

**AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO
CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)
EM EDIFICAÇÕES DOS *CAMPIDA*
UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ
(UVA) EM SOBRAL-CE**

Juscelino Chaves Sales¹

Francisco da Silva Brandão²

Max Wendell Lima Cunha dos Santos³

RESUMO – As descargas atmosféricas são alguns dos fenômenos mais imprevisíveis da natureza. Ocorrem grandes prejuízos em decorrência de raios que atingem edifícios, residências, instalações industriais e agropecuárias, redes elétricas, florestas e até mesmo pessoas. Uma forma de prevenir estes danos é através do uso de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA), cuja estrutura é destinada a interceptar as descargas elétricas, conduzi-las e dispersá-las no solo, o que garante, além da proteção da edificação, a proteção de pessoas. Atualmente, de acordo com a NBR 5419/2005: Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas, existem três tipos de SPDA: Franklin, Gaiola de Faraday ou Malha e Esfera Rolante ou Eletrogeométrico. A Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) é uma universidade pública que tem quatro *campi* localizados na cidade de Sobral, estado do Ceará; são eles: *campus* CIDAO, *campus* Betânia, *campus* Junco e *campus* Derby, e nesses locais muitas edificações dispõem de SPDA. Esta pesquisa objetivou avaliar os SPDA existentes nos *campi* da UVA, a fim de verificar se os mesmos estão efetivamente protegendo as edificações. Como metodologia, foram realizadas revisão bibliográfica e pesquisa de campo, foram feitas visitas aos respectivos *campi* e coletados dados sobre as edificações e os SPDA. Os

¹ Prof. Msc do curso de Engenharia Civil (UVA), coordenador do Núcleo de Estudos em Sistemas Elétricos Prediais (NESEP). juscelinochaves@hotmail.com

² Técnico em Eletrotécnica pelo IFCE, acadêmico do curso de Engenharia Civil (UVA), bolsista do Programa de Iniciação Científica (PIC/PBU/UVA). eng.franciscobrandao@hotmail.com

³ Acadêmico do Curso Técnico em Eletrotécnica (IFCE) e do Curso de Engenharia Civil (UVA). max_cunha_18@hotmail.com

resultados mostraram que existem diferentes tipos de SPDA, a maioria encontra-se em bom estado de conservação, mas poucas edificações encontram-se efetivamente protegidas.

Palavras-chave: Raios. Proteção de Edificações. SPDA. UVA.

1 INTRODUÇÃO

As descargas atmosféricas, ou raios, são fenômenos naturais que sempre impuseram medo aos homens devido às suas graves consequências. Ocorrem grandes prejuízos em decorrência de raios que atingem edifícios, residências, instalações industriais e agropecuárias, redes elétricas, florestas e até mesmo pessoas. É evidente que há necessidade do conhecimento sobre suas causas e efeitos, almejando alcançar soluções eficientes que proporcionem a proteção de pessoas, estruturas, equipamentos, animais, entre outros bens de importância significativa.

O estudo sobre a natureza desses fenômenos atmosféricos data de vários séculos atrás, durante os quais saíam explicações mitológicas e religiosas para o fenômeno. Um dos primeiros a estudar este fenômeno foi Benjamin Franklin (1706-1790), mas muitas outras contribuições foram dadas por estudiosos como J. Ester, H. Geitel, G.C. Simpson, até chegar ao desenvolvimento de várias teorias explicativas com base experimental e observações (LIMA FILHO, 2008).

Hoje se sabe que as descargas atmosféricas tendem a cair nos pontos mais altos do relevo, como árvores isoladas, antenas, chaminés, edificações elevadas, entre outras. Quando atingem as edificações, além de causar danos a sua estrutura, também podem oferecer grandes riscos às pessoas que possam estar no interior ou nos arredores das mesmas no momento da descarga elétrica (MAMEDE FILHO, 2010).

Uma forma de prevenir estes danos é através da utilização de um Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Um SPDA é composto basicamente de três subsistemas: subsistema captor, subsistema de descida e subsistema de aterramento, cujas finalidades, nesta ordem, são interceptar, conduzir e dissipar no solo as correntes oriundas dos raios. Os captores, parte mais elevada do SPDA,

recebem a descarga pelo efeito das pontas, podendo ser de uma ou várias pontas. A condução das correntes até o solo é feita através das barras metálicas e a dissipação é feita pelas hastes de aterramento (KINDERMANN, 1995).

