

Contratante: FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIENCIAS DA SAUDE
CNPJ Nº: 92.967.595/0001-77

OBRA: RUA DA CONCEIÇÃO 434 – PORTO ALEGRE/RS

ANÁLISE DE RISCO

Objeto:

Não há dispositivos ou métodos capazes de modificar os fenômenos climáticos naturais a ponto de se prevenir a ocorrência de descargas atmosféricas. As descargas atmosféricas que atingem estruturas (ou linhas elétricas e tubulações metálicas que adentram nas estruturas) ou que atingem a terra em suas proximidades são perigosas às pessoas, às próprias estruturas, seus conteúdos e instalações.

Portanto, medidas de proteção contra descargas atmosféricas devem ser consideradas.

A necessidade de proteção, os benefícios econômicos da instalação de medidas de proteção e a escolha das medidas adequadas de proteção devem ser determinados em termos do gerenciamento de risco. O método de gerenciamento de risco está contido na ABNT NBR 5419-2.

As medidas de proteções consideradas na ABNT NBR 5419 são comprovadamente eficazes na redução dos riscos associados às descargas atmosféricas.

Todas as medidas de proteção contra descargas atmosféricas formam a proteção completa contra descargas atmosféricas. Por razões práticas, os critérios para projeto, instalação e manutenção das medidas de proteção são considerados em dois grupos separados:

- o primeiro grupo se refere às medidas de proteção para reduzir danos físicos e riscos à vida dentro de uma estrutura e está contido na ABNT NBR 5419-3;
- o segundo grupo se refere às medidas de proteção para reduzir falhas de sistemas elétricos e eletrônicos em uma estrutura e está contido no ABNT NBR 5419-4.

Efeitos das descargas atmosféricas sobre uma estrutura

As principais características das estruturas relevantes para os efeitos das descargas atmosféricas incluem:

- a) construção (por exemplo, madeira, alvenaria, concreto, concreto armado, estrutura em aço);
- b) função (residência, escritório, comércio, rural, teatro, hotel, escola, hospital, museu, igreja, prisão, shopping center, banco, fábrica, área industrial, área de práticas esportivas);

Descargas atmosféricas para a terra podem ser perigosas para as estruturas e para as linhas de energia e de sinal.

Os perigos para uma estrutura podem resultar em:

- danos à estrutura e ao seu conteúdo;
- falhas aos sistemas eletroeletrônicos associados,
- ferimentos a seres vivos dentro ou perto das estruturas.

Os efeitos consequentes dos danos e falhas podem ser estendidos às vizinhanças da estrutura ou podem envolver o meio ambiente.

Para reduzir as perdas devido às descargas atmosféricas, podem ser necessárias medidas de proteção. Quando estas são necessárias, e em qual medida, deve ser determinado pela análise de risco.

O risco, definido pela Norma como a provável perda média anual em uma estrutura devido às descargas atmosféricas, depende de:

- o número anual de descargas atmosféricas que influenciam a estrutura;
- a probabilidade de dano por uma das descargas atmosféricas que influenciam;
- a quantidade média das perdas causadas.

As descargas atmosféricas que influenciam a estrutura podem ser divididas em:

- descargas diretas à estrutura,
- descargas próximas à estrutura, diretas às linhas conectadas (linhas de energia, linhas de telecomunicações) ou perto das linhas.

Descargas atmosféricas diretas à estrutura ou a uma linha conectada podem causar danos físicos e perigo à vida.

Descargas atmosféricas próximas à estrutura ou à linha, assim como as descargas atmosféricas diretas à estrutura ou à linha, podem causar falhas dos sistemas eletroeletrônicos devido às sobretensões resultantes do acoplamento resistivo e indutivo destes sistemas com a corrente da descarga atmosférica.

Entretanto, as falhas causadas pelas sobretensões atmosféricas nas instalações do usuário e nas linhas de suprimento de energia podem também gerar sobretensões do tipo chaveamento nas instalações.

O número das descargas atmosféricas que influenciam a estrutura depende das dimensões e das características das estruturas e das linhas conectadas, das características do ambiente da estrutura e das linhas, assim como da densidade de descargas atmosféricas para a terra na região onde estão localizadas a estrutura e as linhas.

A probabilidade de danos devido à descarga atmosférica depende da estrutura, das linhas conectadas, e das características da corrente da descarga atmosférica, assim como do tipo e da eficiência das medidas de proteção efetuadas.

