletora

A barra coletora está preparada para ser fixa à caixa de visita e permite a ligação até 4 cabos de cobre para a ligação do elétrodo de terra à rede geral de terras subterrânea. A barra selecionada a instalar é da referência AT-020H. A Figura 65 demonstra a barra coletora a instalar.



Figura 65 - Barra Coletora AT-020H [19]

A Figura 66 demonstra um extrato do desenho “**SPDI_05 – Diagrama do SPDI**”, Anexo II, da ligação do elétrodo de terra à rede geral de terras através da barra coletora.

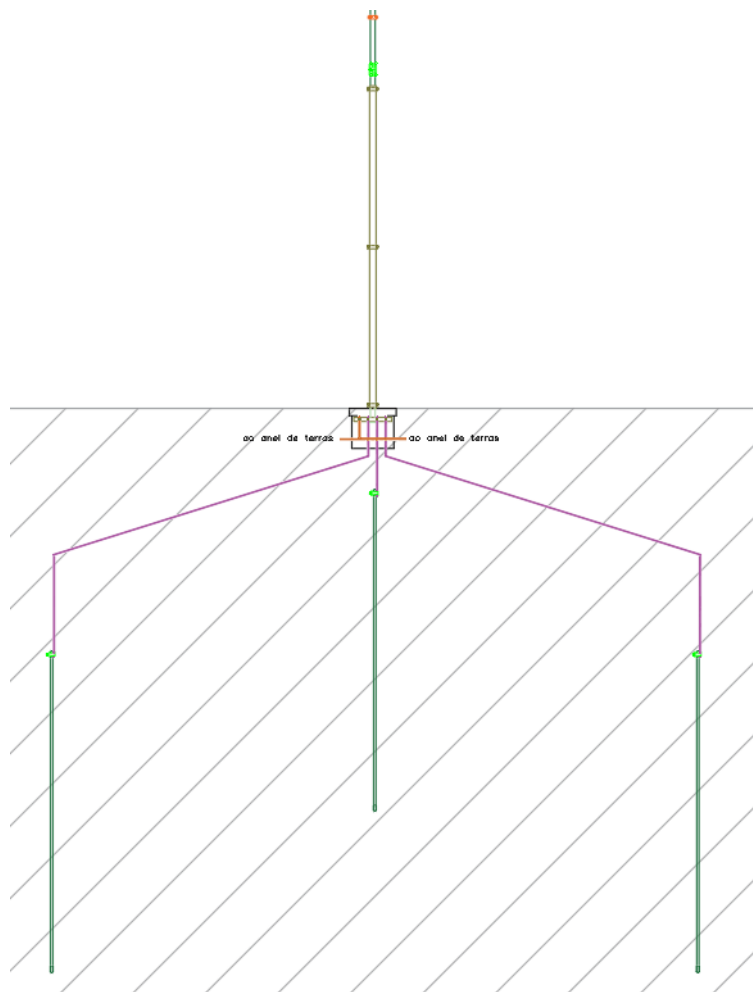


Figura 66 - Extrato do Desenho da Conexão do Eletrodo de Terra à Rede Geral de Terras

5.3.2.10.3 Eletrodo em Piquet

Serão instalados 3 eletrodos verticais por cada baixada com 16mm de seção e 2 m de comprimento, em material aço cobreado de 256 μm . A referência do tipo de piquet a instalar é AT-041H.

Na Figura 67 é possível visualizar o tipo de piquet's a instalar no sistema de terras em forma de pata de galo.



Figura 67 - Eletrodo em Piquet AT-041H [19]

5.4 Proteção Interna

Os DST são utilizados para proteger instalações e equipamentos na ocorrência de sobretensões, sendo fundamental que tenha um comportamento estável sob as condições de operação a que venha ser sujeito, evitando assim elevados prejuízos em equipamentos dispendiosos.

Como tal, existe a necessidade de colocar DST nos diversos Quadros Elétricos (QE) da instalação, de forma a prevenir a falha de sistemas internos.

Antes de escolher os DST a colocar foi necessário analisar toda a instalação elétrica e perceber em que zonas da estrutura se encontravam os QE. A Tabela 23 mostra as localizações dos quadros elétricos e a ZPD atribuída a cada um.

Tabela 23 - Identificação das Zonas (ZPD) no Edifício

Quadros	Localização	Descrição	Zonas de Proteção (ZPD)
QGBT	Nave Fabril	Quadro Geral de Baixa Tensão	1
QP01	Serralharia	Quadro Parcial nº1	2
QP02	Serralharia Quinadeiras	Quadro Parcial nº2	2
QP03	Montagens Elétricas	Quadro Parcial nº3	2
QP04	Gabinetes Fabris	Quadro Parcial nº4	2
QP06	Produtos de Série	Quadro Parcial nº6	2
QP08	Pintura	Quadro Parcial nº8	2
QP10	Armazém	Quadro Parcial nº10	2
QP11	Serviços Gerais	Quadro Parcial nº11	2

A Figura 68 mostra um desenho da planta onde se encontram os QE referidos na Tabela 24.

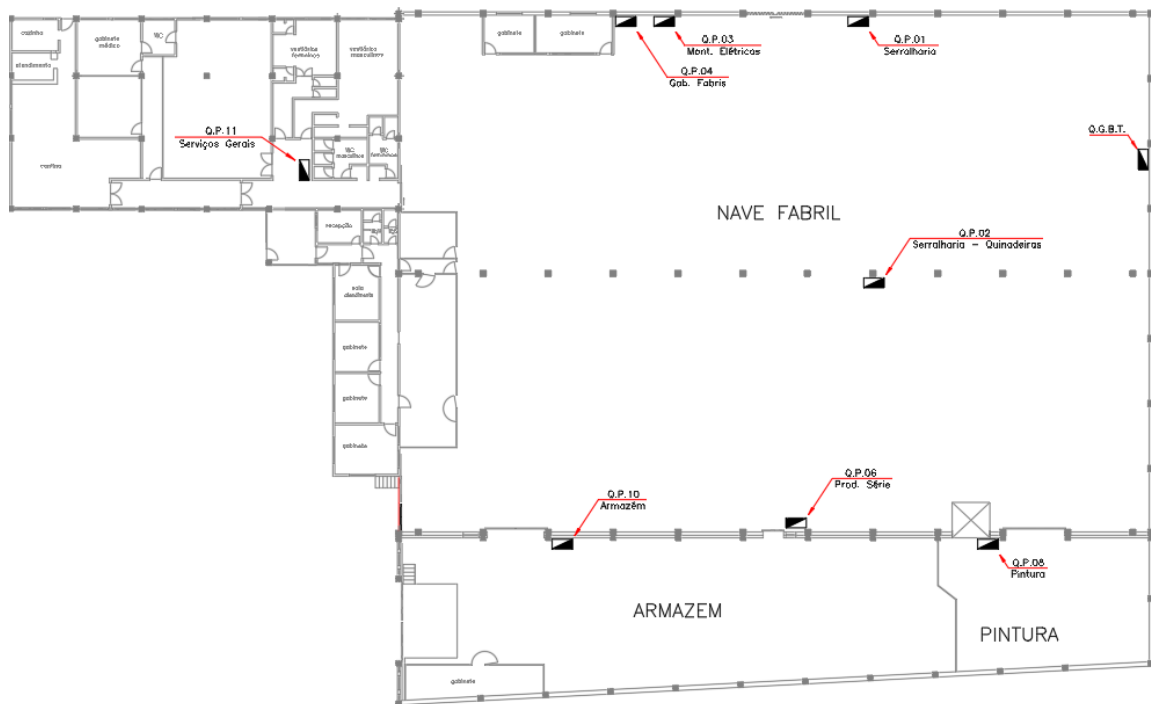


Figura 68 - Planta da Distribuição dos Quadros Elétricos

Começando pelo Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), apesar de a ZPD atribuída ser a 1, foi considerado a instalação de um DST de proteção combinada (Tipo 1 + Tipo 2). Isto, porque além de receber os cabos de entrada e alimentar os diversos QE a jusante tem também a alimentação a equipamentos terminais.

Nos restantes QE foram considerados DST do Tipo 2 por se tratar de quadros de distribuição e estarem relativamente afastados do QGBT. A Tabela 24 mostra os DST propostos a instalar em cada quadro.

Tabela 24 - Listagem de DST Propostos a Instalar

Quadros	Localização	Descrição	Zonas de Proteção (ZPD)	Modelo a Instalar
QGBT	Nave Fabril	Quadro Geral de Baixa Tensão	1	DSH TT 255 (941 310)
QP01	Serralharia	Quadro Parcial nº1	2	DG M H TT 275 (952 381)
QP02	Serralharia Quinadeiras	Quadro Parcial nº2	2	DG M H TT 275 (952 381)
QP03	Montagens Elétricas	Quadro Parcial nº3	2	DG M H TT 275 (952 381)
QP04	Gabinetes Fabris	Quadro Parcial nº4	2	DG M H TT 275 (952 381)
QP06	Produtos de Série	Quadro Parcial nº6	2	DG M H TT 275 (952 381)
QP08	Pintura	Quadro Parcial nº8	2	DG M H TT 275 (952 381)
QP10	Armazém	Quadro Parcial nº10	2	DG M H TT 275 (952 381)
QP11	Serviços Gerais	Quadro Parcial nº11	2	DG M H TT 275 (952 381)

Os descarregadores deverão ser instalados a jusante do corte geral, ou seja, no barramento geral do QE. A Figura 69 e 70 ilustra um exemplo de ligação e instalação de um DST.

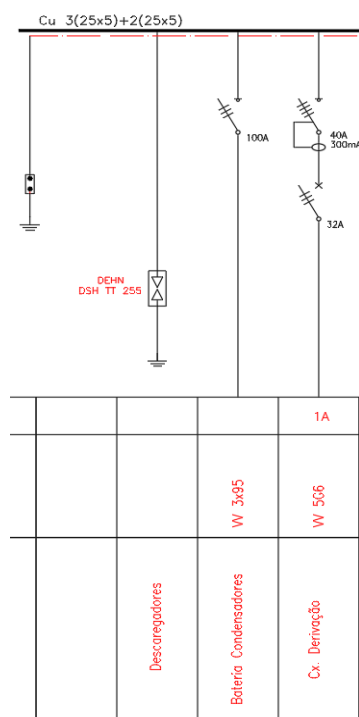


Figura 69 - Esquema Elétrico: Ligação dos Descarregadores de Sobretensões



Figura 70 – Instalação de um Descarregador de Sobretensões num Quadro Elétrico

5.5 Análise de Investimento

Neste capítulo será feito uma estimativa de investimento para cada tipo de sistemas de proteção estudados e o valor dos DST necessários a instalar.

Selecionados todos os materiais a instalar tanto no SPDA, como no SPDI e os DST recorreu-se às tabelas de preços de cada fabricante dos materiais considerados. Para ser mais fácil observar o valor a investir em cada sistema estudado no presente trabalho colocou-se os valores em tabelas. Nas Tabelas 25 e 26 é possível visualizar a estimativa de investimento em material para a aplicação de um SPDI ou de um SPDA.

Tabela 25 - Estimativa de Investimento - SPDI

Fabricante	Descrição	Referência	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
Aplicaciones Tecnológicas	Para-raios com dispositivo de ionização não radioativo	AT-1560	2 220,28 €	2	4 440,56 €
	Peça de adaptação	AT-011A	61,37 €	2	122,74 €
	Mastro	AT-056A	214,78 €	2	429,56 €
	Fixação	AT-023B	100,28 €	2	200,56 €
	Abraçadeira	AT-240E	7,03 €	260	1 827,80 €
	Ligador de teste	AT-010F	32,81 €	4	131,24 €
	Contador de raios	AT-034G	410,44 €	2	820,88 €
	Tubo de proteção	AT-063G	70,80 €	4	283,20 €
	Fita de Cobre	AT-052D	Sob consulta	100	Sob consulta
	Elétrodo de terra	AT-041H	40,47 €	12	485,64 €
	Caixa de visita	AT-010H	103,06 €	4	412,24 €
	Barra coletora	AT-020H	78,15 €	4	312,60 €
	Ligador derivador	AT-133F	39,90 €	2	79,80 €
Total					9 546,82 €

O preço da fita de cobre, para utilizar no condutor de baixada, não foi possível obter. Logo ao preço total ficaria a faltar a soma desse valor.

Tabela 26 - Estimativa de Investimento - SPDA

Fabricante	Descrição	Referência	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
DEHN	Haste de terminação	105 500	664,00 €	13	8 632,00 €
	Porta condutores	253 050	2,39 €	600	1 434,00 €
	Condutor	840 008	0,03 €	600	18,00 €
	Abraçadeira	204 120	1,70 €	50	85,00 €
	Condutor CUI - 5m	830 218	326,76 €	3	980,28 €
	Condutor CUI - 3m	830 208	256,28 €	5	1 281,40 €
	Abraçadeira para condutor CUI	275 220	3,54 €	60	212,40 €
	Elétrodo de terra	620 101	33,32 €	48	1 599,36 €
	Caixa de visita	AT-010K	140,50 €	8	1 124,00 €
	Barra coletora	472 207	66,75 €	8	534,00 €
Total					15 900,44 €

Tabela 27 - Estimativa de Investimento - DST

Fabricante	Descrição	Referência	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
DEHN	DSH TT 255	941 310	512,60 €	1	512,60 €
	DG M H TT 275	952 381	332,80 €	8	2 662,40 €
Total					3 175,00 €

Importante referenciar que os valores dados são preços sem IVA incluído, e também sem mão de obra.

5.6 Análise Técnico Económica

Analisando os valores totais a investir para a implementação de um sistema de proteção, o valor de todo o material do SPDA é bastante mais elevado quando comparado com o valor do material do SPDI.

Na Tabela 28 é possível observar as diferenças em percentagem do custo de material e do tempo estimado de mão de obra.

Tabela 28 - Diferenças de Custo e Mão de Obra

Sistema de Proteção	Custo Material	Tempo Estimado mão de obra	Diferença Custo Material (%)	Diferença Tempo mão de obra (%)
SPDI	9 546,82 €	40 horas	60%	200%
SPDA	15 900,44 €	120 horas		

Posto isto, e sendo um edifício já existente, a melhor solução a aplicar seria um SPDI acompanhado pela instalação de DST nos QE referidos anteriormente.

Salienta-se, contudo, que esta análise apenas é válida para a instalação objeto de estudo, sendo que para outras instalações poderá ser mais preponderante a instalação de um SPDA, por exemplo, que não necessitem de um raio de proteção superior ao do volume do edifício a proteger.

6 Conclusão

6.1 Contributos do Trabalho

As descargas elétricas e os efeitos a elas associadas, diretos ou indiretos, são dos principais causadores de destruição e avarias em estruturas e equipamentos, violando na maior parte das vezes as condições de segurança para as pessoas. A proteção efetuada para estes fenómenos tem vindo a sofrer medidas de melhoramento na tentativa de aumentar a fiabilidade e eficiência destes sistemas, no entanto devem ser seguidos no sentido de garantir um elevado grau de eficácia na proteção a toda a estrutura.

Numa fase inicial, através da análise de diversa bibliografia relacionada com o tema, desenvolveu-se o estado da arte do assunto em estudo, permitindo conhecer todo o artificio que engloba esta área das descargas atmosféricas e sobretensões. Conclui-se também com a realização deste estado da arte, a relevância de proteger as estruturas e seus bens bem como os sistemas de proteção a implementar e seus materiais.

Numa segunda fase, procedeu-se ao estudo e compreensão da parte 2 da IEC 62305 relacionada com a análise de risco. Antes de se passar para o desenvolvimento de uma aplicação informática sobre a temática era importante perceber os cálculos que eram feitos ao longo da norma. Com a análise de risco realizada ao edifício em estudo, foi concluído que havia a necessidade de implementar um sistema de proteção de nível IV.

Com a conclusão da etapa anterior, que determinou o nível de proteção necessário a instalar, foi possível avançar para a realização do projeto de proteção externa, sistema passivo e sistema ativo, e de proteção interna. Foram desenvolvidos todos os desenhos de apoio à implementação dos dois sistemas e para uma melhor percepção da quantidade de material a ser necessário.

Numa terceira e última fase, foi desenvolvida uma aplicação informática para apoio na seleção de material para sistemas ativos suportada quase na totalidade no catálogo do material comercializado pela *Aplicaciones Tecnológicas*. Conclui-se que com a utilização

desta aplicação, o tempo gasto pelos projetistas de segurança na fase de projeto pode sofrer uma redução bastante significativa.

