**PROJETO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

**MEMORIAL DE CÁLCULO**

Pessoas andando de cavalo na rua

Descrição gerada automaticamente com confiança média

**PROJETO CRECHE PRÉ-ESCOLA TIPO 1**

**SUMÁRIO**

[1. CÁLCULO DO RISCO PARA O SPDA 3](#_Toc181464979)

[1.1. Risco tolerável 3](#_Toc181464980)

[1.2. Dados de entrada para os cálculos 3](#_Toc181464981)

[2. MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS RISCOS R1 E R2 7](#_Toc181464982)

[2.1. Número médio de eventos 7](#_Toc181464983)

[2.2. Fatores referente as medidas de proteção contra surtos de tensão 8](#_Toc181464984)

[2.3. Medidas de proteção 8](#_Toc181464985)

[2.4. Probabilidades relativas a estrutura e danos 8](#_Toc181464986)

[2.5. Perdas 10](#_Toc181464987)

[2.6. Cálculo do Risco R1 da Zona de proteção da FNDE 11](#_Toc181464988)

[3. SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO 14](#_Toc181464989)

[3.1. Risco Total 14](#_Toc181464990)

[4. CARACTERÍSTICAS DO SPDA CALCULADO 15](#_Toc181464991)

[4.1. Cálculo do Número de descidas [N] 15](#_Toc181464992)

[4.2. Cálculo do comprimento do condutor de aterramento 15](#_Toc181464993)

[4.3. Tipo e localização do DPS 16](#_Toc181464994)

# **1. CÁLCULO DO RISCO PARA O SPDA**

## **Risco tolerável**

O cálculo da análise de risco ou gerenciamento de risco conforme previsto na NBR 5419 Parte 2, está relacionado neste capítulo como um memorial de cálculo. O risco calculado no final deve ser comparado ao limite tolerável descrito na norma NBR 5419-Parte 2 e mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de risco tolerável para referência

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tipo de perda | |  |
| L1 | Perda de vida humana ou ferimentos permanentes |  |
| L2 | Perda de serviço ao público |  |
| L3 | Perda de patrimônio cultural |  |

Para melhor entendimento dos valores de risco tolerável informados na Tabela 1, o limite de para a perda de vida humana ou ferimentos permanentes (tipo L1) significa que é tolerável uma perda em , ou seja, uma perda em 100.000 eventos. Neste caso, um evento é a incidência de uma descarga atmosférica. Neste projeto padrão FNDE Creche Pré-Escola Tipo 1 serão considerados apenas os tipos de perda L1, já que a edificação apresenta somente o tipo de perda de vida humana ou ferimentos permanentes. É importante salientar que a perda de serviço ao público indicada em L2 é relativa aos serviços públicos de abastecimento (energia elétrica, água etc.), o que não se enquadra no tipo de edificação aqui contemplada.

## **Dados de entrada para os cálculos**

**Densidade de descargas atmosféricas para a terra [Ng]**

Por se tratar de projeto padrão a ser replicado em todo o território nacional, a análise de risco foi desenvolvida para o pior caso de densidade de descargas atmosféricas para a terra considerada no Brasil, conforme o anexo F da ABNT NBR 5419-2:2015.

Ng = 19 [Descargas / km²/ano].

Fonte = Figura F.1 (ABNT NBR 5419-2:2015).

**Geometria da Estrutura**

As dimensões consideradas para a análise de risco da estrutura padrão são indicadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões da estrutura considerada neste projeto

|  |  |
| --- | --- |
| **Dimensão** | **Estrutura** |
| H (altura) | 5,50 m |
| W (largura) | 37,0 m |
| L (comprimento) | 21,0 m |
| Área de exposição equivalente AD para uma estrutura retangular | 3.546 m2 |

**Dados de entrada referentes a estrutura**

Na Tabela 3 são indicados os fatores utilizados referentes aos dados de entrada da estrutura. Foram considerados os piores casos.

