

**GUIA PRÁTICO NORMA NP EN 62305:**

# **PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

**PARTE 2: AVALIAÇÃO DO RISCO**

Publicação elaborada pela Comissão Técnica de Normalização CTE 81,  
coordenada pelo IEP

# GUIA PRÁTICO NORMA NP EN 62305 - 2 ED. 2

Publicação elaborada pela Comissão Técnica de Normalização CTE 81, coordenada pelo IEP

## SUMÁRIO

<b>O ESSENCIAL DA NORMA – PARTE 2</b> .....	3
<b>A NORMA</b> .....	3
a) Riscos relacionados com as Descargas Atmosféricas .....	3
b) Conceito de risco .....	4
c) Descargas Atmosféricas directas e indirectas .....	4
d) Avaliação de risco .....	4
<b>OS ANEXOS</b> .....	7
ANEXO A: AVALIAÇÃO DO NÚMERO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS N .....	7
ANEXO B: AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE DE DANOS NUMA ESTRUTURA $P_x$ .....	10
ANEXO C: AVALIAÇÃO DO NÚMERO DE PERDAS NUMA ESTRUTURA $L_x$ .....	13
ANEXO D: AVALIAÇÃO DE CUSTOS DAS PERDAS .....	15
<b>APLICAÇÕES PRÁTICAS</b> .....	16
<b>REFERÊNCIAS ÚTEIS</b> .....	28

# O ESSENCIAL DA NORMA

## – PARTE 2

Publicação elaborada pela Comissão Técnica de Normalização CTE 81, coordenada pelo IEP

A parte 2 da NP EN 62305 diz respeito ao processo de avaliação do risco de descarga atmosférica nas estruturas.

Podemos calcular para uma mesma estrutura até 4 riscos diferentes em função das perdas consideradas:

- Perdas de vidas humanas ou invalidez permanente
- Perdas de serviços públicos
- Perdas de património cultural
- Perdas económicas

Para cada uma das perdas vamos calcular o risco R e compará-lo com o risco tolerável  $R_T$  definido na norma. O mesmo procedimento será também realizado para as perdas económicas.

Em função do valor de risco R, uma vez comparado com o risco tolerável  $R_T$ , a protecção pode ou não ser necessária. Caso seja necessária, os meios de protecção a utilizar e o seu nível de protecção associado são determinados.

Podemos por exemplo, ter uma estrutura que precisa de um SPDA de nível I para cobrir o risco de perda de vida humana e apenas nível III para cobrir o risco de perda de serviço público. Obviamente, neste caso, será utilizado o nível I.

Para cada risco temos 8 componentes  $R_X$ . Cada um dos componentes  $R_X$  pode ser calculado usando a equação básica:

$$R_X = N_X \times P_X \times L_X$$

Em que:

$N_X$  é o número de eventos perigosos anuais, para a estrutura considerada

$P_X$ : é a probabilidade de que este evento provoque uma falha

$L_X$ : é o montante das perdas geradas por essa falha

Um valor de perda adicional permite descrever o impacto sobre o meio ambiente que acompanha cada falha.

Os componentes  $R_X$  estão associados às fontes de dano (na estrutura, no serviço, próximo da estrutura ou próximo do serviço) e cada fonte de dano ao tipo de dano (vida humana, a degradação da estrutura e insuficiência de equipamentos eléctricos)

## A NORMA

A NP EN 62305-2 lida com a avaliação de riscos contra Descargas Atmosféricas numa estrutura, oferecendo os procedimentos de avaliação do risco. Para cada risco é definido um limite superior de Risco Tolerável.

O processo de avaliação proposto permite seleccionar as salvaguardas apropriadas para reduzir o risco (R) para um valor inferior ou igual ao limite de risco tolerável ( $R_T$ ).

### a) Riscos relacionados com as Descargas Atmosféricas

Os perigos das Descargas Atmosféricas (DA) são conhecidos e os efeitos que ela provoca são temidos desde os tempos antigos.

A Descarga Atmosférica (DA) para a terra pode ser perigosa para as estruturas.

O perigo para a estrutura pode resultar em:

- Danos que afectam a estrutura e o seu conteúdo.
- Falhas associadas a redes eléctricas e electrónicas.
- Ferimentos em seres vivos na estrutura ou nas proximidades.

Os efeitos posteriores dos danos e as falhas podem estender-se à proximidade da estrutura ou mesmo envolver o seu ambiente.

## b) Conceito de risco

Devem ser especificadas medidas de protecção para reduzir as possíveis perdas devido a descargas atmosféricas.

A necessidade de implementação de um determinado tipo de protecção e o seu nível de protecção são obtidos através da avaliação do risco de perdas devido à ocorrência de descargas atmosféricas.

O Risco é definido na norma como a perda média anual provável devido a impactos numa estrutura. E depende:

- Do número anual de impactos envolvendo a estrutura e os serviços.
- Da probabilidade de danos devido a um desses impactos de descargas atmosféricas.
- Das perdas resultantes.

## c) Descargas Atmosféricas directas e indirectas

As descargas atmosféricas envolvendo uma estrutura podem ser divididas em duas categorias distintas:

- Descargas atmosféricas que atingem directamente a estrutura.
- Descargas atmosféricas próximas da estrutura.

As descargas atmosféricas envolvendo um serviço também podem ser divididas em:

- Descargas atmosféricas que atingem directamente um serviço.
- Descargas atmosféricas que atingem as proximidades de serviços ou descargas atmosféricas directas sobre uma estrutura ligada ao serviço.

As descargas atmosféricas directas numa estrutura ou nos serviços conectados podem causar danos físicos e colocar em perigo a vida de pessoas e animais.

Tanto as descargas atmosféricas indirectas próximas de uma estrutura ou de um serviço, como as descargas directas, podem causar falhas de sistemas eléctricos e electrónicos devido a sobreensões.

## d) Avaliação de risco

O cálculo do risco é realizado em vários passos. Devemos primeiro identificar a estrutura a ser protegida e as suas características. Isto inclui:

- As dimensões e características da estrutura e dos serviços (altura, comprimento, tipo de utilização, número de pessoas, materiais, etc.)
- As características do meio ambiente em que se insere a estrutura e o serviço (isolado, rodeado por objectos mais baixos, etc.)
- A densidade anual de descargas atmosféricas no solo no local da estrutura e do serviço (esta densidade expressa-se como o número de impactos por quilómetro quadrado por ano).

Em seguida, temos que identificar todos os tipos de perdas e avaliar o risco para cada perda:

- Perda de vida humana ou invalidez permanente
- Perda de serviço público
- Perda do património cultural.

Para cada tipo de risco calculado, considera-se a necessidade de protecção, comparando cada risco com o risco tolerável. Se o risco é maior do que o risco tolerável, é necessário aplicar medidas de protecção.

Estas medidas são classificadas em quatro níveis de protecção:

- Nível IV
- Nível III
- Nível II
- Nível I

É possível conseguir uma melhor protecção do que o nível de protecção I. Isto é descrito na norma e baseia-se essencialmente na utilização de componentes naturais como parte do sistema de protecção contra descargas atmosféricas.

Finalmente, podemos também avaliar o impacto económico da protecção através da comparação do custo das perdas totais com e sem medidas de protecção. Isto irá decidir se é economicamente viável implementar medidas de protecção.