Por fim, e com base dos valores totais a ser gastos na implementação de um sistema de proteção, conclui-se que o sistema que compensa instalar é o sistema ativo. Além de ser menos trabalhoso, a diferença de custo de material é mais que metade em relação ao do sistema passivo. Com a aplicação das medidas mencionadas no presente trabalho de dissertação, a probabilidade de ocorrência de defeitos, avarias e conseqüente paragem do funcionamento da instalação é reduzida, permitindo assim minimizar recursos técnicos e recursos de investimento, de maneira a contribuir para uma eficaz exploração da instalação.

Como conclusão final geral é possível afirmar que todos os principais objetivos definidos para o trabalho foram cumpridos. Foi desenvolvido um trabalho de enquadramento regulamentar, normativo, técnico/científico e tecnológico, que consistiu no desenvolvimento de aplicações informáticas de suporte ao projeto e na realização de um projeto de proteção externa contra descargas atmosféricas e interna de proteção contra sobretensões. Foi realizada ainda uma comparação técnico/económica entre as duas soluções de proteção externa desenvolvidas.

6.2 Desenvolvimentos Futuros

Com o desenvolver deste projeto, notou-se que a necessidade da adoção de medidas de proteção contra os efeitos das descargas atmosféricas com o intuito de proteger pessoas, estruturas e equipamentos, é cada vez mais uma realidade numa sociedade que está em constante evolução.

Como desenvolvimentos futuros, poder-se-á transformar as aplicações desenvolvidas em aplicações android e assim tornar-se uma ferramenta de trabalho rápida e eficaz na fase de projeto.

Na aplicação de seleção de material, dever-se-á acrescentar mais material de outras empresas comercializadoras e criar mais duas secções, uma para sistemas de proteção passivos e outro para sistemas de proteção internos. Assim o material abrangido pela aplicação serviria todos os sistemas de proteção que se pode aplicar nas diversas estruturas existentes pelo mundo.

Bibliografia

- [1] B. H. Est, D. I. O. Independ, N. Especifica, and S. Interno, “Sistema De Proteção Contra Descargas Atmosféricas – Spd,” pp. 1–4, 2010.
- [2] C. Timoteo and D. O. Rufino, “MATEMÁTICA PARA CÁLCULO DA CORRENTE QUE MANTÉM A BLINDAGEM NAS ESTRUTURAS DAS LINHAS DE SUBTRANSMISSÃO.”
- [3] F. A. da S. Ribeiro, “Proteção de um edifício industrial contra os efeitos das descargas atmosféricas,” 2012.
- [4] M. G. A. de Souza, “UMA ANÁLISE TEÓRICA DOS PARÂMETROS TÍPICOS DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS,” 2017.
- [5] J. J. P. G. Pestana, “Estudo da protecção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas na Subestação da Régua .,” 2010.
- [6] Y. Pedrosa, “Sistemas Passivos | Proteção Contra Descargas Atmosféricas Sistemas Passivos | Proteção Contra Descargas Atmosféricas,” pp. 1–32, 2021.
- [7] M. Coelho, “Descargas Atmosféricas . Bases da Protecção,” p. 8, 1986.
- [8] S. Elétricos, “Sobretensões de Origem Atmosférica em Sistemas Elétricos,” [Online]. Available:
http://moodle.stoa.usp.br/file.php/1465/teoria/descargas_atmosfericas.pdf.
- [9] OBO, “Lightning Protection Guide,” 2019.
https://www.obo.pt/fileadmin/DMS/Broschueren/02_TBS/Blitzschutz-Leitfaden_en.pdf (accessed Jan. 25, 2021).
- [10] E.- Engenharia, “Protecção Contra Sobretensões Transitórias e Permanentes (DST).”
<https://www.epmf.pt/servicos/descarregadores-de-sobretensoes/> (accessed Jan. 20, 2021).

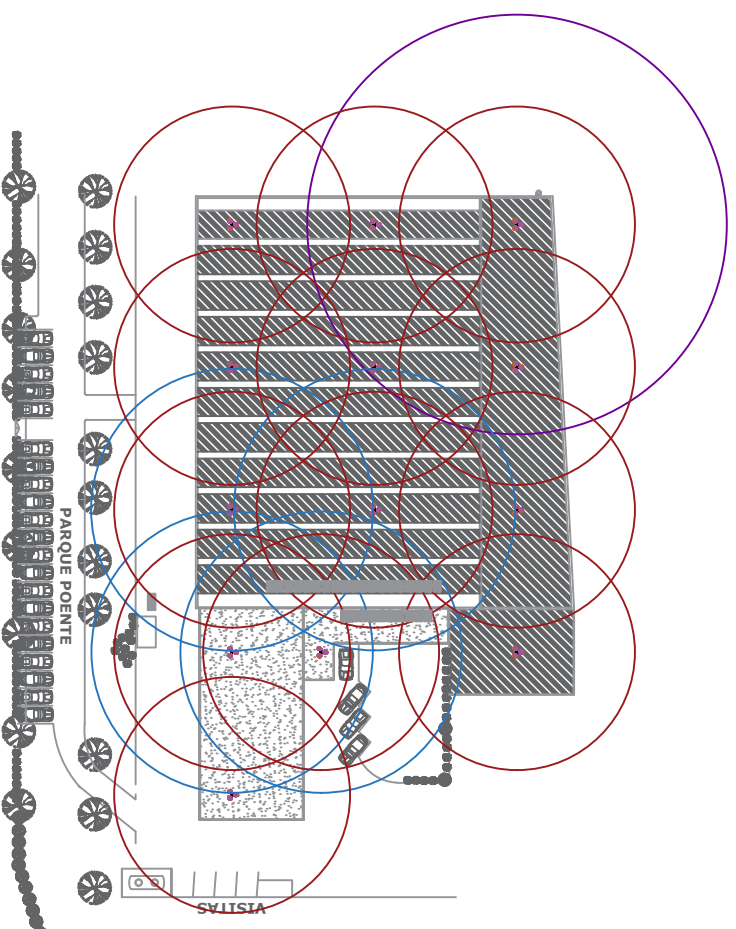
- [11] A. M. de Lima, “Proteção Contra Sobretensão de Origem Atmosférica,” 2014. <https://www.osestoreletrico.com.br/protecao-contrasobretensao-de-origem-atmosferica/> (accessed Feb. 01, 2021).
- [12] J. MARQUES, “Proteção contra Descargas Atmosféricas e Sobretensões,” 2012.
- [13] P. Hasse, “Overvoltage Protection of Low Voltage System,” p. 370, 2000.
- [14] N. M. P. Gonçalves, “Solução de engenharia no projeto eletrotécnico de uma unidade industrial de produção de cerveja,” 2017, [Online]. Available: <http://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/12128>.
- [15] P. Neves and S. Electric, “Protecção Contra Sobretensões,” pp. 86–89.
- [16] N. E. 62305-3:2014, “Norma Portuguesa - Protecção Contra Descargas Atmosféricas Parte 3: Danos físicos a estruturas e riscos humanos,” p. 158, 2014.
- [17] L. Moreira de Lacerda, M. Soares de Souza, and M. Camela Rafael, “Sistemas De Protecção Contra Descargas Atmosféricas Para Edificações: Um Estudo De Caso,” *Rev. Vértice Técnica*, no. December 2015, 2015.
- [18] W. A. Chisholm, *Lightning Protection*. 2019.
- [19] D. L. Fay, “Aplicaciones Tecnológicas - Tecnologias de Protecção Contra o Raio,” in *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 1967.
- [20] N. 4426:2013, “Norma Portuguesa - Protecção Contra Descargas Atmosféricas: Sistemas com dispositivo de ionização não radioativo,” p. 86, 2013.
- [21] N. E. 62305-4:2014, “Norma Portuguesa - Protecção Contra Descargas Atmosféricas Parte 4: Sistemas eléctricos e electrónicos em estruturas,” p. 92, 2014.
- [22] N. E. 62305-1:2014, “Norma Portuguesa - Protecção Contra Descargas Atmosféricas Parte 1: Requisitos gerais,” p. 72, 2014.
- [23] “Protecção contra sobretensão Surge-Protection-E_2.pdf.” .
- [24] C. T. de N. C. 81, “Guia Prático Norma NP EN 62305: Protecção Contra Descargas

Atmosféricas, Parte 4: Sistemas Elétricos e Eletrônicos em Estruturas,” 2014.

- [25] A. E. Estrutura *et al.*, “Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão,” 2006.
- [26] A. C. Técnica, D. N. Electrotécnica, and O. N. S. Iep, “CTE-81 (IEP) – COMUNICADO.”
- [27] E. Standard, “En 50164-2,” 2002.
- [28] C. T. de N. C. 81, “Guia Prático Norma NP EN 62305: Introdução,” 2014.
- [29] I. E. Commission, “IEC 62305-2,” vol. 2.0, p. 86, 2010.
- [30] C. T. de N. CTE 81, “Guia Prático Norma NP EN 62305,” 2013.
- [31] E. L. Protection and R. Building, “Air-termination System / Down Conductor / Isolated Lightning Protection Kapitel Lightning Protection / Earthing,” 2019.

Anexo I: Projeto da Instalação de um SPDA

- Peças Desenhadas:
 - SPDA_01 – Planta de Implantação-Raios de Proteção;
 - SPDA_02 – Planta da Cobertura-Ligações à Terra;
 - SPDA_03 – Alçado Esquerdo-Implantação SPDA;
 - SPDA_04 – Alçado Traseiro-Implantação SPDA;
 - SPDA_05 – Diagrama do SPDA.
- Peças Escritas:
 - SPDA – Memória Descritiva e Justificativa;
 - SPD – Mapa de Quantidades;Fichas Técnicas



NÍVEIS DE PROTEÇÃO DO PARA-RAIOS

- NÍVEL IV : $\alpha=78^\circ$ h = 2m (Chaminé Pintura)
- NÍVEL IV : $\alpha=75^\circ$ h = 3,27m (Painéis Fotovoltaicos)
- NÍVEL IV : $\alpha=72^\circ$ h = 5m (Telhado Nave Fabril)

Notas:

h é a altura do dispositivo de captura acima do plano de referência da área a proteger.
 α é o ângulo de proteção de acordo com o Quadro 2 da IEC 62305-3.

R04	.....
R03	.....
R02	.....
R01	.....
Rev./ Data	Descrição/ Origem / Autor

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA

CLIENTE: Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA

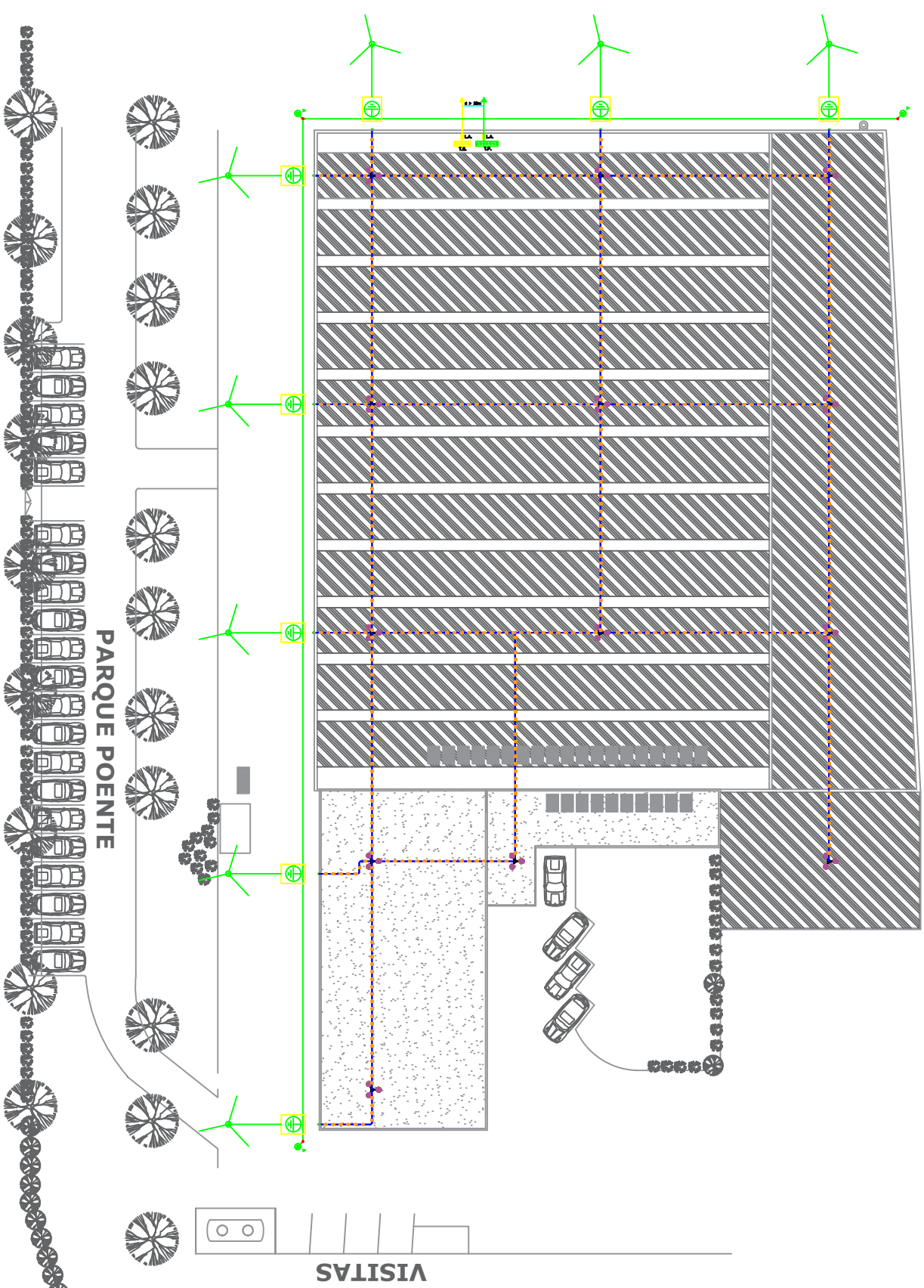
PROJ./LOC: Dimensionamento Para-Raios - Rua de Trás, nº421, Nogueira da Maia

DESENHO: **Raios de Proteção** RESPONSÁVEL: **Jorge Sousa**

FASE: **Projeto** DATA: **10-06-2021** ESCALA: **1/750**

01 **R00**

Simbologia	
Simbolo	Referência / Instalação
	Candilização enterrada, Cobre nú 50mm ²
	Eléctrodo de terra
	Caixa de visita com ligador pata de galo
	Eléctrodos de terra em disposição "pata de galo"
	Ligador Amovível



R04	
R03	
R02	
R01	
Rev.	Data
	Descrição/ Origem /Autor

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA

CLIENTE: Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA

PROJ / LOCC: Dimensionamento Para-Raios - Rua de Trás, n.º21, Nogueira da Maia

DESENHO: RESPONSÁVEL:

Ligações à Terra

Jorge Sousa

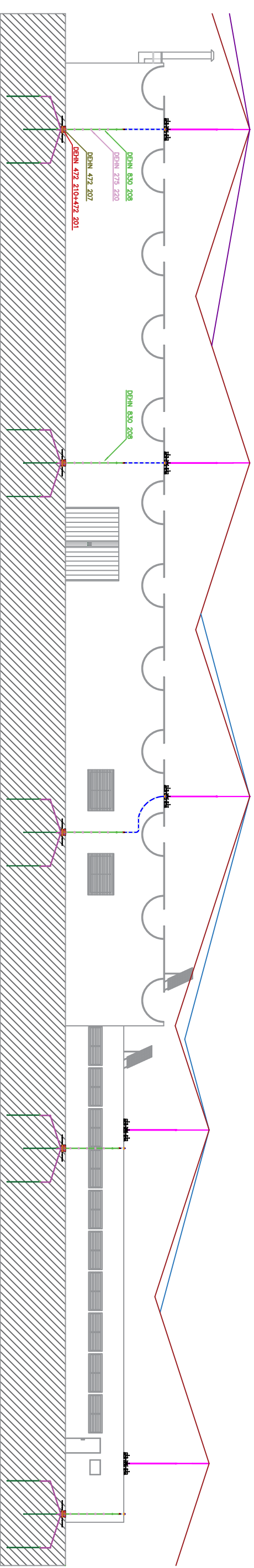
FASE: DATA: ESCALA:

