

**Nº 2008PD00PJ004Z**

**DATA: 30/09/2008**

**PROJETO: PROTEÇÃO DE EDIFICAÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS**

**OBRA: FAU – FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO - UNIVERSIDADE DE  
SÃO PAULO**

**AUTOR DO PROJETO: ENG. HÉLIO ELJI SUETA**

**SETEMBRO – 2008**

**REVISÃO 01**

**PROJETO: PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE EDIFICAÇÃO**  
**OBRA: FAU - USP**

**MEMORIAL DESCRITIVO E LISTAS DE MATERIAIS**

**1. INTRODUÇÃO**

O fenômeno das descargas atmosféricas é altamente aleatório (estatístico). Sabe-se da teoria e de diversas pesquisas realizadas que não há uma proteção 100 % segura. A proteção de edificações contra descargas atmosféricas depende do projeto, da intensidade da energia dos raios (corrente e tensão) e da localidade do edifício.

A necessidade de proteger um dado edifício contra descargas atmosféricas ou é uma exigência legal ou é uma consequência da experiência dos proprietários que desejam evitar a destruição total ou parcial de sua propriedade ou dos bens nela contido. No Brasil é uma exigência legal fixada pelos códigos de obras municipais.

Devem ser analisados os seguintes aspectos:

- A área de atração da estrutura
- O tipo de ocupação
- O tipo da estrutura
- O conteúdo
- A localização
- O número de pessoas
- As consequências
- A topografia da região
- As vizinhanças
- A densidade de raios da região

Para este projeto foi utilizada a norma brasileira NBR 5419 de 2005 da ABNT.

## 2. CONSIDERAÇÕES GERAIS DE PROJETO PARA O EDIFÍCIO

### 2.1 Necessidade de Proteção

No Projeto de Proteção contra Descargas Atmosféricas do Edifício Vilanova Artigas da FAU/USP foram analisados todos os fatores de ponderação para o edifício para a verificação da necessidade de proteção.

É desnecessária a proteção quando  $P_0 < 10^{-5}$

É OBRIGATÓRIA a proteção quando  $P_0 > 10^{-3}$

Para valores intermediários (entre  $10^{-5}$  e  $10^{-3}$ ) deve ser feita a proteção a não ser que o projetista ou o proprietário tenha muito boas razões para deixar de prever um sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

### 2.2 Métodos de Proteção

O Sistema externo de proteção tem basicamente três partes:

- O Sistema de Captores
- O Sistema de Descidas
- O Sistema de Aterramento

Existem vários métodos de proteção. Neste estudo iremos indicar um misto entre o MÉTODO DE FARADAY e o MÉTODO ELETROGEOMÉTRICO.

### 2.3 Sistema de Captação

A FAU - USP já possui um sistema de proteção contra descargas atmosféricas no edifício Vilanova Artigas, porém este está incompleto e em desacordo com a norma sendo que uma reforma neste sistema é necessária, pois existem muitos componentes que estão corroídos e oxidados. Com a reforma do rufo nas vigas com juntas de dilatação, propõe-se neste projeto a utilização deste rufo como parte integrante do sistema de captação.

O Sistema de Captação utilizado neste estudo prevê o uso do futuro rufo instalado em todas as vigas invertidas como parte integrante do SPDA. Aproximadamente cada 5,5 metros de condutor do sistema de captadores deverá ser instalado um pequeno terminal aéreo de, no mínimo, 60 centímetros de altura. Este captador deverá ser de aço galvanizado.

É de vital importância uma excelente conexão entre os condutores não somente pela boa condutividade de corrente elétrica como também por motivos mecânicos, pois uma vez que poderemos ter condutores suspensos no ar e devido aos esforços dos ventos e chuvas, pode haver um rompimento dos cabos.

O Sistema de Captação a ser utilizado no edifício Vilanova Artigas da FAU é composto por (ver desenho folha PR-01/01):

- O rufo metálico que será instalado em todas as vigas com ou sem as juntas de dilatação com a instalação de 273 terminais aéreos de  $h = 0,60\text{m}$  a cada 5,5 m, conectados ao rufo de forma a não permitir penetração de água nas juntas de dilatação
- Condutores de cobre e terminais aéreos existentes sobre as caixas d'água, conectados ao rufo.

