

Proteção contra descargas atmosféricas

Stypulkowski, Yuri Solis ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

⁽¹⁾ SOLIS ENGENHARIA LTDA

⁽²⁾ Graduação e Mestrado em Engenharia Elétrica pela UFRGS

⁽³⁾ Professor docente da Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES)

Resumo — A proteção contra descargas atmosféricas no Brasil passou por grandes mudanças com a versão de 2015 da norma brasileira NBR 5419 (Proteção contra descargas atmosféricas), a qual passou a considerar as contribuições de correntes induzidas devido a uma descarga atmosférica próxima à instalação, e em linhas de energia e sinal. Estas exigências tanto pela NBR 5419:2015 quanto pela fiscalização do corpo de bombeiros necessitam de profissionais atualizados para adequação do SPDA existente, e de novos projetos mais robustos quando comparados aos antigos. Este artigo faz um comparativo das mudanças da versão atual da NBR 5419:2015 com a versão anterior de 2005.

Termos para indexação — Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), Medidas de Proteção contra Surtos de tensão (MPS), Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), NBR 5419:2015.

I. INTRODUÇÃO

UMA descarga atmosférica é um fenômeno natural, e necessário ao equilíbrio do planeta, tanto do ponto de vista elétrico com a redistribuição de cargas elétricas entre nuvens e solo, quanto do ponto de vista biológico pois as descargas atmosféricas auxiliam no ciclo do nitrogênio pois são a principal fonte de nitritos e nitratos, os quais são essenciais para a vida das plantas.

Conforme dados do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) [1], o Brasil é líder mundial na incidência de raios por ano. A cada 50 mortes por raio no mundo, uma acontece no Brasil, justificando por si só a necessidade de uma atenção especial na proteção contra descargas atmosféricas em edificações no Brasil. A Figura 1 mostra o mapa brasileiro de densidade de descargas atmosféricas.

A Tabela 1 mostra para algumas cidades brasileiras o número de descargas por km², identificado por Ng. Analisando os dados da Tabela 1, é possível perceber que o risco em algumas cidades é muito maior do que para outras cidades. De forma simplificada, as cidades litorâneas possuem risco menor de descargas atmosféricas atingirem o solo, principalmente as

do nordeste, enquanto as cidades mais afastadas do litoral possuem um risco mais elevado.

A. Objetivos deste artigo

Este artigo tem por objetivo principal apresentar uma visão técnica sobre a proteção de edificações contra descargas atmosféricas.

Por objetivos específicos este artigo propõe:

- Contextualizar as atribuições e responsabilidades de um Engenheiro Eletricista em atividades envolvendo o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA).
- Compreender de forma simplificada o processo de formação das descargas atmosféricas, e os riscos associados que exigem um sistema de proteção adequado.
- Analisar os termos que subsidiam o cálculo de risco.
- Debater sobre as vantagens em utilizar elementos naturais no SPDA.
- Observar a importância de observar as distâncias de segurança para proteção contra centelhamentos.
- Discutir sobre o posicionamento adequado do Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) em edificações.
- Entender as verificações observadas nas inspeções periódicas, e as periodicidades das mesmas.

B. Justificativa

A preocupação com a proteção contra descargas atmosféricas sempre teve relevância no Brasil, em função da alta incidência de descargas atmosféricas que atingem o solo brasileiro. Mas com o incêndio da Boate Kiss em 27/01/2013, a legislação do Corpo de Bombeiros Militar (CBM) passou por algumas atualizações quanto ao Plano de Prevenção e Proteção contra Incêndios (PPCI) [2].

Um dos documentos complementares que quando necessário deve fazer parte do PPCI é o Laudo técnico de vistoria e medições SPDA [3], pois conforme [4] os riscos específicos como o SPDA para proteção contra descargas atmosféricas, devem atender as recomendações técnicas do corpo de bombeiros [4].

Conforme o Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul (CBMRS) [2], para edificações com 4 pavimentos ou mais é exigido PPCI completo (desde que não possuam isolamento de riscos). Quando houver PPCI instalado, este deverá estar de acordo a norma brasileira NBR 5419 [5], sendo necessário apresentar laudo com Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), expedida por profissional legalmente habilitado,

Artigo escrito em Dezembro de 2018, e revisado em Janeiro de 2019.

Y. S. Stypulkowski é sócio-gerente da Solis Engenharia Ltda desde 2017, e professor docente da Univates para o curso de graduação em Engenharia Elétrica, desde 2017 (yuri.stypulkowski@gmail.com).

