

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**A EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS DE INSTALAÇÕES METÁLICAS,
MASSAS, SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA E DE SINAIS E O
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.**

ANA PAULA GUILHERME

São José

2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

ANA PAULA GUILHERME

**A EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS DE INSTALAÇÕES METÁLICAS,
MASSAS, SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA E DE SINAIS E O
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.**

Monografia apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão
de Emergências pela Universidade do Vale de
Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Orientador: Prof. Msc. Paulo R. O. Valim

Coorientador: Maj. BM Lázaro Santin

São José

2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

ANA PAULA GUILHERME

**A EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS DE INSTALAÇÕES METÁLICAS,
MASSAS, SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA E DE SINAIS E O
SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação São José.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José, 17 de junho de 2008.

Prof. Msc. Paulo R. O. Valim
UNIVALI – CE de São José
Orientador

Eng^o Lázaro Santin
DiTI/CBMSC – Maj BM
Coorientador

Eng^a Rozeli Sousa Matos de Oliveira
DAT/CBMSC
Membro

RESUMO

GUILHERME, Ana Paula. **A equalização de potenciais de instalações metálicas, massas, sistemas elétricos de potência e de sinais e o sistema de proteção contra descargas atmosféricas.** 2008. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2008.

O estudo é direcionado à equalização de potenciais de instalações metálicas, massas, sistemas elétricos de potência e de sinais como sistema de proteção contra choques elétricos e prevenção contra incêndios. O assunto é de considerável relevância visto que o Corpo de Bombeiros de Santa Catarina estabelece e regula normas relativas à segurança das pessoas e bens contra incêndio. Através do trabalho de pesquisa serão levantados os aportes teóricos e científicos do fenômeno de descarga atmosférica e seus efeitos sobre seres vivos e sobre estruturas, da equalização de potenciais interna à estrutura e da atuação do Corpo de Bombeiros na atividade técnica em prevenção e proteção.

Palavras-chave: Equalização de Potenciais. Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

AGRADECIMENTOS:

Primeiramente, agradeço a Deus, minha Rocha e Fortaleza, por me conceber essa grande oportunidade de concluir mais uma etapa da minha vida.

Agradeço a minha mãe, Maura; meu pai, Guilherme e minha irmã, Carolina; pelo apoio, crença e incentivo nos diversos momentos felizes ou difíceis da minha vida; além da paciência, compreensão e amor com que sempre me recebem.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Paulo R. O. Valim e ao Maj BM Lázaro Santin pela atenção e paciência dispensada proporcionando condições favoráveis para elaboração deste trabalho. À banca avaliadora pela dedicação e experiência ofertada.

Aos meus colegas de curso, pelas experiências inéditas e surpreendentes dos primeiros anos desta linda e assertiva escolha profissional: Alcântara, Cléber, Coste, Daniel, Dos Anjos, Davi, Diego, Eidt, Grigulo, Isabel, Ivanka, Lemos, Marcio, Pratts, Sarte, Sommer e Túlio.

A todos os professores militares e civis que mediarão o processo de ensino aprendizagem, contribuindo significativamente para a minha formação acadêmica e profissional.

“Não é porque certas coisas são difíceis que nós não ousamos;
é justamente porque não ousamos que tais coisas são difíceis.”

(Sêneca)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	O PROBLEMA DA PESQUISA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.3.1	Descargas Atmosféricas	15
1.3.2	Instalações e Sobretensões Elétricas.....	16
1.3.3	Equalização de Potenciais	17
1.3.4	Questões Legais no Brasil.....	18
1.3.5	Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina	19
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	21
2.1.1	Histórico	21
2.1.2	Conceito	23
2.1.3	Raio	23
2.1.4	Formação dos Raios.....	23
2.1.5	Tipos de Descargas Atmosféricas.....	26
2.1.6	Incidência de Raios e o Índice Ceráunico	28
2.1.7	Densidade de Raios.....	30
2.1.8	Efeitos Gerais das Descargas Atmosféricas.....	30
3	AÇÃO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS SOBRE OS SERES VIVOS.....	31
3.1	DESCARGA DIRETA	32
3.2	DESCARGA INDIRETA OU DESCARGA LATERAL.....	32
3.3	TENSÃO DE TOQUE	33
3.4	TENSÃO DE PASSO	36
4	AÇÃO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS SOBRE AS ESTRUTURAS	38
4.1	CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	38
4.2	ÁREA DE CAPTAÇÃO	39

4.3	ÍNDICE DE RISCO.....	40
4.4	NÍVEIS E EFICIÊNCIA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS	42
5	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E SOBRETENSÕES ELÉTRICAS	43
6	EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS.....	45
6.1	CONCEITO.....	45
6.2	EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS E O SPDA	47
6.3	A EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS INTERNOS	49
6.3.1	NBR 5419.....	49
6.3.2	NBR 5410.....	52
6.3.3	NR 10.....	57
7	CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA	58
7.1	COMPETÊNCIAS LEGAIS	58
7.2	PREVENÇÃO	59
7.3	NSCI/94 E INs.....	60
7.4	ANÁLISE DE PROJETOS E VISTORIA.....	62
7.5	PERÍCIA DE INCÊNDIO.....	63
8	SISTEMA INTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS: NBR 5419 X NSCI/1994.....	64
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
9.1	SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES	70
9.2	CONCLUSÃO.....	73
	REFERÊNCIAS	75
	ANEXOS.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- AR** - descargas atmosféricas no ar
- ART** – Anotação de Responsabilidade Técnica
- BEL** – Barramento de Equipotencialização Local
- BEP** – Barramento de Equipotencialização Principal
- CBMSC** – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
- CREA** - Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
- DPS** – Dispositivos de Proteção contra Surtos
- ELAT** – Grupo de Eletricidade Atmosférica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- EM** - descargas atmosféricas entre-nuvens
- IC** – Índice Cerâmico
- IEC** – *International Electrotechnical Commission*
- IEEE** - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
- IN** - descargas atmosféricas intra-nuvem
- INPE** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- INs** – Instruções Normativas
- IPT** – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- IT** – Sistema elétrico com alimentação não aterrada e com a massa ligada ao neutro
- NBR** – Norma Brasileira de Regulamentação
- NS** - descargas atmosféricas nuvem-solo
- NSCI** – Normas de Segurança Contra Incêndios
- PE** – Condutor de proteção
- Rindat** - Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas
- SAT** – Setor de Atividades Técnicas do CBMSC
- SN** - descargas atmosféricas solo-nuvem
- SPDA** – Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
- TT** – Sistema elétrico com alimentação aterrada e com a massa diretamente aterrada
- UNIVALI** – Universidade do Vale do Itajaí

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Carregamento Elétrico da Nuvem e Indução de Cargas Positivas no Solo.....	24
Figura 2: Descarga elétrica entre a nuvem e a terra.....	25
Figura 3: Tipos de descargas atmosféricas no céu: (a) entre-nuvens (b) intra-nuvem	26
Figura 4: Tipos de descargas que envolvem o solo: (a) NS positivo (b) NS negativo	27
Figura 5: Mapa Isoceráunico do Brasil	29
Figura 6: Linhas de corrente e equipotenciais	31
Figura 7: Tensão de Toque.....	34
Figura 8: Tensão de Passo	36
Figura 9: Pessoa tocando o solo.....	37
Figura 10: Delimitação da área de exposição equivalente (Ae) - Estrutura vista de planta.....	39
Figura 11: Mecanismos de interação entre as descargas atmosféricas e as redes de distribuição	44
Figura 12: Equalização Principal.....	53
Figura 13: Comprimento máximo total dos condutores de conexão do DPS	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Níveis de proteção contra descargas atmosféricas	42
Tabela 2: Comparação de Efetivo do SAT.....	93

LISTA DE ANEXOS:

ANEXO A: Ranking de Incidência das Descargas Atmosféricas por Municípios em SC	81
ANEXO B: Tabela de Classificação de Estruturas.....	88
ANEXO C: Fatores de Ponderação no Cálculo da Frequência Admissível (N_{DC})	89
ANEXO D: Relação entre os Níveis de Proteção das Estruturas e a Eficiência do SPDA.....	91
ANEXO E: Tabelas de Seções e espessuras mínimas dos materiais que compõem o SPDA..	92
ANEXO F: Tabela de comparação do efetivo real e ideal das Organizações Bombeiro Militar do 1º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar	93

1 INTRODUÇÃO

O estudo tem como tema: Proteção contra descargas atmosféricas através da equalização de potenciais de instalações metálicas, massas, sistemas elétricos de potência e de sinais.

As atividades técnicas de segurança contra incêndios desenvolvidas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) devem garantir a aplicação de suas atribuições legais e sua missão de proteção da vida, do patrimônio e do meio ambiente. Um dos meios de garantir as atividades de prevenção e proteção é o Decreto nº 4909, de 18 de outubro de 1994, a NSCI/94, que apresenta diversos sistemas de segurança contra incêndio.

O sistema de prevenção contra descargas atmosféricas (SPDA) não impede a ocorrência dos raios, mas tem por finalidade captar e conduzir a energia elétrica originada na atmosfera até o solo, evitando assim seus efeitos em todo o volume que se propõe a proteger (KINDERMANN, 1997, p. 2). Os efeitos das descargas atmosféricas são perigosos e destrutivos, devido aos seus elevados valores de tensões e de corrente elétrica. Os riscos são de choques elétricos, incêndios, explosões, quedas de edifícios e destruição do ambiente (LIMA Fº, 1997, p. 217). Assim, o SPDA compõe um sistema de controle de risco de incêndio, além do risco do choque elétrico.

Acreditando que a excelência do serviço prestado pela corporação está em promover a prevenção do início do incêndio na composição do sistema global de segurança contra incêndios; realiza-se neste trabalho descritivo, o estudo do elemento de equalização de potenciais elétricos internos em edificações como forma de proteção contra choques elétricos e prevenção contra incêndios, sob o foco teórico e legal.

1.1 O PROBLEMA DA PESQUISA

O capítulo da NSCI/94 em suas prescrições contém exigências adequadas à proteção contra descargas atmosféricas e seus efeitos?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

- ✓ Discutir a equalização de potenciais de instalações metálicas, massas, sistemas elétricos de potência e de sinais como sistema de proteção contra choques elétricos e prevenção contra incêndios.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Levantar conceitos teóricos sobre descargas atmosféricas relacionando os efeitos danosos das diferenças de potenciais elétricos;
- ✓ Apresentar a equalização de potenciais interna como sistema de prevenção contra incêndios, danos humanos e materiais;
- ✓ Relacionar a equalização de potenciais interna e o sistema de proteção contra descargas atmosféricas;
- ✓ Comparar a NBR 5419 e a NSCI-SC/1994 no item de equalização de potenciais interna;
- ✓ Avaliar e propor reformas de itens a serem incluídos na NSCI-SC através da Instrução Normativa 010 (IN 010) de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

1.3 JUSTIFICATIVA

1.3.1 Descargas Atmosféricas

A descarga atmosférica, popularmente conhecida como raio, é um fenômeno natural que sempre impôs temor ao homem, tanto pelo ruído do trovão quanto pelos incêndios e destruições que causa. Foi longo o caminho percorrido para se descobrir a natureza elétrica das descargas atmosféricas e para se chegar a regras confiáveis de proteção a propriedades, aparelhos, equipamentos, objetos, animais e principalmente das pessoas. (COUTINHO & ALTOÉ, 2003, p.1)

Um raio ou relâmpago é talvez a mais violenta manifestação da natureza. Numa fração de segundo, um raio pode produzir uma carga de energia cujos parâmetros chegam a atingir valores altíssimos: de 100 milhões a 1 bilhão de volts, 300 mil ampères e 30 mil graus centígrados (SABA, 2001, p. 21). Embora nem sempre sejam alcançados tais valores, mesmo um raio menos potente ainda tem energia suficiente para matar, ferir, incendiar, quebrar estruturas, derrubar árvores e abrir buracos ou valas no chão.

Ao redor da Terra caem cerca de 100 raios por segundo. O Brasil é o país de maior incidência na Terra e nas regiões Sudeste e Sul há incidência de 25 milhões de raios anualmente, sendo a maior quantidade no período de dezembro a março, o qual corresponde à época das chuvas de verão. (PINTO Jr & PINTO, 2004; DEFESA CIVIL DO RIO DE JANEIRO, s.d)

Aproximadamente 50 a 70 milhões de descargas classificadas de nuvem-solo ocorrem todos os anos em todo território brasileiro, o equivalente a três raios por segundo (PINTO Jr & PINTO, 2003).

O estudo realizado pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) prevê um aumento de 30% na incidência de raios nas próximas décadas, isso acarretaria um crescimento de 300% nos prejuízos causados. O possível aumento da incidência de raios deve-se ao aquecimento global e também a mudanças locais, como o fenômeno das ilhas de calor, que afeta as grandes cidades e é causado pela poluição

atmosférica (SOCIEDADE BRASILEIRA DE METEOROLOGIA, 2006; SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 2005).

Hoje cada raio que atinge o solo brasileiro causa um prejuízo de R\$ 20 (RAIO, 2007) e totalizam aproximadamente R\$ 1 bilhão ao ano (ROMERO, 2008).

Segundo Visacro Filho (2005) não existe, no Brasil, uma estatística oficial de quantas pessoas morrem por ano, vítimas de descargas atmosféricas, mas se estima que os raios levem de 100 a 300 pessoas ao óbito, entretanto o país dispõe de tecnologias avançadas para proteger a população desses fenômenos.

1.3.2 Instalações e Sobretensões Elétricas

Constata-se estatisticamente que a grande maioria dos incêndios não intencionais que ocorrem no Brasil origina-se em uma rede elétrica sobrecarregada (CASTRO, 1999). Uma das formas de encontrar a rede elétrica sobrecarregada é numa situação de descarga atmosférica com a conseqüente sobretensão elétrica.

A maioria dos raios atinge diretamente a rede elétrica ou suas proximidades, preferencialmente em lugares descampados e altos. Ao atingir diretamente as instalações e/ou a rede elétrica a descarga se propaga estabelecendo valores elevados de sobretensão nos diferentes circuitos de distribuição em função da impedância dos caminhos percorridos. Quando a descarga atinge uma rede elétrica, a existência de diferentes formas de acoplamento permite que parte da energia do raio seja transferida para as instalações elétricas, ocasionando também o surgimento de sobretensões nos diferentes circuitos de distribuição. Isso oferece riscos de incêndios e choques elétricos; ocasionando perdas materiais de propriedades, equipamentos e aparelhos elétricos, bem como perdas humanas (DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ELETRICIDADE DE POÇO DE CALDAS, s.d.).

Hoje a utilização cada vez mais acentuada de equipamentos eletrônicos sofisticados e o incremento da tecnologia de informação potencializam esses riscos. Surgiram novas topologias de interconexão; como redes locais de computadores, linhas telefônicas, serviços

de televisão via cabo, sistemas de alarme, antenas de recepção via satélite entre outros, formando sub-redes dentro de uma unidade consumidora (FLORES, 2007, p.2).

1.3.3 Equalização de Potenciais

A equalização de potencial constitui a medida mais eficaz para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro do volume a proteger (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p.17). As ligações equipotenciais servem à segurança pessoal, ao controle de sobretensões e à proteção contra descargas atmosféricas (MAIA JR & SILVA, 2004, p. 46).

Segundo Manual Pirelli de Instalações Elétricas (1993, p.43), define ligação equipotencial:

ligação equipotencial - ligação elétrica destinada a colocar no mesmo potencial ou em potenciais vizinhos, as massas metálicas e os elementos condutores estranhos à instalação; podemos ter numa instalação três tipos de ligação equipotencial:

- a ligação equipotencial,
- ligações equipotenciais suplementares,
- ligações equipotenciais não ligadas a terra;

Entende-se por equalização de potenciais de instalações metálicas, massas, sistemas elétricos de potência e de sinais: a interligação e o aterramento por meio de barramento (uso da caixa de equipotencialização) dos circuitos elétricos, dos circuitos de sinal (telefone, cabos lógicos, tv a cabo, tv via satélite entre outros), bem como de todas as instalações metálicas de uma edificação (corrimões e guarda-corpo metálicos, gradis e guarda-corpo de sacadas e terraços, escadas de acesso à manutenção em reservatórios, estruturas metálicas contínuas de elevadores, tubulação do sistema hidráulico preventivo, estrutura de aço do concreto armado e demais massas metálicas como vigas, pilares metálicos, telhas metálicas e cabos condutores metálicos, cabos do sistema de proteção por descarga atmosférica) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p.10 e 17). Esses procedimentos são previstos e regulamentados por dispositivos legais brasileiros e se incluem no Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

1.3.4 Questões Legais no Brasil

As normas técnicas oficiais são aquelas editadas pela ABNT e as internacionais, na área elétrica, são aquelas editadas pela IEC – *International Electrotechnical Commission*. A correta aplicação das normas garante a qualidade não só das instalações elétricas, mas também a segurança dos ambientes e, o que é mais importante, faz com que a legislação acompanhe a evolução das mesmas (CASTRO, 1999). Este é o caso da Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10), da Norma Brasileira nº 5410 (NBR 5410) e da Norma Brasileira nº 5419 (NBR 5419).

A NR-10 tem força de lei e implica responsabilização civil criminal por acidente de trabalho. O artigo 159 do Código Civil afirma (BRASIL, 2002): “Aquele que por ação ou omissão voluntária, negligência, imprudência ou imperícia, causar dano a outra pessoa, obriga-se a indenizar o prejuízo”.

Já as normas técnicas são de aplicação voluntária e só podem ser exigidas caso haja algum dispositivo legal que as invoque (CASTRO, 1999). No caso dos serviços realizados em instalações elétricas e no sistema de proteção contra descargas atmosféricas, usa-se o que estabelece o Art. 39 inciso VIII do Código de Defesa do Consumidor (Lei 8.078/90) (BRASIL, 1990):

É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO).

1.3.5 Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina

Ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, subordinado ao Governador do Estado cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em Lei (SANTA CATARINA, 1989, Art. 108):

- I- realizar os serviços de prevenção de sinistros ou catástrofes, de combate a incêndio (...);
- II- estabelecer normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio (...);
- III- analisar, previamente, os projetos de segurança contra incêndio em edificações, (...) acompanhar e fiscalizar sua execução, e impor sanções administrativas previstas em lei;
- IV- realizar perícias de incêndio e de áreas sinistradas no limite de sua competência;

O CBMSC é um dos precursores no campo da atividade técnica preventiva contra incêndios, possui uma norma que tem força de lei, o Decreto Lei nº 4909 de 18 de outubro de 1994, e que traz em seu teor a exigência de projetos prevenção contra descargas atmosféricas.

Entretanto a NSCI-SC/1994 privilegia apenas o sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas que, em resumo, tem por objetivo conduzir a energia elétrica originada na atmosfera até o solo.

A única preocupação em equalizar os potenciais está somente na descida das cargas elétricas (SANTA CATARINA, 1994): “Art. 319 Deve-se interconectar as descidas por meio de condutores horizontais, de maneira a formar um anel, próximo do solo e a cada 20m de altura”.

Enquanto isso, mais atualizada, a NBR 5419/2005 apresenta no sistema de proteção contra descargas atmosféricas um conceito mais abrangente de equalização de potenciais elétricos obrigatórios (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p.17):

5.2.1.1.2 A equalização de potencial é obtida mediante condutores de ligação equipotencial, eventualmente incluindo DPS (dispositivo de proteção contra surtos), interligando o SPDA, a armadura metálica da estrutura, as instalações metálicas, as massas e os condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal, dentro do volume a proteger.

5.2.1.1.5 Uma ligação equipotencial principal, como prescreve a ABNT NBR 5410, é obrigatória em qualquer caso.

Existe então uma demanda pela busca de atualizações em relação à NBR 5419 somada ao processo de revisão da NSCI do CBMSC com a produção de instruções normativas (INs).

Cabe à corporação e às demais entidades regulamentadoras fornecerem subsídios teóricos de produção científica e espaço para a discussão quanto a necessidades e formas de prevenção e proteção a incêndios, além de decidir seus mecanismos legais para tal.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O referido trabalho possui caráter descritivo e explicativo. A pesquisa tem por desígnio levantar informações acerca do tema, possibilitando avaliar os dados, filtrando e relacionando com o propósito basilar da pesquisa, e permitindo conclusões.

A abordagem é qualitativa e parte do levantamento dos aportes teóricos e científicos do fenômeno de descarga atmosférica e seus efeitos sobre seres vivos e sobre estruturas, da equalização de potenciais interna à estrutura e da atuação do Corpo de Bombeiros na atividade técnica em prevenção e proteção.