O procedimento de avaliação de risco é dado abaixo:

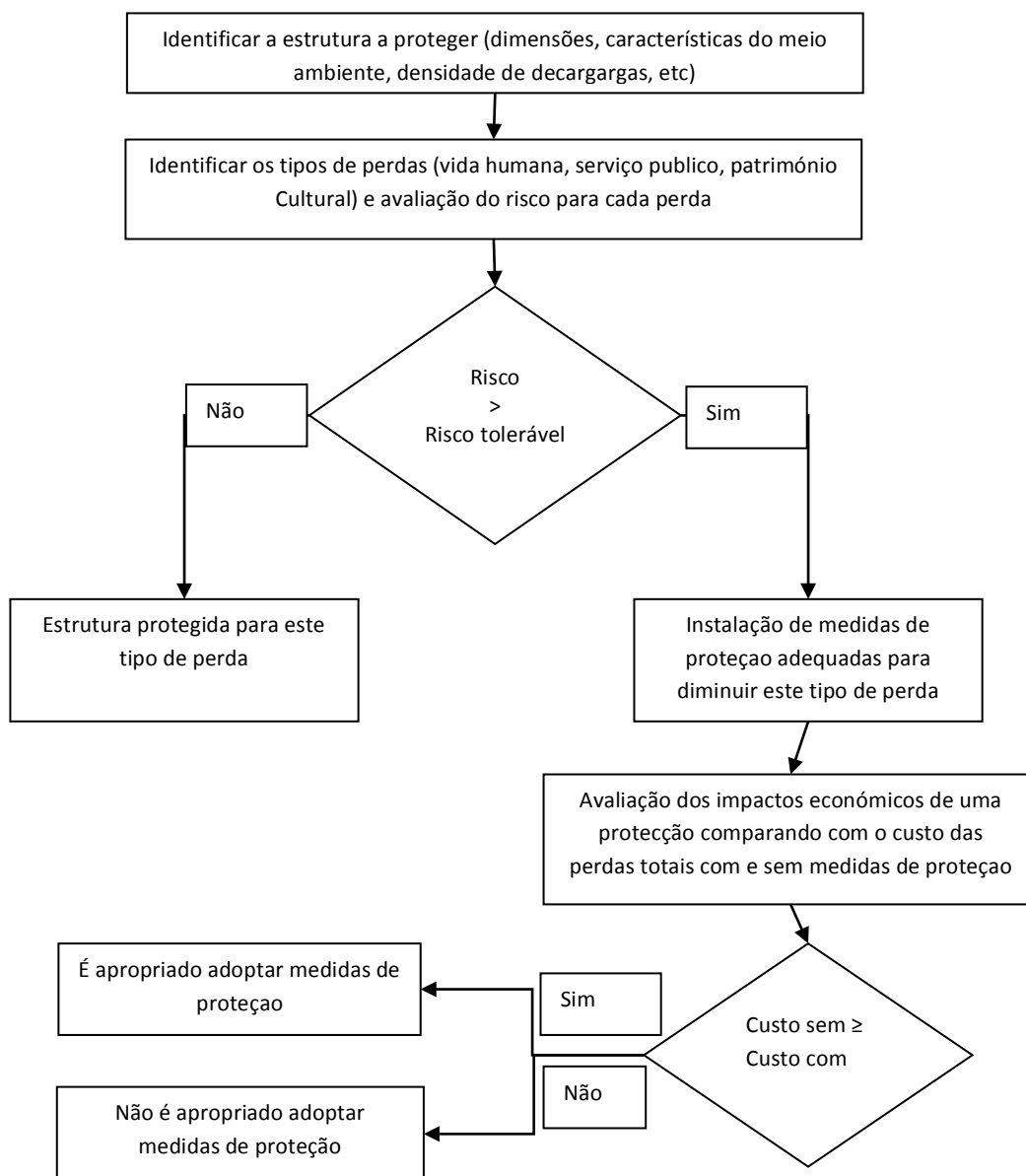


Figura 1: Procedimento geral de aplicação da norma EN 62305-2

O anexo A proporciona o cálculo de  $N_x$ , o anexo B calcula  $P_x$  e, finalmente, o anexo C calcula  $L_x$ .

## OS ANEXOS

### ANEXO A: AVALIAÇÃO DO NÚMERO ANUAL DE EVENTOS PERIGOSOS N

Este Anexo informa a avaliação do coeficiente de N na análise de risco descarga atmosférica. Este número depende da actividade temporal das descargas atmosféricas na área onde a estrutura a ser protegida se situa, bem como das suas características físicas. O coeficiente de N é avaliado em 4 categorias:

- $N_D$ : número médio de impactos sobre a estrutura,
- $N_M$ : número médio anual de impactos próximos da estrutura,
- $N_L$ : número médio de impactos nas linhas de serviço,
- $N_I$ : número médio anual de impactos nas proximidades das linhas de serviço.

#### Avaliação do número anual de impactos sobre uma estrutura $N_D$

Determinação da superfície equivalente de exposição  $A_D$ .

Para estruturas isoladas no nível do solo, a exposição  $A_D$  corresponde à superfície equivalente de exposição à área definida pela intersecção entre a superfície e uma linha recta com uma inclinação de 1/3 que passa através das partes mais altas da estrutura (e toca nesse ponto) girando em torno desta.

Para uma estrutura rectangular de comprimento L, largura W e a altura H, a superfície equivalente de exposição é assim calculada pela seguinte fórmula:

$$A_D = L \times W + 6H \times (L + W) + 9 \times \pi \times H^2$$

Com L, W e H em metros

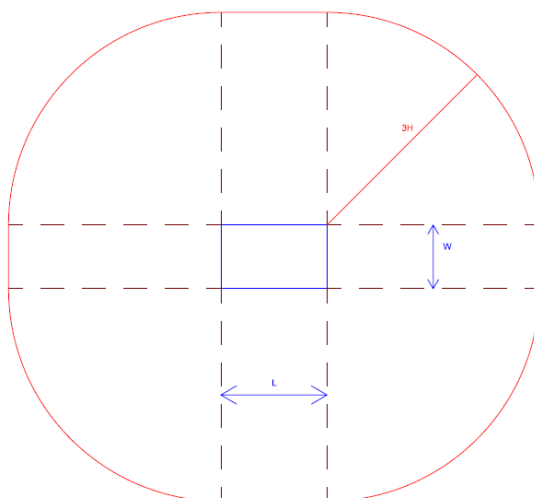


Figura 2: Vista de cima

A avaliação da  $A_D$  pode ser levada a cabo utilizando um método gráfico. Se a estrutura tem uma forma complexa, é necessário usar um método gráfico. No entanto, mesmo neste caso um valor aproximado aceitável da superfície equivalente pode ser calculado.

Cálculo de superfície equivalente de uma parte de um edifício:

Quando a estrutura de "S" a considerar é a única parte do edifício "A", é possível calcular a superfície equivalente a essa parte do edifício apenas se estiverem reunidas as seguintes condições:

- "S" é uma porção vertical separado de "A"
- "A" é uma estrutura sem risco de explosão
- A propagação do fogo entre "S" e outras partes de "A" é evitada por meio de paredes que têm uma resistência ao fogo de 120 minutos
- A propagação de sobretensões ao longo das linhas comuns é evitada utilizando descarregadores de sobretensão instalados nos pontos de entrada dessas linhas na estrutura.

Quando essas condições não forem cumpridas, devem ser utilizadas as dimensões de todo o edifício "A".

### Cálculo do número anual de impactos $N_D$ na estrutura

$N_D$  é avaliado com a seguinte fórmula:  $N_D = N_G \times A_D \times C_D \times C_T \times 10^{-6}$

$N_G$  é a densidade anual descargas atmosféricas definido em impactos / km<sup>2</sup> / ano.

$A_D$  é a exposição da superfície equivalente da estrutura (m<sup>2</sup>).

$C_D$  é o coeficiente de localização da estrutura definido de acordo com a tabela abaixo.

LOCALIZAÇÃO RELATIVA DA ESTRUTURA	$C_D$
Estrutura rodeada por estruturas ou árvores mais altas	0,25
Estrutura rodeada por estruturas ou árvores da mesma altura ou mais baixas	0,5
Estrutura isolada: não existem outros objectos ou estruturas na vizinhança	1
Estrutura isolada: no topo de uma colina ou a promontório	2

Tabela 1: Factor de localização -  $C_D$ .

$C_T$  é o factor de correcção, devido à presença de um transformador MT / BT dentro da estrutura. Este factor vale 0,2 na presença de um transformador MT / BT e 1 em qualquer outro caso.

b) Avaliação do número anual de impactos  $N_M$  próximos de uma estrutura

$N_M$  é avaliado usando a seguinte fórmula:  $N_M = N_G \times A_M \times 10^{-6}$

$A_M$  é a área de influência da estrutura para descargas atmosféricas próximas da estrutura (m<sup>2</sup>).