Projeto 10-06-2021 1/500

02 R00

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

Alçado Esquerdo



R04	
R03	
R02	
R01	
Rev.	Data
	Descrição/ Origem /Autor

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA

CLIENTE: Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA
 PROJ / LOCC: Dimensionamento Pára-Raios - Rua de Trás, n.º21, Nogueira da Maia

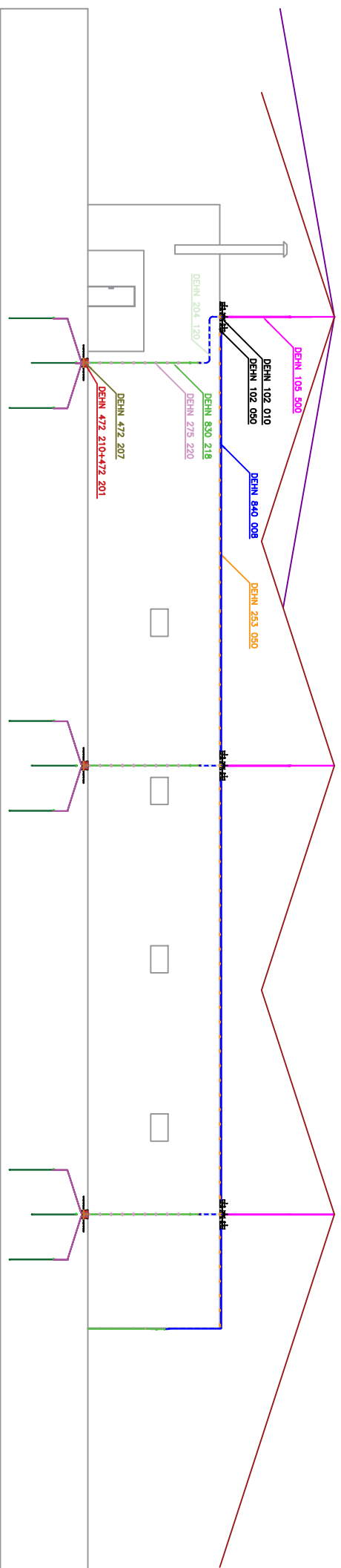
DESENHO: **Alçado Esquerdo** RESPONSÁVEL: **Jorge Sousa**

FASE: **Projeto** DATA: 10-06-2021 ESCALA: 1/250

04 **R00**



Alçado Traseiro



R04	
R03	
R02	
R01	
Rev.	Data
	Descrição/ Origem /Autor

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA

CLIENTE: Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA

PROJ / LOCC: Dimensionamento Pára-Raios - Rua de Trás, n.º21, Nogueira da Maia

DESENHO: RESPONSÁVEL:

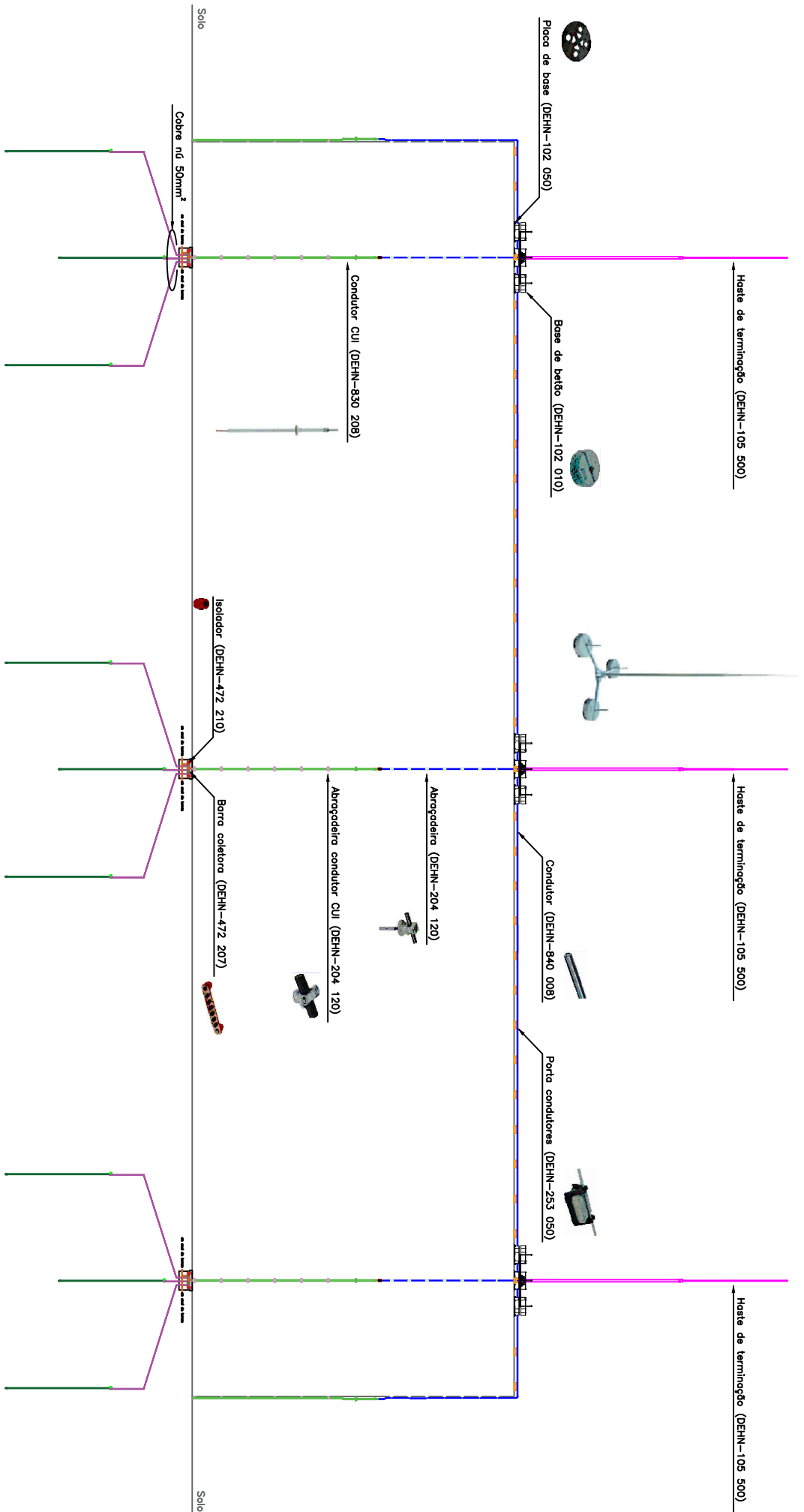
Alçado Traseiro **Jorge Sousa**



FASE: **Projeto** DATA: 10-06-2021 ESCALA: 1/250

03 **R00**

EM CASO DE INCOERÊNCIAS E DISPARIDADE DE DESENHOS DE ESCALAS DIFERENTES, PREVALECE SEMPRE A ESCALA MAIOR | TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS EM OBRA



R04	.....
R03	.....
R02	.....
R01	.....
Rev.	.....
Date	.....
Descrição/ Origem / Autor	.....

MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA - SISTEMAS ELECTRICOS DE ENERGIA

CLIENTE: Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA

PROJ./LOC: Dimensionamento Para-Raios - Rua de Trás, nº421, Nogueira da Maia

DESENHO: **Diagrama do SPDA** RESPONSÁVEL: **Jorge Sousa**

FASE: **Projeto** DATA: **10-06-2021** ESCALA: **1/750**



EM CASO DE INCORREÇÕES E DISPARIDADE DE DESENHOS DE ESCALAS DIFERENTES, PREVILHE SEmpRE A ESCALA MAIOR. TITULOS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS EM OBRA.



**Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas
Elétricos de Energia**

**Memória Descritiva e Justificativa - Sistema de Proteção Contra
Descargas Atmosféricas**

Jorge Sousa – 1191148

**Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de
Energia**

Novembro 2021

Índice

Índice de Tabelas.....	III
Índice de Figuras	IV
1 Introdução	1
1.1 Contextualização da Memória Descritiva.....	1
1.2 Objetivo	1
1.3 Legislação e Normas	1
1.4 Disposições Gerais	2
1.4.1 Características Gerais.....	2
1.4.2 Equipamentos e Materiais a Utilizar	2
1.4.3 Receção e Prazo de Garantia.....	2
2 Caracterização do Edifício a Proteger.....	3
2.1 Características dos Edifícios.....	3
2.2 Análise de Risco	3
2.2.1 Generalidades	3
2.2.2 Cálculo	3
2.3 Princípios Gerais de Instalação de um SPDA	3
3 Para-raios	4
3.1 Haste de Terminação	4
3.2 Condutores de Baixada.....	4
3.3 Porta Condutores	5
3.4 Proteção aos Condutores de Baixada.....	5
3.5 Abraçadeira para Condutor CUI.....	6
4 Sistemas de Terras	7
4.1 Caixa de Visita	7
4.2 Barra Coletora.....	7
4.3 Eléctrodo em Piquet	8

Anexos.....9

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dimensão do Edifício.....	3
--------------------------------------	---

Índice de Figuras

Figura 1 - Haste de Terminação DEHN-105500.....	4
Figura 2 - Condutor de Baixada DEHN-840008.....	5
Figura 3 – Porta Condutores DEHN-253050	5
Figura 4 - Condutor CUI DEHN-830208.....	6
Figura 5 - Abraçadeira para Condutor CUI DEHN-275220	6
Figura 6 - Caixa de Visita AT-010K.....	7
Figura 7 - Barra Coletora DEHN-472207	8
Figura 8 - Piquet Terra DEHN-620101	8

1 Introdução

1.1 Contextualização da Memória Descritiva

A presente memória descritiva e justificativa refere-se à implementação de um para-raios no edifício da empresa Iso-Sigma, situada na Rua de Trás, nº 421, Nogueira, Maia.

O projeto em causa abrange os seguintes trabalhos:

- Análise de risco;
- Determinar a localização dos dispositivos de captura;
- Trajetórias dos condutores de baixada;
- Localização e o tipo de ligação à terra.

No desenvolvimento do projeto de implementação de um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) deve ser tomado em consideração restrições de arquitetura, de modo que a eficácia do sistema de proteção seja a máxima possível.

1.2 Objetivo

O principal objetivo passa por descrever o dimensionamento de todos os componentes necessários para uma instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

O objetivo da instalação de um sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas é interceptar descargas atmosféricas diretas na estrutura, incluindo a parte lateral, e conduzir a corrente originada desde o ponto de impacto da descarga até à terra sem danificar a estrutura.

1.3 Legislação e Normas

Na execução deste projeto, foram tidos em consideração as condições de segurança de todas as instalações e equipamentos elétricos, a fim de obter melhores garantias de sucesso. Todas as instalações obedecem à legislação e normas em vigor, sendo referidos alguns requisitos específicos:

- Portaria Nº 949-A/2006 de 11 de setembro – RTIEBT (Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão);
- Normas Portuguesas aplicáveis, recomendações técnicas da IEC (Comissão Eletrotécnica Internacional);
- IEC 62305 – Proteção contra descargas atmosféricas, Parte 1 a 4;

- Normas Portuguesas aplicáveis ao equipamento incluído no projeto;
- IEC-62305-2 – Proteção contra descargas atmosféricas – Parte II: Gestão de Risco.

1.4 Disposições Gerais

1.4.1 Características Gerais

Os materiais e equipamentos a ser utilizados deverão ser da melhor qualidade, satisfazer as condições exigidas pelo fim a que se destinam, obedecer às prescrições dos regulamentos e normas atualmente em vigor e apresentar as características especificadas neste documento.

Todos os materiais e equipamentos serão, antes de aplicados, submetidos à apreciação da Fiscalização e devem ser acompanhados de certificados de origem e dos resultados de análises ou ensaios efetuados em laboratórios oficiais, quando tal for exigido.

O Adjudicatário obriga-se a executar todas as instalações com solidez e perfeição, de acordo com as regras da arte de bem construir, cumprindo com as indicações do fabricante dos sistemas e equipamentos a instalar, em estrita observância dos Regulamentos e Normas em vigor e de harmonia com a presente Memória Descritiva e Peças Desenhadas anexas, cumprindo todo o tipo de instruções que sejam fornecidas por parte da Fiscalização.

1.4.2 Equipamentos e Materiais a Utilizar

Na execução da empreitada todos os equipamentos e materiais a aplicar serão novos em todos os aspetos e partes constituintes, de alta qualidade, de fabrico normalizado e aprovado para as funções previstas e, obrigatoriamente, todos originários do mesmo fabricante, sempre que possível.

1.4.3 Receção e Prazo de Garantia

A receção provisória deverá ser precedida de ensaios de funcionamento, de medição de resistências de isolamento e de terra. Nesta receção também deverá ser apresentado um reprodutível e três cópias dos desenhos das instalações efetivamente executadas, bem como as instruções em português de funcionamento e manutenção de toda a instalação.

A receção definitiva será efetuada no término do período de garantia de bom funcionamento das instalações, dois anos a contar da data da receção provisória.

2 Caracterização do Edifício a Proteger

2.1 Características dos Edifícios

O edifício a proteger é uma instalação de produção, comercialização e armazenamento de materiais elétricos e é constituído por uma nave fabril, por um edifício complementar de serviços administrativos e de zonas comuns de apoio aos funcionários.

As dimensões do edifício são:

Tabela 1 - Dimensão do Edifício

Dimensões (m)	Largura	40
	Comprimento	88
	Altura	5,9

2.2 Análise de Risco

2.2.1 Generalidades

A análise de risco é o primeiro processo a ser desenvolvido na definição de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Com o desenvolver desta análise irá permitir averiguar a necessidade de instalação deste sistema, como o nível de proteção a considerar.

A análise irá ser desenvolvida sobre as recomendações das normas em vigor (IEC 62305-2), estabelecendo-se uma relação entre o índice ceráunico, parâmetro que indica o número de dias de trovoadas por ano num determinado local, o risco de impacto, o tipo de construção, a sua função, ocupantes e conteúdos, linhas conectadas, medidas de proteção existentes ou previstas e a escala de extensão do perigo.

2.2.2 Cálculo

No seguimento da análise de risco conclui-se que o edifício necessita de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) de nível IV.

2.3 Princípios Gerais de Instalação de um SPDA

Um para-raios é composto por vários dispositivos de captura acoplados a um mastro, e ligações aos condutores de baixada. A localização dos dispositivos de captura deve ser na parte superior de qualquer fachada, em conformidade com um dos métodos aceitáveis de determinação de localização, descritos na IEC 62305-3.

3 Para-raios

Neste capítulo serão descritos todos os componentes constituintes do para-raios, e que estão representados nos desenhos que são anexados ao presente documento. O fornecedor de todo o material necessário para a realização do projeto será o comercializador DEHN.

3.1 Haste de Terminação

Os dispositivos de captura selecionados para instalar no SPDA foram as hastes com a referência DEHN – 105500 ou equivalentes. O material do tripé de suporte deverá ser de aço galvanizado e o material da haste de terminação de ar deverá ser de alumínio. A altura da haste deverá ser de 5m de forma que os ângulos de proteção definidos sejam cumpridos em conformidade.

Figura 1 - Haste de Terminação DEHN-105500



Fonte - DEHN

3.2 Condutores de Baixada

De modo a reduzir a probabilidade de danos provocados pela circulação da corrente originada pela descarga atmosférica, os condutores devem estar dispostos de forma que existam vários caminhos de corrente paralelos e que o comprimento desses caminhos sejam o mais curto possível.

O condutor de baixada deverá ser de AlMgSi, de referência DEHN-840008 ou equivalente, devido às suas características e à boa resistência à corrosão.

Figura 2 - Condutor de Baixada DEHN-840008



Fonte - DEHN

3.3 Porta Condutores

Os condutores de baixada, sempre que seja possível, devem ser colocados de maneira que formem uma continuação direta dos condutores de captura, de forma retilínea para que o trajeto seja o mais curto e direto possível à terra.

Para suporte do condutor ao longo do telhado foram escolhidos suportes com a referência DEHN-253050 ou equivalente, com dimensões 141x86x70mm.

Figura 3 – Porta Condutores DEHN-253050



Fonte - DEHN

3.4 Proteção aos Condutores de Baixada

Na proteção dos condutores de baixada foram selecionados condutores com a designação de CUI, que têm um condutor interno de cobre com 8mm de diâmetro e um isolamento resistente, com a capacidade de suportar sobretensões de 100kV e previne faíscas mesmo em dia de chuvas. A referência do condutor CUI é DEHN-830208 ou equivalente.