Tabela 3 – Dados de entrada para a estrutura

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sigla** | **Descrição** | **Referência na norma** | **Valor considerado** | **Comentário** |
| CD | Fator de localização | Tabela A.1 | 1,0 | Estrutura isolada: nenhum outro objeto de mesma altura na vizinhança |
| CI | Fator de instalação da linha | Tabela A.2 | 1,0 | Aéreo |
| CT | Fator do Tipo de Linha ENERGIA | Tabela A.3 | 1,0 | Linha de Energia ou Sinal |
| CE | Fator ambiental da linha | Tabela A.4 | 1,0 | Rural |

**Dados de entrada: probabilidades de danos**

A probabilidade de um evento perigoso causar danos dentro da estrutura a ser protegida, ou na estrutura em si, é avaliado pela probabilidade PX de danos, e na Tabela 4 são mostrados os dados que subsidiam a avaliação de PX. Foram consideradas as medidas de proteção resultantes da análise e o caso mais crítico para os demais fatores.

Tabela 4 – Dados de entrada do Anexo B da NBR 5419-2

| **Sigla** | **Descrição** | **Referência na norma** | **Valor considerado** | **Comentário** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| PTA | Proteção adicional contra tensões de toque e passo | Tabela B.1 | 1,0 | Nenhuma proteção adicional |
| PB | Proteção para reduzir danos físicos | Tabela B.2 | 0,2 | Estrutura protegida por SPDA - Classe IV |
| PSPD | Sistema coordenado de DPS | Tabela B.3 | 0,05 | DPS Classe III-IV |
| CLD | Fator que depende das condições de blindagem, aterramento e isolamento da linha de conexão | Tabela B.4 | 1 | Linha enterrada não blindada |
| CLI | 1 |
| PTU | Depende das medidas de proteção contra tensões de toque | Tabela B.6 | 1,0 | Nenhuma medida de proteção |
| PEB | Ligações equipotenciais para descargas e nível de proteção do DPS | Tabela B.7 | 0,05 | DPS Classe III-IV |
| PLD | Falha de sistemas internos devido a uma descarga | Tabela B.8 | 1 | Linha aérea, não blindada |
| PLI | Tabela B.9 | 1 | Pli para Uw = 1 kV |
| rt | Tipo de solo ou piso | Tabela C.3 | 0,001 | Cerâmica |

**Dados de entrada: perdas**

A quantidade média de perda (pessoas e bens) consequente a um tipo específico de dano devido a um evento perigoso, relativo a um valor (pessoas e bens) de uma estrutura a ser protegida é expresso por LX, e na Tabela 5 estão descritos os parâmetros que subsidiam a análise de quantidade de perda LX. As perdas adicionais (LE) refletem a perda devido a danos físicos fora da estrutura (LFE), pelo tempo da presença de pessoas nos lugares perigosos fora da estrutura (tE).

Tabela 5 – Dados de entrada do Anexo C da NBR 5419-2

| **Sigla** | **Descrição** | **Referência na norma** | **Valor considerado** | **Comentário** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| LT | Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico | Tabela C.2 | 0.01 | Todos os tipos de estrutura |
| LF | Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos | 0.1 | Escola |
| LO | Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos | 0 | Não Aplicável |
| rp | Providências tomadas para o combate ao incêndio | Tabela C.4 | 0.5 | Uso de extintores de incêndio fixos e instalações de alarmes Manuais, Hidrantes, compartimentos à prova de fogo e rotas de fuga |
| rf | Risco de incêndio ou risco de explosão | Tabela C.5 | 0.001 | Incêndio: Risco Baixo |
| hZ | Quando um perigo especial está presente | Tabela C.6 | 2 | Nível baixo de pânico |
| nt | Número total de pessoas na estrutura | Anexo C.3 | 100 | Número médio estimado de pessoas residindo em cada prédio |
| nZ | Número de pessoas na zona de proteção do SPDA | 100 |
| tZ | Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona | 3168 | Considerando 12 horas diárias durante 22 dias do mês e os 12 meses do ano |
| LE | Perdas adicionais | 1 | Desconhecido lugares fora da estrutura |

# **2. MEMÓRIA DE CÁLCULO DOS RISCOS R1 E R2**

## **Número médio de eventos**

Nd → Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

* Nm → Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]
* Nl → Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]
* Ni → Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]
* Nlt → Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]
* Nit → Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]

## **Fatores referente as medidas de proteção contra surtos de tensão**

* Ks1 → leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1; dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha Wm, fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial pode ser avaliado como: Ks1 = 0,12 x Wm1 →
* Uw (Energia) → é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV) →
* Ks4 (Energia) → Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. Ks4 = 1 / Uw →
* Uwt Sinal →
* Ks4t Sinal →

## **Medidas de proteção**

* Ks2 → Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura →
* Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5) → 50 m² →
* Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3) → DPS Classe III e IV,
* Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5) → 50 m² →

## **Probabilidades relativas a estrutura e danos**

Quanto menor a probabilidade, ou mais próxima a zero, menor será o risco de dano.

* Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos
* Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL
* Pms → Probabilidade de falha de sistemas internos de ENERGIA, depende das medidas de proteção contra surtos instaladas:
* Pmst → Probabilidade de falha de sistemas internos de SINAL
* Pm → Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos
* Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos de SINAL
* Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque
* Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL
* Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos
* Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL
* Pli → probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha de ENERGIA conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos

Pli para Uw = 1,0 kV →

* Plit → probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha de SINAL conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos

Plit para Uwt = 1,0 kV →

* Pz → Probabilidade de Descarga perto da linha causar falha de sistemas internos de ENERGIA
* Pzt → Probabilidade de Descarga perto da linha causar falha de sistemas internos de SINAL

## **Perdas**

* L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente → Considerar
* L2 - Perda inaceitável de serviço ao público → Desprezar
* L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural → Desprezar
* L4 - Perda econômica → Desprezar
* Risco de Explosão / Hospitais → Não

L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

* Lt → Perda em uma estrutura devido a danos físicos → Lt = 0,01
* D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2) → Outros, Lf = 0,1
* Lo → D3 - Falhas de sistemas internos (Tabela C.2) → Não Aplicável, Lo = 0
* La → Perda relacionada aos ferimentos a seres vivos por choque elétrico (descargas atmosféricas à estrutura)
* Lu → Perda relacionada a ferimentos de seres vivos por choque elétrico (descargas atmosféricas na linha)
* Le → perdas adicionais
* Lb → Perda em uma estrutura relacionada a danos físicos (descargas atmosféricas à estrutura)
* Lv → Perda em uma estrutura devido a danos físicos (descargas atmosféricas na linha)
* Lc → Perda relacionada à falha dos sistemas internos (descargas atmosféricas à estrutura)
* Lm Lw Lz:

Lm = Lw = Lz = Lc = 0

## **Cálculo do Risco R1 da Zona de proteção da FNDE**

Os componentes de risco que devem ser avaliados conforme a NBR 5419:2015 estão devidamente identificados na Tabela 6. Para as componentes abaixo, quando o mesmo estiver acompanhado da letra , significa que o componente se refere a uma linha de sinal, e para os demais a aplicação é para uma linha de energia.

Tabela 6 – Componentes de risco

| **Sigla** | **Descrição do componente de risco** |
| --- | --- |
|
| Ra | Ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na estrutura |
| Rb | Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na estrutura |
| Rc | Falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na estrutura |
| Rm | Falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da estrutura |
| Ru | Ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na linha conectada |
| Rv | Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha conectada |
| Rw | Falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na linha conectada |
| Rz | Falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da linha |
| R1 | Total do risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes)  Limite de tolerância: 1.10–5 |
| R2 | Risco de perda de serviço ao público em uma estrutura |

* Ra → Ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na estrutura
* Rb → Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na estrutura
* Ru → Falha dos sistemas internos de energia – descarga atmosférica perto da estrutura
* Rut → Falha dos sistemas internos de sinal – descarga atmosférica perto da estrutura
* Rv → Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha de energia conectada
* Rvt → Danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha de sinal conectada
* R1 → total do risco R1

# **3. SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO**

As medidas de proteção selecionadas para o projeto de SPDA para o projeto padrão FNDE Creche Pré-Escola Tipo 1 se mostraram adequadas, pois reduziram R1, único a ser considerado, ao valor tolerável (abaixo de ).

## **Risco Total**

O risco total para a zona de proteção do projeto padrão FNDE Creche Pré-Escola Tipo 1 é a avaliação conjunta de todos os riscos, neste projeto específico somente o risco R1 (risco de perda de vida humana e ferimentos permanentes, conforme seção 0). A estrutura estará protegida se a soma do valor destes riscos calculados apresentarem valor inferior a cada limite tolerável. Quanto menor o risco, maior será o nível de proteção da edificação.

