

Referências:

Notas:

02			
01			
Rev	DATA	PROJ.:	CONF.:
			VISTO RT:



SECRETARIA ESPECIAL DE SAÚDE INDÍGENA - MINISTÉRIO DA SAÚDE
DSEI/SESAI/MS

PROJETO ELÉTRICO	DSEI: Alto Rio Solimões	
	DATA: 01/04/2021	REVISÃO: 0

RESP. TÉCNICO: HUMBERTO BORGNETH NETO	CREA: 24819
---------------------------------------	-------------

ASS.: MUNICÍPIO DE TABATINGA - AM  Humberto B. Neto Eng. Eletricista CREA-AM 24819 SEDE DSEI ARS SISTEMA DE PROTEÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICA E ATERRAMENTO (SPDA) MEMÓRIA DE CÁLCULO	DOCUMENTO DE LICITAÇÃO Página 1 de 13
--	---

ÍNDICE

1.	OBJETIVO.....	3
2.	REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....	3
3.	PROCEDIMENTOS.....	3
4.	NECESSIDADE DE PROTEÇÃO x ANÁLISE DE RISCO.....	3
5.	SISTEMA EXTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	4
5.1	Método do ângulo de proteção (Franklin).....	5
5.2	Método da Esfera Rolante (Modelo Eletrogeométrico).....	6
5.2	Método das Malhas (Gaiola de Faraday).....	7
6.	CONDUTORES DE DESCIDA.....	7
7.	SITEMA DE ATERRAMENTO.....	8
8.	PROTEÇÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS INTERNOS.....	8
9.	ANÁLISE DE RISCO.....	9
10.	CONCLUSÃO.....	13

1. OBJETIVO

Este memorial tem como objetivo realizar a análise de risco para a(s) estrutura(s) da SEDE DSEI ARS devido às descargas atmosféricas para a terra.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

- NBR 5419-1:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 1: Princípios gerais
- NBR 5419-2:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco
- NBR 5419-3:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 3: Danos físicos a estruturas e perigos à vida
- NBR 5419-4:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas - Parte 4: Sistemas elétricos e eletrônicos internos

3. PROCEDIMENTOS

Deve-se preencher a Análise de Risco com os dados da estrutura em questão e também sobre as estruturas vizinhas, linhas de energia e telecomunicações ligadas a ela, para que seja verificado os riscos calculados de danos causados por descargas atmosféricas para a terra.

Uma vez que os riscos foram calculados, parte-se a escolha das medidas de proteção apropriadas a serem adotadas para reduzir os riscos ao limite ou abaixo do limite tolerável.

Como padrão de medidas de proteção mínimas adotadas pela SESAI define-se DPS tipo 1 e SPDA nível IV. Caso os riscos indiquem, sistemas mais complexos deverão ser adotados.

4. NECESSIDADE DE PROTEÇÃO x ANÁLISE DE RISCO

Com a atualização da NBR 5419, o projetista deve efetuar cálculos e considerações sobre a estrutura em questão e também sobre as estruturas vizinhas, linhas de energia e telecomunicações ligadas a ela. O nível de proteção deixa de ser um dado de saída para ser um parâmetro de entrada na avaliação dos valores de risco toleráveis. Essa é uma das grandes mudanças da norma, que impacta já o início do projeto.

Na regra antiga calculava-se, por exemplo, o N_G (Densidade de descargas atmosféricas para terra) através de um mapa de isocerânicos antigo e se aplicava a uma A_E (área de exposição equivalente) e aos fatores de ponderação. Agora, o N_G é obtido de forma mais precisa e atualizada através de mapas fornecidos pelo INPE, na área de exposição equivalente, considerando mais parâmetros por meio de uma nova fórmula de cálculo. A nova norma também traz um novo conceito, de Zonas de proteção contra raio.

Continuando a avaliação da NBR 5419, temos quatro tipos de perdas: L_1 – Perda de vidas humanas, L_2 – Perda de instalação de serviço ao público, L_3 – Perda de memória cultural e L_4 – perda de valor econômico, na qual se calculam vários componentes de Risco (R_1 , R_2 , R_3 e R_4), que deverão ser comparadas aos valores típicos de risco tolerável R_T , para avaliar se as medidas de proteção adotadas atendem as exigências.

