

| | | |
|---|---|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL -SEEDF | 01/08/2023 |

MEMÓRIA DE CÁLCULO – SPDA

CEM 611/612 - CONSTRUÇÃO DA QUADRA COBERTA

Autor do Projeto: Eng. Eletricista Jovson Andrade Severino
CREA: 11580/D-DF

| | | | |
|--------------------------|------------|---|----------------|
| R00 | 01/08/2023 | Versão inicial | JOVSON ANDRADE |
| REVISÃO | DATA | DESCRIÇÃO | RESPONSÁVEL |
| <i>Nome do projeto</i> | | MEMÓRIA DE CÁLCULO - SPDA | |
| <i>Número do projeto</i> | | 314-SEEDF-CEM-QUADRA 612 SUL-SPDA-MEM-001-R00 | |
| <i>Local</i> | | SGAS 611/612 - CONJUNTO E - BRASILIA / DF | |

| | | |
|---|---|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL -SEEDF | 01/08/2023 |

Sumário

| | |
|---|----|
| Dados do projeto..... | 3 |
| Risco de perda de vida humana (R1) - Padrão | 3 |
| Risco de perdas de serviço ao público (R2) - Padrão..... | 11 |
| Risco de perdas de patrimônio cultural (R3) - Padrão..... | 17 |
| Risco de perda de valores econômicos (R4) - Padrão | 19 |
| Avaliação do custo de perdas do valor econômico – Padrão..... | 25 |
| Avaliação final do risco - Estrutura | 26 |

| | | |
|---|--|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL - SEEDF | 01/08/2023 |

O presente documento tem por finalidade descrever o projeto de construção de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), elaborado de acordo com a norma NBR 5419/2015

Dados da edificação

| Altura (m) | Largura (m) | Comprimento (m) |
|------------|-------------|-----------------|
| 7,30 m | 25,59 m | 38,00 m |

A área de exposição equivalente (A_d) corresponde à área do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à altura da estrutura no ponto considerado.

$$A_d = 972,45 \text{ m}^2$$

Dados do projeto

Classificação da estrutura

Nível de proteção: III

Densidade de descargas atmosféricas

Densidade de descargas atmosféricas para a terra: $5.32/\text{km}^2 \times \text{ano}$

Risco de perda de vida humana (R1) - Padrão

Os resultados para risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes) levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

Componente R_a (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora, nas zonas até 3m ao redor dos condutores de descidas.

N_d (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|--------------------------------------|
| C_d (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $5.32/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$ | $1.44 \times 10^{-2}/\text{ano}$ |

P_a (probabilidade de uma descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)



CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA

SECRETARIA DE ESTADO DE
EDUCAÇÃO DO DISTRITO
FEDERAL - SEEDF

01/08/2023

| | |
|--|--------------------|
| Pta (Probabilidade de uma descarga a uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo) | 1 |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 1×10^{-1} |
| Pa = Pta x Pb | 1×10^{-1} |

La (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|-----------------------|
| rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso) | 1×10^{-5} |
| Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 1920 h/ano |
| La = rt x Lt x (nz/nt) x (tz/8760) | 2.19×10^{-8} |

$$Ra = Nd \times Pa \times La$$

$$Ra = 3.15 \times 10^{-11}/\text{ano}$$

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|--------------------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $5.32/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^{-6} | $1.44 \times 10^{-2}/\text{ano}$ |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 1×10^{-1} |

Lb (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|-----------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5×10^{-1} |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1×10^{-3} |
| hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial) | 5 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-1} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 1920 h/ano |
| Lb = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760) | 5.48×10^{-5} |

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 7.87 \times 10^{-8}/\text{ano}$$

| | | |
|---|---|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL -SEEDF | 01/08/2023 |

Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|--------------------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $5.32/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$ | $1.44 \times 10^{-2}/\text{ano}$ |

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$, $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$ | 1 | 1 |
| $Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$ | 1 | 1 |

Lc (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|-----------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-3} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 1920 h/ano |
| $Lc = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$ | 2.19×10^{-4} |

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

$$Rc = 3.15 \times 10^{-6}/\text{ano}$$

Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nm (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

| | |
|--|----------------------------|
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 850298.16 m ² |
| Nm = Ng x Am x 10 ⁻⁶ | 4.52/ano |

