



# *X IEEE ESW-Brasil 2021*

## A Engenharia Elétrica na Segurança do Trabalho

19 a 21 de outubro de 2021 – Virtual – on-line

### **MEDIDAS DE SEGURANÇA PARA PROTEÇÃO DE PESSOAS CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS – ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES E PROPOSTA DE CRIAÇÃO DE ORGANIZAÇÃO ESPECÍFICA PARA PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

**Dr. Hélio E. Sueta**

**IEE\_USP**  
[sueta@iee.usp.br](mailto:sueta@iee.usp.br)

**Jobson Modena**  
**GUISMO ENG.**  
[jobson.modena@gmail.com](mailto:jobson.modena@gmail.com)

**José Barbosa de Oliveira**

**SENTINELL ENG.**  
[barbosa@sentinell.com.br](mailto:barbosa@sentinell.com.br)

**Dra. Mary Ann Cooper**  
**UNIVERSITY OF ILLINOIS-**  
**ACLENet**  
[macooper@uic.edu](mailto:macooper@uic.edu)

**Sergio Roberto Santos**  
**LAMBDA CONSULTORIA**  
[sergio@lambdaconsultoria.com.br](mailto:sergio@lambdaconsultoria.com.br)

#### **RESUMO**

Este trabalho apresenta dados estatísticos de acidentes devido às descargas atmosféricas no Brasil e em outras partes do mundo. Ele também apresenta uma análise desses dados e suas tendências, com o objetivo de melhorar a segurança das pessoas contra os efeitos danosos dos raios, principalmente mortes.

Também aqui é apresentada uma proposta de criação de um centro específico para ações que diminuam fatalidades, através da divulgação de conhecimentos, realização de eventos, elaboração de projetos pilotos para estruturas públicas em locais de baixa renda, criação de cartilhas específicas de proteção de trabalhadores no campo, crianças, esportistas e demais pessoas, principalmente em áreas abertas.

São apresentadas recomendações para proteção de pessoas contra os perigos diretos e indiretos das descargas atmosféricas.

#### **1.0 – INTRODUÇÃO**

No dia 28 de junho de 2011, a Escola Runyanya em Uganda foi atingida por uma descarga atmosférica que causou a morte de 18 crianças, um professor e deixando 38 pessoas seriamente feridas. Esse foi o maior acidente envolvendo crianças devido às descargas atmosféricas e o segundo maior acidente em número de mortes registrado no mundo por raios. Por esse motivo, o dia 28 de junho foi indicado como o “Dia mundial de segurança contra as

descargas atmosféricas” (ILSD – International Lightning Safety Day).

Vários países já adotaram essa data e programam diversas atividades para alertarem as pessoas dos perigos das descargas atmosféricas. São congressos, workshops, treinamentos e diversas outras atividades realizadas no mundo inteiro para fazer este alerta e principalmente ajudar comunidades carentes a evitar esses perigos. Neste caso, por exemplo, projetos de proteção são desenvolvidos gratuitamente por especialistas, principalmente para escolas em comunidades carentes de países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

O Brasil, através do COBEI, também adotou esse dia como ILSD. Em 2020 seria organizado um Workshop sobre este tema, mas a COVID atrapalhou o desenvolvimento dessa atividade.

O Brasil é considerado o “Campeão mundial de descargas atmosféricas”, principalmente por ser um país tropical e pela sua extensão territorial. São milhões de descargas anualmente, que ocasionam danos, mortes e prejuízos imensos ao país. Em relação a mortes por descargas diretas, o país contabiliza de 70 a 200 mortes a cada ano, sem contar àquelas devido aos efeitos indiretos das descargas atmosféricas, tais como, os incêndios, queima de equipamentos vitais em falhas do sistema elétrico.

Este trabalho apresenta estatísticas nacionais e mundiais de acidentes. Para os dados mundiais participa a Professora emérita de Medicina de Emergência da Universidade de Illinois

(Chicago – USA), Mary Ann e Ronald Holle diretores da ACLENet (African Centers for Lightning and Electromagnetics Network).

Principalmente no verão, entre outubro e abril, são contabilizados diversos acidentes no Brasil: de edificações rudimentares até grandes usinas e tanques de combustíveis são atingidos por descargas atmosféricas, provocando grandes danos e até mortes. Devido à grande densidade de descargas atmosféricas para o solo em parte significativa do território nacional, é urgente divulgar e desenvolver projetos para evitar esses tipos de danos, prejuízos e, principalmente, mortes.