Esta área de influência estende-se até 500 m do perímetro da estrutura:

$$A_M = 2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times 500^2$$

c) Avaliação do número anual de impactos  $N_L$  num serviço

$N_L$  é avaliado com a seguinte fórmula:

$$N_L = N_g \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$$

$A_L$  é a superfície equivalente de descargas atmosféricas DA na linha (m<sup>2</sup>). Esta área é calculada com a seguinte fórmula:

$$A_L = 40 \times L_L$$

$L_L$  é o comprimento do troço da linha com um máximo de 1000 m ; se desconhecido, então  $L_L = 1000$  m  
 $C_I$  é o factor de instalação da linha de acordo com a tabela abaixo.

LINHA	$C_I$
Aérea	1
Enterrada	0,5
Cabos enterrados totalmente incluídos numa malha de terra (5.2 da EN 62305-4:Ed.2)	0,01

Tabela 2: Coeficiente de  $C_I$

A resistividade do solo afecta a área de exposição  $A_L$  de um serviço enterrado. Geralmente, quanto maior for a resistividade do solo, maior é a área de exposição ( $A_I$  proporcional à  $\sqrt{\rho}$ ). Os valores do factor de instalação da linha  $C_I$  baseiam-se numa resistividade de  $\rho = 400$  Ohms.

$C_E$  é o factor ambiental. Define-se com os valores indicados na tabela abaixo.

MEIO AMBIENTE	$C_E$
Rural	1
Suburbano com edifícios de altura inferior a 10m	0,5
Urbano com edifícios de altura compreendida entre 10 e 20m	0,1
Urbano com edifícios de altura superior a 20m	0,01

Tabela 3: Coeficiente  $C_E$ .

Avaliação do número anual de impactos  $N_I$  próximo de um serviço

$N_I$  é avaliado através da seguinte fórmula:

$$N_I = N_g \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6}$$

$A_I$  é a superfície equivalente de exposição a descargas atmosféricas no solo próximo da linha (m<sup>2</sup>). Esta superfície é calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$A_I = 4000 \times L_L$$

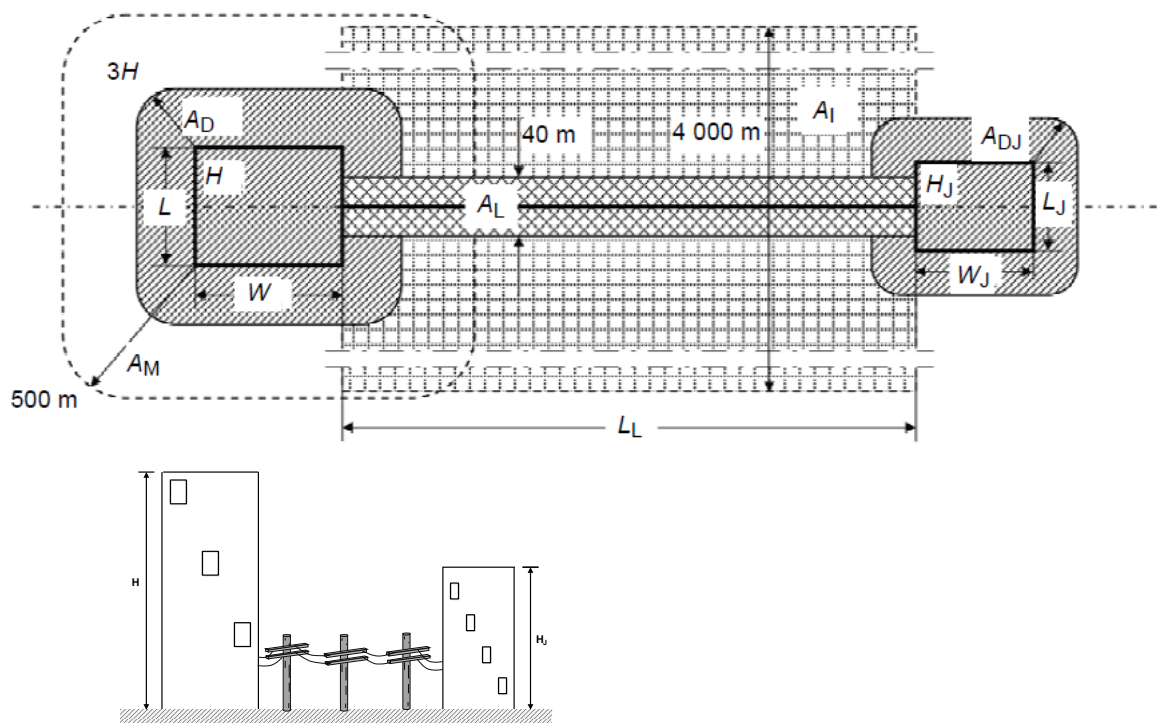


Figura 3: Superfícies de Exposição ( $A_D$ ,  $A_M$ ,  $A_I$ ,  $A_L$ )

## ANEXO B: AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE DE DANOS NUMA ESTRUTURA $P_X$

Este Anexo inclui a avaliação do risco de danos numa estrutura. Esta probabilidade,  $P_X$  faz parte da equação de base para a avaliação dos componentes de risco para as estruturas.

As probabilidades indicadas no presente anexo são válidas apenas se as medidas de protecção estiverem conforme a norma NP EN 62305-3 e NP EN 62305-4.

O anexo é composto por oito capítulos que nos dão os valores das seguintes probabilidades:

### a) A probabilidade $P_A$

É a probabilidade de que um impacto sobre a estrutura resulte em danos para os seres vivos.

A probabilidade  $P_A$  é dada pelo produto de  $P_{TA}$ , que é função das medidas de protecção típicas (isolamento eléctrico, equipotencialidade do solo, placa de sinalização, etc) e  $P_B$  directamente relacionada com o nível de protecção.

$$P_A = P_{TA} \times P_B$$

MEDIDAS ADICIONAIS DE PROTECÇÃO	$P_{TA}$
Sem medidas de protecção	1
Avisos	$10^{-1}$
Isolamento eléctrico de condutores expostos	$10^{-2}$
Equipotencialização efectiva do solo	$10^{-2}$

Com medidas ou armadura metálica de reforço da estrutura utilizada como condutor de baixada	0
---	---

Tabela 4: Coeficiente  $P_{TA}$ .

Caso sejam tomadas mais de uma medida de protecção, o valor de  $P_{TA}$  é o produto dos valores correspondentes de  $P_{TA}$ .

Quando a armadura metálica de reforço da estrutura for utilizada como condutor de baixada, ou quando forem tomadas medidas de restrição, o valor de  $P_{TA}$  é negligenciável

### b) A probabilidade de $P_B$ .

É a probabilidade de que um impacto sobre a estrutura provoque danos físicos. Os valores de probabilidade de danos físicos  $P_B$  causados por impacto sobre uma estrutura são dados numa tabela e são função do nível de protecção quando a estrutura está protegida por SPDA.

CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA	NÍVEL DO SPDA	$P_B$
Estrutura não protegida por SPDA		1
Estrutura protegida por SPDA	IV	0,2
	III	0,1
	III	0,05
	I	0,02
Nível I+		0,01
Nível I++		0,001

Tabela 5: Valores de  $P_B$

### c) Probabilidade $P_C$ .

É a probabilidade de que um impacto sobre a estrutura provoque falhas nas redes internas.

A instalação de descarregadores de sobretensão coordenados é apropriada para reduzir esta probabilidade.

Ela é dada pelo produto da  $P_{SPD}$  e  $C_{LD}$ . O primeiro factor está relacionado com a coordenação de descarregadores de sobretensão adaptados para o nível de protecção, e o segundo factor depende das condições em que as linhas de redes internas são ligadas.