Segundo Souza *et al* (2012), pesquisas realizadas recentemente revelaram que o Brasil é um dos países de maior incidência de descargas atmosféricas. Anualmente caem cerca de 100 milhões de raios no território brasileiro, causando muitas mortes, colapsos nas redes de energia, incêndios em florestas, prejuízos no sistema de telefonia e de telecomunicações.

A Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) é uma universidade pública, situada na zona norte do Ceará, na cidade de Sobral. A UVA, como é conhecida, tem quatro de seus *campi* localizados em diferentes pontos da cidade, são eles: CIDAO, Betânia, Junco e Derby. O CIDAO é compartilhado com outra instituição de ensino superior, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IF-CE) *campus* Sobral, e o Derby é compartilhado com a Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará (UFC).

O presente estudo tem por objetivo avaliar o SPDA existente em edificações dos quatro *campi* da UVA considerando os seguintes aspectos: determinar o tipo de SPDA existente em cada edificação de cada *campus*; avaliar o estado de conservação de cada SPDA; determinar se o raio de influência da proteção para cada edificação dos referidos *campi* protege efetivamente a estrutura e verificar quais estruturas não dispõem de SPDA, mas que de acordo com a norma necessitariam do sistema.

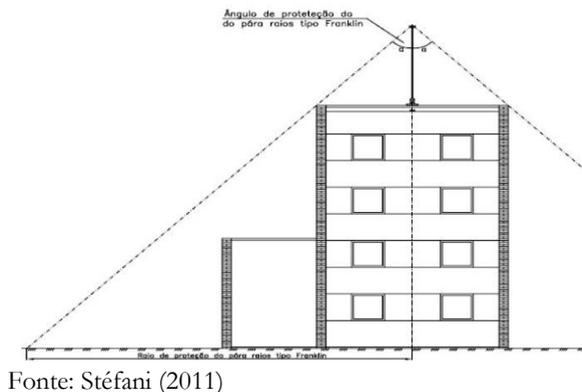
2 TIPOS DE SPDA

Segundo a NBR 5419/2005: Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas, existem atualmente três tipos de SPDA: Franklin, Gaiola de Faraday e Eletrogeométrico.

No Método de Franklin são instaladas hastes com captadores nas pontas no topo das edificações. A proteção baseia-se no princípio de que se a edificação estiver totalmente dentro do volume de um cone

gerado pelo captor, altura da edificação e ângulo de proteção dado por norma, a mesma estará protegida. É muito utilizado em edificações de arquitetura simples, como o prédio mostrado na Figura 1.

Figura 1 - SPDA tipo Franklin



A Gaiola de Faraday ou Malha consiste em um sistema de captadores formado por condutores horizontais interligados em forma de malha com pequenos captadores metálicos. É baseado na teoria de Faraday, segundo a qual o campo elétrico no interior de uma gaiola metálica é nulo, mesmo quando passa por seus condutores uma corrente de valor elevado (CREDER, 2000). A Figura 2 mostra um exemplo real deste tipo de SPDA instalado no auditório do *campus* Derby.

O modelo Eletrogeométrico não existe fisicamente; na realidade trata-se de um método de cálculo que é uma evolução do método Franklin. Consiste em fazer rolar uma esfera fictícia, com raio pré-dimensionado em função do nível de proteção, em todos os sentidos e direções sobre o topo e fachadas da edificação. Os locais onde a esfera tocar a edificação serão os mais expostos às descargas atmosféricas (MAMEDE FILHO, 2010). As Figuras 3 e 3.1 ilustram este SPDA. As áreas escuras nas figuras indicam a zona de influência da proteção do SPDA.

Vale salientar que neste método, nos locais onde a esfera toca, devem ser instalados capttores tipo Franklin. Sendo assim, pode-se entender que esse método serve para melhor posicionar os capttores nas edificações com configurações arquitetônicas complexas.

