

Memorial de cálculo

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) |
|------------|-------------|-----------------|
| 6.90 m     | 11.67 m     | 17.04 m         |

A área de exposição equivalente (Ad) 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.

Ad = 2733.59 m²

Dados do projeto

Classificação da estrutura

Nível de proteção: IV

Densidade de descargas atmosféricas

Densidade de descargas atmosféricas para a terra: 6.54/km² x 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 Ra (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.

Nd (número de eventos perigosos para a estrutura)

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Cd (Fator de localização)                             | 2.5x10 <sup>-1</sup>       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² x ano             |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>                  | 4.47x10 <sup>-3</sup> /ano |

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

|  |                    |
|--|--------------------|
| 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)   | 2x10 <sup>-1</sup> |
| Pa = Pta x Pb  | 2x10 <sup>-1</sup> |

La (valores de perda na zona considerada)

|  |                    |
|--|--------------------|
| rt (Fator de redução em função do tipo da superfície do solo ou do piso)                             | 1x10 <sup>-2</sup> |
| Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) | 1x10 <sup>-2</sup> |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)   | 500                |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)  | 500                |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)                            | 8760 h/ano         |
| La = rt x Lt x (nz/nt) x (tz/8760)   | 1x10 <sup>-4</sup> |

Ra = Nd x Pa x La

Ra = 8.94x10<sup>-8</sup>/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)  | 2.5x10 <sup>-1</sup>       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)                | 6.54/km² x ano             |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>                                 | 4.47x10 <sup>-3</sup> /ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10 <sup>-1</sup>         |

Lb (valores de perda na zona considerada)

|   |                    |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10 <sup>-1</sup> |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)                         | 1x10 <sup>-1</sup> |
| hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)                | 10                 |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)    | 1x10 <sup>-1</sup> |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500                |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500                |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)                             | 8760 h/ano         |
| Lb = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760)  | 5x10 <sup>-2</sup> |

Rb = Nd x Pb x Lb

Rb = 4.47x10^-5/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)                             | 2.5x10^-1      |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6                             | 4.47x10^-3/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) | 5x10^-2               | 1                              |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)           | 1                     | 1                              |
| Pc.E = Pspd.E x Cld.E, Pc.T = Pspd.T x Cld.T  | 5x10^-2               | 1                              |
| Pc = 1 – [(1 – Pc.E) x (1 – Pc.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) | 1x10^-1    |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500        |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500        |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)                               | 8760 h/ano |
| Lc = Lo x (nz/nt) x (tz/8760)   | 1x10^-1    |

Rc = Nd x Pc x Lc

Rc = 4.47x10^-4/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)                          | 6.54/km² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 814108.16 m²   |
| Nm = Ng x Am x 10^-6   | 5.32/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)           | 5x10^-2               | 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  | 5x10^-2               | 1                              |
| Pm = 1 – [(1 – Pm.E) x (1 – Pm.T)]  | 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^-1    |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500        |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500        |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)                               | 8760 h/ano |
| Lm = Lo x (nz/nt) x (tz/8760)   | 1x10^-1    |

Rm = Nm x Pm x Lm

Rm = 5.32x10^-1/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 m²              | 40000 m²                       |

Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)

6.54/km² 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)   | 0.5                   | 1                              |
| Ct (Fator do tipo de linha)         | 1                     | 1                              |
| Ce (Fator ambiental)                | 0.1                   | 0.1                            |
| NI = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10^-6 | 1.31x10^-2/ano        | 2.62x10^-2/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 m²                  | 0 m²                           |
| 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                          |

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 x Peb x Pld x 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)                             | 1x10^-2    |
| Lt (Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico devido a um evento perigoso) | 1x10^-2    |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)   | 500        |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)  | 500        |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)                            | 8760 h/ano |
| Lu = rt x Lt x (nz / nt) x (tz / 8760)   | 1x10^-4    |

$Ru = Ru.E + Ru.T$

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

$Ru = 3.92 \times 10^{-6} / \text{ano}$

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

Componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosões 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 m²              | 40000 m²                       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² 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)   | 0.5                   | 1                              |
| 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 | 1.31x10^-2/ano        | 2.62x10^-2/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 m²                  | 0 m²                           |
| 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^-1    |
| hz (Fator aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial)                | 10         |
| 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)  | 500        |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500        |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)                             | 8760 h/ano |
| Lv = rp x rf x hz x Lf x (nz/nt) x (tz/8760)  | 5x10^-2    |