#### **2.4 Sistema de Descida.**

Para se obter um bom sistema de descida é necessária uma ligação entre o sistema de captação e o de aterramento com a menor impedância possível. Não se pode deixar de levar em conta que o raio tem uma elevadíssima taxa de crescimento o que pode causar elevados valores de tensões nestes cabos ocasionando descargas laterais para objetos o que ocasionará arco elétrico e eventualmente incêndio.

O número de descidas leva em conta o perímetro da edificação e a altura da mesma.

Neste edifício serão utilizadas as descidas existentes nos pilares externos (uma boa manutenção nestas descidas deve ser feita, verificando pontos de corrosão, conexões e fixação) e deverão ser feitas 10 conexões entre o rufo e as armaduras de colunas de concreto internas nos pontos indicados no projeto.

Estas conexões devem ser feitas com condutores de cobre nu de seção apropriada (propomos neste projeto #50 mm<sup>2</sup>), conforme os detalhes 2 e 3 do desenho PR 01/01.

Nas descidas externas existentes, interligar ao nível do solo, a descida com a armadura da coluna de concreto para fins de equipotencialização. Esta interligação deve ser feita de forma similar à descrita para a interligação entre o rufo e as armaduras no sistema de captos.

Todas as conexões devem ser feitas com bastante cuidado para evitar a descontinuidade elétrica ou problemas mecânicos.

O caminhamento destes cabos de descidas deve ser o mais curto possível minimizando os eventuais laços no sistema. Estes são os principais responsáveis pelas tensões induzidas no sistema.

Estas tensões induzidas são sobretensões transitórias que percorrem os circuitos de alimentação elétrica, circuitos de lógica das redes de informática, circuitos telefônicos e outros circuitos elétricos que possuam equipamentos eletrônicos sensíveis. Estas sobretensões geralmente danificam os equipamentos elétricos/eletrônicos sendo, portanto, necessária à proteção interna contra sobretensões.

Na edificação serão instaladas 10 novas descidas utilizando as armaduras de concreto e serão aproveitadas as 14 descidas externas existentes conforme o desenho folha PR-01/01.

#### **2.5 Sistema de Aterramento**

O Sistema de aterramento proposto neste projeto é composto pela fundação do edifício, já existente.

## 2.6 Equipotencialização

Seguem aqui algumas recomendações para equipotencialização, além das já descritas e constantes nos desenhos.

Todas as principais estruturas metálicas e tubulações existentes na cobertura e externamente nas laterais da edificação devem estar interligadas aos sistemas de aterramento. Eventuais equipamentos com carcaça metálica, instalados sobre o telhado (por exemplo, aparelhos de ar condicionado, torres de antenas, etc) devem ter sua carcaça interligada ao sistema captor. As antenas devem ser protegidas pelo sistema captor (instalação de captores tipo Franklim nas suas redondezas) sendo a haste de sustentação da antena, interligada ao sistema captor. Os cabos de sinal das antenas devem ser protegidos por supressores de tensão apropriados.

É recomendável que os sistemas de aterramento das instalações de computadores estejam interligados a estes sistemas.

Os aterramentos dos estabilizadores dos sistemas de computadores também podem estar interligados aos sistemas de aterramento.

É recomendado que o aterramento do sistema telefônico também esteja interligado a este sistema.

Toda a tubulação metálica, seja de água ou de eletricidade, também deverá estar interligada a estes sistemas.

Toda esta interligação se deve para evitar diferenças de potenciais quando da ocorrência de descargas atmosféricas pois, no escoamento da corrente de raio, há um aumento de potencial elétrico e caso haja perto deste sistema algum outro com potencial diferente, poderá haver arco elétrico e eventuais choques em pessoas.

A seção transversal dos condutores de interligação deve ser, de uma forma geral, de: 16 mm<sup>2</sup> (para o cobre), 25 mm<sup>2</sup> (para o alumínio), ou 50 mm<sup>2</sup> (para o ferro) no caso onde parcela substancial da corrente de raio passar por eles; no caso cuja função é de apenas igualar os potenciais, a seção poderá ser de 6 mm<sup>2</sup>, ou 16 mm<sup>2</sup>, respectivamente.

## 2.7 Proteção Interna

Esta proteção requer muito estudo e as regras para uma boa proteção estão ainda sendo discutidas intensamente em todo o mundo. Não faz parte desse projeto a proteção interna. Entende-se por Proteção interna aquela utilizada para evitar e descarregar qualquer sobretensão que possa ocorrer internamente à edificação quando houver a descarga atmosférica. Inclui aí as sobretensões induzidas. A utilização de malhas para blindagem das paredes é um bom meio de se evitar também parte destas induções.