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno) | 1 | 1 |
| Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV) | 1 | 1 |
| Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema) | 1 | 1 |
| Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4) ² | 1 | 1 |
| Pm.E = Pspd.E x Pms.E, Pm.T = Pspd.T x Pms.T | 1 | 1 |
| Pm = 1 - [(1 - Pm.E) x (1 - Pm.T)] | 1 | 1 |

Lm (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|-----------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻³ |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 1920 h/ano |
| Lm = Lo x (nz/nt) x (tz/8760) | 2.19x10 ⁻⁴ |

$$Rm = Nm \times Pm \times Lm$$

$$Rm = 9.91 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

Componente Ru (risco de ferimentos a seres vivos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a ferimentos aos seres vivos, causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| Al = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |

| | | |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| $NI = Ng \times Al \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$ | $2.13 \times 10^{-4}/ano$ | $2.13 \times 10^{-4}/ano$ |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.25 |
| $Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$ | 0/ano | 0/ano |
| Ptu (Probabilidade de uma estrutura em uma linha que adentre a estrutura causar choques a seres vivos devidos a tensões de toque perigosas) | | 1 |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | | 1 |

Pu (probabilidade de uma descarga em uma linha causar ferimentos a seres vivos por choque elétrico)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $Pu = Ptu \times Peb \times Pld \times Cld$ | 1 | 1 |

Lu (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|-----------------------|
| rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso) | 1×10^{-5} |
| Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 1920 h/ano |
| $Lu = rt \times Lt \times (nz / nt) \times (tz / 8760)$ | 2.19×10^{-8} |

$$Ru = Ru.E + Ru.T$$

$$Ru = [(NI.E + Ndj.E) \times Pu.E \times Lu] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pu.T \times Lu]$$

$$Ru = 9.33 \times 10^{-12}/ano$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

Al (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 2.13x10 ⁻⁴ /ano | 2.13x10 ⁻⁴ /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.25 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 1 | |

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| Pv = Peb x Pld x Cld | 1 | 1 |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|-----------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10 ⁻¹ |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10 ⁻³ |
| hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial) | 5 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻¹ |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 1920 h/ano |
| Lv = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760) | 5.48x10 ⁻⁵ |

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 2.33x10^{-8}/ano$$

Componente R_w (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

A_l (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| L_l (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $A_l = 40 \times L_l$ | 40000 m ² | 40000 m ² |
| N_g (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

N_l (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| C_i (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| C_t (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| C_e (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| $N_l = N_g \times A_l \times C_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6}$ | 2.13x10 ⁻⁴ /ano | 2.13x10 ⁻⁴ /ano |

N_{dj} (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| A_{dj} (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| C_{dj} (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.25 |
| $N_{dj} = N_g \times A_{dj} \times C_{dj} \times C_t \times 10^{-6}$ | 0/ano | 0/ano |

P_w (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| P_{spd} (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| P_{ld} (Probabilidade dependendo da resistência R_s da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_w do equipamento) | 1 | 1 |
| C_{ld} (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $P_w = P_{spd} \times P_{ld} \times C_{ld}$ | 1 | 1 |

L_w (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| L_o (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻³ |
| n_z (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| n_t (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |

| | |
|---|-----------------------|
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 1920 h/ano |
| $Lw = Lo \times (nz/nt) \times (tz/8760)$ | 2.19×10^{-4} |

$$Rw = Rw.E + Rw.T$$

$$Rw = [(NI.E + Ndj.E) \times Pw.E \times Lw] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pw.T \times Lw]$$

$$Rw = 9.33 \times 10^{-8} / \text{ano}$$

Componente Rz (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Ai (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $Ai = 4000 \times LI$ | 4000000 m ² | 4000000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| $Ni = Ng \times Ai \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$ | $2.13 \times 10^{-2} / \text{ano}$ | $2.13 \times 10^{-2} / \text{ano}$ |

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos) | 1 | 1 |
| Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolamento da linha) | 1 | 1 |
| $Pz = Pspd \times Pli \times Cli$ | 1 | 1 |

Lz (valores de perda na zona considerada)

| | | |
|---|---|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL -SEEDF | 01/08/2023 |

| | |
|---|-----------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻³ |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada) | 1920 h/ano |
| Lz = Lo x (nz/nt) x (tz/8760) | 2.19x10 ⁻⁴ |

$$R_z = R_{z.E} + R_{z.T}$$

$$R_z = (N_{i.E} \times P_{z.E} \times L_z) + (N_{i.T} \times P_{z.T} \times L_z)$$

$$R_z = 9.33 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

Resultado de R1

O risco R1 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R_1 = R_a + R_b + R_c + R_m + R_u + R_v + R_w + R_z$$

$$R_1 = 1 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Risco de perdas de serviço ao público (R2) - Padrão

Os resultados para risco de perda de serviço ao público levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e próximo desta, e descargas em uma linha conectada à estrutura e próximo desta.

