



DPS Coordenados nas Linhas Elétricas tipos Classe I e II - Nível de Proteção NP II			Sim					
DPS nas Linhas de Sinais (Dados e Telecom) - Nível de Proteção NP II			Nenhuma medida de proteção					
Equipotencialização Elétrica BEL/ BEP - Nível de Proteção NP II			Sim					
2 - MEDIDAS DE PROTEÇÃO: PPCI								
rp - Fator de redução de perdas por danos físicos devido a redução de riscos de incêndio			Com PPCI - Automático - Uma das seguintes providências: Instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático					
3 - MEDIDAS DE PROTEÇÃO: TENSÕES de Toque e de Passo								
PTUe - Medida de Proteção que uma descarga que entre pelas Linhas de energia cause choques a seres vivos devido a tensões de toque perigosas			Avisos + Isolação					
PTUs - Medida de Proteção que uma descarga que entre pelas Linhas de sinais cause choques a seres vivos devido a tensões de toque perigosas			Não AVALIADO - Nenhuma Medida de Proteção					
PTA - Medida de Proteção Adicional contra choques em seres vivos devido a tensões de toque e de passo perigosas devido a descargas atmosféricas na estrutura			Avisos + Isolação + Equipotencialização do solo					
III - RESULTADO da ANÁLISE DE RISCOS								
ANÁLISE DE RISCOS do SPDA considerando-se SEM e COM as MP-MEDIDAS DE PROTEÇÃO INDICADAS								
Os valores dos Riscos Calculados devem ser menores ou iguais aos valores Máximos de Riscos Toleráveis da Norma ABNT NBR 5419:2015-Parte 2								
Riscos de Perdas, Danos, Falhas e Ferimentos / Medida de Proteção	Cálculos Sem Medidas de Proteção		Cálculos Com Medidas de Proteção (MP)			A Eficiência das Proteções para o NP adotado %	Nr de Vezes de Redução do Risco COM as MP	Valor do Risco Máximo Tolerável, conforme a Norma ABNT NBR 5419:2015
	Valor do Risco	Risco está Protegido ?	Valor do Risco	Risco está protegido e qual NP mínimo ?	NP a Adotar para as MP do Risco			
RISCO R1	20,0057 x 10 ⁻⁵	Não Protegido	0,8899 x 10 ⁻⁵	NP II	NP II	95,55	22,00	1 x 10 ⁻⁵
RISCO R2	32,2148 x 10 ⁻³	Não Protegido	0,6621 x 10 ⁻³	NP II	NP II	97,94	48,00	1 x 10 ⁻³
RISCO R3	0 x 10 ⁻⁴	Não Avaliado	0 x 10 ⁻⁴	Não Avaliado	Não Avaliado	0,00	0,00	1 x 10 ⁻⁴
RISCO R4	32,8076 x 10 ⁻³	Não Protegido	0,6918 x 10 ⁻³	NP II	NP II	97,89	47,00	1 x 10 ⁻³
AS EDIFICAÇÕES E INSTALAÇÕES DEVEM SER PROTEGIDAS CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA OS RISCOS: RISCO R1 RISCO R2 - RISCO R4			Medidas de Proteção : RISCO R1 - RISCO R2 - RISCO R4 no Nível de Proteção a Adotar acima indicado. - RISCO 3 Não Avaliado					
NECESSITA DE SPDA EXTERNO COMPLETO								
RISCO R1 - Danos físicos nas Edificações, seus Conteúdos e Ferimentos em Pessoas.								
RISCO R2 - Perdas por não fornecimento de serviços e produtos a público/clientes devido a danos e falhas em sistemas e equipamentos elétricos e eletrônicos.								
RISCO R3 - Perdas de Valores de Patrimônio Cultural, Históricos e Insustituíveis.								
RISCO R4 - Perdas de Valores Econômicos.								
TEMPOS MÉDIOS PROVÁVEIS DE OCORRÊNCIA DE EVENTOS PERIGOSOS								
	Nível de Proteção	SEM Proteção	COM Proteção					
			anos	meses				
Ferimentos em pessoas	NP II	0 anos e 4 meses	7,715	5				
Danos na Edificação e em seus Conteúdos	NP II	0 anos e 4 meses	7	8				
Danos e Falhas nos Sistemas e Equipamentos Elétricos e Eletrônicos Internos	NP II	0 anos e 3 meses	15	9				
PERDAS PROVÁVEIS ANUAIS DE VALORES ECONÔMICOS COM E SEM AS MEDIDAS DE PROTEÇÃO - RISCO R4								
Percentual de Perdas Prováveis - Prejuízos Econômicas Anuais (em % do Valor Econômico Total Existente)	Sem (%)		Com (%)		O RISCO R4 de Perdas de Valores Econômicos foi calculado levando-se em consideração os Parâmetros da Norma ABNT NBR 5419:2015, tendo sido reduzido em 47 vezes com a instalação das Medidas de Proteção do SPDA			
	3,2808		0,069200					
SEM as Medidas de Proteções do SPDA a percentagem de perdas prováveis anuais de Valores Econômicos por danos na estrutura e em seus conteúdos, danos e falhas em sistemas e equipamentos sensíveis com parada de atividades e não fornecimento de produtos e serviços a clientes/público são de 3,2808% do valor total existente.								
COM as Medidas de Proteções do SPDA as perdas de Valores Econômicos são de apenas 0,0692% do valor total existente.								
CONCLUSÃO DA ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCOS DO SPDA								
O RISCO 1 - DEVERÁ SER PROTEGIDO por um SPDA Externo com Nível de Proteção NP II								
O RISCO 2 e RISCO 4 - DEVERÁ(ÃO) SER PROTEGIDO(S) por um SPDA Interno (Medidas de Proteção contra Sobreensões e Conjuntos Coordenados de DPSs tipos Classe I e Classe II) com Nível de Proteção NP II								
PROTEÇÃO POR DPS: Sistema coordenado de DPS-Dispositivos de Proteção contra Sobreensões - dos tipos Tipo 1 Classe I contra sobreensões elétricas causadas por impactos diretos de raios no SPDA e nas Linhas Externas da Concessionária e Tipo 2 Classe II contra sobreensões elétricas causadas por impactos indiretos de raios nas proximidades do SPDA e das Linhas Externas da Concessionária, a serem instalados no(s) Quadro(s) Elétrico(s) Principal(is) de entrada de energia elétrica e no(s) Quadro(s) de Energia Estabilizada, respectivamente.								



Termo de Referência para a implementação de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas com Para-raios PDI com Captadores com dispositivos de ionização não-radioativos.

I – OBJETO

Não há dispositivos ou métodos capazes de modificar os fenômenos climáticos naturais a ponto de se prevenir a ocorrência de descargas atmosféricas. As descargas atmosféricas que atingem estruturas (ou linhas elétricas e tubulações metálicas que adentram nas estruturas) ou suas proximidades e também as que atingem a terra são perigosas às pessoas, às próprias estruturas, seus conteúdos e instalações. Portanto, medidas de proteção contra descargas atmosféricas devem ser consideradas.

A necessidade de proteção, os benefícios econômicos da instalação de medidas de proteção e a escolha das medidas adequadas de proteção são determinados em termos do Gerenciamento e Análise de Riscos, tendo sido elaborado conforme a norma técnica ABNT NBR 5419 - Parte 2, de 2015.

As medidas de proteções consideradas na ABNT NBR 5419 são comprovadamente eficazes na redução dos riscos associados às descargas atmosféricas.

Todas as medidas de proteção contra descargas atmosféricas formam a proteção completa contra descargas atmosféricas. Por razões práticas, os critérios para projeto, instalação e manutenção das medidas de proteção são considerados em dois grupos separados:

- o primeiro grupo se refere às medidas de proteção para reduzir danos físicos e riscos à vida dentro de uma estrutura. Esse é chamado de **SPDA Externo**, e está contido na ABNT NBR 5419 - Parte 3, porém devido à características construtivas e finalidade do prédio, torna-se inexequível a instalação de um SPDA conforme tais especificações;
- o segundo grupo se refere às medidas de proteção para reduzir falhas e danos em sistemas elétricos e eletrônicos de uma estrutura e está contido na ABNT NBR 5419 - Parte 4. Chamada de **SPDA Interno** e trata-se do MPS.



