



ENGSYSTEM

CURSOS

Material Gratuito

E-book Gratuito:

Guia Completo de SPDA

Entenda tudo sobre Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas. Um material completo e didático para você dominar os fundamentos e aplicações práticas.

- ✓ Fundamentos e normas técnicas atualizadas
- ✓ Métodos de dimensionamento na prática
- ✓ Estudos de caso reais comentados
- ✓ Checklist para projetos de SPDA

NBR 5419:2015 • IEC 62305 • Normas atualizadas

Sumário

01	Introdução ao SPDA	4
	O que é um SPDA	4
	Por que proteger contra descargas atmosféricas	4
02	Normas Técnicas Aplicáveis	7
	NBR 5419:2015 — Estrutura completa	7
	IEC 62305 — Norma internacional	8
03	Gerenciamento de Risco	10
	Metodologia de avaliação de risco	10
	Cálculo do risco tolerável	11
04	Subsistema de Captação	13
	Método Franklin (haste)	13
	Método da Gaiola de Faraday	14
	Método da Esfera Rolante	15
05	Subsistema de Descida	17
	Condutores de descida naturais e dedicados	17
	Espaçamento e percurso dos condutores	18
06	Subsistema de Aterramento	20
	Tipos de eletrodos e malhas	20
	Medição de resistência de aterramento	21
07	MPS — Medidas de Proteção contra Surtos	23
	Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS)	23
	Zonas de proteção contra raios (ZPR)	24
08	Materiais e Dimensionamento	26
	Seções mínimas de condutores	26
	Materiais: cobre, alumínio, aço galvanizado	27
09	Inspeção e Manutenção	29

	Periodicidade de inspeção	29
	Checklist de inspeção prática	30
10	Estudos de Caso	32
	Caso 1 — Edifício residencial de 12 andares	32
	Caso 2 — Indústria petroquímica	33
11	Checklist de Projeto de SPDA	35
12	Referências e Bibliografia	37

1

Introdução ao SPDA

Entendendo os fundamentos da proteção contra descargas atmosféricas

1.1 O que é um SPDA?

O **SPDA — Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas** é o conjunto de dispositivos e medidas projetados para proteger uma estrutura e seus ocupantes contra os efeitos das descargas atmosféricas (raios). Seu objetivo principal é captar a descarga atmosférica e conduzir a corrente de forma segura até o solo, minimizando danos estruturais, incêndios e riscos à vida humana.

Um SPDA completo é composto por três subsistemas integrados que funcionam em conjunto:

- **Subsistema de captação:** terminais aéreos (captadores) que interceptam o raio
- **Subsistema de descida:** condutores que conduzem a corrente do captor ao solo
- **Subsistema de aterramento:** eletrodos que dissipam a corrente no solo

INFO

Além do SPDA externo, a proteção completa inclui as MPS (Medidas de Proteção contra Surtos), que protegem equipamentos e instalações elétricas internas contra sobretensões induzidas ou conduzidas, conforme a Parte 4 da NBR 5419:2015.

1.2 Por que proteger contra descargas atmosféricas?

O Brasil é o país com maior incidência de raios no mundo, com uma média de **77,8 milhões de descargas por ano** (dados INPE/ELAT). Essa realidade torna a proteção contra descargas atmosféricas não apenas uma exigência normativa, mas uma necessidade prática para preservação da vida e do patrimônio.

As consequências de uma descarga atmosférica direta em uma estrutura desprotegida incluem:

- **Risco à vida:** eletrocussão, queimaduras, parada cardiorrespiratória
- **Incêndio e explosão:** temperaturas no canal do raio ultrapassam 30.000°C
- **Danos estruturais:** fissuração, deslocamento de concreto, derretimento de armaduras
- **Danos elétricos:** queima de equipamentos, surtos de tensão destrutivos

- **Interrupção operacional:** parada de processos industriais, perda de dados
- **Prejuízos financeiros:** reparos, reposição de equipamentos, lucro cessante

ATENÇÃO

Segundo o INPE, a região Sudeste e o estado de Minas Gerais concentram a maior densidade de raios do país. Já a região Norte apresenta as maiores descargas em intensidade. O Nordeste também é fortemente afetado, especialmente durante os meses de outubro a março.

1.3 Evolução Histórica da Proteção contra Raios

A história da proteção contra raios começa com Benjamin Franklin em 1752, quando demonstrou a natureza elétrica dos raios com o clássico experimento da pipa. Franklin propôs o primeiro para-raios: uma haste metálica pontiaguda conectada ao solo por um condutor — o precursor dos sistemas modernos.