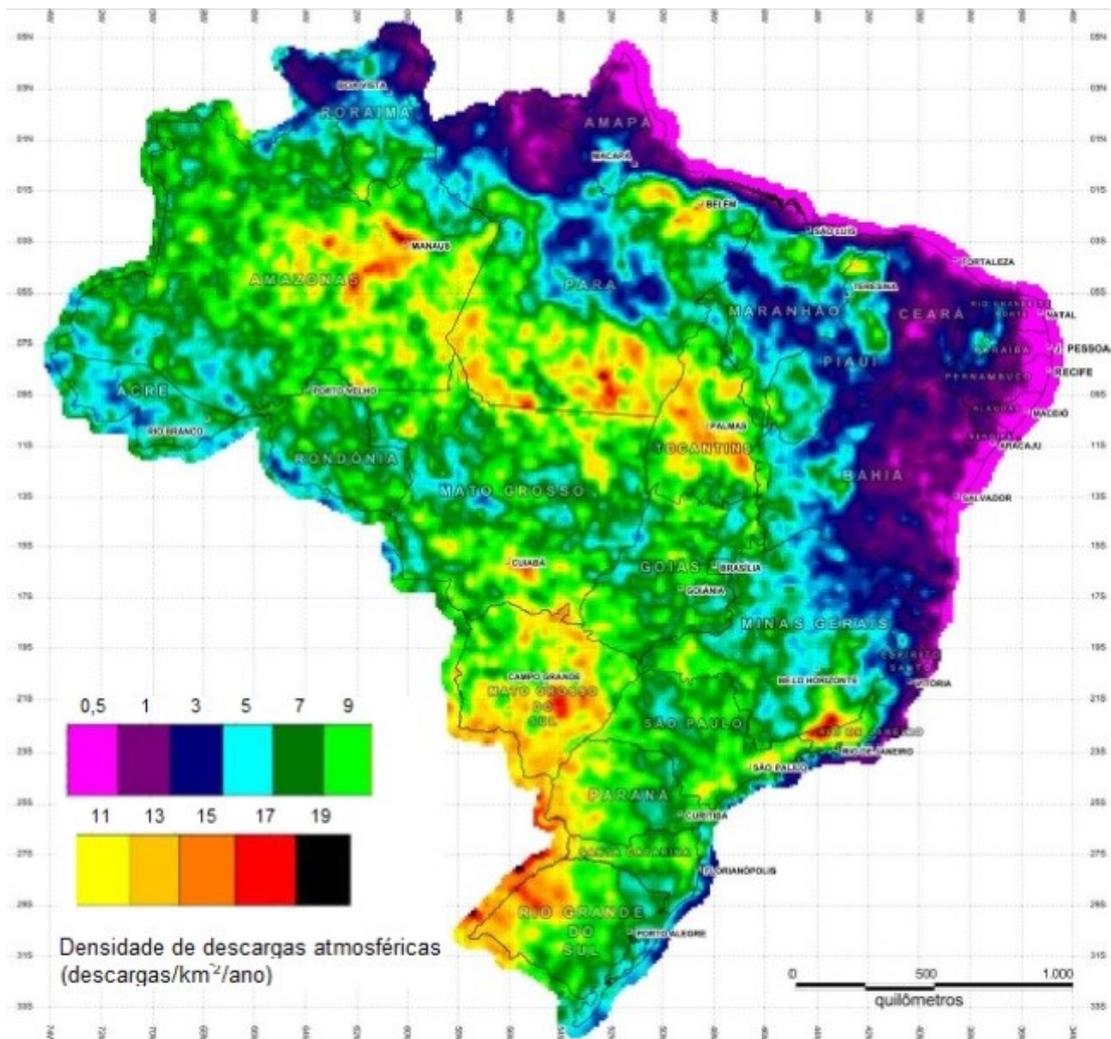


Fig. 1. Mapa da densidade de descargas atmosféricas no Brasil [5].

informando que o SPDA instalado atende o nível de proteção exigido, os requisitos de instalação e manutenção, estando em perfeitas condições funcionais para proteção das estruturas em atendimento às normas técnicas vigentes [6].

Um Engenheiro Eletricista é um profissional legalmente habilitado nas atividades de projeto, instalação, manutenção, vistoria, laudo, perícia e pareceres referentes ao SPDA conforme o Conselho Federal de Engenharia e Agronomia [7].

II. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Uma descarga atmosférica (ou *lightning stroke*) é uma descarga elétrica de grande intensidade, originada na atmosfera. As descargas podem ocorrer tanto entre nuvens (inter nuvens), quanto dentro da própria nuvem (intra nuvem), ou entre nuvem e a terra (nuvem-solo) [5] conforme mostra a Figura 2, e um raio em geral é formado de múltiplas descargas.

Quando a nuvem está eletricamente carregada, o ar ao redor desta possui um campo elétrico que aumenta de acordo com a

carga elétrica da nuvem (ou ao menos de uma região da nuvem). Em dado momento, o campo elétrico do ar é suficiente para romper a rigidez dielétrica do ar, e começam a se formar caminhos no ar para as cargas elétricas, seja em direção à outra nuvem, seja em direção ao solo. Este é o processo de formação do chamado líder escalado de uma descarga. O caminho no ar percorrido pelo líder não é em linha reta, mas sim buscando um caminho com menor resistência até outro corpo de carga eletricamente oposta.

Tradicionalmente o líder de uma descarga atmosférica encontra as quintas das edificações, justificando assim que um SPDA tenha atenção especial às quinas.

Existem vários tipos de descargas: de impulso único de descargas negativas, de impulsos subsequentes de descargas negativas, e de impulso único de descargas positivas.

As descargas atmosféricas são classificadas em positivas e negativas, conforme a polaridade das cargas da nuvem de origem, sendo que aproximadamente 90% das descargas

Tabela 1. Concentração de raios em algumas cidades do Brasil.
Dados extraídos de [1]

Cidade	Estado	Ng	Ranking Nacional
Rio Branco	AC	22,5478	64
Palmas	TO	19,2087	133
São Luis	MA	15,1151	270
Santo André	SP	14,5267	299
Manaus	AM	14,4741	302
Guarulhos	SP	13,4546	346
São Paulo	SP	13,2733	359
Cuiabá	MT	12,3841	411
Campinas	SP	9,8313	623
Santos	SP	9,6392	653
Teresina	PI	9,0239	715
Juiz de Fora	MG	7,6029	874
Macapá	AP	6,8353	971
Boa Vista	RR	6,7923	975
Uruguaiana	RS	5,9755	1.133
Belo Horizonte	MG	5,7256	1.200
Alegrete	RS	5,3474	1.354
Cruz Alta	RS	4,9157	1.620
Campo Grande	MS	4,6593	1.829
Curitiba	PR	4,5557	1.916
Santo Ângelo	RS	4,2790	2.174
Rio de Janeiro	RJ	4,2224	2.232
Santa Maria	RS	4,0293	2.406
Goiânia	GO	3,9207	2.503
Ribeirão Preto	SP	3,5938	1.353
Chapecó	SC	3,5938	2.784
Passo Fundo	RS	3,3110	2.967
Brasília	DF	3,0068	3.183
Novo Hamburgo	RS	2,8166	3.308
Rio Grande	RS	2,7614	3.356
Triunfo	RS	2,6223	3.454
Florianópolis	SC	2,5352	3.534
Lajeado	RS	2,4955	3.571
Gravataí	RS	2,4193	3.661
Caxias do Sul	RS	2,3018	3.750
Canoas	RS	2,2555	3.788
Porto Alegre	RS	2,1987	3.836
Capão da Canoa	RS	2,0626	3.923
Gramado	RS	1,8821	4.032
Fortaleza	CE	1,3658	4.255
Salvador	BA	1,3145	5.048
Maceio	AL	0,8780	4.561
Vitória	ES	0,6555	4.758
Aracaju	SE	0,4429	4.970
Camaçari	BA	0,3816	5.500
Recife	PE	0,3244	5.178
João Pessoa	PB	0,1749	5.421
Natal	RN	0,0495	5.544
Fernando de Noronha	PE	0,0000	5.553