Figura 2 - SPDA tipo Gaiola de Faraday



Fonte: Os autores (2013)

Fig. 3 - SPDA tipo Esfera Rolante

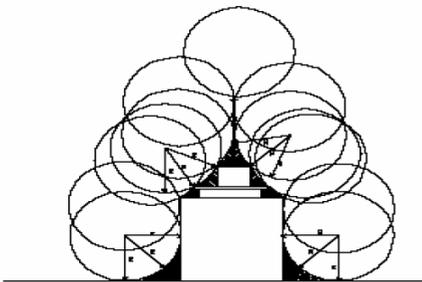
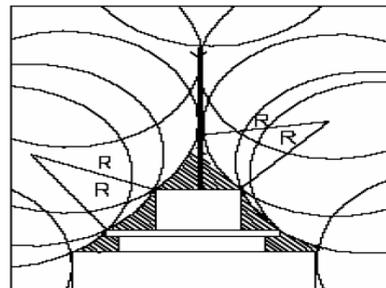


Fig. 3.1 Zoom da Captação



Fonte: Coutinho e Altoé (2003)

Muitos projetistas tem utilizado o SPDA tipo Misto, que é uma combinação da Gaiola de Faraday com Franklin. A Figura 4 mostra um SPDA tipo Misto em um prédio no *campus* CIDA0.

Figura 4 - SPDA tipo Misto



Fonte: Os autores, 2013

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida durante o ano de 2013 no âmbito do Programa de Iniciação Científica e Bolsa Universidade da Universidade Estadual Vale do Acaraú (PIC/PBU/UVA). Constituiu-se primeiramente em um levantamento de dados bibliográficos sobre efeitos destrutivos das descargas atmosféricas nos mais variados tipos de edificações, os tipos e projetos de SPDA's, bem como seus parâmetros normativos. Foram consultadas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e publicações na literatura existente sobre o tema.

Foram feitas visitas aos *campi* da UVA (Betânia, Junco, Derby, CIDA0), onde se coletaram informações sobre o tipo de SPDA existente em cada edificação, estado de conservação, alturas das edificações com SPDA desde o solo até a ponta do captor, bem como suas respectivas dimensões, para verificação do raio de influência da proteção do SPDA de Franklin. Foram feitas inspeções nos subsistemas

captor, descida e aterramento, buscando possíveis falhas de continuidade, como cabos quebrados, corroídos, falta de conexão entre os subsistemas, hastes quebradas, ausência de alguns dos subsistemas, corrosão da haste de aterramento.

Com os dados das alturas das edificações e parâmetros da Norma 5419/2005, utilizou-se a Equação 1 para calcular os Raios de Influência da Proteção do SPDA (R_p) para o método de Franklin, o qual indica a distância horizontal máxima sobre a qual o SPDA tem influência, sendo H a altura da edificação desde o solo até a ponta do captor, $tg\theta$ a relação trigonométrica entre o Raio de Proteção e a altura da edificação e θ é o ângulo de proteção dado por norma.

$$R_p = tg\theta \cdot H \quad (1)$$

Para o cálculo dos volumes de proteção (V_p) da Gaiola de Faraday e Misto utilizou-se a Equação 2, em que C representa o comprimento da edificação, L a largura e H a altura.

$$V_p = L \cdot C \cdot H \quad (2)$$

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Os tipos de SPDA existentes em cada um dos *campi* da UVA na cidade de Sobral, bem como sua localização e zona de proteção estão indicados nas Tabelas de 1 a 4; para melhor visualização espacial dos SPDA nos *campi*, fez-se uma adaptação em quatro mapas obtidos do Google Maps.

4.1 Localização e avaliação das Zonas de Proteção dos SPDA

O Quadro 1 mostra a localização dos SPDA do *campus* Betânia, bem como as zonas de proteção para as oito edificações.

Analisando os dados do Quadro 1 e comparando com as dimensões das edificações colhidas em campo, verificou-se que apenas duas estão efetivamente protegidas: prédio da Pró-Reitoria de Admi-

Engenharia Civil

nistração (PROAD), totalmente dentro do volume de proteção do SPDA Misto e a Caixa d'água próxima à PROGRAD, totalmente dentro do cone de proteção do SPDA tipo Franklin, mostradas nas Figuras 5 e 6. As demais apresentam hastes do SPDA tipo Franklin posicionadas em locais onde o cone de proteção não envolve toda a edificação; assim, as mesmas não estão totalmente protegidas.