Ao longo dos séculos, a tecnologia evoluiu significativamente:

Período	Evolução	Marco
1752	Haste de Franklin	Primeiro para-raios experimental
1820–1900	Desenvolvimento empírico	Instalações em edifícios e igrejas
1950–1970	Gaiola de Faraday	Proteção volumétrica por condutores interligados
1980–1990	Esfera rolante	Método eletrogeométrico (Whitehead)
2005	IEC 62305	Norma internacional de 4 partes
2015	NBR 5419:2015	Alinhamento com a IEC 62305 (4 partes)

1.4 Parâmetros da Descarga Atmosférica

Para dimensionar um SPDA adequadamente, é fundamental conhecer os parâmetros característicos de uma descarga atmosférica típica:

Parâmetro	Valor Típico	Valor Máximo (NP I)
Corrente de pico	30 kA	200 kA
Carga total	5 C	300 C
Energia específica	$5,6 \times 10^4 \text{ A}^2\text{s}$	$10^6 \text{ A}^2\text{s}$
Duração total	200 ms	1.000 ms
Tempo de frente	5,5 μs	10 μs (1ª desc.)
Componente contínua	200 A (típ.)	400 A

2

Normas Técnicas Aplicáveis

Base normativa para projetos de SPDA no Brasil e no mundo

2.1 NBR 5419:2015 — Estrutura Completa

A **ABNT NBR 5419:2015** é a norma brasileira que rege os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas. Alinhada com a IEC 62305, a norma é dividida em **quatro partes**, cada uma cobrindo um aspecto específico da proteção:

Parte	Título	Escopo
Parte 1	Princípios gerais	Terminologia, avaliação de necessidade e critérios gerais
Parte 2	Gerenciamento de risco	Cálculo de riscos, níveis de proteção, risco tolerável
Parte 3	Danos físicos e perigo à vida	SPDA externo: captação, descida, aterramento
Parte 4	Sistemas elétricos e eletrônicos internos	MPS, DPS, equipotencialização, blindagem

2.1.1 Parte 1 — Princípios Gerais

A Parte 1 estabelece os princípios fundamentais, incluindo a terminologia padronizada, as condições que determinam a necessidade de um SPDA e os critérios gerais de projeto. Define os quatro **Níveis de Proteção (NP)**, que são a base para todo o dimensionamento:

Nível de Proteção	Eficiência (%)	Corrente de Pico (kA)	Aplicação Típica
NP I	≥ 98%	200 (máx.)	Hospitais, torres de telecom, explosivos
NP II	≥ 95%	150	Indústrias, centros comerciais
NP III	≥ 90%	100	Edifícios residenciais, escritórios
NP IV	≥ 80%	100	Edificações simples, baixo risco

ATENÇÃO

O Nível de Proteção NP I é o mais rigoroso e deve ser adotado sempre que houver risco de perda de vidas humanas em grande número, materiais perigosos (explosivos, inflamáveis) ou serviços essenciais que não podem ser interrompidos.

2.1.2 Parte 2 — Gerenciamento de Risco

A Parte 2 apresenta a metodologia de avaliação de risco que determina se a estrutura necessita de SPDA e qual o nível de proteção adequado. O cálculo considera quatro tipos de risco:

- **R1 — Risco de perda de vida humana:** o mais crítico, sempre deve ser avaliado
- **R2 — Risco de perda de serviço público:** hospitais, telecomunicações, energia
- **R3 — Risco de perda de patrimônio cultural:** museus, monumentos históricos
- **R4 — Risco de perda econômica:** indústrias, data centers, comércio

Cada risco calculado (R) é comparado com o risco tolerável (RT). Se $R > RT$, medidas de proteção são obrigatórias e devem ser implementadas até que $R \leq RT$.

2.1.3 Parte 3 — Danos Físicos e Perigo à Vida

A Parte 3 detalha o projeto, instalação e manutenção do SPDA externo — é a parte mais diretamente ligada ao "para-raios" como conhecemos. Cobre os três subsistemas: captação, descida e aterramento, além das distâncias de segurança e requisitos de materiais.

2.1.4 Parte 4 — Sistemas Elétricos e Eletrônicos Internos

A Parte 4 trata das MPS (Medidas de Proteção contra Surtos), incluindo a seleção e instalação de DPS (Dispositivos de Proteção contra Surtos), o conceito de Zonas de Proteção contra Raios (ZPR), a equipotencialização e a blindagem magnética.

2.2 IEC 62305 — Norma Internacional

A **IEC 62305:2010** é a norma internacional de referência, desenvolvida pela International Electrotechnical Commission, e possui a mesma estrutura de 4 partes que a NBR 5419:2015 adotou. As diferenças entre a NBR e a IEC são mínimas, relacionadas principalmente a adaptações para o ambiente regulatório brasileiro.