Ng → número de descargas por km² ao ano

atmosféricas são descargas negativas.



Fig. 2. Formação das descargas atmosféricas (adaptação).

As tensões e correntes elétricas associadas às descargas atmosféricas são de elevada intensidade, e quanto atingem o solo podem provocar danos materiais e perda de vida humana, sendo esta a principal preocupação. Assim, uma Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA) deve primar pela redução dos riscos de danos, sejam eles materiais ou envolvendo vida humana. Conforme [5], os danos provocados pelas descargas atmosféricas são denominados por:

- D1 → danos a vida humana;
- D2 → danos materiais;
- D3 → danos aos serviços (equipamentos).

III. NORMA BRASILEIRA NBR 5419 – PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A norma brasileira que trata sobre a proteção contra descargas atmosféricas é a NBR 5419, versão de 2015. Esta norma é elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A. Histórico das versões anteriores

A primeira norma brasileira que tratava sobre a proteção contra descargas atmosféricas era a antiga NB 165, de 1950, a qual foi elaborada baseada em documentos Belgas, contendo 6 páginas [9]. A segunda versão da norma brasileira NB 165 foi editada em 1970, continha 7 páginas e era baseada em documentos Americanos.

A NB 165 foi substituída pela primeira versão da norma NBR 5419 em 1977, passando a ter 16 páginas. Em 1993, a NBR 5419 passou por atualização em que as orientações técnicas que a subsidiavam estavam na norma internacional IEC 1024 de 1990, a qual tinha 27 páginas. Em 2001 a NBR 5419 passou a se referenciar a norma IEC 61024 de 1998, com 33 páginas, e em 2005 incorporou mais especificações passando a vigorar com 42 páginas. O salto veio com a versão de 2010 da IEC 62305, a qual subsidia a versão de 2015 da NBR 5419.

B. Comparativo entre as versões de 2015 e 2005

A versão atual da norma brasileira NBR 5419 (Proteção contra descargas atmosféricas) é de 2015, possuindo 353

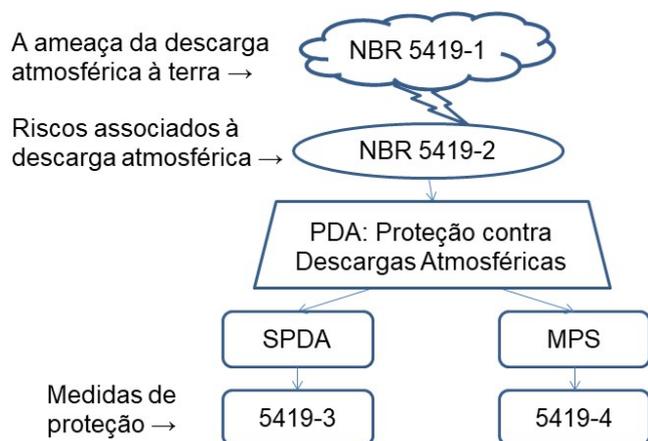


Fig. 3. Estrutura da NBR 5419:2015 (adaptado de [5]).

páginas e baseada na norma internacional IEC 62305:2010 (*Lightning protection standard*) [8]. A versão anterior da NBR 5419 é datada de 2005, e possui 48 páginas. Embora a diferença seja notória quanto ao número de páginas, a mudança mesmo incide sobre a análise do risco, pois a versão antiga considerava o nível de Proteção contra Descargas Atmosféricas (PDA) como uma informação de saída para as características da estrutura a ser protegida, enquanto a versão atual considera o nível de proteção como uma das informações de entrada que reduzem o risco a níveis toleráveis, incluindo outras análises e medidas de proteção como as MPS (Medidas de Proteção contra Surtos de tensão).

A Figura 3 mostra a estrutura da versão de 2015 da NBR 5419, em que a norma está dividida em 4 partes, sendo cada uma delas dada por:

- NBR 5419-1 2015 – Princípios Gerais.
- NBR 5419-2 2015 – Gerenciamento de riscos.
- NBR 5419-3 2015 – Danos físicos a estruturas e perigos à vida.
- NBR 5419-4 2015 – Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.

O SPDA da Figura 3 é o sistema utilizado para reduzir danos físicos devido às descargas atmosféricas em uma estrutura, sendo consistido de elementos interno e externo de proteção [5]. O termo SPDA é comumente referenciado na literatura em português, mas o SPDA também pode ser conhecido por *Lightning Protection System (LPS)* [8].

As Medidas de Proteção contra Surtos (MPS) da Figura 3 tem como principal exemplo o DPS, porém existem outras medidas como a blindagem.