Proceder ao aterramento de todas as estruturas metálicas, principalmente eletrodutos metálicos. Além disto, tomar os cuidados já descritos no sub-ítem do sistema de descidas referentes aos laços que possam existir entre as descidas e partes metálicas internas.

## 2.8 Manutenção

Após a instalação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas, uma inspeção deve ser feita com o objetivo de assegurar que o sistema foi executado conforme o projeto, que todos os componentes do sistema de proteção utilizados são de qualidade e estão em bom estado, as conexões e fixações foram bem feitas e estão livres de corrosão.

Sempre que possível e pelo menos uma vez por ano, deve-se verificar todas as conexões, emendas e fixações de todos os condutores.

Sempre que se souber ou se desconfiar que o sistema de proteção foi atingido por uma descarga atmosférica, uma verificação geral em todo o sistema deve ser minuciosamente feita, verificando-se a continuidade elétrica de toda a malha de captação, de todas as descidas e suas conexões com o aterramento, assim como em todas as interligações.

A continuidade elétrica das interligações entre o aterramento e as estruturas metálicas e nestas mesmas, deve ser verificada anualmente.

A cada três anos deve-se verificar a oxidação de todos os condutores, substituindo os que estiverem muito oxidados e/ou realizando uma limpeza principalmente nas conexões e emendas.

A corrosão também deve ser verificada frequentemente, sendo os elementos substituídos caso necessário.

No caso de ventania muito forte, verificar a continuidade elétrica de todos os condutores, as fixações mecânicas e checar se as distâncias de projeto ainda estão em acordo com o mesmo.

No caso de instalação de novos equipamentos tipo antenas, antenas parabólicas, torres, tanques e caixas d'água nos tetos e/ou telhados do edifício, verificar se estes objetos estão dentro do campo de proteção referente a este projeto. No caso de não estarem dentro, este estudo deve ser revisado e o referido objeto deve ser protegido.

### 3. PROTEÇÃO EXTERNA CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DA FAU - USP

#### 3.1. NECESSIDADE DE PROTEÇÃO:

##### a) Área de captação ou de atração de raios ( $A_c$ )

$$A_c = 13696 \text{ m}^2$$

##### b) Fatores de ponderação

**FATOR A: Tipo de ocupação da estrutura:**

Estrutura de atividades específicas.

$$A = 1,7$$

**FATOR B: Tipo de construção:**

Estrutura de concreto pré-fabricado, com cobertura não metálica.

$$B = 0,4$$

**FATOR C: Conteúdo da estrutura e efeitos indiretos das descargas atmosféricas:**

Escola

$$C = 1,7$$

**FATOR D: Localização da estrutura:**

Estrutura localizada em área contendo poucas estruturas ou árvores de altura similar.

$$D = 1,0$$

**FATOR E: Topografia da região:**

Montanhas entre 300 m e 900 m

$$E = 1,3$$

##### c) Densidade de raios

$$N_g \text{ ( número de raios/km}^2\text{/ano )} = 9,6$$

##### d) Necessidade de proteção

$$P_0 = 13696 \times 9,6 \times 10^{-6} \times 1,7 \times 0,4 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,3$$

$$P_0 = 197 \times 10^{-3}$$

Portanto é OBRIGATÓRIA a proteção !

#### 3.1.2 NÍVEL DE PROTEÇÃO:

Nível de Proteção adotado: II

**Destinado às estruturas de uso comum, como teatros, escolas, lojas de departamentos, áreas esportivas, igrejas, museus, hospitais e locais arqueológicos.**

**Eficiência: 95 %**

**Perímetro da edificação: 352 metros**

### 3.1.3 SISTEMA DE CAPTORES:

Este edifício possui telhado formado por laje.

O Sistema de Capttores será composto por:

- Sistema de rufo instalado em todas as vigas invertidas (ver desenho folha PR-01/01);
- Instalação de 273 terminais aéreos de 60 cm fixados na malha a cada 5,5 metros aproximadamente;

A instalação dos terminais aéreos de 60 cm de altura deve ser feita com o objetivo de se ter pontos preferenciais de impacto no caso de raios. Devem ser instalados nos cantos e no máximo a cada 5,5 metros lineares de rufo ou conforme definido no projeto.