Para atingir o objetivo pré-determinado será utilizada a técnica de pesquisa de documentação indireta com pesquisa bibliográfica acerca do tema proposto, através do processo de coleta dos dados bibliográficos e documentais disponíveis em publicações relacionadas com o tema, em documentos digitais, materiais do CBMSC, publicações em revistas e livros em geral.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

2.1.1 Histórico

Desde o século XVIII, a partir dos experimentos pioneiros do cientista americano Benjamin Franklin (1706-1790), sabe-se que os relâmpagos são descargas elétricas que ocorrem devido ao acúmulo de cargas elétricas em regiões localizadas na atmosfera, na maioria das vezes dentro de tempestades. A descarga inicia quando o campo elétrico produzido por essas cargas excede a rigidez dielétrica ou capacidade isolante do ar em um dado local na atmosfera. Franklin demonstrou a natureza elétrica do relâmpago através de seu famoso experimento com uma pipa, realizado em 1752. O experimento consistiu em empinar uma pipa, presa a um fio condutor, em uma região próxima a uma nuvem de tempestade. A carga induzida na pipa deslocava-se ao longo do fio provocando uma pequena descarga entre um condutor preso a sua extremidade e a sua mão. Várias pessoas morreram nos anos seguintes tentando reproduzir a sua experiência, como o pesquisador russo G. W. Richman. O experimento de Franklin pode ser considerado como o marco do início da pesquisa científica sobre os relâmpagos (COUTINHO & ALTOÉ, 2003, p.4).

Também em 1752, L. G. Lemonnier repetiu o experimento de Franklin com o mastro metálico, mas em vez de aproximar um fio aterrado, colocou um pouco de poeira para ver se ela seria atraída. Ele descobriu que mesmo quando não havia nuvens, situação conhecida como condição de tempo bom, uma fraca eletrificação existia na atmosfera. Ele também encontrou evidências de que tal eletrificação variava da noite para o dia. Em 1775, G. Beccaria confirmou a existência da variação diurna da eletrificação na condição de tempo bom e determinou que a polaridade da carga elétrica na atmosfera nessas condições era positiva e que ela mudava para negativa quando havia tempestades próximas, em concordância com as observações de Franklin (SOUSA, 2002).

Em 1779, H.B. Saussure mediu pela primeira vez a carga induzida em um condutor imerso na atmosfera. Seu instrumento, um precursor do eletrômetro, consistia em observar a separação entre duas pequenas esferas suspensas lado a lado por fios finos. Além de confirmar os resultados de Beccaria, Saussure descobriu uma variação anual da eletrificação na condição de tempo bom, bem como uma variação com a altitude. Ele acreditava que elas poderiam ser explicadas assumindo que o ar continha uma carga positiva (SOUSA, 2002).

Em 1785, C.A. Coulomb descobriu que o ar é condutor, observando que um objeto condutor isolado exposto ao ar gradualmente perdia sua carga. Sua descoberta, entretanto, não foi compreendida na época, visto que os gases eram então considerados como isolantes, e ficou completamente esquecida. Em 1804, P. Erman, de modo a explicar as observações de Saussure, sugeriu pela primeira vez que a Terra devia ser carregada negativamente. Em 1842, J. Peltier confirmou essa idéia e sugeriu que a carga no ar deveria ser originária da Terra, a qual por sua vez teria tornado-se carregada durante sua formação. Em 1860, W. Thomson (também conhecido por Lord Kelvin) defendeu a idéia de que cargas positivas deveriam existir na atmosfera para explicar sua eletrificação em tempo bom. Ele foi também o primeiro a reconhecer a eletrificação da atmosfera como uma manifestação de um campo elétrico (SOUSA, 2002).

Em 1885, J. Elster e H. F. Geitel propuseram a primeira teoria para explicar a estrutura elétrica das tempestades. Em 1887, W. Linss chegou aos mesmos resultados obtidos por Coulomb cerca de 100 anos antes e então, estimou que a Terra perderia quase toda a sua carga para a atmosfera condutora em menos de uma hora, a menos que a fonte de cargas fosse reestabelecida. Este fato deu origem ao que se tornou conhecido como problema fundamental da eletricidade atmosférica, isto é, como a carga negativa da Terra é mantida. As primeiras idéias para resolver esse problema somente surgiram no século seguinte (SOUSA, 2002).

Finalmente em 1899, J. Elster e H.F. Geitel descobriram que a radioatividade está presente na atmosfera, estabelecendo uma explicação para a presença de íons na mesma. As próximas descobertas a respeito da eletrificação da atmosfera só surgiram após o desenvolvimento de instrumentos fotográficos e de outras técnicas tais como espectroscopia, medidas de radiação eletromagnética, e mais recentemente através de medidas diretas de corrente elétrica no solo e medidas óticas no século XX (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, s.d. [a]).

2.1.2 Conceito

Segundo a NBR 5419 (2004, p. 2), descarga atmosférica é uma: “descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quiloampères”.

A ocorrência de uma descarga atmosférica pode ser definida como resultado do rompimento da isolação do ar entre duas superfícies carregadas eletricamente com polaridades opostas (MENEZES, 1999, p.15).

2.1.3 Raio

Raio é um dos impulsos elétricos de uma descarga atmosférica para a terra (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p.2).

O raio é um fenômeno atmosférico de efeitos danosos, resultante do acúmulo de cargas elétricas em uma nuvem e a conseqüente descarga sobre o solo terrestre ou sobre qualquer estrutura que ofereça condições favoráveis à descarga (DEFESA CIVIL DO RIO DE JANEIRO, s.d.).

2.1.4 Formação dos Raios

A formação do carregamento elétrico das nuvens é explicada pela ocorrência de correntes ascendentes de ar úmido durante as tempestades. Nesses movimentos de massas de ar e vapor d'água, ocorre a formação de gotículas de água, a sua precipitação pela ação da gravidade, a sua fragmentação devido a colisões entre partículas em movimentos de sentidos contrários e a conseqüente formação de íons negativos que vão se acumular na parte inferior das nuvens. Nesse processo, também são formadas as gotículas com carga elétrica positiva que, dotadas de maior energia cinética que os íons negativos, vão se localizarem na parte superior das nuvens.

Tem-se que aproximadamente 95% das nuvens ficam carregadas assim (COUTINHO & ALTOÉ, 2003, p.7; LIMA F°, 1997, p.214; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, s.d. (b)).

A nuvem assume então a configuração representada na figura 1 e se transforma em um condutor gasoso. Carregada dessa forma, com concentração de cargas negativas em sua parte inferior, ela provoca, pelo fenômeno de indução elétrica, o surgimento de uma região de concentração de cargas positivas na superfície da Terra, como uma sombra, que acompanha inclusive o deslocamento da nuvem pela ação dos ventos (LIMA F°, 1997, p.215; KINDERMANN, 1997, p.11).

Figura 1: Carregamento Elétrico da Nuvem e Indução de Cargas Positivas no Solo



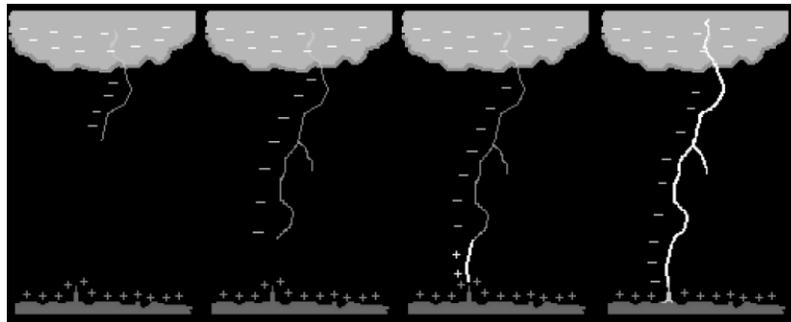
Fonte: SISTEMA, [s.d.].

A diferença de potencial entre a nuvem e a terra varia de 10 a 1000KV e a altura média da nuvem varia de 300 a 5000 metros. Quando o gradiente de tensão se eleva a valores capazes de romper a barreira de rigidez dielétrica do entre a nuvem e a terra inicia-se o processo do raio, primeiramente pelo surgimento de canais de ar ionizado, que pela influência do poder das pontas e da oposição de cargas elétricas tendem a se aproximar (COUTINHO & ALTOÉ, 2003, p.7; LIMA F°, 1997, p.215; KINDERMANN, 1997, p. 11).

A aproximação desses canais acaba por romper a rigidez dielétrica do ar formando a descarga piloto que conduz cargas elétricas da nuvem para a terra com uma velocidade de aproximadamente 1.500 Km/s. Após essa descarga forma-se um canal de ar ionizado de baixíssima resistência elétrica, ou seja, a nuvem está curto-circuitada a terra. Nesse momento,

ocorre a descarga principal ou descarga de retorno, que vai da terra para a nuvem com velocidade de 30.000Km/s e intensidades de correntes elétricas da ordem de 2.000 a 200.000 ampéres. Ainda é possível que ocorra uma terceira descarga de curta duração e de menor intensidade, de 100 a 1.000 ampéres, como apresentada na figura 2. A associação dessas três descargas em frações de micro-segundos, aproximadamente 200 micro-segundos constitui a descarga completa e como consequência a neutralização das nuvens (COUTINHO & ALTOÉ, 2003, p.10; KINDERMANN, 1997, p. 13).

Figura 2: Descarga elétrica entre a nuvem e a terra



Fonte: COUTINHO, 2003, p. 9.

Segundo Lima Filho (1997, p. 215) além do fenômeno elétrico descrito, as descargas:

- ✓ São precedidas pela ionização do ar ambiente e que pode provocar a percepção de um cheiro adocicado, característico do ozônio formado no processo de ionização;
- ✓ Provocam o relâmpago, que é o efeito luminoso causado pelas colisões de íons e átomos e a consequente liberação de energia. Isso ocorre principalmente na descarga de retorno e por esta razão, no caso da descarga nuvem-solo;
- ✓ Provocam o trovão, onda sonora resultante do movimento quase instantâneo do ar que envolve o raio em todo o seu percurso, em razão da elevadíssima temperatura de até 30.000 ° C. Segundo Saba (2001, p.21) um trovão intenso pode chegar a 120 decibéis, ou seja, uma intensidade comparável à que ouve uma pessoa nas primeiras fileiras de um show de rock.

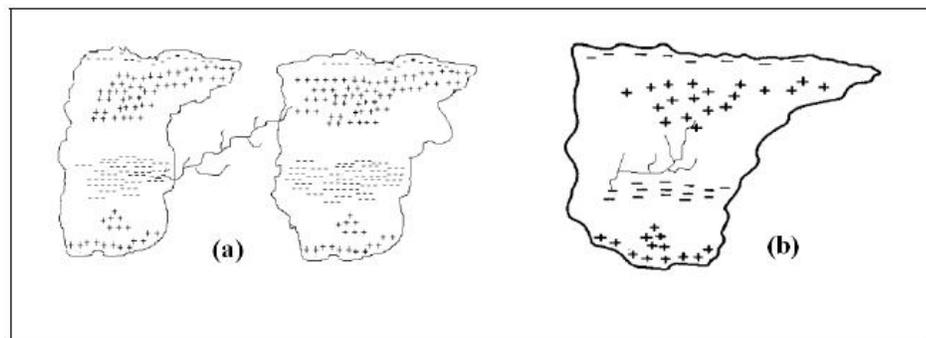
2.1.5 Tipos de Descargas Atmosféricas

Existem dois tipos fundamentais de descargas atmosféricas: (1) no céu e (2) que envolvem o solo (NACCARATO, 2001, p. 32; POTIER, 2003).

Entre as descargas no céu (Figura 3) podem-se identificar três tipos principais:

- ✓ intra-nuvem (IN), os quais ocorrem no interior de uma mesma nuvem de tempestade;
- ✓ entre-nuvens (EN), que ocorrem entre nuvens diferentes;
- ✓ no ar (AR), que partem de uma nuvem e terminam na própria atmosfera, sem alcançar uma outra nuvem ou o solo. Bolsões de carga que se formam na atmosfera em torno das nuvens de tempestade seriam responsáveis por esse tipo de descarga atmosférica.

Figura 3: Tipos de descargas atmosféricas no céu: (a) entre-nuvens (b) intra-nuvem



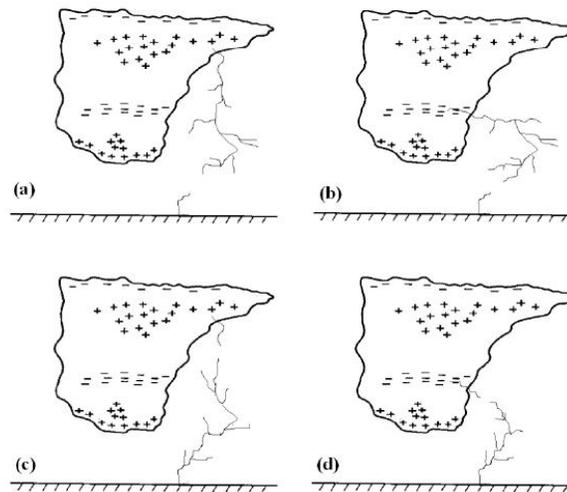
Fonte: NACCARATO, 2001, p.31.

As descargas atmosféricas que envolvem o solo são classificadas em dois tipos básicos:

- ✓ nuvem-solo (NS), caracterizados por descargas que, partindo de uma nuvem, atingem a superfície da Terra;
- ✓ solo-nuvem (SN), que ocorrem a partir do solo em direção à nuvem.

As descargas NS e SN também são classificadas pela polaridade das cargas efetivamente transferidas ao solo (ou neutralizadas na nuvem), dando origem aos raios positivos (transferência de cargas positivas) e negativos (transferência de cargas negativas), conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Tipos de descargas que envolvem o solo: (a) NS positivo (b) NS negativo (c) SN positivo (d) SN negativo



Fonte: NACCARATO, 2001, p. 34.

Os raios mais comuns ocorrem no interior das nuvens (IN), seguidos pelos raios NS. Cerca de 70 % do total das descargas são classificadas no céu. Já os raios que envolvem o solo são bem mais raros, entretanto são os mais estudados e, conseqüentemente, melhor compreendidos devido não só a maior facilidade na realização de medidas como também por sua ação destrutiva na superfície terrestre. Mais de 99 % das descargas atmosféricas no solo são nuvem-solo. Descargas solo-nuvem são relativamente raras e, geralmente, ocorrem do topo de montanhas ou estruturas altas, ou ainda podem ser gerados por foguetes lançados em direção às tempestades. (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, s.d. [b]; NACCARATO, 2001, p. 33; KINDERMANN, 1997, p. 13).

Os raios múltiplos acontecem quando a nuvem não se descarrega completamente durante o primeiro raio. Nesse caso, a cargas remanescentes se acumulam novamente na base da nuvem

e repetem o fenômeno elétrico de descarga através do caminho previamente ionizado (KINDERMANN, 1997, p. 28).

2.1.6 Incidência de Raios e o Índice Ceráunico

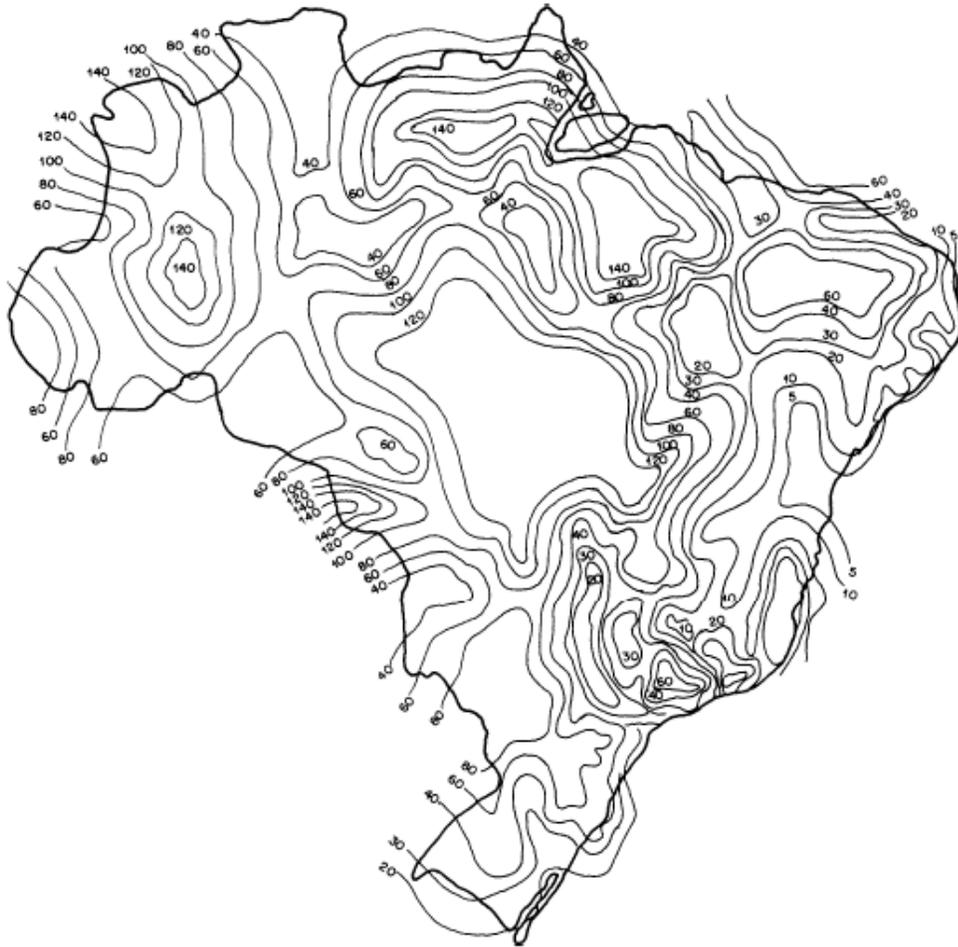
Um raio tende naturalmente a cair sobre os pontos mais elevados do relevo como regiões montanhosas, em um local qualquer a tendência é que as descargas incidam sobre árvores isoladas, antenas, chaminés e edificações mais elevadas (KINDERMANN, 1997, p. 13). Isso se deve principalmente ao fenômeno do poder das pontas que ocorre porque em um condutor eletrizado a carga tende a se acumular nas regiões pontiagudas. Cria-se um campo elétrico maior que nas regiões mais planas (POTIER, 2003 p. 12).

Quanto à natureza dos terrenos, segundo Lima Filho (1997, p. 216), estudos estatísticos demonstram que a incidência maior de descargas se dá em terrenos maus condutores, de formação granítica ou xistosa, em vez de em terrenos bons condutores como os calcários e solos de aluvião. Isso ocorre porque nos terrenos isolantes, a possibilidade de escoamento das cargas elétricas é menor, o que ajuda a manter e elevar o gradiente de tensão entre a nuvem e a terra.

Em regiões onde há muita precipitação com tempestades a incidência de raios também é maior (KINDERMANN, 1997, p. 15).

O Índice Ceráunico (IC) é um parâmetro que indica o número de dias de trovoadas por ano em uma determinada localidade. Tendo por base a constituição geológica das camadas do solo e subsolo da superfície da Terra, foi possível a elaboração dos Mapas Isoceráunicos (LIMA Fº, 1997). No Brasil, a própria NBR 5419 (2005, p. 30), responsável pela regulação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, apresenta o mapa isoceráunico (figura 5) com as linhas (curvas) que ligam e representam localidades com mesmo índice ceráunico. O valor dos índices mínimo e máximo observados são, respectivamente, 5 e 140. Santa Catarina possui um índice entre 40 e 60 trovoadas por ano, Florianópolis um de índice ceráunico de 54.

Figura 5: Mapa Isoceráunico do Brasil



Fonte: ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 30.

2.1.7 Densidade de Raios

A densidade de descargas atmosféricas para a terra é o número de raios para a terra por quilômetros quadrados por ano (N_g). O seu valor corresponde a uma dada região pode ser estimado utilizando o número de dias de trovoadas por ano (T_d), obtido de mapas isocerânicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 30).

$$N_g = 0,04 \cdot T_d^{1,25} \left[\frac{\text{Km}^2}{\text{ano}} \right] \quad (1)$$

Os valores das densidades de descargas atmosféricas são fornecidos também pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Elat/INPE) no Ranking de Incidência de Descargas Atmosféricas por Município no Brasil.

Santa Catarina é um dos estados que possui sensores da Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (Rindat) instalados (vide ANEXO A).