C. Fontes de danos

Uma das principais mudanças da versão de 2015 da NBR 5419 [5] é analisar as demais contribuições/fontes de danos por descargas atmosféricas, cuja principal fonte é a intensidade da corrente elétrica (em kA) da descarga atmosférica. As Figuras 4 e 5 mostram os 4 tipos de fonte de dano por

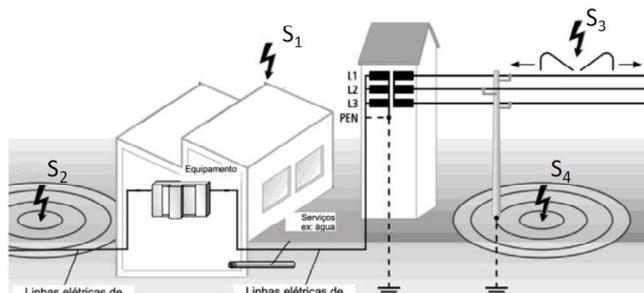


Fig. 4. Fonte de dano por descarga atmosférica [9].

descarga atmosférica descritos em [5], sendo estas fontes caracterizadas pelo ponto de impacto:

- S1 → descargas atmosféricas na estrutura;
- S2 → descargas atmosféricas perto da estrutura;
- S3 → descargas atmosféricas na linha;
- S4 → descargas atmosféricas perto da linha.

A versão de 2005 de [5] considerava basicamente a fonte S1, e de maneira superficial a fonte S2 e S3. Com cálculos de risco que consideram muito mais parâmetros que influenciam na proteção contra descargas atmosféricas, pode-se dizer que a versão vigente de [5] analisa de forma mais completa e profunda os danos provocados por uma descarga atmosférica, como auxilia para compreensão deste avanço com a norma vigente a caracterização das fontes de S1 à S4.

A energia de uma descarga atmosférica proveniente de tensões induzidas se divide aproximadamente em 50% para o sistema de aterramento, e 50% distribuída por outros caminhos como a entrada da rede elétrica de baixa tensão, e as linhas de dados e de telefonia.

IV. DENSIDADE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Uma das principais informações que subsidiam a análise de risco conforme a NBR 5419-2:2015 é a densidade de descargas atmosféricas que incide sobre a região em que localiza-se a estrutura a ser protegida. Conforme a NBR 5419-2:2015, esta informação deve ser extraída do portal WebRaios, disponível no website do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cujo endereço é http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng/ [10].

O número de eventos perigosos N descrito em [5] pode ser calculado pela equação (1):

$$N = N_G \cdot A_Y \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

Onde N_G é a densidade de descargas para o solo, extraída em [10], e A_Y é a área de exposição equivalente.

Este portal do INPE [10] informa a densidade de descargas atmosféricas (parâmetro N_g) média para a localidade, e a pesquisa por endereço se assemelha a outras plataformas, como o *Google Maps*®.

Uma ferramenta para monitoramento em tempo real das

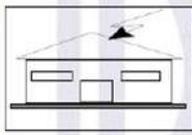
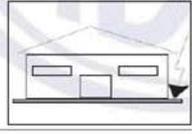
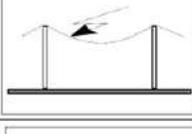
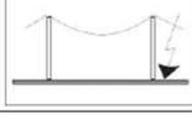
Ponto de impacto		Fonte de dano
Estrutura		S1
Nas proximidades de uma estrutura		S2
Linhas elétricas ou tubulações metálicas conectadas à estrutura		S3
Proximidades de uma linha elétrica ou tubulação metálica		S4

Fig. 5. Fonte de dano por descarga atmosférica [5].

áreas de incidências das descargas atmosféricas é o website <http://www.rindat.com.br/>, mantida pela Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas [11]. A RINDAT é uma rede de sensores especializados e centrais de processamento de dados, os quais permitem detectar em tempo real as descargas atmosféricas nuvem-solo, no território brasileiro.

V. CÁLCULO DO RISCO E FATORES DE REDUÇÃO DO RISCO

A. Equação geral para cálculo do risco

A equação geral para cálculo do risco de perdas e danos por descargas atmosféricas está contida em [5], e pode ser expressa pela equação (2):

$$R_X = N_X \cdot P_X \cdot L_X \quad (2)$$

Onde R é o risco associado, N é o número de eventos perigos (extraído da equação (1)), P é a probabilidade do dano, L a medida de proteção, e X está associado com o componente do risco (A, B, C, M, U, V, W ou Z).

A probabilidade de cada dano, a consequência da perda e as medidas de proteção são aspectos fundamentais a serem analisados no gerenciamento do risco.

B. Classificação do risco

Os riscos associados às descargas atmosféricas são classificados em [5] por:

- R1 → risco de perda de vida humana, incluindo ferimentos permanentes;
- R2 → risco de perda de serviço essencial ao público;
- R3 → risco de perda de patrimônio cultural;
- R4 → risco de perda de valores econômicos.

C. Tipos de perdas devido a descargas atmosféricas

A análise do risco realizada por [5] na verdade é um gerenciamento do risco, onde os riscos calculados de R1 à R4 devem estar dentro de limites toleráveis (R_T) para tipo de perda:

- L1 → perda de vida humana ou de ferimentos permanentes. $R_T \leq 10^{-5}$.
- L2 → perda de serviço ao público. $R_T \leq 10^{-3}$.
- L3 → perda de patrimônio cultural. $R_T \leq 10^{-4}$.

Para a perda de valor econômico (L4), deve ser realizada uma análise econômica do custo-benefício da proteção necessária. Ou seja, o valor econômico a ser protegido depende de definição do usuário/cliente da PDA, e na prática a maioria dos clientes acaba não definindo um valor econômico a ser protegido para que a proteção seja mais simples e com custo menor.