Quadro 1 - Características dos SPDA do *campus* Betânia

Edificação	Tipo de SPDA	Zona de Proteção
Biblioteca Central	Franklin	$R_p=9,14m$
PROAD	Misto	$V_p=527,28m^3$
Reitoria	Franklin	$R_p=9,43m$
Bloco do Direito	Franklin	$R_p=6,80m$
Cobertura da ala do Bloco do Direito	Franklin	$R_p=8,88m$
Caixa d'água próximo à PROGRAD	Franklin	$R_p= 11,50m$
Bloco das Ciências Agrárias	Franklin	$R_p= 10,04m$
Bloco da Administração	Franklin	$R_p= 9,50m$

Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Figura 5 - SPDA tipo Misto PROAD



Fonte: Os autores (2013)

Figura 6 - SPDA tipo Franklin Caixa d'água PROGRAD



Fonte: Os autores (2013)

No *Campus* Derby existem SPDA em cinco edificações, indicadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Características dos SPDA do *campus* Derby

Edificação	Tipo de SPDA	Zona de Proteção
Bloco Ed. Física e Enfermagem	Gaiola de Faraday	$V_p=12.240,32m^3$
Auditório	Gaiola de Faraday	$V_p=2.237,62m^3$
Caixa d'água da lanchonete	Franklin	$R_p=8,93m$
Faculdade de Medicina-UFC	Misto	$V_p=9.601,35m^3$
Quadra Poliesportiva	Franklin	$R_p=8,45m$

Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Pelo Quadro 2 e pelos dados das dimensões das edificações, verificou-se que no *campus* Derby todas elas encontram-se protegidas pelos SPDA tipo Gaiola de Faraday, Franklin e Misto.

Quadro 3 - Características dos SPDA do *Campus* CIDAO

Edificação	Tipo de SPDA	Zona de Proteção
Caixa d'água IFCE	Franklin	$R_p=10,41m$
Quadra IFCE	Franklin	$R_p=7,88m$
Bloco Didático IFCE	Misto	$V_p=9.440,62m^3$
Bloco da Computação UVA	Franklin	$R_p=8,50m$
Caixa d'água CIDAO	Franklin	$R_p=11,44m$
Laboratório de Irrigação	Gaiola de Faraday	$V_p=361,93m^3$
Caixa d'água UVA	Franklin	$R_p=10,45m$

Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Neste *campus* verificou-se que cinco das sete edificações estão totalmente protegidas; as outras duas que se encontram vulneráveis são: Bloco da Computação UVA, que não está totalmente dentro do cone de proteção de Franklin, e a Caixa d'água UVA, que está com o SPDA danificado, apresentando ausência dos condutores de descida, responsáveis por escoar as correntes até o solo. Essas edificações são mostradas nas Figuras 7 e 8.

Figura 7 - SPDA tipo Franklin Bloco da Computação-UVA



Fonte: Os autores (2013)

Figura 8 - SPDA tipo Franklin Caixa d'água da UVA



Fonte: Os autores (2013)

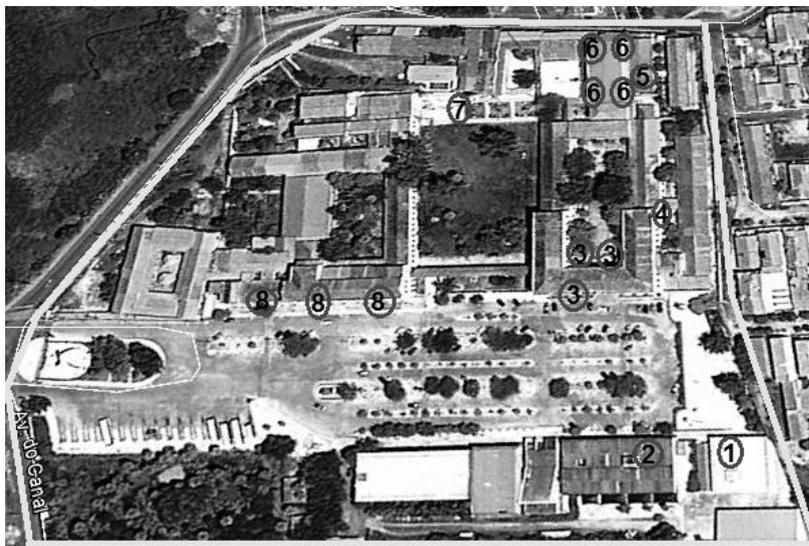
4.2 Localização Espacial dos SPDA

As Figuras de 9 a 11 mostram nos mapas as localizações dos SPDA nos campi da UVA em Sobral, Ceará, bem como as edificações nas quais eles se encontram.