2.1.8 Efeitos Gerais das Descargas Atmosféricas

Os efeitos gerais das descargas atmosféricas são (LIMA F^o, 1997, p. 217):

- ✓ Dinâmicos: destruição e danos às estruturas dos elementos atingidos ou afetados (edifícios, torres de transmissão, árvores etc.).
- ✓ Térmicos: incêndios e explosões em edificações, depósitos de combustíveis, silos, entre outros; volatilização de metais por fusão.
- ✓ Fisiológicos: queimaduras, paralisias, e, freqüentemente, a morte.
- ✓ Elétricos: geração de sobretensões, tensões de passagem e de contato, por circulação de corrente de descarga, além da produção de correntes induzidas em condutores ou peças

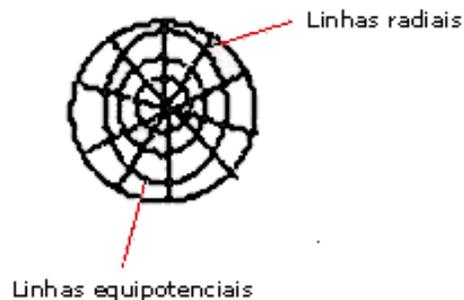
metálicas próximas e paralelas à corrente de descarga. Como consequência, há o risco de choque elétrico.

3 AÇÃO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS SOBRE OS SERES VIVOS

Os raios podem causar a morte de pessoas e animais por vários efeitos durante a descarga entre nuvem e terra. Quando o líder ascendente, saindo de um solo plano, se encontra com o líder descendente, a descarga de retorno, que é de grande intensidade, produz (TELECO, 2007):

- ✓ Fortes campos eletromagnéticos, em torno do ponto central do raio que se propagam a centenas de metros.
- ✓ Linhas radiais de corrente no solo, com origem no ponto de impacto do raio (vide figura 6).
- ✓ Ao longo das linhas de corrente, existirão quedas de tensão, variáveis com a resistência do solo, formando em direção radial concêntrica linhas de corrente e em direção de curvas concêntricas, linhas equipotenciais (vide figura 6).

Figura 6: Linhas de corrente e equipotenciais



Fonte: TELECO, 2007.

A ação da descarga atmosférica pode ser direta ou indireta e seus efeitos devem-se à exposição ao campo eletromagnético e as suas correntes de circulação no corpo. Ela pode ocorrer de quatro formas distintas (MENEZES, 1999, p. 28; KINDERMANN, 1997, p. 32, TELECO, 2007):

3.1 DESCARGA DIRETA

Ocorre quando o raio cai diretamente em uma pessoa ou animal. Segundo Kindermann (1997, p. 30) a possibilidade de descarga direta sobre uma pessoa é muito rara, mas quando isso ocorre, a morte é instantânea por carbonização, a vítima sofre uma verdadeira explosão interna, seus órgãos e vísceras ficam dilacerados.

3.2 DESCARGA INDIRETA OU DESCARGA LATERAL

Ocorre quando uma pessoa ou animal, próximos a uma estrutura que foi atingida por uma descarga direta, recebem uma descarga indireta com origem na estrutura atingida. A diferença de tensão entre o objeto percorrido pela corrente da descarga e objetos próximos causa sobretensões que resultam na descarga lateral. Essa descarga pode, dependendo do caso, levar à morte ou produzir seqüelas graves.

A extensão dos danos depende da intensidade da corrente, da parte do corpo afetada, das condições físicas das vítimas e das condições específicas do incidente. A corrente da descarga pode causar, devido ao aquecimento e reações eletroquímicas no organismo vivo, paralisia muscular, perda de sensibilidade, sérias queimaduras, alterações mentais, problemas renais, problemas cardíacos e perda total ou parcial da memória (KINDERMANN, 1997, p. 31).

3.3 TENSÃO DE TOQUE

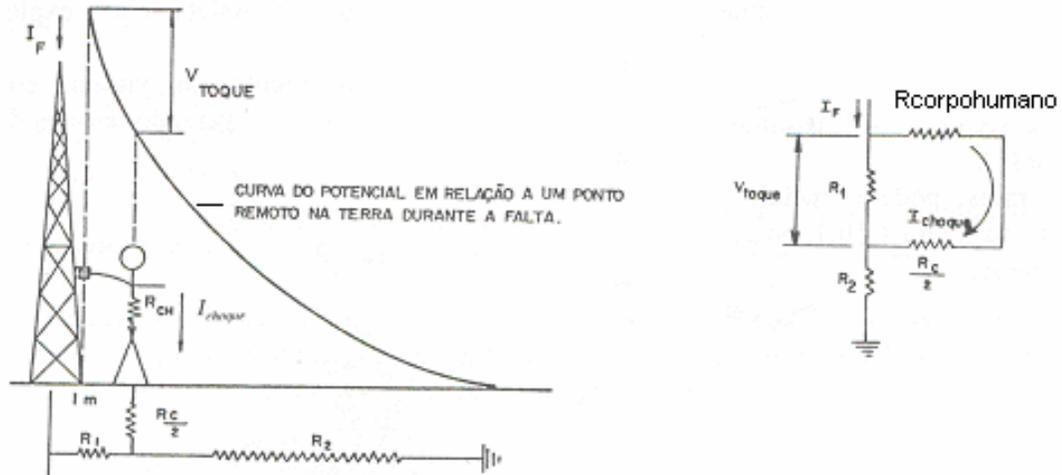
É a tensão provocada pelo toque do ser vivo no condutor durante uma descarga e geralmente é provocada pela alta impedância do condutor, provocando passagem de corrente pelo ser vivo que possui uma impedância menor que o condutor. Ela ocorre quando a estrutura atingida pela descarga direta passa a conduzir uma parcela da carga em direção a terra (MENEZES, 1999, p. 28), induzindo diferenças de potenciais de tensão ao longo da direção vertical e ao longo do solo ou ao longo de superfícies horizontais.

As descargas podem induzir também diferenças de potenciais de tensão em uma estrutura mesmo que não atingida diretamente pela descarga atmosférica, esses são os efeitos indiretos da descarga (MENEZES, 1999, p. 28; TELECO, 2007).

A tensão de toque, se aplicada ao ser humano, provoca choques elétricos podendo causar, principalmente, a fibrilação ventricular, pois o coração está no trajeto da corrente de choque (MAIA, 2004, p.30; KINDERMANN, 2000, p. 17). A tensão de toque é definida como a tensão elétrica existente entre os membros superiores e inferiores de um indivíduo.

Uma diferença de potencial é produzida desde o “pé” do condutor (estrutura atingida) até uma distância remota. Este potencial é representado pela curva da figura 7.

Figura 7: Tensão de Toque



Fonte: KINDERMANN, 2000, p. 16.

Se uma pessoa tocar o condutor, havendo a diferença de tensão, ficará submetida a um choque elétrico.

Segundo Kindermann (2000, p.16) por Norma e nos projetos de Sistema de Aterramento, considera-se que a pessoa está afastada de 1m do equipamento em que está tocando com a mão. Nesse caso, a resistência R_1 representa a resistência da terra do "pé" da torre até a distância de 1m. O restante do trecho da terra é representado pela resistência R_2 .

Cada pé em contato com o solo terá uma resistência de contato representado por $R_{contato}$.

Assim, define-se tensão de toque conforme expressão:

$$V_{toque} = \left(R_{corpo humano} + \frac{R_{contato}}{2} \right) I_{choque} \quad (2)$$

Segundo recomendação da IEEE-80 (1976 apud KINDERMANN, 2000, p. 18), pode-se considerar que:

$$R_{contato} = 3\rho_s \quad (3)$$

Onde:

$\rho_s \Rightarrow$ resistividade superficial do solo, isto é, a resistividade da primeira camada da estratificação do solo.

A resistência do corpo humano para corrente alternada de 50 ou 60 Hz, pele suada, para tensão de toque maior que 250V fica saturada e o valor recomendado pela IEEE-80 como referência é de 1000Ω (KINDERMANN, 2000, p. 103). Desse modo para determinar a tensão de toque usa-se a expressão:

$$V_{toque} = (1000 + 1,5\rho_s)I_{choque} \quad (4)$$

A expressão que define com segurança a corrente limite em função do tempo de choque e que não cause a fibrilação ventricular do coração humano é a de Charles Francis Dalziel (KINDERMANN, 2000, p. 108):

$$I_{choque} = \frac{0,116}{\sqrt{t_{choque}}} \quad (5)$$

Onde:

$I_{choque} \Rightarrow$ máxima corrente elétrica de choque que não causa fibrilação ventricular no coração humano, pessoa com 50 Kg ou mais, durante o t_{choque} .

$t_{choque} \Rightarrow$ tempo do choque, sendo limitado de 0,03 a 3 segundos.

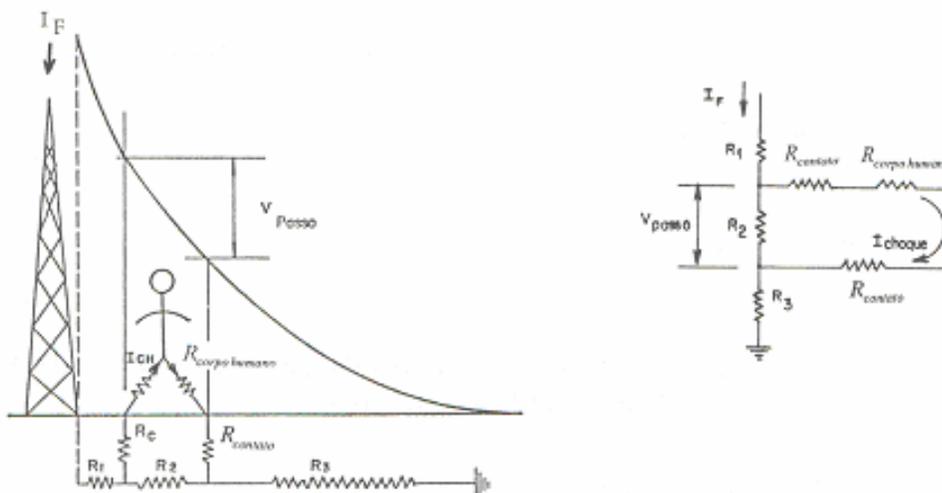
É a partir dos 30 mA que a corrente pode começar a provocar efeitos danosos no corpo humano, indo desde um leve formigamento, passando pela paralisia momentânea e pela tetanização, e podendo chegar a fibrilação, parada cardíaca ou respiratória (R&E INSTALAÇÕES DE REDES ELÉTRICAS LTDA, 1999).

3.4 TENSÃO DE PASSO

São descargas recebidas da própria terra como consequência da diferença de potencial entre duas regiões do solo, imediatamente após a incidência de uma descarga atmosférica nas imediações (MENEZES, 1999, p. 28).

A tensão de passo é definida como parte da tensão que pode ser submetida uma pessoa, cujos pés estão separados pela distância equivalente a um passo como mostra a figura 8 (MAIA, 2004, p.32):

Figura 8: Tensão de Passo



Fonte: KINDERMANN, 200, p. 18.

Assim a expressão para a tensão de passo resultará em:

$$V_{\text{toque}} = (R_{\text{corpo humano}} + 2 \cdot R_{\text{contato}}) I_{\text{choque}} \quad (6)$$

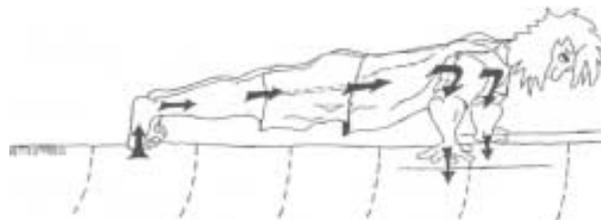
Ou

$$V_{\text{toque}} = (1000 + 1,5\rho_d) I_{\text{choque}} \quad (7)$$

A tensão de passo diminui à medida que a pessoa se afasta do objeto condutor (estrutura atingida) e será máxima quando um pé estiver junto à haste de terra e o outro, afastado um metro (KINDERMANN, 2000, p. 18).

A tensão de passo é menos perigosa do que a tensão de toque. Isso se deve ao fato do coração não estar no percurso da corrente, no caso da tensão de passo. Essa corrente vai de pé a pé, mas mesmo assim ela também é perigosa. As veias e artérias vão da planta do pé até o coração. Sendo o sangue condutor, a corrente de choque devido à tensão de passo vai do pé até o coração e deste ao outro pé. Entretanto, segundo Kindermann (2000, p. 19), a corrente de choque devido à tensão de passo contrai os músculos da perna e coxa, fazendo a pessoa cair (figura 9) e, ao tocar no solo com as mãos, a tensão se transforma em tensão de toque no solo. Nesse caso, o perigo é maior, porque o coração está contido no percurso da corrente de choque.

Figura 9: Pessoa tocando o solo.



Fonte: KINDERMANN, 2000, p. 19.

A tensão de passo só será nula se a pessoa estiver com os dois pés na mesma superfície de potencial, não havendo choque elétrico.

4 AÇÃO DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS SOBRE AS ESTRUTURAS

Os raios podem produzir danos às estruturas quando caem sobre estas ou em suas proximidades. Efeitos na própria estrutura, como os dinâmicos de queda de edifícios, e efeitos térmicos como incêndios e explosões. Outros efeitos como danos materiais, perfuração da isolação de instalação elétrica, danos às instalações elétricas, falha no sistema de alarme contra incêndio, prejuízos econômicos como em equipamentos eletrônicos, prejuízos sociais, de bens valores históricos e culturais e prejuízos ambientais com ocorrência de descargas em instalações químicas, nucleares etc., são citados na norma de proteção contra descargas atmosféricas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 35).

4.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS

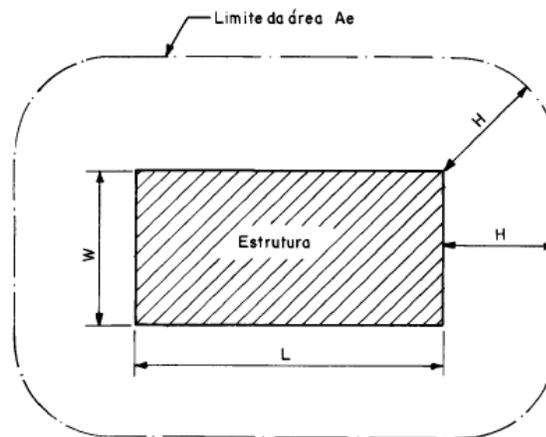
As diversas estruturas existentes são classificadas de acordo com os efeitos e danos (riscos) que possam vir a sofrer por ação de uma descarga atmosférica (ANEXO B). São elas (KINDERMANN, 1997, p. 43):

- ✓ Estruturas Comuns: cujas preocupações são os efeitos na própria estrutura;
- ✓ Estruturas com Danos Confinados: além do dano comum, existe preocupação com relação à atividade interna executada;
- ✓ Estruturas com Perigo aos Arredores: há riscos e prejuízos nas estruturas adjacentes, ou de certa região;
- ✓ Estruturas com Danos ao Meio Ambiente: há riscos ao meio ambiente de modo temporário ou permanente.

4.2 ÁREA DE CAPTAÇÃO

Segundo Bohn (1999, p. 7) a área de captação de uma descarga atmosférica é a área ao redor da edificação, onde se cair um raio, ele será atraído pela edificação. Assim a área de exposição equivalente (A_e) é a área, em metros quadrados, do plano da estrutura prolongada em todas as direções, de modo a levar em conta sua altura. A soma da área da própria edificação com a área contígua. Os limites da área de exposição equivalente estão afastados do perímetro da estrutura por uma distância correspondente à altura da estrutura no ponto considerado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 31), como mostra a figura 10 de uma estrutura retangular simples.

Figura 10: Delimitação da área de exposição equivalente (A_e) - Estrutura vista de planta.



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 32

Para essa estrutura o cálculo da área de exposição equivalente é dado pela expressão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 31):

$$A_e = LW + 2LH + 2WH + \pi H^2 \quad (8)$$

Onde

L => comprimento da edificação (retangular)

W => largura da edificação

H => altura da edificação

Em edificações assimétricas a área de captação é obtida pela superposição das áreas correspondentes à maior altura da edificação (BOHN, 1999, p. 7).

A frequência média anual previsível (N_{dc}) de descargas atmosféricas sobre uma estrutura é dada por (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 24; COUTINHO, 2003, p. 32):

$$N_d = N_g \cdot A_e \cdot 10^6 \text{ (por ano)} \quad (9)$$

Onde:

N_c => número provável de raios que anualmente atingem uma estrutura

N_g => densidade de descargas atmosféricas para a terra

A_e => área de exposição equivalente da estrutura

4.3 ÍNDICE DE RISCO

A frequência média anual previsível admissível de danos (N_c) e internacionalmente conhecida e é de (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 32):

- ✓ riscos maiores que 10^{-3} (isto é, 1 em 1 000) por ano são considerados inaceitáveis;
- ✓ riscos menores que 10^{-5} (isto é, 1 em 100 000) por ano são, em geral, considerados aceitáveis.

Para realizar uma avaliação dos riscos e determinar a necessidade da instalação de sistema de proteção contra descargas atmosféricas em uma estrutura multiplica-se o N_d por fatores de ponderação, descritos na norma brasileira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 32) obtendo-se N_{dc} , e o compara com a frequência admissível de danos (N_c).

- ✓ se $N_{dc} \geq 10^{-3}$, a estrutura requer um SPDA;
- ✓ se $10^{-3} > N_{dc} > 10^{-5}$, a conveniência de um SPDA deve ser decidida por acordo entre projetista e usuário ;
- ✓ se $N_{dc} \leq 10^{-5}$, a estrutura dispensa um SPDA.

Os fatores de ponderação denotam a importância relativa do risco em cada caso (vide ANEXO C) e são relacionados da seguinte forma para se alcançar o índice de risco:

$$N_{dc} = N_d \cdot (A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E) \quad (10)$$

- ✓ fator A: leva em consideração o tipo de estrutura, área construída e altura;
- ✓ fator B: considera o material de construção utilizado;
- ✓ fator C: considera a área ocupada e a altura das edificações vizinhas;
- ✓ fator D: considera a topografia;
- ✓ fator E: leva em consideração a ocupação da edificação;

Porém existem casos nos quais a necessidade de proteção é evidente, dispensado o cálculo de necessidade, tais como estruturas especiais com riscos inerentes de explosão, contendo gases ou líquidos inflamáveis, e que requerem geralmente o mais alto nível de proteção contra

descargas atmosféricas; locais de grande afluência de público; locais que prestam serviços públicos essenciais; áreas com alta densidade de descargas atmosféricas; estruturas isoladas, ou com altura superior a 25m; e estruturas de valor histórico ou cultural (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 29; ALVES, 2007, p.20).

4.4 NÍVEIS E EFICIÊNCIA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Os níveis de proteção estão relacionados com a eficiência de proteção que o sistema irá atingir em função de N_{dc} e N_c , ou seja, eficiência em captar e conduzir o raio a terra (vide ANEXO D) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 37). Há quatro níveis de proteção contra descargas atmosféricas:

Tabela 1: Níveis de proteção contra descargas atmosféricas

PROTEÇÃO E EFICIÊNCIA CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS		
Nível de Proteção	Características da Proteção	Eficiência de proteção
I	Nível máximo de proteção	98%
II	Nível médio de proteção	95%
III	Nível moderado de proteção	90%
IV	Nível normal de proteção	80%

Fonte: BOHN, 1999, p. 3; KINDERMANN, 1997, p.42

Como observado na tabela acima e segundo a norma internacional IE 1024-I e seguida pela NBR 5419 (2005) os níveis de proteção estabelecidos são definidos com base nas decisões de projeto mais ou menos severa, referindo-se às construções protegidas da seguinte forma (LEITE & LEITE, 1994):

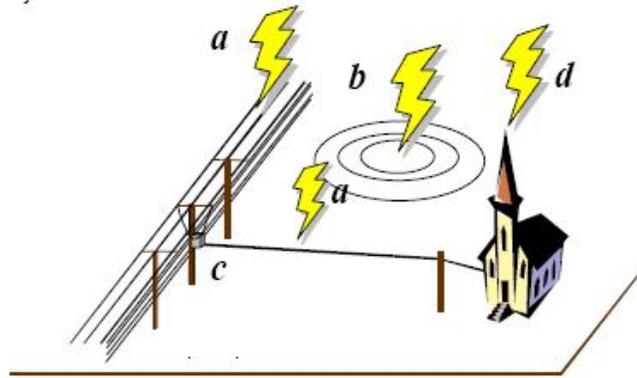
- ✓ Nível I: é o nível mais severo quanto à perda de patrimônio. Refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de pára-raios pode provocar danos às estruturas adjacentes, tais como as indústrias petroquímicas, de materiais explosivos etc.
- ✓ Nível II: refere-se às construções protegidas, cuja falha no sistema de pára-raios pode ocasionar a perda dos bens de estimável valor ou provocar pânico aos presentes, porém sem nenhuma consequência para as construções adjacentes. Enquadram-se neste nível os museus, teatros, estádios etc.
- ✓ Nível III: refere-se às construções de uso comum, tais como os prédios residenciais, comerciais e industriais de manufaturados simples.
- ✓ Nível IV: refere-se às construções onde não é rotina a presença de pessoas. São feitas de material não inflamável, sendo o produto armazenado nelas de material não combustível, tais como armazéns de concreto para produtos de construção.