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|----------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10 ⁻¹ |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10 ⁻⁶ | 1.44x10 ⁻² /ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 1x10 ⁻¹ |

Lb (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5×10^{-1} |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1×10^{-3} |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-2} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $L_b = r_p \times r_f \times L_f \times (nz/nt)$ | 5×10^{-6} |

$$R_b = N_d \times P_b \times L_b$$

$$R_b = 7.18 \times 10^{-9} / \text{ano}$$

Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|--|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $5.32 / \text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $N_d = N_g \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$ | $1.44 \times 10^{-2} / \text{ano}$ |

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $P_{c.E} = P_{spd.E} \times C_{ld.E}$, $P_{c.T} = P_{spd.T} \times C_{ld.T}$ | 1 | 1 |
| $P_c = 1 - [(1 - P_{c.E}) \times (1 - P_{c.T})]$ | 1 | |

Lc (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-3} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $L_c = L_o \times (nz/nt)$ | 1×10^{-3} |

$$R_c = N_d \times P_c \times L_c$$

$$R_c = 1.44 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

| | | |
|---|--|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL - SEEDF | 01/08/2023 |

Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nm (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

| | |
|--|----------------------------|
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 850298.16 m ² |
| Nm = Ng x Am x 10 ⁻⁶ | 4.52/ano |

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno) | 1 | 1 |
| Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV) | 1 | 1 |
| Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema) | 1 | 1 |
| Pms = (Ks1 x Ks2 x Ks3 x Ks4) ² | 1 | 1 |
| Pm.E = Pspd.E x Pms.E, Pm.T = Pspd.T x Pms.T | 1 | 1 |
| Pm = 1 - [(1 - Pm.E) x (1 - Pm.T)] | 1 | 1 |

Lm (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻³ |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| Lm = Lo x (nz/nt) | 1x10 ⁻³ |

$$Rm = Nm \times Pm \times Lm$$

$$Rm = 4.52 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 2.13x10 ⁻⁴ /ano | 2.13x10 ⁻⁴ /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.25 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 1 | |

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| Pv = Peb x Pld x Cld | 1 | 1 |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10 ⁻¹ |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10 ⁻³ |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻² |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |



CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA

SECRETARIA DE ESTADO DE
EDUCAÇÃO DO DISTRITO
FEDERAL - SEEDF

01/08/2023

| | |
|--|--------------------|
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $Lv = rp \times rf \times Lf \times (nz/nt)$ | 5×10^{-6} |

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 2.13 \times 10^{-9} / \text{ano}$$

Componente Rw (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $AI = 40 \times LI$ | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| $NI = Ng \times AI \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$ | $2.13 \times 10^{-4} / \text{ano}$ | $2.13 \times 10^{-4} / \text{ano}$ |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.25 |
| $Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$ | 0/ano | 0/ano |

Pw (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| $Pspd$ (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |



| | | |
|---|---|---|
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $P_w = P_{spd} \times P_{ld} \times C_{ld}$ | 1 | 1 |

Lw (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-3} |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| $L_w = L_o \times (n_z/n_t)$ | 1×10^{-3} |

$$R_w = R_{w.E} + R_{w.T}$$

$$R_w = [(N_{I.E} + N_{d_j.E}) \times P_{w.E} \times L_w] + [(N_{I.T} + N_{d_j.T}) \times P_{w.T} \times L_w]$$

$$R_w = 4.26 \times 10^{-7} / \text{ano}$$

Componente Rz (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Ai (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $A_i = 4000 \times LI$ | 4000000 m ² | 4000000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| $N_i = N_g \times A_i \times C_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6}$ | $2.13 \times 10^{-2} / \text{ano}$ | $2.13 \times 10^{-2} / \text{ano}$ |

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos) | 1 | 1 |
| Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha) | 1 | 1 |
| Pz = Pspd x Pli x Cli | 1 | 1 |

Lz (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| Lo (Número relativo médio típico de vítimas por falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻³ |
| nz (Número de pessoas na zona considerada) | 160 |
| nt (Número total de pessoas na estrutura) | 160 |
| Lz = Lo x (nz/nt) | 1x10 ⁻³ |

$$Rz = Rz.E + Rz.T$$

$$Rz = (Ni.E \times Pz.E \times Lz) + (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$$

$$Rz = 4.26 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Resultado de R2

O risco R2 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R2 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

$$R2 = 4.58 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Risco de perdas de patrimônio cultural (R3) - Padrão

Os resultados para risco de perda de patrimônio cultural levam em consideração os componentes de risco de descargas na estrutura e em uma linha conectada à estrutura.