A Figura 12 mostra a localização das edificações do *Campus Junco* que necessitam de SPDA. De acordo com as observações em campo, pode-se perceber que estas duas estruturas são as mais vulneráveis a sofrer descargas atmosféricas, pelo fato de serem os pontos mais altos em todo o terreno do *campus*.

Não foram encontradas, em nenhum dos *campi* da universidade, edificações que apresentassem SPDA pelo Método Eletrogeométrico, haja vista a localização das hastes nas edificações, a estrutura arquitetônica, o nível de proteção dado por norma e a altura da edificação.

Figura 9 - Localização dos SPDA no *campus* Betânia

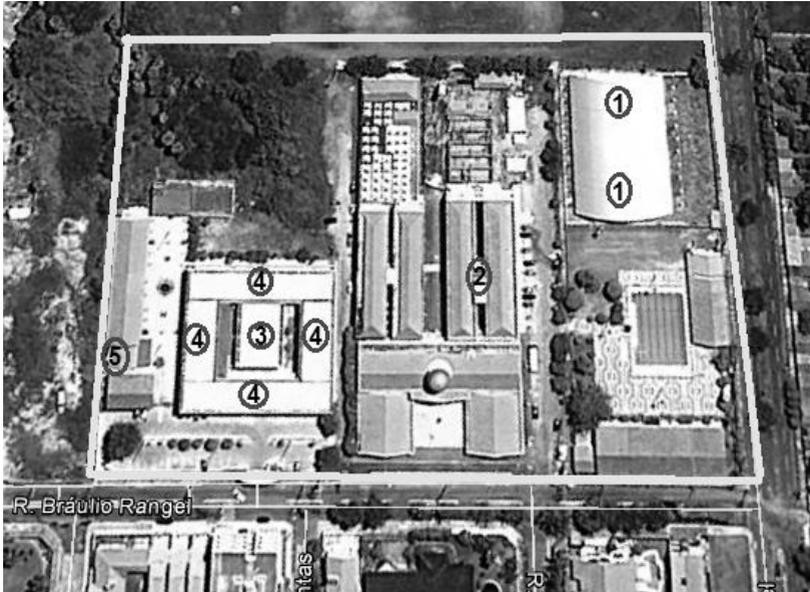


— : Delimitação do Campus Betânia

- 1: SPDA tipo Misto (PROAD)
- 2: SPDA tipo Franklin (Biblioteca Central)
- 3: SPDA tipo Franklin (Reitoria)
- 4: SPDA tipo Franklin (Bloco da Administração)
- 5: SPDA tipo Franklin (Bloco do Direito)
- 6: SPDA tipo Franklin (Cobertura da Ala do Bloco do Direito)
- 7: SPDA tipo Franklin (Caixa d'água Próximo à PROGRAD)
- 8: SPDA tipo Franklin (Bloco das Ciências Agrárias)

Fonte: Google Imagens (2014); adaptação dos autores.