5 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E SOBRETENSÕES ELÉTRICAS

Sobretensão é uma tensão cujo valor excede o valor nominal da instalação elétrica. Sobretensões transitórias são fenômenos eletromagnéticos oriundos de alterações súbitas nas condições operacionais de um sistema de energia elétrica. Geralmente, a duração de um transitório é muito pequena, mas de grande importância, uma vez que submete condutores e equipamentos a grandes solicitações de tensão e/ou corrente (Apostila da SIEMENS, 2003; ADA Engenharia, 2003).

As sobretensões de origem atmosférica podem atingir as cargas consumidoras fundamentalmente através de quatro diferentes ocorrências apresentado na figura abaixo (VISACRO, 2007): (a) descargas diretas nas baixas tensões, (b) tensões induzidas nas baixas tensões, (c) transferência de surtos originados na média tensão através do transformador de distribuição e (d) descargas diretamente sobre as edificações.

Figura 11: Mecanismos de interação entre as descargas atmosféricas e as redes de distribuição



Fonte: VISCARO, 2007, p. 1

Ainda, segundo Paulino (1996, p. 46) uma descarga atmosférica que incide a menos de 50 metros da linha ou rede de distribuição será atraída pela linha e será uma descarga direta.

As descargas atmosféricas mais comuns, segundo Viscaro (2007, p. 1), na interação com as redes de distribuição, são as em redes de média tensão rurais e as em regiões periféricas de cidades. A ocorrência de descargas diretas em redes de baixa tensão é pouco freqüente já que estas estão instaladas sob as redes de média tensão. São mais raras também em áreas urbanas, em decorrência da existência de edificações elevadas. Entretanto as descargas diretas não são menos importantes devido à elevada severidade dos efeitos que podem provocar.

As descargas atmosféricas que atingem diretamente as linhas de energia ou de telefonia e sinais em geral geram um surto de tensão e corrente, na ordem de vários quilovolts (KV) e quiloampéres (KA), que se desloca por quilômetros de distância em ambos os sentidos do ponto de impacto, uma vez que a taxa de variação destas descargas pode alcançar 100 KA/ms. Esses distúrbios são conduzidos pelas redes para as edificações podendo também ocorrer em sentido inverso, ou seja, das edificações para as redes (Apostila da SIEMENS, 2003, p.6).

Castro (1999) afirma que no Brasil a grande maioria dos incêndios não intencionais é originada de uma rede elétrica sobrecarregada. Além dos riscos de incêndios, as sobretensões provenientes de descargas atmosféricas diretas expõem às pessoas o risco de choques elétricos. Deve-se, então, encontrar meios de garantir a segurança das pessoas, a integridade

das próprias instalações (edificação) e dos equipamentos servidos pelas redes de distribuição elétrica e de sinal (ADA Engenharia, 2003).

Esta avaliação dos riscos provocados por sobretensões de origem atmosférica deve levar em consideração (Apostila da SIEMENS, 2003, p. 7):

- ✓ a exposição da rede elétrica e de sinal e da edificação à ação de descargas atmosféricas;
- ✓ as características das alimentações de alta e de baixa tensão e das linhas de sinal;
- ✓ as características de instalação que afetam a impedância do condutor de aterramento;
- ✓ outros condutores metálicos que entram ou saem da edificação, em especial de torres de sinalização e /ou de antenas;
- ✓ o aterramento dos circuitos de sinal dos equipamentos;
- ✓ as eventuais proteções contra sobretensões já existentes nas redes;

O princípio fundamental da proteção contra sobretensão e que se baseiam as medidas da NBR 5410 e da NBR 5419 é que a segurança de pessoas e animais e a conservação dos bens devem ser garantidas através de equalização do potencial local (Apostila da SIEMENS , 2003; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005).

6 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS

6.1 CONCEITO

Segundo a NBR 5410 (2005) a equalização de potenciais é um recurso usado na proteção contra choques elétricos e na proteção contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas.

A equalização dos potenciais consiste, segundo Leite (2007), em executar uma interligação para reduzir substancialmente a diferença de potencial entre dois pontos de uma instalação ou entre duas referências de potencial de circuitos diferentes, ou ainda entre dois prédios.

Quando passa uma corrente por um condutor sempre há uma queda de potencial que poderá ser maior ou menor dependendo do valor da corrente que circular e do valor da impedância (resistência e indutância) do condutor. Quando a corrente é de alta frequência essa queda de tensão é determinada pela taxa de variação da corrente (di/dt) e pela indutância do condutor (L), ou seja:

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (11)$$

Onde: $V \Rightarrow$ diferença de potencial elétrico;

Quando a corrente é de baixa frequência ou mesmo contínua, a queda de tensão será dada pelo produto da resistência elétrica (R) pela intensidade de corrente elétrica (I) por:

$$V = R \cdot I \quad (12)$$

Não é necessário reduzir a zero as diferenças de potencial, mas reduzir essa diferença a um valor que seja desprezível para as necessidades de segurança das pessoas e animais e bens.

Nas frequências industriais (50 ou 60 Hz) equalizar é obter uma redução da diferença de potencial a valores abaixo do limite da tensão de toque (50 V, 25 V, ou 12 V, dependendo da situação do local: seco, molhado ou com a pessoa dentro d'água). Essa equalização é obtida com uma interligação feita com um cabo de resistência baixa (10 mm², 16 mm², ou mais dependendo do comprimento e da corrente que pode passar por ele) (LEITE, 2007).

6.2 EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS E O SPDA

Relacionando-se a equalização dos potenciais com os riscos provocados pela ação direta das descargas atmosféricas nas estruturas das edificações e pelas sobretensões transitórias das descargas nas redes de distribuição elétrica e de sinais que entram e saem da edificação tem-se a geração das descargas laterais, tensão de toque, tensão de passo e centelhamento perigoso (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2007, p. 4):

- ✓ Geração de descargas laterais – ao ocorrer uma descarga a corrente que passa nos condutores causam quedas de tensão ao longo desses componentes e podem dar origem a descargas laterais às pessoas que estejam em sua proximidade, esta tensão é a resultante da queda indutiva nos condutores e a queda de tensão no sistema de terra.
- ✓ Geração de tensões de passo – as correntes ao se dispersarem no solo produzem tensões de passo perigosas às pessoas que estiverem nas vizinhanças do sistema de proteção, tensões geradas pela diferença de potencial a cada metro do ponto de impacto.
- ✓ Geração de tensão de toque – uma pessoa pode tocar nos condutores de descida no qual naquele exato momento está sendo gerada uma tensão indutiva somada à diferença de potencial pela descarga atmosférica.
- ✓ Geração de centelhamento perigoso – Em caso de descarga atmosférica, durante uma fração de segundo, haverá um aumento de potencial das instalações da descida do SPDA, elétricas e de potenciais de sinal. Esse aumento de potencial pode provocar o aparecimento de centelhas para pontos de menor potencial.

Diante disso, as ligações equipotenciais é a medida eficaz que serve à segurança pessoal, ao controle de sobretensões e à proteção contra descargas atmosféricas (MAIA JR & SILVA, 2004, p. 46).

O SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas ele tem por objetivo captar e conduzir a descarga até o solo de forma a assegurar a proteção da estrutura e edificações, bem como a proteção dos equipamentos e pessoas que se encontrem no interior das edificações contra a incidência direta dos raios (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 1).

Ele é composto de um sistema externo e de um sistema interno. Ambos apresentam a equalização de potenciais como princípio básico à garantia do funcionamento eficaz do SPDA e necessário a atingir o objetivo que se propõe. A NBR 5419 (2005, p. 17) preconiza que a equalização de potencial constitui a medida mais eficaz para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro do volume a proteger.

O sistema externo é composto por subsistemas de captação, de condutores de descidas e aterramento. As descidas, os anéis de cintamento e os anéis de aterramento constituem a equipotencialização externa (ALVES, 2007, p. 16; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 5-15; MAURIN, 2007, p.7):

- ✓ Captação: Tem como função receber as descargas que incidam sobre o topo da edificação e distribuir pelas descidas. É composta por elementos metálicos, normalmente mastros ou condutores metálicos (cabos ou perfis metálicos) devidamente dimensionados.
- ✓ Descidas ou captações laterais: Recebem as correntes distribuídas pela captação superior encaminhando-as o mais rapidamente para o solo. Para edificações com altura superior a 20 metros têm também a função de receber descargas laterais, assumindo neste caso também a função de captação devendo os condutores ser dimensionados como tal.
- ✓ Anéis de cintamento horizontal: Os anéis de cintamento assumem as funções de equalizar os potenciais das descidas, minimizando assim o campo elétrico dentro da edificação e a de receber descargas laterais e distribuir pelas descidas como a captação. Sua instalação deverá ser executada a cada 20 metros de altura a partir do solo, na horizontal, interligando todas as descidas.
- ✓ Aterramento: Recebe as correntes elétricas das descidas e as dissipam no solo. Tem também a função de equalizar os potenciais das descidas e os potenciais no solo, devendo haver preocupação com locais de frequência de pessoas, minimizando as tensões de passo nestes locais. Para um bom dimensionamento da malha de aterramento é imprescindível à execução de uma prospecção da resistividade de solo previamente. A equalização das hastes de aterramento deve ser executada interligando as hastes por meio de um condutor horizontais, formando anel e a uma profundidade mínima de 0,5m. Na impossibilidade do aterramento, deve-se formar um anel até no máximo 4m acima do nível do solo juntamente com os outros anéis horizontais (a cada 20m).

O sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas do SPDA, segundo a NBR 5419 (2005, p.2) é o conjunto de dispositivos que reduzem os efeitos elétricos e magnéticos da

corrente de descarga atmosférica dentro do volume proteger. O item da norma que compõe este sistema aborda unicamente a equalização de potenciais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p.17).

A equalização de potencial é obtida, conforme a NBR 5419 (2005, p. 17), mediante condutores de ligação equipotencial, eventualmente incluindo dispositivo de proteção contra surtos (DPS), interligando o SPDA, a armadura metálica da estrutura, as instalações metálicas, as massas e os condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal. Esse tema é melhor abordado no próximo item através da normalização brasileira.

6.3 A EQUALIZAÇÃO DE POTENCIAIS INTERNOS

6.3.1 NBR 5419

A equalização de potencial que compõe o sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas é realizada através das ligações equipotenciais que se situam dentro do volume a proteger, diferentemente da equalização externa realizada pelos anéis de cintamento. Segundo a NBR 5419 (2005, p. 17) deve ser realizada a ligação equipotencial das instalações metálicas e das massas; e dos sistemas elétricos de potência e de sinal tanto em condições normais quanto em condições particulares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p.17-19).

As instalações metálicas são todos os elementos metálicos situados dentro da edificação, tais como estruturas, tubulações, escadas, trilhos de elevadores, dutos de ventilação e ar-condicionado e armaduras de aço interligadas. Massa (de um equipamento ou da instalação) é um conjunto das partes metálicas não destinadas a conduzir corrente, eletricamente interligadas, e isoladas das partes vivas, tais como invólucros de equipamentos elétricos. Tanto as instalações metálicas quanto a massas podem constituir um trajeto da descarga elétrica devido à ação direta sobre a estrutura ou equipamentos e pessoas dentro do volume a proteger, incluindo a ação das sobretensões transitórias (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 4; ALVES, 2007, p.6).

Onde a continuidade elétrica não for assegurada por ligações naturais, prescreve a norma (2005, p. 17) a realização de uma ligação equipotencial através de condutores específicos, de cobre alumínio ou aço, capazes de suportar toda a corrente de descarga atmosférica ou parte substancial dela (VER ANEXO E).

Segundo a NBR 5419 (2005, p. 18): “Nas canalizações e outros elementos metálicos que se originam do exterior da estrutura, a conexão à ligação equipotencial deve ser efetuada o mais próximo possível do ponto em que elas penetram na estrutura”.

As canalizações metálicas acopladas por meio de luvas isolantes devem ser eletricamente interligadas por meio de DPS dimensionado adequadamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 18).

Em especial, as tubulações metálicas de gás devem distar em no mínimo 2 metros das descidas do SPDA. Ainda, segundo a NBR 5419 (2005, p.19) em conveniência à NBR 5410 (2005, p.146), as instalações de gás fazem parte da equipotencialização principal, necessitando do uso de DPS apenas se requererem luvas isolantes ou na impossibilidade da manutenção do distanciamento:

No caso de tubulação metálica de gás, quando for requerida a inserção de luva isolante, esta deve ser provida de centelhador, como determina a ABNT NBR 5419. A luva isolante pode ser necessária para evitar problemas de corrosão ou, de todo modo, especificada pela distribuidora de gás (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, NBR 5410, p. 146).

Tubulações de gás deverão distar em no mínimo 2 m das descidas. Na impossibilidade da manutenção deste distanciamento, essas tubulações deverão estar interligadas a cada 20 m de sua altura por meio de uma ligação equipotencial (condutor conforme tabela 7, ou DPS tipo centelhador encapsulado) (ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, NBR 5419, p. 19).

Mesmo não prescrita na norma de segurança contra incêndio do CBMSC a equalização de potenciais internos, afirma-se, em relação ao SPDA e as instalações de gás, em seu Art. 343, inciso V (SANTA CATARINA, 1994), que os eletrodos de terra não poderão ser instalados a menos de 2 metros das centrais de gás ou próximo delas.

A ligação equipotencial deve ser efetuada, segundo NBR 5419 (2005, p.17), conectando os condutores a uma barra de ligação equipotencial principal que, por sua vez, deve estar conectada ao subsistema de aterramento. A ligação equipotencial principal será abordada no próximo subcapítulo, pois (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 17): “Uma ligação equipotencial principal, como prescreve a ABNT NBR 5410, é obrigatória em qualquer caso”. A barra da ligação equipotencial deve ser chata de cobre nu, de largura maior ou igual a 50 mm, espessura maior ou igual a 6 mm e comprimento de acordo com o número de conexões, com no mínimo de 15 cm (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, p. 18).

Para estruturas acima de 20 m devem ser instaladas barras secundárias de ligação equipotencial e conectadas a armaduras do concreto em intervalos não superiores a 20 m (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 17).

A ligação equipotencial dos sistemas elétricos de potência e de sinal, em condições normais, deve satisfazer também as prescrições da NRB 5410, afirma a NBR 5419 (2005, p. 18). Torna-se obrigatório que todos os condutores dos sistemas de potência e de sinal sejam direta ou indiretamente conectados a essa ligação. O condutor neutro só deve ser ligado à ligação equipotencial principal.

As condições particulares de ligação equipotencial interna (instalações metálicas, massas, sistemas elétricos de potência e de sinais) são criadas quando não for exigido SPDA externo. Assim, ao nível do solo, deve ser previsto um aterramento da ligação equipotencial com o eletrodo (haste metálica) de tal finalidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, p. 14 e 18).

Quando uma ligação equipotencial não puder ser efetuada, devem-se aumentar a distância mínima (s) de separação entre os condutores do SPDA e as instalações metálicas, massas e condutores dos sistemas de potência elétrica e de sinal, em relação à distância mínima de segurança (d), ou seja, $s \geq d$. Evita-se assim o centelhamento perigoso (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 19).

6.3.2 NBR 5410

A NBR 5410 (2005, p.1) se aplica às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso: residencial, comercial, público, industrial, de serviços etc.

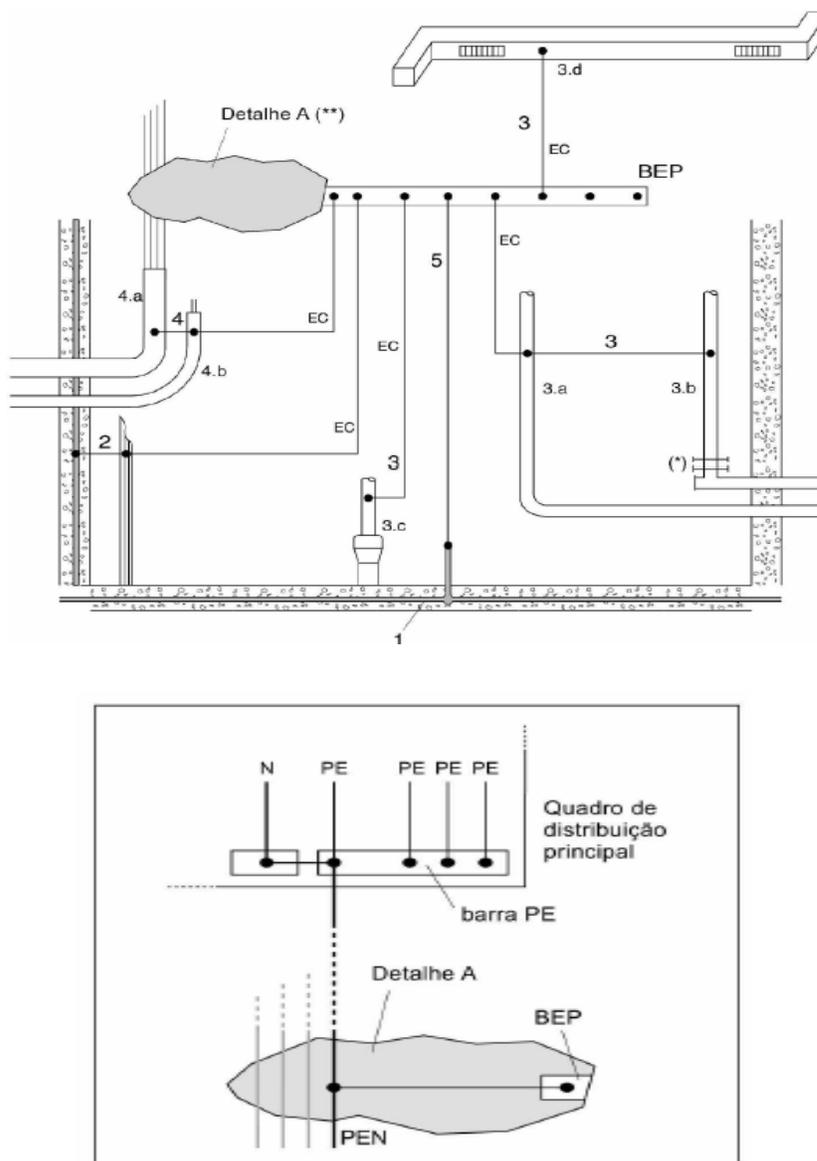
A ligação equipotencial principal, da qual o sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas obriga em qualquer caso, deve ser realizada de forma a conectar direta ou indiretamente à barra de equipotencialização os seguintes elementos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 146):

- ✓ as armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação;
- ✓ as tubulações metálicas de água, de gás combustível, de esgoto, de sistemas de ar-condicionado, de gases industriais, de ar comprimido, de vapor etc., bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados;
- ✓ os condutos metálicos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- ✓ as blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- ✓ os condutores de proteção das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- ✓ os condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento porventura existentes ou previstos no entorno da edificação;
- ✓ os condutores de interligação provenientes de eletrodos de aterramento de edificações vizinhas, nos casos em que essa interligação for necessária ou recomendável;
- ✓ o condutor neutro da alimentação elétrica, salvo se não existente ou se a edificação tiver que ser alimentada, por qualquer motivo, em esquema de alimentação elétrica aterrada e massa diretamente aterrada (TT) ou alimentação não aterrada e massa ligada ao neutro (IT) ;
- ✓ o(s) condutor(es) de proteção principal(is) da instalação elétrica (interna) da edificação.

Todos os elementos relacionados com as linhas externas devem ser conectados o mais próximo possível do ponto em que entram e/ou saem da edificação.

A NBR 5410 determina, ainda, a forma de realizar as ligações de equipotencialização ilustrada abaixo na figura 12 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR5410, 2005, p. 198).

Figura 12: Equalização Principal



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005, p. 198.