A quantidade média da perda consequente depende da extensão dos danos e dos efeitos consequentes, os quais podem ocorrer como resultado de uma descarga atmosférica.

O efeito das medidas de proteção resulta das características de cada medida de proteção e pode reduzir as probabilidades de danos ou a quantidade média da perda consequente.

A decisão de prover uma proteção contra descargas atmosféricas pode ser tomada independentemente do resultado da análise de risco, onde exista o desejo de que não haja este.

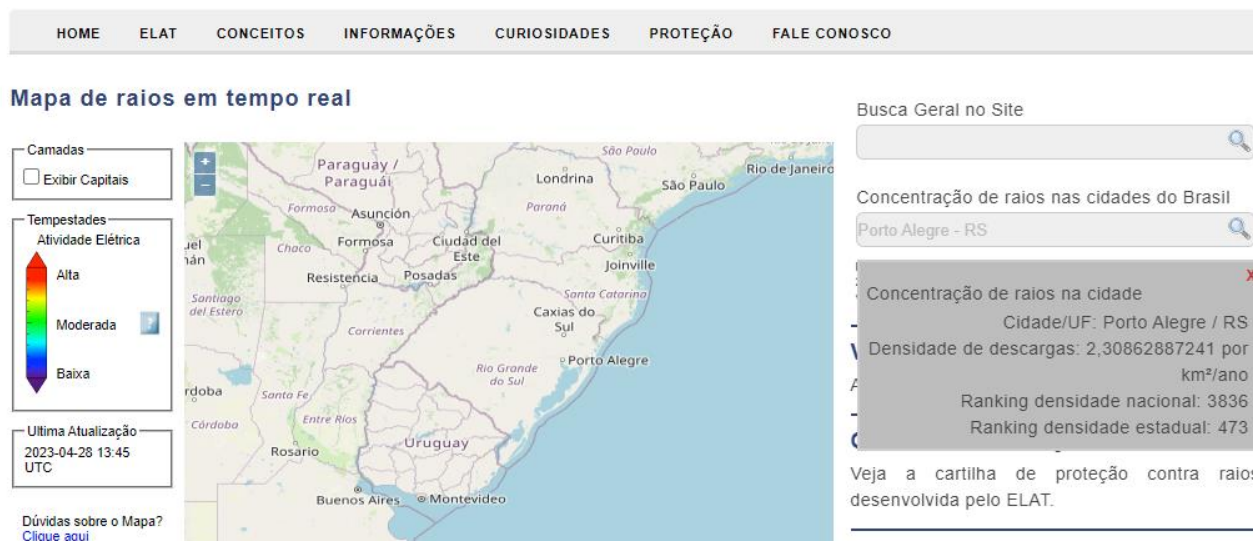
Estruturas até 60 m de altura

Pesquisas indicam que a probabilidade do impacto de descargas atmosféricas de baixa amplitude na fachada de estruturas menores de 60 m de altura são suficientemente baixas podendo ser desconsideradas. Telhados e saliências horizontais devem ser protegidos de acordo com a classe do SPDA determinada pela avaliação de risco da ABNT NBR 5419-2.

Densidade de Descargas Atmosféricas Ng:

Conforme site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) a densidade de descargas atmosféricas para a terra em Porto Alegre/RS é $Ng = 2,30$ descargas atmosféricas por quilometro quadrado por ano.

Essa densidade é considerada baixa.



<http://www.inpe.br/webelat/homepage/>

Situação e Localização

Conforme situação e localização da obra no Município de Porto Alegre/RS, tomou-se como análise os seguintes critérios:

Perda de vida humana (L1) e perda econômica (L4) são relevantes para este tipo de estrutura. Isto é requisito para a avaliação da necessidade de proteção. Isto implica na necessidade de se determinar somente o risco R1 para perda de vida humana (L1) com os componentes de risco RA, RB, RU e RV (de acordo com a Tabela 2 da NBR5419) e para comparar com o risco $RT = 10^{-5}$ (de acordo com a Tabela 4 da NBR5419). As medidas de proteção adequadas para mitigar estes riscos devem ser selecionadas.

Dados Relevantes e Características:

As construções estão localizadas em um território plano e Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos. A densidade de descargas atmosféricas para a terra é $NG = 2,30$ descargas atmosféricas por quilometro quadrado por ano.