Se $R \leq R_T$, a proteção contra a descarga atmosférica não é necessária.

Se $R > R_T$, é preciso adotar medidas de proteção para reduzir $R \leq R_T$ em todos os riscos que envolvem a estrutura.

Tabela I - Valores típicos de risco tolerável R_T

Tipo de risco		$R_T(y^{-1})$
R_1	Risco de perdas ou danos permanentes em vidas humanas	10^{-5}
R_2	Risco de perdas de serviços ao público	10^{-3}
R_3	Risco de perdas do patrimônio cultural	10^{-4}

Para o risco de perda de valor econômico (R_4), deve-se comparar custo/benefício, conforme Anexo D da NBR 5419-2. Se os dados para esta análise não estão disponíveis, o valor representativo de risco tolerável $R_T = 10^{-3}$ pode ser utilizado.

Para as edificações da SESAI não será considerado o risco R_4 .

5. SISTEMA EXTERNO DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O SPDA externo é projetado para interceptar as descargas atmosféricas 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 também a finalidade de dispersar esta corrente na terra sem causar danos térmicos ou mecânicos, nem centelhamentos perigosos que possam iniciar fogo ou explosões.

O SPDA externo é composto por três subsistemas:

- a) Captação;
- b) Descidas;
- c) Aterramento.

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

Componentes do subsistema de captação instalados na estrutura devem ser posicionados nos cantos salientes, pontas expostas e nas beiradas (especialmente no nível superior de qualquer fachada) de acordo com um ou mais dos seguintes métodos.

5.1 Método do ângulo de proteção (Franklin)

O método do ângulo de proteção é adequado para edificações de formato simples, mas está sujeito aos limites de altura dos captores indicados na Figura 1.

Este método tem como característica a instalação de um mastro acima da estrutura a ser protegida. 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.

Para definir o ângulo de proteção é necessário analisar o gráfico de curvas da NBR 5419-3 representado abaixo.

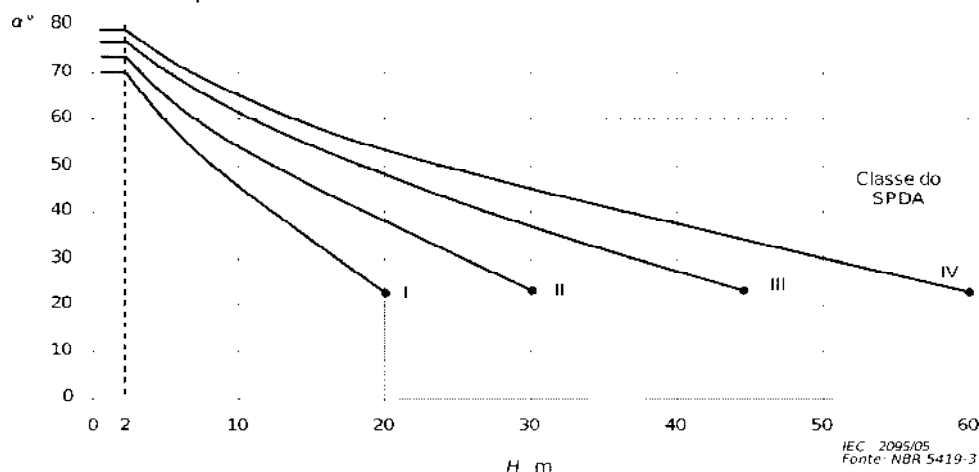


Figura 1 - Ângulo de proteção correspondentes a classe do SPDA

NOTA 1: Para valores de H (m) acima dos valores finais de cada curva (classes I a IV) são aplicáveis apenas os métodos da esfera rolante e das malhas.