Legenda citada no anexo G1 da NBR 5410 (2005, p. 198):

BEP = Barramento de equipotencialização principal
EC = Condutores de equipotencialização
1 = Eletrodo de aterramento (embutido nas fundações)
2 = Armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação
3 = Tubulações metálicas de utilidades, bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados (3.a, 3.b, 3.c, 3.d).
4 = Conduitos metálicos, blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos
4.a = Linha elétrica de energia
4.b = Linha elétrica de sinal
5 = Conductor de aterramento principal

Os elementos condutivos das utilidades internas e das linhas externas são ligados diretamente ao BEP via condutores de equipotencialização, e o BEP é ligado ao eletrodo de aterramento da edificação via condutor de aterramento principal. O barramento de equipotencialização principal deve ser provido junto ou próximo do ponto de entrada da alimentação elétrica. Observa-se, ainda, que é admissível a barra PE do quadro de distribuição principal da edificação acumular a função de BEP.

Caso as entradas das diferentes linhas externas não sejam convergentes, e eventualmente também afastadas das utilidades internas, a equipotencialização principal pode resultar em alguns elementos conectados diretamente ao eletrodo de aterramento da edificação via condutores de aterramento, e outros diretamente ao BEP via condutores de equipotencialização; o BEP conectado, como em todos os casos, ao eletrodo de aterramento da edificação, via condutor de aterramento principal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005, p. 146).

A motivação e orientação pela NBR 5410 (2005, p. 10) em realizar a equalização principal e secundária se encontram embasadas nos mesmos princípios da necessidade de proteger uma estrutura, equipamentos, pessoas e animais dentro do volume a proteger contra as ações diretas das descargas atmosféricas citados na NBR 5419 e associados aos riscos:

- ✓ Proteção contra choques elétricos: Risco associado a contato acidental com parte viva perigosa, ou a falhas que colocam uma massa acidentalmente sob tensão;
- ✓ Proteção contra efeitos térmicos: Risco de incêndio de materiais inflamáveis, devido a

temperaturas elevadas ou arcos elétricos;

✓ Proteção contra sobretensões: Conseqüências prejudiciais de ocorrências que possam resultar em sobretensões, como faltas entre partes vivas de circuitos sob diferentes tensões provenientes de fenômenos atmosféricos e manobras.

Em todos os três princípios há necessidade de realizar a equalização de potencial como meio de se alcançar a proteção pretendida, seja como proteção básica ou como proteção supletiva.

A proteção básica e obrigatória às condições dos riscos citados é a realizada contra o contato direto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005, p. 35): “partes vivas perigosas não devem ser acessíveis”; enquanto a proteção supletiva é contra os contatos indiretos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005, p. 35): “massas ou partes condutivas acessíveis não devem oferecer perigo, seja em condições normais, seja, em particular, em caso de alguma falha que as tornem acidentalmente vivas”. Em alguns casos tornam-se obrigatórios além das equalizações de potenciais, principal e suplementar, o uso de um dispositivo de proteção contra surtos.

Uma das grandes mudanças apresentadas pela recente norma citada, NBR 5410 (2005, p. 37), é a cobrança do aterramento realizada em relação a todas às massas da edificação:

Todas as massas de uma instalação devem estar ligadas a condutores de proteção. Todas as massas da instalação situadas em uma mesma edificação devem estar vinculadas à equipotencialização principal da edificação e, dessa forma, a um mesmo e único eletrodo de aterramento. Isso sem prejuízo de equipotencializações adicionais que se façam necessárias, para fins de proteção contra choques e/ou de compatibilidade eletromagnética. (...) Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão.

Somente alguns elementos poderão ser excluídos da equalização de potenciais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005, p.37): suportes metálicos de isoladores de linhas aéreas fixados à edificação que estiverem fora da zona de alcance normal; postes de concreto armado em que a armadura não é acessível; massas que, por suas reduzidas dimensões (até aproximadamente 50 mm x 50 mm) ou por sua disposição, não possam ser agarradas ou estabelecer contato significativo com parte do corpo humano, desde que a ligação a um condutor de proteção seja difícil ou pouco confiável.

O uso de equalização secundária através do barramento de equipotencialização local (BEL) ser realizada sempre que as condições associadas à medida de proteção principal não puderem ser integralmente satisfeitas e em locais úmidos como locais contendo banheiras, chuveiros e piscinas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 48 e 170).

O uso de dispositivo de proteção contra surtos, DPS, é decorrente à proteção contra as sobretensões transitórias em linhas de energia e em linhas de sinal. Segundo a NBR 5419 (2005, p. 18) deve-se recorrer à NBR 5410 para definir melhor os requisitos do uso de DPS: “A ligação equipotencial dos sistemas elétricos de potência e de sinal deve satisfazer às prescrições da ABNT NBR 5410”.

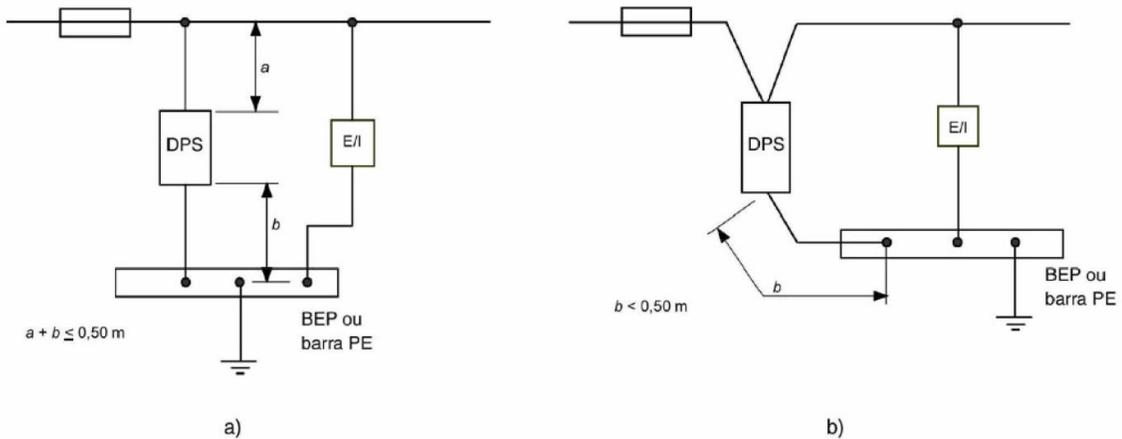
Os DPS, segundo NBR 5410 (2005, p. 69) devem ser instalado em relação às linhas de energia sob requisitos específicos:

- ✓ quando a instalação for alimentada por linha total ou parcialmente aérea, ou incluir ela própria linha aérea, e se situar em região sob condições de influências externa de descargas atmosféricas com índice cerâmico de mais de 25 dias de trovoadas por ano;
- ✓ quando a instalação se situar em região com risco de incidência de descargas atmosféricas diretas.

Devem atender à IEC 61643-1 e serem selecionados com base no mínimo nas características de nível de proteção, máxima tensão de operação contínua, suportabilidade a sobretensões temporárias, corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso e suportabilidade à corrente de curto circuito (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 132).

Conforme prescrito na NBR 5410 (2005, p. 136) os DPS devem ser instalados junto ao ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, localizado o mais próximo possível do ponto de entrada, quando o objetivo for a proteção contra sobretensões de origem atmosférica transmitidas pela linha externa de alimentação. O comprimento dos condutores de conexão do DPS (ver figura 13) deve ser o mais curto possível, sem curvas ou laços, não deve exceder 0,5 m de comprimento total e deve ter seção de no mínimo 4 mm² em cobre ou equivalente.

Figura 13: Comprimento máximo total dos condutores de conexão do DPS



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005, p. 136

Quando o objetivo for a proteção contra sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades, devem ser instalados somente no ponto de entrada da linha na edificação e a seção nominal do condutor de conexão do DPS deve ser de no mínimo 16 mm^2 em cobre ou equivalente. O ponto de entrada é definido como o ponto em que uma linha externa, seja a linha de energia, de sinal, tubulação de água, de gás ou de qualquer outra utilidade, penetra na edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005, p. 8 e 136).

Outra mudança significativa apresentada na norma é a exigência do uso do DPS em qualquer e toda linha de sinal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5410, 2005, p. 70): “Toda linha externa de sinal, seja de telefonia, de comunicação de dados, de vídeo ou qualquer outro sinal eletrônico, deve ser provida de proteção contra surtos nos pontos de entrada e/ou saída da edificação (...)”.

6.3.3 NR 10

A NR 10 especifica a segurança em instalações elétricas, integra a relação de normas estabelecidas a partir da Portaria nº 3.214/78 do Ministério do Trabalho e estabelece as

condições mínimas exigíveis para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. Ela se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e inclusive do consumo, sendo a última, fator de inclusão de todos trabalhadores, grande parcela da população, seja de indústrias, grandes e pequenas empresas, trabalhadores públicos e até autônomos (BRASIL, 2004, p. 1).

Essa norma regulamentadora tem força de lei e implica em responsabilização civil criminal por acidente de trabalho. O artigo 159 do Código Civil afirma (BRASIL, 2002): “Aquele que por ação ou omissão voluntária, negligência, imprudência ou imperícia, causar dano a outra pessoa, obriga-se a indenizar o prejuízo”.

Segundo Oliveira (2007, p. 34) a competência regulamentar é dependente da competência legislativa, ou seja, regulamento que pode e deve estabelecer preceitos normativos que traduzam o adequado cumprimento da norma legal, completando as previsões da fonte legislativa. “Regulamentar não é somente reproduzir analiticamente a lei, mas ampliá-la e completá-la, (...).” (TÁCITO apud OLIVEIRA, 2007, p. 34).

A NR 10 afirma que o projeto elétrico deve atender ao que dispõem as regulamentações técnicas oficiais estabelecidas (BRASIL, 2004, p. 4), ou seja, incluem-se a NBR 5410 e a NBR 5419 no que se refere à equalização de potenciais como garantia de medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, como da incidência direta das descargas atmosféricas sobre a estrutura e as sobretensões transitórias, de forma a garantir a segurança e a saúde também no trabalho (BRASIL, 2004, p. 1).

7 CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA

7.1 COMPETÊNCIAS LEGAIS

Ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, subordinado ao Governador do Estado cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em Lei (SANTA CATARINA, 1989, Art. 108):

- I- realizar os serviços de prevenção de sinistros ou catástrofes, de combate a incêndio (...);
- II- estabelecer normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio (...);
- III- analisar, previamente, os projetos de segurança contra incêndio em edificações, (...) acompanhar e fiscalizar sua execução, e impor sanções administrativas previstas em lei;
- IV- realizar perícias de incêndio e de áreas sinistradas no limite de sua competência;

O CBMSC é um dos precursores no campo da atividade técnica preventiva contra incêndios, possui uma norma que tem força de lei, o Decreto Lei nº 4909 de 18 de outubro de 1994. Ele regula e representa as ações concretas das atribuições de atividades definidas em lei à corporação.

A missão institucional do CBMSC é a de prover e manter serviços profissionais e humanitários que garantam a proteção da vida, do patrimônio e do meio ambiente, visando proporcionar qualidade de vida à sociedade (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, [s.d]).

Para tal, o CBMSC preconiza as quatro fases retroativas de seu ciclo operacional (Anotações de aula do Cap BM CHARLES da disciplina de Perícia de Incêndios, 2005):

- ✓ Fase Preventiva (normativa): a fim de evitar futuras ocorrências, analisar os riscos, estudar os avanços tecnológicos e revisar as normas de segurança;
- ✓ Fase Estrutural (passiva): restringir e minimizar as conseqüências e danos do sinistro, instalar, realizar inspeção de instalação, manutenção e operação de sistemas e dispositivos de segurança;
- ✓ Fase de Combate (ativa): realizar socorro e prestação de serviços; extinguir incêndio, resgatar e salvar vidas e bens;
- ✓ Fase Pericial (investigadora): elucidar o caso real do sinistro, encontrar a causa, desenvolvimento e as conseqüências, e assim realizar a retroalimentação para as outras fases.

7.2 PREVENÇÃO

As medidas de segurança contra incêndio, segundo BERTO apud ONO (1991), pode ter caráter preventivo ou de proteção:

As medidas de prevenção de incêndio são aquelas associadas ao elemento precaução contra o início do incêndio e se destinam, exclusivamente, a prevenir a ocorrência do início do incêndio, ou seja, controlar o risco de início do incêndio.

As medidas de proteção contra incêndio são aquelas destinadas a proteger a vida humana e os bens materiais dos efeitos nocivos do incêndio que já se desenvolve.

Ambas as medidas são necessárias e compõem o chamado sistema global de segurança contra incêndio, do qual a proteção contra descargas atmosféricas, preventiva, compõe o subsistema de dificultar a ocorrência do princípio de incêndio com objetivo específico de segurança da vida humana e da propriedade atingida. Segundo NBR 5419 (2005, p. 4): “Um SPDA projetado e instalado conforme esta norma não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, de pessoas e bens. Entretanto, a aplicação desta Norma reduz de forma significativa os riscos de danos devidos às descargas atmosféricas”.

A prevenção é também uma análise de riscos e estudos, com consideração aos avanços tecnológicos e científicos, dos quais resultam e balizam a formação de normatizações de segurança.

No Estado de Santa Catarina, segundo NSCI (SANTA CATARINA, 1999, p. 9), compete ao Comando do Corpo de Bombeiros por meio do seu órgão próprio normatizar e supervisionar o cumprimento das disposições legais relativas às medidas de Segurança Contra Incêndios. A NBR 5419 (2005, p. 1) prescreve ainda que “A aplicação desta norma não dispensa a observância dos regulamentos de órgãos públicos aos quais a instalação deva satisfazer”.

7.3 NSCI/94 E INs

Rege na seção I (da atividade técnica), através do Decreto nº 4909/94 (SANTA CATARINA, 1994, p. 9): “As presentes normas têm por finalidade fixar os requisitos mínimos nas edificações e no exercício de atividades, estabelecendo Normas e Especificações para a Segurança Contra Incêndios, no Estado de Santa Catarina, levando em consideração a proteção de pessoas e de seus bens”.

Em todo o seu capítulo XII (SANTA CATARINA, 1994, p. 73), o Decreto dispõe sobre a Proteção Contra Descargas Atmosféricas. Entretanto, não apenas o conteúdo referente à normatização do SPDA, mas em todos os outros sistemas de segurança contra incêndios, há defasagem temporal das exigências técnicas apresentadas na NSCI em relação às normas brasileiras regulamentadoras, NBRs. Como dito na própria NBR 5419 (2005, p. 1): “(...) Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes (...)”. Contudo são diferentes os instrumentos legais: a NSCI é um Decreto Lei enquanto a NBR 5419 é uma norma regulamentadora embora com força de lei prevista (OLIVEIRA, 2007, p. 34).

Dessa forma, o Comando do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina - CBMSC, no uso das atribuições legais que lhe confere o artigo 2º do Anexo único, do Decreto nº 4909/94:

Quando se tratar de tipo de ocupação das edificações ou de atividades diferenciadas das constantes presentes Normas, o Corpo de Bombeiros do Estado de Santa Catarina poderá determinar outras medidas que, a seu critério, julgar conveniente à Segurança Contra Incêndios.

e, considerando as necessidades de adequação e atualização de prescrições normativas, em face das evoluções tecnológicas e científicas, resolve através de Instrução Normativa (IN) instrumentalizar a revisão da NSCI. As Instruções Normativas conterão todas as prescrições relativas ao sistema/dispositivo que aborda, quando assim autorizado pela edição do novo Decreto, que vier a substituir o Decreto nº 4909/94 que se encontra em processo de revisão (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, IN 010, texto não publicado);

O processo de revisão, já em andamento, mais do que atualizar a NSCI, propõe-se a reformular o processo como um todo, partindo-se do princípio de que existem quatro campos de normatização a serem desenvolvidos, de formas distintas, porém conseqüentes e coerentes (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR, 2007):

- ✓ A legislação;
- ✓ Os critérios de concepção e dimensionamento dos sistemas de segurança;

- ✓ A forma de apresentação do projeto preventivo;
- ✓ Os procedimentos de análise de projeto;
- ✓ Os procedimentos de vistoria.

A proposta é que o Decreto constitua o conteúdo da organização da atividade, classificação de ocupações, classificação dos riscos, definição das exigências e disposições gerais e transitórias. Propõe-se que toda a matéria relativa aos critérios de concepção e dimensionamento dos sistemas de segurança, hoje fazendo parte do conteúdo das NSCI, seja estabelecida através de Instruções Normativas, baixadas por Portarias do Comando Geral do Corpo de Bombeiros (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR, 2007).

O objetivo da Instrução Normativa N° 010 (IN 010) é estabelecer e padronizar critérios de concepção, dimensionamento e padrão mínimo de apresentação de projetos de segurança contra incêndios do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPDA, dos processos analisados e fiscalizados pelo CBMSC. Entretanto, enquanto se aguarda a edição do novo Decreto, permanecem em vigor todas as prescrições do Capítulo XII, da NSCI/94, que não estiverem sendo objeto de atualização por essa Instrução Normativa (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA, IN 010, texto não publicado).

7.4 ANÁLISE DE PROJETOS E VISTORIA

Como anteriormente citado, é atribuição e competência legal do CBMSC analisar previamente, os projetos de segurança contra incêndio em edificações, acompanhar e fiscalizar sua execução e, se necessário impor sanções administrativas previstas em lei (SANTA CATARINA, 1989, Art. 108).

Na NSCI (SANTA CATARINA, 1994, p. 9) exigem-se nos incisos do Art. 4° e em comum a diversas situações de estrutura (construção, edificação, etc.): uma planilha contendo os cálculos do desempenho dos sistemas de segurança contra incêndio e a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), cobrados processo de análise do projeto.

Em relação ao Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, tanto a análise quanto a vistoria são realizadas pelo CBMSC pelo o que está prescrito na NSCI. A prática e demais

padronizações específicas a essas atividades encontram-se no manual de análise e manual de vistoria do referido sistema, ainda em fase de elaboração e não publicado.

Segundo o manual de análise, serão verificados todo o sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas, anel de cobertura, condutores de descida, anel de equalização e captação intermediários, anel de equalização e aterramento e compatibilização com instalações de gás combustível, observando as prescrições normativas de material e seção e compatibilização com quadro de especificações; isso em linhas gerais. Um único item se refere ao sistema interno de equalização como uma observação do item de equalização e captação intermediária: “A caixa de equalização passa a ser uma exigência cobrada com base nos termos da letra ‘b’ e ‘c’ do item 5.2.1.2.1 NBR 5419, que passará ser incluído na revisão das NSCI” (CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA, texto não publicado. [a]).

Quanto às vistorias, o manual define que os itens a serem verificados são: a altura das hastes e captadores; os cabos em relação à disposição, quantidade, material, espessura, fixação e conexões; o aterramento; a entrega do laudo de resistência ôhmica e em casos de utilização de SPDA estrutural a continuidade elétrica (CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA, texto não publicado. [b]). Nenhuma referência à equalização interna de potenciais. Entretanto admite-se que os manuais citados além de estarem em fase de elaboração, encontram-se em fase de correção e revisão.

7.5 PERÍCIA DE INCÊNDIO

A perícia além de ser uma competência legal revestida ao CBMSC (SANTA CATARINA, 1989, Art. 108) é de extrema relevância devido ao fato de realizar a retroalimentação para as todas as fases operativas da corporação. Ela é realizada através da elucidação do caso real do sinistro, encontrando e registrando a causa, o desenvolvimento e as conseqüências do incêndio (Anotações de aula do Cap BM CHARLES da disciplina de Perícia de Incêndios, 2005).

Como já abordado no referencial teórico, as descargas atmosféricas são fenômenos que impõem grandes valores de tensão, intensidade de corrente elétrica e frequência; o que torna difícil um controle grande durante o estudo científico desse fenômeno. Foi visto também que é recente a história e descobertas nessa área. Entretanto há diversos fatores, naturais em sua maioria, que justificam a crescente preocupação e promissores incentivos de pesquisas nessa área no Brasil (PINTO JR & PINTO, 2003; NACCARATO, 2001; INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS, s.d. [b]).

Muitas vezes é notória a origem das destruições causadas pela incidência direta descargas atmosféricas nas estruturas. Os indicativos vão desde a própria inspeção na edificação, registros das condições meteorológicas da região, valores de índices cerâmicos associados a fatores como o tipo de solo da região; até testes especializados em condutores e estruturas entre outros.

Para as sobretensões transitórias provocadas por ação direta das descargas atmosféricas são realizados hoje, estudos com simuladores (PAULINO, 1996). Têm-se dado, também, maior incentivo às pesquisas, visto que as descargas atmosféricas é a maior responsável por desligamentos em redes de baixa tensão (VISCARO, 1997).