$Rv = Rv.E + Rv.T$

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

$Rv = 1.96 \times 10^{-3} / \text{ano}$

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 x LI  | 40000 m²              | 40000 m²                       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² 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)   | 0.5                   | 1                              |
| 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 | 1.31x10^-2/ano        | 2.62x10^-2/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 m²  | 0 m²  |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)          | 0.25  | 0.25  |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>               | 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)                                     | 5x10 <sup>-2</sup>    | 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                              |
| Pw = Pspd x Pld x Cld   | 5x10 <sup>-2</sup>    | 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) | 1x10 <sup>-1</sup> |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500                |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500                |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)                               | 8760 h/ano         |
| Lw = Lo x (nz/nt) x (tz/8760)   | 1x10 <sup>-1</sup> |

Rw = Rw.E + Rw.T

Rw = [(NI.E + Ndj.E) x Pw.E x Lw] + [(NI.T + Ndj.T) x Pw.T x Lw]

Rw = 2.68x10<sup>-3</sup>/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 x LI  | 4000000 m²            | 4000000 m²                     |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² 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)              | 0.5                   | 1                              |
| 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 <sup>-6</sup> | 1.31/ano              | 2.62/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)   | 5x10 <sup>-2</sup>    | 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   | 5x10 <sup>-2</sup>    | 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 <sup>-1</sup> |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500                |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500                |
| tz (Tempo, durante o qual as pessoas estão presentes na zona considerada)                               | 8760 h/ano         |
| Lz = Lo x (nz/nt) x (tz/8760)   | 1x10 <sup>-1</sup> |

Rz = Rz.E + Rz.T

Rz = (Ni.E x Pz.E x Lz) + (Ni.T x Pz.T x Lz)

Rz = 2.68x10<sup>-1</sup>/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.

R1 = Ra + Rb + Rc + Rm + Ru + Rv + Rw + Rz

R1 = 8.06x10<sup>-1</sup>/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)  | 2.5x10 <sup>-1</sup>       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)                | 6.54/km² x ano             |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>                                 | 4.47x10 <sup>-3</sup> /ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10 <sup>-1</sup>         |
| Lb (valores de perda na zona considerada)                            |                            |

|   |                    |
|---|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio) | 5x10 <sup>-1</sup> |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)                         | 1x10 <sup>-1</sup> |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)    | 1x10 <sup>-1</sup> |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500                |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500                |
| Lb = rp x rf x Lf x (nz/nt)   | 5x10 <sup>-3</sup> |

Rb = Nd x Pb x Lb

Rb = 4.47x10<sup>-6</sup>/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)                             | 2.5x10 <sup>-1</sup>       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² x ano             |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>                  | 4.47x10 <sup>-3</sup> /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) | 5x10 <sup>-2</sup>    | 1                              |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)           | 1                     | 1                              |
| Pc.E = Pspd.E x Cld.E, Pc.T = Pspd.T x Cld.T  | 5x10 <sup>-2</sup>    | 1                              |
| Pc = 1 – [(1 – Pc.E) x (1 – Pc.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) | 1x10 <sup>-2</sup> |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500                |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500                |
| Lc = Lo x (nz/nt)   | 1x10 <sup>-2</sup> |

Rc = Nd x Pc x Lc

Rc = 4.47x10<sup>-5</sup>/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)                          | 6.54/km² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 814108.16 m²   |
| Nm = Ng x Am x 10 <sup>-6</sup>  | 5.32/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)           | 5x10 <sup>-2</sup>    | 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  | 5x10 <sup>-2</sup>    | 1                              |
| Pm = 1 – [(1 – Pm.E) x (1 – Pm.T)]  | 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 <sup>-2</sup> |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500                |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500                |
| Lm = Lo x (nz/nt)   | 1x10 <sup>-2</sup> |