## 2.0 – ACIDENTES COM DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO BRASIL

Segundo o ELAT – Grupo de Eletricidade Atmosférica do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais [1] ligado ao MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES do governo brasileiro, em média, 78 milhões de descargas atmosféricas caem todos os anos no Brasil. A cada 50 mortes que ocorrem no mundo devido às descargas atmosféricas, uma ocorre no país. Dessa forma, o Brasil é considerado por muitos como o campeão mundial de raios. Entre 2000 e 2019, foram contabilizadas 2194 mortes no Brasil devido às descargas atmosféricas segundo o ELAT.

O site do ELAT [1] e o Anuário Estatístico da ABRACOPEL (Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade) [2] trazem estatísticas sobre acidentes envolvendo as descargas atmosféricas. Neste trabalho vamos utilizar principalmente dados desses documentos.

### 2.1 – DADOS ESTATÍSTICOS NO BRASIL

O Anuário Estatístico da ABRACOPEL, em 2020, indica que, de um total de 764 mortes em acidentes de origem elétrica no Brasil, 691 foram devido a choques elétricos, 47 devido às descargas atmosféricas e 26 devido aos incêndios provocados por sobrecargas nas instalações elétricas. Esses números certamente são maiores, pois são baseados somente em notícias reportadas e divulgadas, principalmente obtidas na internet.

O levantamento do ELAT mostrou que a maioria das mortes devidas aos raios (26%) acontece no campo atingindo trabalhadores na agricultura, mas ao contrário do que muitos pensam, muitas delas ocorrem mesmo dentro de casas (21%) com os moradores realizando atividades diversas, as vezes perto de janelas e portas, pessoas utilizando telefones com fios ou os carregando na tomada e até mesmo perto de aparelhos eletroeletrônicos ligados às tomadas.

Esse levantamento mostrou que muitas vítimas estavam perto da água (9%), nas praias,

em calçadões perto do mar, na beira de rios, pescando, nadando ou em embarcações; embaixo de árvores (também 9%) se abrigando da chuva, andando perto delas ou colhendo frutas.

Em seguida, em áreas cobertas, mas abertas (8%), tais como pontos de ônibus, áreas em construção, varandas e galpões. Com 7% dos casos, as vítimas estavam praticando esportes, principalmente jogando futebol ou caminhando ao ar livre.

Muitas vítimas (6%) estavam em algum meio de transporte, mas expostos, tais como, carroceria de caminhão, motos, bicicletas, carros conversíveis ou perto de meios de transporte, tais como aviões, tratores, carros, caminhões, motos. Muitas pessoas são atingidas por descargas atmosféricas caminhando (4%) em estradas, ruas e rodovias.

Acontecem mortes devido a raios (4%) pertos de cercas, arame farpado e varais. Fechando o levantamento, 6% em atividades variadas, tais como, empinando pipas, utilizando o celular, subindo em telhados, em escaladas, montanhas, nas ruas utilizando guarda-chuvas e próximas de tanques de combustível e estruturas altas (antenas e torres).

Segundo o Anuário estatístico da ABRACOPEL 2020, ocorreram no Brasil pelo menos 23 acidentes com raios na zona rural, sendo 19 fatais. Em residências foram 16, sendo 12 fatais; em rios, lagos e açudes foram 11, com 9 fatais; em áreas urbanas, 7 com 5 fatais; em zonas litorâneas, 4 sendo 2 fatais e mais 5 acidentes em comércio e outros locais, sem fatalidade. Note que esses números são apenas os relatados.

Comparando esses dados com o levantamento do ELAT/INPE, notamos que percentualmente, os acidentes fatais na zona rural relatados em 2020 (40%), ficaram acima da média geral que é 26%. Já os acidentes dentro de casas relatados (25%) ficam bem próximos dos 21% que é a média levantada pelo INPE. Os acidentes relatados em 2020 em locais pertos de água (rios, praias etc.) foram aproximadamente 23%, bem acima dos 9% que seria a média nesses locais.

Essa comparação e levantamentos mostram que os acidentes com raios ainda acontecem muito nas áreas rurais, mas também dentro de residências. Em áreas rurais e litorâneas a aplicação da norma brasileira ABNT NBR 16785 [3] que trata do sistema de alerta de tempestades elétricas é ideal para proteção de áreas abertas. Esta norma descreve as especificações para os equipamentos e sensores que alertam sobre a possibilidade de uma tempestade elétrica atingir uma determinada área.

