

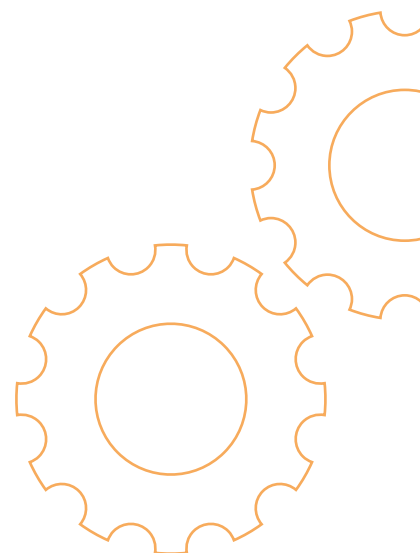


AGENDA PARLAMENTAR
EM AÇÃO

CREA-PR

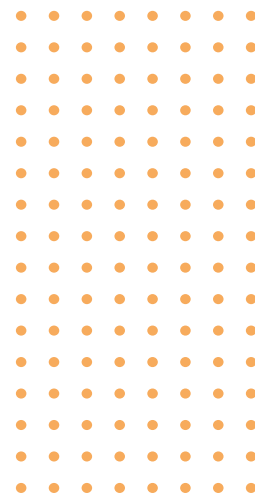
PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - PDA

Eixo 3
Desenvolvimento
Regional Integrado



SÉRIE DE CADERNOS TÉCNICOS

PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS - PDA



AUTOR

Eng. Eletricista Fernando Nunes Patrício

EXPEDIENTE

Conselho Regional de Engenharia e
Agronomia do Paraná – Crea-PR

Gestão 2024 - 2026

Presidente

Engenheiro Agrônomo Clodomir Luiz Ascari

Diretoria:

Vice-Presidente

Eng. Civ. Margolaine Giacchini

1º Diretor Administrativo

Eng. Civ. Decarlos Manfrin

2º Diretor Administrativo

Eng. Agr. Orley Jayr Lopes

1º Diretor Secretário

Eng. Eletric. Ricardo Bertoncello

2º Diretor Secretário

Eng. Civ. Rafael Erico Kalluf Pussoli

3º Diretor Secretário

Eng. Mec. Carlos Alberto Bueno Rego

1º Diretor Financeiro

Eng. Eletric. Fernando Felice

2º Diretor Financeiro

Eng. Seg. Trab. Vergínio Luiz Stangherlin

Coordenador dos Cadernos Técnicos:

Adm. Claudemir Marcos Prattes – Gerente do
Departamento de Relações Institucionais

Revisores Técnicos:

Geóg. Aline Fonseca Shtorache – Agente
Administrativa

Geóg. Omar Henrique Refondini Correia –
Agente Administrativo

Equipe Organizadora:

Eng. Agr. Ana Paula Afinovicz – Gerente
Regional Ponta Grossa

Eng. Civ. Diogo Artur Tocacelli Colella –
Gerente Regional Pato Branco

Eng. Eletric. Edgar Matsuo Tsuzuki – Gerente
Regional Londrina

Eng. Agr. Eduardo Ramires – Gerente
Regional Curitiba

Eng. Civ. Geraldo Canci – Gerente Regional
Cascavel

Eng. Civ. Hélio Xavier da Silva Filho – Gerente
Regional Maringá

Eng. Civ. Jeferson Antonio Ubiali – Gerente
Regional Apucarana

Eng. Eletric. Thyago Giroldo Nalim – Gerente
Regional Guarapuava

Assessoria de Comunicação:

Jornalista Responsável: Mariza Fernanda
Medeiros Vieira da Cunha

Contato

Departamento de Relações Institucionais
dri@crea-pr.org.br

APRESENTAÇÃO

É com grande satisfação que apresento os Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar do Crea-PR, uma iniciativa inovadora e essencial para fortalecer a gestão pública no nosso estado. Como Presidente do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná, tenho a honra de compartilhar com vocês estes documentos que são frutos de um trabalho dedicado e colaborativo de nossos profissionais das Engenharias, Agronomia e Geociências.

Os Cadernos Técnicos foram concebidos com o propósito de fornecer informações técnicas, orientações práticas e recomendações fundamentadas, que visam apoiar os gestores públicos na formulação e implementação de políticas públicas eficazes e inovadoras. Estes documentos oferecem uma visão abrangente e detalhada sobre diversos temas cruciais para o desenvolvimento sustentável e a melhoria dos serviços públicos em nossos municípios e estado.

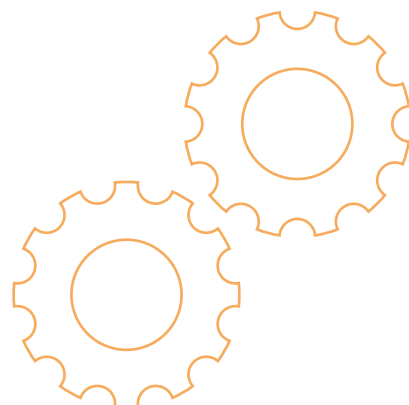
A importância dos Cadernos Técnicos reside em sua capacidade de transformar conhecimento especializado em ações concretas e eficientes. Eles são ferramentas estratégicas que permitem aos gestores públicos tomar decisões fundamentadas, baseadas em diagnósticos precisos e melhores práticas. Ao incorporar essas orientações nas plataformas de governo e planos plurianuais de gestão, os gestores têm à sua disposição um guia robusto para enfrentar os desafios diários e promover o desenvolvimento regional de maneira integrada e sustentável.

Nosso compromisso, enquanto Conselho, é contribuir de forma contínua e efetiva para a capacitação e valorização dos servidores públicos, bem como para o aprimoramento das políticas públicas. Por meio dos Cadernos Técnicos, oferecemos suporte técnico de alta qualidade, refletindo nosso empenho em colaborar com a gestão pública na busca por soluções inovadoras e sustentáveis.