Aspecto	NBR 5419:2015	IEC 62305:2010
Idioma oficial	Português	Inglês, Francês
Órgão normativo	ABNT / CB-003	IEC / TC 81
Risco tolerável R1	10■ ■ /ano	10■ ■ /ano (idêntico)
Materiais de referência	Inclui aço galvanizado por imersão	Cobre e alumínio prioritários
Densidade de descargas Ng	Mapa isocerâunico brasileiro (INPE)	Mapas IEC locais

2.3 Outras Normas e Regulamentações Correlatas

Além da NBR 5419, o projeto de SPDA pode envolver as seguintes normas complementares:

Norma	Assunto
NBR 5410:2004	Instalações elétricas de baixa tensão (integração com DPS)
NBR 14039:2005	Instalações elétricas de média tensão
NBR 15749:2009	Medição de resistência de aterramento e de potenciais
NBR 5460:1981	Sistemas elétricos — terminologia e definições
NR-10	Segurança em instalações e serviços em eletricidade
NR-35	Trabalho em altura (instalação de terminais aéreos)
ABNT NBR ISO 31000	Gestão de riscos — princípios e diretrizes

3

Gerenciamento de Risco

Avaliação da necessidade e nível de proteção conforme NBR 5419-2

3.1 Metodologia de Avaliação de Risco

A avaliação de risco conforme a NBR 5419-2 é o ponto de partida de qualquer projeto de SPDA. A metodologia determina se a proteção é necessária e, caso seja, qual o nível de proteção (NP) a ser adotado.

O processo segue uma sequência lógica de etapas:

- **Etapa 1:** Identificar a estrutura a ser protegida e seus limites
- **Etapa 2:** Identificar os tipos de perda aplicáveis (L1 a L4)
- **Etapa 3:** Calcular os componentes de risco para cada tipo de perda
- **Etapa 4:** Comparar R calculado com RT (risco tolerável)
- **Etapa 5:** Selecionar medidas de proteção até $R \leq RT$
- **Etapa 6:** Documentar os resultados em relatório técnico

3.1.1 Tipos de Perda

A norma define quatro tipos de perda que podem resultar de uma descarga atmosférica:

Tipo	Descrição	Risco Tolerável (RT)
L1	Perda de vida humana (inclusive ferimentos permanentes)	10■■ /ano
L2	Perda de serviço ao público	10■ ³ /ano
L3	Perda de patrimônio cultural	10■■ /ano
L4	Perda de valor econômico	10■ ³ /ano

3.2 Cálculo do Risco — Formulação

O risco total para cada tipo de perda é a soma dos componentes de risco de cada fonte de dano. Para o risco R1 (perda de vida humana), que é o mais relevante na maioria dos projetos:

$$R1 = RA + RB + RC + RM + RU + RV + RW + RZ$$

Onde cada componente corresponde a uma combinação de fonte e tipo de dano:

Componente	Fonte	Tipo de Dano
RA	Descarga na estrutura (S1)	Choque por tensão de toque/passo
RB	Descarga na estrutura (S1)	Danos físicos (incêndio/explosão)
RC	Descarga na estrutura (S1)	Falha de sistemas internos
RM	Descarga próxima (S2)	Falha de sistemas internos
RU	Descarga em linha conectada (S3)	Choque por tensão de toque
RV	Descarga em linha conectada (S3)	Danos físicos
RW	Descarga em linha conectada (S3)	Falha de sistemas internos
RZ	Descarga próxima a linha (S4)	Falha de sistemas internos

INFO

Cada componente $R_x = N_x \times P_x \times L_x$, onde: N_x = número anual de eventos perigosos; P_x = probabilidade de dano; L_x = perda consequente. O cálculo completo envolve dezenas de parâmetros tabulados na NBR 5419-2.

3.3 Densidade de Descargas Atmosféricas (Ng)

O número anual de descargas atmosféricas por km² (**Ng**) é fundamental para o cálculo do número de eventos N_x . No Brasil, o INPE disponibiliza dados de N_g através do Grupo ELAT (Grupo de Eletricidade Atmosférica).

Região / Cidade	Ng médio (raios/km ² /ano)	Classificação
Manaus / AM	12–17	Muito alta
São Paulo / SP	8–12	Alta
Belo Horizonte / MG	10–15	Muito alta
Maceió / AL	4–8	Moderada
Fortaleza / CE	3–6	Moderada
Porto Alegre / RS	6–10	Alta
Cuiabá / MT	12–20	Extrema

DICA

Na impossibilidade de obter N_g diretamente, pode-se estimar pela fórmula: $N_g = 0,04 \times T_d^{1,25}$, onde T_d é o número de dias de trovada por ano (nível isoceraúnico).

3.4 Área de Exposição Equivalente

A área de exposição equivalente (A_d) de uma estrutura define a área na qual raios que caiam serão atraídos pela estrutura. Para edificações retangulares isoladas:

$$A_d = L \times W + 2L \times H(3) + 2W \times H(3) + \pi \times H(3)^2$$

Onde: **L** = comprimento da estrutura; **W** = largura; **H(3)** = altura equivalente (normalmente a altura da cumeeira). Para estruturas complexas ou com várias alturas, a área deve ser calculada por seções.

