



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro – General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 – TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

CARACTERÍSTICAS:

NBR 5419/2015

O risco, R, é um valor relativo a uma provável perda anual média. Para cada tipo de perda que pode aparecer na estrutura, o risco resultante deve ser avaliado.

Os riscos a serem avaliados em uma estrutura devem ser como a seguir:

- a) R1: risco de perda de vida humana (incluindo ferimentos permanentes);
- b) R2: risco de perda de serviço ao público;
- c) R3: risco de perda de patrimônio cultural;
- d) R4: risco de perda de valores econômicos.

Componentes de risco para uma estrutura devido às descargas atmosféricas na estrutura

a) RA: 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 3 m ao redor dos condutores de descidas. Perda de tipo L1 e, no caso de estruturas contendo animais vivos, as perdas do tipo L4 com possíveis perdas de animais podem também aumentar;

NOTA Em estruturas especiais, pessoas podem estar em perigo por descargas atmosféricas diretas (por exemplo, no nível superior de estacionamentos ou estádios). Recomenda-se que estes casos também sejam considerados utilizando os princípios desta Parte da ABNT NBR 5419.

b) RB: 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. Todos os tipos de perdas (L1, L2, L3 e L4) podem aumentar;

c) RC: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP. Perdas do tipo L2 e L4 podem ocorrer em todos os casos junto com o tipo L1, 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.



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO





DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro - General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 – TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

Tabela 1 – Fontes de danos, tipos de danos e tipos de perdas de acordo com o ponto de impacto

Descarga atmosférica		Estrutura	
Ponto de impacto	Fonte de danos	Tipo de danos	Tipo de perdas
	S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S2	D3	L1 ^b , L2, L4
	S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
	S4	D3	L1 ^b , L2, L4

^a Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

^b Somente para estruturas com risco de explosão ou para hospitais ou outras estruturas onde falhas de sistemas internos podem imediatamente colocar em perigo a vida humana.

Tabela 2 – Componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda em uma estrutura

Fonte de danos	Descarga atmosférica na estrutura S1			Descarga atmosférica perto da estrutura S2	Descarga atmosférica em uma linha conectada à estrutura S3			Descarga atmosférica perto de uma linha conectada à estrutura S4
	R_A	R_B	R_C		R_U	R_V	R_W	
Componente de risco				R_M				R_Z
Risco para cada tipo de perda								
R_1	*	*	* a	* a	*	*	* a	* a
R_2		*	*	*		*	*	*
R_3		*	*	*		*	*	*
R_4	* b	*	*	*	* b	*	*	*

^a Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possam colocar em perigo a vida humana.

^b Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro - General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 - TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

Tabela 4 – Valores típicos de risco tolerável R_T

Tipo de perda		$R_T (y^{-1})$
L1	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	10^{-5}
L2	Perda de serviço ao público	10^{-3}
L3	Perda de patrimônio cultural	10^{-4}

Para a avaliação dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas na estrutura, as seguintes equações são aplicáveis:

a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$RA = ND \times PA \times LA \text{ (6)}$$

b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$RB = ND \times PB \times LB \text{ (7)}$$

c) componente relacionado à falha de sistemas internos (D3)

$$RC = ND \times PC \times LC \text{ (8)}$$

Parâmetros para avaliar estes componentes de risco são dados na Tabela 5.

Para a avaliação dos componentes de risco devido às descargas atmosféricas em uma linha conectada à estrutura, as seguintes equações são aplicáveis:

a) componente relacionado a ferimentos a seres vivos por choque elétrico (D1)

$$RU = (NL + NDJ) \times PU \times LU \text{ (10)}$$

b) componente relacionado a danos físicos (D2)

$$RV = (NL + NDJ) \times PV \times LV \text{ (11)}$$

c) componente relacionado à falha dos sistemas internos (D3)

$$RW = (NL + NDJ) \times PW \times LW \text{ (12)}$$

NOTA 1 Em muitos casos, NDJ pode ser desprezado.



