



FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE FANESE
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO E EXTENSÃO - NPGE
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO “LATO SENSU”
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

ARLINDO BEZERRA DE ARAÚJO JÚNIOR

GERENCIAMENTO DE RISCOS NA PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS

Aracaju-SE

2018.1

ARLINDO BEZERRA DE ARAÚJO JÚNIOR

**GERENCIAMENTO DE RISCOS NA PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS**

Artigo apresentado ao Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” da FANESE, como requisito parcial para conclusão do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. Dr. André Felipe Barreto
Lima

Coordenadora do Curso: Prof.^a M.Sc. Felora
Daliri Sherafat

Aracaju-SE

2018.1

ARLINDO BEZERRA DE ARAÚJO JÚNIOR

**GERENCIAMENTO DE RISCOS NA PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS
ATMOSFÉRICAS**

Artigo apresentado à Coordenação do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito para obtenção do grau de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, no período de 2018.1.

Aracaju (SE), 01 de setembro de 2018.

Nota/Conteúdo: _____ (_____)

Nota/Metodologia: _____ (_____)

Média Ponderada: _____ (_____)

Nome do Professor Orientador

Nome da Coordenadora de Curso

Nome do Terceiro (a) docente

RESUMO

¹Arlindo Bezerra de Araújo Júnior

Nos últimos seis anos, o Brasil tem registrado em sua vasta extensão territorial uma média de 77,8 milhões de raios por ano, segundo levantamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017). As descargas atmosféricas que atingem diretamente as estruturas (edificações) ou que atingem a terra nas proximidades são perigosas às pessoas, às próprias estruturas, aos seus conteúdos e as suas instalações sendo, desta forma, necessário considerar medidas de proteção. A necessidade de proteção, os benefícios econômicos da instalação das medidas de proteção e a escolha adequada devem ser determinados em termos do gerenciamento de risco. A norma brasileira ABNT NBR-5419-2 estabelece os requisitos para análise de riscos em estruturas devido a descarga atmosféricas e tem o propósito de avaliar tais riscos, permitindo a escolha de proteção mais adequada para reduzir o risco de dano causado pelo raio ao limite tolerável. Apesar do benefício da análise de risco, o texto da norma apresentou conceitos incomuns aos projetistas de SPDA aumentando substancialmente o grau de dificuldade na execução do procedimento de cálculo. Este artigo propõe a abordagem da análise de risco da ABNT NBR 5419-2 sob o ponto de vista dos conceitos e princípios do gerenciamento de riscos de forma a facilitar o entendimento da norma. Como conclusão, podemos esperar que as orientações da norma de SPDA referente à análise de risco sejam consideradas de um novo ponto de vista e finalmente como uma poderosa ferramenta para auxiliar no desenvolvimento dos projetos.

Palavras-chaves: Análise de Risco. Dano. Descarga Atmosférica. Probabilidade. Risco.

¹ Pós-Graduação “Lato Sensu” Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, arlindo.bezerra@gmail.com

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – ETAPAS DO GERENCIAMENTO DE RISCOS.....	11
FIGURA 02 – FONTES DE DANOS POR PONTOS DE IMPACTO	12
FIGURA 03 – TIPOS DE PERDAS E RISCOS CORRESPONDENTES	17
FIGURA 04 – PROCEDIMENTO PARA DECISÃO	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – VALORES TÍPICOS DE RISCOS TOLERÁVEIS	14
TABELA 02 – FONTE DE DANO x TIPO DE DANO x TIPO DE PERDA	16
TABELA 03 – COMPONENTES DE RISCO R_1	19
TABELA 04 – VALORES DE PROBABILIDADE P_{TA}	22
TABELA 04 – VALORES DE PROBABILIDADE r_p	23
TABELA 06 – VALORES DE PROBABILIDADE P_B	24

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
ANP	Agência Nacional do Petróleo
SPDA	Sistema de proteção contra descarga atmosférica
MPS	Medidas de proteção contra surto
AS/NZS	Austrália e Nova Zelândia
ISO	Organização internacional para padronização
S ₁	Descarga atmosférica direta na estrutura
S ₂	Descarga atmosférica próxima à estrutura
S ₃	Descarga atmosférica direta em linha de serviços conectada à estrutura
S ₄	Descarga atmosférica próxima a linha de serviços conectada à estrutura
D ₁	Danos aos seres vivos devido choque elétrico
D ₂	Danos físicos à estrutura
D ₃	Falhas em equipamentos eletroeletrônicos de sistemas internos
L ₁	Perda de vida humana
L ₂	Perda de serviço ao público
L ₃	Perda de patrimônio cultural
L ₄	Perda de valores econômicos
R	Risco
N	Número de eventos perigosos por ano
P	Probabilidade de dano à estrutura
L	Perda consequente
R ₁	Risco de perdas ou danos permanentes em vidas humanas
R ₂	Risco de perdas de serviços ao público
R ₃	Risco de perdas do patrimônio cultural
R ₄	Risco de perdas de valor econômico
R _T	Risco tolerável
R _A	Componente devido ferimentos de seres vivos por descarga na estrutura
R _B	Componente devido danos físicos por descarga na estrutura
R _C	Componente devido falhas nos sistemas internos por descarga na estrutura
R _M	Componente devido falhas nos sistemas internos por descarga próximo da estrutura
R _U	Componente devido ferimentos de seres vivos por descarga na linha conectada
R _V	Componente devido danos físicos por descarga na linha conectada
R _W	Componente devido falhas nos sistemas internos por descarga na linha conectada
R _Z	Componente devido falhas nos sistemas internos por descarga próximo da linha conectada
P _A	Probabilidade de ferimentos de seres vivos por choque elétrico (S ₁)
P _B	Probabilidade de danos físicos à estrutura (S ₁)
P _{TA}	Probabilidade de reduzir P _A dependendo das medidas de proteção contra tensão de toque e de passo
L _A	Perda relacionada aos ferimentos a seres vivos por choque elétrico (S ₁)
L _B	Perda em uma estrutura relacionada à danos físicos (S ₁)
L _V	Perda em uma estrutura devido a danos físicos (S ₃)
r _p	Fator redutor de perda devido as precauções contra incêndio

SUMÁRIO

RESUMO	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	6
LISTA DE ABREVIATURAS	7
1. INTRODUÇÃO	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 Gerenciamento de Riscos.....	10
2.1.1 Identificação dos Riscos.....	12
2.1.2 Análise dos Riscos.....	13
2.1.3 Avaliação dos riscos.....	13
2.1.4 Tratamento de riscos.....	14
2.2 Norma Brasileira de Proteção contra Descargas Atmosféricas.....	15
3. METODOLOGIA	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Conceitos de gerenciamento de riscos na norma ABNT-NBR-5419:2015...20	
4.2 A influência do parâmetro P_{TA}	22
4.3 A influência do parâmetro r_p	23
4.4 A influência do parâmetro P_B	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
ABSTRACT	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal de uma avaliação de riscos é o suporte na tomada de decisão através da comparação dos resultados de análise com os critérios estabelecidos para determinar se é necessária uma ação. De acordo com Galante (2015), o estudo compreende a identificação das causas, dos efeitos e dos danos potenciais que podem ocorrer em atividades, em substâncias e em processos tendo como finalidade a mitigação dos efeitos sobre o meio social e econômico.