Agradeço a todos os profissionais que se dedicaram à elaboração destes documentos e reafirmo nosso compromisso com a excelência e a inovação. Que os Cadernos Técnicos sirvam como uma fonte de conhecimento e inspiração, auxiliando gestores públicos em sua missão de promover o bem-estar e o progresso de nossas comunidades.

Cordialmente,

Engenheiro Agrônomo Clodomir Luiz Ascari
Presidente do Crea-PR





SUMÁRIO

1.	OBJETIVO -----	5
2.	PROBLEMA / DEMANDA / JUSTIFICATIVA -----	5
3.	CONCEITOS TÉCNICOS -----	6
4.	PROTEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS -----	8
5.	RECOMENDAÇÕES GERAIS -----	14
6.	FUNDAMENTAÇÃO LEGAL -----	16
7.	AUTOR -----	17
8.	ANEXO - MODELO DE REDAÇÃO SUGERIDO PARA A CLÁUSULA ---	17

1. OBJETIVO

Este Caderno Técnico tem por objetivo disponibilizar aos gestores públicos municipais e à sociedade em geral os conceitos e recomendações básicas sobre a proteção contra os efeitos das descargas atmosféricas e sobretensões na rede elétrica, protegendo equipamentos eletroeletrônicos sensíveis, edificações e principalmente as pessoas que se utilizam desses equipamentos e circulam pelas edificações.

2. PROBLEMA / DEMANDA / JUSTIFICATIVA

A sociedade moderna é cada vez mais dependente dos equipamentos eletrodomésticos e eletroeletrônicos sensíveis aos efeitos das variações de tensão e corrente, geradas pelas descargas atmosféricas, produzindo campos eletromagnéticos de grande intensidade que irradiam pelo espaço, induzindo picos de tensão e corrente nas instalações; interferências geradas por manobras na rede elétrica, acionamento de motores e campos eletromagnéticos, daí a necessidade de se projetar, instalar e manter esses equipamentos e suas instalações conforme as normas técnicas vigentes.

Segundo dados obtidos do anuário da Abracopel, em 2023 o Brasil registrou 182 acidentes com raios (descargas atmosféricas), sendo 91 ocorrências sem vítimas, 51 vítimas com ferimentos e 40 com vítimas fatais.

E, conforme o INPE/ELAT, nos últimos dez anos ocorreram 835 mortes por raio em todo o Brasil. São cerca de 78 milhões de descargas atmosféricas registradas por ano no Brasil.

Por conta dos estudos realizados por vários centros de pesquisa, hoje se tem um razoável conhecimento sobre o comportamento das descargas atmosféricas. E, com esses sendo corretamente aplicados, os efeitos das descargas atmosféricas e das operações nas redes elétricas, os riscos com problemas de interrupção de energia, de serviços de telefonia, de comunicação de dados e de mortes, poderão ser evitados ou pelo menos minimizados, reduzindo ainda as estatísticas de vítimas fatais.

Os campos eletromagnéticos podem induzir surtos:

- nas cercas de arame (no caso de instalações rurais);
- nos cabos e fios metálicos das redes elétricas;
- nos cabos e fios metálicos usados para transmissão de sinais (dados, telefonia, TV);
- pelas estruturas metálicas das edificações.

Quando uma descarga atmosférica atinge diretamente uma edificação, além dos problemas que pode causar nos equipamentos eletroeletrônicos, existe também o risco de morte de pessoas, bem como o comprometimento da estrutura da edificação.

A descarga atmosférica também produz corrente elétrica de alta intensidade, que se propaga pelo solo em um raio de até aproximadamente 5 km em torno do ponto de incidência do raio no solo, e pode comprometer as instalações elétricas vizinhas e colocar os seres vivos em risco, caso estejam circulando nessa área.

Portanto, a proteção dos seres vivos e dos equipamentos contra os efeitos provocados pelos surtos gerados por descargas atmosféricas, por acionamento de motores ou operações na rede elétrica, depende do projeto, dos materiais aplicados, das instalações e da manutenção.

A proteção contra descargas atmosféricas (PDA) para ser mais bem-planejada é dividido em três sistemas:

- Sistema que compreende os captadores; os cabos ou estruturas de descida e o aterramento, definido como sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA);
- Sistema de dispositivos de proteção contra surtos (DPS), que atua no instante em que ocorrem os surtos na instalação. A especificação do DPS depende da localização da edificação e do grau de proteção exigido pelos equipamentos;

- Sistema de blindagem, caracterizado pelo uso de eletrocalhas, eletrodutos, planos e/ou acondicionamentos metálicos dos cabos e equipamentos eletrônicos em gabinetes metálicos, de modo a garantir que os cabos e equipamentos não sejam afetados pelos campos eletromagnéticos gerados pelas descargas atmosféricas ou por fontes artificiais de campos eletromagnéticos.

As fontes artificiais de sobretensões podem ser geradas quando da falta de energia elétrica, devido aos chaveamentos feitos pelas concessionárias de energia elétrica, ou originado nas indústrias, que ao ligarem e desligarem máquinas elétricas de grande potência, podem injetar na rede elétrica altas correntes e altas tensões de curta duração.

Existem também as descargas eletrostáticas, o acúmulo de cargas elétricas no corpo humano e em materiais, devido ao atrito entre corpos que podem transferir sobretensões para os equipamentos eletrônicos sensíveis, podendo comprometer a sua integridade.

Portanto, para se ter um sistema de proteção eficiente contra surtos, o projeto arquitetônico da edificação, o estrutural, o elétrico e outros devem ser feitos de forma harmônica para compatibilizar os critérios de proteção contra sobretensões originadas por descargas atmosféricas ou pelas instalações elétricas internas, ou externas à edificação.