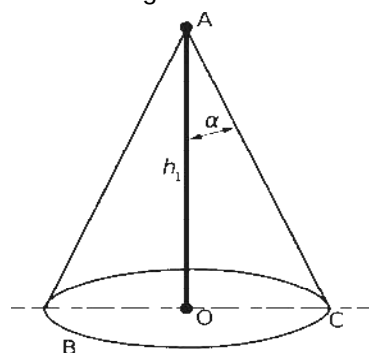
NOTA 2: H é a altura do captor acima do plano de referência da área a ser protegida.

NOTA 3: O ângulo não será alterado para valores de H abaixo de 2 m.

5.1.1 Volume de proteção provido por mastro

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.

O volume de proteção provido por um mastro é definido pela forma de um cone circular cujo vértice está posicionado no eixo do mastro, o ângulo α , dependendo da classe do SPDA, e a altura do mastro como consta na Figura 1. Conforme exemplificado na Figura 2.



Legenda:

A - Topo do captor

B - Plano de referência

OC - Raio da base do cone de proteção

h_1 - Altura de um mastro acima do plano B

α - Ângulo de proteção (conforme Figura 1)

Figura 2 - Cone de proteção provido por um mastro

5.2 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. Esta esfera tem em seu raio (r) uma projeção estimada da distância entre o ponto de partida do líder ascendente (raio - terra-nuvem) e a extremidade do líder descendente (nuvem - terra) que forma a descarga atmosférica.

Os locais onde a esfera tangencia a estrutura são de maior probabilidade para o impacto direto dos raios. Para protegê-la é necessário realizar a instalação de captadores de tal modo que eles apoiem a esfera rolante sem permitir que sua tangente toque na estrutura a ser protegida, ou, no mínimo que a esfera toque em um elemento do SPDA posicionado naquele ponto da estrutura. Conforme exemplificado na Figura 3.

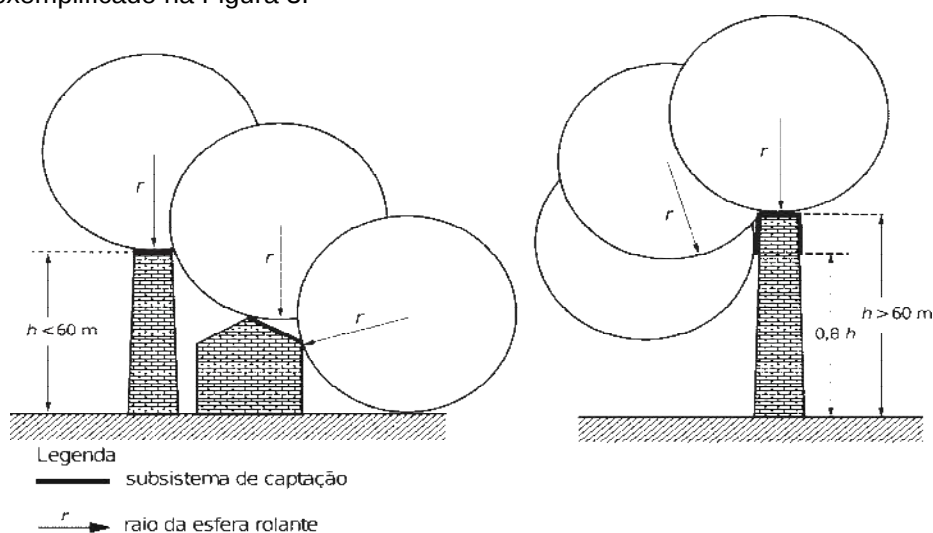


Figura 3 - Posicionamento do subsistema de captação conforme método da esfera rolante

O raio, r , dessa esfera depende da classe do SPDA, conforme apresentado na Tabela II.

Tabela II - Valores do raio r da esfera rolante

Classe do SPDA	Raio da Esfera Rolante
I	20,0 m
II	30,0 m
III	45,0 m
IV	60,0 m

5.3 Método das Malhas (Gaiola de Faraday)

O método das malhas é composto por módulos fechados de condutores elétricos (conectados de forma a criar múltiplos nós e a dividir a corrente elétrica da descarga atmosférica) dispostos no plano horizontal ou levemente inclinados sobre o volume a proteger.