Mesmo sendo mais raras as sobretensões da ação direta da descarga atmosférica em comparação às provocadas pela ação indireta, é importante sua investigação como uma provável causa de incêndios, já que no Brasil a grande maioria dos incêndios não intencionais é originada de uma rede elétrica sobrecarregada (CASTRO, 1999) e uma das possibilidades para tal é por ação direta dos raios.

8 SISTEMA INTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS: NBR 5419 X NSCI/1994

O capítulo XII da Norma de Segurança Contra Incêndios, Decreto Lei N° 4909 de 1994, apresenta o sistema de proteção contra descargas atmosféricas, de forma que as exigências e o conteúdo de suas prescrições definem um conjunto de elementos capazes de captar e conduzir a descarga elétrica até a terra, garantindo a proteção das pessoas e animais contra choques elétricos e das estruturas da edificação contra as ações diretas das descargas (SANTA CATARINA, 1994, p. 73 – 82). Entretanto observa-se que essa proteção refere-se apenas ao

sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas. Até mesmo porque a equipotencialização interna como constituinte do SPDA só passou a ser exigida com as prescrições da NBR 5419, a partir de sua primeira edição em 2001 exige complementação da NBR 5410 com versão revisada mais recente publicada em 2005.

A equalização de potenciais somente é abordada quando em função dos anéis de cintamento laterais e no de aterramento (SANTA CATARINA, 1994, p. 77): “Art. 319 - Deve-se interconectar as descidas por meio de condutores horizontais, de maneira a formar um anel, próximo do nível do solo e a cada 20 m de altura.”

Há uma preocupação quanto a uma considerável quantidade de massa metálica nas edificações (SANTA CATARINA, 1994, p. 73 e p. 80):

Art. 282 - Na execução das instalações de SPCDA, além dos pontos mais elevados das edificações, deverão ser considerados também a distribuição das massas metálicas, bem como as condições do solo e do subsolo.

Art. 348 - As edificações que tiverem consideráveis massas metálicas terão seus pontos mais baixos ligados a terra.

Apenas em edificações consideradas de riscos especiais é que além da equalização externa, a NSCI requer interligações internas das massas e tubulações metálicas ao SPDA (SANTA CATARINA, 1994, p. 74, 78 e 79):

Art. 288 - Nas edificações com coberturas ou revestimento de metal, as instalações do SPCDA deverão obedecer às mesmas especificações indicadas para as demais edificações, porém as partes metálicas deverão ser ligadas aos eletrodos de terra.

Art. 333 - Os anéis de cintagens, degraus ou escadas metálicas de chaminés, deverão ser obrigatoriamente ligados às descidas.

Art. 334 - Em edificações destinadas a armazenar materiais explosivos ou líquidos inflamáveis deverão ser observados: (...) V - Trilhos, tubulações metálicas aéreas ou subterrâneas e outros elementos similares que entrem nas edificações, deverão ser ligados ao condutor circundante enterrado, no seu ponto mais próximo;

Art. 335 - As edificações destinadas a armazenar explosivos ou inflamáveis, deverão ter as massas metálicas internas ligadas à terra, inclusive os móveis.

Art. 336 - As massas metálicas estendidas na altura do telhado ou acima deste, serão ligados entre si à instalação de SPCDA mais próxima.

Um único indicativo da exigência de equalização interna está no Art. 283 (SANTA CATARINA, 1992, p. 73): “As interligações entre massas metálicas e o SPCDA, devem ser tão curtas quanto possível.”

Enquanto isso, a NBR 5419 (2005, p. 2) define o sistema de proteção contra descargas atmosféricas como um sistema composto por um sistema externo e interno de proteção. É o sistema completo que garante a proteção da estrutura contra os efeitos das descargas atmosféricas. Assim a equalização de potenciais internos é obrigatória:

As equalizações de potenciais internos à estrutura seguem o mesmo critério do sistema externo. Isto significa que, próximo ao solo e, no máximo, a cada 20 m de altura, todas as massas metálicas (tubulações, esquadrias metálicas, trilhos, etc.) deverão ser ligadas diretamente a uma armadura local (de pilar, viga ou laje). Os sistemas elétricos de potência e de sinal, deverão ser referenciados a um barramento de equalização (TAP/LEP), o qual deverá ser ligado a uma armadura local e/ou ao eletrodo de aterramento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5419, 2005, p. 10).

A equalização de potenciais interna, exigida na NBR 5419 e que por sua vez invoca a NBR 5410, foi detalhada no capítulo 6 deste trabalho. As prescrições tratadas e que se diferenciam das exigências da NSCI do CBMSC, apresentam, em linhas gerais, os seguintes temas:

- ✓ Devem ser realizadas ligações equipotenciais conectando todas as instalações metálicas, massas e instalações elétricas de potência e de sinal; As ligações devem ser as mais curtas possíveis;
- ✓ Canalizações e outros elementos metálicos que se originam do exterior devem ter as conexões o mais próximo do ponto em que penetram na estrutura; A conexão das canalizações metálicas que são protegidas por luvas deve fazer uso de DPS; Devem-se respeitar a distância de segurança mínima para as tubulações de gás.
- ✓ A equipotencialização principal é obrigatória e definida pela NBR 5410; O barramento de equipotencialização principal (BEP) e suas conexões são apresentados em uma caixa de equalização disposta no ponto de entrada da edificação;
- ✓ Segundo a NBR 5410, é admissível que a barra PE do quadro de distribuição principal da edificação acumule a função de BEP;
- ✓ É possível haver necessidade de uma equipotencialização secundária com uso de barramento de equipotencialização local (BEL); Segundo NBR 5410, nos locais úmidos contendo banheiras, chuveiros ou piscinas é obrigatória a equipotencialização secundária;
- ✓ Quando não houver a exigência de SPDA externo as ligações equipotenciais internas devem ser aterradas com um eletrodo, uma haste metálica;
- ✓ Sempre que não for possível realizar a equipotencialização, devem-se respeitar as distâncias mínimas de segurança do SPDA e as instalações metálicas, massas e sistemas de

potência elétrica e de sinal;

- ✓ Todas as ligações equipotenciais dos sistemas elétricos de potência e sinal são definidas na NBR 5410;
- ✓ É obrigatório o aterramento em todas as massas da edificação; Todo circuito deve dispor de condutor de proteção em toda sua extensão;
- ✓ O uso de dispositivo contra surtos (DPS) é obrigatório em alguns casos e o dispositivo deve atender às recomendações do IEC 61643-1; É obrigatório nas ligações de energia para casos específicos: quando as instalações forem alimentadas por linha total ou parcial aérea sob condições de influência externa – descargas atmosféricas em regiões com índice cerâmico maior que 25 dias de trovoadas por ano, e quando houver grande risco de incidência de descargas atmosféricas diretas; É obrigatório em todas as linhas de sinal (telefonia, de comunicação de dados, de vídeo ou qualquer outro sinal eletrônico).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prevenção e a proteção aos efeitos das descargas atmosféricas sobre os seres vivos e sobre estruturas (bens materiais) contra os riscos de choque elétrico e incêndios são previstas nas normatizações brasileiras. Já o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, que possui a missão e as atribuições legais designadas à proteção da vida, do patrimônio e do meio ambiente, deve também regular as medidas para efetivas prevenção e proteção. O Decreto Normas de Segurança Contra Incêndios, NSCI/94, é o seu instrumento legal para tal.

São diversos os sistemas de prevenção contra incêndio apresentados no decreto, os quais são exigidos para a regularização de edificações e para o exercício de atividades. Em Santa Catarina, o Corpo de Bombeiros expede um certificado de aprovação de vistoria, seja de habite-se, de manutenção ou de funcionamento, que são exigidos também pelos órgãos municipais para a regularização de outras atividades. Esse processo legal é uma das formas de garantir a segurança de pessoas e bens. Têm-se então, bem delineado a importância e o poder legal da NSCI.

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) compõe um dos sistemas de proteção contra incêndios da NSCI. Entretanto não basta o sistema estar prescrito em uma

norma para ter a garantia de sua eficiência. O SPDA não evita a incidência das descargas atmosféricas, todavia ele tem como finalidade conduzir a descarga até a terra de forma segura, que garanta a proteção das pessoas, animais e equipamentos dentro da estrutura a proteger. Dessa forma, a eficiência do SPDA fica ao encargo dos estudos científicos a respeito do fenômeno da descarga atmosférica e dos seus efeitos sobre os seres humanos e sobre as estruturas.

Deve-se intensificar esses estudos e o uso dos respectivos mecanismos de proteção por diversos motivos apresentados também nesta pesquisa, quais sejam: O Brasil é o país de maior incidência de descargas atmosféricas e de grande extensão territorial; O tipo de solo tem influência na intensidade das incidências e é facilmente encontrado em todo o país e no estado de Santa Catarina; É previsto um aumento significativo das incidências das descargas devido ao fenômeno de aquecimento global e das ilhas de calor; As ilhas de calor ocorrem em grandes cidades, que por sua vez possuem crescente verticalização das estruturas; As linhas de transmissão elétrica e as de sinais, a última com suas novas topologias de interconexão (redes locais de computadores, linhas telefônicas, serviços de televisão por assinatura via cabo etc.) formam uma possibilidade de entrada de sobretensões transitórias nas edificações.

São diversos os riscos sobre as pessoas e estruturas causadas pela ação direta das descargas atmosféricas, e impostos principalmente pelas diferenças de potenciais elétricos provocados pela descarga, principalmente nos condutores metálicos e de potência elétrica e de sinais. Dessa forma, a pesquisa atingiu um dos seus objetivos: o de levantar os conceitos teóricos sobre descargas atmosféricas e relacioná-los aos efeitos danosos das diferenças de potenciais elétricos.

Como apresentado, a solução para as diferenças de potenciais é a equipotencialização. A equalização de potenciais interna é feita com a interconexão das instalações metálicas, massas e redes de sistema elétrico de potência e de sinal ao SPDA e ao aterramento através do barramento de equipotencialização. A existência desses elementos nas edificações juntamente com a crescente possibilidade de ocorrência de sobretensões transitórias compõe as necessidades levantadas neste trabalho, quais sejam: de proteção interna das edificações. Baseado nesses conceitos foi apresentado o sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas como o prescrito nas normatizações brasileiras (NBR 5419 e NBR 5410). Relacionou-se assim, como objetivado, a equalização de potenciais interna com o sistema de proteção contra ação direta de descargas atmosféricas.

A NBR 5419, com a última revisão datada no ano de 2005, está atualizada em relação à norma do CBMSC, a NSCI/94, e é baseada em novas necessidades e estudos técnicos. Ela define e prescreve a equalização de potenciais interna como constituinte do SPDA, sendo assim indispensável à efetiva proteção. A partir da comparação realizada no último capítulo deste trabalho conclui-se que é necessária uma revisão da NSCI de forma que o sistema completo (externo e o interno) de proteção contra descargas atmosféricas seja exigido e cumprido.

A revisão da NSCI já é pauta de discussão e de estudos do CBMSC através de um piloto da Instrução Normativa (IN 010) que se refere ao Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas. Entretanto, sobre ele recai uma dúvida a respeito das novas exigências do SPDA no que tange à equalização de potenciais interna. A dúvida é, se a equalização interna for incluída na norma, como será feita esta nova exigência. Dever-se-ão ser prescritos os itens do sistema interno de proteção ou simplesmente exigida a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) do engenheiro elétrico responsável? Isso porque a NBR 5419 invoca a NBR 5410 no que se refere às obrigatórias ligação equipotencial principal e ligação equipotencial dos sistemas elétricos de potência e de sinal.

É interessante ressaltar que nesse processo de revisão se propõe que toda a matéria relativa aos critérios de concepção e dimensionamento dos sistemas de segurança, que hoje faz parte do conteúdo das NSCI, seja estabelecida através das Instruções Normativas. Essas instruções serão baixadas por Portarias do Comando Geral do Corpo de Bombeiros. Por outro lado, o Decreto será constituído somente pelo conteúdo relativo à: organização da atividade, classificação de ocupações, classificação dos riscos, definição das exigências e disposições gerais e transitórias. Dessa forma, tornam-se mais acessíveis e ágeis as revisões das INs, cujas prescrições referem-se aos elementos dos sistemas de proteção embasados nas normas brasileiras. Positivamente os estudos técnicos proporcionam mudanças constantes de concepções em função das evoluções tecnológicas, das pesquisas de novos materiais e da própria prática (que seriam as ações dos sistemas em situações reais e simulações como as realizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)).

9.1 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

Poderiam ser incluídos, depois de avaliados, na NSCI-SC através da Instrução Normativa 010 (IN 010) de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, os seguintes itens do sistema de proteção interna contra descargas atmosféricas:

- Quanto à estrutura da IN 010:
 1. Objetivo; 2. Referências normativas; 3. Definições; 4. Características gerais; 5. Condições específicas; 5.1 Sistema externo de proteção contra descargas atmosféricas; 5.2 Sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas; e Anexos
- Quanto ao conteúdo a ser abordado em 5.2:

5.2 Sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas:

5.2.1 Equalização de Potenciais

5.2.1.1 Generalidades:

- ✓ Uma ligação equipotencial principal, como prescreve ABNT NBR 5410, é obrigatória em qualquer caso;
- ✓ Devem ser realizadas ligações equipotenciais conectando todas as instalações metálicas, massas e instalações elétricas de potência e de sinal; As ligações devem ser as mais curtas possíveis;
- ✓ Quando não houver a exigência de SPDA externo as ligações equipotenciais internas devem ser aterradas com um eletrodo, uma haste metálica;
- ✓ Sempre que não for possível realizar a equipotencialização, devem-se respeitar as distâncias mínimas de segurança do SPDA e as instalações metálicas, massas e sistemas de potência elétrica e de sinal;
- ✓ Deve-se respeitar a distância de segurança mínima para as tubulações de gás; Na impossibilidade da manutenção deste distanciamento, essas tubulações deverão possuir conexões com o uso de DPS tipo centelhador encapsulado.
- ✓ O barramento de equipotencialização principal (BEP) e suas conexões são apresentados em uma caixa de equalização disposta no ponto de entrada da edificação;

- ✓ É admissível que a barra PE do quadro de distribuição principal da edificação acumule a função de BEP;
- ✓ É possível haver a necessidade de uma equipotencialização secundária com uso de barramento de equipotencialização local (BEL); Nos locais úmidos contendo banheiras, chuveiros ou piscinas é obrigatória a equipotencialização secundária;
- ✓ Equipotencialização em estruturas especiais.

5.2.1.2 Ligação equipotencial das instalações metálicas e das massas

- ✓ Todas as canalizações e outros elementos metálicos que se originam do exterior devem ter as conexões o mais próximo do ponto em que penetram na estrutura; A conexão das canalizações metálicas que são protegidas por luvas deve fazer uso de DPS;
- ✓ O uso de dispositivo contra surtos (DPS) é obrigatório em alguns casos e o dispositivo deve atender às recomendações do IEC 61643-1; É obrigatório nas ligações de energia para casos específicos: quando as instalações forem alimentadas por linha total ou parcial aérea sob condições de influência externa – descargas atmosféricas em regiões com índice cerâmico maior que 25 dias de trovoadas por ano, e quando houver grande risco de incidência de descargas atmosféricas diretas.

5.2.1.3 Ligação equipotencial dos sistemas elétricos de potência e de sinal

- ✓ Todas as ligações equipotenciais dos sistemas elétricos de potência e sinal são definidas na NBR 5410;
- ✓ O uso de dispositivo contra surtos (DPS) é obrigatório em alguns casos e o dispositivo deve atender às recomendações do IEC 61643-1; É obrigatório em todas as linhas de sinal (telefonia, de comunicação de dados, de vídeo ou qualquer outro sinal eletrônico).

Em relação à análise e à vistoria do sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas, deve-se levantar alguns pontos importantes para a discussão e a decisão quanto ao mecanismo legal de exigência desse sistema.

Primeiramente é imprescindível à efetiva proteção contra as descargas atmosféricas a equalização interna da edificação, ou seja, a instalação do sistema interno do SPDA. Seria ineficaz a segurança das pessoas, animais e bens dentro do volume a proteger se continuar a cobrança somente do sistema externo, desde análise de projeto e vistoria. Uma vez que os

sistemas interno e externo apresentam o mesmo grau de importância, deve-se despender igual atenção legal.

Outra questão importante é o fato de que existem no Brasil diversas regulamentações com força de Lei, a exemplo da NR-10 e da própria NSCI, que apresentam bem definidas as obrigações e responsabilidades quanto à segurança de pessoas e bens. Entretanto isso não é o bastante para garantir o seu cumprimento. É necessária a construção de outros mecanismos que as valide. Quanto à segurança contra incêndio, o próprio CBMSC se vê responsável pela efetivação do cumprimento legal através dos momentos de análise do projeto e vistoria.

Por outro lado, o sistema interno de proteção contra descargas atmosféricas traz como principal recurso de equalização de potenciais interna a equalização principal prescrita na NBR 5410. A aplicação do sistema interno invoca a NBR 5410, que trata das instalações elétricas de baixa tensão, sendo estas de responsabilidade de um engenheiro eletricitista. Além do mais, existe uma complexidade técnica do SPDA, que exige conhecimento técnico específico: o atestado de resistência ôhmica com o valor da resistividade do solo, a planilha de cálculo da necessidade de instalação do SPDA e o laudo técnico da continuidade elétrica das armaduras em SPDA estrutural. Em todos esses casos as exigências são cumpridas com os referentes atestados, laudos e planilhas acompanhadas da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica) do engenheiro responsável. Esses documentos assinados constituem um mecanismo para validar o cumprimento dos regulamentos e leis. Alternativa eficiente visto que, em relação à ART, já existem os Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) como órgãos fiscalizadores.

Um fato pontual, mas de relevância a esta discussão é que o CBMSC tem vivenciado uma atual conjuntura de efetivo de pessoal aquém do ideal e operacionalmente necessário (VER ANEXO F). Sendo assim, o Setor de Atividades Técnicas (SAT) do CBMSC, responsável pelas análises de projetos e vistorias, em cumprimento com as orientações e da sua respectiva diretoria (DAT) e do CBMSC, tem realizado análises de projetos e vistorias simplificadas.

Enfim, sugere-se que sejam incluídos itens referentes à equalização interna na IN 010 e que a análise de projeto e vistoria sejam simplificada. Exigi-se o atestado de resistência ôhmica com o valor da resistividade do solo, a planilha de cálculo da necessidade de instalação do SPDA, o laudo técnico da continuidade elétrica das armaduras em caso de SPDA estrutural e a ART do engenheiro responsável. E como alvo de análise e vistoria os seguintes itens apenas:

- ✓ Existência de Caixa de equalização com barramento de equipotencialização principal e nos casos especificados o barramento de equipotencialização local;
- ✓ Existência de DPS nos casos especificados;
- ✓ Distanciamentos de segurança entre condutores do SPDA e as instalações metálicas, massas e condutores dos sistemas elétricos de potência e de sinal, principalmente as de separação das canalizações de gás e materiais combustíveis.

Vista a complexidade e extensão do tema pesquisado, acrescentam-se mais duas recomendações:

A realização de estudos mais específicos no que se refere aos efeitos e formas de proteção contra as ações indiretas das descargas atmosféricas, ou seja, as sobretensões de induções magnéticas. Esses estudos se justificam pelo fato de esses fenômenos serem freqüentes e ainda não contemplados pelas normas regulamentadoras NBR 5419 e NBR 5410.

Devem ser aprofundados os conhecimentos sobre as conseqüências da interconexão do SPDA com as tubulações de gás combustível. Enquanto a NBR 5410 exige a interconexão na equalização interna, a NBR 5419 não deixa claro se é para realizar a conexão equipotencial ou não, além disso, a NSCI e o CBMSC a proibem.

9.2 CONCLUSÃO

A pesquisa desenvolvida levanta aportes teóricos e científicos, sobre os quais constitui o conhecimento profissional do CBMSC. As atribuições legais da corporação revelam a abrangência e a complexidade das atividades bombeiril abordadas nesta pesquisa. As definições, descrições, comparações, discussões e decisões quanto à adequação das normas do sistema de proteção contra descargas atmosféricas levam à conclusão de que a equalização de potenciais de instalações metálicas, massas, sistemas elétricos de potência e de sinais é imprescindível e constitui-se como medida eficiente para prevenção e proteção dos seres vivos e bens materiais contra os riscos de choques elétricos e incêndios.

Entretanto o tema não se esgota, pois devem ser realizadas mais pesquisas que levem à discussão todos profissionais envolvidos nos processos da atividade técnica, inclusive a principal atingida, a sociedade civil. Esse esforço se justifica pela busca da garantia da segurança e do bem comum.

REFERÊNCIAS

ADA Engenharia. Qualidade de energia. **Revista Lumière**, maio/2003. Disponível em: <http://www.ada.eng.br/art_03.html> Acesso em: 11 mar 2008.