NÍVEL DE PROTECÇÃO ( $N_P$ )	$P_{SPD}$
Protecção por SPD não coordenados	1
III - IV	0,05
II	0,02
I	0,01

Tabela 6: Valores de  $P_{SPD}$

TIPO DE LINHA EXTERNA	LIGAÇÃO À ENTRADA	$C_{LD}$	$C_{LI}$
Linha aérea não blindada	Não definido	1	1
Linha enterrada não blindada	Não definido	1	1
	Nenhuma	1	0,2
Linha blindada enterrada	Blindada sem ligação ao barramento do equipamento	1	0,3
Linha aérea blindada	Blindada sem ligação ao barramento do equipamento	1	0,1
Linha blindada enterrada	Blindada e ligada ao barramento do equipamento	1	0
Linha aérea blindada	Blindada e ligada ao barramento do equipamento	1	0
Cabo de protecção contra descargas atmosféricas ou conduta metálica	Blindada e ligada ao barramento do equipamento	0	0
Sem linha externa	Sem ligação às linhas externas (sistemas isolados)	0	0
Qualquer tipo	Interferência no isolamento de acordo com IEC 62305-4	0	0

Tabela 7: Valores de  $C_{LD}$  e  $C_{LI}$

NOTA – Para sistemas internos sem blindagem,  $C_{LD} = 1$ .

#### d) Probabilidade $P_M$ .

É a probabilidade de que um impacto nas proximidades de uma estrutura provoque uma falha das redes internas. O valor desta probabilidade é igual ao produto de  $P_{SPD}$  anteriormente definido e  $P_{MS}$ .

Os valores deste segundo factor de  $P_{MS}$  são o resultado do quadrado do produto dos coeficientes relacionados com a eficácia da blindagem proporcionado pela estrutura, eficácia da blindagem interna da estrutura, das características de blindagem e tensão de isolamento dos serviços a proteger.

#### e) A probabilidade $P_U$ .

É a probabilidade de que um impacto sobre uma linha resulte em ferimentos em seres vivos. Depende das características de protecção de linha, da tensão de isolamento das redes internas conectados à linha, das medidas de protecção típicas e dos descarregadores de sobretensão instalados na entrada da linha.

O valor de  $P_U$  é obtido pelo produto do  $P_{TU}$ ,  $P_{EB}$ ,  $P_{LD}$  e  $C_{LD}$ . Estes factores dependem respectivamente das medidas de protecção adoptadas contra tensões de contacto, do nível da protecção para a qual os descarregadores de sobretensão foram definidos, das características da blindagem da linha e das medidas de protecção à entrada da linha por descarregadores de sobretensão.

#### f) A Probabilidade $P_V$ .

É a probabilidade de que um impacto sobre uma linha provoque danos físicos.

Valor  $P_V$  é obtido pelo produto  $P_{EB}$ ,  $P_{LD}$  e  $C_{LD}$  mencionado acima.

#### g) A Probabilidade $P_W$

É a probabilidade de que um impacto sobre uma linha provoque falhas nas redes internas.

O valor da  $P_W$  é obtido pelo produto de  $P_{SPD}$ ,  $P_{LD}$  e  $C_{LD}$  mencionado acima.

#### h) $P_Z$ Probabilidade

É a probabilidade de que um impacto nas proximidades de uma linha provoque falhas nas redes internas.

O valor de  $P_Z$  é obtido pelo produto da  $P_{SPD}$ ,  $P_{LI}$  mencionado acima e factor de  $C_{LI}$  associado às condições de blindagem da ligação à terra dos serviços.

### ANEXO C: AVALIAÇÃO DO NÚMERO DE PERDAS NUMA ESTRUTURA $L_x$

A avaliação dos potenciais danos devido a um impacto de descarga atmosférica numa estrutura ou na sua proximidade leva a diferentes valores médios de perdas. As perdas resultantes de danos são caracterizadas por:

- LT perdas relativas a choque eléctrico em pessoas ou animais.
- LF perdas físicas relacionadas com a estrutura, o conteúdo, e o seu meio envolvente.
- LO perdas nas redes internas da estrutura, rede de energia eléctrica e redes electrónicas de comunicação; estas perdas são resultantes da sua falha ou mau funcionamento delas.

Os valores médios de perdas consecutivas  $L_T$ ,  $L_F$  e  $L_O$  são indicados nas tabelas da Parte 2 da NP EN62305 e eventualmente completados pelos Comités Nacionais. Estas tabelas quantificam a probabilidade de ocorrência de perdas para diferentes níveis normalizados. Os valores estão entre 0 e 1. O método para avaliar as diferentes perdas resultantes, terá como referência o número de vítimas, o número de utilizadores não servidos, o valor dos bens sociais ou económicos danificados.

A aplicação do método conduz, portanto, a determinar para cada tipo de perda a proporção média:

- De vítimas,  $L_T$ ,  $L_F$ ,  $L_O$  para a perda de vidas humanas,  $L_1$ .
- De utilizadores não servidos,  $L_F$ ,  $L_O$  para perda inaceitável de serviço público,  $L_2$
- De bens danificados,  $L_F$  para a perda do património cultural insubstituível,  $L_3$
- De bens danificados,  $L_T$ ,  $L_F$ ,  $L_O$  por perdas económicas,  $L_4$

Cada um dos valores de perdas  $L_T$ ,  $L_F$ ,  $L_O$ , são ponderados por diferentes parâmetros. Estes parâmetros minoram ou majoram as perdas e estão relacionadas com as características da estrutura e da sua utilização. Os parâmetros podem ser determinados para cada zona  $Z_S$  da estrutura.

### a) A perda de vidas humanas ( $L_1$ )

O valor das perdas resultantes  $L_T$ ,  $L_F$ ,  $L_O$ , refere-se ao valor médio determinado para a perda de vida humana  $L_1$  e da proporção de vítimas. Esses valores podem ser ponderados:

- O rácio entre o número de pessoas afectadas numa zona, e as pessoas em toda a estrutura;
- O rácio entre período anual de presença de pessoas na zona e as 8 760 horas (ou seja, de 1 ano).

O valor da perda  $L_T$  é devido a choque eléctrico e pode ser ponderado pela natureza da superfície do solo.

O valor da  $L_F$ , perda resultante causada por dano físico pode ser ponderado pela presença de:

- dispositivos de emergência de incêndio;
- potencial de risco de incêndio ou explosão;
- um perigo extraordinário devido às pessoas;
- perigo tecnológico particular, quando envolve a envolvente imediato da estrutura.

### b) Perda inaceitável de serviço público ( $L_2$ )

O valor das perdas  $L_F$  e  $L_O$ , são relativos ao valor médio determinado pela perda inaceitável de serviço público  $L_2$  e a proporção de utilizadores não servidos. Esses valores podem ser ponderados por:

- O rácio entre o número de utilizadores servidos na zona, e os utilizadores servidos em toda a estrutura.

O valor da perda  $L_F$  resultante dos danos físicos pode ser ponderado pela presença:

- De dispositivos de emergência de incêndio;
- De potencial risco de incêndio ou explosão.

### c) Perda de património cultural insubstituível ( $L_3$ )

O valor das perdas  $L_F$ , referem-se ao valor médio determinado para a perda de património cultural irreparável,  $L_4$  e a proporção de bens danificados e o seu valor social.

O valor da perda resultante  $L_F$  causada por dano físico po de ser ponderado por:

- De dispositivos de emergência de incêndio;
- De potencial risco de incêndio ou explosão.
- O rácio entre o custo do património cultural na zona e o custo total de toda a estrutura e seu conteúdo.

### d) Perda económica ( $L_4$ )

O valor das perdas  $L_T$ ,  $L_F$  e  $L_O$ , referem-se ao valor médio determinado para a perda económica  $L_4$  e a proporção de bens danificados e o seu valor financeiro.

O valor da perda resultante  $L_T$  causado por choque eléctrico em animais pode ser ponderado por:

- O rácio entre o custo dos animais na zona e o custo total de animais da estrutura, o seu conteúdo, a sua actividade e redes internas;
- Natureza da superfície do solo.

O valor da perda resultante,  $L_F$  causada por dano físico pode ser ponderado por:

- Presença de dispositivos de emergência de incêndio;
- Presença do potencial de incêndio ou de explosão;
- O rácio entre o custo atribuído ao espaço para os animais da estrutura, do conteúdo, da actividade e das redes internas, e o custo total: animais, a estrutura, o seu conteúdo, seus negócios e redes internas.