Também é fundamental, para o bom funcionamento das proteções, que haja uma manutenção adequada de todas as partes que compõem os três sistemas de proteção citados anteriormente.

Cabe salientar que a malha de aterramento do sistema SPDA deve ser a mesma para todos os sistemas de proteção contra surtos e para a proteção contra corrente de curto-circuito. Isto porque a equalização de potencial da malha de aterramento é o ponto fundamental para evitar tensões de passo e de toque e para o perfeito funcionamento de todos os sistemas de proteção.

3. CONCEITOS TÉCNICOS

3.1. Introdução

Um sistema de proteção de pessoas e equipamentos eletrônicos sensíveis contra os efeitos provocados por descargas atmosféricas ou chaveamentos elétricos, depende principalmente do projeto e da correta instalação dos dispositivos de proteção (SPDA; DPS; Blindagens, etc.) e da sua manutenção.

3.2. Sobretensões Transitórias

São surtos ou transientes que ocorrem em milissegundos ou microssegundos e se sobrepõem à tensão normal aplicada entre dois ou mais condutores, podendo atingir valores da ordem de milhares de volts e ocorrer de forma repetitiva ou randômica.

3.3. Sobretensões Repetitivas

São fenômenos conhecidos como "spikes", resultantes de chaveamentos elétricos (excitação de motores, chaveamento de cargas indutivas, etc.). "Spikes" são pulsos instantâneos de tensão e corrente e podem ser conduzidos ou induzidos na rede elétrica, na linha telefônica ou em qualquer estrutura metálica da instalação.

3.4. Sobretensões Randômicas

Ocorrem de forma aleatória, sem periodicidade definida, provocadas principalmente por descargas atmosféricas. Outra fonte de sobretensões randômicas são as descargas

eletrostáticas, geradas pelas atividades das pessoas e suas vestimentas, e dependente da umidade do ar.

3.5. Descargas Atmosféricas

As descargas atmosféricas são fenômenos naturais que provocam mortes e danos materiais, tendo sido associadas, no passado, às divindades malignas. Algumas regras do passado ainda são válidas e muito difundidas para se proteger contra as descargas atmosféricas, tais como:

- Não sair de casa;
- Procurar abrigo quando o tempo ameaçar tempestade atmosférica;
- Não ficar junto à janela ou debaixo de árvores;
- Desconectar das tomadas (de energia e de sinal) todos os aparelhos eletroeletrônicos.

As três primeiras regras citadas acima são válidas e recomendadas, entretanto quanto a desligar todos os aparelhos eletroeletrônicos sensíveis da tomada, já não é uma solução prática, pois se for numa instalação com muitos cabos, tais como: de energia, sinais de dados, TV a cabo, telecomandos, etc., fica impraticável executar esta operação sempre que houver uma ameaça de tempestade atmosférica, sem falar que os aparelhos continuam expostos aos transientes de fontes artificiais (acionamento de motores, manobras da rede elétricas, etc.), que não são perceptíveis.

3.6. Comportamento das Descargas Atmosféricas:

As descargas atmosféricas ocorrem com mais frequência nos terrenos maus condutores, como os graníticos e os xistosos, ao invés dos bons condutores, como os calcários e de aluvião (terreno formado por inundação). No terreno isolante há liberação de cargas elétricas que propiciam a queda do raio em terrenos maus condutores. Essa liberação de cargas chega a ionizar o ar ambiente, provocando o cheiro característico de ozônio.

Os raios podem ser explosivos ou incendiários. Os explosivos são raios de curta duração e corrente elevada; enquanto os incendiários são de longa duração e corrente baixa.

Principais distúrbios provocados pelos raios:

- Danos mecânicos, efeitos térmicos, perfurações de chapas metálicas, derretimento de condutores, ignição de combustíveis, distribuição de sobretensões sobre as estruturas, etc.;
- Sobretensões induzidas causadas pela variação nos campos eletromagnéticos devido às descargas entre nuvens;
- Sobretensões induzidas nos condutores devido às descargas atmosféricas ocorridas nas proximidades das edificações;
- Sobretensões induzidas em cabos subterrâneos, especialmente em solos de baixa condutividade;
- Sobretensões causadas por correntes de raio no solo e conduzidas pelas blindagens dos cabos.

Parâmetros da corrente de descarga atmosférica:

Para se definir as especificações dos componentes elétricos de proteção foram estabelecidas algumas formas de ondas de uma descarga atmosférica. A forma de onda padrão dos impulsos tem uma forma aproximada de um triângulo, representando graficamente a distribuição da corrente e da tensão de uma descarga atmosférica.

Foram definidos três padrões de ondas

(ver figura 1):

- Onda de 8/20 microssegundos; onde $T_1 = 8$ microssegundos e $T_2 = 20$ microssegundos.
- Onda de 8/80 microssegundos; onde $T_1 = 8$ microssegundos e $T_2 = 80$ microssegundos.

- Onda de 10/350 microssegundos; onde $T_1 = 10$ microssegundos e $T_2 = 350$ microssegundos.

