

ANÁLISE DE RISCO PDA

Análise de Risco de Descargas Atmosféricas	
Cliente	FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIENCIAS DA SAUDE
Endereço	RUA DA CONCEIÇÃO 434 - PORTO ALEGRE/RS

As principais zonas de estudo podem ser definidas:

Z0 - Fora da estrutura

Z1 - Dentro da estrutura

Para a zona Z0, considera-se que nenhuma pessoa está fora da casa e, portanto, o risco R1 nesta zona é nulo. O risco R4 para esta zona está presente e é demonstrado no decorrer deste estudo.

Para a zona Z1, considera-se que o risco R4 é nulo, pois não há bens de monta considerável nesta zona. Entretanto o risco R1 para esta zona é considerado tendo em vista a presença de pessoas e é demonstrado no decorrer deste estudo.

Tabela 1 - Características da Estrutura e do Meio Ambiente				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Densidade de descargas atmosféricas para o local estudado (1/km²/ano)	Consultado em: http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng/	Ng	2,3	INPE
Dimensões da estrutura	Estudo com formato prismático simples	L	14,36	17.636
		W	40,71	
		H	19,4	
	AD' (somente para construções com formatos complexos)	AD'	-	
Fator de localização da	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	Cd	0,5	Tabela A.1
SPDA instalado	Estrutura não protegida por SPDA	Pb	1	Tabela B.2
Ligação Equipotencial	Sem DPS	Peb	1	Tabela B.7
Blindagem externa	Não se aplica	Wm1	-	-
		Wm2	-	
	Ks1=0,12*Wm1	Ks1	1	Eq B.5
	Ks2=0,12*Wm2	Ks2	1	Eq B.6

Tabela 2 - Linhas conectadas à estrutura				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Linha de energia	Se aplica	Pli	0,3	Tabela B.9
Comprimento (m)	Padrão LI=1000	LI	1000	Metros
Fator de instalação	Aéreo	CI	1	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha de energia em AT (com transformador AT/BT)	Ct	0,2	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	Ce	0,1	Tabela A.4
Blindagem da linha	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada	RS	-	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Linha de energia com neutro multiaterrado, Nenhuma	Cldp	1	Tabela B.4
		Cli	0,2	
Estrutura adjacente	Dimensões da estrutura adjacente	Lj	0	0
		Wj	0	
		Hj	0	
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	Cdj	0,5	Tabela A.1
Tensão suportável do sistema interno	2,5 kV	Uw	2,5	Tabela B.8
		Ks4	0,400	Eq B.7
		Pld	1	Tabela B.8

Linha de sinal	Se aplica	Pli	0,2	Tabela B.9
Comprimento (m)	Padrão LI=1000	LI	1000	Metros
Fator de instalação	Aéreo	CI	1	Tabela A.2
Fator tipo de linha	Linha de energia ou sinal	Ct	1	Tabela A.3
Fator ambiental	Urbano	Ce	0,1	Tabela A.4
Blindagem da linha	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada	RS	-	Tabela B.8
Blindagem, aterramento, isolamento	Qualquer tipo, Interfaces isolantes de acordo com a ABNT NBR 5419-4	Cldd	0	Tabela B.4
		Cli	0	
Estrutura adjacente	Dimensões da estrutura adjacente	Lj	0	0
		Wj	0	
		Hj	0	
Fator de localização da estrutura	Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	Cdj	0,5	Tabela A.1
Tensão suportável do sistema interno (kV)	2,5 kV	Uw	2,5	Tabela B.8
		Ks4	0,400	Eq B.7

ANÁLISE DE RISCO PDA

Interno (Nº)		Pld	1	Tabela B.8
--------------	--	-----	---	------------

Tabela 3 - Características da Zona de Exposição					
Parâmetro		Comentário	Id	Valor	Referência
Tipo de piso		Agricultura, concreto	rt	1,00E-02	Tabela C.3
Proteção contra choque (estrutura)		Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como s	Pta	0	Tabela B.1
Proteção contra choque (linha)		Restrições físicas	Ptu	0	Tabela B.6
Risco de incêndio ou explosão		Incêndio, Baixo	rf	1,00E-03	Tabela C.5
Proteção contra incêndio		Uma das seguintes providências: extintores, instalações fi	rp	0,5	Tabela C.4
Energia	Fiação Interna	Cabo não blindado – sem preocupação norroteamento no	Ks3p	1	Tabela B.5
	DPS	II	Pspdp	0,02	Tabela B.3
Dados	Fiação Interna	Cabos blindados e cabos instalados emeletrodutos metá	Ks3t	0,0001	Tabela B.5
	DPS coordenado	Nenhum sistema de DPS coordenado	Pspdt	1	Tabela B.3
Tipo de perigo especial		Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pe	hz	5	Tabela C.6