4

Subsistema de Captação

Métodos de posicionamento de terminais aéreos

4.1 Visão Geral do Subsistema de Captação

O subsistema de captação é a primeira linha de defesa do SPDA. Sua função é interceptar a descarga atmosférica antes que ela atinja diretamente a estrutura protegida. A NBR 5419-3 prevê três métodos para posicionamento dos captosres, que podem ser usados isoladamente ou em combinação:

- **Método do Ângulo de Proteção** (Método de Franklin)
- **Método da Malha** (Gaiola de Faraday)
- **Método da Esfera Rolante** (Método Eletrogeométrico)

4.2 Método do Ângulo de Proteção (Franklin)

O método mais antigo e intuitivo consiste em instalar hastes captoras (para-raios tipo Franklin) que protegem a área dentro de um cone cujo ângulo depende da altura da haste e do nível de proteção. O ângulo de proteção α é tabelado na norma:

Altura da haste (m)	NP I (α°)	NP II (α°)	NP III (α°)	NP IV (α°)
2	70°	74°	78°	80°
5	58°	64°	70°	75°
10	45°	53°	62°	68°
15	35°	44°	55°	62°
20	25°	37°	48°	58°
30	—*	24°	37°	49°
45	—*	—*	25°	39°
60	—*	—*	—*	30°

* Não aplicável — usar método da esfera rolante ou da malha para alturas superiores.

DICA

O método de Franklin é mais adequado para estruturas simples e de baixa altura. Para edificações altas ou geometrias complexas, os métodos da malha ou esfera rolante oferecem melhor proteção e são preferíveis.

4.3 Método da Gaiola de Faraday (Malha)

O método da malha (ou Gaiola de Faraday) consiste em instalar uma rede de condutores interconectados sobre a cobertura da edificação, formando uma "gaiola" que envolve a estrutura. As dimensões da malha dependem do nível de proteção:

Nível de Proteção	Dimensão Máxima da Malha	Raio da Esfera (m)
NP I	5 m × 5 m	20
NP II	10 m × 10 m	30
NP III	15 m × 15 m	45
NP IV	20 m × 20 m	60

A malha deve ser disposta de forma que nenhum ponto da cobertura fique a uma distância maior que a dimensão da malha de um condutor captor. Os condutores são tipicamente fixados diretamente sobre a cobertura ou no topo de suportes isolantes quando necessário.

Vantagens do Método da Malha

- Proteção uniforme sobre toda a cobertura
- Ideal para telhados planos e grandes áreas
- Múltiplos caminhos para a corrente de descarga (reduz esforços)
- Não depende da altura da edificação para eficácia

4.4 Método da Esfera Rolante

O método eletrogeométrico (esfera rolante) é o mais preciso e versátil dos três métodos. Consiste em imaginar uma esfera de raio R (dependente do NP) "rolando" sobre a estrutura e seus captosres. Toda região que a esfera não toca está protegida. As regiões tocadas pela esfera não estão protegidas e necessitam de captosres adicionais.

Nível de Proteção	Raio da Esfera (R)	Corrente Mínima Interceptada
NP I	20 m	3 kA
NP II	30 m	5 kA
NP III	45 m	10 kA

Nível de Proteção	Raio da Esfera (R)	Corrente Mínima Interceptada
NP IV	60 m	16 kA

ATENÇÃO

O método da esfera rolante é o ÚNICO método aplicável a todas as situações, inclusive estruturas com geometria complexa, torres, mastros, antenas e edificações com múltiplos níveis. Quando houver dúvida sobre qual método usar, utilize a esfera rolante.

Na prática, o raio da esfera rolante está diretamente relacionado à corrente mínima de raio que o sistema é capaz de interceptar. Quanto menor o raio, menor a corrente que será captada e maior a eficiência do sistema.

4.5 Elementos Naturais de Captação

A NBR 5419-3 permite o uso de elementos construtivos da própria edificação como componentes naturais do subsistema de captação, desde que atendam a requisitos específicos de material, continuidade e dimensões mínimas:

- **Chapas metálicas de cobertura:** espessura mínima de 0,5 mm (aço) ou 0,65 mm (alumínio)
- **Estruturas metálicas do telhado:** treliças, terças e perfis metálicos interligados
- **Tubulações metálicas:** desde que a parede tenha espessura mínima de 2,5 mm
- **Guarda-corpos e rufos metálicos:** interconectados ao sistema de captação

5

Subsistema de Descida

Condutores que conectam a captação ao aterramento

5.1 Função e Requisitos

O subsistema de descida tem a função de conduzir a corrente da descarga atmosférica desde o subsistema de captação até o subsistema de aterramento, de forma segura e com a menor impedância possível. Os condutores de descida devem ser distribuídos ao longo do perímetro da edificação, de forma simétrica, para dividir a corrente do raio em múltiplos caminhos paralelos.

Nível de Proteção	Distância Média entre Descidas	Mín. de Descidas
NP I	10 m	2 (sempre ≥ 2)
NP II	15 m	2
NP III	20 m	2
NP IV	25 m	2

5.2 Condutores de Descida Naturais

Assim como no subsistema de captação, a norma permite o uso de elementos construtivos como condutores de descida naturais:

- **Armaduras do concreto armado:** o componente natural mais comum no Brasil
- **Estrutura metálica do edifício:** pilares e vigas metálicas interligadas
- **Fachadas metálicas:** revestimentos contínuos de aço ou alumínio

ATENÇÃO

Quando se utilizam armaduras do concreto como condutores naturais de descida, a continuidade elétrica deve ser garantida por meio de conexões soldadas, aparafusadas ou com conectores especiais em cada emenda de pilar. A resistência elétrica deve ser medida e documentada (máximo 0,2 Ω por conexão).