Uma cartilha específica (ou vídeo educativo) para trabalhadores do campo pode orientar contra os perigos das descargas atmosféricas.

Para a proteção de residências e edificações, a norma apropriada é a ABNT NBR 5419, publicada em 4 partes em 2015 [4].

No Brasil, em um levantamento feito pelo INPE de 2000 a 2019, os estados onde ocorreram mais mortes no período foram: São Paulo (327), Minas Gerais (175), Pará (162), Rio Grande do Sul (147), Mato Grosso do Sul (138), Amazonas (133), Mato Grosso (126), Goiás (123), Paraná (114) e Maranhão (107).

Segundo o levantamento da ABRACOPEL, em 2020, ocorreram 17 mortes na região nordeste (5º lugar no levantamento do INPE:107 mortes em 20 anos); 15 na região norte (3º lugar no levantamento do INPE:295 mortes); 7 na região sudeste (1º lugar no levantamento do INPE:502 mortes); 5 na região Centro-oeste (2º lugar no levantamento do INPE:387 mortes) e 3 na região sul (4º lugar no levantamento do INPE:261 mortes em 20 anos).

Sem considerar as falhas nos levantamentos (note que em 2000 a internet era muito menos utilizada, apesar do seu surgimento no Brasil em 1988, mas nos primeiros anos do segundo milênio, os sistemas de buscas eram mais restritos e o jornalismo publicado em papel mais comum), podemos notar que no ano de 2020 as mortes no nordeste por descargas atmosféricas foram as mais registradas, apesar da baixa densidade de descargas atmosféricas por km<sup>2</sup> para a terra ( $N_G$ ) nesta região (na região litorânea do nordeste o  $N_G$  é menor que 1).

Uma grande quantidade de mortes (15) foi relatada na região norte em 2020, o que fica próxima com a média relatada pelo INPE por ano que seriam 10 mortes por ano nessa região. Já na região sudeste, que é a mais populosa do Brasil, foram relatadas 7 mortes que comparado com a média por ano do INPE seria por volta de 20 mortes.

Nesse levantamento realizado pelo ELAT/INPE, no período de 2000 a 2019, morreram no Brasil 2194 pessoas devido às descargas atmosféricas. A distribuição das mortes por ano é mostrada na Figura 1.

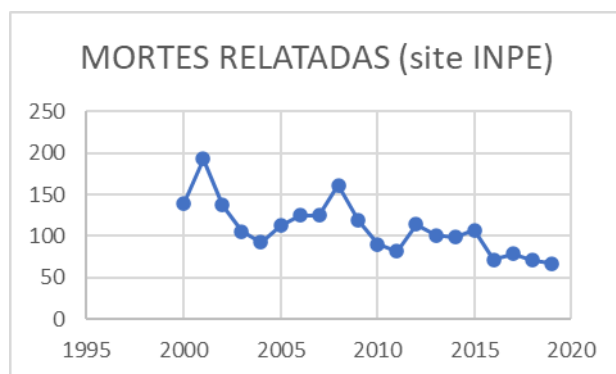


Fig. 1: Mortes por ano devido a raios no Brasil

Esse gráfico mostra que, apesar da maior dificuldade na obtenção de dados, o número de mortes era maior e veio diminuindo no decorrer dos anos.

Essa tendência de diminuição pode ser resultado de um maior esclarecimento da população quanto aos perigos das descargas atmosféricas e do grande avanço das normas de proteção. Note-se que a norma brasileira de proteção de estruturas de 2005 a 2015 tinha apenas 42 páginas e a publicação de 2015 [3] veio dividida em quatro partes que somam mais de 300 páginas. Após a publicação da norma em 2015, muitos treinamentos, artigos em revistas técnicas e “lives” ocorreram divulgando conceitos mais precisos e científicos dessa nova publicação. Verifica-se também, que a curva ficou bem abaixo de 100 mortes após a publicação da norma.

Em 30 de setembro de 2019, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), publicou uma norma que aborda o assunto da proteção preventiva contra descargas atmosféricas e seus efeitos. A ABNT NBR 16785 – Sistemas de alertas de tempestades elétricas [4] tem como principal objetivo, a redução de acidentes a pessoas expostas em áreas abertas, seja por trabalho ou lazer e que para terem proteção aceitável precisam ser alertadas, direcionadas e abrigadas em edificações ou outras estruturas que ofereçam proteção quando há a possibilidade da incidência de raios. Espera-se que o número de mortes diminua ainda mais com a divulgação mais ampla dessa norma.