### 3.1.4 SISTEMA DE DESCIDAS

A cada 15 metros aproximadamente deve-se interligar a malha captora ao aterramento. No caso deste edifício serão aproveitadas as descidas externas existentes e serão utilizadas 10 armaduras de colunas internas. As conexões também devem ser feitas de modo a se manter a melhor continuidade elétrica possível (lixadas e limpas).

As descidas devem ser o mais diretas possíveis, procurando não contornar partes de telhados ou outros obstáculos. Se não for possível evitar estas curvas, estas devem estar de acordo com a norma de proteção contra descargas atmosféricas. Estas curvas, quando não bem projetadas podem formar arcos de forma a favorecer a ocorrência de descargas elétricas.

Neste edifício devem ser instaladas 10 descidas internas utilizando as armaduras das colunas de concreto e as 14 descidas externas existentes (ver desenho folha PR-01/01).

### 3.1.5 SISTEMA DE ATERRAMENTO

Neste projeto, o sistema de aterramento é composto pela fundação do edifício.

### 3.1.6 LISTA DE MATERIAL (BASICO)

Esta lista de materiais é composta pela especificação dos materiais básicos necessários para a complementação do sistema de proteção contra descargas atmosféricas para um tipo de instalação, considerando a utilização do rufo existente no subsistema de captação e das armaduras das colunas de concreto nas descidas.

<b>ITEM</b>	<b>QUANT.</b>	<b>UNID.</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
01	273	PÇ	TERMINAL AÉREO EM AÇO GALVANIZADO A FOGO H=600 mm x 3/8" SEM BANDEIRINHA, COM CONEXÃO VERTICAL, 2 FUIROS 3/8".
02	20	PÇ	PRESILHA PARA CABO DE COBRE # 50 mm <sup>2</sup>
03	550	PÇ	PARAFUSOS TIPO FENDA INOX. 4,2 x 32 mm E BUCHA DE NYLON Nº6
04	24	PÇ	CONETOR EM BRONZE ESTANHADO PARA INTERLIGAR CABO DE COBRE DE # 50mm <sup>2</sup> COM ARMADURA DE AÇO DAS COLUNAS DE CONCRETO
05	35	metros	CABO DE COBRE NU # 50 mm <sup>2</sup>
06	10	PÇ	TERMINAIS DE PRESSÃO EM LATÃO REFORÇADO PARA CABOS DE COBRE # 50 mm <sup>2</sup>
07	14	PÇ	CONECTORES PARALELOS EM BRONZE, TIPO X COM PARAFUSO PARA CABOS DE COBRE 16 A 50 mm <sup>2</sup> .

## **ANEXO 1: ESPECIFICAÇÃO PARA REPAROS NO CONCRETO APARENTE**

### **OBJETIVO:**

Esta especificação tem como objetivo descrever procedimentos a serem adotados no rompimento e reparos da estrutura de concreto armado quando do uso das armaduras como parte integrante do SPDA.

### **PROCEDIMENTO:**

1. Para a abertura dos pontos para conexão dos cabos:  
Furar a estrutura com o uso de furadeira sem vibração e com cálice de pelo menos 3 centímetros maior que o diâmetro do cabo a ser instalado; com o devido cuidado ao fazer a marcação no entorno do furo, utilizando-se de disco de corte manual, para uma perfeita definição da geometria da área a ser reparada, assim, garantir a boa qualidade no acabamento com a aplicação de argamassa de reparo;
2. Conectar o cabo conforme especificado no memorial descritivo à armadura e/ou detalhes do desenho;
3. Após a conexão dos cabos na armadura, executar a limpeza do substrato e da armadura utilizando-se de ar comprimido;
4. Posicionar o cabo no centro do furo, e preencher o furo com graute típico de chumbamento de natureza orgânica (epóxi, poliéster ou poliuretano), deixando uma camada com profundidade de no mínimo 2,5 centímetros para aplicação de argamassa de reparo;
5. Aplicação de argamassa de reparo tipo polimérica seguindo orientações de aplicação do fabricante, por tratar-se de intervenções pontuais em estrutura existente. Aplicar, por exemplo, argamassa polimérica da MBT Brasil, produto: EMACO S 88T;
6. Após a aplicação da argamassa de reparo, cura úmida de sete dias, lixar e remover excesso de pó da superfície para receber sistema de proteção com Nitoprimer 40 e verniz acrílico – Dekguard (transparente), com três demãos.

Orientações do Eng. Álvaro de J. Guedes das EPUSP – CIVIL.