As dimensões máximas dos módulos das malhas são determinadas pela 5419-3, conforme apresentado na Tabela III, o método das malhas tem maior aplicação em edificações de grande dimensões de largura e comprimento.

Para a lista de todos os requisitos da estrutura e da aplicação deste método, consultar Anexo A.3 da NBR 5419-3.

Tabela III - Espaçamento dos condutores pelo método das malhas

Classe do SPDA	Máximo afastamento dos condutores da malha
I	5 x 5 m
II	10 x 10 m
III	15 x 15 m
IV	20 x 20 m

A denominada "gaiola de Faraday" é formada quando, construtivamente, a malha de captação for interligada a outras redes de condutores envolvendo todos os lados do volume a proteger e todo este conjunto estiver aterrado.

Neste método é comum, mas não obrigatória, a utilização de mini captosres conectados aos condutores horizontais. Uma vez que o conceito de proteção reside na malha captora, os mini captosres tornam-se apenas pontos preferenciais de impacto do raio, o que facilita a manutenção do SPDA. Isso é útil por que é mais fácil e barato substituir apenas o mini captor danificado pelo impacto de uma descarga atmosférica do que trocar total ou boa parte dos condutores horizontais que venham a ser rompidos pelo raio.

6. CONDUTORES DE DESCIDA

O subsistema de condutores de descida é a parte do SPDA destinada a conduzir a corrente elétrica de descargas atmosféricas desde o subsistema de captação até o subsistema de aterramento da forma mais curta e retilínea possível. Os componentes deste subsistema podem ser compostos por pilares metálicos ou pelas armaduras da estrutura do concreto dos pilares, desde que haja continuidade elétrica garantida.

A 5419-3 define o espaçamento dos condutores de descidas conforme tabela a seguir:

Tabela IV - Espaçamento dos condutores de descida

Classe do SPDA	Distâncias
I	10,0 m
II	10,0 m
III	15,0 m
IV	20,0 m

NOTA: É aceitável uma variação no espaçamento dos condutores de descidas de 20%

7. SISTEMA DE ATERRAMENTO

O sistema de aterramento, que deve estar presente no SPDA e nas instalações elétricas de energia e de sinal, tem a principal função de escoar para a terra as correntes elétricas indesejáveis que surjam nesses locais, de modo a causar a menor perturbação possível nos arredores.

O sistema de aterramento é um componente fundamental de diversos sistemas de proteção contra choques elétricos (NBR 5410); contra descargas atmosféricas (5419) contra sobre tensões , na proteção de instalações elétricas d energia e de sinal , contra sobre tensões de linhas elétricas de telecomunicações (14306) e na proteção contra descargas eletrostáticas.

Na prática, é comum que seja feito um estudo em separado para cada proteção mencionada, o que pode induzir ao erro de interpretação de que os eletrodos de aterramento devem ficar separados. Para efeito de estudo e compreensão dos fenômenos, é conveniente separar os casos, porém para um efetivo e confiável funcionamento das instalações elétricas, sua consequente proteção e das pessoas, deve existir eletrodo de aterramento único para cada edificação ou estrutura.

8. PROTEÇÃO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS E ELETRÔNICOS INTERNOS

O projeto de SPDA deve também proteger os equipamentos eletroeletrônicos com a utilização de dispositivos de proteção contra surtos (DPS), arranjos de aterramento e equipotencialização, blindagem eletromagnética e roteamento dos circuitos elétricos, entre outros.

9. ANÁLISE DE RISCO

ESTRUTURA PROTEGIDA		
Riscos Considerados	Valor Calculado	Valor Tolerado
R_1 : Risco de perda de vida humana	8,67E-12	1,00E-05

Características da estrutura e meio ambiente			
L	Comprimento		39,3 m
W	Largura		13,1 m
H	Altura		5,2 m
K_{S1}	Fator relevante à efetividade da blindagem por malha de uma estrutura	Estrutura em madeira ou alvenaria e revestimento não condutor.	1
C_D	Fator de localização da estrutura	estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
N_G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra	DSEI	18,1 (km ² × ano) ⁻¹
		Alto Rio Solimões	
ρ	Tipo de solo da região	Argila plástica	50,0 Ω /km
A_D	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas na edificação considerada	$L \times W + 2 \times (3 \times H) \times (L + W) + \pi \times (3 \times H)^2 =$	2.915,29 m ²
A_M	Área de exposição equivalente para descargas atmosféricas perto de uma estrutura	$2 \times 500 \times (L + W) + \pi \times (500)^2 =$	837.798,16 m ²
A edificação possuirá linhas de energia ou sinal conectadas:			NÃO