Rm = Nm x Pm x Lm

Rm = 5.32x10<sup>-2</sup>/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                         |
| Al = 40 x LI  | 40000 m²              | 40000 m²                       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² 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) | 0.5                   | 1                              |
| 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 <sup>-6</sup>  | 1.31x10 <sup>-2</sup> /ano | 2.62x10 <sup>-2</sup> /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 m²                       | 0 m²                           |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)   | 0.25                       | 0.25                           |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>  | 0/ano                      | 0/ano                          |
| Peb (Probabilidade em função do NP para qual os DPS foram projetados)   |                            |                                |
| Pv (probabilidade de uma descarga em uma linha causar danos físicos)  |                            | 1                              |
|   | 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 <sup>-1</sup>             |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)   |                            | 1x10 <sup>-1</sup>             |
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso)                        |                            | 1x10 <sup>-1</sup>             |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  |                            | 500                            |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   |                            | 500                            |
| Lv = rp x rf x Lf x (nz/nt)   |                            | 5x10 <sup>-3</sup>             |

$$R_v = R_v.E + R_v.T$$

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

$$R_v = 1.96x10^{-4}/ano$$

### 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 x LI   | 40000 m²                   | 40000 m²                       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)                    |                            | 6.54/km² 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)  | 0.5                        | 1                              |
| 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 <sup>-6</sup>                           | 1.31x10 <sup>-2</sup> /ano | 2.62x10 <sup>-2</sup> /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 m²                  | 0 m²                           |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)          | 0.25                  | 0.25                           |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>               | 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)                                     | 5x10 <sup>-2</sup>    | 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                              |
| Pw = Pspd x Pld x Cld   | 5x10 <sup>-2</sup>    | 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) | 1x10 <sup>-2</sup> |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500                |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500                |
| Lw = Lo x (nz/nt)   | 1x10 <sup>-2</sup> |

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

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

$$R_w = 2.68x10^{-4}/ano$$

### 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 x LI   | 4000000 m²            | 4000000 m²                     |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)                          |                       | 6.54/km² 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)  | 0.5                   | 1                              |
| 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 <sup>-6</sup>                                 | 1.31/ano              | 2.62/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)   | 5x10^-2               | 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   | 5x10^-2               | 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^-2 |
| nz (Número de pessoas na zona considerada)  | 500     |
| nt (Número total de pessoas na estrutura)   | 500     |
| Lz = Lo x (nz/nt)   | 1x10^-2 |

Rz = Rz.E + Rz.T

Rz = (Ni.E x Pz.E x Lz) + (Ni.T x Pz.T x Lz)

Rz = 2.68x10^-2/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 = 8.06x10^-2/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)  | 2.5x10^-1      |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)                | 6.54/km² x ano |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10^-6  | 4.47x10^-3/ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10^-1        |

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^-1 |
| 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 x Pb x Lb

Rb = 0/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 m²              | 40000 m²                       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² 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)   | 0.5                   | 1                              |
| 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 | 1.31x10^-2/ano        | 2.62x10^-2/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 m²                  | 0 m²                           |
| 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^-1 |

|  |                    |
|--|--------------------|
| Lf (Número relativo médio típico de vítimas feridas por danos físicos devido a um evento perigoso) | 1x10 <sup>-1</sup> |
| cz (Valor do patrimônio cultural na zona considerada) (R\$)  | 0                  |
| ct (Valor total da edificação e conteúdo da estrutura) (R\$)                                       | 1000000            |
| Lv = rp x rf x Lf x (cz/ct)  | 0                  |

$$R_v = R_{v.E} + R_{v.T}$$

$$R_v = [(Nl.E + Ndj.E) \times Pv.E \times Lv] + [(Nl.T + Ndj.T) \times Pv.T \times Lv]$$

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

### 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.

$$R3 = R_b + R_v$$

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

### 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)

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Cd (Fator de localização)  | 2.5x10 <sup>-1</sup>       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra)                | 6.54/km² x ano             |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>                                 | 4.47x10 <sup>-3</sup> /ano |
| Pb (Probabilidade de uma descarga na estrutura causar danos físicos) | 2x10 <sup>-1</sup>         |

Lb (valores de perda na zona considerada)

|  |                    |
|--|--------------------|
| rp (Fator de redução em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio)          | 5x10 <sup>-1</sup> |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)                                  | 1x10 <sup>-1</sup> |
| Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso) | 2x10 <sup>-1</sup> |
| 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 x rf x Lf x ((ca+cb+cc+cs)/CT)   | 1x10 <sup>-2</sup> |

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

$$R_b = 8.94 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

#### 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)                             | 2.5x10 <sup>-1</sup>       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² x ano             |
| Nd = Ng x Ad x Cd x 10 <sup>-6</sup>                  | 4.47x10 <sup>-3</sup> /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) | 5x10 <sup>-2</sup>    | 1                              |
| Cld (Fator dependendo das condições de blindagem, aterramento e isolamento)           | 1                     | 1                              |
| Pc.E = Pspd.E x Cld.E, Pc.T = Pspd.T x Cld.T  | 5x10 <sup>-2</sup>    | 1                              |
| Pc = 1 – [(1 – Pc.E) x (1 – Pc.T)]  | 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) | 1x10 <sup>-3</sup> |
| cs (Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na zona) (R\$)   | 0                  |
| CT: custo total de perdas econômicas da estrutura (valores em \$)  | 0                  |
| Lc = Lo x (cs/CT)  | 1x10 <sup>-3</sup> |