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro - General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 – TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

Tabela C.1 – Tipo de perda L1: Valores da perda para cada zona

Tipo de dano	Perda típica	Equação
D1	$L_A = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_Z / 8\,760$	(C.1)
D1	$L_U = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_Z / 8\,760$	(C.2)
D2	$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_Z \times L_F \times n_Z / n_t \times t_Z / 8\,760$	(C.3)
D3	$L_C = L_M = L_W = L_Z = L_O \times n_Z / n_t \times t_Z / 8\,760$	(C.4)

Tabela C.2 – Tipo de perda L1: Valores médios típicos de L_T , L_F e L_O

Tipos de danos	Valor de perda típico	Tipo da estrutura
D1 ferimentos	L_T	10 ⁻² Todos os tipos
D2 danos físicos	L_F	10 ⁻¹ Risco de explosão
		10 ⁻¹ Hospital, hotel, escola, edifício cívico
		5 × 10 ⁻² Entretenimento público, igreja, museu
		2 × 10 ⁻² Industrial, comercial
		10 ⁻² Outros
D3 falhas de sistemas internos	L_O	10 ⁻¹ Risco de explosão
		10 ⁻² Unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital
		10 ⁻³ Outras partes de hospital

Tabela C.3 – Fator de redução r_t em função do tipo da superfície do solo ou piso

Tipo de superfície ^b	Resistência de contato $k \, \Omega$ ^a	r_t
Agricultura, concreto	≤ 1	10 ⁻²
Marmore, cerâmica	1 – 10	10 ⁻³
Cascalho, tapete, carpete	10 – 100	10 ⁻⁴
Asfalto, linóleo, madeira	≥ 100	10 ⁻⁵

^a Valores medidos entre um eletrodo de 400 cm² comprimido com uma força uniforme de 500 N e um ponto considerado no infinito.

^b Uma camada de material isolante, por exemplo, asfalto, de 5 cm de espessura (ou uma camada de cascalho de 15 cm de espessura) geralmente reduz o perigo a um nível tolerável.



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro – General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 – TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

Tabela C.4 – Fator de redução r_p em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio

Providências	r_p
Nenhuma providência	1
Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	0,5
Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático ^a	0,2
^a Somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 min.	

Tabela C.5 – Fator de redução r_f em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura

Risco	Quantidade de risco	r_f
Explosão	Zonas 0, 20 e explosivos sólidos	1
	Zonas 1, 21	10^{-1}
	Zonas 2, 22	10^{-3}
Incêndio	Alto	10^{-1}
	Normal	10^{-2}
	Baixo	10^{-3}
Explosão ou incêndio	Nenhum	0

Tabela C.6 – Fator h_z aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial

Tipo de perigo especial	h_z
Sem perigo especial	1
Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	2
Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)	5
Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pessoas imobilizadas, hospitais)	5
Alto nível de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes maior que 1 000 pessoas)	10



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro - General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 – TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

$$L_A = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_Z / 8\,760$$

$$L_A = 10^{-3} \times 10^{-2} \times 1$$

$$L_A = 10^{-5}$$

$$L_B = L_V = r_p \times r_f \times h_Z \times L_F \times n_Z / n_t \times t_Z / 8\,760$$

$$L_B = L_V = 1 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-2} \times 1$$

$$L_B = L_V = 10^{-5}$$

$$L_U = r_t \times L_T \times n_Z / n_t \times t_Z / 8\,760$$

$$L_U = 10^{-3} \times 10^{-2} \times 1$$

$$L_U = 10^{-5}$$

Tabela B.2 – Valores de probabilidade P_B dependendo das medidas de proteção para reduzir danos físicos

Características da estrutura	Classe do SPDA	P_B
Estrutura não protegida por SPDA	–	1
Estrutura protegida por SPDA	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Estrutura com subsistema de captação conforme SPDA classe I e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descida natural		0,01
Estrutura com cobertura metálica e um subsistema de captação, possivelmente incluindo componentes naturais, com proteção completa de qualquer instalação na cobertura contra descargas atmosféricas diretas e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descidas natural		0,001

Tabela B.1 – Valores de probabilidade P_{TA} de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo perigosas