- O valor da perda resultante LO por falha das redes internas pode ser ponderado por:
- O rácio entre o custo das redes internas e das actividades nessa zona, ao custo total: animais, a estrutura, o seu conteúdo, seus negócios e redes internas

## ANEXO D: AVALIAÇÃO DE CUSTOS DAS PERDAS

Neste anexo são apresentados os cálculos de perdas económicas. Necessita-se do cálculo do custo de perdas sem meios de protecção e o custo das perdas residuais após a instalação de meios de protecção. À diferença subtraímos ainda o custo dos meios de protecção, resulta na economia gerada. Este método também permite comparar os custos dos diferentes meios de protecção. O método corresponde a uma análise anual e, por conseguinte, é necessário usar os seguintes parâmetros económicos:

- ir - Taxas de Juros
- ar - Amortização
- mr - Custo de manutenção

para obter o custo anual dos meios de protecção.

O custo das perdas de  $L_z$  pode ser calculado através da seguinte fórmula:

$$C_{LZ} = R_{4Z} \times C_T$$

Onde:

$R_{4Z}$  é o risco referente à perda de valores, sem medidas de protecção

e

$C_T$  é o valor total da estrutura protegida (animais, edifícios, produtos e equipamentos)

## APLICAÇÕES PRÁTICAS

### MORADIA EM AMBIENTE RURAL

O primeiro estudo prático diz respeito a uma moradia em ambiente rural para a qual deve ser avaliada a necessidade de protecção. Assim o risco de perda de vidas humanas ( $R_1$ ) deve ser determinado e comparado com o valor tolerável  $R_t = 10^{-5}$ .

A moradia é alimentada por uma rede de baixa tensão (BT) subterrânea e uma linha de telecomunicações aérea. Dados e características relevantes:

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Dimensões	(m)	( $L_b, W_b, H_b$ )	<b>15, 8, 7</b>
Factor de localização	Isolada	$C_D$	<b>1</b>
Blindagem na fronteira da estrutura	Nenhuma	$K_{s1}$	<b>1</b>
Blindagem na estrutura	Nenhuma	$K_{s2}$	<b>1</b>
Densidade de DA	(1/km <sup>2</sup> /ano)	$N_G$	<b>2</b>
SPDA	Nenhuma	$P_B$	<b>1</b>

Tabela 8 : Dados e características da estrutura

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Resistividade do solo	( $\Omega \cdot m$ )	$P$	<b>500</b>
Comprimento	(m)	$L_C$	<b>1000</b>
Transformador	Não	$C_T$	<b>1</b>
Factor de localização da linha	Rural	$C_E$	<b>1</b>
Blindagem da linha	Não	$P_{LD}$	<b>1</b>
Precaução de instalação dos cabos	Não	$K_{s3}$	<b>1</b>
Isolamento das redes internas	$U_w = 1 \text{ kV}$	$K_{s4}$	<b>1</b>
Descarregadore de sobretensões coordenados	Não	$P_{SPD}$	<b>1</b>

Tabela 9: Dados e características da linha BT

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Comprimento	(m)	$L_C$	<b>1000</b>
Factor de localização da linha	Rural	$C_E$	<b>1</b>
Blindagem da linha	Não	$P_{LD}$	<b>1</b>
Precaução de instalação dos cabos	Não	$K_{s3}$	<b>1</b>
Isolamento das redes internas	$U_w = 1 \text{ kV}$	$K_{s4}$	<b>1</b>
Descarregadores de sobretensões coordenados	Não	$P_{SPD}$	<b>1</b>

Tabela 10: Dados e características da linha de Telecomunicações

#### Definição das zonas do edifício e suas características:

Deve-se neste exemplo considerar uma única zona  $Z_1$ , que é definida como o interior do edifício. Na verdade, nenhuma pessoa está no exterior do edifício, o risco  $R_1$  pode ser negligenciado no exterior do edifício. São utilizados os valores médios típicos para perdas anuais relacionadas no que respeita ao risco  $R_1$

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Tipo de solo	Madeira	$r_t$	<b>0,00001</b>
Risco de incêndio	Fraca	$r_f$	<b>0,001</b>
Perigo especial	Nenhuma	$h_z$	<b>1</b>
Protecção especial	Nenhuma	$r_p$	<b>1</b>
Blindagem/Ecrã na estrutura	Nenhuma	$K_{s2}$	<b>1</b>
Rede de alimentação interna	Sim	Ligada à linha de alimentação BT	/
Rede de telefone interna	Sim	Ligada à linha Telecomunicações	/
Perda standard por dano físico ligado a um evento perigoso	Outro	$L_F$	<b><math>10^{-2}</math></b>
Numero de pessoas na zona	Nr. de pessoas	$n_z$	<b>4</b>
Numero de pessoas na estrutura	Nr. de pessoas	$n_t$	<b>4</b>
Tempo de presença por ano	Em h por ano	$t_z$	<b>8760</b>

Tabela 11: Os dados e características da estrutura

**Cálculo de risco:**

Sem a implementação de medidas de protecção, o risco é menor do que o risco tolerável, como mostrado na figura em baixo ( $1,4 \times 10^{-7}$ ) para um  $10^{-5}$  risco aceitável.

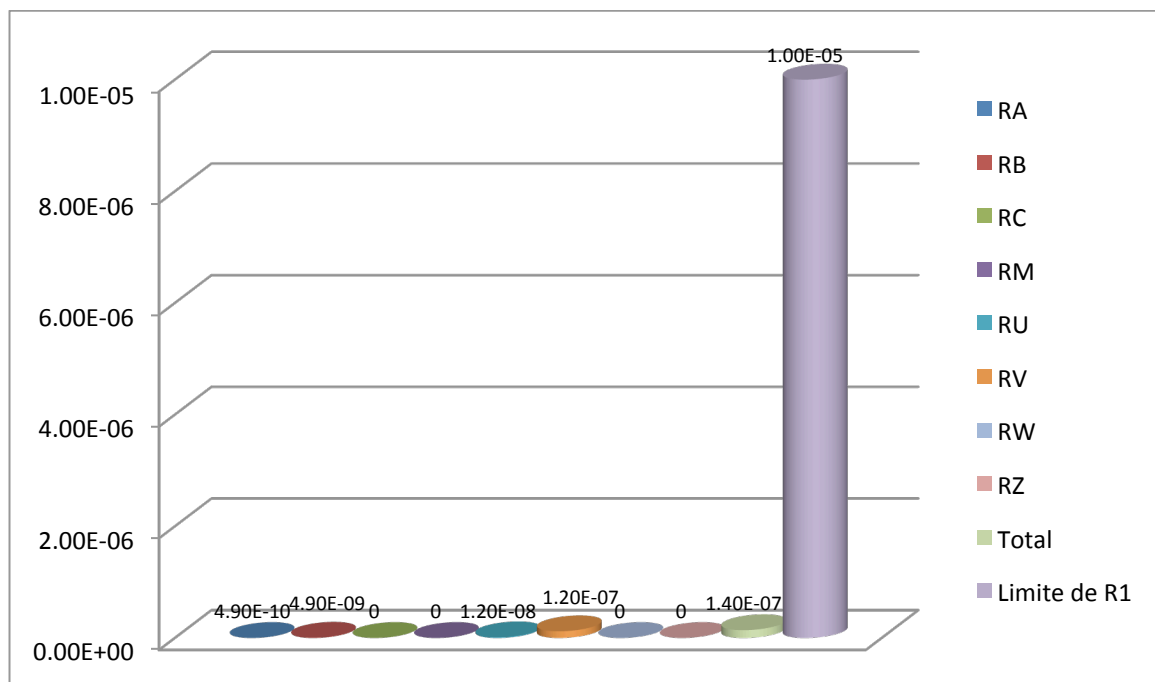


Figura 4: risco sem protecção

A protecção contra descargas atmosféricas da moradia não é necessária.

**Centro Informático**

O segundo estudo pratico diz respeito a um centro informático, para o qual deve ser apreciada a necessidade de protecção. Assim R1 risco de perda de vidas humanas deve ser determinado e comparado com o valor tolerável  $R_t = 10^{-5}$ .

O edifício tem dois andares: no piso térreo é a seção de escritório e no andar de cima é o centro informático.

O centro informático é alimentado por uma linha subterrânea de alta tensão (AT). Por isso, o local tem um transformador para passagem a Baixa Tensão (BT). No local existe também uma linha de telecomunicações cuja chegada é por via aérea.