O processo de gerenciamento de riscos é subdividido nas etapas de identificação de riscos onde são descobertos os perigos, na análise de riscos onde é possível compreender a natureza do risco e suas características, na avaliação de riscos onde será concluído se o risco é tolerável ou não e por fim, sendo o risco considerado não tolerável, a etapa de tratamento de riscos onde é proposta as ações para que seja adequado aos limites permitidos (GALANTE, 2015). O gerenciamento de riscos é executado adotando uma forma sistemática e iterativa com o objetivo de evitar perdas através de inúmeras opções entre as quais podemos exemplificar a retirada da fonte de risco, a diminuição na probabilidade de danos e a diminuição das consequências (GALANTE, 2015).

No processo evolutivo do desenvolvimento da teoria do gerenciamento de risco, foram criadas inúmeras ferramentas em diversos campos de atuação para auxiliar na avaliação quantitativa e desta forma obter melhores resultados referentes as possíveis perdas. Ao se fazer a avaliação de risco é possível comparar situações e calcular perdas que podem ser evitadas, ou então, reduzidas (GALANTE, 2015).

Os conceitos, princípios e a sistemática do gerenciamento de riscos surgiram de forma definitiva na norma brasileira de proteção contra descargas atmosféricas na sua última revisão ocorrida em 2015 (SUETA, 2015). Com a publicação da norma ABNT NBR 5419:2015 foi apresentado um procedimento que avalia a necessidade de medidas de proteção contra raios nas estruturas. Tal revisão durou cerca de 10 anos e foi elaborada pela Comissão de Estudo de Proteção contra Descargas Atmosféricas (CE-03:064.10) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-03) (MODENA, 2015).

Foram adicionados na revisão da norma os conceitos de fonte de danos, tipo de danos e tipo de perda para estruturar uma sistemática com o objetivo de estabelecer os requisitos de avaliação de riscos em estruturas devido as descargas atmosféricas para a terra permitindo a escolha das medidas de proteção adequadas.

A versão anterior da norma, elaborada em 2005, continha tabelas com valores de ponderação para determinar de maneira simplificada a necessidade ou não de instalação de SPDA (Sistema de Proteção à Descargas Elétricas). A metodologia de cálculo era considerada de baixa complexidade. Por outro lado, devido a simplificação, também apresentava como fonte de dano apenas a descarga atmosférica que atingia diretamente a estrutura a ser protegida. A revisão de 2015 incluiu todas as fontes de danos: ponto de impacto do raio diretamente na estrutura, ponto de impacto do raio nas proximidades de estrutura, ponto de impacto do raio diretamente na linha conectada à estrutura e ponto de impacto do raio nas proximidades da linha conectada à estrutura.

Além da inclusão de todas as fontes de danos de descarga atmosféricas, a revisão da norma de 2015 permitiu de forma bastante transparente identificar quais parâmetros podem melhorar para fazer com que o risco calculado esteja dentro do risco desejável, ou seja, dentro do limite tolerável. Com a revisão da norma inserindo os conceitos de gerenciamento de riscos e um procedimento estruturado de cálculo dispomos de uma metodologia bem mais eficaz para análise da necessidade de proteção contra descargas atmosféricas, porém o grau de dificuldade da metodologia de cálculo aumentou consideravelmente (SUETA, 2015).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gerenciamento de Riscos

A gestão de riscos pode ter iniciada à época em que os primeiros chefes de clãs decidiram fortificar muralhas, realizar alianças com outras tribos ou estocar provisões para o futuro. Práticas relacionadas com a mitigação de riscos existiam na antiga Babilônia, XVII a.C., a exemplo de indenizações em caso de perdas por roubos

e inundações (HUBBARD, 2009). O desenvolvimento da teoria da probabilidade, no Século XVII abriu o caminho para o uso dos métodos quantitativos (HUBBARD, 2009).

Em 1995, o esforço conjunto de entidades padronizadoras *Standards Australia* e *Standards New Zealand* resultaram na publicação do primeiro modelo de padrão oficial de gestão de riscos, a norma técnica *Risk Management Standard, AS/NZS 4360:1995*. Normas técnicas assemelhadas logo são publicadas no Canadá, Reino Unido e outros países. No Brasil, a norma ISO 31000 fornece as diretrizes para o gerenciamento de riscos que pode ser personalizada para qualquer contexto.

O processo de gerenciamento de riscos compreende as etapas de identificação, análise, avaliação e tratamento, conforme está ilustrado na Figura 1.