Medida de proteção adicional	P_{TA}
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos de alerta	10^{-1}
Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)	10^{-2}
Equipotencialização efetiva do solo	10^{-2}
Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida	0



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro - General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 – TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

$$PA = PTA \times PB$$

$$PA = 1 \times 1$$

$$PA = 1$$

Tabela B.6 – Valores da probabilidade P_{TU} de uma descarga atmosférica em uma linha que adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque perigosas

Medida de proteção	P_{TU}
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos visíveis de alerta	10^{-1}
Isolação elétrica	10^{-2}
Restrições físicas	0

Tabela B.7 – Valor da probabilidade P_{EB} em função do NP para o qual os DPS foram projetados

NP	P_{EB}
Sem DPS	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 4	0,005 – 0,001

Tabela B.8 – Valores da probabilidade P_{LD} dependendo da resistência R_S da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_W do equipamento

Tipo da linha	Condições do roteamento, blindagem e interligação		Tensão suportável U_W em kV				
			1	1,5	2,5	4	6
Linhas de energia ou sinal	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento		1	1	1	1	1
	Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	$5 \Omega/\text{km} < R_S \leq 20 \Omega/\text{km}$	1	1	0,95	0,9	0,8
		$1 \Omega/\text{km} < R_S \leq 5 \Omega/\text{km}$	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
		$R_S \leq 1 \Omega/\text{km}$	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro - General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 – TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

Tabela B.4 – Valores dos fatores C_{LD} e C_{LI} dependendo das condições de blindagem aterramento e isolamento

Tipo de linha externa	Conexão na entrada	C_{LD}	C_{LI}
Linha aérea não blindada	Indefinida	1	1
Linha enterrada não blindada	Indefinida	1	1
Linha de energia com neutro multiaterrado	Nenhuma	1	0,2
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,3
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,1
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0

$$PU = PTU \times PEB \times PLD \times CLD$$

$$PU = 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$PU = 1$$

$$PV = PEB \times PLD \times CLD$$

$$PV = 1 \times 1 \times 1$$

$$PV = 1$$

Geometria da estrutura

Comprimento (L) = 27,00 m

Largura (W) = 11,00 m

Altura (H) = 6,50 m

AD – Área de exposição equivalente (m²)

AD	$L \cdot W + 2 \cdot (3 \cdot H) \cdot (L + W) + 3,1416 \cdot (3 \cdot H)^2$
AD	$27 \cdot 11 + 2 \cdot (3 \cdot 6,5) \cdot (27 + 11) + 3,14159 \cdot (3 \cdot 6,5)^2$
AD	2.973,59 m ²

Densidade e descargas atmosféricas para a terra (NG)

NG= 3,87 Km²/ano – Fonte: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/>



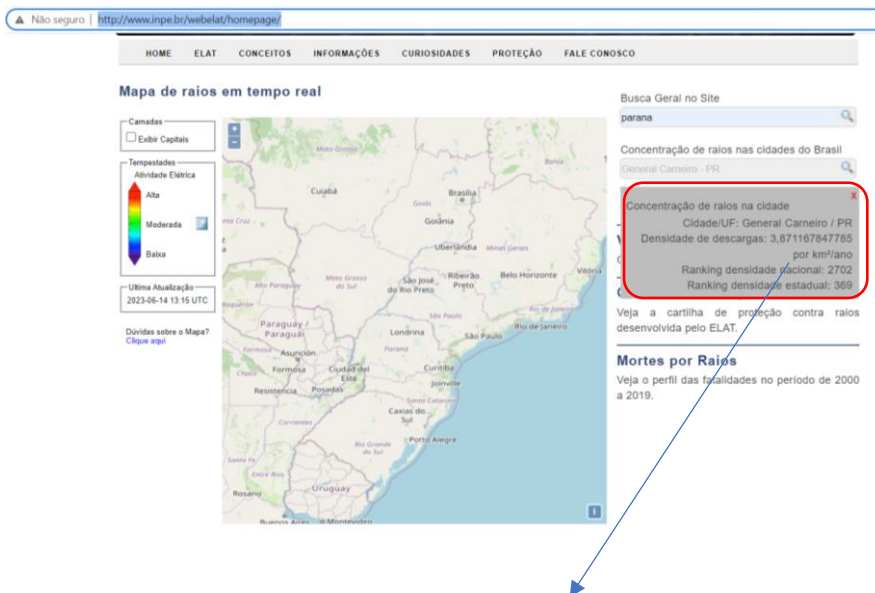
PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro - General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 - TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br