D. Fatores de redução do risco

Os fatores que influenciam os componentes de risco, ou características da estrutura ou dos sistemas internos, ou medidas de proteção, estão definidos em [5], e são:

- Área de exposição equivalente;
- Resistividade da superfície do solo e do piso;
- Restrições físicas, como isolamento, avisos visíveis, equipotencialização do solo;
- SPDA;
- Sistema coordenado de DPS;
- Conexão ao DPS;
- Interfaces isolantes;
- Blindagem espacial;
- Blindagem de linhas externas e/ou internas;
- Preocupações de roteamento de cabos;
- Sistema de equipotencialização;
- Precauções contra incêndios;
- Sensores de fogo;
- Perigos especiais;
- Tensão suportável de impulso.

E. Procedimentos para gerenciamento do risco

O procedimento básico utilizado por um Engenheiro Eletricista para o gerenciamento do risco de danos ou perdas por descargas atmosféricas pode ser descrito em 5 etapas [5], sendo:

- Identificação da estrutura a ser protegida e suas características;
- Identificação de todos os tipos de perdas na estrutura e os correspondentes riscos relevantes (de R1 à R4);
- Avaliação do risco R para cada tipo de perda (de R1 à R4), utilizando a equação (2);
- Avaliação da necessidade de proteção (ou gerenciamento do risco), por meio da comparação dos riscos (de R1 à R3) com os riscos toleráveis R_T ;
- Avaliação da eficiência do custo da proteção pela

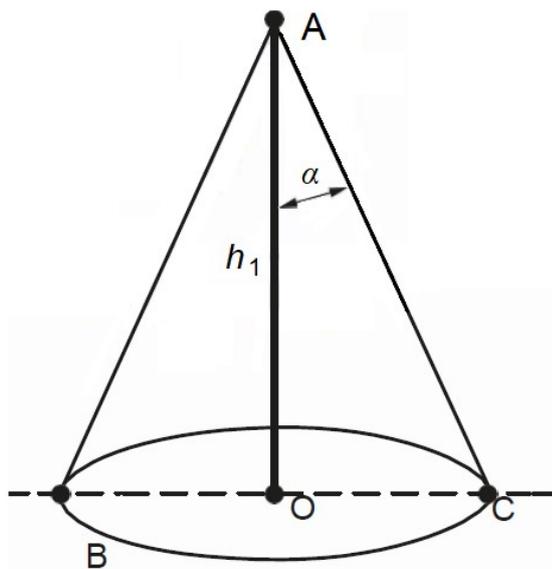


Fig. 6. Método de captura do ângulo de proteção: volume de proteção provido por um mastro [5].

comparação do custo total das perdas com ou sem as medidas de proteção contra descargas atmosféricas, ou seja, avaliação do custo-benefício (risco R4).

VI. COMPONENTES DE RISCO PARA UMA ESTRUTURA

Conforme [5], os componentes de risco podem ser classificados em função da fonte de dano.

A. Devido às descargas atmosféricas incidentes na própria estrutura

Quando a atmosférica atinge a própria estrutura, os riscos podem ser divididos em 3 componentes [5]:

- R_A → componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura, e fora nas zonas até 3 metros ao redor dos condutores de descidas;
- R_B → danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão;
- R_C → falhas nos sistemas internos por pulso eletromagnético devido às descargas atmosféricas (*lightning electromagnetic impuls* – LEMP).

B. Devido às descargas atmosféricas perto da estrutura

Quando a atmosférica atinge uma região próxima à estrutura (e em [5] está quantificado a distância de proximidade com a estrutura), o componente de risco é:

- R_M → componente de risco relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP.

C. Devido às descargas atmosféricas a uma linha (de energia ou sinal) conectada à estrutura

Quando a atmosférica atinge a uma linha conectada à estrutura, os riscos podem ser divididos em 3 componentes [5]:

- R_U → componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura;
- R_V → danos físicos causados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas (geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura), iniciando incêndio ou explosão;
- R_W → falhas nos sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura, e transmitidas a esta.

D. Devido às descargas atmosféricas perto de uma linha (de energia ou de sinal) conectada à estrutura

Quando a atmosférica atinge uma região próxima à estrutura (e em [5] está quantificado a distância de proximidade com a estrutura), o componente de risco é:

- R_Z → componente de risco relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura, e transmitidas a esta.

E. Relação entre risco, dano e perda

VII. \

Um SPDA é formado basicamente por 3 elementos, cada um originando um subsistema: captação, descida e aterramento.

A. Subsistema de Captação

O objetivo do subsistema de captação é captar a descarga atmosférica, e conforme [5] podem ser utilizados 3 tipos de métodos para um SPDA externo:

- Esfera rolante;
- Ângulo de proteção;
- Malhas.

A Figura 6 mostra o volume de proteção contra descargas atmosféricas provido pela presença de um mastro, no método de captação do ângulo de proteção [5].

O método da esfera rolante também pode ser conhecido como modelo eletrogeométrico, ou método da esfera fictícia, e pode ser visto na Figura 7. Neste método, quanto menor o raio r da esfera rolante, maior será o nível de proteção oferecido pelo SPDA. Para estruturas com altura acima de 60 metros é necessário projetar a proteção para as descargas laterais.

A captação pode utilizar apenas um destes métodos, ou ser composta por mais de um método para captação, conforme as dimensões e características externas da estrutura a ser protegida.