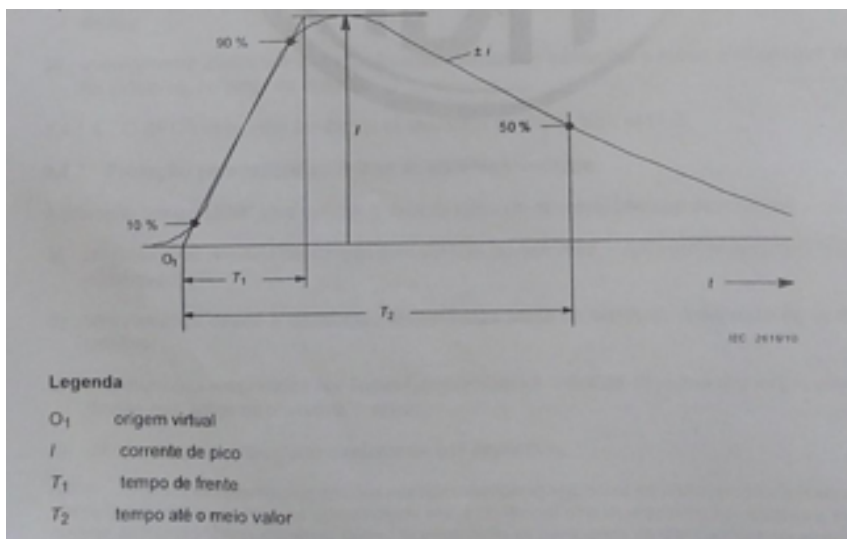


Figura 1 - Forma de onda de um impulso de corrente
(Fonte: NBR 5419-1:2015 - Anexo A)

4. PROTEÇÃO DOS EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS

A função principal do sistema de proteção contra descargas atmosféricas – SPDA, formado pelos captores, condutores de descidas e o sistema de aterramento, é evitar que a mesoestrutura da edificação seja afetada pelas descargas atmosféricas que atingem diretamente a edificação. Entretanto, não protegem os equipamentos eletroeletrônicos sensíveis.

Quando uma descarga atmosférica atinge uma edificação, mesmo adequadamente protegida pelo SPDA, podem ser geradas sobretensões na rede de distribuição da concessionária de energia elétrica, nas instalações elétricas da edificação, nas redes de dados e em qualquer condutor metálico que esteja instalado na edificação.

Estas sobretensões transitórias podem causar:

- Desconexão temporária da rede pública de energia elétrica;
- Redução da vida útil dos equipamentos eletroeletrônicos sensíveis;
- Danos aos equipamentos eletroeletrônicos e a consequente falha no serviço prestado por estes equipamentos.

Sobretensões medidas nos EUA e na Europa, em linhas aéreas de energia elétrica, apresentaram a seguinte estatística

Sobretensões medidas	Número de ocorrências por ano
20 kV	1 a 3
10 kV	1 a 10
5 kV	1 a 100
2 kV	80 a 1.000
900 V	>1.000

As sobretensões mais altas e em menor frequência ocorrem nas instalações rurais, onde a predominância é de sobretensões originadas pelas descargas atmosféricas. Nas instalações urbanas, os valores são mais baixos, porém com mais frequência, predominando as sobretensões causadas por manobras de disjuntores e chaves seccionadoras.

4.1. Sobretensões Induzidas por Descargas Atmosféricas

Os campos eletromagnéticos gerados pelas descargas atmosféricas podem induzir correntes nas instalações elétricas sob três formas de acoplamento: indutivo; resistivo e capacitivo.

4.1.1. Acoplamento Indutivo - ocorre quando a corrente elétrica do raio gera uma variação instantânea do campo magnético, enlaçando todos os condutores metálicos próximos, sendo que depende também da geometria e do trajeto dos cabos e da instalação como um todo.

Na África do Sul foram realizadas medições de tensão induzida de 3,7 kV e corrente induzida de 71 Ampères numa rede telefônica situada a 5 km de distância de um edifício atingido por uma descarga atmosférica de 20 kA.

4.1.2. Acoplamento Resistivo ou Galvânico - ocorre quando a corrente da descarga elétrica eleva o potencial elétrico de um ou mais equipamentos interligados entre si, no mesmo prédio ou em prédios diferentes, mas que estão interligados por cabos de energia ou de sinal.

4.1.3. Acoplamento Capacitivo ou Eletrostático - é devido à alta capacitância num determinado instante, entre os cabos e a descarga elétrica ou entre os cabos e o sistema de aterramento.

4.2. Suportabilidade de um Equipamento Eletroeletrônico

É a capacidade que o equipamento eletroeletrônico tem de suportar os níveis máximos de tensão e corrente, repetitivas ou não, sem a degradação de suas características originais.

Na prática, os níveis de suportabilidade para instalações elétricas de baixa tensão variam entre 5 e 10 KV e para equipamentos eletroeletrônicos sensíveis depende da aplicação dos mesmos, sendo o valor típico 1,5 kV.

Para se avaliar o risco dos equipamentos eletroeletrônicos sensíveis em situações de tempestade atmosférica, deve-se usar a parte 2 da NBR 5419-2015, aplicando a análise de risco para verificar se a instalação necessita de PDA.

Na fase de projeto do PDA consultar os demais profissionais da engenharia e da arquitetura envolvidos no projeto, para haver uma correta especificação dos materiais aplicados na edificação, uma vez que nesta fase é possível aproveitar materiais para mais de uma função, por exemplo: as ferragens das colunas podem servir de descida de para-raios. As brises de janelas podem servir de blindagem, etc.

4.3. Definição de Parâmetros dos Dispositivos de Proteção Contra Surtos - DPS

4.3.1. Tensão de "Clamping" ou Tensão Residual - é o valor da tensão remanescente durante a atuação da proteção. É o valor de tensão garantido pelo sistema de proteção para o grampeamento do pulso. Este valor é variável em função da corrente de surto.

4.3.2. Tensão Disruptiva ("Sparkover Voltage") - é o máximo valor de tensão, ao qual o equipamento a ser protegido fica exposto, no instante anterior à atuação da proteção. A tensão disruptiva é variável, pois depende da velocidade de crescimento do impulso (dv/dt).

4.3.3. Tempo de Resposta - é o tempo decorrido entre o instante zero do impulso e a atuação da proteção. Após este instante, a tensão nos terminais do protetor é mantida nos limites especificados pela tensão de "clamping" do mesmo.