Tabela 4 - Tipos de Perdas Inaceitáveis de Vida Humana - L1				
Parâmetro		Id	Valor	Referência
Ferimentos	Todos os tipos	Lt	1,00E-02	Tabela C.2
Danos Físicos	Hospital, hotel, escola, edifício cívico	Lf1	1,00E-01	
Falhas de sistemas internos	Unidade de terapia intensiva e blococirúrgico de hospital	Lo0	1,00E-02	
Número de pessoas na zona de perigo		nz	60	-
Número de pessoas na estrutura inteira		nt	250	
Horas por dia em que a estrutura se mantém ocupada		Thor	8	
Total de dias por ano em que a edificação se mantém ocupada		Tdia	260	
Tempo, em horas por ano, em que as pessoas estão presentes em um local perigoso		tz	2080	
$LU=LA=rt*Lt*nz/nt*tz/8760$		LU=LA	5,70E-06	Eq. C.1
$LB=LV=rp*rf*hz*Lf*nz/nt*tz/8760$		LB=LV	1,42E-05	Eq. C.3
$LC1=LM=LW=LZ=Lo0*nz/nt*tz/8760$		LC= LM= LW= LZ	5,70E-04	Eq. C.4

Tabela 5 - Tipos de Perdas Inaceitáveis de Serviço ao Público - L2				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
D2 - Danos Físicos	-	Lf2	0	Tabela C.8
D3 - Falhas de sistemas interno	-	Lo2	0	
$LB2=LV=rp*rf*LF*nz/nt$		LB=LV	0	Eq. C.7
$LC2=LM=LW=LZ=Lo2*nz/nt$		LC= LM= LW= LZ	0	Eq. C.8

Tabela 6 - Tipos de Perdas Inaceitáveis ao Patrimônio Cultural - L3				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Perda cultural	Não se aplica	LF3	0	Tabela C.10
Valores	Cz - Valor do patrimônio cultural	Cz	0	Milhões de reais
	Ct - valor total da edificação e conteúdo da estrutura	Ct	0	
	$LB3=LV=rp*rf*LF*Cz/Ct$	LB=LV	0	Eq. C.12

Tabela 6 - Perda Econômica - L4				
Parâmetro	Comentário	Id	Valor	Referência
Ferimento devido a choque	Não se aplica	Lt	0	Tabela C.12
Danos físicos	Outros	Lf	0,1	Tabela C.12
Falha de sistemas	Outros	Lo	0,0001	Tabela C.12
Valor dos animais na zona		ca	0	-
Valor da edificação relevante à zona		cb	0	
Valor do conteúdo da zona		cc	0	
Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades		cs	0	
Valor total da estrutura		ct	0	
Valores	$LU=LA=rt*Lt*ca/ct$	LU=LA	0	Eq. C.10
	$LB=LV=rp*rf*hz*Lf*(ca+cb+cc+cs)/ct$	LB=LV	0	Eq. C.12
	$LC=LM=LW=LZ=Lo*cs/ct$	LC= LM= LW= LZ	0	Eq. C.13

Tabela 7 - Área de Exposição Equivalente				
--	--	--	--	--

ANÁLISE DE RISCO PDA

Parâmetro	Equação	Id	Valor	Referência
Estrutura	$Ad=L*W+2*(3*H)*(L+W)+\pi*(3*H)^2$	Ad	1,76E+04	Eq. A.2
	$Am=2*500*(L+W)+\pi*500^2$	Am	8,40E+05	Eq. A.7
Linha de energia	$Alp=40*LI$	Alp	4,00E+04	Eq. A.9
	$Aip=4000*LI$	Aip	4,00E+06	Eq. A.11
	$Adjp=Ljp*Wjp+2*(3*Hjp)*(Ljp+Wjp)+\pi*(3*Hjp)^2$	Adjp	0,00E+00	Eq. A.2
Linha de dados	$Ald=40*LI$	Ald	4,00E+04	Eq. A.9
	$Aid=4000*LI$	Aid	4,00E+06	Eq. A.11
	$Adjd=Ljd*Wjd+2*(3*Hjd)*(Ljd+Wjd)+\pi*(3*Hjd)^2$	Adjd	0,00E+00	Eq. A.2