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|--|----------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5x10 ⁻¹ |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10 ⁻⁶ | 1.44x10 ⁻² /ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 1x10 ⁻¹ |

| | | |
|---|---|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL -SEEDF | 01/08/2023 |

Lb (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10 ⁻¹ |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10 ⁻³ |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻¹ |
| cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$) | 0 |
| ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$) | 1000000 |
| Lb = rp x rf x Lf x (cz/ct) | 0 |

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 0/\text{ano}$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 2.13x10 ⁻⁴ /ano | 2.13x10 ⁻⁴ /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.25 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 1 | |

| | | |
|---|--|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL - SEEDF | 01/08/2023 |

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $Pv = Peb \times Pld \times Cld$ | 1 | 1 |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5×10^{-1} |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1×10^{-3} |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-1} |
| cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$) | 0 |
| ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$) | 1000000 |
| $Lv = rp \times rf \times Lf \times (cz/ct)$ | 0 |

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 0/\text{ano}$$

Resultado de R3

O risco R3 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R3 = Rb + Rv$$

$$R3 = 0/\text{ano}$$

Risco de perda de valores econômicos (R4) - Padrão

Os resultados para o risco de perda de valor econômico levam em consideração a avaliação da eficiência do custo da proteção pela comparação do custo total das perdas com ou sem as medidas de proteção. Neste caso, a avaliação das componentes de risco R4 devem ser feitas no sentido de avaliar tais custos.

Componente Rb (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a danos físicos, causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | | |
|---|--|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL - SEEDF | 01/08/2023 |

| | |
|--|--------------------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $5.32/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$ | $1.44 \times 10^{-2}/\text{ano}$ |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 1×10^{-1} |

Lb (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5×10^{-1} |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1×10^{-3} |
| Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso) | 2×10^{-1} |
| ca (Valor dos animais na zona) (R\$) | 0 |
| cb (Valor da edificação relevante à zona) (R\$) | 0 |
| cc (Valor do conteúdo da zona) (R\$) | 0 |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| $Lb = rp \times rf \times Lf \times ((ca+cb+cc+cs)/CT)$ | 1×10^{-4} |

$$Rb = Nd \times Pb \times Lb$$

$$Rb = 1.44 \times 10^{-7}/\text{ano}$$

Componente Rc (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

| | |
|---|--------------------------------------|
| Cd (Fator de localização) | 5×10^{-1} |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | $5.32/\text{km}^2 \times \text{ano}$ |
| $Nd = Ng \times Ad \times Cd \times 10^{-6}$ | $1.44 \times 10^{-2}/\text{ano}$ |

Pc (probabilidade de uma descarga na estrutura causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $Pc.E = Pspd.E \times Cld.E$, $Pc.T = Pspd.T \times Cld.T$ | 1 | 1 |
| $Pc = 1 - [(1 - Pc.E) \times (1 - Pc.T)]$ | 1 | 1 |

Lc (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-3} |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |



CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA

SECRETARIA DE ESTADO DE
EDUCAÇÃO DO DISTRITO
FEDERAL -SEEDF

01/08/2023

| | |
|---|--------------------|
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| $Lc = Lo \times (cs/CT)$ | 1×10^{-3} |

$$Rc = Nd \times Pc \times Lc$$

$$Rc = 1.44 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Componente Rm (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da estrutura)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por pulsos eletromagnéticos devido às descargas atmosféricas. Perdas de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Nm (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da estrutura)

| | |
|--|----------------------------|
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 850298.16 m ² |
| $Nm = Ng \times Am \times 10^{-6}$ | 4.52/ano |

Pm (probabilidade de uma descarga perto da estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |
| Ks1 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks2 (Fator relevante à efetividade da blindagem por malha dos campos internos de uma estrutura) | 1 | 1 |
| Ks3 (Fator relevante às características do cabeamento interno) | 1 | 1 |
| Uw (Tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido) (kV) | 1 | 1 |
| Ks4 (Fator relevante à tensão suportável de impulso de um sistema) | 1 | 1 |
| $Pms = (Ks1 \times Ks2 \times Ks3 \times Ks4)^2$ | 1 | 1 |
| $Pm.E = Pspd.E \times Pms.E$, $Pm.T = Pspd.T \times Pms.T$ | 1 | 1 |
| $Pm = 1 - [(1 - Pm.E) \times (1 - Pm.T)]$ | 1 | 1 |