Dados e características relevantes:

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Dimensões	(m)	(L, W, H, Hmax)	<b>100, 60, 20, 30</b>
Factor de localização	Isolado	$C_D$	<b>1</b>
Blindagem na fronteira da estrutura	Nenhuma	$K_{s1}$	<b>1</b>
Blindagem na estrutura	Nenhuma	$K_{s2}$	<b>1</b>

Densidade de DA	(1/km <sup>2</sup> /ano)	N <sub>G</sub>	<b>4</b>
SPDA	Nenhuma	P <sub>B</sub>	<b>1</b>

Tabela 12 : Dados e características da estrutura

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Resistividade do solo	(Ωm)	ρ	<b>500</b>
Comprimento	(m)	L <sub>C</sub>	<b>800</b>
Transformador	Sim	C <sub>T</sub>	<b>0,2</b>
Factor de localização da linha	Urbano	C <sub>E</sub>	<b>0,1</b>
Blindagem da linha	Não	P <sub>LD</sub>	<b>1</b>
Precaução de instalação dos cabos	Precaução trajecto dos cabos a fim de evitar curvas pronunciadas (0,5m <sup>2</sup> )	K <sub>s3</sub>	<b>0,01</b>
Isolamento das redes internas	U <sub>w</sub> = 1,5 kV	K <sub>s4</sub>	<b>0,66</b>
Descarregadores de sobretensões coordenados	Não	P <sub>SPD</sub>	<b>1</b>

Tabela 13: Os dados e características da linha AT

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Comprimento	(m)	L <sub>C</sub>	<b>1000</b>
Factor de localização da linha	Urbano	C <sub>E</sub>	<b>0,1</b>
Blindagem da linha	Não	P <sub>LD</sub>	<b>1</b>
Precaução de instalação dos cabos	Precaução trajecto dos cabos a fim de evitar curvas pronunciadas (0,5m <sup>2</sup> )	K <sub>s3</sub>	<b>0,01</b>
Isolamento das redes internas	U <sub>w</sub> = 1 kV	K <sub>s4</sub>	<b>1</b>
Descarregadores de sobretensões coordenados	Não	P <sub>SPD</sub>	<b>1</b>

Tabela 14: Dados e características da linha Telecomunicações

**Definição das zonas do edifício e suas características:**

As seguintes zonas principais podem ser definidas:

- Zona Z1 => Escritórios
- Zona Z2 => Centro Informático

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Tipo de solo	Linóleo	$r_t$	<b>0,00001</b>
Risco de incêndio	Elevado	$r_f$	<b>0,1</b>
Perigo especial	Pânico fraco	$h_z$	<b>2</b>
Protecção especial	Nenhuma	$r_p$	<b>1</b>
Blindagem/Ecrã na estrutura	Nenhuma	$K_{s2}$	<b>1</b>
Rede de alimentação interna	Sim	Ligada à linha de alimentação	/
Rede de telefone interna	Sim	Ligada à linha Telecomunicações	/
Perda standard por dano físico ligado a um evento perigoso	Industrial	$L_F$	<b><math>2 \cdot 10^{-2}</math></b>
Numero de pessoas na zona	Nr. de pessoas	$n_z$	<b>55</b>
Numero de pessoas na estrutura	Nr. de pessoas	$n_t$	<b>60</b>
Tempo de presença por ano	Em h por ano	$t_z$	<b>3840</b>

Tabela 15: Dados e características da zona Z1(escritórios)

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Tipo de solo	Linóleo	$r_t$	<b>0,00001</b>
Risco de incêndio	Elevado	$r_f$	<b>0,1</b>
Perigo especial	Pânico fraco	$h_z$	<b>2</b>
Protecção especial	Extinção automática	$r_p$	<b>0,2</b>
Blindagem/Ecrã na estrutura	Nenhuma	$K_{s2}$	<b>1</b>
Rede de alimentação interna	Sim	Ligada à linha de alimentação BT	/
Rede de telefone interna	Sim	Ligada à linha Telecomunicações	/

Perda standard por dano físico ligado a um evento perigoso	Industria	$L_F$	$2 \cdot 10^{-2}$
Numero de pessoas na zona	Nr. de pessoas	$n_z$	5
Numero de pessoas na estrutura	Nr. de pessoas	$n_t$	60
Tempo de presença por ano	Em h por ano	$t_z$	8760

Tabela 16: Dados e características de da zona Z2 (centro de informática)

**Cálculo de risco:**

Sem a implementação de medidas de protecção, o risco é maior do que o risco tolerável, como mostrado na figura em baixo ( $2,7 \times 10^{-5}$ ) para um  $10^{-5}$  risco aceitável.

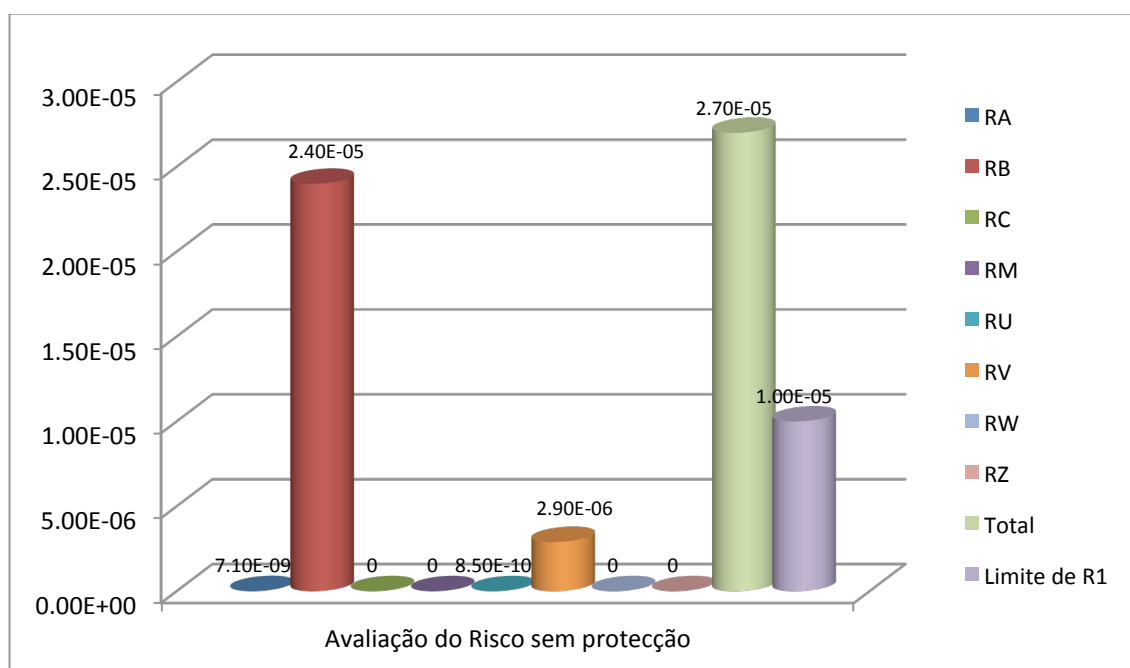


Figura 5: Risco sem protecção

É necessária uma protecção contra descargas atmosféricas no edifício. O risco para a estrutura aumenta principalmente devido ao componente RB ( $2,4 \times 10^{-5}$ ) e componente VR ( $2,9 \times 10^{-6}$ ). O risco para a estrutura está, portanto, ligado a danos físicos de um arco eléctrico perigoso na estrutura (RB) e de dano físico devido à corrente da descarga atmosférica transmitida nas linhas de entrada.