4.4. Características Desejáveis do Sistema de Proteção

Para que os sistemas de proteção (SPDA e DPS) atuem adequadamente, a Proteção contra Descargas Atmosféricas - PDA deve ter as seguintes características:

- Ser compatível com os equipamentos a serem protegidos e com o local da instalação;
- Ser projetado de modo a não se danificar em condições normais de operação;
- Não deixar os equipamentos desprotegidos em caso de sobretensões acima da capacidade do sistema de proteção.

Com base nessas premissas, os DPS devem ter as seguintes características:

- Capacidade energética compatível com a sua localização na instalação;
- Velocidade de atuação compatível com a velocidade dos surtos e transientes;
- Baixa tensão disruptiva;
- Tensão de “clamping” compatível com a suportabilidade dos equipamentos a serem protegidos;
- Baixa atenuação (principalmente para protetores de linha telefônica e cabo de RF);
- Apresentar baixa distorção (para a proteção de linhas telefônicas e cabos de RF).

4.5. Proteção Contra Sobretensões em Circuitos de Baixa Tensão

Os danos causados por sobretensões nos equipamentos eletroeletrônicos vão desde a perda de dados (“reset” involuntário) até erros na transmissão ou recepção de dados, danos parciais ou totais nos equipamentos e até incêndio nas instalações.

Estes efeitos têm origem nos seguintes fenômenos:

- Descargas atmosféricas atingindo diretamente as instalações;
- Sobretensões induzidas pelas descargas elétricas indiretas;
- Sobretensões geradas por manobras na rede de energia elétrica da concessionária;
- Sobretensões geradas por acionamento de motores e fornos de alta potência.

Para proteger os equipamentos desses fenômenos são adotadas técnicas que devem ser usadas de forma integrada.

As técnicas mais comuns são:

Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) - O SPDA é formado pelos captadores; os condutores de descida que transmitem a corrente da descarga atmosférica para a malha de aterramento, e esta faz a dispersão da energia no solo.

- Elementos de Proteção da Própria Instalação - Consiste dos elementos condutores da própria edificação, tais como: armações de aço, coberturas, treliças, elementos metálicos da fachada, disposição das instalações elétricas, eletro calhas, eletro dutos, esteiras metálicas, etc.
- Dispositivo de Proteção Contra Surto (DPS) - É constituído por dispositivos passivos lineares e não lineares tais como: filtros; centelhadores, varistores, diodo Zener, transzorb, etc., instalados em locais adequados para proteger os equipamentos eletroeletrônicos sensíveis.

Para cada tipo de instalação existe uma forma de proteção mais adequada, visando sempre a melhor relação custo-benefício. A proteção projetada antes da execução da obra é sempre mais eficiente e de menor custo, se comparada com a proteção executada após a conclusão da edificação.

4.6. Elementos e Dispositivos de Proteção

Todos os elementos de proteção possuem vantagens e desvantagens, dependendo das características dos componentes e dos circuitos a serem protegidos. Estes dispositivos podem ser utilizados individualmente ou associados.

Basicamente, a função dos dispositivos de proteção é fazer com que o equipamento

eletroeletrônico fique no mesmo potencial elétrico das estruturas metálicas que o sustentam, evitando o faiscamento. Com isso o equipamento estará protegido contra os efeitos das sobretensões.

4.6.1. Condutor – Todas as proteções necessitam de fios, cordoalhas ou cabos para interligar as proteções com os equipamentos e estes com algum ponto da instalação / edificação. Lembrar que esses condutores não podem ter uma indutância que comprometa a atuação do protetor, pois se a indutância for muito alta provavelmente o protetor não atuará e o surto passará diretamente para o equipamento.

4.6.2. Capacitor - Este elemento de proteção também tem certa indutância para altas frequências que pode influenciar na impedância total do elemento de proteção.

4.6.3. Indutor - Apresenta capacitância parasita, que em frequências mais elevadas reduz a impedância total do elemento de proteção. Na presença de frequências muito altas poderão funcionar até como capacitores.

4.6.4. Centelhador - A vantagem do centelhador é de ser um dispositivo simples, e pode ser dimensionado conforme a quantidade de energia a ser desviada. Devido à característica de descarga, o centelhador deve ser usado em circuitos protegidos por fusíveis.

4.6.5. Varistor - A resistência do varistor varia com a tensão aplicada, sendo denominado de "Voltage Dependent Resistor" (VDR que é a propriedade do carboreto de silício (SiC) e do óxido de zinco (ZnO). São dispositivos com características altamente não lineares. Por exemplo, o ZnO suporta uma considerável quantidade de energia, porém menor que o centelhador a gás. O varistor também apresenta uma carga capacitiva apreciável para frequências altas.

Uma das características mais importantes do varistor é a corrente nominal máxima de escoamento. É a máxima corrente que o varistor pode suportar uma única vez. Cada pulso de corrente de valor elevado provoca uma diminuição da vida útil do varistor.

4.6.6. Diodo Supressor - O diodo Zener é baseado no efeito de avalanche descoberto por C. Zener, usado normalmente como diodo estabilizador de tensão. São mais rápidos que os varistores, mas, em contrapartida, têm menor capacidade de suportar altas tensões. É usado nos protetores híbridos como proteção fina (após o varistor) ou dentro dos próprios equipamentos eletrônicos.

4.7. Critérios de Instalação para uma Proteção Adequada

O local de instalação dos protetores, o comprimento dos condutores de ligação dos protetores, os conectores e o trajeto dos condutores são de vital importância para que o sistema de proteção como um todo atue adequadamente no momento da passagem dos surtos e transientes.

Cabos e fios que já passaram pelos protetores não devem passar próximos aos cabos e fios que estão chegando aos protetores, pois podem induzir sobretensões nesses estão saindo dos protetores, ou seja, devem ser separados os cabos e fios isentos de sobretensões dos que podem estar conduzindo sobretensões.