Um dispositivo que emite um líder ascendente e é popularmente chamado de “super captor”, causa controvérsias entre especialistas que projetam o SPDA. Este dispositivo já é

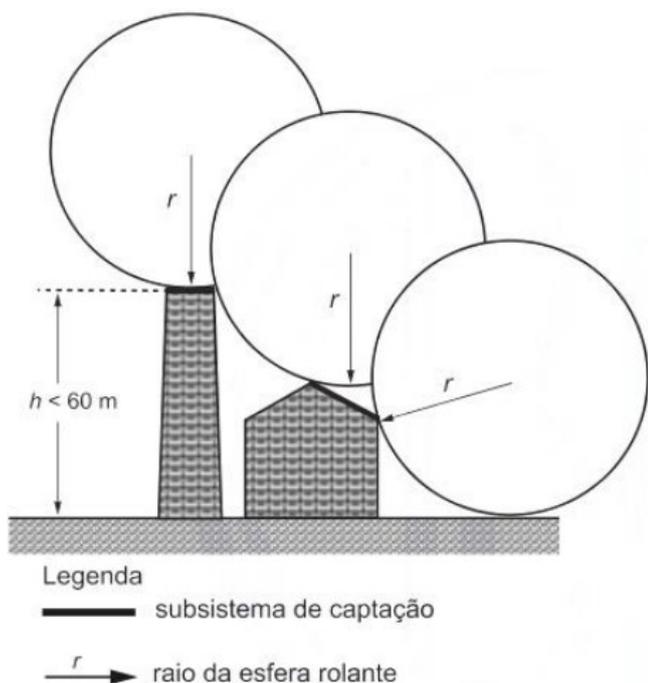


Fig. 7. Subsistema de captação conforme o método da esfera rolante [5].

comercializado e aceito na França [12], porém em nenhum dos testes realizados até o momento, inclusive pelo INPE, se comprovou a eficácia do mesmo. Assim, as normas internacionais [8], nacional [5] e parecer técnico do CBM estadual [12] não autoriza que este “super captor” substitua um sistema de captação de descargas atmosféricas.

B. Subsistema de Descida

Os condutores de descida de um SPDA devem [5]:

- Prover diversos caminhos paralelos para a corrente elétrica da descarga atmosférica;
- Ter o menor comprimento possível;
- Observar a equipotencialização com as partes condutoras da estrutura.

A distância entre cada condutor de descida depende do nível de proteção do SPDA. No nível do solo, os condutores de descida devem ser interligados. A utilização de interligação dos condutores de descida na borda da edificação é uma boa técnica, já que o líder ascendente de uma descarga atmosférica geralmente atinge as quinas das edificações.

O posicionamento dos condutores de descida devem respeitar as distâncias de segurança, de forma a evitar o centelhamento em partes da estrutura [5].

Nas junções entre cabos de descida e eletrodos de aterramento deve existir uma conexão de ensaio em cada condutor de descida externo do SPDA. O objetivo é que o mesmo possa ser aberto para ensaios, mas que em operação normal a conexão de ensaio permaneça fechada e sem contato com o solo.

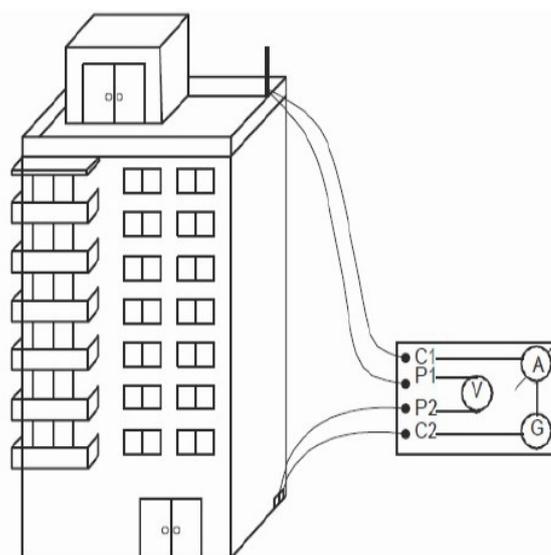


Fig. 8. Método para medição da continuidade elétrica das armaduras de uma edificação, utilizando Mili-ohmímetro para atender aos requisitos de [5]

C. Subsistema de Aterramento

O principal objetivo do subsistema de aterramento é ter um arranjo em que a resistência ôhmica de aterramento seja a menor possível. Na versão de 2005 da NBR 5419, o valor limite para o aterramento do SPDA era de 10 ohms, com o valor recomendável em 5 ohms, mas com a nova visão sobre proteção de descargas atmosféricas da versão de 2015 da NBR 5419, o objetivo é obter o menor valor possível de resistência de aterramento.

Caso as fundações da estrutura não possa ser utilizada como aterramento do SPDA natural, em [5] a orientação é utilizar a configuração em anel para o aterramento, em que o mesmo esteja em contato com o solo ao menos por 80% do seu comprimento total.

A profundidade dos eletrodos (hastes) de aterramento deve ser de no mínimo 0,5 metro, e ficar posicionado à distância de aproximadamente 1 metro ao redor das paredes externas da estrutura [5].

VIII. SPDA ESTRUTURAL (OU INTERNO)

A utilização no SPDA de componentes naturais feitos de materiais condutores, os quais devem permanecer dentro ou na estrutura de forma definitiva (sem que possam ser modificados) são considerados elementos naturais da edificação num SPDA. Como exemplo são as armaduras de aço interconectadas estruturando o concreto armado, e as vigas metálicas da estrutura.

Muitos especialistas e projetistas de SPDA consideram que a melhor solução para proteção contra descargas atmosféricas é utilizar elementos naturais da estrutura, tanto do ponto de



Fig. 9. Substema de descida utilizando elemento natural da estrutura [9].

vista econômico, quanto ao aspecto de eficiência do SPDA. Até mesmo a estética de uma edificação protegida por elementos naturais é superior à que utiliza elementos externos.

Para garantia da continuidade elétrica do SPDA utilizando elementos naturais (ou internos) da edificação, em [5] é recomendada que na inspeção periódica realizada por um Engenheiro Eletricista seja medida com um Mili-ohmímetro, conforme mostra a Figura 8.

A. Substema de Captação natural

As partes da estrutura que podem ser consideradas como captadores naturais do SPDA são:

- Chapas metálicas (ou telhas metálicas) cobrindo a estrutura a ser protegida, desde que a espessura e continuidade elétrica da chapa estejam de acordo com [5], e as chapas não sejam revestidas com material isolante;
- Componentes metálicos da construção da cobertura, como treliças, ganchos de ancoragem, e a armadura de aço da estrutura;
- Partes metálicas que estejam instaladas de forma permanente, como ornamentações, grades, tubulações e coberturas de parapeitos;
- Tubulações metálicas e tanques na cobertura.