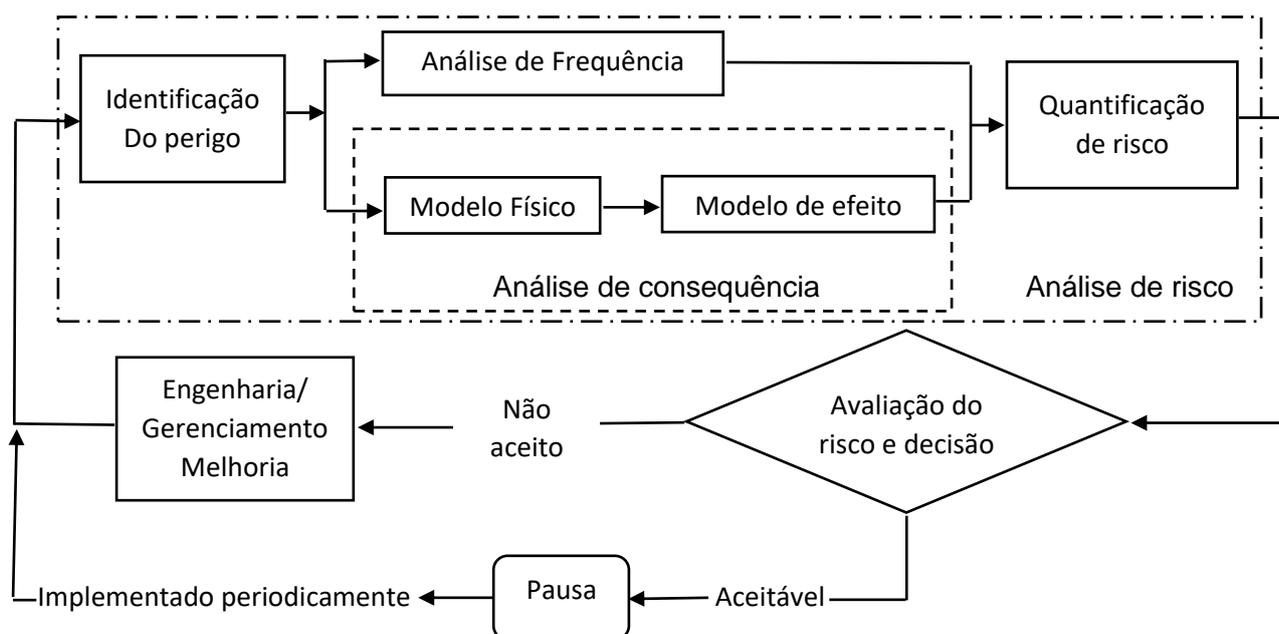


Figura 1. Etapas do Gerenciamento de Riscos.

Fonte: I & Cheng (2008).

No entanto, antes mesmo de iniciar a identificação do risco, é necessário que ocorra a descrição e definição do sistema a ser avaliado. Esta etapa está implícita nos fluxogramas de qualquer sistema, porém é o pré-requisito para iniciar os estudos de risco.

2.1.1 Identificação dos Riscos

A identificação dos riscos é a primeira etapa do processo de gestão de risco na qual os potenciais riscos são reconhecidos. Estes riscos são extrapolados a partir de análises de cenários e reconhecimento de potenciais fontes geradoras (GALANTE, 2015). O objetivo da identificação de riscos é encontrar, reconhecer e descrever riscos que possam ajudar ou impedir que uma organização alcance os seus objetivos, sendo imprescindível para um resultado efetivo que as informações sejam pertinentes, apropriadas e atualizadas (ISO 31000, 2018).

A etapa de identificação dos riscos na norma de proteção contra descarga atmosférica já está definida, ou seja, as fontes de danos são provenientes da corrente elétrica da descarga atmosférica em função da posição do ponto de impacto relativo a estrutura considerada conforme ilustrado na Figura 2.

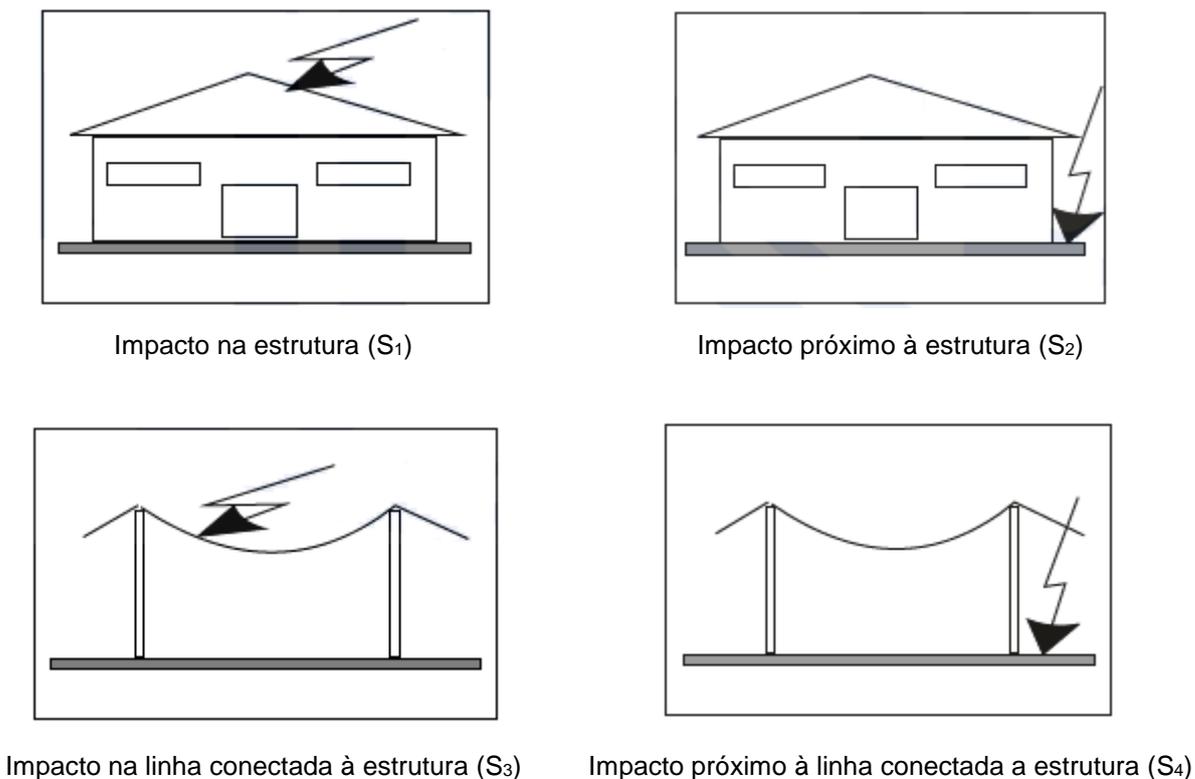


Figura 2. Fontes de Danos por Ponto de Impacto.

Fonte: ABNT NBR-5419-1 (2015).

Uma vez conhecidos os riscos e seus impactos esperados é possível avançar para as outras fases do processo.

2.1.2 Análise dos Riscos

O objetivo da análise de riscos é compreender a natureza do risco e suas características, incluindo o nível de risco, onde apropriado. A análise de riscos envolve a consideração detalhada de incertezas, fontes de risco, consequências, probabilidades, eventos, cenários, controles e sua eficácia. Um evento pode ter múltiplas causas e consequências (ISO 31000, 2018).

Segundo a CETESB (2011), é o estudo quantitativo de riscos de uma instalação industrial, baseado em técnicas de identificação de perigos, estimativa de frequências e consequências, análise de vulnerabilidade e na estimativa do risco. A análise de risco é a etapa do processo de gerenciamento de risco que subsidia com seus resultados a próxima etapa que é a avaliação.