Figura 10 - Localização dos SPDA no *campus* Derby

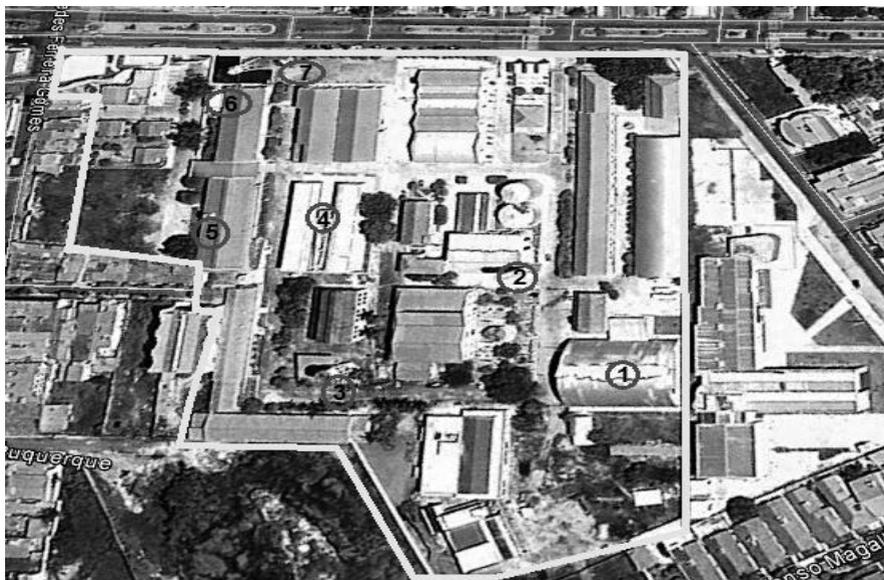


— :Delimitação do Campus Derby

- 1: SPDA tipo Franklin (Quadra Poliesportiva)
- 2: SPDA tipo Misto (Faculdade de Medicina-UFC)
- 3: SPDA tipo Gaiola de Faraday (Auditório)
- 4: SPDA tipo Gaiola de Faraday(Bloco da Educ. Física e Enfermagem)
- 5: SPDA tipo Franklin (Caixa d'água da Lanchonete)

Fonte: Google Imagens (2014); adaptação dos autores.

Figura 11 - Localização dos SPDA no *campus* CIDAO



— : Delimitação do Campus CIDAO

- 1: SPDA tipo Franklin (Quadra IFCE)
- 2: SPDA tipo Franklin (Caixa d'água IFCE)
- 3: SPDA tipo Franklin (Caixa d'água UVA)
- 4: SPDA tipo Misto (Bloco Didático IFCE)
- 5: SPDA tipo Franklin (Bloco da Computação UVA)
- 6: SPDA tipo Gaiola de Faraday (Laboratório de Irrigação)
- 7: SPDA tipo Franklin (Caixa d'água CIDAO)

Fonte: Google Imagens (2014); adaptação dos autores.

Figura12 - Localização das estruturas que necessitam de SPDA no *campus* Junco



Fonte: Google Imagens (2014); adaptação dos autores.

4.3 Avaliação do estado de conservação dos SPDA

O estado de conservação do SPDA tem grande influência no desempenho da proteção na edificação, uma vez que, se existirem falhas de continuidade entre os componentes do SPDA, as correntes oriundas das descargas atmosféricas serão conduzidas pela própria estrutura, o que lhe causa sérios danos.

No *campus* Betânia oito edificações dispõem de SPDA e todos estão em bom estado de conservação, não apresentando nenhuma falha de continuidade entre os subsistemas. No *campus* Derby existem cinco SPDA, e todos também encontram-se em bom estado de conservação, não havendo falhas. Já no *campus* CIDAO, dos sete SPDA existentes, um encontra-se em mau estado de conservação e está localizado na caixa d'água UVA (ver Figura 8), apresentando ausência do subsistema de descida, responsável por levar as correntes dos raios até o solo. Os demais se encontram em bom estado de conservação. No *campus* Junco não foi encontrado nenhum SPDA; logo não foi possível avaliar estado de conservação.

4.4 Estruturas que necessitam de projetos de SPDA

O *campus* Junco é o único da Universidade em que nenhuma das edificações possui SPDA, o que representa sérios riscos tanto ao patrimônio da Universidade, quanto para as pessoas que frequentam o campus (alunos, funcionários, professores), devido às possíveis descargas atmosféricas que possam ocorrer.

Neste *campus* verificou-se que há necessidade de SPDA em duas estruturas, mostradas nas Figuras 13 e 14; são elas: caixa d'água e antena de internet. Estas estruturas, por serem as mais altas no *campus*, são as mais vulneráveis a sofrer descargas atmosféricas. O tipo de SPDA proposto para ambas é a de Franklin, pois é o mais barato e também mostra-se bastante eficiente para geometria das estruturas. Nos demais *Campi* da Universidade, verificou-se que os SPDA estão localizados nas edificações mais sujeitas à descargas atmosféricas, logo não houve a necessidade de novos projetos de SPDA.