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

$$R_c = 4.47 \times 10^{-6} / \text{ano}$$

#### 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)                          | 6.54/km² x ano |
| Am (Área de exposição equivalente de descargas que atingem perto da estrutura) | 814108.16 m²   |
| Nm = Ng x Am x 10 <sup>-6</sup>  | 5.32/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)           | 5x10 <sup>-2</sup>    | 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) <sup>2</sup>  | 1                     | 1                              |
| Pm.E = Pspd.E x Pms.E, Pm.T = Pspd.T x Pms.T  | 5x10 <sup>-2</sup>    | 1                              |
| Pm = 1 – [(1 – Pm.E) x (1 – Pm.T)]  | 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) | 1x10 <sup>-3</sup> |
| 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 x (cs/CT)  | 1x10 <sup>-3</sup> |

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

$$Rm = 5.32 \times 10^{-3} / \text{ano}$$

### 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.

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 m²              | 40000 m²                       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² 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)              | 0.5                        | 1                              |
| Ct (Fator do tipo de linha)                    | 1                          | 1                              |
| Ce (Fator ambiental)                           | 0.1                        | 0.1                            |
| NI = Ng x Al x Ci x Ce x Ct x 10 <sup>-6</sup> | 1.31x10 <sup>-2</sup> /ano | 2.62x10 <sup>-2</sup> /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 m²                  | 0 m²                           |
| Cdj (Fator de localização da estrutura adjacente)          | 0.25                  | 0.25                           |
| Ndj = Ng x Adj x Cdj x Ct x 10 <sup>-6</sup>               | 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 <sup>-1</sup> |
| rf (Fator de redução em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura)                                  | 1x10 <sup>-1</sup> |
| Lf (Valor relativo médio típico de todos os valores atingidos pelos danos físicos devido a um evento perigoso) | 2x10 <sup>-1</sup> |
| 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                  |
| Lv = rp x rf x Lf x ((ca+cb+cc+cs)/CT)   | 1x10 <sup>-2</sup> |

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

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

$$Rv = 3.92 \times 10^{-4} / \text{ano}$$

### 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.

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 m²              | 40000 m²                       |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) | 6.54/km² 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) | 0.5                   | 1                              |
| 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 | 1.31x10^-2/ano | 2.62x10^-2/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 m²                  | 0 m²                           |
| 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                          |
| 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)  | 5x10^-2               | 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                              |
| Pw = Pspd x Pld x Cld  | 5x10^-2               | 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) |                       | 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                              |
| Lw = Lo x (cs/CT)  |                       | 1x10^-3                        |

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

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

$$Rw = 2.68x10^{-5}/ano$$

### 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 x LI  | 4000000 m²            | 4000000 m²                     |
| Ng (Densidade de descargas atmosféricas para a terra) |                       | 6.54/km² 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)   | 0.5                   | 1                              |
| 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 | 1.31/ano              | 2.62/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)   | 5x10^-2               | 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   | 5x10^-2               | 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 |

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

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

$$Rz = 2.68x10^{-3}/ano$$

### 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.

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

$$R4 = 8.44x10^{-3}/ano$$

## 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.

$ct = ca + cb + cc + cs$

$ct = 0$

**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 | 80562.28x10 <sup>-5</sup> | 80.56x10 <sup>-3</sup> | 0  | 8.44x10 <sup>-3</sup> |

Foram avaliados os seguintes riscos da estrutura:

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

R1 = 80562.28x10<sup>-5</sup>/ano  
Status: A instalação de um sistema de SPDA é necessária, segundo a norma NBR5419/2015, pois R > 10<sup>-5</sup>

**R2: risco de perdas de serviço ao público**

R2 = 80.56x10<sup>-3</sup>/ano  
Status: A instalação de um sistema de SPDA é necessária, segundo a norma NBR5419/2015, pois R > 10<sup>-3</sup>

**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 <= 10<sup>-4</sup>

**R4: risco de perda de valor econômico**

R4 = 8.44x10<sup>-3</sup>/ano

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

CT = 0

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

CL = 0