5.3 Distância de Segurança (Separação)

Um dos aspectos mais importantes do subsistema de descida é a **distância de segurança (s)** — a distância mínima entre o condutor de descida e qualquer instalação metálica interna ou sistema elétrico da edificação. Se essa distância não for mantida, pode ocorrer centelhamento perigoso (spark-over) durante a descarga.

$$s = k_i \times (k_c / k_m) \times L$$

Onde: **k_i** = coeficiente dependente do NP; **k_c** = coeficiente da geometria dos condutores; **k_m** = coeficiente do material isolante; **L** = comprimento do condutor de descida desde o ponto considerado até o aterramento mais próximo.

Nível de Proteção	k _i
NP I	0,08
NP II	0,06
NP III	0,04
NP IV	0,04

IMPORTANTE

Quando a distância de segurança não pode ser atendida, é necessária a equipotencialização: conectar as instalações metálicas internas diretamente ao condutor de descida através de DPS ou ligação direta.

6

Subsistema de Aterramento

Dissipação segura da corrente no solo

6.1 Tipos de Arranjo de Aterramento

O subsistema de aterramento é responsável por dispersar a corrente do raio no solo de forma segura. A NBR 5419-3 recomenda dois arranjos básicos:

Arranjo A — Eletrodos Individuais

Consiste em eletrodos de aterramento horizontais ou verticais instalados na base de cada condutor de descida. É mais comum em estruturas menores e deve ter o comprimento mínimo dependente do nível de proteção:

Nível de Proteção	Comprimento mín. horizontal (■)	Comprimento mín. vertical (0,5×■)
NP I	5 m	2,5 m
NP II	5 m	2,5 m
NP III	5 m	2,5 m
NP IV	5 m	2,5 m

Arranjo B — Anel de Aterramento

Consiste em um condutor em anel contínuo ao redor da edificação, interligando todos os condutores de descida e os eletrodos de aterramento. É o arranjo recomendado para edificações médias e grandes, pois proporciona melhor equipotencialização e menor impedância.

- O anel deve ser enterrado a uma profundidade mínima de 0,5 m
- Distância da fundação: ≥ 1 m (para minimizar tensão de passo)
- Cada condutor de descida deve ser conectado ao anel
- Eletrodos verticais adicionais em cada ponto de conexão (quando $R_{terr} > 10 \Omega$)

6.2 Resistência de Aterramento

A NBR 5419 não especifica um valor máximo absoluto de resistência de aterramento para o SPDA, mas recomenda que o valor seja o mais baixo possível e praticamente viável. Na prática brasileira, adotam-se os seguintes valores de referência:

Aplicação	Resistência Máxima Recomendada
SPDA — geral	$\leq 10 \, \Omega$
Equipamentos sensíveis (CPDs, automação)	$\leq 5 \, \Omega$
Instalações médico-hospitalares	$\leq 1 \, \Omega$
Subestações de energia	$\leq 1 \, \Omega$ (dependendo da concessionária)

6.3 Medição de Resistência de Aterramento

A medição deve ser realizada com **terrômetro digital** utilizando o método de Wenner (queda de potencial de 3 pontos) ou Fall of Potential. A medição deve ser feita com o sistema desconectado da rede elétrica.

Procedimento de Medição (Método de Wenner):

- 1. Desconectar o aterramento da instalação elétrica
- 2. Cravar as hastes auxiliares em linha reta, equidistantes
- 3. Espaçamento entre hastes: 62% da distância ao eletrodo mais distante
- 4. Realizar 3 medições com rotação de 90° e calcular a média
- 5. Documentar: data, instrumento, condições do solo, temperatura e umidade

DICA

Se a resistência for superior a 10 Ω , pode-se melhorar o aterramento com: hastes adicionais em paralelo, tratamento químico do solo (bentonita, gel condutor), aumento do comprimento dos eletrodos, ou uso de eletrodos de geometria especial.

6.4 Uso de Fundações como Aterramento Natural

As armaduras das fundações da edificação (sapatas, blocos, estacas) podem ser utilizadas como eletrodo de aterramento natural, desde que haja continuidade elétrica garantida entre as armaduras e os condutores de descida. Este é um dos recursos mais eficientes, pois o concreto é um condutor razoável e a grande superfície de contato com o solo reduz significativamente a resistência de aterramento.