B. Substema de Descida natural

A Figura 9 mostra um exemplo de elementos da edificação que podem ser utilizados como substema de descida natural. Em [4] são especificadas as partes da estrutura que podem ser utilizadas como condutores naturais de descida de um SPDA:

- Instalações metálicas que possuam continuidade elétrica e que as suas dimensões atendam as especificações mínimas definidas em [5];
- Armaduras das estruturas de concreto eletricamente contínuas;
- Vigamento de aço interconectado da estrutura;
- Elementos da fachada, como perfis e subconstruções metálicas das fachadas que atendam aos valores mínimos [5].



Fig. 10. Ligação equipotencial utilizando ATERINSERT [9].

Para garantir a interconexão elétrica do substema de descida natural utilizando as ferragens da edificação, os fabricantes de componentes específicos para utilização em SPDA tem um produto conhecido como RE-BAR, o qual garante uma boa conexão elétrica nos terminais das ferragens (encontro de lajes com colunas).

C. Substema de Aterramento natural

Na parte 3 de [5], item 5.4.4, é indicada a utilização como substema de aterramento natural do SPDA as armaduras de aço interconectadas nas fundações de concreto, ou outras estruturas metálicas subterrâneas disponíveis que possam ser utilizadas como eletrodos naturais de aterramento.

Quando as armaduras do concreto das vigas de fundação (baldrame) são utilizadas como eletrodo de aterramento, devem ser tomados cuidados especiais nas interconexões para prevenir rachaduras do concreto [5].

No caso de concreto protendido (técnica em que a armadura sofre um pré-alongamento), os cabos de aço não podem ser utilizados como condutores das correntes da descarga atmosférica [5].

IX. EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

Conforme [5], a equipotencialização é um conjunto de medidas que visa a redução das tensões nas instalações causadas pelas descargas atmosféricas a níveis suportáveis para estas, e aos equipamentos por elas servidos, além de reduzir os riscos de choques elétrico. Estas medidas são consistidas tipicamente por ligações entre as partes metálicas das instalações, e destas ao SPDA, direta ou indiretamente por meio de Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), envolvendo massas metálicas de equipamentos, condutores de proteção, malhas de condutores instaladas sob ou sobre equipamentos sensíveis, blindagens de cabos e condutos

metálicos, elementos metálicos estruturais, tubulações metálicas, etc.

A equipotencialização definida em [5] está mais precisamente referenciada na parte 3 (ou NBR 5419-3:2015), no qual descreve no item 6.2 que as estruturas metálicas devem ser conectadas ao SPDA, e o item 5.4.1 desta mesma norma determina que deva haver integração entre o SPDA e o aterramento das instalações elétricas.

Para reduzir o risco de tensões induzidas que se propagam pelas ferragens da estrutura, um componente disponível no mercado é o ATERRINSERT como mostra a Figura 11, o qual conecta as ferragens internas da estrutura a um terminal externo, facilitando a conexão das ferragens ao Barramento de Equipotencialização Principal (BEP).

A Figura 11 mostra detalhes da interligação do RE-BAR existente no pilar a um condutor externo, através do conector ATERRINSERT, para conexão do sistema de descida natural com o BEP, de forma a equipotencializar as ferragens da estrutura o BEP.

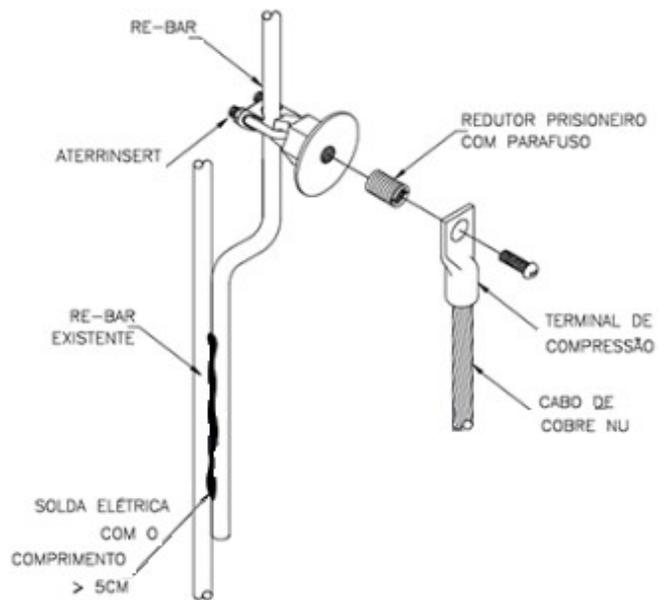


Fig. 11. Interligação da RE-BAR existente no pilar com condutor externo, utilizando ATERRINSERT. Adaptado de [13].

X. INSPEÇÕES PERIÓDICAS NO SPDA

Na parte 3 de [5], ou norma NBR 5419-3:2015, o capítulo 7 trata sobre a manutenção, inspeção e documentação de um SPDA, cujos objetivos das inspeções são:

- Assegurar que o SPDA esteja de acordo com o projeto baseado em [5];
- Todos os componentes do SPDA estejam em boas condições, sendo capazes de cumprir as suas funções, sem apresentar corrosão;
- Qualquer novo objeto metálico oriundo de nova construção ou reforma, como novas tubulações metálicas, linhas de energia e sinal que adentrem a estrutura, alterando as condições iniciais previstas no projeto do SPDA, estejam incorporados ao SPDA e enquadrados em [5].