Basicamente, a função do DPS é fazer com que o equipamento eletrônico fique no mesmo potencial elétrico das estruturas metálicas que o sustentam, evitando o faiscamento, com isso o equipamento estará protegido contra os surtos e transientes.

4.8. Resistividade do Solo

A resistividade do solo é a característica que vai determinar a sua resistência em baixas frequências (corrente de curto-circuito é em baixa frequência) ou a sua impedância em altas frequências (surtos ou transientes de correntes elétricas são em alta frequência).

Os fatores que mais influenciam na resistividade do solo são:

4.8.1. Umidade - Enquanto a umidade aumenta, a resistividade do solo diminui, portanto, a umidade é o elemento principal na condução da corrente elétrica no solo. Não se deve, contudo, presumir que um solo que detenha abundância de água tenha baixa resistividade, pois se a concentração de sais dissolvidos na água for muito baixa, ou mesmo se esta estiver totalmente congelada, a resistividade aumentará.

4.8.2. Sanilidade - A resistividade do solo também depende da quantidade de sais dissolvidos na água (condução eletrolítica).

4.8.3. Temperatura - elevada provoca maior evaporação e, por conseguinte diminui a umidade do solo. Por outro lado, com a diminuição da temperatura, chegando a zero grau e até valores negativos de temperatura, a resistividade também tende a aumentar.

4.8.4. Compactação - Se o terreno teve terraplanagem, as medições de resistividade do solo devem ser executadas após a compactação completa do solo, pois a não compactação do mesmo provocará uma menor área de contato entre os grãos que compõem o solo, gerando erros nas medidas de resistividade. Também deve ser observado se não foram enterrados objetos metálicos, que podem influenciar nas medições.

4.9. Impedância de Impulso da Malha de Aterramento

A impedância de impulso é a oposição que a malha de aterramento oferece ao impulso elétrico que tenta penetrá-la. Esta impedância é resultado da soma da resistência, da indutância, da condutância, da capacitância da malha e do solo.

Esta impedância depende principalmente da:

- Composição espectral e forma de onda da sobretensão (surtos e transientes);
- Característica específica do terreno;
- Geometria da malha de aterramento.

A capacitância e a indutância têm papel fundamental nas altas frequências, sendo o caso das descargas atmosféricas, pois pulsos elétricos são da ordem de alguns microssegundos.

Cuidados especiais devem ser tomados quanto ao projeto da malha de aterramento, uma vez que podem surgir tensões de toque e centelhamentos, devido à incapacidade da malha de aterramento de equalização e de dissipação da energia do raio pelo solo.

4.10. Resistência de Terra

A componente resistiva, devida principalmente à resistividade do solo, tem uma importância maior nos sistemas de potência que operam na frequência de 60 Hz. Esta resistência é fundamental para atuar os elementos de proteção, como os disjuntores, quando da ocorrência de curto-circuito ou sobrecarga na instalação.

As medidas de resistência da malha de aterramento são realizadas para confirmar os cálculos teóricos e conferir se todas as conexões estão em perfeitas condições.

É fundamental que todas as partes metálicas do sistema de aterramento (eletrocalhas, descidas de para-raios, dutos metálicos, etc.) estejam devidamente interligadas, com material

de baixa resistência, garantindo a continuidade elétrica entre todas as partes metálicas da instalação e a malha de terra.

Exceção se faz para instalações com riscos de explosão, como tubulações de gás, depósitos de combustíveis, etc., que exigem projetos especiais conforme as especificações da instalação.

4.11. Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - SPDA

O sistema de proteção contra descargas atmosféricas para proteger as estruturas das edificações e os seres vivos que circulam em torno dessas edificações é feito por meio da utilização de captores e interligados à malha de aterramento por condutores de descida.

O SPDA tem duas funções distintas:

- Preventiva: neutralizar a eletricidade das nuvens situadas acima das edificações, não se concretizando a formação dos raios;
- Corretiva: se a nuvem for de intensidade suficiente para criar uma descarga atmosférica, preferirá provavelmente o caminho através do SPDA, já que está colocado no ponto mais alto da edificação a ser protegida e oferecer uma impedância mais baixa à passagem da corrente elétrica do raio para o solo (malha de aterramento).

4.11.1. Aplicar sempre as Normas Técnicas de Projeto de Proteção Contra Descargas Atmosféricas - como estão em jogo vidas humanas e patrimônios, só pela questão legal já se justifica realizar o projeto de proteção de uma edificação segundo as normas técnicas pertinentes. Além disso, usando-se sempre a versão atualizada da norma técnica, estarão sendo empregadas as recomendações mais recentes defendidas pelos pesquisadores.

4.11.2. Tipos de Captores e Modelos de Proteção - existem vários tipos de captores escolhidos conforme o tamanho da edificação, o grau de segurança desejado e da região onde se encontra a instalação.

Os mais conhecidos são:

- Captor tipo Franklin - oferece um volume abrangido por um cone, tendo como vértice o ponto mais alto do captor e a geratriz forma um ângulo com o eixo vertical. Este ângulo é escolhido de acordo com o grau de proteção desejado;
- Captor tipo Gaiola de Faraday - formado por um fio captor que percorre toda a extensão da instalação, envolvendo-a completamente;
- Modelo Eletromagnético - Também chamado de Método da Esfera Rolante - recomendado para o caso de estruturas de grande altura ou de formas arquitetônicas complexas. É baseado no mecanismo de formação das descargas atmosféricas. O modelo se baseia no fato dos raios atingirem preferencialmente as quinas das edificações.
- Condutores de Descida - condutores metálicos que interligam os captores com a malha de aterramento e podem ser de cobre, alumínio ou de outros materiais que levam em conta a melhor harmonização da edificação e que iniba o vandalismo ou furto. Também é possível utilizar a própria armadura dos pilares da edificação, seguindo-se sempre as recomendações técnicas pertinentes.

