

MEMORIAL DE CALCULO

SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)

O presente projeto tem como objetivo determinar os parâmetros dimensionais do “sistema de proteção contra descargas atmosféricas – SPDA, para que a edificação em estudo possa suportar com segurança os efeitos danosos oriundos de eventuais descargas atmosféricas e que podem atingi-la. Na ocorrência de precipitações pluviométricas acompanhadas de raios, uma descarga atmosférica não incide com hora e local definidos; assim, o sistema dimensionado é tão somente o meio de escoamento para a terra dessa descarga e que tem, como caminho a ser percorrido numa fração milionésima de tempo, condutor de cobre nu interligado a hastes de aterramento, configurando uma geometria simétrica ou assimétrica, subterrânea e interligada ou à estrutura da edificação ou à outra malha de aterramento, denominada de malha superior.

1. Aplicação de um SPDA externo.

O SPDA externo é projetado para interceptar as descargas atmosférica diretas à estrutura, incluindo as descargas laterais às estruturas, e conduzir a corrente da descarga atmosférica do ponto de impacto à terra. O SPDA externo tem a finalidade de dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos que possam iniciar fogo ou explosões.

Um SPDA externo isolado pode também ser considerado quando a suscetibilidade do seu conteúdo justificar a redução do campo eletromagnético radiado, associado ao pulso de corrente da descarga atmosférica no condutor de descida.

2. Métodos de SPDA

Método da esfera rolante (modelo Eletrogeométrico)

O adequado posicionamento do subsistema de captação na aplicação deste método ocorre se nenhum ponto da estrutura a ser protegida entrar em contato com uma esfera fictícia rolando ao redor e no topo da estrutura em todas as direções possíveis. O raio, r , dessa esfera depende da classe do SPDA.

Sendo assim, a esfera somente poderá tocar o próprio subsistema de captação.

Método do ângulo de proteção (Método Franklin)

O captador "Franklin" é constituído por uma haste metálica, sendo a extremidade superior é pontiaguda para tem um maior poder de acúmulo de cargas.

A posição do subsistema de captação é considerada adequada se a estrutura a ser protegida estiver situada totalmente dentro do volume de proteção provido pelo subsistema de captação.

Devem ser consideradas apenas as dimensões físicas dos elementos metálicos do subsistema de captação para a determinação do volume de proteção.

Método das malhas (Método Faraday)

Uma malha de condutores pode ser considerada como um bom método de captação para proteger superfícies planas. Para tanto devem ser cumpridos os seguintes requisitos:

a) condutores captadores devem ser instalados:

- Na periferia da cobertura da estrutura;
- Nas saliências da cobertura da estrutura;
- Nas cumeeiras dos telhados, se o declive deste exceder 1/10 (um de desnível por dez de comprimento);

NOTA 1: O método das malhas é apropriado para telhados horizontais e inclinados sem curvatura.

NOTA 2: O método das malhas é apropriado para proteger superfícies laterais planas contra descargas atmosféricas laterais.

NOTA 3: Se o declive do telhado exceder 1/10, condutores paralelos, em vez de em malha, podem ser usados, adotando a distância entre os condutores não maior que a largura de malha exigida.

b) as dimensões de malha não podem ser maiores que os valores encontrados na Tabela 2;

c) o conjunto de condutores do subsistema de captação deve ser construído de tal modo que a corrente elétrica da descarga atmosférica sempre encontre pelo menos duas rotas condutoras distintas para o subsistema de aterramento;

d) nenhuma instalação metálica, que por suas características não possa assumir a condição de elemento captador, ultrapasse para fora o volume protegido pela malha do subsistema de captação.

e) os condutores da malha devem seguir o caminho mais curto e retilíneo possível da instalação.

Conclusão dos métodos

Para esse projeto em questão foi decidido a utilização do método das malhas.

3. Definição do nível de proteção

Para esse projeto em foi decidido o nível de proteção III.

4. Número de descidas de acordo com o nível de proteção

Quantidade de descidas (N), em decorrência do espaçamento médio dos condutores de descida e do nível de proteção conforme a tabela 4:

Valores típicos de distância entre os condutores de descida e entre os anéis condutores de acordo com a classe de SPDA (tabela 4 – NBR 5419-3/2015 pag. 15)

Nível de proteção	Espaçamento médio (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

É aceitável que o espaçamento dos condutores de descidas tenha no máximo 20 % além dos valores acima.

NOTA: Um condutor de descida deve ser instalado, preferencialmente, em cada canto saliente da estrutura, além dos demais condutores impostos pela distância de segurança calculada

5. Posicionamento das descidas para os SPDA não isolados.

Os condutores de descida devem ser distribuídos ao longo do perímetro do volume a proteger, de modo que seus espaçamentos médios não sejam superiores aos indicados na tabela 4 – 10,00 m. Se o número mínimo de condutores assim determinado for inferior a dois, devem ser instaladas duas descidas.