Tabela 8 - Número esperado Anual de Eventos perigosos

Parâmetro	Equação	Id	Valor (1/ano)	Referência
Estrutura	$Nd=Ng*Ad*Cd*10E-6$	Nd	2,03E-02	Eq. A.4
	$Nm=Ng*Am*10E-6$	Nm	1,93E+00	Eq. A.6
Linha de energia	$NLp=Ng*Alp*Cip*Cep*Ctp*10E-6$	NLp	1,84E-03	Eq. A.8
	$Nlp=Ng*Aip*Cip*Cep*10E-6$	Nlp	1,84E-01	Eq. A.10
	$Ndjp=Ng*Adjp*Cdjp*Ctp*10E-6$	Ndjp	0,00E+00	Eq. A.5
Linha de dados	$NLd=Ng*Alt*Cit*Cet*Ctt*10E-6$	NLd	9,20E-03	Eq. A.8
	$Nld=Ng*Aid*Cid*Ced*Ctd*10E-6$	Nld	9,20E-01	Eq. A.10
	$Ndjd=Ng*Adjd*Cdjd*Ctd*10E-6$	Ndjd	0,00E+00	Eq. A.5

Tabela 9 - Avaliação da Probabilidade Px de Danos

Tabela 9 - Avaliação da Probabilidade Px de Danos					
Probabilidade da descarga causar:		Equação	Id	Valor	Referência
Ferimentos a seres vivos por meio de choque elétrico		$Pa=P_{ta} \cdot P_b$	Pa	0,00E+00	Eq. B.1
Probabilidade da descarga na estrutura causar falha nos sistemas interno	Energia	$P_{cp}=P_{spdp} \cdot C_{ldp}$	Pcp	2,00E-02	Eq. B.2
	Dados	$P_{cd}=P_{spdd} \cdot C_{ldd}$	Pcd	0,00E+00	Eq. B.2
	Composição	$P_c=1-(1-P_{cp}) \cdot (1-P_{cd})$	Pc	2,00E-02	Eq. 14
Probabilidade da descarga perto da estrutura causar danos internos	Energia	$P_{mp}=P_{spdp} \cdot P_{msp}$	Pmp	8,00E-03	Eq. B.3
	Dados	$P_{md}=P_{spdd} \cdot P_{msd}$	Pmd	4,00E-05	Eq. B.3
Probabilidade da descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque	Energia	$P_{up}=P_{tu} \cdot P_{eb} \cdot P_{ldp} \cdot C_{ldp}$	Pup	0,00E+00	Eq. B.8
	Dados	$P_{ud}=P_{tu} \cdot P_{eb} \cdot P_{ldd} \cdot C_{ldd}$	Pud	0,00E+00	Eq. B.8
Probabilidade da descarga na linha causar falhas de sistemas internos	Energia	$P_{wp}=P_{spdp} \cdot P_{ldp} \cdot C_{lp}$	Pwp	2,00E-02	Eq. B.10
	Dados	$P_{wd}=P_{spdd} \cdot P_{ldd} \cdot C_{ld}$	Pwd	1,00E+00	Eq. B.10
Probabilidade da descarga perto da linha causar falhas de sistemas internos	Energia	$P_{zp}=P_{spdp} \cdot P_{lip} \cdot C_{lip}$	Pzp	1,20E-03	Eq. B.11
	Dados	$P_{zd}=P_{spdd} \cdot P_{lid} \cdot C_{lid}$	Pzd	0,00E+00	Eq. B.11
Probabilidade da descarga em uma linha causar danos físicos	Energia	$P_{vp}=P_{eb} \cdot P_{ldp} \cdot C_{ldp}$	Pvp	1,00E+00	Eq. B.9
	Dados	$P_{vd}=P_{eb} \cdot P_{ldd} \cdot C_{ldd}$	Pvd	0,00E+00	Eq. B.9
Energia	$P_{msp}=(Ks1 \cdot Ks2 \cdot Ks3p \cdot Ks4p)^2$		Pmsp	4,00E-01	Eq. B.4
Dados	$P_{mst}=(Ks1 \cdot Ks2 \cdot Ks3d \cdot Ks4d)^2$		Pmsd	4,00E-05	Eq. B.4
$P_m=1-(1-P_{mp}) \cdot (1-P_{md})$			Pm	8,04E-03	Eq. 15