Para uma proteção eficaz contra descargas atmosféricas os dois sistemas de uso complementares e obrigatórios são necessários:

- O para-raios ou SPDA Externo que é destinado a proteger as estruturas, seus conteúdos e ferimentos em pessoas dentro contra os efeitos danosos de descargas atmosféricas diretas que atingem a edificação, as linhas elétricas, linhas telefônicas e de dados ou o solo próximo à edificação.
- As MPS – Medidas de Proteção contra Sobreensões - que consistem, entre outras, na instalação de Dispositivos de Proteção contra Sobreensão (“protetores de surtos”) de forma a proteger as instalações, sistemas e equipamentos elétricos e eletrônicos de telecomunicações e de dados contra falhas e danos decorrentes das incidências de descargas atmosféricas diretas e indiretas (nas suas proximidades).



Pelo fato de ser necessária a instalação de um SPDA externo conforme as especificações de NBR 5419:2015 no que se refere aos subsistemas de captação, descidas e aterramentos o presente Memorial tem por objetivo descrever como deverá ser instalado o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas utilizando como subsistema de captação um Para-raios com captor com Dispositivo de Avanço de Ionização não-radioativo (ou Para-raios PDI). Esse documento é elaborado em conformidade com a norma técnica Brasileira **ABNT NBR 5419:2015**, na sua aplicação



e a norma técnica Portuguesa **NP 4426/2013** no que se refere ao subsistema de captação utilizando captor com Dispositivo de Avanço Ionização não-radioativo e no **Nível de Proteção II** do SPDA.

II – DESCRIÇÃO DO PRÉDIO

O prédio-sede do Centro Administrativo do Estado do Rio Grande do Sul ou Centro Administrativo Fernando Ferrari CAFF é um prédio em concreto estrutural em forma de pirâmide localizado na Av. Borges de Medeiros, 1501 no bairro Praia de Belas em Porto Alegre. No edifício funcionam diversas Secretarias e outros órgãos da administração pública estadual.

Seu projeto é de 1971 desenvolvido por equipes da então Secretaria de Obras do Estado. A área da construção é de 128 mil m² sendo que as obras se iniciaram em 1976 e inaugurado 1987.

O complexo é em formato de pirâmide com 21 andares de escritórios mais 1 andar (22º) com as casas de máquinas, sala de embarque e terraço panorâmico e 1 andar (23º) do heliponto, em duas alas, o conjunto concentra cerca de cinco mil servidores públicos e vem passando por uma série de intervenções para melhorar sua segurança, acessibilidade e sustentabilidade.



Prédio CAFF em Porto Alegre RS.



III – TIPOS DE PARA RAIOS

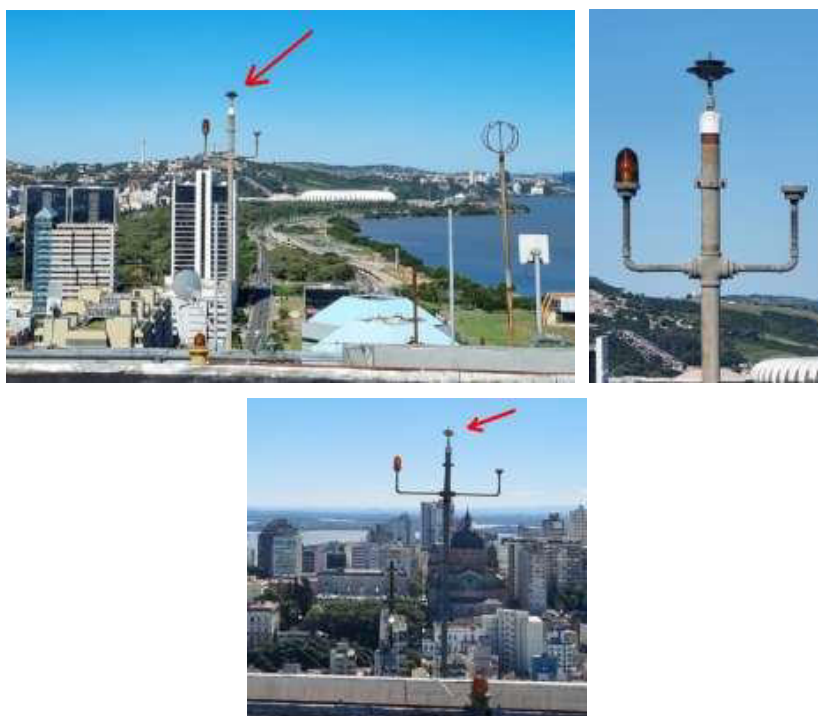
PARA-RAIOS EXISTENTE NO CAFF

Atualmente, o prédio CAFF conta com um sistema de 2 para-raios Radioativos, instalados na sua cobertura. Este sistema de proteção começou a ser utilizado na década de 1970.

Os para-raios radioativos utilizam substâncias radioativas como o amerício-241 para criar uma ionização no ar e atrair o raio, tendo sido proibidos no Brasil em 1989 pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), por oferecerem riscos à saúde humana e ao meio-ambiente.

A resolução nº 04 de 1989 da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) determina a não-utilização de captores que contenham material radioativo.

Os 2 Para-raios Radioativos existentes no CAFF deverão ser retirados e devidamente encaminhados àquela instituição.



Os 2 Para-raios Radioativos atualmente existentes na cobertura do Prédio CAFF em Porto Alegre RS, deverão ser devidamente retirados, acondicionados e encaminhados à CNEN.



TIPOS ATUAIS DE PARA-RAIOS

No atual estado da tecnologia de proteção contra descargas atmosféricas existem 4 modalidades de para-raios:

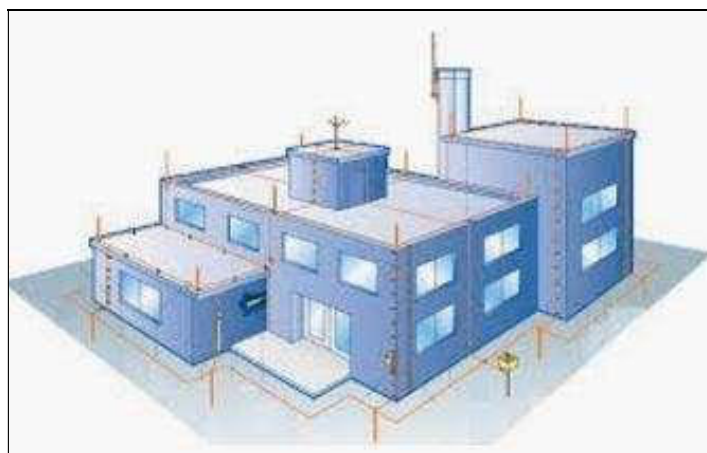
Os sistemas tradicionais que são conhecidos como “PARA-RAIOS PASSIVOS” ou “MÉTODOS TRADICIONAIS”:

1. **Método das Pontas Franklin** ou método do **Ângulo de Proteção**: este método tem pequena área de cobertura normalmente necessitando a instalação de diversos mastros e captosres sobre a cobertura ou área a proteger. Cada captor deve ter pelo menos duas descidas para o terra e que devem ser conectadas ao sistema de aterramento que utiliza hastes e cabos de cobre enterrados no solo em forma de ATERRAMENTO em ANEL ao redor de todo o perímetro da edificação;
2. **Método de Malhas ou Gaiola de Faraday**: este método é caracterizado pela utilização de condutores cruzando-se em malhas sobre a cobertura e necessita de diversas descidas para a terra pois um raio poderá atingir a malha de cabos em qualquer local. Igual ao método anterior as descidas devem ser conectadas ao sistema de aterramento que utiliza hastes e cabos de cobre enterrados no solo em forma de ATERRAMENTO em ANEL ao redor de todo o perímetro da edificação;
3. **Método Estrutural**: Este método utiliza um como captação um dos dois métodos anteriores e como descidas e sistema de aterramento utiliza as ferragens das estruturas de concreto da edificação. É usado quando a edificação foi projetada e construída para utilizar suas ferragens como parte do SPDA. Para uma edificação existente deve-se comprovar a continuidade elétrica das ferragens de pilares estruturais e vigas de fundação através de medições, o que é bastante complexo se a edificação não foi projetada para isso, pois necessita-se realizar abertura e recomposição de concretos estruturais nas partes superiores e inferiores do prédio para acessar as ferragens e conectar o equipamento de medição de continuidade, podendo descaracterizar o projeto estrutural original, e comprometer a estabilidade



estrutural do mesmo . Além disso o número de descidas ao terra pelas ferragens estruturais deve ser no mínimo o dobro do necessário no método das malhas.