Esta análise pressupõe que os indivíduos envolvidos tenham uma visão sistemática dos processos operacionais dos temas em análise. Assim sendo, devem-se entender os sistemas e subsistemas (GALANTE, 2015). Os sistemas podem ser decompostos em subsistemas menores e de entendimento facilitado, orientando para uma análise mais objetiva e imediata dos riscos decorrentes de um subsistema que está apresentando falhas comprometendo um sistema principal (GALANTE, 2015).

A norma de proteção contra descargas atmosféricas determina os requisitos para análise de riscos baseado em parâmetros como a densidade de descarga atmosférica na região, as características construtivas e a finalidade de ocupação, o volume de pessoas e o tempo de permanência no local, a classificação da estrutura quanto ao risco de incêndio, pânico, contaminação do meio ambiente, dentre outros (FARIA, 2018).

2.1.3 Avaliação dos riscos

Como sabido, o objetivo da avaliação de riscos é auxiliar na tomada de decisão. A avaliação de riscos envolve a comparação dos resultados da análise de riscos com os critérios estabelecidos para determinar onde é necessário ação adicional (ISO 31000, 2018).

Nesta etapa do processo os resultados são comparados aos diversos riscos entre si, estabelecendo prioridades, hierarquias, níveis de risco e orientando na alocação de recursos para as medidas mitigadoras mais relevantes (GALANTE, 2015). Nas avaliações que necessitam mais detalhes ou em sistemas que disponham mais de dados, os riscos devem ser avaliados através de variáveis fundamentais: possibilidades (probabilidade) de ocorrência e consequências (severidades). A norma de proteção contra descargas atmosféricas define os tipos de perdas e define os parâmetros para os riscos toleráveis, conforme a Tabela 1 (NBR-5419, 2015).

Tabela 1 – Valores típicos de riscos toleráveis.

Tipo de perda		$R_T (y^{-1})$
L ₁	Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	10^{-5}
L ₂	Perda de serviço ao público	10^{-3}
L ₃	Perda de patrimônio cultural	10^{-4}
L ₄	Perda de valor econômico	10^{-3}

Fonte: ABNT NBR-5419-3 (2015)

2.1.4 Tratamento de riscos

O objetivo do tratamento dos riscos é a seleção e implementação das ações que abordam os riscos. O tratamento envolve um processo iterativo de formulação e seleção de opções de medidas de proteção. As medidas de proteção têm dois aspectos de atuação para diminuição do risco sendo o primeiro deles no sentido da prevenção, ou seja, na redução da frequência de ocorrência.

Já o segundo aspecto, diz respeito a proteção onde consideramos que o evento já ocorreu e as ações procuram minimizar e reduzir as consequências. Na prevenção devemos atuar na probabilidade e na proteção devemos atuar nas consequências.

Por exemplo, um parâmetro que reduz significativamente o risco de uma estrutura é o número de descargas atmosféricas por quilômetro quadrado por ano de uma região. Esse parâmetro depende apenas do local da instalação e, portanto, reduzir este parâmetro implicaria na mudança do local da estrutura, o que é inviável.

2.2 Norma Brasileira de Proteção contra Descargas Atmosféricas

A ABNT NBR-5419 (2015) é dividida em quatro partes e cada uma trata de assuntos específicos relacionados à proteção contra descargas atmosféricas. A segunda parte da norma é necessariamente utilizada em todos os projetos de SPDA, uma vez que trata do gerenciamento de risco em função de descargas atmosféricas.

As descargas atmosféricas que atingem estruturas ou que atingem a terra em suas proximidades são perigosas às pessoas, as próprias estruturas, seus conteúdos e instalações. 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 (ABNT NBR-5419, 2015).

São reconhecidas quatro fontes distintas de surtos eletromagnéticos oriundos de descargas atmosféricas (Figura 2):

- S₁: Descarga atmosférica direta na estrutura;
- S₂: Descarga atmosférica próxima à estrutura;
- S₃: Descarga atmosférica direta em linha de serviços conectada à estrutura;
- S₄: Descarga atmosférica próxima a linha de serviços conectada à estrutura.

Os danos causados pelos surtos eletromagnéticos, independentes da fonte que os originou, são classificados em três tipos básicos:

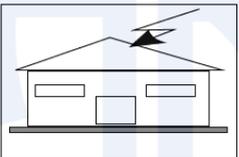
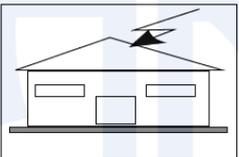
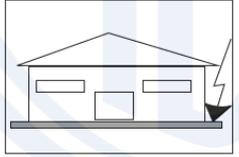
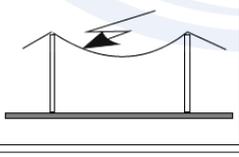
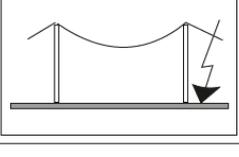
- D₁: Danos aos seres vivos devido choque elétrico;
- D₂: Danos físicos à estrutura;
- D₃: Falhas em equipamentos eletroeletrônicos de sistemas internos.

Cada um desse danos pode acarretar perdas, sendo elas:

- L₁: Perda de vida humana;
- L₂: Perda de serviço ao público;
- L₃: Perda de patrimônio cultural;
- L₄: Perda de valores econômicos.

Conforme a Tabela 2, da NBR-5419, podemos exemplificar que o dano D₃ (falha de sistemas internos) ocasionará perdas de vida humana (L₁) em estruturas com risco de explosão ou hospitais, perdas de serviço público (L₂) e perdas de valor econômico (L₄).

Tabela 2 – Fonte de dano x Tipo de dano x Tipo de perda.

Ponto de impacto		Fonte de dano	Tipo de dano	Tipo de perda
Estrutura		S1	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Nas proximidades de uma estrutura		S2	D3	L1 ^b , L2, L4
Linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura		S3	D1 D2 D3	L1, L4 ^a L1, L2, L3, L4 L1 ^b , L2, L4
Proximidades de uma linha elétrica ou tubulação metálica		S4	D3	L1 ^b , L2, L4
^a Somente para propriedades onde pode haver perdas de animais. ^b Somente para estruturas com risco de explosão, hospitais ou outras estruturas nas quais falhas em sistemas internos colocam a vida humana diretamente em perigo.				

Fonte: ABNT NBR-5419-1 (2015)

A NBR-5419 define quatro tipos de risco, ou seja, quatro valores relativos a algum tipo de perda anual média devido à ocorrência de descargas atmosféricas que devem ser calculados:

- R₁: Risco de perdas ou danos permanentes em vidas humanas;
- R₂: Risco de perdas de serviços ao público;
- R₃: Risco de perdas do patrimônio cultural;
- R₄: Risco de perdas de valor econômico.