4.12. Tratamento de solo

As técnicas de tratamento de solo visam diminuir a resistividade do solo. Este processo tem por base o tratamento do solo que circunda os eletrodos de aterramento e a malha com um eletrólito que possua boa condutividade.

Diversas experiências têm sido realizadas com diferentes produtos visando determinar quais são mais indicados para o tratamento de solo. Os produtos que atacam os componentes do sistema de aterramento não devem ser utilizados em hipótese alguma.

4.13. Considerações Gerais sobre o Sistema de Aterramento

O sistema de aterramento da instalação tem as seguintes funções:

- Dissipar a energia da descarga atmosférica no solo;
- Proteger a instalação contra correntes de curto-circuito;
- Servir de referência de terra para os equipamentos eletrônicos.

4.13.1. Subsistema de Eletrodos de Aterramento - consiste de eletrodos enterrados no solo, podendo formar uma malha de aterramento. Têm por finalidade manter em um mesmo potencial a instalação, quando submetida à correntes de baixa frequência (60 Hz) ou de alta frequência (descargas atmosféricas). O subsistema de eletrodos de aterramento deve servir tanto para o sistema elétrico, como para o sistema de para-raios da edificação, bem como referência de terra para os equipamentos.

4.13.2. Subsistema de Proteção contra Curto-Circuito na Instalação Elétrica - o objetivo é prover um percurso de baixa resistência, destinado a provocar a rápida atuação dos dispositivos de proteção (reles de falta, fusíveis, disjuntores, etc.), quando ocorrer uma falha na isolação. A atuação deve ser em intervalo de tempo tal que não seja prejudicial tanto ao operador que trabalha no equipamento, como aos equipamentos que estão sendo alimentados pelo circuito que falhou, além de contribuir para a proteção contra incêndios.

4.13.3. Subsistema de Referência de Terra - também conhecido por "terra limpo" tem por objetivo entregar uma referência de terra para os circuitos digitais que operam com tensões de 3 a 5 V, visando melhorar a confiabilidade na operação dos equipamentos eletrônicos sensíveis.

5. RECOMENDAÇÕES GERAIS

Projetar, construir e manter a Proteção contra Descargas Atmosféricas - PDA conforme os padrões exigidos pelas normas técnicas vigentes.

Exigir os laudos de qualificação e certificação dos fabricantes e fornecedores dos materiais e componentes usados nos sistemas de proteção.

Especificar equipamentos de modo que atendam às normas específicas de controle de interferência eletromagnética.

Exigir dos fabricantes de equipamentos eletrônicos os ensaios de laboratório credenciado em compatibilidade eletromagnética.

Avaliar o ambiente eletromagnético de cada instalação antes de instalar os equipamentos eletrônicos sensíveis.

Realizar vistorias periódicas das condições do PDA por profissional habilitado pelo Crea e conforme as recomendações da prefeitura da cidade e as normas técnicas pertinentes.

5.1. Responsabilidade Civil e Criminal

Considerando-se que a metodologia empregada no projeto de proteção contra descargas atmosféricas se baseia em estudos estatísticos, logo não há garantia de 100% da proteção dos seres vivos e dos equipamentos.

Portanto, os projetos e as instalações devem seguir rigorosamente as recomendações técnicas contidas nas Normas Técnicas pertinentes, pois havendo alguma ocorrência com vítimas, perda de receita por falha nos equipamentos ou danos materiais, e estando o projeto e a instalação conforme as normas técnicas, o profissional responsável e o proprietário da edificação estarão respaldados legalmente, evitando as penalidades previstas em lei.

5.2. Proibido o Uso de Para-raios Radioativos

A fabricação de para-raios radioativos no Brasil foi autorizada entre 1970 e 1989, porque a literatura técnica da época indicava que os captors radioativos tinham uma eficiência maior que os convencionais. Porém, estudos realizados posteriormente no Brasil e no exterior, demonstraram que o desempenho desses para-raios não eram superiores aos convencionais na proteção das edificações, não se justificando o seu uso.

Em 1989, a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, através da Resolução n.º 4/89, suspendeu a autorização para a fabricação e instalação deste tipo de captor, pois eles usavam fontes radioativas.

A decisão sobre a substituição dos para-raios radioativos já instalados depende da orientação das autoridades municipais competentes. Quando é substituído um para-raios radioativo, este passa a ser um rejeito radioativo e deve ser tratado como tal, e enviado à CNEN. A substituição é de responsabilidade do proprietário da edificação e esta substituição deve ser acompanhada por um profissional habilitado.

A fonte radioativa do para-raios tem a forma de uma fita metálica fixada no disco. O material radioativo é, em quase 100% dos casos, o radionuclídeo amerício-241. Este material emite partículas alfa e radiação gama de baixa energia, com curto alcance no ar. Embora o risco de irradiação seja pequeno, há o risco de contaminação por contato.

Os cuidados que devem ser tomados em relação à radiação e à contaminação estão descritos em documentos fornecidos pelo IPEN. É importante ler cuidadosamente todas as instruções de manuseio dos para-raios radioativos antes de realizar a retirada do mesmo. Há instruções sobre como fazer a embalagem, o transporte e a entrega do material à CNEN.

5.3. Efeitos das Descargas Atmosféricas nas Instalações Vizinhas aos Pontos de Impacto

Quando estruturas elevadas (edifícios, torres, pontes, etc.) são atingidas por descargas atmosféricas, as instalações elétricas nas vizinhanças são também afetadas pelos surtos conduzidos pelos cabos metálicos ou por indução eletromagnética.

Este tema vem sendo estudado por pesquisadores e havendo alguma ocorrência nestas circunstâncias, recomenda-se procurar um especialista para avaliar a situação.