Método Captor ionizante: Este método é conhecido como “PARA-RAIOS ATIVOS” ou “MÉTODO MODERNO” ou ainda Para-raios PDI. Utiliza um Captor Ionizante não-radioativo instalado em mastro sobre a cobertura ou área a ser protegida. Para cada Para-raios PDI apenas duas descidas ao terra são necessárias, preferencialmente em fachadas opostas da edificação, e para cada descida uma Malha de Aterramento local utilizado pelo menos 3 hastes de aço cobreado enterradas no solo e conectadas entre si e com a descida com cabo de cobre nú.



Sistema SPDA Tradicional, com captação por condutores em malhas, minicaptadores e para-raios Franklin, diversos condutores de descida e aterramento em anel ao redor do perímetro do prédio.



Sistema SPDA Moderno, com captação com um Para-raio PDI com captor ionizante não-radioativo, dois condutores de descida e dois aterramentos locais.



O Método de Para-raios PDI com Captores Ionizantes não-radioativos diferentemente dos três sistemas tradicionais é dito “ATIVO” porque busca antecipar a captura de uma descarga atmosférica que venha em direção à edificação evitando dentro da sua área de proteção projetada.

O sistema NÃO UTILIZA SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS e também NÃO “ATRAI” RAIOS. Seu funcionamento baseia-se no armazenamento das cargas elétricas estáticas presentes na atmosfera durante a ocorrência de raios, para promover uma ionização do ar no entorno de sua ponta captora de forma a antecipar captura de raios que venham em direção da edificação, e com isso protegendo uma maior área quando comparado com os sistemas tradicionais de para-raios. Desta forma seu funcionamento é autônomo dispensando o uso de alimentação elétrica ou de baterias.

Sua instalação e inspeções periódicas são simples e rápidas, com mínimas intervenções de obras civis e ainda podendo ser conectado a contadores de raios que permitem gerenciar a quantidade de raios que o atingiu.

IV – GERENCIAMENTO DE RISCO

Na sua Parte 2 a NBR 5419:2015 descreve a metodologia de Cálculo de Gerenciamento e Avaliação de Riscos que define o Nível de Proteção (I, II, III, ou IV) que o SPDA deverá atender. O nível de proteção de um SPDA é uma medida da sua eficiência de proteção e é utilizado como parâmetro para o projeto e dimensionamento dos seus componentes.

Este mesmo cálculo assim como definido pela NBR 5419:2015 é utilizado para os Sistemas de Para-raios PDI utilizando os Captores Ionizantes não-radioativos.

V – DEFINIÇÃO DAS NOMENCLATURAS

- **Sistema de Proteção contra Descarga Atmosférica com Dispositivo de Ionização (Para-raios PDI):** Sistema completo baseado em um ou mais Para-raios PDI e todos os elementos necessários para conduzir a corrente da descarga atmosférica à terra com toda a segurança a fim de proteger uma estrutura, um edifício contra impactos diretos das descargas atmosféricas
- **Para Raios com dispositivo de ionização não-radioativo (PDI):**



Para raios que nas mesmas condições que um para-raios tradicional, gera o traçador líder ascendente de inicialização de forma antecipada, capturando um raio que venha em direção da sua área de proteção projetada a uma maior altura e com isso obtendo uma maior área de proteção.

- **Descargas Atmosféricas:** Descarga elétrica de origem atmosférica entre uma nuvem e a terra ou entre nuvens, consistindo em um ou mais impulsos de vários quiloampéres (kA) de corrente elétrica em poucos microssegundos (μ s).
- **Tempo de Avanço de Ionização (ΔT):** Diferença em microssegundos entre o tempo de emissão do traçador líder ascendente de um elemento Para-raios PDI e um Para-raios de haste simples ou de condutores em malhas, medido em laboratório sob as condições definidas na norma técnica NP 4426-2013.
- **Nível de Proteção contra Descargas Atmosféricas (NP):** número associado a um conjunto de parâmetros da corrente da descarga atmosférica para garantir que os valores especificados em projeto estejam devidamente dimensionados quando da ocorrência de uma descarga atmosférica.
- **Subsistema Captor (ou Captor):** Parte do Para-raios PDI destinada a interceptar antecipadamente as descargas atmosféricas.
- **Subsistema de Descida:** Parte do Para-raios PDI destinada a conduzir a corrente de descarga atmosférica desde o subsistema captor até o subsistema de aterramento de forma segura.
- **Subsistema de Aterramento:** Parte do Para-raios PDI destinada a conduzir e dispersar a corrente de descarga atmosférica na terra.
- **MPS:** Medidas de Proteção contra Sobretensões elétricas geradas pelas correntes de raios e destinadas à redução de danos e falhas em sistemas e equipamentos elétricos e eletrônicos.



VI – PRINCÍPIOS GERAIS

1. Subsistema de Captação

O Subsistema de Captação é composto por um Para-raios PDI com um captor com dispositivos de ionização não-radioativo, ou seja, um equipamento de captura com dispositivo de ionização não-radioativo em mastro com elementos de fixação e ligação ao subsistema de descida. O Para-raios PDI será ser instalado na parte mais elevada da estrutura, isto é, deve ser o ponto mais alto da área a proteger.

A ponta do Para-raios PDI deverá ser instalada, pelo menos, 2 metros acima da área a ser protegida, considerando-se o heliponto e também antenas, aparelhos de ar condicionado, telhados, cisternas, etc.

Um Captor PDI é caracterizado pelo seu Avanço de Ionização (ΔT), determinado através de ensaios de avaliação (conforme anexo C da norma NP 4426/2013). O valor máximo de antecipação ΔT permitido e considerado é de 60 μ s, mesmo quando o valor dos resultados dos ensaios são superiores. Além disso, pela mesma norma o captor deve ser submetidos e suportar correntes de raios da ordem de 100 quiloampères (100 kA), sendo que determinados fabricantes excedem esta marca em seus testes, ensaiando com correntes de até 200kA.

2. Subsistema de Descida

Em 5.3.2.a e 5.3.3 a NBR 5419:2015 estabelece que para o caso de captores instalados em hastes são necessários no mínimo 2 descidas por mastro, bem como é utilizado no sistema de Para-raios PDI. As normas Internacionais também preveem que o número de condutores de descida para sistemas com Dispositivos Ionizante não-radioativos instalados em mastros também deve ser de pelo menos dois.



Arquivo de
ado em 03/02/2016 14:24

5.3.2 Posicionamento para um SPDA isolado

O posicionamento das descidas deve obedecer ao seguinte:

a) se os captores consistirem em hastes em mastros separados (ou um mastro) não metálicos nem interconectados às armaduras, é necessário para cada mastro pelo menos um condutor de descida. Não há necessidade de condutor de descida para mastros metálicos ou interconectados às armaduras;

Arquivo de

5.3.3 Posicionamento para um SPDA não isolado

Para cada SPDA não isolado, o número de condutores de descida não pode ser inferior a dois, mesmo se o valor do cálculo do perímetro dividido pelo espaçamento para o nível correspondente resultar em valor inferior. No posicionamento, utilizar o espaçamento mais uniforme possível entre os condutores de descida ao redor do perímetro. Valores das distâncias entre os condutores de descida são dados na Tabela 4.

NBR 5419:2015 – Parte 3 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

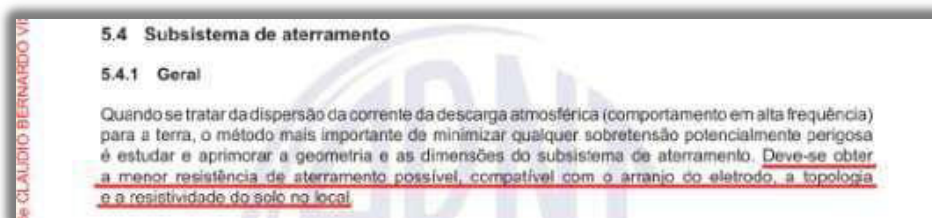
O Subsistema de Descida possui a função de conduzir a corrente elétrica desde o Subsistema de Captação PDI até o subsistema de aterramento, devendo ser instalado preferencialmente no exterior da estrutura. Cada condutor de descida deverá ser ligado diretamente ao PDI através do sistema de fixação na base do mastro metálico de modo a garantir o contato elétrico sólido e permanentemente.

Para que dois condutores de descida sejam considerados independentes, faz-se necessário o distanciamento mínimo de 2 metros entre eles. Cada Para-raios PDI deverá ser ligado a no mínimo 2 condutores de descida localizados em fachadas diferentes (desde que possível fisicamente).

Conforme a norma NP 4426/2013, caso o Para-raios PDI com dispositivo de ionização não-radioativo seja isolado da estrutura ou edificação a proteger, é necessário pelo menos um condutor de descida por cada PDI.