Para demonstrar o cálculo do risco levaremos em consideração apenas o risco de perdas de vida humana (R₁). Os demais riscos podem ser observados na norma.

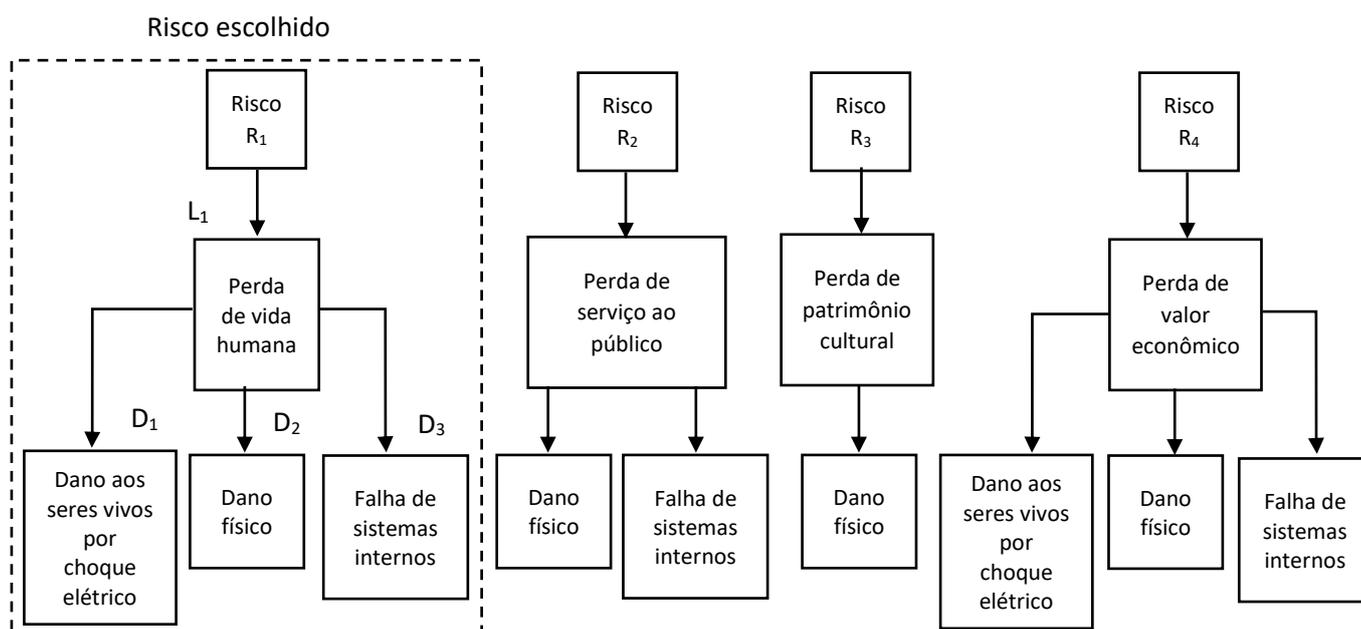


Figura 3. Tipos de Perdas e Riscos Correspondentes.

Fonte: ABNT NBR-5419-1 (2015).

O risco (R₁) deverá considerar todas as fontes de danos, ou seja, será a somatória de todos os componentes de riscos (R₁) devido todas as fontes S₁, S₂, S₃ e S₄.

Antes de demonstrar a equação geral de risco R₁, é necessário abordar a equação básica de risco que representa a base do cálculo da norma e que segue os princípios gerais do gerenciamento de riscos sendo expressa por:

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

perda consequente

número de eventos perigosos por ano

probabilidade de dano à estrutura

O risco de perda de vida humana (R_1), de acordo com a norma, é expresso pela somatória de riscos calculados separadamente:

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1} + R_{M1} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1} + R_{Z1}$$

onde

R_{A1} : componente devido ferimentos de seres vivos por descarga na estrutura (S_1)

R_{B1} : componente devido danos físicos por descarga na estrutura (S_1)

R_{C1} : componente devido falhas nos sistemas internos por descarga na estrutura (S_1)

R_{M1} : componente devido falhas nos sistemas internos por descarga próximo da estrutura (S_2)

R_{U1} : componente devido ferimentos de seres vivos por descarga na linha conectada (S_3)

R_{V1} : componente devido danos físicos por descarga na linha conectada (S_3)

R_{W1} : componente devido falhas nos sistemas internos por descarga na linha conectada (S_3)

R_{Z1} : componente devido falhas nos sistemas internos por descarga próximo da linha conectada (S_4)

O resultado da equação de risco de perda de vida humana (R_1) deverá ser comparado com o risco tolerável (R_T) que segundo a norma é 10^{-5} . Se o risco calculado R_1 for maior que R_T , a proteção contra descarga atmosférica é necessária. Neste caso devem ser adotadas medidas de proteção de modo a reduzir o risco ao nível tolerável (ABNT NBR-5419-3, 2015).

O risco de perda de vida humana (R_1) é a somatória de todos os componentes da Tabela 3 considerando a estrutura sem área adjacente (ABNT NBR-5419-3, 2015).

Tabela 3 – Componentes de risco R_1 .

Danos	Fonte de danos			
	S1 Descarga atmosférica na estrutura	S2 Descarga atmosférica perto da estrutura	S3 Descarga atmosférica na linha conectada	S4 Descarga atmosférica perto da linha conectada
D1 Ferimentos a seres vivos devido a choque elétrico	$R_A = N_D \times P_A \times L_A$		$R_U = N_L \times P_U \times L_U$	
D2 Danos físicos	$R_B = N_D \times P_B \times L_B$		$R_V = N_L \times P_V \times L_V$	
D3 Falha de sistemas eletroeletrônicos	$R_C = N_D \times P_C \times L_C$	$R_M = N_M \times P_M \times L_M$	$R_W = N_L \times P_W \times L_W$	$R_Z = N_I \times P_Z \times L_Z$

Fonte: ABNT NBR-5419-2 (2015).

3. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa deste artigo consiste em pesquisas através de levantamento bibliográfico na literatura especializada e na própria percepção de mercado do autor na elaboração de projetos de SPDA, no convívio com outros projetistas e com empresas diversas ao longo dos anos. Esta pesquisa é de natureza básica com abordagem qualitativa. A pesquisa é caracterizada como exploratória.