* Medidas de proteção necessárias:
  + **SPDA classe IV, e**
  + **DPS classe III-IV.**
* Estrutura Protegida:

Como o risco R1 estará dentro dos limites de tolerância, com a adoção das medidas descritas neste projeto com um SPDA classe IV com DPS classe III-IV, a estrutura será considerada protegida contra descargas atmosféricas.

# **4. CARACTERÍSTICAS DO SPDA CALCULADO**

* Nível de Proteção (ou classe de proteção) adotada: Classe IV
* Método de captação utilizado: Ângulo de proteção

## **Cálculo do Número de descidas [N]**

* Perímetro = 273 m.
* Nível de Proteção IV: Espaçamento médio entre as descidas = 20m
* Número escolhido para a quantidade de descidas N = 14 descidas.

Para o subsistema de descida, a norma NBR 5419-3:2015, tabela 4, determina que um SPDA classe IV tenha a distância máxima de 20 metros entre as descidas, com uma flexibilização limite de +20% entre descidas (máximo de 24 metros).

Conforme a NBR 5419-3:2015, item 5.3.3: “Um condutor de descida deve ser instalado, preferencialmente, em cada canto saliente da estrutura, além dos demais condutores impostos pela distância de segurança calculada.” Para atender este item, o posicionamento dos condutores de descida foi definido priorizando os cantos salientes da edificação.

## **Cálculo do comprimento do condutor de aterramento**

A topologia adotada para o subsistema de aterramento do projeto padrão FNDE Creche Pré-Escola Tipo 1 é um anel de cabo de cobre nu 50 mm² (7 fios) enterrado à 50 cm de profundidade em vala distante de 1,0 m das paredes externas da edificação. Ao pé de cada descida deve ser cravada uma haste de 5/8’’ x 2,40 m e conectada ao cabo de aterramento utilizando conector de bronze para uma haste e dois cabos. O local de conexão cabos/haste deve ser protegido por caixa de inspeção de solo 300 x 300 mm. Os detalhes executivos são indicados nas pranchas de projeto.

O subsistema de aterramento proposto atende ao comprimento mínimo exigido pela ABNT NBR 5419-3:2015, que indica que o raio médio da área abrangida pelo aterramento para SPDA classe III e IV seja de no mínimo 5,0 m. O raio médio da área abrangida pelo aterramento proposto é de 25,8 m.

## **Tipo e localização do DPS**

O DPS deve ser instalado junto à entrada de energia da edificação. Deve ser tetrapolar (para entrada de energia trifásica) do Tipo (classe) I/II, ou seja, para forma de onda de corrente 8/20 µs e 10/350 µs.

A tensão nominal dos DPS deverá ser a tensão fase-terra do sistema. Caso a tensão do sistema elétrico no local for 220/127 V, a tensão fase-terra considerada é 127V e a tensão nominal dos DPS deve ser 175 V. Caso a tensão do sistema elétrico no local for 380/220 V, a tensão fase-terra considerada é 220 V e a tensão nominal dos DPS deve ser 275V. A tensão máxima de operação dos DPS é maior que a tensão nominal da rede para compensar sobretensões temporárias existentes em qualquer sistema elétrico.

A interligação entre os DPS e a barra de aterramento deve ser retilíneas e o mais curta possível, não excedendo o comprimento de 0,5 m. As especificações do DPS são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Especificação do DPS classe II

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Local | Tipo do DPS (Classe) | Polos | Tensão Nominal (Vn) | Iimp | In | Imax |
| Entrada de energia | I/II | 4P | 175 V ou 275 V | 12,5 kA | 30 kA | 60 kA |

O Nível de Proteção (Up) dos DPS deve ser menor que o nível de suportabilidade das instalações a que estão protegendo. O nível de suportabilidade considerado para o presente projeto é de 1kV.

As linhas de sinal que adentram a estrutura devem receber proteção através de DPS específico levando em consideração a suportabilidade do sistema e a máxima corrente de descarga de 25 kA. As informações referentes a estes sistemas devem ser fornecidas pelo fornecedor do serviço de sinal.