O sistema de descida adotado será por meio de RE-BAR 50mm² x 4,00 m (conforme tabela 6 abaixo) interligando a RE-BAR 80mm² da viga baldrame a malha superior, disposta conforme detalhes de instalação, apresentado na prancha SPDA 02/02.

Os condutores de descida não naturais devem ser interligados por meio de condutores horizontais, formando anéis. O primeiro deve ser o anel de aterramento e, na impossibilidade deste, um anel até no máximo 4 m acima do nível do solo e os outros a cada 20 m de altura. São aceitos como captos de descargas laterais elementos condutores expostos, naturais ou não, desde que se encontrem aterrados ou interligados, com espaçamento horizontal não superior a 6 m, mantendo-se o espaçamento máximo vertical de 20 m.

Material, configuração e área de seção mínima dos condutores de captação, hastes captoras e condutores de descidas (Tabela 6 – NBR 5419-3/2015 pag. 21)

Material	Configuração	Área da seção mínima mm ²	Comentários ^d
Cobre	Fita maciça	35	Espessura 1,75 mm
	Arredondado maciço ^d	35	Diâmetro 6 mm
	Encordoado	35	Diâmetro de cada fio da cordoalha 2,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Alumínio	Fita maciça	70	Espessura 3 mm
	Arredondado maciço	70	Diâmetro 9,5 mm
	Encordoado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,5 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço cobreado IACS 30 % ^e	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoado	50	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
Alumínio cobreado	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm



IACS 64%	Encordoado	70	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,6 mm
Aço galvanizado a quente ^a	Fita maciça	50	Espessura mínima 2,5 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoado	50	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm
Aço inoxidável ^c	Fita maciça	50	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	50	Diâmetro 8 mm
	Encordoado	70	Diâmetro de cada fio cordoalha 1,7 mm
	Arredondado maciço ^b	200	Diâmetro 16 mm

^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme ABNT NBR 6323 [1].

^b aplicável somente a minicaptadores. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1m.

^c Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.

^d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela referem-se aos valores mínimos, sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %.

A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (International Annealed Copper Standard).

NOTA 1: Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo é importante que as prescrições da Tabela 7 sejam atendidas.

NOTA 2: Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

6. Sistema de captação

A probabilidade de penetração da corrente da descarga atmosférica na estrutura é consideravelmente limitada pela presença de subsistemas de captação apropriadamente instalados.

Subsistemas de captação podem ser compostos por qualquer combinação dos seguintes elementos:

- Hastes (incluindo mastros);
- Condutores suspensos;
- Condutores em malha.
- Re-bar's dentro das estruturas, interligadas aos estribos e ferragem do pilar.

Para estar conforme esta Norma, todos os tipos de subsistemas de captação devem ser posicionados de acordo com 5.2.2, 5.2.3 e anexo A. Todos os tipos de elementos captadores devem cumprir na íntegra as exigências da Norma.

O correto posicionamento dos elementos captadores e do subsistema de captação é que determina o volume de proteção.

Captadores individuais devem ser interconectados ao nível da cobertura para assegurar a divisão de corrente em pelo menos dois caminhos.

Neste caso, embora a cobertura da edificação não sendo metálica, definiu-se uma malha superior para compatibilizar a exigência do SPDA (fator de risco significativo), com as dimensões da construção.

Assim, a malha superior definida será constituída de condutor de cobre nu, seção 35 mm² (conforme tabela 6), fixada por meio de presilhas apropriadas com espaçamento de 1,5 m entre elas, assim a malha instalada não terá contato com a platibanda, e deverão ser instaladas no meio da platibanda.

7. Sistema de aterramento

Quando se tratar da dispersão da corrente da descarga atmosférica (comportamento em alta frequência) para a terra, o método mais importante de minimizar qualquer sobre tensão potencialmente perigosa é estudar e aprimorar a geometria e as dimensões do subsistema de aterramento. Deve-se obter a menor resistência de aterramento possível, compatível com o arranjo do eletrodo, a topologia e a resistividade do solo no local.

Sob o ponto de vista da proteção contra descargas atmosféricas, uma única infraestrutura de aterramento integrada é preferível e adequada para todos os propósitos, ou seja, o eletrodo deve ser comum e atender à proteção contra descargas atmosféricas, sistemas de energia elétrica e sinal (telecomunicações, TV a cabo, dados etc.).

Para subsistemas de aterramento, na impossibilidade do aproveitamento das armaduras das fundações, o arranjo a ser utilizado consiste em condutor em anel, externo à estrutura a ser protegida, em contato com o solo por pelo menos 80 % do seu comprimento total, ou elemento condutor interligando as armaduras descontínuas da fundação (sapatas). Estes eletrodos de aterramento podem também ser do tipo malha de aterramento. Devem ser consideradas medidas preventivas para evitar eventuais situações que envolvam tensões superficiais perigosas

Embora 20 % do eletrodo convencional possa não estar em contato direto com o solo, a continuidade elétrica do anel deve ser garantida ao longo de todo o seu comprimento

O eletrodo de aterramento em anel deve ser enterrado na profundidade de no mínimo 0,5 m e ficar posicionado à distância aproximada de 1 m ao redor das paredes externas. Eletrodos de aterramento devem ser instalados de tal maneira a permitir sua inspeção durante a construção.