Dados para as construções e redondeza são dados na Tabela E.1.

Dados para as linhas que adentram e seus sistemas internos conectados são dados para linha de energia na Tabela E.2 e para linhas de sinais na Tabela E.3

Tabela E.1 – características da estrutura e meio ambiente

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para a terra ($1/\text{km}^2/\text{ano}$)		Ng	2,30	
Dimensões da estrutura (m)		L, W, H	Anexos	
Fator de localização da estrutura	Estrutura isolada	Cd	1	Tabela A.1
SPDA	Nenhum	Pb	1	Tabela B.2
Ligação equipotencial	Nenhuma	Peb	1	Tabela B.7
Blindagem espacial externa	Nenhuma	Ks1	1	Equação (B.5)

Tabela E.2 – linha de energia

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m) a		LL	1 000	
Fator de Instalação	Enterrada	CI	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	Linha BT	CT	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Rural	CE	1	Tabela A.4
Blindagem da linha	Não blindada	RS	-	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	Cld	1	Tabela B.4
		Cli	1	
Estrutura adjacente	Nenhuma	Lj, Wj, Hj	-	
Fator de localização da estrutura	Nenhuma	Cdj	-	Tabela A.1
Tensão suportável do sistema interno (kV)		UW	2,5	
	Parâmetros resultantes	Ks4	0,4	Equação (B.7)
		Plid	1	Tabela B.8
		Pli	0,3	Tabela B.9

a Como o comprimento LI da seção da linha é desconhecido, LI = 1 000 m é assumido (ver A.4 e A.5)

Tabela E.3 – linha de sinal

Parâmetros de entrada	Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Comprimento (m) a		LL	1 000 m	
Fator de Instalação	Aérea	CI	0,5	Tabela A.2
Fator tipo da linha	Linha de sinais	CT	1	Tabela A.3
Fator do ambiente	Rural	CE	1	Tabela A.4
Blindagem da linha	Não blindada	RS	-	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Nenhuma	Cld	1	Tabela B.4
		Cli	1	
Estrutura adjacente	Nenhuma	Lj, Wj, Hj	-	
Fator de localização da estrutura	Estrutura Isolada	Cdj	-	Tabela A.1
Tensão suportável do sistema interno (kV)		UW	1,5	
	Parâmetros resultantes	Ks4	0,67	Equação (B.7)
		Pld	1	Tabela B.8
		Pli	0,5	Tabela B.9

a Como o comprimento LI da seção da linha é desconhecido, LI = 1 000 m é assumido (ver A.4 e A.5)

Tabela E.4 – fator válido para a zona Z2 (dentro da edificação)

Parâmetros de entrada		Comentário	Símbolo	Valor	Referência
Tipo de piso		linóleo	Rt	10-5	Tabela C.3
Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		Nenhuma	Pta	1	Tabela B.1
proteção contra choque (descarga atmosférica na linha		Nenhuma	Ptu	1	Tabela B.6
Risco de incêndio		Baixo	rf	10-3	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Nenhuma	rp	1	Tabela C.4
Blindagem espacial interna		Nenhuma	Ks2	1	Equação (B.6)
Energia	Fiação interna	Não blindada (laço dos condutores em um mesmo eletroduto)	Ks3	0,2	Tabela B.5
	DPS Coordenados	Nenhuma	Pspd	1	Tabela B.3

Telecom	Fiação interna	Não blindada (grandes laços > 10 m²)	Ks3	1	Tabela B.5
	DPS Coordenados	Nenhuma	Pspd	1	Tabela B.3
L1: perda de vida humana		Perigo especial: nenhum	hz	1	Tabela C.6
		D1: devido à tensão de toque e passo	Lt	10-2	Tabela C.2
		D2: devido a danos físicos	Lf	10-1	
		D3: devido a falhas de sistemas internos	LO	-	
Fator para pessoas na zona		$n_z / n_t \times t_z / 8\,760 = 5/5 \times 8\,760 / 8\,760$	-	1	
		parâmetros resultantes	LA	10-7	Equação (C.1)
			LU	10-7	Equação (C.2)
			LB	10-4	Equação (C.3)
			LV	10-4	Equação (C.3)