No que respeita a postes, mastros, chaminés e outras estruturas metálicas:

- Se a estrutura de aço satisfaz os requisitos de componentes naturais, pode ser utilizada como o primeiro condutor de descida;



NBR 5419:2015 – Parte 3 – Proteção Contra Descargas Atmosféricas.

- Se a estrutura é isolada da edificação, ela pode ser utilizada como condutor de descidas única necessária. Nenhum outro condutor de descida específico complementar então é necessário;

- Se a estrutura não for isolada, pode ser considerado que ela substitui os dois condutores de descida necessários, se a seção for maior ou igual a 100 mm². Se a seção está entre 50 mm² e 100 mm², é necessário um segundo condutor de descida específico que esteja de acordo normativo. Uma estrutura que não satisfaz aos requisitos relativos aos componentes naturais, não pode ser usada como condutor de descida. Portanto, um ou dois condutor(es) de descida específico(s) é/são necessário(s).

Os Componentes e fixações deverão seguir as especificações do item 5.5 e seus subitens da NBR 5419/2015 – Parte 3.

As dimensões dos componentes deverão seguir as especificações da NP 4426/2013.

3. Subsistema de Aterramento

A NBR 5419:2015 - Parte 3 em 5.4.1 especifica que para o sistema de aterramento deve-se obter a menor resistência de terra possível, porém não especifica qual o valor da resistência deve ser obtido, pois utiliza o como única opção de aterramento o chamado ARRANJO B. Esse consiste em ligar as diversas descidas em um cabo de cobre nú enterrado ao redor da edificação.

Já para o sistema de captosres Ionizantes não-radioativos as Normas permitem o uso do aterramento ARRANJO A, que são aterramentos locais com pelo menos 3 hastes de aço cobreado interligadas com cabo de cobre nú em cada uma das duas descidas e com resistência de terra menor que 10 Ohms.



5.4 Earth-termination system

5.4.1 General

When dealing with the dispersion of the lightning current (high frequency behaviour) into the ground, whilst minimizing any potentially dangerous overvoltages, the shape and dimensions of the earth-termination system are the important criteria. In general, a low earthing resistance (if possible lower than 10 Ω when measured at low frequency) is recommended.

IEC 62305-3:2010 - Protection Against Lightning

Cada um dos dois condutores de descida deverá ter um subsistema de aterramento ARRANJO A podendo ele ser:

A1: condutores do mesmo material que os condutores de descida (exceto para alumínio), dispostos em forma de “estrela” de grandes dimensões e enterrados a uma profundidade mínima de 50 cm;

A2: conjunto de vários eletrodos verticais, de comprimento total mínimo de 6m a uma profundidade de 50 cm:

Dispostos em linha ou triângulo, distanciados entre si por no mínimo o comprimento enterrado;

Interligados entre si por um condutor enterrado idêntico ao condutor de descida ou às características compatíveis com este último.

Deve-se evitar arranjos constituídos por um único eletrodo, horizontal ou vertical extremamente longo (maior que 20 m) a fim de minimizar ao máximo os valores de impedância ou indutância. O valor da resistência do subsistema de aterramento deverá ser o menor possível, devendo ser utilizado equipamento de medição tipo terrômetro de 3 pontos pelo método da queda de potencial.

Os Componentes e fixações deverão seguir as especificações do item 5.5 e seus subitens da NBR 5419/2015 – Parte 3.

As dimensões dos componentes deverão seguir as especificações da NP 4426/2013.

Quanto aos materiais utilizados com condutores de descidas e de aterramento, as normas internacionais utilizam a norma europeia EN50164 – Lightning Protection



Components – Parte 2 - Requirements for conductors and Earth Electrodes, que tem as mesmas especificações utilizadas pela norma brasileira de SPDA.

- 7 -

EN 50164-2:2002

Table 1 - Material, configuration and minimum cross sectional area of air termination conductors, air termination rods, earth lead-in rods and down conductors

Material	Configuration	Minimum cross sectional area ^a	Comments
Copper	Solid tape	50 mm ²	2 mm min. thickness
	Solid round ^e	50 mm ²	8 mm diameter
	Stranded	50 mm ²	1,7 mm min. diameter of each strand
	Solid round ^{f,g}	200 mm ²	16 mm diameter
Tin plated copper ^b	Solid tape	50 mm ²	2 mm min. thickness
	Solid round ^e	50 mm ²	8 mm diameter
	Stranded	50 mm ²	1,7 mm min. diameter of each strand
	Solid round ^{f,g}	200 mm ²	16 mm diameter
Aluminium	Solid tape	70 mm ²	3 mm min. thickness
	Solid round	50 mm ²	8 mm diameter
	Stranded	50 mm ²	1,7 mm min. diameter of each strand
Aluminium alloy	Solid tape	50 mm ²	2,5 mm min. thickness
	Solid round	50 mm ²	8 mm diameter
	Stranded	50 mm ²	1,7 mm min. diameter of each strand
	Solid round ^f	200 mm ²	16 mm diameter
Galvanized steel ^c	Solid tape	50 mm ²	2,5 mm min. thickness
	Solid round	50 mm ²	8 mm diameter
	Stranded	50 mm ²	1,7 mm min. diameter of each strand
	Solid round ^{f,g}	200 mm ²	16 mm diameter
Stainless steel ^d	Solid tape ^h	50 mm ²	2 mm min. thickness
	Solid round ^h	50 mm ²	8 mm diameter
	Stranded	70 mm ²	1,7 mm min. diameter of each strand
	Solid round ^{f,g}	200 mm ²	16 mm diameter

Seções dos condutores de descida conforme a EN 50164

Cabo de cobre nú de #50mm² ou barra chata de Alumínio # 70mm² espessura 3mm.



EN 50164-2:2002

- 10 -

Table 3 - Material, configuration and minimum dimensions of earth electrodes

Material	Configuration	Minimum dimensions ^a			Comments
		Earth rod	Earth conductor	Earth plate	
	Stranded ^b		50 mm ²		1,7 mm min. diameter of each strand
	Solid round ^b		50 mm ²		8 mm diameter
	Solid tape ^b		50 mm ²		min. 2 mm thick
Copper	Solid round	15 mm diameter			
	Pipe	20 mm diameter			min. 2 mm wall thickness
	Solid plate			500 mm x 500 mm	min. 2 mm thick
	Lattice plate ⁿ			600 mm x 600 mm	25 mm x 2 mm section for tape and 8 mm diameter for round ^(A)
	Galvanized solid round ^c	16 mm diameter ^d	10 mm diameter		
	Galvanized pipe ^c	25 mm diameter ^d			min. 2 mm wall thickness
	Galvanized solid tape ^c		90 mm ²		min. 3 mm thick
	Galvanized solid plate ^c			500 mm x 500 mm	min. 3 mm thick
	Galvanized lattice plate ^c			600 mm x 600 mm	30 mm x 3 mm section for tape and 10 mm diameter for round ^(A)
Steel	Copper coated solid round ^e	14 mm diameter			250 microns minimum radial copper coating 99,9 % copper content

Secção dos eletrodos de aterramento conforme a EN50164

Cabo de cobre nú de #50mm², haste de cobre diam 15mm (5/8"), ou haste de aço diam 16mm(5/8") ou haste de aço cobreado diam 14mm.

4. Conexões de Ensaio

Cada condutor de descida deverá ser equipado com um conector de ensaio para permitir desligar o subsistema de aterramento e se poder proceder às medições, exceto para condutores de descida naturais combinados com eletrodos de aterramento naturais.

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.



5. Contador de Impacto de Descargas Atmosféricas

Quando a instalação está equipada com um contador de impacto de descargas atmosféricas, este último deverá ser instalado no condutor de descida mais direto e instalado preferencialmente pouco acima da conexão de ensaio. Este contador de impacto de descargas atmosféricas deverá seguir as especificações da NP 4426/2013.

6. Equipotencialização

Para um Para-raios PDI isolado, a ligação deverá ser realizada apenas ao nível do solo. Já para um Para-raios PDI não isolado, as ligações de equipotenciais deverão ser realizadas:

- No subsolo ou aproximadamente ao nível do solo. Os condutores deverão ser ligados a um barramento de equipotencialização de modo a permitir o fácil acesso para a verificação. Para grandes estruturas (geralmente de comprimento superior a 20 m), vários barramentos poderão ser instalados desde que estejam interligados;

Para locais onde os requisitos de isolamento não forem cumpridos, deverá ser aplicada a distância de separação conforme item 5.6 da NP 4426-2013.