Características da Zona de proteção considerada			
r_t	Fator de redução associado ao tipo de superfície do solo	agricultura, concreto	1,00E-02
r_p	Fator redutor de perda devido às precauções contra incêndio	extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	0,5
r_f	Fator redutor de perda dependente do risco de incêndio ou de explosão da estrutura	baixo	1,00E-03
h_z	Fator de aumento de perda quando um perigo especial está presente	sem perigo especial	1

L_1 : perda de vida humana, incluindo ferimento permanente		
Danos associados		
D_1	Danos de ferimentos ao seres vivos	Sim, existe o dano associado
D_2	Danos físicos a estrutura que coloquem em risco a vida	Não, dano associado inexistente
D_3	Danos por indução a falhas no sistema elétrico (choque elétrico)	Não, dano associado inexistente
Características da utilização da edificação (quantidade de pessoas e tempo de utilização)		
n_{z1}	Número de possíveis pessoas em perigo	60
n_{t1}	Número total de pessoas que podem acessar a estrutura	60
t_{z1}	Tempo, em horas por ano, que pessoas estão presente no local	2880

Perdas relacionadas ao aumento do risco de vida			
L_T	Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso	ferimentos	1,00E-02

L_2 : Perda inaceitável de serviços públicos		
Danos associados		
D_2	Danos físicos a estrutura que comprometam a entrega de serviço público	Não, dano associado inexistente
D_3	Danos por indução a falhas no sistema elétrico que comprometam a entrega de serviço público	Não, dano associado inexistente
Características de usuários servidos pela zona fornecedora de serviço público		
n_{z2}	Número de usuários servidos pela zona	2
n_{12}	Número total de usuários servidos pela estrutura	2
Perdas relacionadas à interrupção de serviço público		

L_3 : Perda inaceitável de patrimônio cultural			
Danos associados			
D_2	Danos físicos a estrutura que é patrimônio cultural	Não, dano associado Inexistente	

Medidas de Proteção			
P_B	Classe do SPDA	III	0,1
Será utilizado o método:		Malhas	
P_{SPD}	Sistema de DPS	II	0,02
P_{EB}	Ligação Equipotencial	II	0,02
Medidas de Proteção Adicionais para a Estrutura			
P_{TA}	Proteção contra choque (descarga atmosférica na estrutura)		0,0001
	Avisos de alerta		NÃO
	Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)		SIM
	Equipotencialização do solo		SIM
	Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida		NÃO

Determinação dos Números de eventos perigosos			
N_D	Número médio anual de descargas atmosférica a estrutura	$N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} =$	2,64E-02
N_L	Número médio anual de descargas atmosférica na linha conectada a estrutura	$N_G \times A_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} =$	0,00E+00
N_M	Número médio anual de descargas atmosférica perto da estrutura	$N_G \times A_M \times 10^{-6} =$	1,52E+01
N_I	Número médio anual de descargas atmosférica perto da estrutura	$N_G \times A_I \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} =$	0,00E+00

Determinação das Probabilidades de Danos			
P_A	Probabilidade de ferimentos a seres vivos por choque elétrico	$P_{TA} \times P_B =$	1,00E-05

P_C	Probabilidade de falha de sistemas internos (descargas atmosféricas à estrutura)	$P_{SPD} \times C_{LD} =$	0,00E+00
P_M	Probabilidade de falha de sistemas internos (descargas atmosféricas perto da linha conectada)	$P_{SPD} \times P_{MS} =$	3,20E-03
P_U	Probabilidade de ferimentos a seres vivos por choque	$P_{TU} \times P_{EB} \times C_{LD} =$	0,00E+00
P_V	Probabilidade de danos físicos	$P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} =$	0,00E+00
P_W	Probabilidade de sistemas internos	$P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} =$	0,00E+00
P_Z	Probabilidade de falha de sistemas internos	$P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} =$	0,00E+00