Para reduzir o risco de para valor aceitável, a estrutura deve ser protegida através da implementação de um SPDA, que inclui:

A instalação de um sistema de protecção de nível IV

A instalação de descarregadores de sobretensões do Tipo 1 de Nível IV, nomeadamente linha de telecomunicações e linha de BT

É após a instalação do sistema de protecção que o risco cai abaixo do risco tolerável, como mostrado na figura em baixo ( $5 \times 10^{-6}$ ) para um risco aceitável de  $10^{-5}$

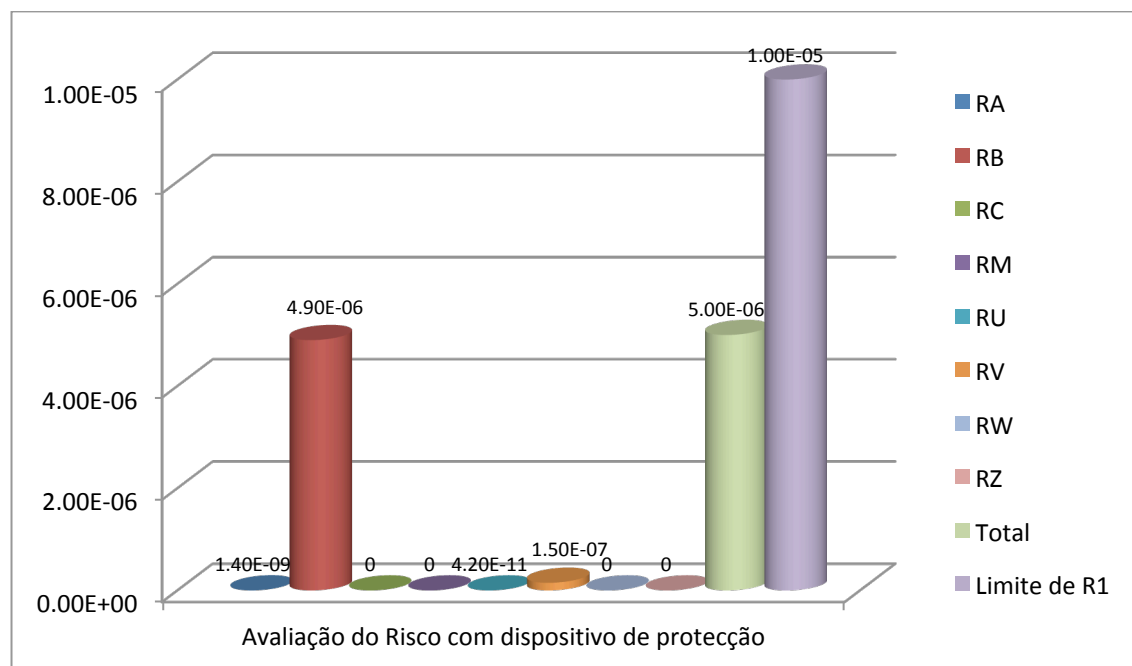


Figura 6: Risco com protecção

### Armazém Logístico

O terceiro estudo prático diz respeito a um armazém de logístico para o qual deve ser avaliada a necessidade de protecção. Assim R1 risco de perda de vidas humanas deve ser determinado e comparado com o valor tolerável  $R_t = 10^{-5}$ . O edifício é composto por duas partes: um grande corredor de armazenamento (90% da superfície) e uma área de trabalho localizada em dois andares (10% da superfície).

O armazém de logística é alimentado por uma linha subterrânea de alta tensão (AT). Por isso, o local tem um transformador para a obtenção de uma rede de Baixa Tensão (BT). O armazém de logística também tem uma linha de telecomunicações cuja chegada é por via aérea.

Dados e características relevantes:

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Dimensões	(m)	(L, W, H, Hmax)	<b>200, 200, 20, 30</b>
Factor de localização	Rodeada de estruturas mais baixos ou da mesma altura	$C_D$	<b>0,5</b>
Blindagem na fronteira da estrutura	Nenhuma	$K_{s1}$	<b>1</b>
Blindagem na estrutura	Nenhuma	$K_{s2}$	<b>1</b>
Densidade de DA	(1/km <sup>2</sup> /ano)	$N_g$	<b>3,5</b>
SPDA	Nenhuma	$P_b$	<b>1</b>

Tabela 17: Dados e características da estrutura

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Resistividade do solo	( $\Omega\text{m}$ )	$\rho$	<b>500</b>
Comprimento	(m)	$L_C$	<b>800</b>
Transformador	Sim	$C_T$	<b>0,2</b>
Factor de localização da linha	Urbano	$C_E$	<b>0,1</b>
Blindagem da linha	Não	$P_{LD}$	<b>1</b>
Precaução de instalação dos cabos	Precaução trajecto dos cabos a fim de evitar as curvas pronunciadas (0,5m <sup>2</sup> )	$K_{S3}$	<b>0,01</b>
Isolamento das redes internas	$U_w = 1,5 \text{ kV}$	$K_{S4}$	<b>0,66</b>
Descarregadores de sobretensão coordenados	Não	$P_{SPD}$	<b>1</b>
Dimensões da estrutura adjacente	(m)	( $L_j, W_j, H_j$ )	<b>15, 15, 4</b>
Factor de localização da estrutura	Isolado	( $C_{DJ}$ )	<b>1</b>

Tabela 18: Dados e características da linha AT

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Comprimento	(m)	$L_C$	<b>1000</b>
Factor de localização da linha	Urbano	$C_E$	<b>0,1</b>
Blindagem da linha	Não	$P_{LD}$	<b>1</b>
Precaução de instalação dos cabos	Precaução trajecto dos cabos a fim de evitar as curvas pronunciadas (0,5m <sup>2</sup> )	$K_{S3}$	<b>0,01</b>
Isolamento das redes internas	$U_w = 1\text{kV}$	$K_{S4}$	<b>1</b>
Descarregadores de sobretensão coordenados	Não	$P_{SPD}$	<b>1</b>
Dimensões da estrutura adjacente	(m)	( $L_j, W_j, H_j$ )	<b>15, 15, 4</b>
Factor de localização da estrutura	Isolado	( $C_{DJ}$ )	<b>1</b>

Tabela 19 : Dados e características da linha Telecomunicações

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Comprimento	(m)	$L_C$	<b>300</b>
Factor de localização da linha	Urbano	$C_E$	<b>0,1</b>
Blindagem da linha	Não	$P_{LD}$	<b>1</b>
Precaução de instalação dos cabos	Precaução trajecto dos cabos a fim de evitar as curvas pronunciadas (0,5m <sup>2</sup> )	$K_{s3}$	<b>0,01</b>
Isolamento das redes internas	$U_w = 2,5$ kV	$K_{s4}$	<b>0,4</b>
Descarregadores de sobretensão coordenados	Não	$P_{SPD}$	<b>1</b>

Tabela 20: Dados e características da linha de iluminação exterior.

#### Definição das zonas do edifício e suas características:

As seguintes áreas principais podem ser definidas:

- Z1 => área de Escritórios
- Z2 => área de Armazém
- Z3 => área ao ar livre

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Tipo de solo	Linóleo	$r_t$	<b>0,00001</b>
Risco de incêndio	Ordinário	$r_f$	<b>0,01</b>
Perigo especial	Pânico fraco	$h_z$	<b>2</b>
Protecção especial	Extintor manual	$r_p$	<b>0,5</b>
Blindagem/Ecrã na estrutura	Nenhuma	$K_{s2}$	<b>1</b>
Rede de alimentação interna	Sim	Ligada à linha de alimentação	/
Rede de telefone interna	Sim	Ligada à linha Telecomunicações	/
Rede de iluminação exterior	Não	Ligada à linha de alimentação BT Iluminação	/
Perda standard por dano físico ligado a um evento perigoso	Indústria	$L_F$	<b><math>2 \cdot 10^{-2}</math></b>
Numero de pessoas na zona	Nr. de pessoas	$n_z$	<b>50</b>
Numero de pessoas na estrutura	Nr. de pessoas	$n_t$	<b>200</b>

Tempo de presença por ano	Em h por ano	$t_z$	<b>1920</b>
---------------------------	--------------	-------	-------------

Tabela 21: Dados e características da zona Z1(escritórios)

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Tipo de solo	Betão	$r_t$	<b>0,01</b>
Risco de incêndio	Elevado	$r_f$	<b>0,1</b>
Perigo especial	Pânico Médio	$h_z$	<b>5</b>
Protecção especial	Nenhuma	$r_p$	<b>1</b>
Blindagem/Ecrã na estrutura	Nenhuma	$K_{s2}$	<b>1</b>
Rede de alimentação interna	Sim	Ligada à linha de alimentação	/
Rede de telefone interna	Sim	Ligada à linha Telecomunicações	/
Rede de iluminação exterior	Sim	Ligada à linha de alimentação BT Iluminação	/
Perda standard por dano físico ligado a um evento perigoso	Indústria	$L_F$	<b><math>2.10^{-2}</math></b>
Numero de pessoas na zona	Nr. de pessoas	$n_z$	<b>130</b>
Numero de pessoas na estrutura	Nr. de pessoas	$n_t$	<b>200</b>
Tempo de presença por ano	Em h por ano	$t_z$	<b>3840</b>