A área perigosa no exterior do edifício para pessoas é de 3m à volta do condutor de descida ao nível do solo e de uma altura de aproximadamente 3m.

Figura 4 - Condutor CUI DEHN-830208



Fonte - DEHN

3.5 Abraçadeira para Condutor CUI

Os condutores CUI devem ser bem fixados à parede onde vão ser instalados. Foram consideradas abraçadeiras específicas, com a referência DEHN-275220 ou equivalentes, de modo a garantir uma boa fixação.

Figura 5 - Abraçadeira para Condutor CUI DEHN-275220



Fonte - DEHN

4 Sistemas de Terras

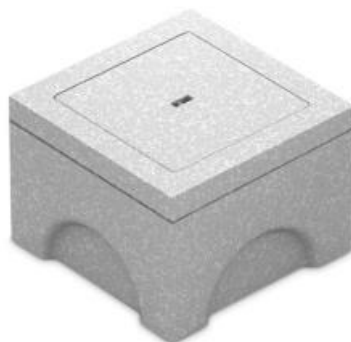
Todos os sistemas de terras da estrutura devem estar interligados. Em cada condutor de baixada deve ser instalado um sistema de terra na base constituído por três elétrodos, e o valor da resistência de terra deve ser inferior a 10Ω . A medição deve ser feita na saída do condutor de terra, isolado de qualquer outro componente condutor.

Cada baixada terá uma caixa de visita e um conjunto de vários elétrodos verticais, de comprimento total mínimo de 6m a uma profundidade mínima de 50cm. Devem ser dispostos em linha ou triângulo separados por uma distância igual ao comprimento enterrado e interligados por um condutor enterrado ao idêntico ao condutor de baixada.

4.1 Caixa de Visita

Foram consideradas para cada condutor de baixada, caixas de visita em betão, com as dimensões 410x410x300mm, da marca Aplicaciones Tecnológicas com a referência AT-010K ou equivalente.

Figura 6 - Caixa de Visita AT-010K



Fonte – Aplicaciones Tecnológicas

4.2 Barra Coletora

A barra coletora considerada permite a ligação até 6 terminais, e encontra-se preparada para ser fixada à caixa de visita acima referenciada através de 2 isoladores. As barras coletoras a aplicar têm como referência DEHN-472207 ou equivalente.

Figura 7 - Barra Coletora DEHN-472207



Fonte - DEHN

4.3 Elétrodo em Piquet

Serão considerados eléctrodos associados a cada baixada, em piquet de *20mm* de secção e *1m*, em aço galvanizado, cuja referência é DEHN-620101 ou equivalente.

Figura 8 - Piquet Terra DEHN-620101



Fonte - DEHN

Anexos

Peças Desenhadas

- SPDA_01 – Planta de Implantação – Raios de Proteção;
- SPDA_02 – Planta da Cobertura – Ligações à Terra;
- SPDA_03 – Alçado Esquerdo – Implantação SPDA;
- SPDA_04 – Alçado Traseiro – Implantação SPDA;
- SPDA_05 – Diagrama do SPDA.

Peças Escritas

- SPDA – Mapas de Quantidades;
- SPDA – Fichas Técnicas;

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPDA

Item	Descrição	Unid.	Qtd.	Pr. Unit.	Total
<p>Fornecimento e montagem de sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) incluindo todos os acessórios e serviços necessários ao seu bom funcionamento, com características em conformidade com a Memória Descritiva e Peças Desenhadas, respeitando as disposições regulamentares.</p>					
1	Local da Instalação				
	Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA Rua de Trás, nº421 - Nogueira, Maia Edifício principal e área circundante				
2	Para-raios				
2.1	Haste de terminação				
		DEHN - 105500	13	664,00 €	8 632,00 €
3	Baixadas				
3.1	Porta condutores				
		DEHN - 253050	600	2,39 €	1 434,00 €
3.2	Condutor				
		DEHN - 840008	m 600	0,03 €	18,00 €
3.3	Abraçadeira				
		DEHN - 204120	50	1,70 €	85,00 €
3.4	Condutor CUI - 5m				
		DEHN - 830218	3	326,76 €	980,28 €
3.5	Condutor CUI - 3,5m				
		DEHN - 830208	5	256,28 €	1 281,40 €
3.5	Abraçadeira para Condutor CUI				
		DEHN - 275220	60	3,54 €	212,40 €

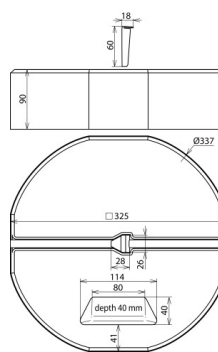
Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPDA

Item	Descrição	Unid.	Qtd.	Pr. Unit.	Total
4	Rede de Terras				
4.1	Eléctrodo de terra				
		DEHN - 620101	48	33,32 €	1 599,36 €
4.2	Caixa de visita				
		AT-010K	8	140,50 €	1 124,00 €
4.3	Barra coletora				
		DEHN - 472207	8	66,75 €	534,00 €
TOTAL					15 900,44 €

BES 17KG KT16 D337 SET (102 010)



Figure without obligation



Concrete base for air-termination rods, for protecting small roof-mounted structures on flat roofs and for installing spacers, e.g. for isolated ring conductors or for self-supporting air-termination rods with tripod. Stackable, for air-termination rods Ø16 mm, chamered, tapered, or DEHNiso spacers Ø16 mm.

Type	BES 17KG KT16 D337 SET
Part No.	102 010
Component protection	German utility model No. 94 07 712.6
Type	stackable
Support	wedge Ø16 mm
Diameter Ø	337 mm
Material	concrete (C45/55)
Material of wedge	StSt
Weight	17,62 kg
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	68109100
GTIN	4013364057814
PU	54 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

ULP KS D370 SW (102 050)

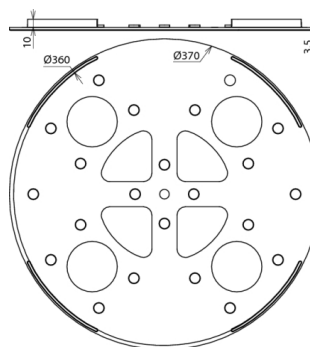


Figure without obligation

Base plate to protect the roof sheeting under the concrete base, large design for the 17 kg base.

Type	ULP KS D370 SW
Part No.	102 050
Outside diameter Ø	370 mm
Inside diameter Ø	360 mm
Material	EVA
Colour	black •
Weight	217 g
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	39269097
GTIN	4013364045996
PU	1 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.



FS D40 16 10 5000 AL DBS KB STTZN (105 500)



Figure without obligation



Type	FS D40 16 10 5000 AL DBS KB STTZN
Part No.	105 500
Height	5000 mm
Length (Ø40 x 5) (I1)	3000 mm
Length (Ø16 / 10) (I2)	2000 mm
Radius	560 mm
Max. gust wind speed for 3 bases, 17 kg each	103 km/h
Max. gust wind speed for 6 bases, 17 kg each	137 km/h
Max. gust wind speed for 9 bases, 17 kg each	165 km/h
Space required for tripod	1210 x 1340 mm
Material of tripod	St/tZn
Material of air-termination rod	Al
Standard	EN 62561-(1+2)
Weight	15 kg
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	85389099
GTIN	4013364094420
PU	1 pc(s)

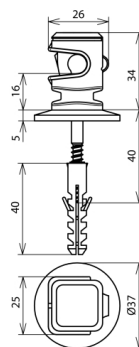
We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

Special lengths of all air-termination rods / self-supporting air-termination rods are available upon request.

LH DS 8 H16 HS5X50 KD8 GR (204 120)



Figure without obligation



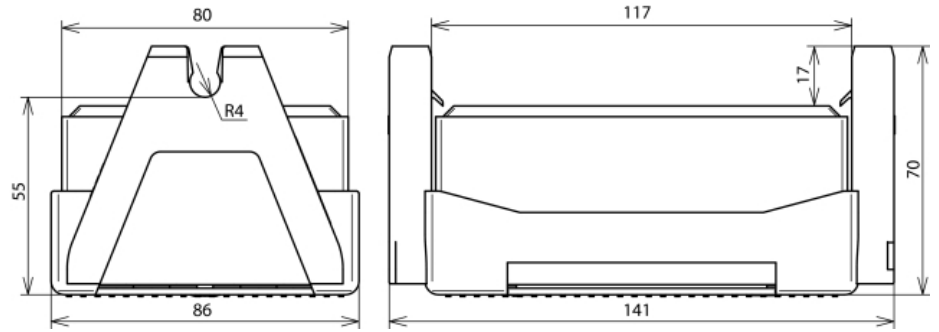
Type	LH DS 8 H16 HS5X50 KD8 GR
Part No.	204 120
Type of conductor holder	DEHNsnap
Height of conductor holder	16 mm
Thread of conductor holder	M8
Material of conductor holder	plastic
Colour of conductor holder	grey *
Colour RAL	similar to 7035
Conductor routing	loose
Conductor support Rd	8 mm
Screw	† ⊕ 5 x 50 mm
Plastic plug	Ø8 x 40 mm
Cover disc	yes
Type	robust, weatherproof, UV stabilised and halogen-free
Weight	20 g
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	85389099
GTIN	4013364085749
PU	50 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

DLH FB2 8 LO 141X86X70 (253 050)



Figure without obligation



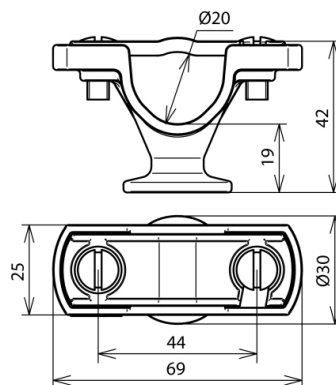
Part No.	253 050
Component protection	German Patent No. 19 820 855.3
Type	with double conductor holder
Conductor leading	loose
Material of conductor holder	plastic
Colour of conductor holder	black •
Conductor holder support Rd	8 mm
Weight	1 kg
Block	concrete (C35/45)
Dimension	141 x 86 x 70 mm
Weight	1,04 kg
Customs tariff number	85389099
GTIN	4013364079687
PU	10 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

LH ZS 20 H19 IGM8 GR PA (275 220)



Figure without obligation



Part No.	275 220
Conductor leading	fixed
Material of screw	PA
Type	UV stabilised
Material of conductor holder	PA
Conductor holder support Rd	20 mm
Height of conductor holder	19 mm
Fixing	Ø6.5 mm
Thread	M8
Screw	☛ M6 x 16
Weight	17 g
Customs tariff number	85389099
GTIN	4013364103450
PU	25 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.



KS 8.10 8.10 FL30 ZP V4A (319 209)

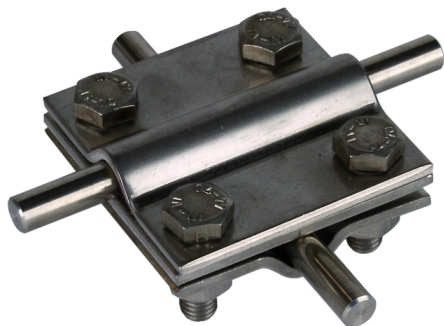
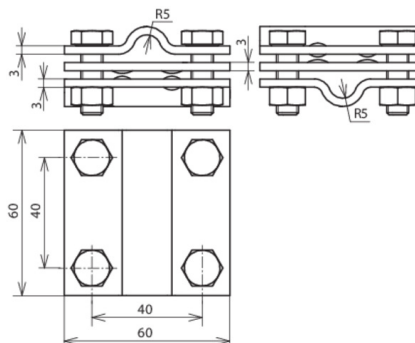


Figure without obligation



Type	KS 8.10 8.10 FL30 ZP V4A
Part No.	319 209
Material of clamp	StSt (V4A)
Clamping range Rd / Rd	8-10 / 8-10 mm
Clamping range Rd / FI	8-10 / 30 mm
Clamping range FI / FI	30 / 30 mm
Clamping range (stranded / cable)	50-70 mm ²
Screw	M8 x 25 mm
Material of screw / nut	StSt (V4A)
Material No.	1.4571 / 1.4404 / 1.4401
ASTM / AISI:	316Ti / 316L / 316
Dimensions	60 x 60 x 3 mm
Intermediate plate	yes
Lightning current carrying capability (10/350 µs)	^{*)}
Standard	EN 62561-1
Short-circuit current (a.c. 50 Hz / d.c.) (1 s; ≤ 300 °C)	7 kA
Weight	313 g
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	85389099
GTIN	4013364035980
PU	25 pc(s)

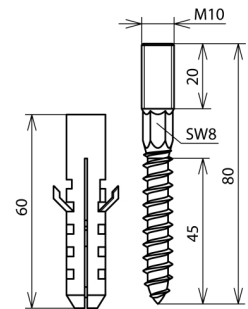
^{*)} See test certificate for exact classification.

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

BFS M10X20 PAS STTZN (472 201)



Type	BFS M10X20 PAS STTZN
Part No.	472 201
Material of screw	St/tZn
Screw	45 mm ∇ M10 x 20mm
Plastic dowel	\varnothing 12 x 60mm
Total length	80mm
Weight	66 g
Customs tariff number (Comb. Nomenclature VAE)	73181558
GTIN	4013364089631
PU	1 Stk





PAS I 6AP M10 CU (472 207)

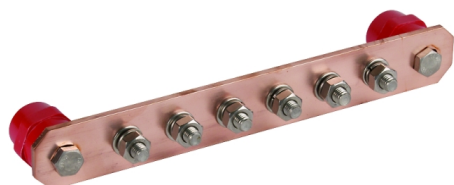
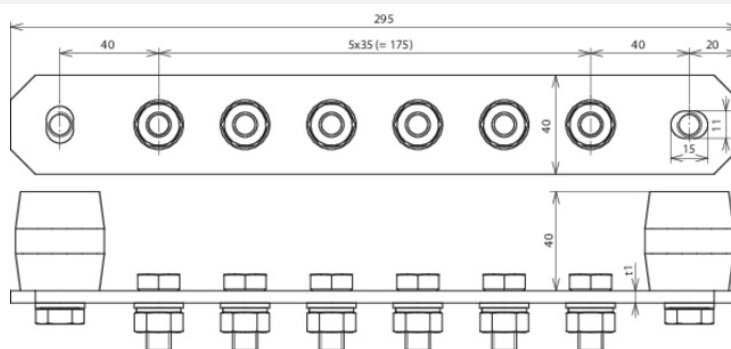


Figure without obligation



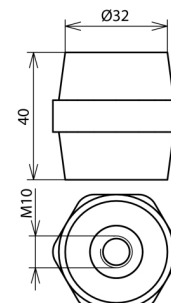
Type	PAS I 6AP M10 CU
Part No.	472 207
Number of terminals	6
Material	Cu
Dimensions (l x w x d1)	295 x 40 x 5 mm
Cross section	200 mm ²
Short-circuit current (a.c. 50 Hz / d.c.) (1 s; ≤ 300 °C)	39 kA
Screw	M10 x 25 mm
Material of screw / nut	StSt
Design	with spring washer
Material of insulator	UP
Colour of insulator	red
Standard	EN 62561-1
Weight	964 g
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	85389099
GTIN	4013364090927
PU	1 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

IS PAS M10 (472 210)



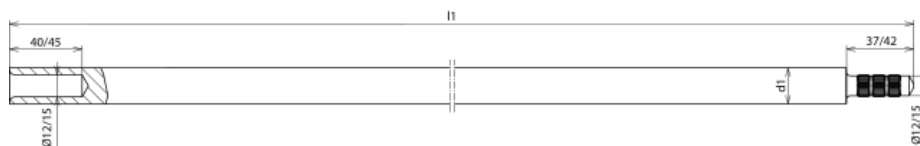
Type	IS PAS M10
Part No.	472 210
Material	UP (thermoset)
Nominal operating voltage (50 Hz)	<=2kV
Permanent temperature range	-40 °C ... +130 °C
Connection thread	M10 (length 12 mm)
Colour	red •
Dimensions (d x h)	32 x 40mm
Weight	91.5 g
Customs tariff number (Comb. Nomenclature VAE)	85469010
GTIN	4013364096790
PU	1 Stk



TE 20 1000 Z STTZN (620 101)



Figure without obligation



Type	TE 20 1000 Z STTZN
Part No.	620 101
Material	St/tZn
Rod length (l1)	1000 mm
Diameter Ø (d1)	20 mm
Pin diameter	12 mm
Hot-dip galvanisation - single value:	~70 µm
Hot-dip galvanisation - average value:	≥ 55 µm
Tensile strength	410 N/mm ²
Static tensile strength (vertical tension)	approx. 22000 N
Specific conductivity	≥ 6.66 m/Ohm mm ²
Specific resistance	≤ 0.15 Ohm mm ² / m
Short-circuit current (a.c. 50 Hz / d.c.) (1 s; ≤ 300 °C)	7.9 kA
Standard	EN 62561-2
Weight	2,5 kg
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	85389099
GTIN	4013364021860
PU	6 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

CUI L 20 GR 3.5M (830 208)



Figure without obligation

Type	CUI L 20 GR 3.5M
Part No.	830 208 ✓
Material of conductor	Cu
Material of insulation	XLPE
Surge withstand capability (1.2/50 µs)	100 kV
Diameter Ø conductor	20 mm
Standard	EN 62561-2
Colour of conductor	light grey ●
Cross-section of core	50 mm ²
Total length	3500 mm
Weight	2,6 kg
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	85389099
GTIN	4013364106116
PU	1 pc(s)

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.