A profundidade de aterramento e o tipo de eletrodos de aterramento devem ser constituídos de forma a minimizar os efeitos da corrosão e dos efeitos causados pelo ressecamento do solo e assim estabilizar a qualidade e a efetividade do conjunto.

No caso da impossibilidade técnica da construção do anel externo à edificação, este pode ser instalado internamente. Para isto, devem ser tomadas medidas visando minimizar os riscos causados por tensões superficiais.

Elétrodos de aterramento naturais

As armaduras de aço interconectadas nas fundações de concreto, ou outras estruturas metálicas subterrâneas disponíveis, podem ser utilizadas como eletrodos de aterramento, desde que sua continuidade elétrica seja garantida. Os métodos para garantir essa continuidade são idênticos aos utilizados para os condutores de descida. Quando as armaduras do concreto das

vigas de fundação (baldrame) são utilizadas como eletrodo de aterramento, devem ser tomados cuidados especiais nas interconexões para prevenir rachaduras do concreto.

No caso de concreto protendido, os cabos de aço não podem ser usados como condutores das correntes da descarga atmosférica.

Componentes de um SPDA devem suportar os efeitos eletromagnéticos da corrente de descarga atmosférica e esforços acidentais previsíveis sem serem danificados. Devem ser fabricados com os materiais listados na Tabela 5 ou com outros tipos de materiais com características de comportamento mecânico, elétrico e químico (relacionado à corrosão) equivalente

O sistema de aterramento adotado será por meio de vergalhão galvanizado a fogo Re-Bar 80mm² x 4m. (aterramento viga baldrame/estacas) - (conforme tabela 7); este condutor será instalado dentro da viga baldrame e conectados as estacas de concreto, conforme detalhes apresentado na prancha SPDA 02/02, ao longo do perímetro da edificação e nesse trajeto estão previstos pontos de aterramento, onde o vergalhão galvanizado a fogo Re-Bar 50mm² x 4,00 m, será conectado convenientemente à malha através de conectores.

Material, configuração e dimensões mínimas de eletrodo de aterramento (Tabela 7 – NBR 5419-3/2015 pag. 22)

Material	Configuração	Dimensões mínimas ^f		Comentários ^f
		Eletrodo cravado (Diâmetro)	Eletrodo não cravado	
Cobre	Encordado ^c	-	50 mm ²	Diâmetro de cada fio cordoalha 3 mm
	Arredondado maciço ^c	-	50 mm ²	Diâmetro 8 mm
	Fita maciça ^c	-	50 mm ²	Espessura 2 mm
	Arredondado maciço	15 mm	-	
	Tubo	20 mm	-	Espessura da parede 2 mm
Aço galvanizado à quente	Arredondado maciço ^{a b}	80 mm²	-	-
	Tubo ^{a b}	25 mm	-	Espessura da parede 2 mm
	Fita maciça ^a		90 mm ²	Espessura 3 mm
	Encordado		70 mm ²	
Aço cobreado	Arredondado maciço ^d Encordado ^g	12,7 mm	70 mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3,45 mm
Aço inoxidável ^e	Arredondado maciço Fita maciça	15 mm	Diâmetro 10 mm 100 mm ²	Espessura mínima 2 mm

^a O recobrimento a quente (fogo) deve ser conforme a ABNT NBR 6323 [1],



^b aplicável somente a minicaptos. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo: força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10 mm e comprimento máximo de 1 m.

^c Composição mínima AISI 304 ou composto por: cromo 16 %, níquel 8 %, carbono 0,07 %.

^d Espessura, comprimento e diâmetro indicados na tabela referem-se aos valores mínimos sendo admitida uma tolerância de 5 %, exceto para o diâmetro dos fios das cordoalhas cuja tolerância é de 2 %

^e Sempre que os condutores desta tabela estiverem em contato direto com o solo devem atender as prescrições desta tabela .

^f A cordoalha cobreada deve ter uma condutividade mínima de 30 % IACS (International Annealed Copper Standard).

^g Esta tabela não se aplica aos materiais utilizados como elementos naturais de um SPDA.

8. Conexões

As conexões entre os vergalhões de aço galvanizado a fogo Re-Bar's, se fazem através de clips galvanizado Ø8 a 10mm, conforme o "Detalhe A" apresentado e o mesmo será instalado a cada 4,00m de Re-Bar's e nas curvas conforme o "Detalhe B".

Conexões de ensaio

Nas junções entre cabos de descida e eletrodos de aterramento, uma conexão de ensaio deve ser fixada em cada condutor de descida, exceto no caso de condutores de descidas naturais combinados com os eletrodos de aterramento natural (pela fundação).

No primeiro caso, com o objetivo de ensaio, o elemento de conexão deve ser capaz de ser aberto apenas com o auxílio de ferramenta. Em uso normal ele deve permanecer fechado e não pode manter contato com o solo.