As mortes segundo [1] ocorrem mais no verão (43%) onde as chuvas de tempestades são mais frequentes e na primavera (33%). No outono (16%) e no inverno (8%) são bem menos frequentes.

Os homens são as principais vítimas com 82% dos casos, sendo as mulheres com 18% dos casos bem menos atingidas pelas descargas atmosféricas.

A Figura 2 (extraída de [1]) mostra a distribuição de mortes por faixa etária.



Figura 2: Mortes por raios por faixa etária

Os jovens de 20 a 29 anos são as principais vítimas das descargas atmosféricas.

Enfim, os dados relatados tanto pelo site do INPE como os no Anuário Estatístico da ABRACOPEL, apesar de terem erros, uma vez que a compilação de dados mais realistas é uma tarefa extremamente difícil, principalmente quando se trata de mortes (por exemplo, uma morte devida à uma descarga atmosférica muitas vezes é registrada como parada cardíaca), trazem muitas tendências e informações importantes.

## 2.2 – DADOS ESTATÍSTICOS NO MUNDO

Um dos maiores pesquisadores que trabalha com estatísticas de fatalidades com descargas atmosféricas é o americano Ronald L. Holle da Vaisala. Ele publicou diversos artigos com estatísticas mundiais [5], [6], [7], [8] onde analisa os números mundiais destas fatalidades.

Nos seus trabalhos mais recentes declara que existe uma grande diferença entre as taxas de mortalidade por descargas atmosféricas nos países desenvolvidos (mais baixa) e os países em desenvolvimento (mais alta).

O número de fatalidades por raios nos EUA, Austrália, Canadá, Japão e países da Europa ocidental tem diminuído fortemente nos últimos anos. Uma das razões apontadas é a mudança de uma sociedade mais rural (agrícola) para uma sociedade urbana. Um aspecto importante mostra que a disponibilidade de edificações com proteção contra descargas atmosféricas e de veículos totalmente fechados, com coberturas metálicas, além de uma maior divulgação e conhecimento dos perigos das descargas atmosféricas, um melhor sistema de saúde e a disponibilidade maior de informações em tempo real dos raios através das redes de localização de descargas atmosféricas, levou a essa diminuição de fatalidades. A Fig. 3 mostra a correlação entre as mortes por descargas atmosféricas e o total da população rural nos EUA.

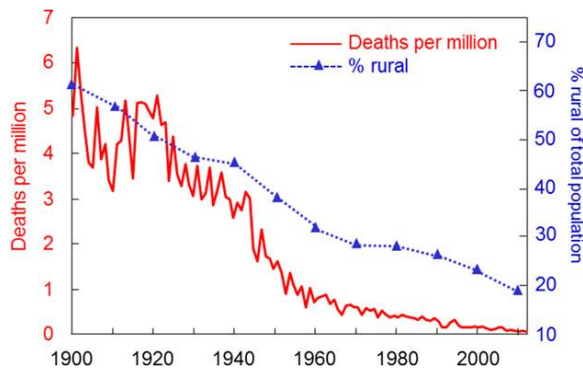


Fig. 3: Correlação entre as mortes por descargas atmosféricas (em vermelho) e o total da população rural nos EUA (em azul).

A Figura 4 mostra uma comparação da porcentagem de tipos de fatalidade por raios na

década de 1890 versus 2005 a 2014 (dados atualizados por Holle et al. 2005).

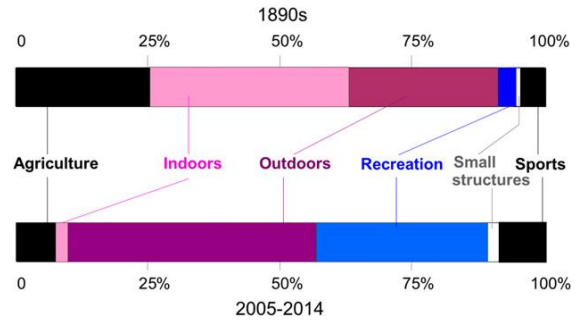


Fig. 4: Tipos de fatalidades por raios na década de 1890 versus 2005 a 2014.