RD 8 ALMgSi HH R148M (840 008)

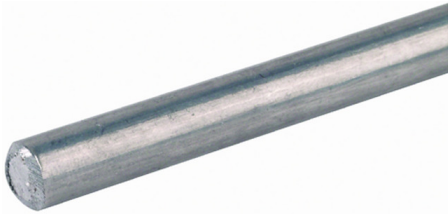


Figure without obligation

DEHNalu wire according to EN 62561-2, for use in lightning protection systems as an air-termination, down or equipotential bonding conductor.

Al and AlMgSi may not be installed directly (without a gap) on, in, or under plaster, mortar or concrete, and also not in soil.

Type	RD 8 ALMgSi HH R148M
Part No.	840 008 ✓
Diameter Ø conductor	8 mm
Cross-section	50 mm ²
Material	AlMgSi
Characteristics	semi-rigid
Standard	EN 62561-2
Conductivity	≥ 27.77 m / Ohm mm ²
Resistivity	≤ 0.036 Ohm mm ² / m
Weight	135 g/m
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	76052100
GTIN	4013364018730
PU	148 m

Note: Al and AlMgSi may not be installed directly (without a gap) on, in, or under plaster, mortar or concrete, and also not in soil.

We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

Conductor materials can only be supplied in the original coil weights.

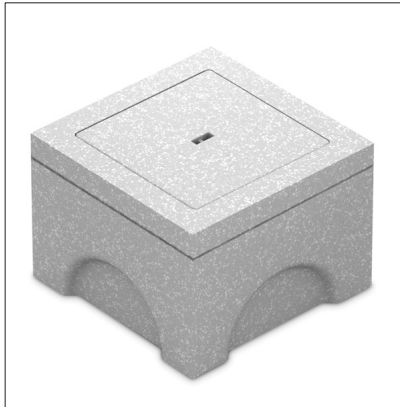
Further conductor materials as specified in the standard series EN 62561-2 are available on request.

FICHA DO PRODUTO

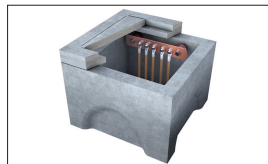
CATEGORIA: Caixas de visita
 NOME: **Caixa visita de betão 410 x 410 x 300 mm**
 REFERÊNCIA: **AT-010K**

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

Caixa de visita de betão 410 x 410 x 300 mm e interiores 330x330x250mm.



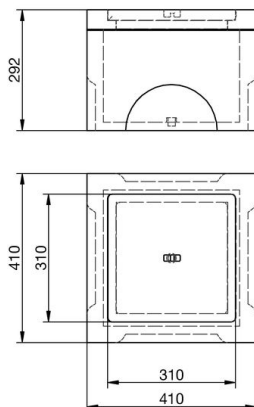
> Aplicação



DADOS TÉCNICOS

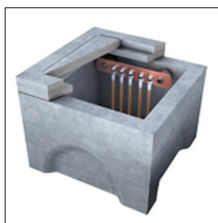
Referência	AT-010K
Dimensões	410 x 410 x 300 mm
Material/es	Betão
Peso	56900 g
Norma	Cumpre com NP 4426, NA 33:2014, UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305, NBR 5419

> Esquema dimensional (mm)



INFORMAÇÃO COMPLEMENTAR

> PRODUTOS RELACIONADOS



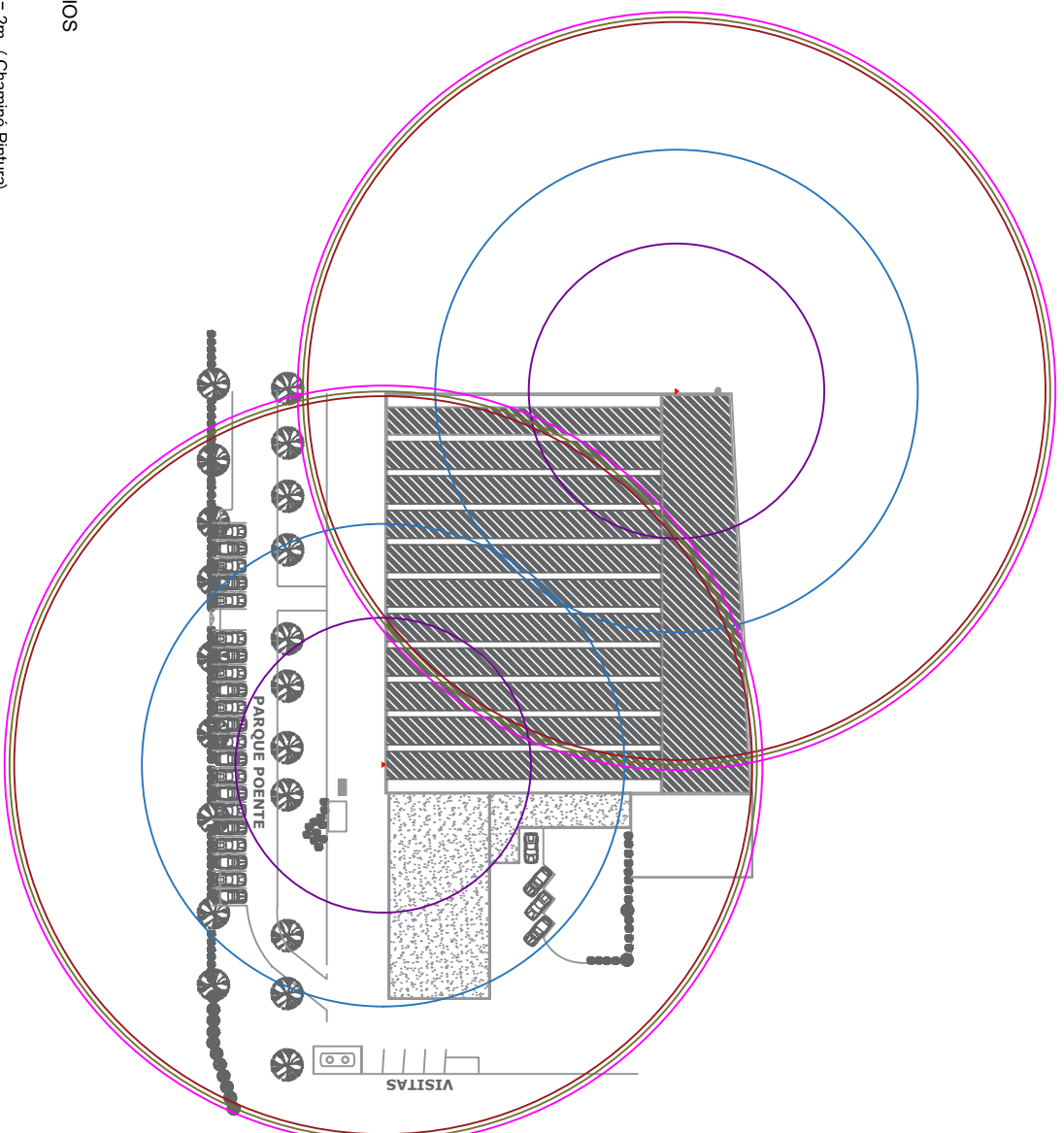
AT-006J
Ponte de comprovação
cu 5 parafusos M10



AT-093K
Terminal anel Cu
estanhado 50mm² M10

Anexo II: Projeto da Instalação de um SPDI

- Peças Desenhadas:
 - SPDI_01 – Planta de Implantação-Raios de Proteção;
 - SPDI_02 – Planta da Cobertura-Ligações à Terra;
 - SPDI_03 – Alçado Esquerdo-Implantação SPDI;
 - SPDI_04 – Alçado Traseiro-Implantação SPDI;
 - SPDI_05 – Diagrama do SPDI.
- Peças Escritas:
 - SPDI – Memória Descritiva e Justificativa;
 - SPDI – Mapa de Quantidades;
- Fichas Técnicas



NÍVEIS DE PROTEÇÃO DO PARA-RAIOS

- NÍVEL IV : 42,66m hu = 2m (Chaminé Pintura)
- NÍVEL IV : 69,75m hu = 3,27m (Painéis Fotovoltaicos)
- NÍVEL IV : 106,65m hu = 5m (Telhado Nave Fabril)
- NÍVEL IV : 108m hu = 7,39m (Telhado Edifício Complementar)
- NÍVEL IV : 109,5m hu = 11m (Solo)

R04	
R03	
R02	
R01	
Rev.	Data
	Descrição/ Origem / Autor

MESTRADO EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA - SISTEMAS ELÉTRICOS DE ENERGIA

CLIENTE: Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA

PROJ./LOC: Dimensionamento Para-Raios - Rua de Trás, nº421, Nogueira da Maia

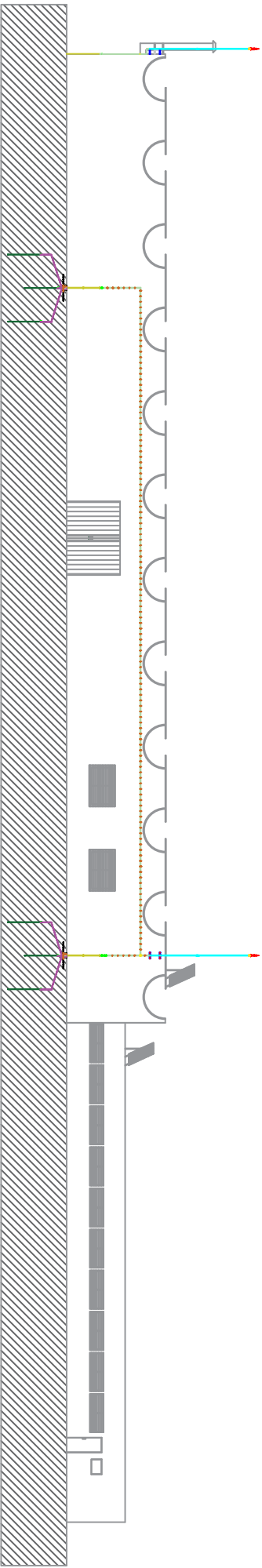
DESENHO: **Raios de Protecção** RESPONSÁVEL: **Jorge Sousa**

FASE: **Projeto** DATA: 10-06-2021 ESCALA: 1/750

01
R00

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

Alçado Esquerdo



R04	.....
R03	.....
R02	.....
R01	.....
Rev.	.....
Date	.....
Descrição/ Origem/ Autor	.....

MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA - SISTEMAS ELECTRICOS DE ENERGIA

CLIENTE: Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA

PROJ./LOC: Dimensionamento Para-Raios - Rua de Trás, nº421, Nogueira da Maia

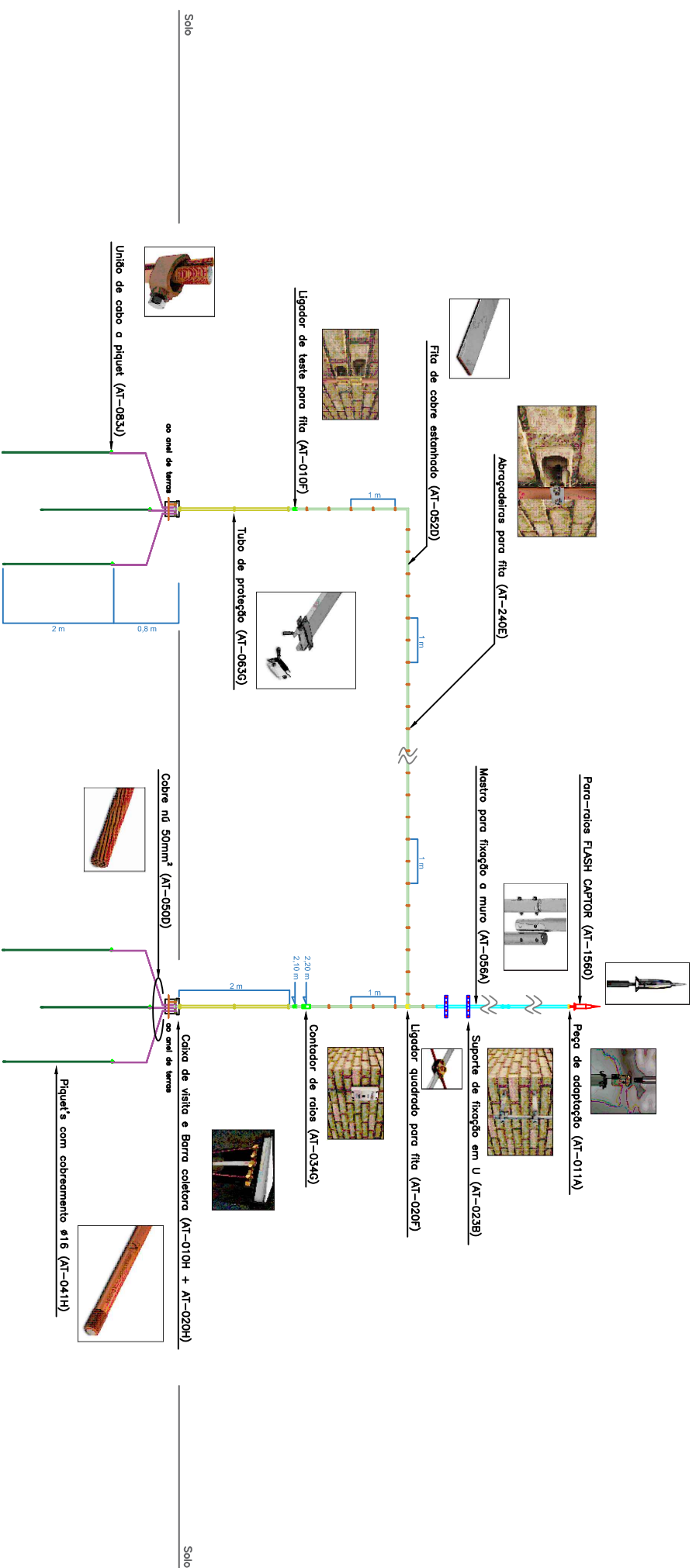
DESENHO: **Alçado Esquerdo** RESPONSÁVEL: **Jorge Sousa**

FASE: **Projeto** DATA: 10-06-2021 ESCALA: 1/250

04 R00



EM CASO DE INCOERÊNCIAS E DISPARIDADES DESENHOS DE ESCALAS DIFERENTES, PREVÊ-SE SEMPRE A ESCALA MAIOR. TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS EM OBRA.



Solo

Solo

R04	
R03	
R02	
R01	
Rev.	Descrição/ Origem / Autor
Data	

MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA - SISTEMAS ELECTRICOS DE ENERGIA

CLIENTE: Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA

PROJ./LOC: Dimensionamento Para-Raios - Rua de Trás, nº421, Nogueira da Maia

isep Instituto Superior de Engenharia do Porto

DESENHO: **Diagrama do SPDI** RESPONSÁVEL: **Jorge Sousa** FASE: **Projeto** DATA: **10-06-2021** ESCALA: **1/750**

EM CASO DE INCOERÊNCIAS E DISPARIDADE DE DESENHOS DE ESCALAS DIFERENTES, PREVALECE SEMPRE A ESCALA MAIOR. TODAS AS MEDIDAS DEVERÃO SER CONFIRMADAS EM OBRA.



**Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas
Elétricos de Energia**

**Memória Descritiva e Justificativa - Sistema de Proteção Contra
Descargas Atmosféricas com Dispositivos de Ionização**

Jorge Sousa – 1191148

**Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de
Energia**

Novembro 2021

Índice

Índice de Tabelas.....	III
Índice de Figuras	IV
1 Introdução	1
1.1 Contextualização da Memória Descritiva.....	1
1.2 Objetivo	1
1.3 Legislação e Normas	1
1.4 Disposições Gerais	2
1.4.1 Características Gerais.....	2
1.4.2 Equipamentos e Materiais a Utilizar	2
1.4.3 Receção e Prazo de Garantia.....	3
2 Caracterização do Edifício a Proteger.....	4
2.1 Características dos Edifícios.....	4
2.2 Análise de Risco	4
2.2.1 Generalidades	4
2.2.2 Cálculo	4
2.3 Princípios Gerais de Instalação de um PDI	4
3 Raio de Proteção	5
4 Para-raios	6
4.1 Ponta Captora	6
4.2 Mastro de Extensão	6
4.3 Fixador Mural.....	7
4.4 Condutores de Baixada.....	7
4.5 Fixação para o Condutor de Baixada.....	8
4.6 Abraçadeira para Fita.....	8
4.7 Contador de Descargas	9
4.8 Ligador Amovível	9

4.9	Proteção do Condutor de Baixada	10
5	Sistemas de Terras	11
5.1	Caixa de Visita	11
5.2	Barra Coletora.....	11
5.3	Eléctrodo em Piquet	12
	Anexos.....	13

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Dimensão do Edifício.....	4
Tabela 2 - Raios de Proteção do PDI	5

Índice de Figuras

Figura 1 - Ponta Captora AT-1560.....	6
Figura 2 - Mastro de Extensão AT-056A.....	7
Figura 3 - Fixador Mural AT-023B.....	7
Figura 4 - Fita de Cobre Estanhado AT-052D	8
Figura 5 - Peça de Fixação para Condutor de Baixada AT-011A.....	8
Figura 6 - Abraçadeira para Fita AT-240E	8
Figura 7 - Contador de Descargas AT-034G.....	9
Figura 8 - Ligador Amovível AT-010F.....	9
Figura 9 - Tubo de Proteção AT-063G	10
Figura 10 - Caixa de Visita AT-010H.....	11
Figura 11 - Barra Coletora AT-020H.....	11
Figura 12 - Eléctrodo em Piquet AT-041H.....	12

1 Introdução

1.1 Contextualização da Memória Descritiva

A presente memória descritiva e justificativa refere-se à implementação de um para-raios com dispositivos de ionização no edifício da empresa Iso-Sigma, situada na Rua de Trás, nº 421, Nogueira, Maia.

O projeto em causa abrange os seguintes trabalhos:

- Análise de risco;
- Determinar o posicionamento dos para-raios;
- Trajetórias dos condutores de baixada;
- Localização e o tipo de ligação à terra.

No desenvolvimento do projeto de implementação de um Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas com Dispositivo de Ionização (SPDI) deve ser tomado em consideração restrições de arquitetura, de modo que a eficácia do sistema de proteção seja a máxima possível.

1.2 Objetivo

O principal objetivo passa por descrever o dimensionamento de todos os componentes necessários para uma instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas com para-raios constituído por um dispositivo de ionização (PDI).

O objetivo da instalação de um sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas, é que o ponto de impacto da descarga seja controlado e que proporcione à corrente originada um caminho até à terra sem danificar a estrutura.

1.3 Legislação e Normas

Na execução deste projeto, foram tidos em consideração as condições de segurança de todas as instalações e equipamentos elétricos, a fim de obter melhores garantias de sucesso. Todas as instalações obedecem à legislação e normas em vigor, sendo referidos alguns requisitos específicos:

- Portaria Nº 949-A/2006 de 11 de setembro – RTIEBT (Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão);

- Normas Portuguesas aplicáveis, recomendações técnicas da IEC (Comissão Eletrotécnica Internacional);
- NP 4426 (2013) – Proteção contra descargas atmosféricas. Sistemas com dispositivo de ionização não radioativo;
- EN 62305 – Proteção contra descargas atmosféricas, Parte 1 a 4;
- Normas Portuguesas aplicáveis ao equipamento incluído no projeto;
- IEC-62305-2 – Proteção contra descargas atmosféricas – Parte II: Gestão de Risco.

1.4 Disposições Gerais

1.4.1 Características Gerais

Os materiais e equipamentos a ser utilizados deverão ser da melhor qualidade, satisfazer as condições exigidas pelo fim a que se destinam, obedecer às prescrições dos regulamentos e normas atualmente em vigor e apresentar as características especificadas neste documento.

Todos os materiais e equipamentos serão, antes de aplicados, submetidos à apreciação da Fiscalização e devem ser acompanhados de certificados de origem e dos resultados de análises ou ensaios efetuados em laboratórios oficiais, quando tal for exigido.

O Adjudicatário obriga-se a executar todas as instalações com solidez e perfeição, de acordo com as regras da arte de bem construir, cumprindo com as indicações do fabricante dos sistemas e equipamentos a instalar, em estrita observância dos Regulamentos e Normas em vigor e de harmonia com a presente Memória Descritiva e Peças Desenhadas anexas, cumprindo todo o tipo de instruções que sejam fornecidas por parte da Fiscalização.

1.4.2 Equipamentos e Materiais a Utilizar

Na execução da empreitada todos os equipamentos e materiais a aplicar serão novos em todos os aspetos e partes constituintes, de alta qualidade, de fabrico normalizado e aprovado para as funções previstas e, obrigatoriamente, todos originários do mesmo fabricante, sempre que possível.

1.4.3 Recepção e Prazo de Garantia

A recepção provisória deverá ser precedida de ensaios de funcionamento, de medição de resistências de isolamento e de terra. Nesta recepção também deverá ser apresentado um reprodutível e três cópias dos desenhos das instalações efetivamente executadas, bem como as instruções em português de funcionamento e manutenção de toda a instalação.

A recepção definitiva será efetuada no término do período de garantia de bom funcionamento das instalações, dois anos a contar da data da recepção provisória.

2 Caracterização do Edifício a Proteger

2.1 Características dos Edifícios

O edifício a proteger é uma instalação de produção, comercialização e armazenamento de materiais elétricos e é constituído por uma nave fabril, por um edifício complementar de serviços administrativos e de zonas comuns de apoio aos funcionários.

As dimensões do edifício são:

Tabela 1 - Dimensão do Edifício

Dimensões (m)	Largura	40
	Comprimento	88
	Altura	5,9

2.2 Análise de Risco

2.2.1 Generalidades

A análise de risco é o primeiro processo a ser desenvolvido na definição de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Com o desenvolver desta análise irá permitir averiguar a necessidade de instalação deste sistema, como o nível de proteção a considerar.

A análise irá ser desenvolvida sobre as recomendações das normas em vigor (IEC 62305-2 e NP 4426), estabelecendo-se uma relação entre o índice ceráunico, parâmetro que indica o número de dias de trovoada por ano num determinado local, o risco de impacto, o tipo de construção, a sua função, ocupantes e conteúdos, linhas conectadas, medidas de proteção existentes ou previstas e a escala de extensão do perigo.

2.2.2 Cálculo

No seguimento da análise de risco conclui-se que o edifício necessita de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) de nível IV.

2.3 Princípios Gerais de Instalação de um PDI

Um para-raios com dispositivo de ionização é composto por uma ponta de captura acoplada a um mastro, um elemento de fixação e uma ligação aos condutores de baixada. A área protegida por um PDI, o seu raio de proteção, é determinada em função da sua eficácia.

3 Raio de Proteção

O raio de proteção de um PDI está relacionado com a sua altura (h) em relação à superfície a proteger, ao seu nível de avanço da ionização (Δ) e ao nível de proteção selecionado. O raio de proteção R_p deve ser determinado através da seguinte expressão:

$$R_p(h) = \sqrt{2rh - h^2 + \Delta(2r + \Delta)} \quad \text{Para } h \geq 5m \quad (1)$$

$$R_p = \frac{h \times R_p(5)}{5} \quad \text{Para } 2m \leq h \leq 5m \quad (2)$$

Em que,

$r(m)$ – 60m para a proteção de nível IV;

$h(m)$ – Altura da extremidade do PDI relativamente ao plano horizontal do ponto mais alto do objeto a proteger;

$\Delta(m)$ – Avanço da ignição, em que $\Delta(m) = \Delta T \times 10^6$.

Procedendo à substituição dos valores nas Equações 1 e 2, obtemos os valores dos raios de proteção apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Raios de Proteção do PDI

	Altura à ponta do mastro PDI	Raio de proteção assegurado pelo Para-raios (m)
Referência	h (m)	Nível IV
Chaminé pintura	2	42,66
Painéis fotovoltaicos	3,27	69,75
Telhado nave fabril	5	106,65
Telhado edifício complementar	7,39	108
Solo	11	109,5

O PDI a instalar garante uma proteção com um raio de alcance de 109,5m ao nível do solo. Como se pode verificar na peça desenhada em anexo, deparou-se com a necessidade da instalação de dois para-raios para que todo o edifício ficasse protegido.

4 Para-raios

Neste capítulo serão descritos todos os componentes constituintes do para-raios, e que estão representados nos desenhos que são anexados ao presente documento. O fornecedor de todo o material necessário para a realização do projeto será o comercializador Aplicaciones Tecnológicas.

4.1 Ponta Captora

As pontas captoras selecionadas para instalar no SPDI foram as Flash Captor AT-1560 ou equivalente. Deverá ser em aço inoxidável AISI 316L que irá permitir obter uma elevada resistência à corrosão e às variações de temperatura. Este tipo de ponta captora tem um tempo de avanço de $60\mu s$, valor esse limitado pela NP4426 para o efeito de ignição e utilizado para efeitos de cálculo do R_p , com a capacidade de aguentar uma corrente superior a 200kA.

Figura 1 - Ponta Captora AT-1560



Fonte - Aplicaciones Tecnológicas

4.2 Mastro de Extensão

Os mastros a instalar serão de aço galvanizado com uma altura total de 6m divididos em duas secções de 3m cada. Foram escolhidos os mastros com a referência AT-056A ou equivalente.

Figura 2 - Mastro de Extensão AT-056A



Fonte - Aplicaciones Tecnológicas

4.3 Fixador Mural

Devem ser considerados dois fixadores murais para o mastro, no qual, devem ter como dimensões 400x50mm e um afastamento de 300mm relativamente à parede onde será aplicado, de material aço galvanizado. Os fixadores devem ser aplicados com uma distância de 600mm entre si, e de pelo menos 300mm ao topo da parede de modo a garantir uma correta fixação. Os fixadores murais selecionados têm como referência AT-023B, ou equivalente.

Figura 3 - Fixador Mural AT-023B



Fonte - Aplicaciones Tecnológicas

4.4 Condutores de Baixada

Devem ser instalados 4 condutores de baixada, preferencialmente no exterior da estrutura, em que cada PDI deve ser ligado a pelo menos dois condutores por meio de um sistema de fixação no mastro. A sua trajetória deve ser o mais curta e direta possível.

Deverá ser instalado condutores em fita de cobre estanhado, de referência AT-052D ou equivalente, com secção de 60mm^2 de modo a cumprir os requisitos de secção eficaz mínima dos condutores de captura.

Figura 4 - Fita de Cobre Estanhado AT-052D



Fonte - Aplicaciones Tecnológicas

4.5 Fixação para o Condutor de Baixada

As baixadas serão fixas ao mastro por um suporte de ponta com conexão a fita mediante os parafusos existentes, em latão naval de dimensões Ø48x70mm. Foi escolhido a aplicar o fixador AT-011A ou equivalente.

Figura 5 - Peça de Fixação para Condutor de Baixada AT-011A



Fonte - Aplicaciones Tecnológicas

4.6 Abraçadeira para Fita

Os condutores devem ser fixados com 3 fixações por metro, ou seja, aproximadamente 33cm entre elas. Devem ser adaptadas aos suportes sem alterar a estanquicidade do telhado, e permitir uma eventual expansão térmica dos condutores. Foram seleccionadas as abraçadeiras com referência AT-240E ou equivalentes, de aço inox com as dimensões de 58x13x20mm.

Figura 6 - Abraçadeira para Fita AT-240E



Fonte – Aplicaciones Tecnológicas

4.7 Contador de Descargas

O contador de descargas tem um papel fundamental no sistema de proteção contra descargas atmosféricas, deverá ser instalado no condutor de baixada mais direto e preferencialmente pouco acima da junta de controlo, com vista ao cumprimento da periodicidade de manutenção de acordo com as recomendações da NP 4426.

O contador selecionado a aplicar tem a referência AT-034G ou equivalente, com as dimensões 156x66x61mm.

Figura 7 - Contador de Descargas AT-034G



Fonte - Aplicaciones Tecnológicas

4.8 Ligador Amovível

O condutor de baixada deverá ser equipado com um ligador amovível, de forma a permitir desligar o sistema de terra e se proceder às medições. Serão instalados dois ligadores amovíveis nas respetivas baixadas. Deverá ser instalado na parte mais baixa da baixada, num patamar inferior ao contador de descargas.

Os ligadores amovíveis a aplicar têm como referência AT-010F ou equivalente, de latão naval com as dimensões de 55x30x75mm.

Figura 8 - Ligador Amovível AT-010F



Fonte - Aplicaciones Tecnológicas\

4.9 Proteção do Condutor de Baixada

Os condutores de baixada devem ser protegidos até uma altura de pelo menos 2m acima do nível do solo.

Selecionou-se um tubo de proteção em aço inox com a referência AT-063G ou equivalente, específico para condutores com secções de 60mm^2 .

Figura 9 - Tubo de Proteção AT-063G



Fonte - Aplicaciones Tecnológicas

5 Sistemas de Terras

Todos os sistemas de terras da estrutura devem estar interligados. Em cada condutor de baixada deve ser instalado um sistema de terra na base constituído por três eléttodos, e o valor da resistência de terra deve ser inferior a 10Ω . A medição deve ser feita na saída do condutor de terra, isolado de qualquer outro componente condutor.

Cada baixada terá uma caixa de visita e um conjunto de vários eléttodos verticais, de comprimento total mínimo de 6m a uma profundidade mínima de 50cm. Devem ser dispostos em linha ou triângulo separados por uma distância igual ao comprimento enterrado e interligados por um condutor enterrado ao idêntico ao condutor de baixada.

5.1 Caixa de Visita

Foram consideradas quatro caixas de visita com pata de galo, uma por cada condutor de baixada. As caixas de visita serão em polipropileno, com as dimensões aproximadas de 250x250x250mm, com referência AT-010H ou equivalente.

Figura 10 - Caixa de Visita AT-010H



Fonte – Aplicaciones Tecnológicas

5.2 Barra Coletora

A barra coletora considerada permite a ligação até 4 cabos de cobre, e encontra-se preparada para ser fixado à caixa de visita acima referenciada. As barras coletoras a aplicar têm como referência AT-020H ou equivalente.

Figura 11 - Barra Coletora AT-020H



Fonte – Aplicaciones Tecnológicas

5.3 Eléctrodo em Piquet

Serão considerados 12 eléctrodos, três associados a cada baixada, em piquet de 16mm de secção e 2m, em aço cobreado de 256µm, cuja referência é AT-041H ou equivalente.

Figura 12 - Eléctrodo em Piquet AT-041H



Fonte – Aplicaciones Tecnológicas

Anexos

Peças Desenhadas

- SPDI_01 – Planta de Implantação – Raios de Proteção;
- SPDI_02 – Planta da Cobertura – Ligações à Terra;
- SPDI_03 – Alçado Esquerdo – Implantação SPDI;
- SPDI_04 – Alçado Traseiro – Implantação SPDI;
- SPDI_05 – Diagrama do SPDI.