General Carneiro - PR

Concentração de raios na cidade

Cidade/UF: General Carneiro / PR

Densidade de descargas: 3,871167847785
por km²/ano

Ranking densidade nacional: 2702

Ranking densidade estadual: 369

Fatores de ponderação

- Estrutura cercada por objeto da mesma altura ou mais baixo:

Tabela A.1 – Fator de localização da estrutura C_D

Localização relativa	C_D
Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças	1
Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte	2

- **Comprimento da linha elétrica:** LL é o comprimento da seção da linha, expresso em metros (m). Onde o comprimento da seção da linha é desconhecido, pode ser assumido $LL = 1\,000\text{ m}$.



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro – General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 – TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

LI: 1000m

- Fator de instalação da Linha energia:

Tabela A.2 – Fator de instalação da linha C_I

Roteamento	C_I
Aéreo	1
Enterrado	0,5
Cabos enterrados instalados completamente dentro de uma malha de aterramento (ABNT NBR 5419-4:2015, 5.2).	0,01

- Fator do tipo de linha Energia

Tabela A.3 – Fator tipo de linha C_T

Instalação	C_T
Linha de energia ou sinal	1
Linha de energia em AT (com transformador AT/BT)	0,2

Tabela A.4 – Fator ambiental da linha C_E

Ambiente	C_E
Rural	1
Suburbano	0,5
Urbano	0,1
Urbano com edifícios mais altos que 20 m.	0,01

$$ND = NG \times AD \times CD \times 10^{-6}$$

$$AL = 40 \times LL$$

$$ND = 3,87 \times 2973,59 \times 0,5 \times 10^{-6}$$

$$AL = 40 \times 1000 \quad AL = 40.000$$

$$ND = 5,75 \times 10^{-3}$$

$$NL = NG \times AL \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$$

$$NL = 3,87 \times 40000 \times 0,5 \times 0,1 \times 1 \times 10^{-6}$$

$$NL = 7,74 \times 10^{-3}$$

$$RA = ND \times PA \times LA$$

$$RA = 5,76 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-5}$$

$$RA = 5,76 \times 10^{-8}$$



PREFEITURA MUNICIPAL DE GENERAL CARNEIRO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

Av. Pres. Getúlio Vargas, 601 – Centro - General Carneiro – Paraná

CEP: 84.660-000 - TEL.: (0**42) 3552-1441

engenharia@generalcarneiro.pr.gov.br

$$RB = ND \times PB \times LB$$

$$RB = 5,76 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-4}$$

$$RB = 5,76 \times 10^{-7}$$

$$RU = (NL + NDJ) \times PU \times LU$$

$$RU = (7,74 \times 10^{-3} + 0) \times 1 \times 10^{-5}$$

$$RU = 7,74 \times 10^{-3}$$

$$RV = (NL + NDJ) \times PV \times LV$$

$$RV = (7,74 \times 10^{-3} + 0) \times 1 \times 10^{-5}$$

$$RV = 7,74 \times 10^{-8}$$

$$R1 = RA + RB + RU + RV$$

$$R1 = 5,76 \times 10^{-8} + 5,76 \times 10^{-7} + 7,74 \times 10^{-3} + 7,74 \times 10^{-8}$$

$$R1 = 7,74 \times 10^{-3}$$

Risco menor que 10^{-5} , risco tolerável para vida humana. Portanto não necessário a instalação do SPDA.

General Carneiro, Estado do Paraná, 03 de abril de 2023.

Marcela dos Santos Guimarães

Eng.º Civil – CREA-PR 167254/D

Departamento de Engenharia

Município de General Carneiro/PR.