Desde o lançamento da nova norma de SPDA (2015) foi observada a dificuldade na assimilação do gerenciamento de riscos por parte de projetistas, engenheiros, empresas de projetos e órgãos fiscalizadores como ANP e Corpo de Bombeiros.

Após pesquisas bibliográficas, em literatura especializada, nota-se que a dificuldade maior é devido ao não conhecimento dos conceitos do gerenciamento de riscos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Conceitos de gerenciamento de riscos na norma ABNT-NBR-5419:2015

A versão anterior da norma de proteção contra descargas atmosféricas tornou-se válida em todo território nacional em 2005. Para descobrir sobre a necessidade ou não de instalação de um sistema de proteção contra descarga atmosférica (SPDA) era necessário um procedimento simples onde era calculada a área de exposição equivalente A_E , era verificado os mapas de nível isoceráunico da região com o objetivo de calcular a densidade de descargas atmosféricas para a terra em raios/km²/ano e era aplicado cinco fatores de ponderação (tipo de ocupação, tipo de construção, o conteúdo da edificação e os efeitos indiretos das descargas, a localização da edificação e a topografia da região).

Segundo SUETA (2015), com estes fatores, o usuário conseguia fazer uma avaliação final, obtendo a frequência média anual ponderada prevista para a estrutura, e assim comparar com os limites toleráveis de danos:

- Riscos maiores que 10^{-3} (1 em 1000) por ano eram inaceitáveis;
- Riscos menores que 10^{-5} (1 em 10000) por ano eram aceitáveis;
- Riscos no intervalo entre 10^{-5} e 10^{-3} o critério era subjetivo.

O estudo indicava a instalação do SPDA para os riscos inaceitáveis. Este procedimento de cálculo considerava apenas descargas atmosféricas na estrutura (S_1).

A norma vigente de proteção contra descarga atmosférica tornou-se válida em todo território nacional em 2015 e apresentou a metodologia e conceitos de gerenciamento de riscos demonstrando um estudo de avaliação bem mais abrangente. Nesta edição (2015) foram considerados quatro fontes de danos por descarga atmosférica (S_1, S_2, S_3, S_4) de acordo com o ponto de impacto conforme ilustrado anteriormente na Figura 2 (pág.12).

O procedimento para decisão da necessidade da proteção e para selecionar as medidas de proteção foram relacionadas de acordo com o fluxograma (Figura 4) semelhante ao método iterativo PDCA para melhoria contínua.

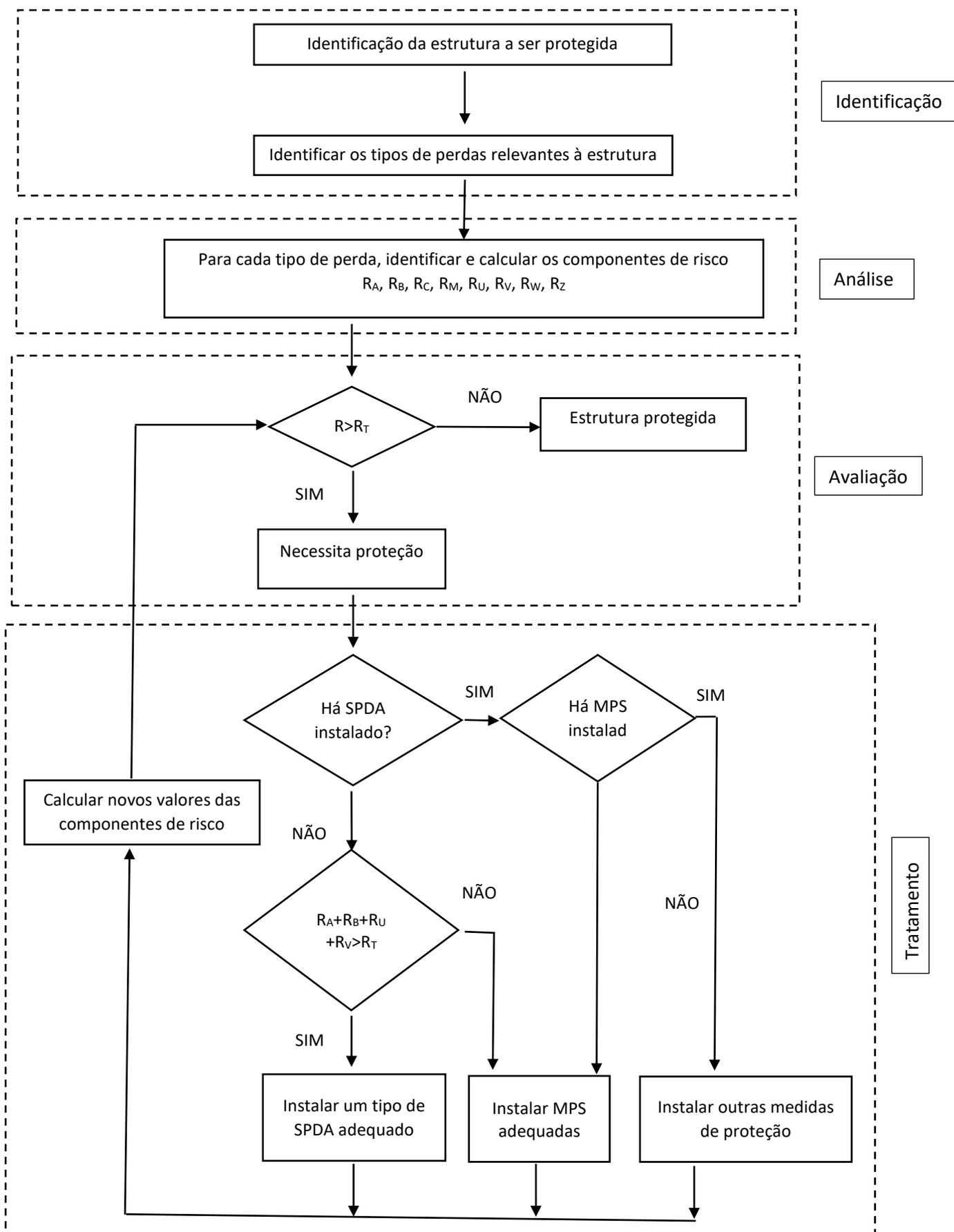


Figura 4. Procedimento para Decisão e Seleção de Medidas.

Fonte: ABNT NBR-5419-1 (2015).