Determinação das Perdas associadas ao Risco R_1			
$L_{A1} = L_{U1}$	Ferimentos a seres vivos por choque	$r_i \times L_T \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	3,29E-05
$L_{B1} = L_{V1}$	Danos físicos	$r_p \times r_i \times h_z \times L_{F1} \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	0,00E+00
$L_{C1}=L_{M1}=L_{W1}=L_{Z1}$	Falha de sistemas internos	$L_{O1} \times n_{z1}/n_{t1} \times t_{z1}/8760 =$	0,00E+00

Componentes do Risco R_1			
R_{A1}	Risco de choque por descargas diretas S1	$N_D \times P_A \times L_{A1} =$	8,67E-12
R_{B1}	Risco de danos físicos por descargas diretas S1	$N_D \times P_B \times L_{B1} =$	0,00E+00
R_{C1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas diretas S1	$N_D \times P_C \times L_{C1} =$	0
R_{M1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da estrutura S2	$N_M \times P_M \times L_{M1} =$	0
R_{U1}	Risco de choque por descargas na linha S3	$(N_L+N_{DJ}) \times P_U \times L_{U1} =$	0,00E+00
R_{V1}	Risco de danos físicos por descargas na linha S3	$(N_L+N_{DJ}) \times P_V \times L_{V1} =$	0,00E+00
R_{W1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas na linha S3	$(N_L+N_{DJ}) \times P_W \times L_{W1} =$	0
R_{Z1}	Risco de falhas dos sistemas internos por ELM por descargas perto da linha S4	$N_I \times P_Z \times L_{Z1} =$	0

Risco de perda de vida humana			
R_1	Risco de perdas de vidas	$RB1 + RV1 =$	8,67E-12
R_{T1}	Risco tolerável		1,00E-05

10. CONCLUSÃO

A estrutura necessita de sistema de DPS coordenados até CLASSE II

Para a estrutura estar protegida é necessário a instalação de SPDA CLASSE III

Será utilizado o método das malhas com 15 metros de largura e comprimento.

Fixação dos condutores do SPDA

Para condutores horizontais deve ser feito fixação a cada 1 metro

Para condutores verticais deve ser feito fixação a cada 1,5 metros

Descidas

Perímetro	104,8 m
Espaçamento Médio:	15,0 m
Número de descidas necessárias:	7

As descidas devem ser instalados preferencialmente pelas quinas.

A quantidade de descidas não dependem do método utilizado para captação

Mínimo de duas descidas, caso seja necessário sistema de SPDA.

Não são permitidos emendas.

Descidas em cobre deverão ter no mínimo 35 mm² de seção transversal e 50mm² caso seja de aço galvanizado

Aterramento

Resistividade do solo	50,0 Ω /km
Re (o raio médio re da área abrangida pelos eletrodos)	12,81

O anel de aterramento deve estar enterrado no mínimo de 50cm de profundidade solo e deverá ter afastamento de 1 metro das paredes da edificação, os condutores de aterramento deverão ser de cobre com seção de 50mm² ou aço galvanizado com seção de 70mm²

As conexões no aterramento poderão ser feitas através de solda exotérmica, alicate hidráulico e conector a compreensão (este é necessário a instalação de caixa de inspeção)

O sistema de aterramento deve ser conectado ao sistema de aterramento da concessionária local

Um molde de solda exotérmica pode ser usado em apenas 30 moldes.

O sistema de aterramento deve ser conectado a BEP (Barra de equipotencialização principal) da edificação.

Para equipotencialização recomenda-se utilização de condutores curtos, para conexão da malha de aterramento com a BEP deverá ser utilizado cordoalha de 50mm², para conexões entre BEP e BELs (se existir) utilizar cordoalha de 16mm² e para equipotencialização de infraestrutura deverá ser utilizado jumpers e cordoalhas de 6mm².