- A seção mínima da interligação entre o subsistema de aterramento e barramento de equipotencialização e entre barramentos deverá seguir as especificações da Tabela 8 da NBR 5419/2015 – Parte 3.

- A seção mínima da interligação entre as massas metálicas e barramento de equipotencialização deverá seguir as especificações da Tabela 9 da NBR 5419/2015 – Parte 3



Tabela 8 – Dimensões mínimas dos condutores que interligam diferentes barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL) ou que ligam essas barras ao sistema de aterramento

Nível do SPDA	Modo de instalação	Material	Área da seção reta mm ²
I a IV	Não enterrado	Cobre	16
		Alumínio	25
		Aço galvanizado a fogo	50
	Enterrado	Cobre	50
		Alumínio	Não aplicável
		Aço galvanizado a fogo	80

Tabela 9 – Dimensões mínimas dos condutores que ligam as instalações metálicas internas aos barramentos de equipotencialização (BEP ou BEL)

Nível do SPDA	Material	Área da seção reta mm ²
I a IV	Cobre	6
	Alumínio	10
	Aço galvanizado a fogo	16

7. Certificações

Conforme o CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR ou Lei Federal a nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, no Artigo 39, Lei que define a hierarquia de Normas Técnicas a serem atendidas.

“Art. 39. É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas:“

“VIII – 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);**”



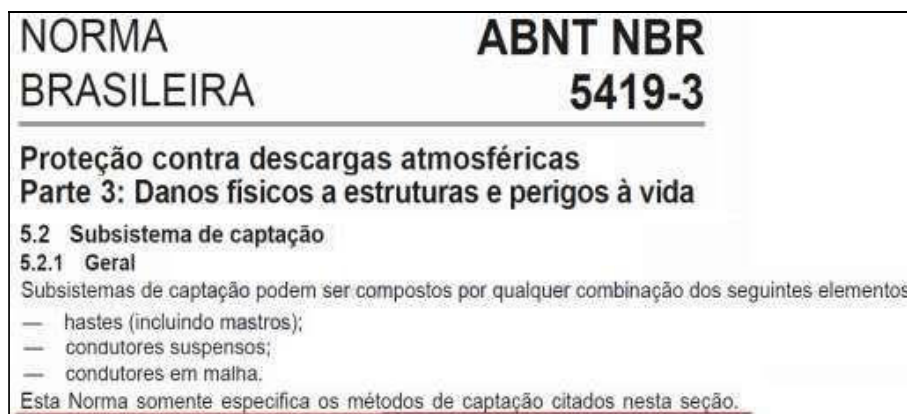
Os Para-raios devem atender:

- Normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes e/ou;
- Normas Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e/ou;

Os Para-raios PDI devem atender também:

- Normas específicas de outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO), como por exemplo a UL do Brasil Certificações, que é um organismo acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO – CGCRE, segundo o registro No.: OCP-0029 e confirma que o produto está em conformidade com a(s) Norma(s) e programas ou Portarias acima descritas.
- O Protocolo de Cooperação Técnica celebrado entre o Inmetro e o Instituto Português de Qualidade (IPQ) que regulamenta a partilha das suas experiências, informações e outras formas de cooperação, como também a promoção de projetos comuns na área da qualidade e metrologia.

A Norma da ABNT NBR 5419:2015 de Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas só trata dos 3 Métodos Passivos de Captação por hastes e condutores, não proibindo a utilização do Sistema de Captadores Ionizantes não-radioativos.



Item 5.2.1 da Norma Técnica ABNT NBR 5419:2015 – Parte 3

Assim na falta de uma norma brasileira específica para os captadores de tecnologia ESE, como os captadores ionizantes não-radioativos, poderá ser utilizada a Norma Portuguesa



NP 4426 – Proteção contra descargas atmosféricas com Dispositivos de Ionização não-radioativos que é acreditada pela UL Brasil e marcas de Captadores que detenham certificados emitidos especificamente para seus equipamentos, atendendo a nossa Legislação.

- As marcas e modelos de Captadores com dispositivos de ionização não-radioativos devem ter sido certificadas por ensaios e avaliações de acordo com o Anexo C da Norma Portuguesa NP 4426: 2013 – “Proteção contra descargas atmosféricas, e terem seus certificados válidos.
- Sistemas com dispositivos de ionização não-radioativos destinam-se a ser instalados de acordo com a mesma norma.
- Para a comprovação da eficácia do Captor PDI conforme anexo C da NP 4426:2013, para cada MARCA/MODELO é necessário apresentar Certificações de Ensaios Comprobatórias por laboratório independente e Acreditado pelo INMETRO. Caso sejam laboratórios internacionais, deverá ser apresentada a tradução juramentada.

8. Especificações Gerais

O Captor PDI deverá atender as seguintes especificações:

- Tempo de Avanço de Ionização de 60µs;
- Suportabilidade de corrente (onda 10/350 µs) de 100kA;
- Ter ponta contínua de níquel cobreado de seção mínima de 315mm²;
- Módulos de Ionização independentes e substituíveis;
- Construção em aço inox 316;
- Conexões de testes e equipamento testador do mesmo fabricante;
- A altura total do equipamento não deverá ser inferior a 310 mm;
- O peso total do equipamento não deverá ser superior a 6,0 Kg;
- O raio de proteção do equipamento deverá ser conforme sua altura de instalação, o nível de proteção e normas técnicas específicas NFC 102:2011 e NP 4426:2013 ;
- O captor deverá ser instalado em mastro metálico de aço galvanizado a fogo;
- Certificações Acreditadas pelo INMETRO conforme normas NFC 102:2011, NP 4426:2013 específicas para a marca e modelo do Captor e também ISO 9001;



- Selo de Eco-sustentabilidade.

9. Garantia

O Captor PDI deverá ter garantia pelo fabricante de no mínimo 5 anos.

Os demais materiais e serviços deverão ter garantia de no mínimo 5 anos pela contratada.

VII – SPDA INTERNO

O SPDA interno deve evitar a ocorrência de sobretensões elétricas (“surtos”) e centelhamentos e arcos elétricos perigosos dentro do volume de proteção e da estrutura a ser protegida devido à corrente da descarga atmosférica que flui pelo SPDA externo ou em outras partes condutivas da estrutura.

Faz parte do projeto de SPDA interno a instalação de DPS’s – DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS ELÉTRICOS e a interligação do Para-raios PDI com o sistema EQUIPOTENCIALIZADO.

A equipotencialização é obtida por meio da interligação do SPDA com as instalações metálicas, sistemas internos e partes não condutivas externas conectadas à estrutura.

VIII– CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR

Art. 39. VIII – “É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas: 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, Nормatização e Qualidade (CONMETRO)”.



IX – UL DO BRASIL CERTIFICAÇÕES

A UL do Brasil Certificações é o organismo acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do INMETRO-CGCRE, segundo o registro Nr. OCP-0029, pela avaliação e certificação dos Para raios PDI com Dispositivos de Ionização. No seu item 6.

X – MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO E DOCUMENTAÇÃO DE UM SPDA

1. Geral

A eficácia de qualquer SPDA depende da sua instalação, manutenção e métodos de ensaio utilizados. Inspeções, ensaios e manutenção não podem ser realizados durante a ameaça de tempestades.

2. Aplicação das inspeções

O objetivo das inspeções é assegurar que:

- a) o SPDA esteja de acordo com projeto baseado nesta Norma;
- b) todos os componentes do SPDA estão em boas condições e são capazes de cumprir suas funções; que não apresentem corrosão, e atendam às suas respectivas normas;
- c) qualquer nova construção ou reforma que altere as condições iniciais previstas em projeto além de novas tubulações metálicas, linhas de energia e sinal que adentrem a estrutura e que estejam incorporados ao SPDA externo e interno se enquadrem nesta Norma.

3. Ordem das inspeções

Inspeções devem ser feitas como a seguir:

- a) durante a construção da estrutura;



- b) após a instalação do SPDA, no momento da emissão do documento “as built”;
- c) após alterações ou reparos, ou quando houver suspeita de que a estrutura foi atingida por uma descarga atmosférica;
- d) inspeção visual semestral apontando eventuais pontos deteriorados no sistema;
- e) periodicamente, realizada por profissional habilitado e capacitado a exercer esta atividade, com emissão de documentação pertinente, em intervalos determinados, assim relacionados:
 - um ano, para estruturas contendo munição ou explosivos, ou em locais expostos à corrosão atmosférica severa (regiões litorâneas, ambientes industriais com atmosfera agressiva etc.), ou ainda estruturas pertencentes a fornecedores de serviços considerados essenciais (energia, água, sinais etc.);
 - três anos, para as demais estruturas.