Tabela E.5 - áreas de exposição equivalente da estrutura e linhas

	Símbolo	Resultado m²	Referência Equação	Equação
Estrutura	Ad	$2,58 \times 10^3$	(A.2)	$Ad = L \times W + 2 \times (3 + H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2$
	Am	-	(A.7)	Não relevante
Linha de Energia	Al/P	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$Al/P = 40 \times LL$
	Ai/P	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$Al/P = 4\,000 \times LL$
	Adj/p	0	(A.2)	Nenhuma estrutura adjacente
Linha Telecom	Al/t	$4,00 \times 10^4$	(A.9)	$Al/T = 40 \times LL$
	Ai/t	$4,00 \times 10^6$	(A.11)	$Al/T = 4\,000 \times LL$
	Adj/t	0	(A.2)	Nenhuma estrutura adjacente

Tabela E.6 - número esperado anual de eventos perigosos

	Símbolo	Resultado 1/ano	Referência Equação	Equação
Estrutura	Nd	$1,03 \times 10^{-2}$	(A.4)	$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$
	Nm	-	(A.6)	Não relevante

.7.

Linha de Energia	NL/P	$8,00 \times 10^{-2}$	(A.8)	$NL/P = NG \times AL/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$
	NI/p	8,00	(A.10)	$NI/P = NG \times AL/P \times CI/P \times CE/P \times CT/P \times 10^{-6}$
	Ndj/P	0	(A.5)	Nenhuma estrutura adjacente
Linha Telecom	NL/T	$1,60 \times 10^{-1}$	(A.8)	$NL/T = NG \times AL/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$
	NI/T	16	(A.10)	$NI/T = NG \times AL/T \times CI/T \times CE/T \times CT/T \times 10^{-6}$
	Ndj/T	0	(A.5)	Nenhuma estrutura adjacente

Tabela E.7 – risco R1 para estrutura não protegida (valores $\times 10^{-5}$)

	Símbolo	Z1	Z2	Estrutura
D1 Ferimento	RA	-	~ 0	~ 0
	$RU = RU/P + RU/T$		0,002	0,002
D2 Danos Físicos	RB		0,103	0,103
	$RV = RV/P + RV/T$		2,40	2,40
Total		-	2,51	R1 = 2,51
Tolerável		R1 > RT : proteção contra descargas atmosféricas é requerida		RT = 1

Tabela E.8 – componentes de risco relevantes ao Risco R1 para a estrutura protegida

Tipo de danos	Símbolo	Resultado caso a) $\times (10^{-5})$	Resultado caso b) $\times (10^{-5})$
D1 Ferimentos devido a choque	RA	~ 0	~ 0
	$RU = RU/P + RU/T$	~ 0	~ 0
D2 Danos físicos	RB	0,103	0,021
	RV	0,12	0,120
Total	R1	0,223	0,141

Relatórios Anexo

Em anexo.

Avaliação do resultado:

Considerando que:

R1 numera o risco de perda de vida humana;

R2 numera o risco de perdas de serviço público

R3 numera o risco de perdas de patrimônio cultural

R4 numera o risco de perdas de valor econômico

RA numera a componente relacionado a seres vivos por choque elétrico (D1, S1)

RB numera a componente relacionado a danos físicos (D2, S1)

RC numera a componente relacionado à falha de sistemas internos (D3, S1)

RM numera a componente relacionada à falha de sistemas internos (D3, S2)

RU numera a componente relacionado a seres vivos por choque elétrico (D1, S3)

RV numera a componente relacionado a danos físicos (D2, S3)

RW numera a componente relacionada à falha de sistemas internos (D3, S3)

RZ numera a componente relacionada à falha de sistemas internos (D3, S4)

Conclui-se:

Dada a análise de risco e comparando com os valores de risco máximos sugeridos pela ABNT NBR5410-2 de 2015, a edificação está protegida contra descargas atmosféricas, pois o risco é menor que o risco máximo tolerável. De qualquer modo estamos prevendo o método de esfera rolante considerando que teremos painéis fotovoltaicos instalados.

Reservamos a exclusividade do uso dos resultados aqui obtidos para o Contratante: FUNDACÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIENCIAS DA SAUDE e corroboramos esta ação através da ARTN nº **12435778** apresentada em anexo, da qual a Contratante é favorecida.



Porto Alegre, 07 de novembro de 2023.

Engº Marcio A Jucewicz CREA-RS – 107.215-D