4.2 A influência do parâmetro P_{TA}

O parâmetro P_{TA} está relacionado às medidas de proteção contra tensão de passo e toque. Este parâmetro altera a probabilidade de dano do componente de risco R_A , que faz parte da componente do risco R_1 que estamos considerando.

$$R_1 = R_{A1} + R_{B1} + R_{C1} + R_{M1} + R_{U1} + R_{V1} + R_{W1} + R_{Z1}$$

$$R_A = N_A \times P_A \times L_A$$

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

Tabela 4 – Valores de probabilidade P_{TA} .

Medidas de proteção adicional	P_{TA}
Nenhuma medida de proteção	$1,00 \times 10^0$
Avisos de alerta	$1,00 \times 10^{-1}$
Isolação elétrica (PVC nos condutores de descidas expostos)	$1,00 \times 10^{-2}$
Equipotencialização efetiva do solo	$1,00 \times 10^{-2}$
Restrições físicas ou estrutura do edifício usada como subsistema de descida	0

Fonte: FARIA (2018).

A tabela 4 apresenta as possíveis medidas de proteção a adotar caso o risco calculado esteja acima do nível de referência mesmo com a medida de proteção já instalada. A primeira medida de proteção é a colocação de aviso de alerta próximo aos condutores de descida. Os avisos de alerta darão resultados se estiverem visíveis e em locais de risco onde realmente existe. Os condutores de descida do terminal rodoviário de Aracaju na Av. Tancredo Neves em dias de trovoadas sem aviso de alerta e grande circulação de pessoas representa um grande risco devido a permanência de pessoas próxima a estrutura.

A quarta medida de proteção consiste em restringir o acesso ao entorno dos condutores de descida através de barreiras físicas ou então usar a própria estrutura de ferragem das edificações como condutor de descida, pois como estaria embutida na alvenaria não haveria o acesso de pessoas.

4.3 A influência do parâmetro r_p

O parâmetro r_p está relacionado às medidas de proteção contra incêndio e explosão e altera L_B e L_V , desta forma, está relacionado com as perdas consequentes de dano das componentes de risco R_B e R_V . Essas componentes são devidas as descargas atmosféricas diretas na estrutura e na linha conectada à estrutura, respectivamente, e que provocam danos à estrutura levando a perda de vida humana que faz parte do risco R_1 que estamos considerando.

$$R_1 = R_{A1} + \boxed{R_{B1}} + R_{C1} + R_{M1} + R_{U1} + \boxed{R_{V1}} + R_{W1} + R_{Z1}$$

$R_B = N_B \times P_B \times \boxed{L_B}$

$R_V = N_L \times P_V \times \boxed{L_V}$

$L_B \sim r_p \times (*)$

$L_V \sim r_p \times (*)$

Onde (*) representa outros parâmetros, porém o importante é verificar que tanto L_B e L_A são proporcionais à r_p .

Tabela 5 – Valores de probabilidade r_p .

Providências	r_p
Nenhuma providência	1,00
Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalação de alarmes manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	0,50
Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático	0,20

Fonte: FARIA (2018).

A Tabela 5 apresenta as possíveis providências existentes para reduzir as consequências de um incêndio na instalação e os respectivos valores de r_p , além das possíveis medidas de proteção a se adotar dependendo das providências já executadas. A variação de r_p não é alta e o parâmetro assume o mesmo valor para diferentes providências. Para a análise de risco, não há distinção entre a adoção de diferentes medidas. É importante observar que o risco calculado menor que o risco tolerável não exime o responsável técnico pela edificação do cumprimento das exigências técnicas do Corpo de Bombeiros Militar (CBM).

4.4 A influência do parâmetro P_B

Além de alterar P_A (probabilidade de dano da componente de risco R_A), P_B é também a probabilidade de dano da componente de risco P_B . Essas componentes de risco estão relacionadas as descargas atmosféricas diretas na estrutura, que provocam choque elétricos nos seus ocupantes e danos à própria estrutura levando a perda de vida humana como estamos considerando.

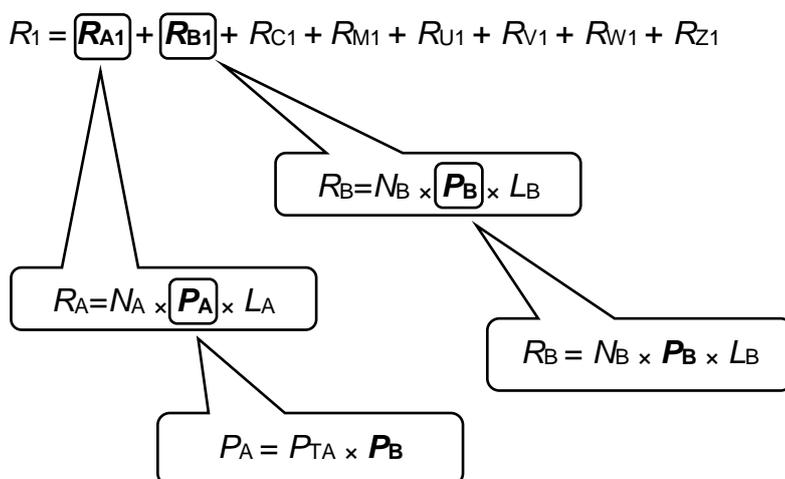


Tabela 6 – Valores de probabilidade P_B .

Características da estrutura	P_B
Estrutura não protegida por SPDA	1,00
Estrutura protegida por SPDA Classe IV (menos eficiente)	0,20
Estrutura protegida por SPDA Classe III	0,10
Estrutura protegida por SPDA Classe II	0,05
Estrutura protegida por SPDA Classe I (mais eficiente)	0,02

Fonte: FARIA (2018).

A Tabela 6 apresenta as diferentes medidas de proteção contra descarga atmosféricas com seus respectivos valores de P_B . As medidas de proteção que visam reduzir os danos físicos à estrutura são basicamente as medidas recomendadas na parte três da norma (NBR-5419-3).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A norma de proteção contra descarga atmosférica tornou-se válida em 2015 adotando os conceitos de gerenciamento de riscos para a tomada da decisão em instalar ou não um SPDA ou MPS, porém, podemos verificar que ainda existe uma certa dificuldade no entendimento da metodologia que a norma aborda.

Ao introduzir os conceitos de risco e posteriormente fazer uma comparação no procedimento de avaliação de riscos da NBR-5419-2, esperamos que o entendimento se torne mais efetivo.

O novo texto da norma apresentou uma revolução tecnológica em relação a versão anterior, o cálculo tornou-se mais complexo usando mais variáveis de forma que permite ao projetista também quantificar o risco e subdividi-lo percentualmente nas causas principais.