Durante as inspeções periódicas, é particularmente importante checar os seguintes itens:

- a) deterioração e corrosão dos captores, condutores de descida e conexões;
- b) condição das equipotencializações;
- c) corrosão dos eletrodos de aterramento;
- d) verificação da integridade física dos condutores do eletrodo de aterramento para os subsistemas de aterramento não naturais.

4. Manutenção

A regularidade das inspeções é condição fundamental para a confiabilidade de um SPDA. O responsável pela estrutura deve ser informado de todas as irregularidades observadas por meio de relatório técnico emitido após cada inspeção periódica. Cabe ao profissional emitente da documentação recomendar, baseado nos danos encontrados, o prazo de manutenção no sistema, que pode variar desde “imediato” a “item de manutenção preventiva”.



5. Documentação

A seguinte documentação técnica deve ser mantida no local, ou em poder dos responsáveis pela manutenção do SPDA:

- a) Relatório da Análise e Gerenciamento de Riscos com a verificação da necessidade do SPDA (externo e interno), além da seleção do respectivo nível de proteção para a estrutura;
- b) desenhos em escala mostrando as dimensões, os materiais e as posições de todos os componentes do SPDA externo e interno;
- c) quando aplicável, os dados sobre a natureza e a resistividade do solo; constando detalhes relativos à estratificação do solo, ou seja, o número de camadas, a espessura e o valor da resistividade de cada uma;
- d) registro de ensaios realizados no eletrodo de aterramento e nos condutores de descida e outras medidas tomadas em relação a prevenção contra as tensões de toque e passo. Verificação da integridade física do eletrodo (continuidade elétrica dos condutores) e se o emprego de medidas adicionais no local são necessárias para mitigar tais fenômenos (acréscimo de materiais isolantes, afastamento do local etc.), descrevendo-o.

XI – OBSERVAÇÕES

A CONTRATADA, na execução dos serviços, deverá atentar aos aspectos de segurança, bem como, todas as normas reguladoras pertinentes, em especial a ABNT NBR 5410/2004 – Norma para instalações elétricas em baixa tensão, ABNT NBR 5419/2015 – Normas para sistema de proteção contra descargas atmosféricas – SPDA, Norma Regulamentadora nº 10, uso de EPI'S e EPC'S, Intertravamentos, Desenergizações e Re-Energizações.

A medição dos aterramentos deverá ser realizada através do método tradicional da queda de tensão com terrômetro digital de 3 pontos e apresentar uma resistência abaixo de 10Ω conforme NBR 5419. Não é permitida a utilização de Alicates Terrômetro.



A medição das continuidades dos condutores de descida deverá ser realizada através de equipamento miliohmímetro digital e apresentar uma resistência abaixo de 100mΩ conforme NBR 5419. Não é permitida a utilização de Alicates Terrômetro.

XII – PRAZO DE EXECUÇÃO DOS SERVIÇOS

O prazo total para a execução do objeto do contrato é de 60 (sessenta) dias, contados a partir da emissão da Ordem de Início dos Serviços.



CENTRO ADMINISTRATIVO FERNANDO FERRARI - CAFF

AV. BORGES DE MEDEIROS, 1501, PORTO ALEGRE/RS

MEMORIAL DESCRITIVO **PROJETO INSTALAÇÕES ELÉTRICAS** SPDA-SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Julho de 2025

BAGGIO ARQUITETURA E ENGENHARIA

RUA ZAMENHOFF, Nº 71, Porto Alegre - RS



BAGGIO ARQ
& ENG

Referência MEMORIAL DESCRITIVO PROJETO INSTALAÇÕES DE SPDA

Coordenação: Eng.º Ricardo Bernat – ricardo.bernat@baggioarq.com
Eng.º Civil Renan Richter – renanrichter@baggioarq.com

Cliente: SECRETARIA DE PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO - SPGG

PROJETO SPDA - CAFF MEMORIAL DESCRITIVO	RESPONSÁVEL TÉCNICO ENG. ELETRICISTA CLAUDIO BERNARDO VIEIRA - CREA/RS 049.493	10/07/25
	CÓDIGO PROJETISTA CAFF-SPDA-01-MEMORIAL-R01	REV. R01
	PRÉDIO CENTRO ADMINISTRATIVO FERNANDO FERRARI	

REV.	MODIFICAÇÃO	DATA	AUTOR	APROVAÇÃO
R00	EMISSÃO INICIAL	12/06/2025	Eng. Cláudio	Eng. Cláudio
R01	REVISÃO INDICAÇÃO PROPRIETÁRIO	10/07/2025	Eng. Renan	Eng. Cláudio

baggio@baggioarq.com.br
(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449
Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





SUMÁRIO

1. EMPRESA CONTRATADA	3
2. DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO	3
3. APRESENTAÇÃO	3
4. OBJETIVOS	3
5. NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÕES ATENDIDAS	3
6. MEDIÇÕES ELÉTRICAS.....	4
Medições da Resistividade Elétrica do Subsolo.....	4
Medições dos Aterramentos Existentes no Subsolo	4
Medições das Resistências Aterramento SPDA	8
Verificação das Equipotencializações no Subsolo	10
7. PROJETO DA NOVA MALHA DE ATERRAMENTO NO SUBSOLO.....	11
9. EQUIPOTENCIALIZAÇÕES.....	12

baggio@baggioarq.com.br
(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449
Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





1. EMPRESA CONTRATADA

Baggio Arquitetura Consultoria SS LTDA

CNPJ 94.209.145/0001-40

Rua Zamenhoff, Nº 71, Bairro São João, Porto Alegre/RS

2. DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

Proprietário: Estado do Rio Grande do Sul

Edificação: Centro Administrativo Fernando Ferrari - CAFF

Endereço: Av. Borges De Medeiros, 1501

Cidade: Porto Alegre/RS

3. APRESENTAÇÃO

O presente Relatório Técnico tem como objetivo apresentar o levantamento de campo das características elétricas do solo do subsolo do prédio da SEDUC (abaixo da subestação) e o Projeto de nova Malha de Aterramento e de Equipotencializações Elétricas para o prédio do Centro Administrativo Fernando Ferrari-CAFF, em Porto Alegre RS.

As inspeções e medições foram realizadas no dia 13/05/2025, dando-se ênfase à medição das resistências de aterramentos existentes e de sondagens de resistividade elétrica do solo (ρ).

4. OBJETIVOS

Elaboração de novo projeto de Malha de Aterramento e Equipotencializações Elétricas para garantir a eficiência, segurança e continuidade de operação dos sistemas e equipamentos elétricos e eletrônicos e a proteção de pessoas que mantêm contato estas instalações.

5. NORMAS TÉCNICAS E LEGISLAÇÕES ATENDIDAS

O projeto está baseado nas normas abaixo:

- ABNT NBR 5419/2015 – Proteção contra descargas atmosféricas;
- ABNT NBR 5410/2004-2008 – Instalações elétricas de baixa tensão;
- ABNT NBR 15749: Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento;
- ABNT NBR 7117: Medição de resistividade do solo em sistemas de aterramento.

baggio@baggioarq.com.br

(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449

Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília



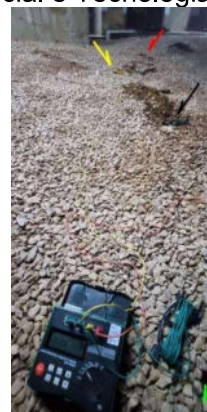


6. MEDIÇÕES ELÉTRICAS

Medições da Resistividade Elétrica do Subsolo

Foi realizada a medição da resistividade elétrica do solo no local a ser instalada a nova Malha de Aterramento, tendo-se encontrado os seguintes valores:
Resistência de Aterramento da medição **$R_g = 1,7 \, \Omega$**
Resistividade Aparente do Solo **$\rho = 10,6 \, \Omega.m$**

Foi utilizado um equipamento Terrômetro Digital de 4 fios pelo Método WENER, marca IMPAC modelo ITRD-400, serial 0075297, Certificado de Calibração nr. 030605/2024, de 21/08/2024, por IMPAC Comercial e Tecnologia Ltda.



Resultado da medição da resistividade do solo, e o local de posicionamento das 4 hastes de testes do terrômetro.

Medições dos Aterramentos Existentes no Subsolo

Foram realizadas medições das resistências de aterramentos dos 2 cabos que foram rompidos do aterramento da subestação, do ponto de aterramento da Procergs e dois condutores de descidas SPDA do prédio CAFF.