Lm (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-3} |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| $Lm = Lo \times (cs/CT)$ | 1×10^{-3} |

$$Rm = Nm \times Pm \times Lm$$

$$Rm = 4.52 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Componente Rv (risco de danos físicos na estrutura causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas, geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), devido à corrente da descarga atmosférica transmitida, ou ao longo das linhas.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| AI = 40 x LI | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|----------------------------|--------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| NI = Ng x AI x Ci x Ce x Ct x 10 ⁻⁶ | 2.13x10 ⁻⁴ /ano | 2.13x10 ⁻⁴ /ano |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.25 |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 ⁻⁶ | 0/ano | 0/ano |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados) | 1 | |

Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| Pv = Peb x Pld x Cld | 1 | 1 |

Lv (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10 ⁻¹ |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura) | 1x10 ⁻³ |
| Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso) | 2x10 ⁻¹ |
| ca (Valor dos animais na zona) (R\$) | 0 |
| cb (Valor da edificação relevante à zona) (R\$) | 0 |
| cc (Valor do conteúdo da zona) (R\$) | 0 |

| | | |
|---|--|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL - SEEDF | 01/08/2023 |

| | |
|--|--------------------|
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| $Lv = rp \times rf \times Lf \times ((ca+cb+cc+cs)/CT)$ | 1×10^{-4} |

$$Rv = Rv.E + Rv.T$$

$$Rv = [(NI.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(NI.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

$$Rv = 4.26 \times 10^{-8} / \text{ano}$$

Componente R_w (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas na linha conectada)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda de vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

AI (área de exposição equivalente de descargas para a terra que atingem a linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $AI = 40 \times LI$ | 40000 m ² | 40000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

NI (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas na linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| $NI = Ng \times AI \times Ci \times Ce \times Ct \times 10^{-6}$ | $2.13 \times 10^{-4} / \text{ano}$ | $2.13 \times 10^{-4} / \text{ano}$ |

Ndj (número de eventos perigosos para uma estrutura adjacente)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|-----------------------|--------------------------------|
| Adj (Área de exposição equivalente da estrutura adjacente) | 0 m ² | 0 m ² |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente) | 0.25 | 0.25 |
| $Ndj = Ng \times Adj \times Cdj \times Ct \times 10^{-6}$ | 0/ano | 0/ano |

P_w (probabilidade de uma descarga em uma linha causar falha a sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| Pld (Probabilidade dependendo da resistência Rs da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso Uw do equipamento) | 1 | 1 |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento) | 1 | 1 |
| $P_w = P_{spd} \times P_{ld} \times C_{ld}$ | 1 | 1 |

Lw (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1×10^{-3} |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| $L_w = L_o \times (cs/CT)$ | 1×10^{-3} |

$$R_w = R_w.E + R_w.T$$

$$R_w = [(N_i.E + N_{d,j}.E) \times P_w.E \times L_w] + [(N_i.T + N_{d,j}.T) \times P_w.T \times L_w]$$

$$R_w = 4.26 \times 10^{-7} / \text{ano}$$

Componente Rz (risco de falha dos sistemas internos causado por descargas perto da linha)

Componente relativo a falhas de sistemas internos, causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta. Perda de serviço ao público pode ocorrer em todos os casos, junto com a perda da vida humana, nos casos de estruturas com risco de explosão, e hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos possam imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Ai (área de exposição equivalente de descargas para a terra perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|----------------------------|--------------------------------|
| LI (Comprimento da seção de linha) | 1000 m | 1000 m |
| $A_i = 4000 \times LI$ | 4000000 m ² | 4000000 m ² |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 5.32/km ² x ano | |

Ni (Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas perto da linha)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|--|------------------------------------|------------------------------------|
| Ci (Fator de instalação da linha) | 0.01 | 0.01 |
| Ct (Fator do tipo de linha) | 1 | 1 |
| Ce (Fator ambiental) | 0.1 | 0.1 |
| $N_i = N_g \times A_i \times C_i \times C_e \times C_t \times 10^{-6}$ | $2.13 \times 10^{-2} / \text{ano}$ | $2.13 \times 10^{-2} / \text{ano}$ |