Tabela 22: Dados e características da zona Z2 (armazém)

PARÂMETROS	UNIDADE	SÍMBOLO	VALOR
Tipo de solo	Betão	$r_t$	<b>0,00001</b>
Perda standard por dano físico ligado a um evento perigoso	Indústria	$L_F$	<b><math>2.10^{-2}</math></b>
Numero de pessoas na zona	Nr. de pessoas	$n_z$	<b>20</b>
Numero de pessoas na estrutura	Nr. de pessoas	$n_t$	<b>200</b>
Tempo de presença por ano	Em h por ano	$t_z$	<b>1920</b>

Tabela 23: Dados e características da zona Z3 (no exterior)

### Cálculo de risco:

Sem a implementação de medidas de protecção, o risco é maior do que o risco tolerável, como mostrado na figura em baixo ( $6,3 \times 10^{-5}$ ) para um  $10^{-5}$  risco aceitável.

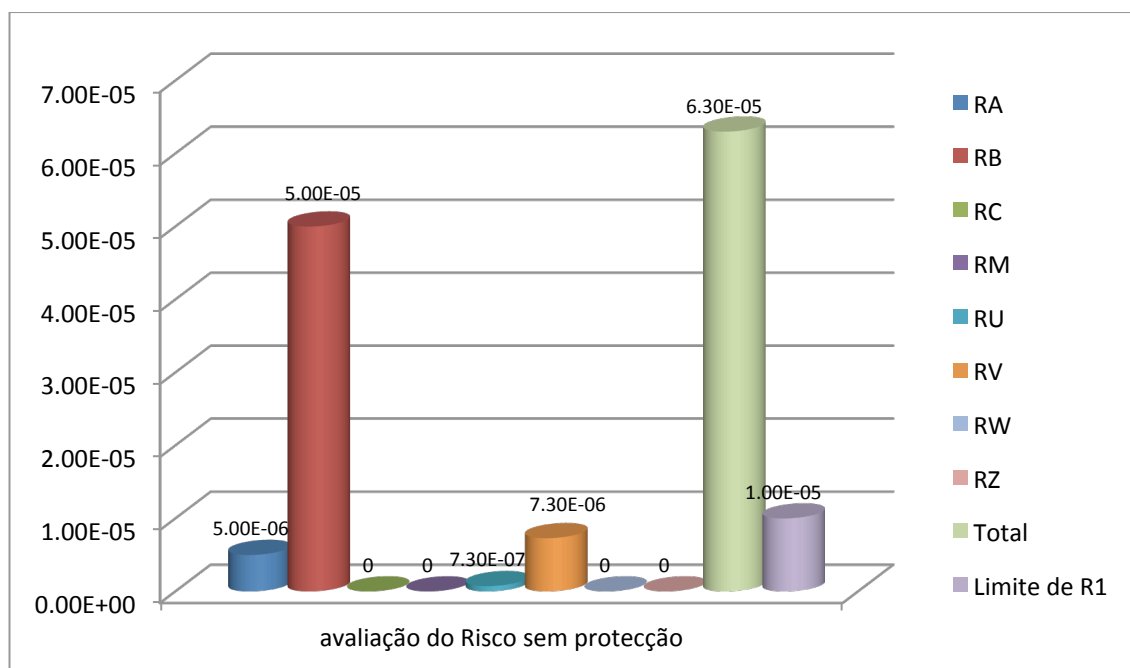


Figura 7: risco sem protecção

É necessária uma protecção contra descargas atmosféricas para o edifício. O risco para a estrutura é principalmente devido ao componente RB ( $5 \times 10^{-5}$ ) e componente VR ( $73 \times 10^{-6}$ ).

O risco para a estrutura está, portanto, ligado a danos físicos de um arco eléctrico perigoso na estrutura (RB) e de danos físicos devido à corrente de descarga atmosférica transmitida nas linhas de entrada.

Para reduzir o risco para um valor tolerável, o edifício deve ser protegido através da implementação de um SPDA, incluindo:

- A instalação de um sistema de protecção contra descargas atmosféricas com nível III.
- A instalação Descarregadores de Sobretensão (DST) Tipo 1 nível III, nomeadamente nas linhas de telecomunicações, de iluminação exterior e de BT

Após o estabelecimento da protecção o risco cai abaixo do risco tolerável, como mostrado na figura em baixo ( $59 \times 10^{-6}$ ) para um risco aceitável de  $10^{-5}$

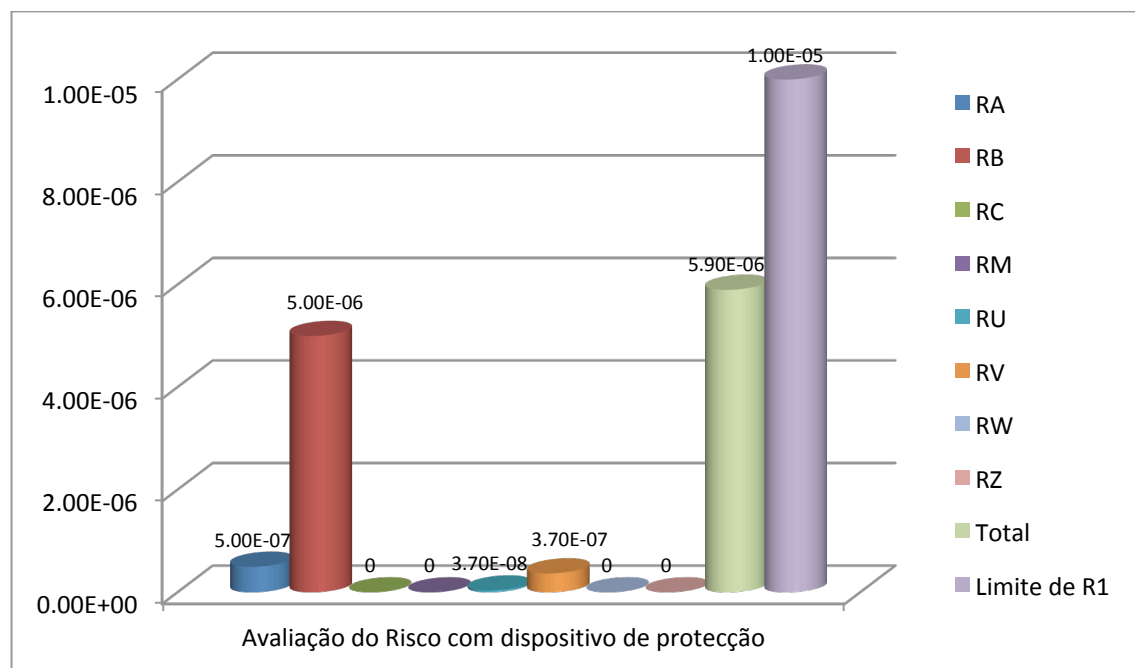


Figura 8: com protecção de risco

## REFERÊNCIAS ÚTEIS

NP EN 62305-1 Edição 2

NP EN 62305-2 Edição 2

NP EN 62305-3 Edição 2

NP EN 62305-4 Edição 2

NP EN 50164 (série)

NP EN 61643-11

NP EN 61643-21

CLC TS 61643-12

CLC TS 61643-22



**PORTO:**

Rua de S. Gens, 3717, 4460-817 Custóias, Portugal  
T: 229 570 000 | F: 21 471 72 52 | GPS: 41.191619, -8.637967 | E: [info@iep.pt](mailto:info@iep.pt)

**LISBOA:**

Polo Tec. de Lisboa, R. António Champalimaud Lt. 1, Ed. CID 1.º Piso, Sala 103, 1600-546 Lisboa, Portugal  
T: 214 717 250 | F: 21 471 72 52 | GPS: 38.769506, -9.180343 | E: [info@iep.pt](mailto:info@iep.pt)