7

MPS — Medidas de Proteção contra Surtos

Proteção interna: DPS, equipotencialização e blindagem

7.1 Conceito de Zonas de Proteção contra Raios (ZPR)

A NBR 5419-4 introduz o conceito de **Zonas de Proteção contra Raios (ZPR)**, que dividem a edificação em regiões com diferentes níveis de exposição a campos eletromagnéticos e surtos. Cada transição de zona requer medidas específicas:

Zona	Descrição	Nível de Surto
ZPR 0A	Área externa, exposta a raio direto e campo EM total	Máximo (corrente total)
ZPR 0B	Área externa, protegida contra raio direto	Alto (campo EM não atenuado)
ZPR 1	Interior, protegida pelo SPDA externo	Moderado (surtos conduzidos)
ZPR 2+	Interior, com blindagem e DPS adicionais	Baixo (adequado p/ eletrônicos)

7.2 Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS)

Os DPS são os dispositivos responsáveis por limitar as sobretensões transitórias que chegam aos equipamentos internos. São classificados em classes (ou tipos) conforme sua capacidade de descarga:

Classe (Tipo)	Aplicação	Capacidade de Descarga
Classe I (Tipo 1)	Ponto de entrada da instalação (QGD)	$I_{imp} \geq 12,5 \text{ kA}$ (onda 10/350 μs)
Classe II (Tipo 2)	Quadros de distribuição secundários	$I_n = 5\text{--}20 \text{ kA}$ (onda 8/20 μs)
Classe III (Tipo 3)	Junto ao equipamento protegido	$I_n = 1\text{--}5 \text{ kA}$ (onda 8/20 μs)

ATENÇÃO

A instalação de DPS em cascata (Classe I na entrada → Classe II nos quadros → Classe III nos equipamentos) é a abordagem recomendada para proteção integral. A distância mínima entre DPS de classes diferentes deve ser de 10 m de cabo, ou utilizar DPS com desacoplamento integrado.

7.3 Equipotencialização

A equipotencialização é a interligação de todas as partes condutoras (tubulações, estruturas metálicas, blindagens de cabos, trilhos, armaduras) ao barramento de equipotencialização principal (BEP), que é conectado ao aterramento. Seu objetivo é garantir que, durante uma descarga, todos os pontos metálicos fiquem no mesmo potencial, evitando diferenças de tensão perigosas.

- **BEP (Barramento de Equipotencialização Principal):** instalado próximo à entrada
- **BEL (Barramento de Equipotencialização Local):** em cada andar ou zona
- Todas as entradas de linhas externas (energia, telecom, água) devem ser equipotencializadas
- Tubulações de gás: através de centelhadores especiais (spark-gap)

7.4 Blindagem e Roteamento de Cabos

Para reduzir os efeitos dos campos eletromagnéticos induzidos pelo raio, a norma recomenda medidas adicionais de blindagem e roteamento:

- Utilizar cabos blindados com a blindagem aterrada em ambas as extremidades
- Rotear cabos de energia e de sinal por caminhos separados
- Manter a menor distância possível entre cabos e condutores de descida
- Utilizar eletrodutos metálicos aterrados como blindagem adicional
- Instalar DPS na interface entre zonas ZPR diferentes

8

Materiais e Dimensionamento

Seções mínimas, materiais e especificações técnicas

8.1 Materiais para Componentes do SPDA

A NBR 5419-3 especifica os materiais e as seções mínimas para cada componente do SPDA. A escolha do material depende de fatores como compatibilidade eletroquímica, ambiente de instalação e custo:

Material	Vantagens	Limitações
Cobre	Excelente condutividade, resistência à corrosão	Alto custo, risco de furto
Alumínio	Leve, bom custo-benefício	Não usar enterrado (corrosão)
Aço galvanizado	Econômico, robusto	Menor condutividade, corrosão em ambientes úmidos
Aço inoxidável	Resistente à corrosão marinha	Custo elevado, menor condutividade

8.2 Seções Mínimas dos Condutores

As seções mínimas são especificadas conforme o material e a função do componente no sistema SPDA:

Componente	Cobre (mm²)	Alumínio (mm²)	Aço Galv. (mm²)
Terminal aéreo (haste)	Ø 8 mm (sólido)	Ø 8 mm	Ø 10 mm
Condutor de captação	35 mm²	50 mm²	50 mm²
Condutor de descida	16 mm²	25 mm²	50 mm²
Eletrodo de aterramento	50 mm²	—*	80 mm²
Equipotencialização	6 mm²	10 mm²	16 mm²
Barramento de interligação	16 mm²	25 mm²	50 mm²

* Alumínio não deve ser utilizado como eletrodo de aterramento (enterrado no solo).

8.3 Conexões e Fixações

As conexões entre os componentes do SPDA devem garantir continuidade elétrica permanente e resistir às solicitações mecânicas e térmicas da corrente do raio. Os tipos de conexão permitidos pela norma são:

- **Solda exotérmica (Cadweld):** conexão permanente, resistente à corrosão, preferida para aterramento
- **Conectores de pressão:** parafusados, para conexões externas acessíveis
- **Soldagem (MIG/TIG/eletrodo revestido):** para estruturas metálicas
- **Braçadeiras normalizadas:** para fixação de condutores em superfícies

IMPORTANTE

Nunca utilizar solda de estanho (solda mole) em conexões do SPDA. A corrente do raio gera temperaturas que podem fundir a solda de estanho (ponto de fusão ~230°C), causando descontinuidade elétrica exatamente no momento da descarga.