ALVES, Normando Virgílio Borges. **Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas**. Blumenau, SC: FURB, 2007. 44 p. Apostila do Curso de Especialização em Sistemas de Prevenção contra Incêndios da Universidade Regional de Blumenau - FURB – Departamento de Engenharia Civil, Blumenau, 2007.

ANDRADE, Paulo Alcides. **A segurança das Estruturas Metálicas em Situação de Incêndio**. 2008. Disponível em: <http://www.metlica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=119> Acesso em: 02 jun 2008.

Anotações de aula do Cap BM CHARLES da disciplina de Perícia de Incêndios, 2005.

Apostila da SIEMENS - Proteção das instalações contra sobretensões de origem atmosféricas: “Raios utilizando os dispositivos DPS”. Seminários Técnicos, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção de estruturas contra descargas Atmosféricas. 2005.

BOHN, Adolar Ricardo. **Projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas**. Florianópolis, SC: UFSC, 1999, 24 p. Apostila sobre proteção contra descargas atmosféricas da disciplina de Instalações I da Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do estado de Santa Catarina, Florianópolis, 1999. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/ecv5317_apostila_da.pdf> Acesso em: 19 dez. 2007.

BRASIL, **Lei 10.406 de 10 de janeiro de 2000. Institui o código civil**. 2002.

_____. **Lei 8.078 de 11 de setembro de 1990. Código de proteção e defesa do Consumidor**. 1990.

_____. Portaria n.º 598, de 07/12/2004. **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. 2004.

CASTRO, Antônio L. Coimbra. **Manual de Planejamento em Defesa Civil – Ministério da Integração Nacional**. v. 4, 1999. Disponível em: <www.defesacivil.gov.br/.../publicacoes/publicacoes/volume4.doc&nome_arquivo=volume4.doc> Acesso em 19 dez 2007.

CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DE SANTA CATARINA, **Manual de Análise do SPDA**, texto não publicado. [a]

_____. **Manual de Vistoria do SPDA**, texto não publicado. [b]

_____. **Instrução Normativa N° 010**, IN 010, texto não publicado.

_____. **Processo de Revisão**, 2007. Disponível em: <<http://revisaonsci.sc.googlepages.com/-informativo>> Acesso em 2 jun 2008.

_____. **Missão do CBMSC** [s.d.] Disponível em: <www.cb.sc.gov.br> Acesso em 19 dez 2007.

COUTINHO, Fernando Nominato & ALTOÉ, Cássio Alexanadre. **Levantamento de Estruturas que necessitam de SPDA na UnB e Análise de seus Efetivos Sistemas de Proteção**. DF, Brasília: UnB, 2003. 88 p. Projeto Final de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2003.

DEFESA CIVIL DO RIO DE JANEIRO. **Raios**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/defesacivil/raios.htm>> Acesso em 19 dez. 2007.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ELETRICIDADE DE POÇO DE CALDAS. **Sobrecarga**. [s.d.] Disponível em: <<http://www.dmepc.com.br/dicaselet.htm>> Acesso em: 19 dez. 2007.

FLORES, Ronivaldo J. **Equipotencialização**. SC: UNISUL, 2007. Trabalho de pesquisa elaborado e apresentado à disciplina de Proteção contra Incêndios do Curso de Engenharia de Segurança do trabalho da UNISUL-Tubarão, 2007.

GEVAERD, Evandro Carlos. **Apresentação ao Comandante Geral: Panorama da situação atual**. SC: CBMSC, 2006.

IEEE-80. *Guide for Safety in Substation Grounding*, 1976 In KINDERMANN, Geraldo. Choque Elétrico. Porto Alegre: Editora Sagra DC Luzzato, 2. ed, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Eletricidade Atmosférica – História**. [s.d.] (a) Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/>> Acesso em 09 mar. 2008.

_____. **Relâmpagos**. [s.d.] (b) Disponível em: < <http://www.cea.inpe.br/webdge/elat> > Acesso em 19 dez. 2007.

_____. **Ranking de Incidência das Descargas Atmosféricas por Municípios em SC**. ELAT, 2007. Disponível em: <[http://www.inpe.br/ranking/Ranking Municípios SC 2005-2006.pdf](http://www.inpe.br/ranking/Ranking_Municípios_SC_2005-2006.pdf)> Acesso em: 19 dez. 2007.

KINDERMANN, Geraldo. **Choque Elétrico**. Porto Alegre: Editora Sagra DC Luzzato, 2. ed., 2000.

_____. **Descargas Atmosféricas**. Porto Alegre: Editora Sagra DC Luzzato, 2. ed., 1997.

LEITE, Duílio Moreira & LEITE, Carlos Moreira. **Proteção Contra Descargas Atmosféricas: Edificações, Baixa Tensão e Linhas de Dados**, São Paulo: Officina de Mydia Ed. Ltda, 1994, 2. ed., vol I.

LEITE, Duílio Moreira. **Conceito de equalização dos potenciais**. Artigo Técnico da Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas – Seção São Paulo. São Paulo: ABEE,

2007. Disponível em: <http://www.abee-sp.com/artigos_tecnicos_duilio.doc> Acesso em: 2 jun de 2008.

LIMA, Fº, Domingos Leite. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. São Paulo: Érica, 1997.

MAIA Jr, Carlos A. F. de; SILVA, Noemi S. A. **Minimização de riscos de choque elétrico e danos a equipamentos por meio de aterramento adequados**. DF, Brasília: UnB, 2004. 104 p. Projeto Final de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2004.

Manual Pirelli de Instalações Elétricas. São Paulo: PINI, 1993.

MAURIN, Glauber. **Teoria sobre SPDA**. Ribeirão Preto, SP: ELETROLATA, 2007. 9 p. Disponível em: <<http://www.eletoalta.com.br/biblioteca/SPDA%20Teoria.pdf>> Acesso em: 2 jun 2008.

MENEZES, Luiz A. P. **Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas**. Tubarão, SC: UNISUL, 1999. 78 p. Curso de Especialização em Engenharia de segurança do Trabalho da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, Tubarão, 1999.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Instalação de pára-raios**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2007. 7 p. Disponível em: <<http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbrt6915.pdf?PHPSESSID=48590faebd501751e3ba695cbc43142c>> Acesso em: 2 jun 2008.

NACCARATO, Kleber Pinheiro. **Estudo de relâmpagos no Brasil com base na análise de desempenho do sistema de localização de tempestades**. São Paulo: Ministério da Ciência e Tecnologia Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. Dissertação de Mestrado em Geofísica Espacial, 2001. Disponível em: < <http://mtc-m05.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2002/03.28.19.09/doc/homepage.pdf> > Acesso em 10 mar. 2008.

NAMEDE Fº, João. **Instalações Elétricas Industriais**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2007. 7 ed., 932 p.

OLIVEIRA, Sebastião Geraldo de. Estrutura Normativa de SST no Brasil. **Revista CIPA** – Caderno Informativo de Prevenção de Acidentes. São Paulo: CIPA Publicações, Produtos e Serviços Ltda. Edição nº 328, Ano XXVIII, 114p., 2007.

ONO, Rosaria. **Proteção do Patrimônio histórico-cultural contra incêndio em edificações de interesse de preservação**. São Paulo: FAUUSP, 2004. 11 p. Disponível em: <http://www.casaruibarbosa.gov.br/dados/DOC/palestras/memo_info/mi_2004/FCRB_MemoriaInformacao_RosariaOno.pdf> Acesso em: 11 mar 2008.

PAULINO, José Osvaldo Saldanha. **Sobretensões geradas por descargas atmosféricas**. Apostila da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais - EEUFMG. Belo Horizonte – MG: EEUFMG, 1996. 57 p. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufsj.edu.br/pub/eletrotecnica/aterramento/textos/3-Protecao%20equipamento%20terminal.pdf>> Acesso em: 11 mar 2008.

PINTO, Osmar Jr & PINTO, Iara R. C.. Decifrando os raios. A fonte provável da energia que elaborou a vida. **Scientific American Brasil**. ed. 20, janeiro, 2004. Disponível em: <http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/decifrando_os_raios.html> Acesso em 19 dez. 2007.

_____. **Tempestades e relâmpagos no Brasil**, São Jose dos Campos, SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. Disponível em: <<http://da2000.dmz.inpe.br/elat/rindat/descargas.htm>> Acesso em 06 mar. 2008.

POTIER, Guido de Camargo. **Sobre os Raios**. Porto Alegre, 2003. Disponível em <<http://www.fisica-potierj.pro.br> > Acesso em 19 dez. 2007.

R&E INSTALAÇÕES DE REDES ELÉTRICAS LTDA. **Efeitos do choque elétrico**. 1999. Disponível em:< <http://www.geocities.com/eletricidade/efeitos.htm> > Acesso em: 12 mar. 2008.

RAIOS geram prejuízo. **Correio de Uberlândia**. 01/11/2007. Disponível em: <www.correiodeuberlandia.com.br/texto/2007/11/01/17/Raios> Acesso em: 19 dez. 2007.

ROMERO, Thiago. **Aumenta incidência de raios no sudeste do Brasil**. Agência FAPESP, 07/02/2008. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=aumenta-incidencia-de-raios-no-sudeste-do-brasil>> Acesso em: 06 mar. 2008.

SABA, Marcelo. A Física das Tempestades e dos Raios. **Física na Escola**, v. 2, n. 1. 2001. Disponível em: < <http://pcsbfl.sb.fisica.org.br/fne/Vol2/Num1/raios.pdf>> Acesso em 06 mar. 2008.

SANTA CATARINA, **Decreto nº 4909, de 18 de outubro de 1994. Normas de segurança contra incêndios**. 1994.

_____. **Constituição Estadual de Santa Catarina**. 1989.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE METEOROLOGIA. Eletricidade no Céu. **O GLOBO**. 7 p., edição 01/06/2006. Disponível em: <<http://www.sbmet.org.br/noticias/gerais/03/raios.pdf>> Acesso em: 19 dez. 2007.

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. Brasil é considerado campeão em incidência de raios que tende a crescer. **Jornal da Ciência**, 2005. Disponível em: < http://www.universia.com.br/html/noticia/noticia_dentrodocampus_bijia.html> Acesso em: 29 fev. 2008.

SOUSA, Rogério. **As primeiras pesquisas sobre a eletricidade atmosférica**. 2002. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/ccen/fisica/aplicada/inicial.htm>> Acesso em 09 mar. 2008.

TELECO – Informação em Telecomunicações. **SPDA: Raios e Trovoadas**. 2007. Disponível em: < http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialspsda/pagina_2.asp> Acesso em: 11 mar. 2008.

VISACRO, S. F.; DUARTE, J.V.P & De CONTI, A.R. **Proteção de Redes Elétricas de Baixa Tensão Contra Descargas Atmosféricas**. Parte I: Sobretensões Transferidas. IV Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CITENEL). Araxá, MG: UFMG, 19 a 21 de novembro de 2007. Disponível em: <http://citenel.aneel.gov.br/historico%5Cicitenel%5Ctrabalhos%5C57.pdf>. Acesso em: 11 mar 2008.

VISACRO, Silvério Filho. **Descargas Atmosféricas: Uma Abordagem de Engenharia**. São Paulo, SP: Editora Artliber, 2005. 272 p.

ANEXOS

ANEXO A: Ranking de Incidência das Descargas Atmosféricas por Municípios em SC



Classif. Geral	Classif. Estado	Nome do Município	UF	Area Total (km ²)	Num. Raios	Dens. Raios (raios/km ² .ano)
31	1	São Martinho	SC	224,5	2560	7,601
45	2	Pedras Grandes	SC	171,8	1821	7,065
56	3	Pomerode	SC	215,9	2176	6,719
62	4	São Ludgero	SC	107,6	1076	6,668
68	5	Guaraciaba	SC	330,6	3274	6,601
97	6	Princesa	SC	86,2	799	6,178
98	7	São José do Cedro	SC	279,6	2584	6,162
106	8	Paraisópolis	SC	178,6	1633	6,095
113	9	Urussanga	SC	240,5	2172	6,021
143	10	Guarujá do Sul	SC	100,6	887	5,881
156	11	Anchieta	SC	228,6	1992	5,810
180	12	Itotuba	SC	263,4	2157	5,674
189	13	São Miguel do Oeste	SC	234,4	1982	5,637
199	14	Blumenau	SC	519,8	4363	5,595
215	15	Morro da Fumação	SC	82,9	691	5,555
219	16	Rio Fortuna	SC	300,3	2499	5,548
221	17	Bandeirante	SC	146,3	1215	5,538
222	18	Brasão do Norte	SC	221,3	1838	5,537
237	19	Indaial	SC	430,5	3541	5,483
254	20	Santa Rosa de Lima	SC	203,0	1649	5,416
265	21	Grão Pará	SC	328,1	2641	5,366
268	22	Tigrinhos	SC	57,4	462	5,362
277	23	Gaspar	SC	386,4	3093	5,337
278	24	Barra Bonita	SC	93,5	748	5,335
282	25	São Bonifácio	SC	461,3	3685	5,326
285	26	Tubarão	SC	300,3	2388	5,302
296	27	Romeirão	SC	223,7	1768	5,268
328	28	Gravataí	SC	168,5	1310	5,184
336	29	Dionísio Cerqueira	SC	377,7	2925	5,163
347	30	Treze de Maio	SC	161,1	1243	5,144
354	31	Palma Sola	SC	331,8	2552	5,128
359	32	Timbó	SC	127,3	978	5,124
370	33	Cocal do Sul	SC	71,2	545	5,102
381	34	União do Oeste	SC	93,1	707	5,065
407	35	Luiz Alves	SC	260,1	1946	4,988
409	36	Tunápolis	SC	132,9	993	4,981
419	37	Belmonte	SC	93,6	697	4,964
430	38	Modelo	SC	92,7	686	4,933
435	39	Guaramirim	SC	268,1	1973	4,918
437	40	Maravilha	SC	169,4	1249	4,914
438	41	Descanso	SC	285,6	2103	4,909
476	42	Santa Terezinha do Progresso	SC	119,0	862	4,829

Página: 1 de 7



MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



481	43	Iraceminha	SC	164,4	1189	4,822
495	44	São Miguel da Boa Vista	SC	71,9	517	4,792
505	45	Campo Eré	SC	478,7	3424	4,768
506	46	São João do Oeste	SC	163,7	1169	4,762
518	47	Bom Jesus do Oeste	SC	67,9	481	4,723
520	48	Iporã do Oeste	SC	202,4	1433	4,721
521	49	Massaranduba	SC	373,3	2643	4,720
522	50	Águas Frias	SC	75,2	532	4,719
523	51	Serra Alta	SC	90,4	640	4,717
528	52	Pinhalzinho	SC	128,3	906	4,708
537	53	Armazém	SC	173,5	1219	4,684
552	54	Riqueza	SC	190,3	1328	4,653
555	55	Itapiranga	SC	280,1	1953	4,648
573	56	Lauro Müller	SC	270,5	1871	4,611
583	57	Jardinópolis	SC	68,1	469	4,591
586	58	Flor do Serião	SC	58,7	404	4,588
593	59	Maracajá	SC	63,4	435	4,574
604	60	Correia Pinto	SC	651,6	4445	4,548
617	61	Orleans	SC	549,8	3734	4,528
619	62	Rio dos Cedros	SC	555,7	3771	4,524
624	63	Mondai	SC	201,0	1361	4,515
653	64	Palmitos	SC	350,7	2347	4,462
663	65	Saudades	SC	205,6	1371	4,447
692	66	Sul Brasil	SC	112,7	742	4,389
696	67	Caibi	SC	171,7	1128	4,379
709	68	São Lourenço do Oeste	SC	369,5	2407	4,343
710	69	Cunhatal	SC	54,5	355	4,342
720	70	Witmarsum	SC	150,8	979	4,328
725	71	São Bernardino	SC	145,0	939	4,318
740	72	Saltinho	SC	156,5	1008	4,293
748	73	Criciúma	SC	235,6	1513	4,281
750	74	Cunha Porã	SC	220,3	1413	4,276
759	75	Benedito Novo	SC	385,4	2462	4,259
764	76	Santiago do Sul	SC	73,6	469	4,250
772	77	Forquilha	SC	181,9	1155	4,233
775	78	Coronel Freitas	SC	234,2	1486	4,231
789	79	Santa Helena	SC	81,0	510	4,198
792	80	Treviso	SC	157,7	992	4,194
794	81	São Carlos	SC	159,0	1000	4,193
817	82	Içara	SC	292,8	1813	4,128
825	83	Novo Horizonte	SC	151,7	934	4,105
841	84	Araranguá	SC	303,8	1856	4,073
855	85	Barra Velha	SC	140,2	851	4,048
859	86	Nova Veneza	SC	293,6	1779	4,040
874	87	Paulo Lopes	SC	450,4	2704	4,003

Página: 2 de 7



MINISTÉRIO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



890	88	Lajeado Grande	SC	65,9	393	3,974
895	89	Iralá	SC	69,8	415	3,964
896	90	Águas de Chapecó	SC	139,1	827	3,963
912	91	Vargem Bonita	SC	296,6	1761	3,932
919	92	Galvão	SC	121,9	717	3,921
925	93	Minim Doce	SC	336,3	1974	3,913
929	94	Sangão	SC	83,1	487	3,909
950	95	Nova Erechim	SC	64,4	375	3,882
951	96	Jaraguá do Sul	SC	532,6	3099	3,879
952	97	Quilombo	SC	279,3	1624	3,877
953	98	Formosa do Sul	SC	99,6	579	3,876
962	99	Brusque	SC	283,4	1643	3,864
966	100	Joinville	SC	1130,9	6547	3,860
970	101	José Botteux	SC	405,5	2344	3,854
995	102	Trombudo Central	SC	102,8	587	3,807
996	103	Botuverá	SC	303,0	1729	3,804
1007	104	Schroeder	SC	143,8	817	3,787
1021	105	Caxambu do Sul	SC	140,6	794	3,765
1032	106	Marema	SC	103,6	582	3,745
1054	107	Planalto Alegre	SC	62,6	349	3,715
1068	108	Nova Itaberaba	SC	137,6	762	3,692
1076	109	Siderópolis	SC	262,7	1452	3,685
1077	110	Ermo	SC	63,9	353	3,685
1079	111	Ascurra	SC	111,7	617	3,683
1090	112	Ponte Serrada	SC	564,0	3106	3,671
1096	113	Rodeio	SC	130,9	718	3,656
1098	114	Aplina	SC	493,5	2705	3,654
1099	115	Ipaçu	SC	261,4	1432	3,652
1105	116	Salete	SC	179,3	979	3,640
1106	117	Abelardo Luz	SC	955,4	5216	3,640
1115	118	São Domingos	SC	383,7	2087	3,627
1118	119	Canoinhas	SC	1144,8	6222	3,623
1123	120	Xanxerê	SC	377,6	2048	3,616
1125	121	Jupia	SC	91,7	497	3,613
1126	122	Taió	SC	693,0	3754	3,611
1132	123	Xaxim	SC	294,7	1593	3,603
1134	124	Palmeira	SC	292,2	1577	3,598
1135	125	Canelinha	SC	151,4	817	3,597
1137	126	Passos Maia	SC	614,4	3314	3,596
1162	127	São Cristóvão do Sul	SC	349,0	1863	3,559
1166	128	Morro Grande	SC	256,5	1365	3,548
1174	129	Brágo do Trombudo	SC	89,7	476	3,538
1195	130	Jacinto Machado	SC	428,7	2260	3,515
1201	131	São João do Itaperiú	SC	151,9	798	3,502
1203	132	Matos Costa	SC	432,2	2268	3,499