Peças Escritas

- SPDI – Cálculos Raios de Proteção;
- SPDI – Mapas de Quantidades;
- SPDI – Fichas Técnicas;

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas com Dispositivo de Ionização - SPDI

Item	Descrição	Unid.	Qtd.	Pr. Unit.	Total
	Fornecimento e montagem de sistema de proteção contra descargas atmosféricas com dispositivo de ionização (SPDI) incluindo todos os acessórios e serviços necessários ao seu bom funcionamento, com características em conformidade com a Memória Descritiva e Peças Desenhadas, respeitando as disposições regulamentares.				
1	Local da Instalação				
	Iso-Sigma - Energia e Gestão, LDA Rua de Trás, nº421 - Nogueira, Maia Edifício principal e área circundante				
2	Para-raios com Dispositivo de ionização não radioativo				
2.1	Para-raios com dispositivo de ionização não radioativo				
		AT-1560	2	2 220,28 €	4 440,56 €
2.2	Peça de adaptação				
		AT-011A	2	61,37 €	122,74 €
2.3	Mastro				
		AT-056A	2	214,78 €	429,56 €
2.4	Fixação				
		AT-023B	2	100,28 €	200,56 €
3	Baixadas				
3.1	Abraçadeira				
		AT-240E	260	7,03 €	1 827,80 €
3.2	Ligador de teste				
		AT-010F	4	32,81 €	131,24 €
3.3	Contador de raios				
		AT-034G	2	410,44 €	820,88 €
3.4	Tubo de proteção				
		AT-063G	4	70,80 €	283,20 €
3.5	Condutor Bimetálico				
		0	m	#N/D	#N/D
3.6	Fita Cobre				
		AT-052D	m	100	Sob consulta #VALOR!

Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas com Dispositivo de Ionização

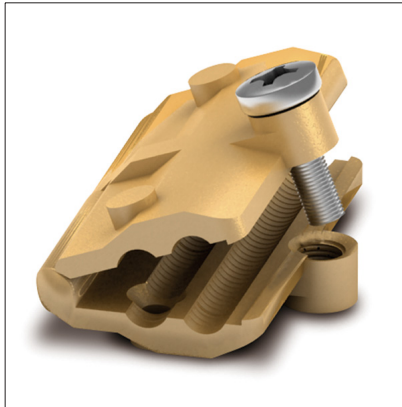
Item	Descrição	Unid.	Qtd.	Pr. Unit.	Total
4	Rede de Terras				
4.1	Eléctrodo de terra				
		AT-041H	12	40,47 €	485,64 €
4.2	Caixa de visita				
		AT-010H	4	103,06 €	412,24 €
4.3	Barra coletora				
		AT-020H	4	78,15 €	312,60 €
4.4	Ligador derivador				
		AT-133F	2	39,90 €	79,80 €
TOTAL					9 546,82 €

DATASHEET

CATEGORY: Test clamp
 NAME: **Naval brass ø8 cable/tape test clamp**
 REFERENCE: **AT-010F**

PRODUCT DESCRIPTION

Naval brass disconnecting clamp for 30 x 2 - 30 x 3.5 mm tape and ø8 mm cable.



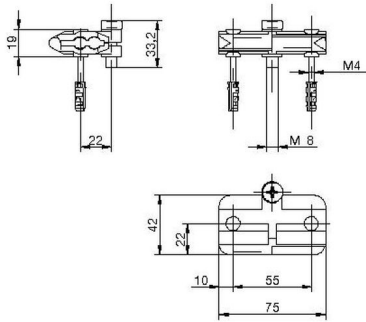
> Application



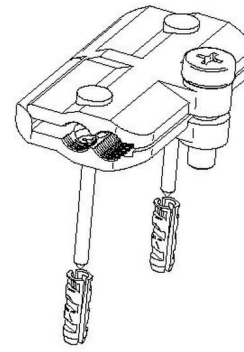
DATASHEET

Reference	AT-010F
Dimensions	55 x 30 x 75 mm
Tape	30 x 2 - 30 x 3.5 mm
Cable (diameter)	8 mm
Cable (section)	50 mm ²
Weight	297 g
Materials	Naval brass
Includes	Plug and lag bolt M4 x 38
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305, BS-EN 1982

> Diagram (mm)



> Components



OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-050D
50mm² copper cable

DATASHEET

CATEGORY: Earth pits
 NAME: **250x250x250mm polypropylene earth pit**
 REFERENCE: **AT-010H**

PRODUCT DESCRIPTION

250 x 250 x 250 mm polypropylene earth pit.



Withstand 5,000 kg loads.
 Designed to facilitate handling and storage.
 Good resistance to chemical substances.
 Resistant to UV rays.
 Attached using two individual screws

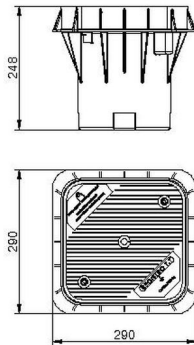
> Application



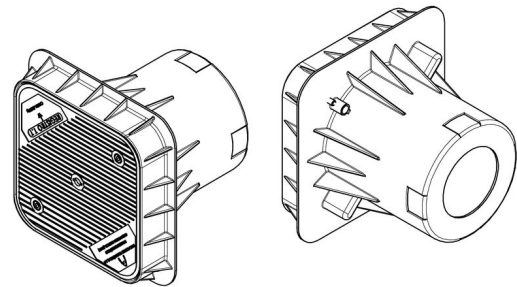
DATASHEET

Reference	AT-010H
Dimensions	250 x 250 x 250 mm
Materials	Polypropylene
Weight	1450 g
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)



> Views



OTHER INFORMATION

> ACCESSORIES



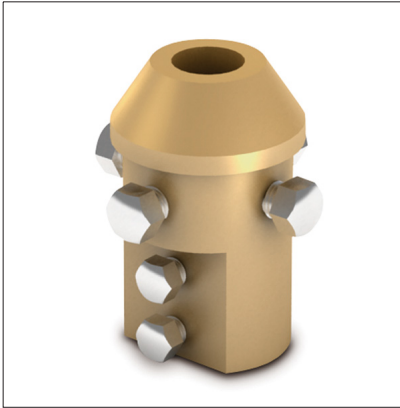
AT-020H
235x40x25mm bonding
bar for earth pit

DATASHEET

CATEGORY: Adapting piece
 NAME: **Brass adap.piece M20, 1½"mast+cable/tape**
 REFERENCE: **AT-011A**

PRODUCT DESCRIPTION

Naval brass adapting piece for connecting the air terminal (M20), 1½"mast and ø8 - 10 mm cable or 30 x 2 - 30 x 3.5 mm tape internal down - conductors.



Suitable for fixing the lightning rod in the mast with internal conductor

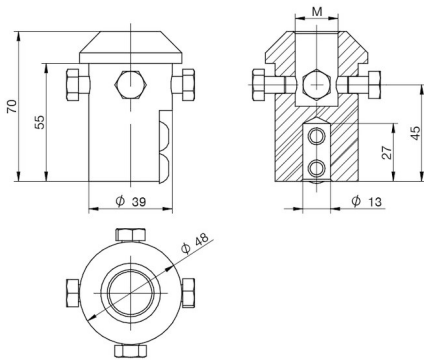
> Application



DATASHEET

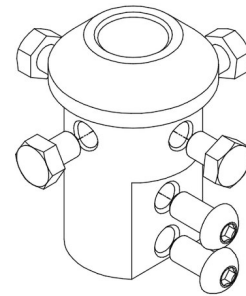
Reference	AT-011A
Dimensions	ø48 x 70 mm
Tape	30 x 2 - 30 x 3.5 mm
Cable (diameter)	8 - 10 mm
Cable (section)	50 - 70 mm ²
Weight	655 g
Materials	Naval brass
Thread	M20
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)



M20

> Components

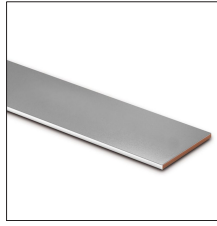


OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-2560
DAT CONTROLER®
REMOTE 60



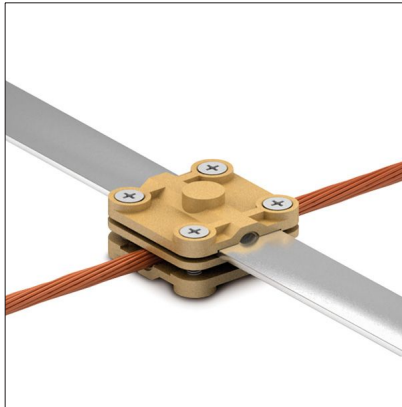
AT-052D
30x2mm tin-plated
copper tape

DATASHEET

CATEGORY: Square tape and cable clamp
 NAME: **Naval brass tape and cable square clamp**
 REFERENCE: **AT-020F**

PRODUCT DESCRIPTION

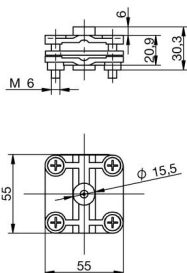
Naval brass square clamp for $\phi 7 - 13$ mm cable and $30 \times 2 - 30 \times 3.5$ mm tape.



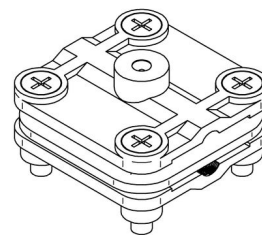
DATASHEET

Reference	AT-020F
Dimensions	57 x 57 x 25 mm
Tape	30 x 2 - 30 x 3.5 mm
Cable (diameter)	7 - 13 mm
Cable (section)	35 - 95 mm ²
Weight	282 g
Materials	Naval brass
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)



> Components



OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-052D
30x2mm tin-plated
copper tape



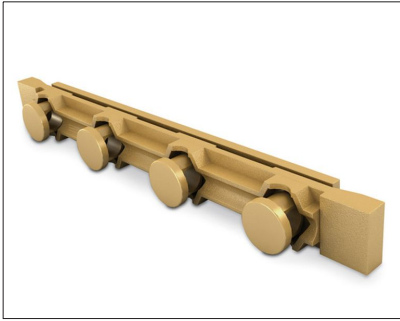
AT-050D
50mm² copper cable

DATASHEET

CATEGORY: Bonding bars for earth pits
 NAME: **235x40x25mm bonding bar for earth pit**
 REFERENCE: **AT-020H**

PRODUCT DESCRIPTION

Naval brass 235 x 40 x 25 mm bonding bar for earth pit, with 4 connections for cable (ø8 - 10 mm) and 3 connections for tape (30 x 2 mm - 30 x 30,5 mm).



It enables the down-conductor of the lightning protection system to disconnect from the earth electrode in order to correctly measure the earth resistance.

They are ready to be fixed to the AT-010H earth pit.

Up to 4 copper cables or round bars and 3 tapes can be connected.

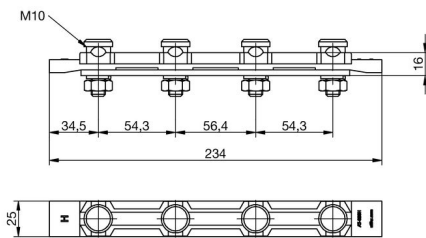
> Application



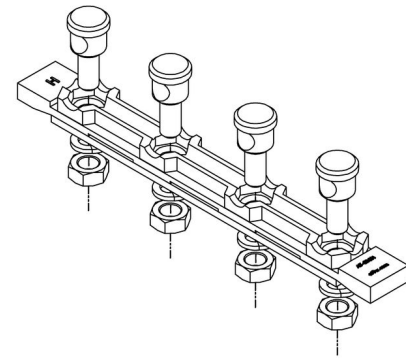
DATASHEET

Reference	AT-020H
Dimensions	235 x 40 x 25 mm
Tape	3 x (30 x 2 - 30 x 3.5) mm
Cable (diameter)	4 x (8 - 10) mm
Cable (section)	4 x (50 - 70) mm ²
Materials	Naval brass
Weight	659 g
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)



> Components



OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-010H
250x250x250mm
polypropylene earth pit

DATASHEET

CATEGORY: U-shaped anchorage
 NAME: **30 cm U-shaped anchorage (2 supp) to screw**
 REFERENCE: **AT-023B**

PRODUCT DESCRIPTION

30 cm U shaped anchorage (2 supports) to screw into the wall. Galvanized steel.



Anchorage to fix 1" - 1½" mast to the wall.

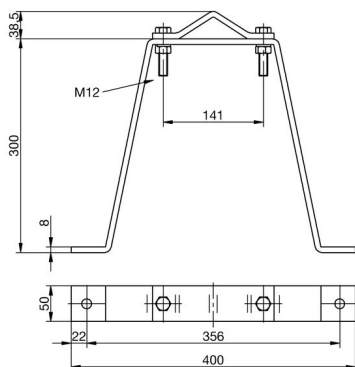
> Application



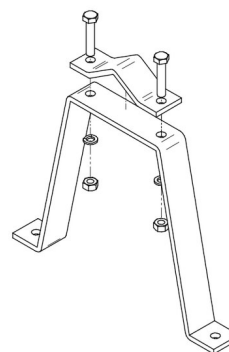
DATASHEET

Reference	AT-023B
Weight	6 kg
Materials	Galvanized steel
Length (1 support)	400 mm
Width (1 support)	290 mm
Height (1 support)	50 mm
Dimensions of the tape	50 x 8 mm
Number of supports	2
Separation from the wall	30 cm
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)



> Components



INSTRUCTIONS

> INSTALLATION

The anchorages need a minimum of 60 cm between each other and at least 30 cm from the top of the wall in order to ensure correct attachment.

OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-056A
ø1½" x 6m galv.steel
mast (2 sect)

DATASHEET

CATEGORY: Lightning event counter
NAME: **Lightning Event Counter**
REFERENCE: **AT-034G**

PRODUCT DESCRIPTION

Lightning Event Counter.



It automatically counts the strikes received by the lightning protection system.

Totally autonomous

The lightning counter has been successfully tested in official and independent laboratories. The counter has proved its effective operation and strength by means of these tests, withstanding lightning currents (100 kA, 10/350 μ s) without suffering any damage.

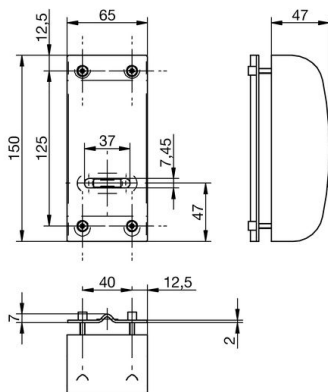
> Application



DATASHEET

Reference	AT-034G
Dimensions	156 x 66 x 61 mm
Counter	0...999999
Minimum registry	1 kA (8/20 µs)
IP Code	IP65
Temperature	-25 to 70 °C
Material/s	Polycarbonate
Weight	1000 g
Includes	Support sheet and 4 M4 x 25 mm screws
Power supply	No need, totally autonomous
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)



INSTRUCTIONS

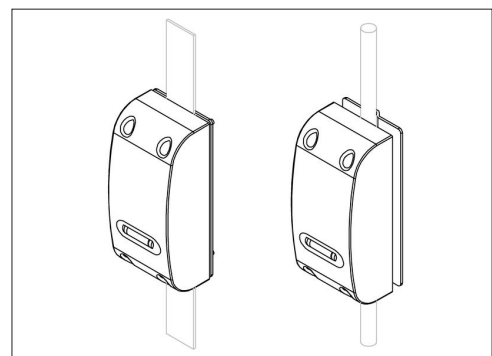
> INSTALLATION

To be installed on the down-conductor, usually above the guard tube.

To be fixed to the down-conductor by tightening the four screws included in the support sheet, so that the down-conductor is between both elements.

Interrupting the down-conductor is not necessary for its installation.

This counter is designed to be installed inside self-supporting masts

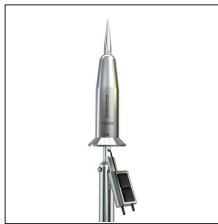


> SAFETY AND MAINTENANCE

It is very sturdy and totally autonomous, however it is advisable to check it periodically in order to see if there has been a strike and, therefore, whether or not the lightning protection system needs any special maintenance.

OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-2560
 DAT CONTROLER®
 REMOTE 60

DATASHEET

CATEGORY: 254µm copperbond earth rods
 NAME: **ø5/8"x2m thrd 254µ Cu-bond earth rod**
 REFERENCE: **AT-041H**

PRODUCT DESCRIPTION

ø5/8" x 2000 mm copper coated steel earth rod, electrolytically coated with 254 µm copper, with two 5/8" threads.



Copperbond earth rods of a high quality which comply with even the most demanding regulations in order to achieve long-lasting earthing.

Electrolytically coated with copper which is 254 µm thick and 99.9% pure, with a proven resistance to corrosion. This type of electrolytic coating prevents cracks or fissures, which may be caused in the outer layer of the earth rods with mechanical coating.

Using the appropriate accessories, threaded copperbond earth rods enable the electrode to extend in order to obtain better earth resistances.