8.4 Compatibilidade entre Materiais

A corrosão galvânica ocorre quando metais de diferentes potenciais eletroquímicos são colocados em contato na presença de umidade. A tabela a seguir indica as combinações permitidas e proibidas:

Combinação	Compatibilidade	Observação
Cobre + Cobre	✓ Compatível	Sem restrições
Cobre + Alumínio	✗ Incompatível	Usar conector bimetálico
Cobre + Aço galvanizado	■ Cuidado	Conector de transição recomendado
Alumínio + Aço galvanizado	✓ Compatível	Aceitável na superfície
Cobre + Aço inox	✓ Compatível	Sem restrições significativas

9

Inspeção e Manutenção

Garantindo a eficácia do SPDA ao longo do tempo

9.1 Importância da Inspeção Periódica

Um SPDA só é eficaz se estiver em perfeitas condições de funcionamento. A NBR 5419-3 estabelece a obrigatoriedade de inspeções periódicas para verificar a integridade de todos os componentes do sistema. A negligência na manutenção pode resultar em falha completa do sistema durante uma descarga.

9.2 Periodicidade de Inspeção

Tipo de Inspeção	Periodicidade	Quando Aplicável
Inspeção visual	A cada 12 meses	Todas as estruturas
Inspeção completa	A cada 3 anos	Estruturas com NP III e NP IV
Inspeção completa	A cada 1 ano	Estruturas com NP I e NP II
Inspeção completa	A cada 1 ano	Ambientes corrosivos/explosivos
Inspeção extraordinária	Após evento significativo	Após descarga direta conhecida
Inspeção inicial	Após conclusão da instalação	Obrigatória para todas

9.3 Itens a Verificar na Inspeção

A inspeção deve cobrir sistematicamente todos os componentes do SPDA. Os principais itens de verificação incluem:

Subsistema de Captação:

- Integridade física das hastes e condutores de captação
- Oxidação, corrosão ou deterioração nos materiais
- Fixação adequada dos suportes e braçadeiras
- Nenhum equipamento novo desprotegido na cobertura (antenas, ar-condicionado)

Subsistema de Descida:

- Continuidade elétrica dos condutores (medição com microohmímetro)
- Estado das conexões visíveis e acessíveis
- Integridade das caixas de inspeção
- Distância de segurança mantida em relação a instalações metálicas

Subsistema de Aterramento:

- Medição de resistência de aterramento (terrômetro)
- Verificação das conexões na caixa de inspeção
- Estado dos eletrodos (quando acessíveis)
- Integridade do anel de aterramento (Arranjo B)

DPS e Equipotencialização:

- Estado dos DPS (indicador visual de falha)
- Fusíveis de proteção dos DPS (se aplicável)
- Continuidade das ligações de equipotencialização
- Integridade do BEP e BEL

ATENÇÃO

Toda inspeção deve gerar um RELATÓRIO TÉCNICO assinado por profissional habilitado (engenheiro eletricista com ART). O relatório deve conter: descrição do SPDA, resultados das medições, não conformidades encontradas, prazo para correções e conclusão sobre a eficácia do sistema.

10

Estudos de Caso

Aplicações práticas do dimensionamento de SPDA

10.1 Caso 1 — Edifício Residencial de 12 Andares

Dados da Estrutura:

Parâmetro	Valor
Localização	Maceió / AL
Dimensões	20 m × 15 m × 36 m (altura)
Tipo de cobertura	Laje impermeabilizada com casa de máquinas
Ocupação	Residencial multifamiliar (48 unidades)
Ng (descargas/km²/ano)	6
Tipo de perda avaliado	L1 (perda de vida humana)

Resultado da Avaliação de Risco:

Após o cálculo conforme NBR 5419-2: $R1 = 3,2 \times 10^{04}$, superior ao risco tolerável $RT = 10^{03}$. Portanto, SPDA é obrigatório.

Nível de proteção determinado: NP III

Solução Adotada:

- **Captação:** Malha de Faraday 15 m × 15 m em cabo de cobre nu 35 mm² + 4 hastes Franklin de 0,5 m
- **Descida:** 6 descidas utilizando armaduras do concreto armado (condutores naturais)
- **Aterramento:** Arranjo B — anel de cobre nu 50 mm² + 6 hastes de 3 m ($R_{terr} = 4,7 \Omega$)
- **DPS:** Classe I na entrada geral + Classe II em cada pavimento
- **Equipotencialização:** BEP na entrada + BEL em cada pavimento, interligando todas as tubulações

10.2 Caso 2 — Indústria Petroquímica

Dados da Estrutura:

Parâmetro	Valor
Localização	Camaçari / BA (Polo Petroquímico)
Dimensões	Galpão: 60 m × 30 m × 12 m Torres: até 40 m
Tipo de cobertura	Metálica (telhas trapezoidais aço galvanizado)
Classificação de área	Zona 1 e Zona 2 (atmosfera explosiva)
Ng (descargas/km²/ano)	8
Tipos de perda avaliados	L1 + L2 + L4

Resultado:

$R1 = 8,5 \times 10^3$ (muito superior a RT). Nível de proteção: **NP I** (o mais rigoroso).