Página: 3 de 7



MINISTÉRIO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



1212	133	Antônio Carlos	SC	229,1	1199	3,489
1225	134	Olacillo Costa	SC	846,6	4408	3,471
1228	135	Cordilheira Alta	SC	83,8	436	3,470
1229	136	Lages	SC	2644,3	13760	3,469
1232	137	Jaborá	SC	191,1	994	3,467
1233	138	Faxinal dos Guedes	SC	339,6	1766	3,466
1235	139	Presidente Nereu	SC	224,7	1166	3,460
1242	140	Araquari	SC	401,8	2077	3,446
1247	141	Lindóia do Sul	SC	195,1	1007	3,442
1248	142	Xavantina	SC	215,1	1109	3,438
1251	143	São José do Cerrito	SC	946,2	4876	3,435
1256	144	Itá	SC	165,5	851	3,429
1257	145	Piçarras	SC	99,1	509	3,425
1259	146	Atalanta	SC	94,5	485	3,421
1263	147	Palmei	SC	742,1	3804	3,417
1265	148	Entre Rios	SC	105,2	539	3,417
1272	149	Ponte Alta do Norte	SC	401,0	2049	3,407
1285	150	Porto União	SC	851,2	4328	3,390
1289	151	Vidal Ramos	SC	339,1	1717	3,376
1300	152	Arabitã	SC	132,2	667	3,363
1302	153	Macleira	SC	260,1	1310	3,358
1303	154	Coronel Martins	SC	107,4	541	3,358
1320	155	Abdon Batista	SC	235,6	1179	3,336
1325	156	Seara	SC	312,5	1561	3,330
1327	157	Ponte Alta	SC	566,8	2829	3,328
1328	158	Água Doce	SC	1313,0	6554	3,328
1336	159	São José	SC	113,2	563	3,317
1342	160	Rio das Antas	SC	317,2	1572	3,304
1343	161	Capão Alto	SC	1335,3	6612	3,301
1353	162	Guatambú	SC	204,8	1009	3,285
1355	163	Matra	SC	1404,2	6919	3,285
1356	164	Capador	SC	981,9	4838	3,285
1360	165	Lebon Régis	SC	940,7	4627	3,279
1361	166	Garopaba	SC	114,7	563	3,273
1367	167	Ipumirim	SC	247,1	1210	3,265
1371	168	Ouro Verde	SC	189,3	925	3,258
1372	169	Irani	SC	321,6	1571	3,257
1373	170	Calmon	SC	639,5	3124	3,257
1374	171	Águas Mornas	SC	360,8	1762	3,256
1376	172	Bocaina do Sul	SC	496,3	2422	3,254
1380	173	Campo Belo do Sul	SC	1027,4	5011	3,252
1381	174	Ibirama	SC	246,7	1203	3,251
1386	175	Pouso Redondo	SC	359,5	1747	3,240
1389	176	Agronômica	SC	135,9	659	3,232
1396	177	Vargem	SC	166,5	804	3,220

Página: 4 de 7



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



1411	178	Meleiro	SC	186,6	896	3,201
1412	179	Joaçaba	SC	232,4	1115	3,199
1417	180	Urupema	SC	353,1	1693	3,196
1421	181	Chapecó	SC	624,3	2969	3,192
1425	182	Fralburgo	SC	546,2	2613	3,189
1427	183	Arroio Trinta	SC	94,3	451	3,187
1439	184	Vitor Meireles	SC	371,6	1771	3,178
1447	185	Salto Veloso	SC	105,0	499	3,167
1449	186	Concórdia	SC	797,3	3782	3,163
1450	187	Arvoredo	SC	90,7	430	3,160
1457	188	Luzerna	SC	116,8	552	3,150
1459	189	Lacerdópolis	SC	68,5	323	3,146
1460	190	Dona Emma	SC	181,0	853	3,141
1475	191	Anta Garibaldi	SC	588,6	2746	3,110
1490	192	Guatubera	SC	173,6	804	3,088
1492	193	Sombrio	SC	142,7	661	3,087
1510	194	Imaruí	SC	542,2	2487	3,058
1515	195	Alto Bela Vista	SC	103,6	474	3,050
1516	196	Doutor Pedrinho	SC	375,8	1719	3,050
1525	197	Imbuia	SC	121,9	556	3,041
1526	198	Três Barras	SC	438,1	1998	3,041
1537	199	Cerro Negro	SC	416,8	1896	3,033
1546	200	Palat	SC	85,8	388	3,016
1551	201	Treze Tilias	SC	185,2	837	3,013
1552	202	Campo Alegre	SC	496,1	2242	3,013
1555	203	Vargem	SC	350,1	1580	3,008
1558	204	Santa Terezinha	SC	716,3	3227	3,004
1563	205	Vidreira	SC	377,9	1701	3,001
1568	206	Itajaí	SC	289,3	1297	2,989
1576	207	Antôniopolis	SC	542,4	2417	2,971
1586	208	Bom Jesus	SC	63,6	282	2,958
1590	209	Catanduvas	SC	198,0	877	2,952
1593	210	Capivari de Baixo	SC	53,2	235	2,947
1601	211	São João Batista	SC	220,7	972	2,936
1604	212	Curitibanos	SC	952,3	4182	2,928
1610	213	Irineópolis	SC	591,3	2586	2,916
1615	214	São Francisco do Sul	SC	492,8	2151	2,910
1618	215	Agrolândia	SC	207,1	902	2,903
1631	216	Peritiba	SC	96,4	417	2,884
1641	217	Bom Retiro	SC	1055,5	4544	2,870
1644	218	Balneário Camboriú	SC	46,5	200	2,868
1645	219	Major Gercino	SC	285,7	1229	2,868
1647	220	Turvo	SC	233,9	1004	2,861
1660	221	Itaipópolis	SC	1295,3	5526	2,844
1677	222	Ouro	SC	206,2	873	2,822

Página: 5 de 7



MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS



1682	223	Rancho Queimado	SC	286,4	1209	2.814
1683	224	Bela Vista do Toldo	SC	534,6	2256	2.813
1684	225	Bom Jardim da Serra	SC	935,2	3944	2.812
1687	226	Monte Carlo	SC	162,8	666	2.809
1692	227	Nova Trento	SC	402,1	1689	2.800
1694	228	Rio do Oeste	SC	245,6	1030	2.796
1696	229	Papanduva	SC	759,8	3183	2.793
1708	230	Corupá	SC	405,0	1687	2.777
1711	231	Ituporanga	SC	337,0	1401	2.772
1713	232	Iomerê	SC	114,7	476	2.766
1745	233	Rio Rufino	SC	282,6	1153	2.720
1758	234	Celso Ramos	SC	207,4	842	2.706
1763	235	Presidente Castelo Branco	SC	76,9	312	2.703
1769	236	Timbê do Sul	SC	333,4	1346	2.691
1773	237	Garuva	SC	591,4	2020	2.686
1775	238	Erval Velho	SC	207,7	836	2.684
1778	239	Santa Cecília	SC	1145,3	4606	2.681
1779	240	Herval d'Oeste	SC	222,4	894	2.680
1780	241	São Joaquim	SC	1885,6	7579	2.680
1786	242	São João do Sul	SC	182,7	733	2.675
1787	243	São Pedro de Alcântara	SC	139,6	560	2.674
1793	244	Urubici	SC	1019,2	4078	2.667
1796	245	Timbó Grande	SC	596,9	2380	2.658
1798	246	Rio Negrinho	SC	908,4	3614	2.652
1800	247	Passo de Torres	SC	95,1	378	2.651
1815	248	Santa Rosa do Sul	SC	151,4	596	2.624
1826	249	São Bento do Sul	SC	495,6	1941	2.611
1831	250	Navegantes	SC	111,5	436	2.608
1841	251	Balneário Arroio do Silva	SC	93,8	366	2.601
1847	252	Rio do Campo	SC	506,2	1969	2.593
1855	253	Zortéa	SC	190,1	738	2.587
1868	254	Capinzal	SC	334,0	1290	2.575
1870	255	Monte Castelo	SC	561,7	2166	2.571
1876	256	Rio do Sul	SC	258,4	994	2.564
1882	257	Balneário Barra do Sul	SC	110,4	422	2.548
1889	258	Praia Grande	SC	278,6	1060	2.537
1891	259	Ipirá	SC	150,3	571	2.533
1912	260	Lontras	SC	198,4	748	2.513
1916	261	Presidente Getúlio	SC	295,7	1112	2.507
1926	262	Santo Amaro da Imperatriz	SC	310,7	1161	2.491
1930	263	Petrolândia	SC	306,2	1141	2.485
1932	264	Jaguaruna	SC	329,5	1226	2.481
1946	265	Tangará	SC	389,2	1441	2.468
1953	266	Major Vieira	SC	526,0	1942	2.461
1959	267	Pinheiro Preto	SC	65,7	242	2.455

Página: 6 de 7

1964	268	Leoberto Leal	SC	291,2	1069	2,447
1972	269	Campos Novos	SC	1659,6	6039	2,426
1980	270	Piratuba	SC	145,7	527	2,411
1984	271	Brunópolis	SC	335,5	1211	2,406
1986	272	Ibicaré	SC	150,5	542	2,401
2041	273	Ibiaram	SC	147,3	514	2,326
2055	274	Aurora	SC	206,9	716	2,307
2075	275	Angelina	SC	499,9	1706	2,275
2093	276	Biguaçu	SC	324,5	1091	2,241
2114	277	Laurentino	SC	79,5	264	2,214
2146	278	Balneário Gaivota	SC	147,7	479	2,162
2157	279	Alfredo Wagner	SC	732,3	2363	2,151
2158	280	Camború	SC	214,5	692	2,151
2166	281	Tjuucas	SC	276,6	889	2,143
2168	282	Frei Rogério	SC	157,8	507	2,141
2179	283	Itapoá	SC	257,2	820	2,126
2188	284	Chapadão do Lageado	SC	124,5	394	2,110
2244	285	Imbituba	SC	184,8	554	1,999
2294	286	Bombinhas	SC	34,5	99	1,914
2303	287	Porto Belo	SC	92,8	264	1,897
2307	288	Palhoça	SC	394,7	1119	1,890
2375	289	Penha	SC	58,8	156	1,769
2397	290	Governador Celso Ramos	SC	93,1	242	1,734
2404	291	Florianópolis	SC	433,3	1116	1,717
2435	292	Itapema	SC	59,0	149	1,683
2521	293	Laguna	SC	440,5	1013	1,533

ANEXO B: Tabela de Classificação de Estruturas

Tabela B.6 — Exemplos de classificação de estruturas

Classificação da estrutura	Tipo da estrutura	Efeitos das descargas atmosféricas	Nível de proteção
Estruturas comuns ¹⁾	Residências	Perfuração da isolamento de instalações elétricas, incêndio, e danos materiais Danos normalmente limitados a objetos no ponto de impacto ou no caminho do raio	III
	Fazendas, estabelecimentos agropecuários	Risco direto de incêndio e tensões de passo perigosas Risco indireto devido à interrupção de energia e risco de vida para animais devido à perda de controles eletrônicos, ventilação, suprimento de alimentação e outros	III ou IV ²⁾
	Teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas e igrejas	Danos às instalações elétricas (por exemplo: iluminação) e possibilidade de pânico Falha do sistema de alarme contra incêndio, causando atraso no socorro	II
	Bancos, companhias de seguro, companhias comerciais, e outros	Como acima, além de efeitos indiretos com a perda de comunicações, falhas dos computadores e perda de dados	II
	Hospitais, casa de repouso e prisões	Como para escolas, além de efeitos indiretos para pessoas em tratamento intensivo e dificuldade de resgate de pessoas imobilizadas	II
	Indústrias	Efeitos indiretos conforme o conteúdo das estruturas, variando de danos pequenos a prejuízos inaceitáveis e perda de produção	III
	Museus, locais arqueológicos	Perda de patrimônio cultural insubstituível	II
Estruturas com risco confinado	Estações de telecomunicação usinas elétricas Indústrias	Interrupção inaceitável de serviços públicos por breve ou longo período de tempo Risco indireto para as imediações devido a incêndios, e outros com risco de incêndio	I
Estruturas com risco para os arredores	Refinarias, postos de combustível, fábricas de fogos, fábricas de munição	Risco de incêndio e explosão para a instalação e seus arredores	I
Estruturas com risco para o meio ambiente	Indústrias químicas, usinas nucleares, laboratórios bioquímicos	Risco de incêndio e falhas de operação, com conseqüências perigosas para o local e para o meio ambiente	I
<p>¹⁾ ETI (equipamentos de tecnologia da Informação) podem ser instalados em todos os tipos de estruturas, inclusive estruturas comuns. É impraticável a proteção total contra danos causados pelos raios dentro destas estruturas; não obstante, devem ser tomadas medidas (conforme a ABNT NBR 5410) de modo a limitar os prejuízos a níveis aceitáveis.</p> <p>²⁾ Estruturas de madeira: nível III; estruturas nível IV. Estruturas contendo produtos agrícolas potencialmente combustíveis (pós de grãos) sujeitos a explosão são considerados com risco para arredores.</p>			

ANEXO C: Fatores de Ponderação no Cálculo da Frequência Admissível (N_{DC})

Tabela B.1 — Fator A: Tipo de ocupação da estrutura

Tipo de ocupação	Fator A
Casas e outras estruturas de porte equivalente	0,3
Casas e outras estruturas de porte equivalente com antena externa ¹⁾	0,7
Fábricas, oficinas e laboratórios	1,0
Edifícios de escritórios, hotéis e apartamentos, e outros edifícios residenciais não incluídos abaixo	1,2
Locais de afluência de público (por exemplo: igrejas, pavilhões, teatros, museus, exposições, lojas de departamento, correios, estações e aeroportos, estádios de esportes)	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, estruturas de múltiplas atividades	1,7

¹⁾ Para requisitos para instalação de antenas, ver anexo A.

Tabela B.2 — Fator B: Tipo de construção da estrutura

Tipo de construção	Fator B
Estrutura de aço revestida, com cobertura não-metálica ¹⁾	0,2
Estrutura de concreto armado, com cobertura não-metálica	0,4
Estrutura de aço revestida, ou de concreto armado, com cobertura metálica	0,8
Estrutura de alvenaria ou concreto simples, com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha	1,0
Estrutura de madeira, ou revestida de madeira, com qualquer cobertura, exceto metálica ou de palha	1,4
Estrutura de madeira, alvenaria ou concreto simples, com cobertura metálica	1,7
Qualquer estrutura com teto de palha	2,0

¹⁾ Estruturas de metal aparente que sejam contínuas até o nível do solo estão excluídas desta tabela, porque requerem apenas um subsistema de aterramento.

Tabela B.3 — Fator C: Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas

Conteúdo da estrutura ou efeitos indiretos	Fator C
Residências comuns, edifícios de escritórios, fábricas e oficinas que não contenham objetos de valor ou particularmente suscetíveis a danos	0,3
Estruturas industriais e agrícolas contendo objetos particularmente suscetíveis a danos ¹⁾	0,8
Subestações de energia elétrica, usinas de gás, centrais telefônicas, estações de rádio	1,0
Indústrias estratégicas, monumentos antigos e prédios históricos, museus, galerias de arte e outras estruturas com objetos de valor especial	1,3
Escolas, hospitais, creches e outras instituições, locais de afluência de público	1,7
¹⁾ Instalação de alto valor ou materiais vulneráveis a incêndios e às suas conseqüências.	

Tabela B.4 — Fator D: Localização da estrutura

Localização	Fator D
Estrutura localizada em uma grande área contendo estruturas ou árvores da mesma altura ou mais altas (por exemplo: em grandes cidades ou em florestas)	0,4
Estrutura localizada em uma área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar	1,0
Estrutura completamente isolada, ou que ultrapassa, no mínimo, duas vezes a altura de estruturas ou árvores próximas	2,0

Tabela B.5 — Fator E: Topografia da região

Topografia	Fator E
Planície	0,3
Elevações moderadas, colinas	1,0
Montanhas entre 300 m e 900 m	1,3
Montanhas acima de 900 m	1,7

ANEXO D: Relação entre os Níveis de Proteção das Estruturas e a Eficiência do SPDA

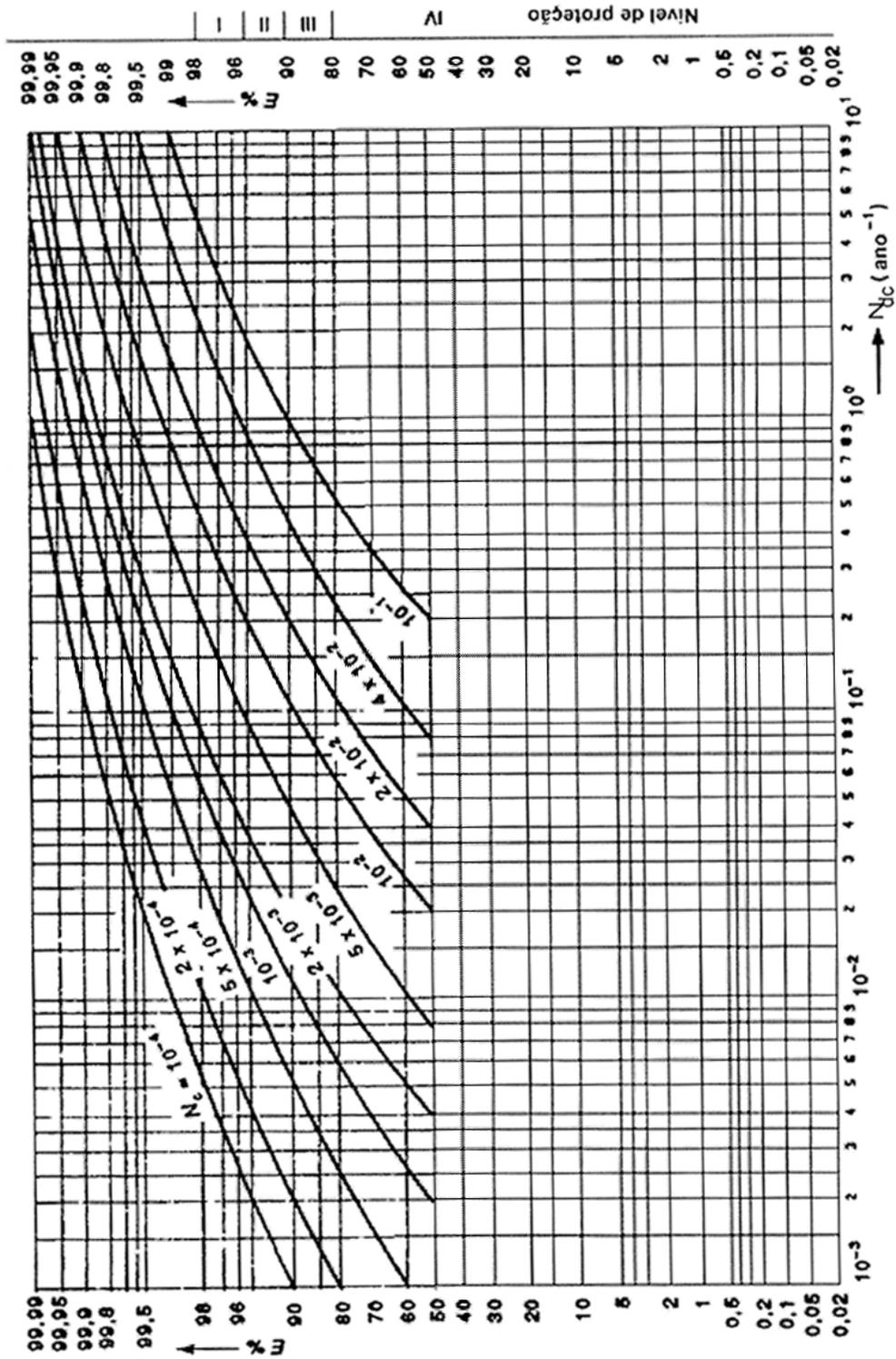


Figura B.3 – Eficiência (E%) do SPDA em função de N_{dc} e N_c

ANEXO E: Tabelas de Seções e espessuras mínimas dos materiais que compõem o SPDA

Tabela 3 — Seções mínimas dos materiais do SPDA

Material	Captor e anéis intermediários mm ²	Descidas (para estruturas de altura até 20 m) mm ²	Descidas (para estruturas de altura superior a 20 m) mm ²	Eletrodo de aterramento mm ²
Cobre	35	16	35	50
Alumínio	70	25	70	-
Aço galvanizado a quente ou embutido em concreto	50	50	50	80

Tabela 4 — Espessuras mínimas dos componentes do SPDA

Material	Captore			Descidas	Aterramento
	NPQ	NPF	PPF		
Aço galvanizado a quente	4	2,5	0,5	0,5	4
Cobre	5	2,5	0,5	0,5	0,5
Alumínio	7	2,5	0,5	0,5	--
Aço Inox	4	2,5	0,5	0,5	5

NPQ - não gera ponto quente;
NPF - não perfura;
PPF - pode perfurar.

ANEXO F: Tabela de comparação do efetivo real e ideal das Organizações Bombeiro Militar do 1º Batalhão do Corpo de Bombeiros Militar

Tabela 2: Comparação de Efetivo do SAT

OBM	EFETIVO DO SAT (hoje)	EFETIVO DO SAT (ideal)
Biguaçu	01	02
Santo Amaro da Imperatriz	0	01
Palhoça	01	03
São José	12	12
Estreito	02	02
Trindade	19	25
TOTAL	35	45

FONTE: GEVAERD, 2006 (adaptado pelo autor).