Seguindo os conceitos de gerenciamento de riscos, foi permitido nesta versão da norma atuar em medidas de controle de onde o limite calculado seja avaliado através de parâmetros com a finalidade de manter o risco dentro do limite tolerável.

Demonstramos através de três parâmetros como funciona o mecanismo de tratamento de risco adicionando ações que fazem com que a probabilidade ou a consequência do dano sejam reduzidos até permanecer inferior ao risco tolerável. É possível identificar qual o tipo de ação que diminui o risco e quantificar esta redução.

Uma noção preliminar de gerenciamento de riscos ajuda consideravelmente no entendimento da nova sistemática da norma, pois o contexto de aplicação pode mudar, porém os princípios do gerenciamento de riscos são mantidos.

Esperamos, por fim, que este artigo contribua para a melhorar o entendimento do cálculo de gerenciamento de riscos da norma de SPDA enfatizando a necessidade de compreensão dos conceitos básicos de riscos.

ABSTRACT

In the last six years, Brazil has registered in its vast territorial extension an average of 77.8 million rays per year, according to a survey by the National Institute for Space Research (INPE, 2017). Lightning strikes that directly affect structures (buildings) or reach nearby land are dangerous to people, their structures, their contents and their facilities, and it is therefore necessary to consider protective measures. The need for protection, the economic benefits of installing protection measures, and the appropriate choice should be determined in terms of risk management. The Brazilian standard ABNT NBR 5419-2 establishes the requirements for risk analysis in structures due to atmospheric discharge and is intended to evaluate such risks, allowing the choice of more adequate protection to reduce the risk of damage caused by lightning to the tolerable limit. Despite the benefit of the risk analysis, the text of the standard presented unusual concepts to SPDA designers, substantially increasing the degree of difficulty in performing the calculation procedure. This article proposes to approach the risk analysis of ABNT NBR 5419-2 from the point of view of the concepts and principles of risk management in order to facilitate the understanding of the standard. In conclusion, we can expect that the guidelines of the SPDA standard regarding risk analysis will be considered from a new point of view and finally as a powerful tool to assist in the development of projects.

Keywords: Damage. Lightning Strike. Risk Analysis. Probability.

REFERÊNCIAS

ALVES, N.V.B. **Nova ABNT NBR-5419 Comemora Um Ano De Existência**, Espaço 5419, Portal “O Setor Elétrico”, Out/2016. Acessado em 03/07/2018. <https://www.osetoelettrico.com.br/nova-abnt-nbr-5419-comemora-um-ano-de-existencia/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 5419-1. **Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios Gerais**. Rio de Janeiro, 2015, 67p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 5419-2. **Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 2: Gerenciamento de Riscos**. Rio de Janeiro, 2015, 104p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 5419-3. **Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 3: Danos Físicos a Estruturas e Perigos à Vida**. Rio de Janeiro, 2015, 51p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 5419. **Proteção contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro, 2005, 42p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR ISO 31000. **Gestão de riscos - diretrizes**. Rio de Janeiro, 2018, 17p.

CETESB. **Risco de acidente de origem tecnológica – Método para decisão e termos de referência**. 2ª Ed. São Paulo, 2011, 140p.

DEHN. **Lightning protection guide**. 3ª Ed. Neumarkt – Alemanha. 2014, 489p.

FARIA, S.A. **Metodologia de análise de risco de implantação de sistema de proteção contra descarga atmosférica** – Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. UFMG. Belo Horizonte, 2018, 121p.

GALANTE, E.B.F. **Princípios de gestão de riscos** – 1ª Ed. Curitiba, 2015, 155p.

I, Yet-Pole; CHENG, Te-Lung. **The development of a 3D risk analysis method**. Journal of Hazardous Materials, 153, p. 600-608, 2008.

HUBBARD, D. W. **The failure of risk management: Why it's broken and how to fix it**. 1 ed. New Jersey. USA. 2009.

MODENA, J. **História E Responsabilidade**, Portal “O Setor Elétrico”, Abr/2010. Acessado em 03/07/2018. <https://www.osestoreletrico.com.br/protacao-contra-raios/>

MODENA, J. **Seja Muitíssimo Bem-Vinda**, Espaço 5419, Portal “O Setor Elétrico”, Ed.108, Jan/2015. Acessado em 28/06/2018. <https://www.osestoreletrico.com.br/seja-muitissimo-bem-vinda/>

OLIVEIRA E SILVA, J.C. **Com Vocês, A NBR-5419-1** Espaço 5419, Portal “O Setor Elétrico”, Ed.112, Jun/2015. Acessado em 03/07/2018. <https://www.osestoreletrico.com.br/com-voces-a-nbr-5419-1/>

OLIVEIRA, J.B. **Quando Poderemos Ter O Risco Zero Em Proteção Contra Descargas Atmosféricas?** Espaço 5419, Portal “O Setor Elétrico”, Agot/2017. Acessado em 03/07/2018. <https://www.osestoreletrico.com.br/quando-poderemos-ter-o-risco-zero-em-protacao-contra-descargas-atmosfericas/>

PAULINO, J. O. S. **Proteção de equipamentos elétricos e eletrônicos contra surtos elétricos em instalações**. 1ª Ed. Lagoa Santa – MG. 2016, 258p.

ROUSSEAU A. et KERN A. **Application of environmental risk according to IEC 62305-2 Edition 2**. International Symposium on Lightning Protection (XIII SIPDA). Balneário Camboriú, Brasil. 2015. 7p.

ROUSSEAU A. et GUTHRIE M. **How to deal with environmental risk in IEC 62305-2**. International Conferente on Lightning Protection (ICLP). Shangai, China. 2014. 7p.

SANTOS, D. F. S. **Lightning protection according to IEC 62305**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação. Instituto Técnico de Lisboa – ITL. Lisboa-Portugal, 2015, 119p.

SUETA, H.E. **O Gerenciamento De Risco Segundo A Parte 2 Da ABNT NBR 5419**, Espaço 5419, Portal “O Setor Elétrico”, Ed.109, Fev/2015. Acessado em 28/06/2018. <https://www.osestoreletrico.com.br/o-gerenciamento-de-risco-segundo-a-parte-2-da-abnt-nbr-5419/>

SUETA, H.E. **Desenvolvimento De Uma Planilha Para Análise De Risco**, Espaço 5419, Portal “O Setor Elétrico”, Ed.116, Set/2015. Acessado em 28/06/2018. <https://www.osestoreletrico.com.br/desenvolvimento-de-uma-planilha-para-analise-de-risco/>