Solução Adotada:

- **Captação:** Combinação de esfera rolante ($R = 20\text{ m}$) + malha $5 \times 5\text{ m}$ em cobre 50 mm^2
- **Descida:** 12 condutores dedicados a cada 10 m, cobre 16 mm^2 , em eletroduto aparente
- **Aterramento:** Arranjo B — malha de terra $60 \times 30\text{ m}$, cobre nu 50 mm^2 enterrado a 0,8 m, com 24 hastes ($R_{\text{terr}} = 1,2\ \Omega$)
- **DPS:** Classe I + II + III em cascata, com desacopladores
- **Blindagem:** Todos os cabos de instrumentação em eletroduto metálico aterrado
- **Equipotencialização:** Malha equipotencial interligando todas as estruturas metálicas, tubulações e tanques

IMPORTANTE

Em ambientes com atmosfera explosiva, a NBR 5419 deve ser aplicada em conjunto com a NBR 5418 (Instalações em atmosferas explosivas) e a IEC 60079-14. As conexões devem ser projetadas para evitar qualquer possibilidade de centelhamento.

11

Checklist de Projeto de SPDA

Lista de verificação completa para projetos de SPDA

Utilize este checklist como ferramenta de verificação durante a elaboração e revisão de projetos de SPDA. Cada item deve ser atendido conforme as partes aplicáveis da NBR 5419:2015.

Fase 1 — Avaliação de Risco (NBR 5419-2)

- Identificação completa da estrutura (dimensões, materiais, uso)
- Levantamento da densidade de descargas (N_g) para a localidade
- Cálculo da área de exposição equivalente (A_d)
- Identificação dos tipos de perda aplicáveis (L1 a L4)
- Cálculo de todos os componentes de risco (RA a RZ)
- Comparação com risco tolerável ($R \leq R_T$)
- Definição do nível de proteção (NP I a NP IV)
- Emissão do relatório de gerenciamento de risco

Fase 2 — Projeto do SPDA Externo (NBR 5419-3)

- Definição do(s) método(s) de captação (Franklin / Malha / Esfera)
- Posicionamento dos terminais aéreos conforme ângulo ou malha
- Verificação pela esfera rolante (raio conforme NP)
- Dimensionamento e distribuição dos condutores de descida
- Identificação e validação de componentes naturais (armaduras, estrutura)
- Cálculo da distância de segurança (separação)
- Definição do arranjo de aterramento (A ou B)
- Especificação de materiais e seções dos condutores
- Detalhamento de conexões e fixações
- Definição dos pontos de medição (caixas de inspeção)

Fase 3 — Proteção Interna / MPS (NBR 5419-4)

- Definição das Zonas de Proteção contra Raios (ZPR)

- Seleção de DPS (Classe I, II e III conforme zona)
- Projeto de equipotencialização (BEP, BEL)
- Especificação da blindagem de cabos (quando necessário)
- Roteamento de cabos (energia × sinal)
- Coordenação entre DPS e dispositivos de proteção (fusíveis)

Fase 4 — Documentação e Entrega

- Memorial descritivo completo
- Relatório de gerenciamento de risco
- Plantas e detalhes (captação, descida, aterramento, DPS)
- Especificação de materiais e quantitativos
- Plano de inspeção e manutenção
- ART de projeto emitida pelo engenheiro responsável
- Entrega do as-built após instalação

12

Referências e Bibliografia

Base normativa e literatura técnica consultada

Normas Técnicas

ABNT NBR 5419:2015 — Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 1: Princípios gerais.

ABNT NBR 5419:2015 — Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 2: Gerenciamento de risco.

ABNT NBR 5419:2015 — Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida.

ABNT NBR 5419:2015 — Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos nas estruturas.

IEC 62305:2010 — Protection against lightning. Parts 1–4.

ABNT NBR 5410:2004 — Instalações elétricas de baixa tensão.

ABNT NBR 15749:2009 — Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento.

Literatura Técnica

VISACRO FILHO, S. **Aterramentos Elétricos**. Editora Artliber, 2005.

KINDERMANN, G.; CAMPAGNOLO, J. M. **Aterramento Elétrico**. Editora Sagra Luzzatto, 6ª ed., 2011.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. LTC, 9ª ed., 2017.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. LTC, 16ª ed., 2016.

PINTO, M. M. O. **Proteção contra Descargas Atmosféricas — Teoria e Prática**. Interciência, 2014.

Fontes de Dados

INPE / ELAT — Grupo de Eletricidade Atmosférica. Dados de descargas atmosféricas no Brasil.

CRESESB / SunData — Base de dados de radiação solar e dados meteorológicos (INPE).

CREA / CONFEA — Regulamentação profissional e responsabilidade técnica (ART).

Este material foi produzido pela **ENGSYSTEM** com finalidade educacional. Para projetos de SPDA, consulte sempre um engenheiro eletricista habilitado e registrado no CREA, com ART emitida para o projeto.

**ENGSYSTEM****CURSOS****engsystem.com.br**