Foi utilizado um. Terrômetro Digital 3 Pontos, HIKARI modelo HTR 770, serial 170123032, Certificado de Calibração nr. 030599/2024, de 21/08/2024, por GAMA Instruments.

As medidas das resistências de aterramento nas 2 extremidades dos cabos de cobre rompidos do aterramento em anel da subestação e na haste de aterramento utilizada pela Procergs, obtendo-se os seguintes resultados:

baggio@baggioarq.com.br

(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449

Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília



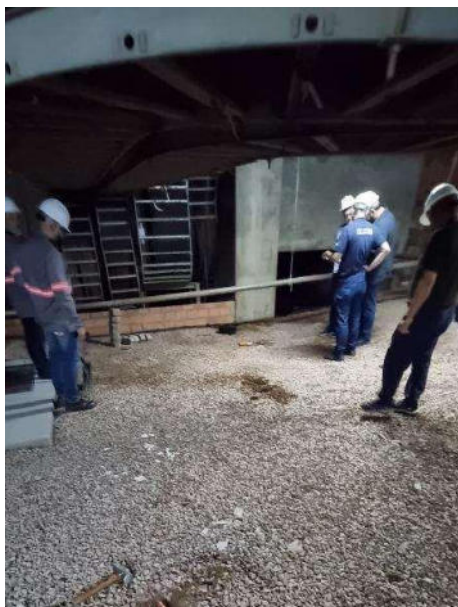


BAGGIO ARQ
& ENG

Resistência de Aterramento cabo 1 subestação **Rt = 1,62 Ω**

Resistência de Aterramento cabo 2 subestação **Rt = 1,36 Ω**

Resistência de Aterramento haste Procergs **Rt = 1,33 Ω**



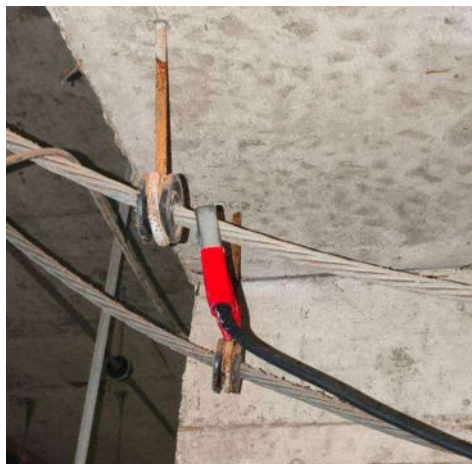
Medição da resistência de aterramento da Procergs.

baggio@baggioarq.com.br

(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449

Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





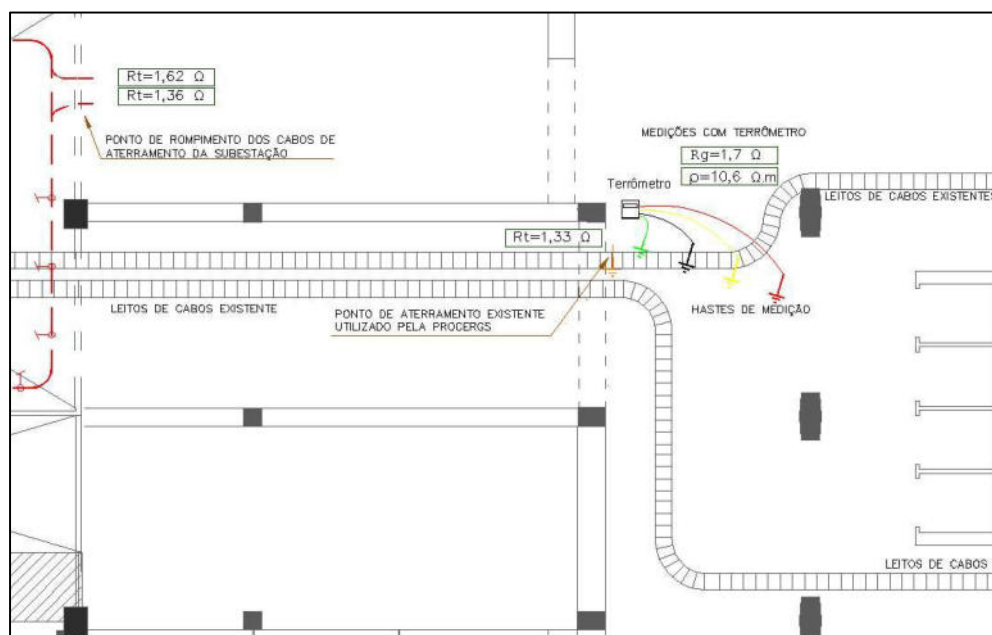
Medição do aterramento dos 2 cabos rompidos da subestação e percurso onde os cabos foram retirados.

baggio@baggioarq.com.br
(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449
Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





BAGGIO ARQ & ENG



Locais e resultados das medições de resistividade e resistências de aterramento.

baggio@baggioarq.com.br
(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449
Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





Medições das Resistências Aterramento SPDA



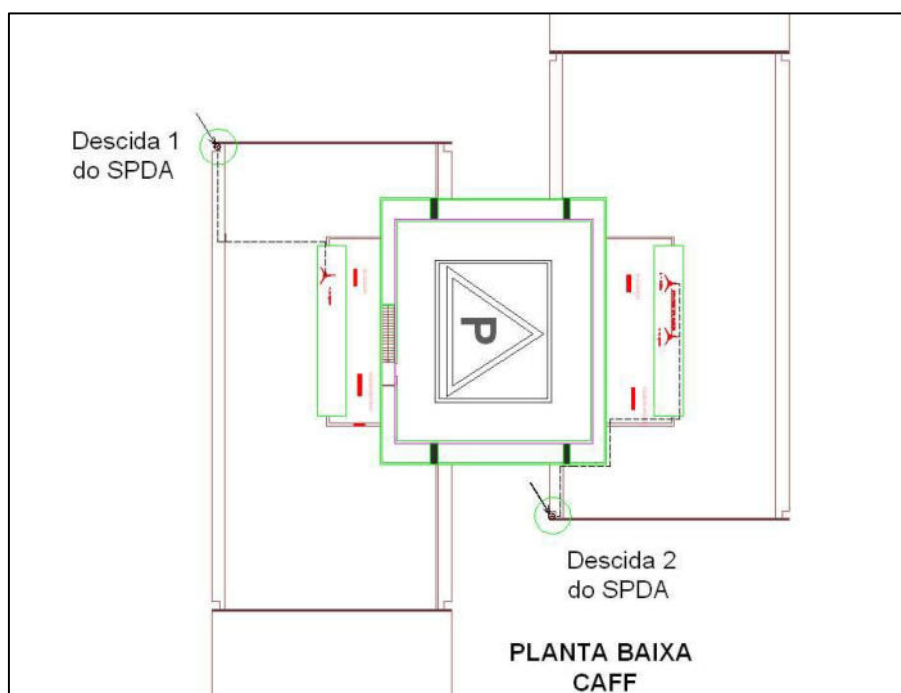
Medição da resistência de aterramento do SPDA CAFF - **DESCIDA 1**. $R_{t1}=8,84$ Ohms e $R_{t2}=8,61$ Ohms, descida em cabo de cobre nú de #95mm².

baggio@baggioarq.com.br
(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449
Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





Medição da resistência de aterramento do SPDA CAFF - **DESCIDA 2**, $R_{t1} = 6,91$ Ohms e $R_{t2} = 6,80$ Ohms, descida em cabo de cobre nú de #95mm².



Localização dos condutores das descidas do SPDA existentes do prédio CAFF.



Verificação das Equipotencializações no Subsolo



Leitos de cabos que vem da subestação e seguem junto ao teto do subsolo aos Shafts de Elétrica do CAFF e da Procergs.