No mundo inteiro a dificuldade de obtenção de dados corretos e específicos de acidentes com descargas atmosféricas é muito grande. São poucas publicações técnicas com dados confiáveis em geral. Uma forma mais correta de apresentar esses dados estatísticos por países é mostrar as taxas de mortalidade devido às descargas atmosféricas por ano por milhão de habitantes.

A Tabela 1, copiada do trabalho [5], mostra para alguns países, essa taxa, o período aferido e quais referências foram utilizadas.

As estimativas de fatalidades globais por raios por ano vão desde “vários milhares” (Gomes e Ab Kadir, 2011), da “ordem de 6.000” (Cardoso et al. 2011) e de “24.000 mortes por ano” (Holle e Lopez 2003).

Analisando a Tabela 1 podemos observar que maior taxa de mortalidade por raios por milhão de habitantes ocorre em países africanos, seguido pelo México, Índia, Colômbia, Singapura. O Brasil tem uma taxa inferior a 1, porém é bastante alta, junto com a Malásia. Na Europa a taxa fica inferior a 0,4. Embora 0,4 mortes / milhão de pessoas / ano pareça baixa, é na verdade 3 vezes a taxa de países desenvolvidos, como os Estados Unidos, Canadá e outros países desenvolvidos.

Tabela 1: Taxas de fatalidades anuais por raios por milhão de pessoas por países publicadas

Continent	Country	References	Period	Annual fatality rate per million	
Africa	Malawi	Mulder et al. (2012)	2007-10	84.0	
	South Africa	Blumenthal (2005)	1997-2000	6.3	
	Swaziland	Dlamini (2009)	2000-07	15.5	
	Uganda	Mary and Gomes (2012)	2007-11	0.9	
	Zimbabwe	Chitauro (1990); Van Obst (1990)	2004-13	14-21	
Asia	China	Zhang et al. (2011)	1997-2009	0.3	
	India	Ilyas et al. (2014)	1967-2012	2.0	
	Japan	N. Kitagawa (2007, personal communication)	1990-97	>0	
	Malaysia	Ab Kadir et al. (2012)	2008-11	0.8	
	Singapore	Pakiam et al. (1981)	1970-79	1.5	
	Australia	Coates et al. (1995)	1980-89	0.1	
Europe	Austria	Kompacher et al. (2012)	2001-10	>0	
	France	Gourbière (1999)	1990-95	0.2	
	Greece	Peppas et al. (2012)	2000-10	0.1	
	Lithuania	Gabonaitis (2004)	1994-2003	0.1	
	Poland	Loboda (2008)	2001-06	0.3	
	Turkey	Tilav-Tanriover et al. (2015)	2012-14	0.4	
	United Kingdom	Elson and Webb (2014)	1988-2012	>0	
	North America	Canada	Mills et al. (2010)	1990-2004	0.2
		Mexico	Raga et al. (2014)	1979-2011	2.7
		United States	www.lightningsafety.nasa.gov/media.shtml	2005-14	0.1
South America	Brazil	Cardoso et al. (2014)	2000-09	0.8	
	Colombia	Navarrete-Aldana et al. (2014)	2000-09	1.8	

### 3.0 – ORGANISMO PARA PREVENÇÃO DE ACIDENTES COM DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Diversos países possuem organismos específicos para a conscientização dos perigos das descargas atmosféricas. Podemos destacar o ACLENet – African [CentresCenters](#) for Lightning and Electromagnetics Network (Uganda), o National Lightning Safety Council (USA), SALNet, uma organização de países do sul da Ásia e LARC para o Nepal.

Esses organismos atuam na divulgação do ILSD; em programas de segurança de crianças em idade escolar, desenvolvimento de projetos, instalações, negociação de materiais de proteção contra descargas atmosféricas (PDA), para estruturas em comunidade carente, principalmente escolas; levantamento de dados estatísticos e análise de acidentes com raios, entre outras atividades.

No Brasil existe uma ideia, ainda embrionária, de criação de um organismo com essas características. Uma primeira atividade desse organismo foi a organização do ILSD BRAZIL e a participação na preparação do ILSD mundial.