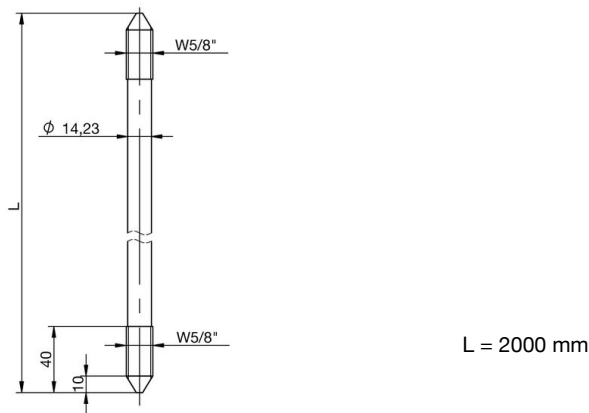
> Application



DATASHEET

Reference	AT-041H
Dimensions	$\phi 16 \times 2000$ mm
Shape	Two 5/8" threads
ϕ minimum	14.23 mm
Materials	Copperbond steel (254 μ m)
Weight	2500 g
Standards	Complies with BS 7430, UL 467, IEC 62305, NFPA 780, UNE 21186, NF C 17-102

> Diagram (mm)



INSTRUCTIONS

> INSTALLATION

The electrodes should be placed at a depth of at least 50 cm.

It is preferable to use several conductors conveniently spread out rather than one very long conductor. In the case of an earthing system made up of various interconnected electrodes, it is recommended that:

- The buried earth rods must be placed in a triangle or line and spaced out at a distance of at least that of their buried depth.
- The buried earth rods are connected by an identical or compatible conductor to the one used for the down-conductor.
- The conductor joining the earth rod should be buried at a depth of at least 50 cm.
- Apply the ground enhancing product CONDUCTIVER PLUS (AT-010L) to the buried electrodes in order to obtain a lower earth resistance.



OTHER INFORMATION

> ACCESSORIES

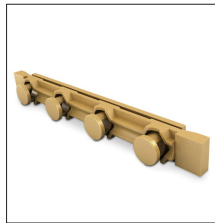


AT-002K
5/8" copper alloy
threaded coupling

> RELATED PRODUCTS



AT-010H
250x250x250mm
polypropylene earth pit



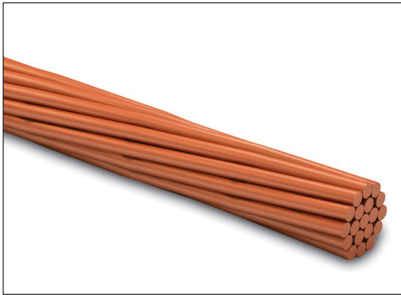
AT-020H
235x40x25mm bonding
bar for earth pit

DATASHEET

CATEGORY: Stranded electrolytic copper cable
 NAME: **50mm² copper cable**
 REFERENCE: **AT-050D**

PRODUCT DESCRIPTION

50 mm stranded electrolytic copper cable (in m)

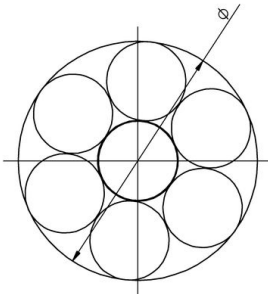


Stranded cable is easier to install than solid round conductor.

DATASHEET

Reference	AT-050D
Dimensions	50 mm
Weight per meter	416 g/m
Materials	Electrolytic copper
Stranded	19 x \varnothing 1.8 mm
Sheath	Bare
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

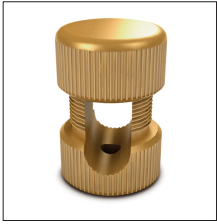
> Diagram (mm)



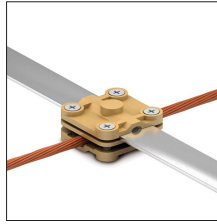
\varnothing 8.9

OTHER INFORMATION

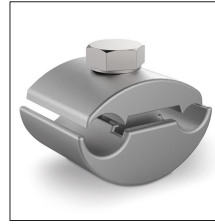
> RELATED PRODUCTS



AT-010E
Naval brass cable clip to wall



AT-020F
Naval brass tape and cable square clamp



AT-013F
Bimetallic parallel 25-150mm² cable clamp



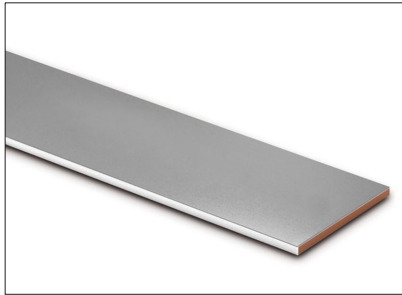
AT-021K
50mm² M12 tin-plated Cu compressed terminal

DATASHEET

CATEGORY: Tin-plated copper tape
 NAME: **30x2mm tin-plated copper tape**
 REFERENCE: **AT-052D**

PRODUCT DESCRIPTION

30 x 2 mm tinned copper tape.



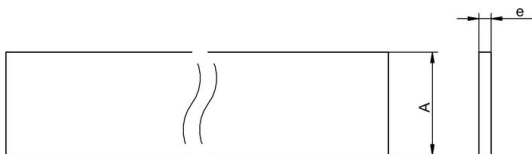
Tin-plated copper tape is recommended for use as a down-conductor and earth conductor in lightning protection systems.

Tape has larger surface for the same amount of material than cables and therefore has less resistance, less inductance and generates less electric fields.

DATASHEET

Reference	AT-052D
Dimensions	30 x 2 mm
Weight per meter	512 g/m
Materials	Tin-plated copper
Sheath	Bare
Specific conductivity (IACS)	100
Tin coating	2,6 - 3,9 μm
Tensile force	245 N/mm
Elastic limit	92 N/mm
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)



$L = 30$
 $e = 2$

OTHER INFORMATION

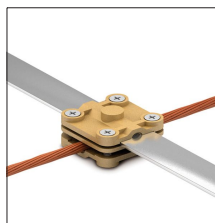
> RELATED PRODUCTS



AT-240E
St. steel buckle clip for
tape to wall



AT-041E
Conical roof conductor
holder (empty)



AT-020F
Naval brass tape and
cable square clamp

DATASHEET

CATEGORY: Masts for attaching to wall or structure
 NAME: **ø1½" x 6m galv.steel mast (2 sect)**
 REFERENCE: **AT-056A**

PRODUCT DESCRIPTION

ø1½" x 6 m galvanized steel mast (2 sections) for wall or structural fixing.

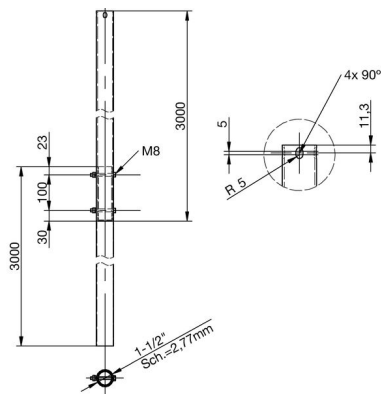


For attachment using 2 anchorage supports. The distance between supports must be 60 cm.

DATASHEET

Reference	AT-056A
Dimensions	ø1½" x 6 m
Total height (m)	6 m
Weight	20 kg
Materials	Galvanized steel
Includes	2 sections x 3 m
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> DIAGRAM

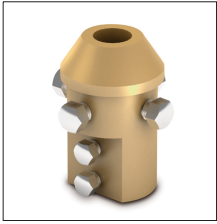


> Components



OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-011A
Brass adap.piece M20,
1½"mast+cable/tape

DATASHEET

CATEGORY: Guard tubes
NAME: 2m st.steel guard tube for tape
REFERENCE: AT-063G

PRODUCT DESCRIPTION

2 m stainless steel guard tube for 30 x 2 - 30 x 3,5 mm tape. Includes brackets.



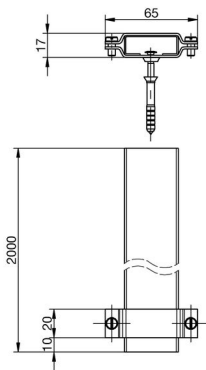
Anti-vandal guard for down-conductors.

In order to avoid the cable breaking due to accidental impacts, it is necessary to install a guard tube, which is at least 2 metres high, wherever the cable is accessible.

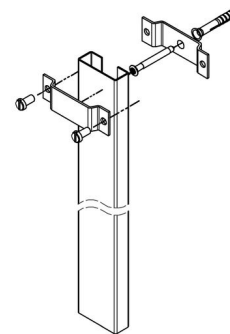
DATASHEET

Reference	AT-063G
Dimensions	40 x 14 x 2000 mm
Tape	30 x 2 - 30 x 3.5 mm
Weight	1090 g
Materials	Stainless steel
Includes	Bonding clamps
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)

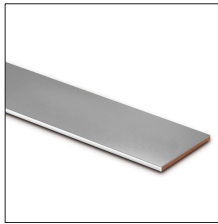


> Components



OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-052D
30x2mm tin-plated
copper tape

DATASHEET

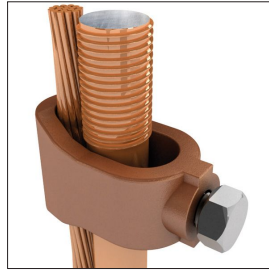
CATEGORY: Rod to cable G clamp
 NAME: **TypeG clamp $\varnothing 16$ rod to 16-50mm² cable. GuM**
 REFERENCE: **AT-083J**

PRODUCT DESCRIPTION

Type G gunmetal clamp for $\varnothing 16$ mm rod to 16 - 50 mm² cable.



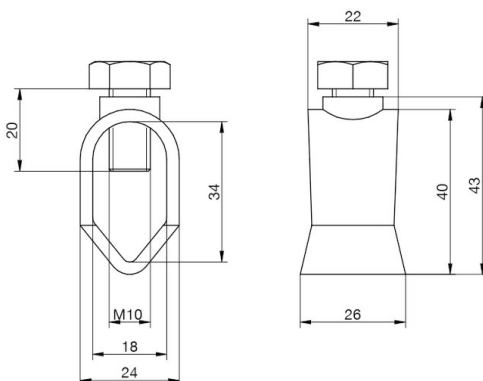
> Application



DATASHEET

Reference	AT-083J
Dimensions	41 x 21 x 18 mm
Cable (section)	16 - 50 mm ²
For rod (diameter)	16 mm
Weight	64 g
Materials	Gunmetal
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)

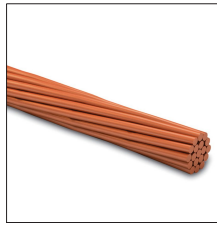


OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-041H
 ϕ 5/8"x2m thrd 254 μ Cu-
bond earth rod



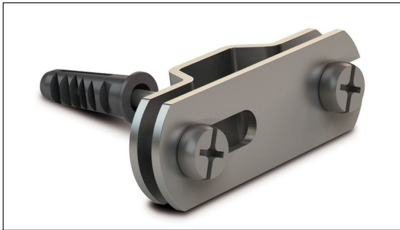
AT-050D
50mm² copper cable

DATASHEET

CATEGORY: Tape buckle clip
 NAME: **St.steel buckle clip for tape to wall**
 REFERENCE: **AT-240E**

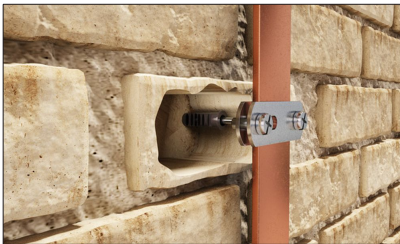
PRODUCT DESCRIPTION

Stainless steel buckle clip for fixing 30 x 2 - 30 x 3.5 mm tape to wall. Includes plug and bolt M6 x 25 mm.



Down-conductor holder suitable for fixing tape to flat surface.

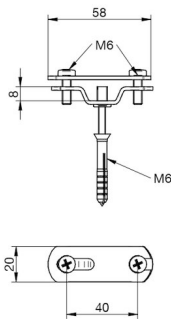
> Application



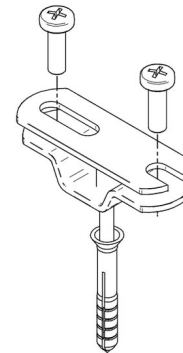
DATASHEET

Reference	AT-240E
Dimensions	58 x 13 x 20 mm
Tape	30 x 2 - 30 x 3.5 mm
Weight	115 g
Materials	Stainless steel
Includes	Plug and lag bolt M6 x 25 mm
Conductor elevation	8 mm
Standards	Complies with UNE 21186, NF C 17-102, IEC 62305

> Diagram (mm)



> Components



DATASHEET

CATEGORY: DAT CONTROLER® PLUS
NAME: DAT CONTROLER® PLUS 60 - ESE Air Terminal
REFERENCE: AT-1560

PRODUCT DESCRIPTION

DAT CONTROLER® PLUS 60: Early Streamer Emission air terminal. Advance time: 60 μ s. Material: Stainless steel AISI 316L.



Advance time: 60 μ s obtained according to UNE21186:2011 tests.
 AENOR product certification.
 Withstand current higher than 200kA (10/350 μ s wave).
 Certificate of performance under rain (Insulation > 95% according to EN 60060).
 No external power supply required.
 Protection radius up to 120 meters according to NF C 17102 and UNE21186.
 Certificate of use in explosive atmospheres (ATEX).

DATASHEET

Reference	AT-1560
Length	120 mm
Width	120 mm
Height	551 mm
Weight	4635 g
Materials	AISI 316L stainless steel
IP Code	IP67
Working temperature	-25 °C to 88 °C
Internal insulation	Polyurethane resin
Fixing	M20 male thread

Type of air terminal	Electropulsator (emits impulses)						
Certified advance time (ΔT)	60 μs						
Protection radius (m)							
Height for protection radius	2	4	6	8	10	20	60
Protection radius (m) for Level I	31	63	79	79	79	80	80
Protection radius (m) for Level II	35	69	87	87	88	89	90
Protection radius (m) for Level III	39	78	97	98	99	102	105
Protection radius (m) for Level IV	43	85	107	108	109	113	120
Tested current	20 x 200kA + 5 x 250kA (10/350 μs wave)						
Standard deviation ratio ESE/Simple rod	< 0,8						
Standards	Complies with UNE 21186:2011; NF C 17-102:2011; NP 4426:2013						

> Certifications and tests

AENOR Product Certification of accordance with UNE 21186 standard

Withstand current certificate for 20 impacts of 100 kA (10/350 μs)

Certified advance time

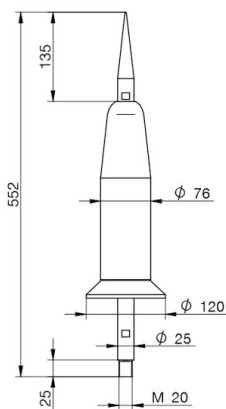
Certificate of unalterable performance under rain applying the standard EN 60060-1:2012.

Radius protection certificate and regulation compliance (UNE 21186, NFC 17-102).

Certificate of use in explosive atmospheres (ATEX).

Manufactured according to ISO 9001 and following ISO 14001 environmental management standard.

> Diagram (mm)



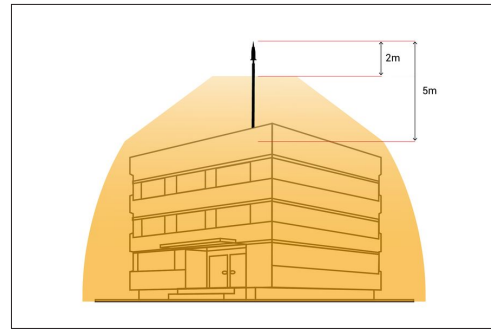
INSTRUCTIONS

> INSTALLATION

ESE air terminal protection radius depends on its height related to the surface to be protected, its advance time ΔT and the protection level.

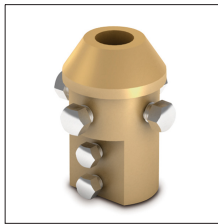
The installation of DAT CONTROLLER® PLUS air terminals should follow the standards NF C 17-102:2011, UNE 21186:2011 and NP 4426:2013.

The air terminal should be at least 2 meters higher than any object to be protected.



OTHER INFORMATION

> RELATED PRODUCTS



AT-011A
Brass adap.piece M20,
1½"mast+cable/tape



AT-004G
ATLOGGER