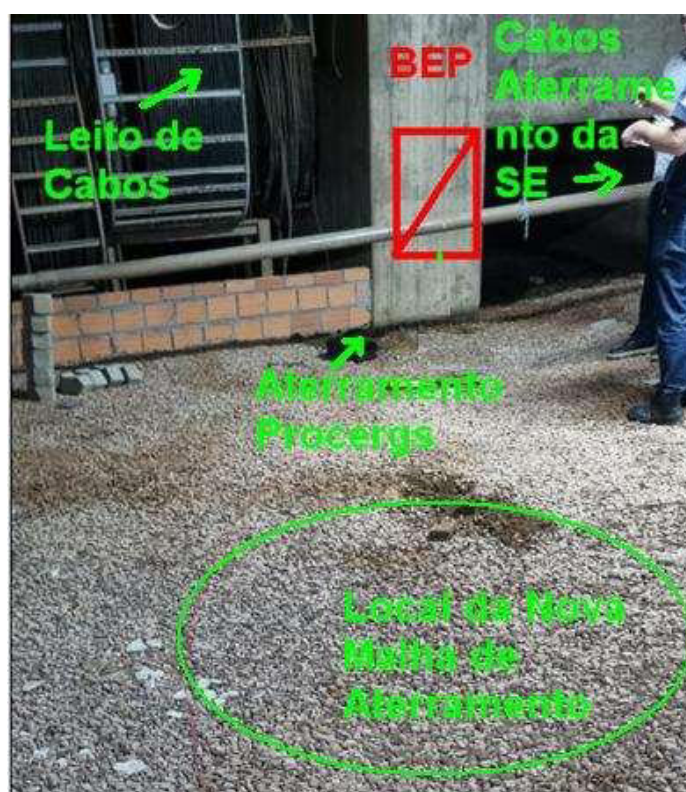


Figura indicando os locais dos leitos de cabos que vem da subestação, os locais dos 2 cabos de aterramento rompidos, o aterramento da Procergs e o local da nova Malha de Aterramento.

baggio@baggioarq.com.br

(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449

Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





Todos estes pontos deverão ser unificados em uma nova caixa de equalização de aterramentos denominada CAIXA BEP - Caixa do Barramento de Equipotencialização Principal, a ser instalada na coluna de concreto, conforme indicado em acima.

7. PROJETO DA NOVA MALHA DE ATERRAMENTO NO SUBSOLO

O projeto e instalação de nova malha de aterramento no subsolo é composto por 3 hastes de aterramento de aço cobreado de alta camada de 2,40m de comprimento e 12mm de diâmetro, enterradas verticalmente no solo em forma de triângulo, espaçadas de 3 metros e interligadas entre si com cabo de cobre nú de seção #50mm² (NBR 7 fios) enterrado no solo a 50cm de profundidade. As conexões entre hastes-cabo serão com soldas exotérmicas que ficarão enterradas no solo. Não será necessária a instalação de caixas de inspeção de solo para as hastes.

A nova malha de aterramento deverá ser solidamente conectada ao barramento da nova Caixa BEP.

Dados utilizados:

pa = Resistividade aparente do solo = 10,6 Ω .m

L = Comprimento da haste de aterramento = 2,40 m

d = Diâmetro equivalente da seção circular da haste = 12 mm (1/2")

Resistência de aterramento de uma haste vertical= **4,66 Ω**

SPDA Grounding Earth Calculator	
Subsolo da Subestação - SEDUC /CAFF	
HASTES VERTICAIS ENTERRADAS em solo homogêneo	
Não são considerados os cabos de interligação entre hastes.	
Uma Haste Vertical de Seção Circular - FÓRMULA 1 (cálculo direto)	
pa = Resistividade aparente do solo [Ω .m]	10,60
L = Comprimento da haste de aterramento [m]	2,40
d = Diâmetro equivalente da seção circular da haste [mm]	12,7
Resistência de Aterramento uma haste vertical [Ω]	4,66

Resistência de aterramento de 3 hastes verticais em triângulo = **1,98 Ω**

TRIANGULO - 3 Hastes Verticais de L=2,40m em Triângulo - FÓRMULA 3	
K = Coeficiente de redução de 3 hastes em triângulo (Tabela 3)	0,425
Separação entre hastes [m]	3,000
Resistência de Aterramento [Ω] - (usa Rt da FÓRMULA 1 e K da tabela 3)	1,98

baggio@baggioarq.com.br

(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449

Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





Cálculo da Resistência de aterramento do condutor de interligação das hastes = **1,77 Ω**

CONDUTORES HORIZONTAIS ENTERRADOS em solo homogêneo	
Condutor Horizontal Enterrado - Barra ou Cabo - FÓRMULA 4A	
p = Profundidade no solo [m]	0,50
c = Comprimento do condutor horizontal [m]	9,00
s = seção do condutor [mm ²]	50,00
r = raio da seção do condutor [mm]	3,99
d = diâmetro da seção do condutor [mm]	7,98
Resistência de Aterramento [Ω] (usa Pa da FÓRMULA 1)	1,77

Resistência de aterramento hastes em triângulo e condutor de interligação

R hastes = 1,98 Ω

R cabo = 1,77 Ω

R total = Rhastes // Rcabo = 1,98//1,77 = 0,93 Ω

9. EQUIPOTENCIALIZAÇÕES

No subsolo deverá ser instalada uma nova **CAIXA BEP** - Barramento de Equipotencialização Principal - contendo um barramento de cobre com furações onde serão interconectados os diversos aterramentos lá existentes.

A **CAIXA BEP** deverá também ser interligada e coordenada com barramentos de equipotencialização locais - **CAIXAS BEL** a serem instaladas de forma distribuídas dentro das salas de quadros elétricos QGBTs dos andares do prédio CAFF, deste o térreo até o 21º pavimento.

No primeiro nível de coordenação deverão ser conectados à **CAIXA BEP**:

- a nova malha de aterramento com cabo de cobre nú de #50mm²;
- os 2 novo cabos de cobre nú de #95mm² emendados nos 2 cabos de aterramento da subestação;
- o cabo de aterramento existente utilizado pela Procergs;
- todos os leitos de cabos que seguem aos shafts do prédio CAFF e ao shaft da Procergs;
- um cabo de cobre flexível de seção #120mm² e isolamento PVC 750V na cor verde que segue ao shaft de elétrica do CAFF.

A partir deste **BEP** segue um cabo de cobre flexível de seção #120mm² e isolamento PVC 750V na cor verde instalado dentro do leito de cabos existente que segue até o shaft de elétrica do prédio CAFF e que irá conectar os diversos barramentos locais CAIXAS BEL nas salas de quadros QGBTs dos pavimento térreo até o 21º andar.

Em cada sala de quadros QGBTs dos andares o cabo #120mm² chega pela parte inferior do shaft e é conectado ao barramento de cobre da **CAIXA BEL** do

baggio@baggioarq.com.br

(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449

Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília





andar, e deste barramento outro de cabo #120mm² sai subindo pelo mesmo shaft para o próximo andar.

Nas **CAIXAS BEL** dos andares o cabo de #120mm² que vem do BARRAMENTO BEP ou dos andares inferiores deverá ser conectado ao barramento interno.

O cabo de #120mm² **não poderá ser seccionado**. Ele deverá entrar e sair das CAIXAS BEL de forma contínua, sem interrupção. Dentro das CAIXAS BEL dois trechos do cabo deverão ser decapados e conectados às barras com 2 conectores KS.

Assim, o cabo de #120mm² será contínuo e sem interrupções desde a CAIXA BEP no subsolo até a última CAIXA BEL no 21º andar.

Estas CAIXAS BEL destinam-se à unificação de aterramentos (equipotencializações) de barramentos de terra de quadros elétricos e das demais partes metálicas não condutoras de correntes existentes nas salas QGBT, como como caixas dos quadros, eletrocalhas, perfilados, eletrodutos, etc.

CAIXA BEP - BARRAMENTO DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO PRINCIPAL A SER INSTALADO NO SUBSOLO EM QUADRO DE COMANDO METÁLICO COM TAMPA, FECHO E DOBRADIÇAS CONTENDO BARRA DE COBRE COM 11 FUIROS PARA UNIFICAÇÃO DOS ATERRAMENTOS EXISTENTES NO SUBSOLO. DIMENSÕES 30X30X15cm (LARG X ALT X PROF), CONFORME INDICADO EM PLANTA.

CAIXAS BEL - BARRAMENTOS DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO LOCAL A SEREM INSTALADOS NAS SALAS TÉCNICAS DE ELÉTRICA DOS ANDARES EM QUADROS DE COMANDO METÁLICO COM TAMPA, FECHO E DOBRADIÇAS CONTENDO BARRA DE COBRE COM 9 FUIROS PARA POSSIBILITAR A UNIFICAÇÃO DOS CABOS DE ATERRAMENTOS DOS QUADROS ELÉTRICOS DO ANDAR E ATERRAMENTO DE PROTEÇÕES CONTRA SOBRETENSÕES DPS, ELETROCALHAS, ELETRODUTOS, PERFILADOS ETC DOS ANDARES. DIMENSÕES 20X20X12cm (LARG X ALT X PROF), CONFORME INDICADO EM PLANTA

baggio@baggioarq.com.br

(51) 3337-0014 | (11) 97402-8449

Porto Alegre \ São Paulo \ Brasília