5.4. Ressarcimento de Danos

Caso seja possível comprovar que algum equipamento eletrônico tenha sido danificado devido a sobretensões transmitidas pelos cabos metálicos de energia elétrica, sinais de voz, dados ou imagem, a concessionária do respectivo serviço público deverá ser acionada e solicitar a indenização.

Para tanto, solicitar à concessionária o ressarcimento de perdas e danos tão logo seja constatada a ocorrência. Caso esta não responda de forma satisfatória ao pedido, o consumidor pode recorrer à agência reguladora ou, em último caso, à ouvidoria da Aneel para o caso dos serviços de fornecimento de energia elétrica, ou da Anatel para o caso dos serviços de telefonia, comunicação de dados e TV a cabo.

6. FUNDAMENTAÇÃO LEGAL

O Código de Defesa do Consumidor (Lei 8078/90) elege a proteção da vida, saúde e segurança contra riscos provocados por produtos e serviços e o direito à informação adequada e clara sobre os diferentes produtos e serviços, com especificação correta de quantidade, características, composição, qualidade e preço, bem como os riscos que apresente.

6.1. Seguro das Instalações Elétricas e Equipamentos

Considerando que as sobretensões são fenômenos aleatórios e, que a sociedade está cada vez mais dependente dos recursos oferecidos pelos equipamentos eletroeletrônicos sensíveis, é recomendável que o gestor público, em parceria com as empresas concessionárias de energia e serviços de comunicação, fiscalizem as instalações elétricas, verificando se estão conforme as normas técnicas.

Nesse sentido, seria recomendável que os gestores públicos, as empresas concessionárias, certificadoras e seguradoras, estabeleçam um incentivo visando o seguro das instalações elétricas e eletrônicas. E, estando a instalação de acordo com as normas técnicas e, por conseguinte, tendo um risco menor de danos nos equipamentos eletroeletrônicos sensíveis, o custo do seguro poderia ser mais atrativo aos proprietários.

A certificação da instalação e a recomendação do seguro incentivarão os profissionais e os proprietários a seguirem rigorosamente as normas técnicas.

E, em estando a instalação elétrica consoante com as normas técnicas, e se mesmo assim ocorrer algum dano, a seguradora poderá indenizar rapidamente os prejuízos causados aos segurados.

6.2. Leis, Normas Técnicas e Recomendações Aplicáveis a PDA Eletrônicos

- Lei n.º 11095 de 21 de julho de 2004 de Curitiba
- NBR 14306 – Proteção elétrica e compatibilidade eletromagnética em redes internas de telecomunicações em edificações.
- NBR 15749 - Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento
- NBR 15751 - Sistemas de aterramento de subestações – Requisitos
- NBR 13571 - Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios - Especificação
- NBR 5419 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
- NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão
- NBR IEC 61643-1 - Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão

6.3. Sobre a Cosedi

A Comissão de Segurança de Edificações e Imóveis – Cosedi faz parte da estrutura orgânica da Prefeitura Municipal de Curitiba, subordinada diretamente ao Prefeito, com a finalidade específica de agir sempre que uma obra, edificação ou imóvel localizado no município de Curitiba, bem como seu respectivo uso, representar risco à população ou ao ambiente, estiver em estado de abandono ou não apresentar condições de habitabilidade.

6.4. Sobre a Mediação e a Arbitragem

Mediação e arbitragem são meios alternativos e extrajudiciais de solução de controvérsias. Havendo um conflito entre cliente e prestador do serviço, escolhe-se um mediador ou um árbitro

que seja aceito pelas partes para mediar ou decidir o litígio, de modo imparcial, independente, confidencial e célere.

Conforme a Lei n.º 9.307, de 23 de setembro de 1996, os contratantes, ao firmarem determinado termo, têm a opção de valerem-se do instituto da mediação ou arbitragem para resolver quaisquer litígios que ocorram em relação aos termos do contrato.

Caso as partes contratantes resolvam optar pela mediação ou arbitragem, as mesmas devem inserir no contrato a Cláusula Compromissória ou Arbitral no lugar da Cláusula do Foro Judicial, cujo modelo consta da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART do Crea.

7. AUTOR

Fernando Nunes Patrício – Engenheiro de Operações em Telecomunicações formado em 1973 e Engenheiro Eletricista formado em 1980 pelo Instituto Nacional de Telecomunicações – INATEL de Santa Rita do Sapucaí – Minas Gerais. Atuou como engenheiro na Telepar / Brasil Telecom por 35 anos nas atividades de projeto de rádio enlaces, testes de propagação e prospecção; aceitação em fábrica de equipamentos de transmissão para o Sistema Telebrás e fiscalização de infra-instrutora para telecomunicações.

Possui os seguintes cursos de pós-graduações: Engenharia da Qualidade pela PUC-PR em 1994; Sistemas Elétricos Industriais pelo CEFET-PR em 2000 e Eficiência Energética pela UTFPR em 2004; Mediador pelo IMA em 2014.

8. ANEXO - MODELO DE REDAÇÃO SUGERIDO PARA A CLÁUSULA

Cláusula Compromissória:

Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, inclusive no tocante a sua interpretação ou execução, será definitivamente resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei n.º 9.307, de 23 de setembro de 1996, através da Câmara de Mediação e Arbitragem do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná - CMA Crea-PR, localizada à Rua Dr. Zamenhof n.º 35, Alto da Glória,

Curitiba, Paraná, telefone (41) 3350-6727, e de conformidade com o seu Regulamento de Arbitragem. Ao optarem pela inserção da presente cláusula neste contrato, as partes declaram conhecer o referido Regulamento e concordar, em especial e expressamente, com os seus termos.

Assinatura do Contratante/Proprietário Assinatura do Profissional Responsável

Observação: recomenda-se que esta cláusula seja escrita em negrito e que as partes aponham os seus respectivos vistos junto à mesma, além da assinatura normal do contrato.



CREA-PR

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia do Paraná