Pz (probabilidade de uma descarga perto da linha conectada à estrutura causar falha de sistemas internos)

| | Linhas de energia (E) | Linhas de telecomunicações (T) |
|---|-----------------------|--------------------------------|
| Pspd (Probabilidade em função do nível de proteção para qual os DPS foram projetados) | 1 | 1 |

| | | |
|---|--|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL - SEEDF | 01/08/2023 |

| | | |
|---|---|---|
| Pli (Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga perto da linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos) | 1 | 1 |
| Cli (Fator que depende da blindagem, do aterramento e das condições da isolação da linha) | 1 | 1 |
| Pz = Pspd x Pli x Cli | 1 | 1 |

Lz (valores de perda na zona considerada)

| | |
|--|--------------------|
| Lo (Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos devido a um evento perigoso) | 1x10 ⁻³ |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$) | 0 |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$) | 0 |
| Lz = Lo x (cs/CT) | 1x10 ⁻³ |

$$Rz = Rz.E + Rz.T$$

$$Rz = (Ni.E \times Pz.E \times Lz) + (Ni.T \times Pz.T \times Lz)$$

$$Rz = 4.26 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Resultado de R4

O risco R4 é um valor relativo a uma provável perda anual média, calculado a partir da soma dos componentes de risco citados.

$$R4 = Rb + Rc + Rm + Rv + Rw + Rz$$

$$R4 = 4.58 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Avaliação do custo de perdas do valor econômico – Padrão

Resultado das perdas de valor econômico

As perdas de valor econômico são afetadas diretamente pelas características de cada tipo de perda da zona. O custo total de perdas da estrutura (CT) é o somatório dos valores estabelecidos para cada tipo de perda da estrutura e quando multiplicado pelo risco (R4) obtêm-se o custo anual de perdas (CL).

Custo total de perdas (ct)

O custo total de perdas (ct) é a somatória dos valores de perdas na zona, compreendendo o valor dos animais na zona (ca), o valor da edificação relevante à zona (cb), o valor do conteúdo da zona (cc) e o valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona (cs). O seu valor calculado é monetário.

$$ct = ca + cb + cc + cs$$

$$ct = 0$$

| | | |
|---|---|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL -SEEDF | 01/08/2023 |

Custo total de perdas da estrutura (CT)

O custo total de perdas da estrutura (CT) é a somatória dos valores de perdas de todas as zonas da estrutura. O seu valor calculado é monetário.

$$CT = ct (z1) + \dots ct (zn)$$

$$CT = 0$$

Custo anual de perdas (CL)

O custo anual de perdas (CL) é a multiplicação entre o custo total de perdas (CT) e o risco (R4), na qual contribui para análise do risco econômico total da estrutura. O seu valor calculado é monetário.

$$CL = CT \times R4$$

$$CL = 0$$

Avaliação final do risco - Estrutura

O risco é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que possa ocorrer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado. O risco para a estrutura é a soma dos riscos relevantes de todas as zonas da estrutura; em cada zona, o risco é a soma de todos os componentes de risco relevantes na zona.

| Zona | R1 | R2 | R3 | R4 |
|-----------|-------------------------|-----------------------|----|-----------------------|
| Estrutura | 100.41x10 ⁻⁵ | 4.58x10 ⁻³ | 0 | 4.58x10 ⁻³ |

Foram avaliados os seguintes riscos da estrutura:

R1: risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes)

$$R1 = 100.41 \times 10^{-5} / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de SPDA é necessária, segundo a norma NBR5419/2015, pois $R > 10^{-5}$

R2: risco de perdas de serviço ao público

$$R2 = 4.58 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

Status: A instalação de um sistema de SPDA é necessária, segundo a norma NBR5419/2015, pois $R > 10^{-3}$

| | | |
|---|---|------------|
|  | CINNANTI ARQUITETURA E ENGENHARIA LTDA | |
| | SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DO DISTRITO FEDERAL -SEEDF | 01/08/2023 |

R3: risco de perdas de patrimônio cultural

R3 = 0/ano

Status: A instalação de um sistema de SPDA não é necessária, segundo a NBR5419/2015, pois $R \leq 10^{-4}$

R4: risco de perda de valor econômico

R4 = 4.58×10^{-3} /ano

CT: custo total de perdas de valor econômico da estrutura (valores em \$)

CT = 0

CL: custo anual de perdas (valores em \$)

CL = 0