Como principais atividades para o início deste organismo, podemos citar:

- Incentivar e divulgar o ILSD – 28 de junho;
- Publicar artigos em revistas;
- Publicar e apresentar artigos em eventos;
- Definir o nome e estatuto do organismo;
- Preparar um programa de proteção para Escolas em municípios pobres no Brasil:
  - a. Preparar carta para prefeituras;
  - b. Desenvolver meios de ajuda: projetos gratuitos.
- Fazer projetos gratuitos utilizando os alunos de cursos como exercícios para aprovação;
- Criar um depósito de notícias de acidentes com raios no Brasil;
- Verificar um maior entrosamento com o NLSC – National Lightning Safety Council e com a ACLENet;
- Criar cartilha de segurança para enviar para: Prefeituras, Corpos de Bombeiros, Clubes etc.;
- Fazer um vídeo sobre regras básicas de proteção;
- Fazer um livro infantil (ou reeditar o “Super Dudu”) para educar crianças sobre os perigos das descargas atmosféricas;
- Fazer “lives” sobre segurança;
- Fazer um vídeo sobre formação das descargas direcionado à proteção das pessoas.

- Trabalhar com a mídia para divulgar mortes e ferimentos para aumentar a conscientização.
- Uso de anúncios de serviço público de rádio e televisão sobre segurança contra raios e prevenção de lesões.

### 4.0 – PROTEÇÃO DE PESSOAS

A quantidade de mortes devido às descargas atmosféricas não é muito grande se compararmos com as mortes por doenças (principalmente nos tempos atuais devido à COVID) ou por acidentes envolvendo meios de locomoção, porém são mortes que podem ser evitadas na sua grande maioria.

A aplicação correta da ABNT NBR 5419 [4] em estruturas e o alerta bem-feito em áreas abertas, seguindo as recomendações da ABNT NBR 16785 [3], são recomendações essenciais para a proteção das pessoas.

Cartilhas com diferentes formatos para conscientizar as pessoas dos perigos das descargas atmosféricas, para trabalhadores no campo, para crianças e para organismos públicos (prefeituras, corpos de bombeiros), para esportistas, por exemplo, são muito importantes. Essas cartilhas devem mostrar para os diferentes públicos, as formas de se proteger dos raios.

### 5.0 – CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta dados estatísticos de acidentes envolvendo descargas atmosféricas no Brasil e dados mundiais. A análise desses dados mostra que a mudança da população rural para as cidades, assim como uma maior mecanização no trabalho na agricultura tem diminuído as mortes de trabalhadores do campo por descargas atmosféricas.

As mortes por raios no interior de edificações acontecem, em maior número, nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento. Nesses países, a falta de uma proteção adequada, além de uma maior falta de informações pode levar a um número maior de fatalidades [9].

Em áreas abertas, a conscientização e o alerta adequado da possibilidade de descargas atmosféricas podem evitar que as pessoas fiquem expostas desnecessariamente aos perigos dos raios.

## 6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Mortes por raios – site do ELAT/INPE - <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/noticias/vitimas.de.raios.-.infografico.php>
- [2] ABRACOPEL – Anuário estatístico – 2020.
- [3] ABNT - ABNT NBR 16785, Proteção contra descargas atmosféricas - Sistemas de alertas de tempestades elétricas.
- [4] ABNT - ABNT NBR 5419: 2015, Proteção contra descargas atmosféricas, publicada em 4 partes.
- [5] Holle, Ronald L. “A Summary of Recent National-Scale Lightning Fatality Studies”. *WEATHER , CLIMATE, AND SOCIETY, Vol. 8, 2016 American Meteorological Society, January 2016, p.35 to 42.*
- [6] Holle, Ronald L. “The Number of Documented Global Lightning Fatalities”. *24th International Lightning Detection Conference & 6th International Lightning Meteorology Conference, 18-21 April, San Diego, California, USA, 2016, p. 1 to 4.*
- [7] Cardoso, I.; Pinto Jr, O.; Pinto, I. R. C. A.; Holle, R. “LIGHTNING CASUALTY DEMOGRAPHICS IN BRAZIL AND ITS IMPLICATIONS TO SAFETY RULES”. *14th International Conference on Atmospheric Electricity, August 08-12, 2011, Rio de Janeiro, Brazil, p. 1 to 4.*
- [8] Navarrete-Aldana, N.; Cooper, Mary Ann; Holle, R. L. “*Lightning fatalities in Colombia from 2000 to 2009*”. *Journal of the International Society for Prevention and Mitigation of Natural Hazards.* Springer. P. 1 to 16.
- [9] Lang, Timothy et all. “WMO World record lightning extremes – Longest reported flash distance and longest reported flash duration”. *BATIS, June 2017. P. 1154 to 1168.*