Tabela 10 - Análise das Componentes de Risco para R1

Risco		Id	Valor	Referência
$RA=Nd*Pa*LA$		RA	0,00E+00	Eq. 6
$RB=Nd*Pb*LB$		RB	2,89E-07	Eq. 7
$RC=Nd*Pc*LC$		RC	0,00E+00	Eq. 8
$RM=Nm*Pm*Lm$		RM	0,00E+00	Eq. 9
Energia	$RUp=(NLp+Ndjp)*Pup*LU$	RUp	0,00E+00	Eq. 10
Dados	$RUd=(NLd+Ndjd)*Pud*LU$	RUd	0,00E+00	Eq. 10
$RU=(NL+Ndj)*Pu*LU$		RU	0,00E+00	Eq. 10
Energia	$RVp=(NLp+Ndjp)*Pvp*LV$	Rvp	2,62E-08	Eq. 11
Dados	$RVd=(NLd+Ndjd)*Pvd*LV$	Rvd	0,00E+00	Eq. 11
$RV=(NL+Ndj)*Pv*LV$		RV	2,62E-08	Eq. 11
Energia	$RWp=(NLp+Ndjp)*Pwp*LW$	RWp	2,10E-08	Eq. 12
Dados	$RWd=(NLd+Ndjd)*Pwd*LW$	RWd	1,05E-06	Eq. 12
$RW=(NL+Ndj)*Pw*LW$		RW	0,00E+00	Eq. 12
Energia	$RZp=Nlp*Pzp*Lz$	RZp	1,26E-07	Eq. 13
Dados	$RZd=Nld*Pzd*Lz$	RZd	0,00E+00	Eq. 13
$RZ=Ni*Pz*LZ$		RZ	0,00E+00	Eq. 13

Tabela 11 - Análise das Componentes de Risco para R4

Risco		Id	Valor	Referência
$RA=Nd*Pa*LA$		RA	0,00E+00	Eq. 6
$RB=Nd*Pb*LB$		RB	0,00E+00	Eq. 7
$RC=Nd*Pc*LC$		RC	0,00E+00	Eq. 8
$RM=Nm*Pm*LM$		RM	0,00E+00	Eq. 9
Energia	$Rup=(NLp+Ndjp)*Pup*LU$	RUp	0,00E+00	Eq. 10

ANÁLISE DE RISCO PDA

Dados	$Rud=(NLd+Ndjd)*Pud*LU$	RUd	0,00E+00	Eq. 10
	$Ru=(NL+Ndj)*Pu*LU$	RU	0,00E+00	Eq. 10
Energia	$Rvp=(NLp+Ndjp)*Pvp*LV$	Rvp	0,00E+00	Eq. 11
Dados	$Rvt=(NLt+Ndjt)*Pvt*LV$	Rvt	0,00E+00	Eq. 11
	$RV=(NL+Ndj)*Pv*LV$	RV	0,00E+00	Eq. 11
Energia	$Rwp=(NLp+Ndjp)*Pwp*LW$	RWp	0,00E+00	Eq. 12
Dados	$Rwt=(NLt+Ndjt)*Pwt*LW$	RWd	0,00E+00	Eq. 12
	$RW=(NL+Ndj)*Pw*Lw$	RW	0,00E+00	Eq. 12
Energia	$Rzp=Nlp*Pzp*LZ$	RZp	0,00E+00	Eq. 13
Dados	$Rzd=Nld*Pzd*LZ$	RZd	0,00E+00	Eq. 13
	$RZ=Ni*Pz*Lz$	RZ	0,00E+00	Eq. 13

Tabela 12 - Análise do Risco						
Equação	Id	Valor	Referência	Tolerável	Risco de explosão ou hospital	Não
$R1=RA+RB+RC+RM+RU+RV+RW+RZ$	R1	3,15E-07	Eq. 1	1,00E-05	Atendimento ao público	Não
$R2=RB+RC+RM+RV+RW+RZ$	R2	0,00E+00	Eq. 2	1,00E-03	Perda de patrimônio cultural	Não
$R3=RB+RV$	R3	0,00E+00	Eq. 3	1,00E-04	Animais	Não
$R4=RA+RB+RC+RM+RU+RV+RW+RZ$	R4	0,00E+00	Eq. 4	1,00E-03	Avaliação econômica	Não
$RA+RB+RU+RV$	-	3,15E-07	-	1,00E-05		

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.



Engº Marcio A Jucewicz
CREA 107215