Conforme a parte 3 de [5], item 7.3.1, as inspeções devem ser feitas nas seguintes situações:

- Durante a construção da estrutura;
- Após a instalação do SPDA, em projeto como construído (ou "As Built");
- Após alterações ou reparos, ou quando houver suspeita que a estrutura foi atingida por uma descarga atmosférica;
- Inspeção visual semestral apontando eventuais pontos deteriorados no sistema;
- Inspeções periódicas realizadas por um profissional legalmente habilitado e capacitado, como um Engenheiro Eletricista [7], com emissão de documento específica (ART de inspeção periódica).

Quanto à inspeção periódica realizada pelo Engenheiro Eletricista, com emissão de ART específica, deverá atender um dos intervalos a seguir:

- UM (01) ANO → para estruturas contendo munição ou explosivos, ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa (regiões litorâneas)
- TRÊS (03) ANOS → para as demais estruturas.

Para medição da continuidade elétrica, em [5] é indicada a utilização de equipamentos que tenham a sua construção baseada em esquemas a quatro fios, sendo dois fios para injeção de corrente e dois para medição de diferença de potencial elétrico (ou tensão elétrica). Como exemplo pode ser usado o Mili-ohmímetro, desde que a corrente injetada seja acima de 1A, em frequência elétrica diferente da industrial [5]. A Figura 8 ilustra como deve ser realizada esta medição da continuidade elétrica.

XI. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A legislação nacional [5] exige que seja feita uma inspeção visual semestral no SPDA, e periodicamente por um profissional habilitado como um Engenheiro Eletricista [7], com emissão de ART específica. A inspeção feita por um Engenheiro Eletricista será de um ano para estruturas e locais com risco de explosão, corrosão severa e fornecimento de serviços essenciais como energia elétrica e água, e de três anos para as demais estruturas como condomínios residenciais e prédios comerciais.

As medições de resistência de aterramento descritas na versão de 2005 da norma NBR 5419 com Terrômetro deixam de ser exigidas em [5], embora permaneça a NBR 15749:2009 (Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento), e passam a ser

exigidas na versão de 2015 da NBR 5419 medições de continuidade elétrica com Mili-ohmímetro para SPDA com elementos naturais [5]. Este é um aspecto importante a ser observado, e que exige dos Engenheiros Eletricistas que trabalham com SPDA a atualização da técnica conforme a legislação vigente.

A utilização de elementos naturais da estrutura é considerada a melhor solução, observando os aspectos econômico, estético e de eficiência do SPDA. Na fase de projeto de uma edificação é a grande oportunidade para prever a utilização de elementos naturais como integrantes ao SPDA.

Para o DPS, um dos aspectos mais importantes é a escolha do posicionamento do mesmo, para evitar a entrada de tensões induzidas dentro de uma edificação protegida contra descargas atmosféricas, tanto para as linhas de energia quanto para as linhas de sinal.

Atualmente é sócio-gerente e responsável técnico da empresa SOLIS ENGENHARIA LTDA (www.solisengenharia.com.br), trabalha como professor docente na Universidade do Vale do Taquari (UNIVATES) atuando no curso de graduação em Engenharia Elétrica, desde 2017 (yuri.stypulkowski@univates.br). Tem experiência na área de sistemas elétricos de potência, onde atuou por 6 anos na empresa CEEE-GT e por 12 anos na ELETROBRÁS ELETROSUL, em setores de transmissão e geração de energia elétrica.

Tem experiência em projetos e laudos de SPDA, para clientes industriais, e condomínios, com ARTs emitidas junto ao CREA-RS. Ministrou cursos na área da eletricidade (painéis elétricos, proteção, intertravamento, NR-10 Básica, NR-10 SEP e NR-10 Reciclagem), e sua expertise inclui trabalhos e laudos de aterramento, estudos comerciais para conexão de fontes alternativas à rede de transmissão, como eólica e solar fotovoltaica.

Endereço do currículo na plataforma Lattes:
<http://lattes.cnpq.br/2353733126001790>

XII. REFERÊNCIAS

- [1] Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Website www.inpe.br/elat/.
- [2] Website <https://sisbom.cbm.rs.gov.br/msci/>, do Corpo de Bombeiros Militar do RS.
- [3] Resolução Técnica CBMRS n.º 05 – parte 1.1, de 2016. Resolução Técnica do Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul. “*Processo de segurança contra incêndio: plano de prevenção e proteção contra incêndio na forma completa*”.
- [4] Decreto n.º 51.803 de 10/09/2014. “*Estabelece normas sobre segurança, prevenção e proteção contra incêndio nas edificações em áreas de risco no Estado do Rio Grande do Sul*”.
- [5] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5419:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas – Partes 1, 2, 3 e 4. 2015.
- [6] Parecer Técnico n.º 022/DTP/2015 do Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul. “*Procedimentos acerca do Sistema de proteção Contra descargas Atmosféricas – SPDA*”.
- [7] Decisão Normativa n.º 070, de 26/10/2001 do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA), disponível em <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=624>.
- [8] Norma internacional IEC 62305:2010 (*Lightning protection standard*).
- [9] Apostilas Termotécnica, 2018. Cursos de SPDA e MPS.
- [10] Website http://www.inpe.br/webelat/ABNT_NBR5419_Ng/, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
- [11] Website <http://www.rindat.com.br/>, da Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT).
- [12] Parecer Técnico n.º 002/DTP/2016. Consulta técnica referente ao emprego da norma Francesa NF C 17-102 – “*Proteção de Descargas Atmosféricas – Proteção de estruturas e áreas abertas com o uso de terminais aéreos que utilizam emissão prévia de líder ascendente (ESSE), no projeto e execução do SPDA*”.
- [13] Catálogo de produtos da Termotécnica, disponível no website <http://tel.com.br>.

XIII. BIOGRAFIA



Yuri Solis Stypulkowski possui Mestrado Stricto Sensu em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com ênfase na área de Energia desde maio/2017. Engenheiro Eletricista graduado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) desde dezembro/2012 (yuri.stypulkowski@gmail.com).