Figura 13 - Caixa d'água do *Campus Junco*



Fonte: Os autores (2013)

Figura 14 - Indicação da antena de Internet



Fonte: Os autores (2013)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um SPDA é um sistema destinado a proteger a estrutura das edificações contra as descargas atmosféricas. Muitas edificações dos *Campi* da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) em Sobral, Ceará, dispõem deste sistema protegendo suas estruturas. A maioria

dos SPDA dos *Campi* é do tipo Franklin, mas também existem modelos tipo Gaiola de Faraday e Misto.

Os resultados da pesquisa mostraram que no *Campus* Betânia apenas duas das oito edificações estão efetivamente protegidas pelos SPDA tipo Franklin e Misto. No *Campus* Derby todas as cinco edificações encontram-se protegidas por SPDA tipo Gaiola de Faraday, Franklin e Misto. E no *Campus* CIDAO, cinco das sete edificações estão protegidas pelos SPDA do tipo Gaiola de Faraday, Franklin e Misto.

O *Campus* Junco foi o único *campus* da Universidade no qual não se encontrou SPDA em nenhuma das edificações, o que representa sérios riscos, pois as mesmas estão sujeitas a descargas atmosféricas que podem lhes causar sérios danos. Além disso, pode oferecer riscos às pessoas que frequentam estas edificações numa eventual tempestade.

Verificou-se ainda que a grande maioria dos SPDA encontra-se em bom estado de conservação, sendo apenas um, localizado na Caixa d'água UVA no *Campus* CIDAO, que se encontra deteriorado.

Esta pesquisa foi importante, pois se obteve um panorama geral dos tipos de SPDA, estados de conservação e efetiva proteção que os mesmos estão fornecendo ao patrimônio da Universidade. Destaca-se ainda como fator importante, o fornecimento de dados aos administradores, para que a partir destes, se possa pensar na melhor maneira de gerir estes problemas e tentar saná-los.

EVALUATION OF ATMOSPHERIC DISCHARGE PROTECTION SYSTEM (ADPS) IN BUILDINGS AT THE CAMPI OF THE UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ (UVA) IN SOBRAL-CE

ABSTRACT – Atmospheric discharges are some of the most unpredictable phenomena of nature. Major losses occur as a result of rays that reach buildings, residences, industrial and agricultural installations, electrical networks, forests and even people. One way to prevent these damages is through the use of a Atmospheric Discharge Protection System (ADPS), whose structure is intended to intercept the

electrical discharges, lead them and disperse them in the soil, what ensures besides the protection of the building, the protection of people. Currently according to the NBR 5419/2005: protection of structures against atmospheric discharges, there are three types of ADPS: Franklin, Faraday cage or knit and Rolling Ball or Electrogeometric. The Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) is a public university which has four Campi located in the city of Sobral, Ceará state, they are: CIDAO Campus , Bethany Campus, Junco Campus and Derby Campus, and in these four Campuses many buildings have ADPS. Thus, this research aimed to evaluate the ADPS present in the four Campi of the UVA, in order to verify if they are effectively protecting the buildings. As a methodology, bibliographical review was performed and field research, where there were made many visits to four Campi in order to collect data about the buildings and the ADPS. The results showed in the Campi there are different types of ADPS, most of them is in good condition, but few buildings are effectively protected.

Keywords: Rays. Protection of Buildings. ADPS. UVA.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419**: Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005.

COUTINHO, F.N.; ALTOÉ, C.A. **Levantamento de estruturas que necessitam de SPDA na UNB e análise de seus efetivos sistemas de proteção**. 2003. 77p. Projeto Final de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade de Brasília, Brasília- DF.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 14. ed. Rio de Janeiro. LTC, 2000.

GOOGLE MAPS. **Mapa de Sobral-CE**. 2014. Disponível em: <https://maps.google.com/>. Acesso em: 21/01/14.

Engenharia Civil

KINDERMANN, G. **Descargas Atmosféricas**. 6. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzato, 1995.

LEITE, D.M.; LEITE, C.M. **Proteção Contra Descargas Atmosféricas**. São Paulo: Oficina de Mydia, 1997.

LIMA FILHO, D.L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 11. ed. São Paulo: Erica, 2008.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

SOUZA, A. N. de *et al.* **SPDA-Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas**: teoria, prática e legislação. São Paulo: Érica, 2012.

STÉFANI, R. V. de. **Metodologia de Projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas para Edifício Residencial**. 2011.53p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica)-Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.