



*Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos*

**Técnico em Eletrotécnica**

## **ESTUDO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICA (SPDA).**

### **STUDY OF THE ATMOSPHERIC DISCHARGE PROTECTION SYSTEM (SPDA)**

José Roberto Crispim<sup>1</sup>

Renan Ribeiro Camargo<sup>2</sup>

**Resumo:** A descarga atmosférica é um fenômeno meteorológico que pode causar danos significativos a seres vivos e equipamentos. Tal fenômeno envolve a transferência de uma grande quantidade de energia elétrica entre a atmosfera e a superfície terrestre. O objetivo do trabalho trata-se de uma análise dos procedimentos pertencentes a norma NBR 5419 que relaciona o modo de execução de para-raios e o aterramento em si. A engenharia desempenha um papel fundamental na concepção do projeto, estruturas, edifícios e instalações industriais resistentes a raios, considerando também o dimensionamento adequado, pois é essencial para mitigar os riscos associados. Para isso, é necessário levar em consideração variáveis como a localização geográfica, a frequência de tempestades e a natureza das estruturas a serem protegidas. Além disso, é importante destacar a ameaça das descargas atmosféricas, uma vez que as correntes elétricas envolvidas podem causar lesões graves ou fatais. Este trabalho tende a demonstrar a formação de raios na natureza, calcular locais que estão sujeitos a descargas conforme probabilidade em referências do instituto nacional de pesquisas espaciais entre outras fundamentações teóricas.

---

<sup>1</sup> Ensino Médio, EE Domingos Carmelino Caló, Ourinhos/SP - jose.crispim@etec.sp.gov.br

<sup>2</sup> Ensino Médio, EE Profª Esmeralda Soares Ferraz, Ourinhos/SP - renan.camargo37@etec.sp.gov.br



### ***Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos***

gerenciamento de risco para aplicação de sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

**Abstract:** Atmospheric discharge is a meteorological phenomenon that can cause significant damage to living beings and equipment. This phenomenon involves the transfer of a large amount of electrical energy between the atmosphere and the Earth's surface. The objective of this study is to analyze the procedures established by the NBR 5419 standard, which defines the methods for implementing lightning rods and grounding systems. Engineering plays a fundamental role in the design of projects, structures, buildings, and industrial facilities that are resistant to lightning, also considering proper sizing, which is essential to mitigate associated risks. To achieve this, variables such as geographical location, storm frequency, and the nature of the structures to be protected must be taken into account. Furthermore, it is important to highlight the threat posed by atmospheric discharges, as the electrical currents involved can cause severe or fatal injuries. This study aims to demonstrate the formation of lightning in nature, calculate areas subject to discharges based on probability data from the National Institute for Space Research, among other theoretical foundations. It also includes a survey of materials and risk management for the application of lightning protection systems.

## **1 INTRODUÇÃO**

Os raios são estudados e observados a muito tempo, mais apesar de avanço tecnológico pouco foi o progresso obtido do fenômeno, que persistem dúvidas entre o mecanismo de carregamento de cargas positivas e negativas nas nuvens, apesar de todos os esforços e estudos, não se consegue evitar que uma descarga elétrica caia sobre determinado lugar. No entanto todos os cuidados são no sentido de proteger no ato da sua queda, obrigando a seguir um caminho pré-determinado para terra, que terá seus impactos minimizados, protegendo pessoas, equipamento e estruturas. A decisão de projetar um sistema SPDA pode ser uma saída contra raios e descarga elétrica para evitar prejuízos maiores incêndios e danos físicos.

O objetivo do estudo é garantir um sistema SPDA seguro as edificações conforme a NBR 5419, realizar levantamento de risco, analisar o método de proteção mais adequado, dimensionar o sistema de captação atmosférica ao aterramento.



### ***Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos***

A seguir serão apresentados os seguintes capítulos: projeto SPDA,

## **2 PROJETO SPDA**

Este trabalho tem como objetivo levar ao conhecimento de projetistas, engenheiros e outros interessados no assunto, algumas orientações técnicas e práticas sobre a implantação de Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA) e Medidas de Proteção contra Surtos (MPS), baseado na prática profissional.

Foi usada uma linguagem acessível para facilitar o entendimento de leigos e pessoas sem formação técnica específica da área elétrica. As orientações aqui contidas foram embasadas na NBR 5419/2015 e IEC62305.

A descarga atmosférica é um fenômeno meteorológico que pode causar danos significativos a seres vivos e equipamentos. Tal fenômeno envolve a transferência de uma grande quantidade de energia elétrica entre a atmosfera e a superfície terrestre. A engenharia desempenha um papel fundamental na concepção do projeto, estruturas, edifícios e instalações industriais resistentes a raios, e não menos importante o dimensionamento adequado, pois é essencial para mitigar os riscos associados. Para isso, é necessário levar em consideração variáveis como a localização geográfica, a frequência de tempestades e a natureza das estruturas a serem protegidas. Além disso, é importante destacar a ameaça que as descargas atmosféricas representam para seres humanos, outros seres vivos, equipamentos eletrônicos e outros exemplificando a seleção do tipo de SPDA, número de descidas para aterramento de malha, levantamento de materiais, e gerenciamento de risco para aplicação de sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

### **2.1 Descargas atmosféricas**

As descargas atmosféricas, ou raios, representam um dos fenômenos naturais mais impressionantes e, ao mesmo tempo, perigosos que a atmosfera da Terra pode proporcionar. Suas manifestações espetaculares e imprevisíveis, que incluem relâmpagos, trovões e até mesmo a formação de relâmpagos em esferas, são fontes de fascinação e temor desde a origem, seja pelo som característico ou pelos estragos deixados. No entanto, além de sua natureza espetacular, as descargas atmosféricas também carregam um potencial destrutivo significativo, representando sérios riscos para a vida humana e propriedades. Segundo a NBR 5419/2015, os danos de uma



### ***Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos***

descarga atmosférica podem se estender além da estrutura atingida, e causar danos e falhas à vizinhança. O sistema utilizado para proteger pessoas, edifícios, prédios, tanques, tubulações, equipamentos e outros é conhecido como Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Torna-se evidente ao considerarmos os impactos negativos que as descargas podem causar. Incêndios, danos estruturais, interrupções de sistemas elétricos e, infelizmente, perda de vidas humanas estão entre as consequências mais graves. Portanto, a implementação adequada de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas não é apenas uma medida preventiva, mas também uma salvaguarda essencial para a preservação da vida humana e a manutenção da infraestrutura. Entre 2000-2019 o número de mortes chegou a 2194, sendo o estado de São Paulo o líder com 327 casos, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para compreender a complexidade das descargas atmosféricas e reconhecer a necessidade de medidas preventivas, possibilitando contribuir nossa escola, protegendo adequadamente aos danos, vidas e bens de um dos fenômenos naturais mais desafiadores e perigosos que a Terra apresenta. Através do desenvolvimento será possível fornecer uma visão aprofundada da importância dos SPDA como parte essencial da engenharia de segurança e da proteção da sociedade contra os caprichos da natureza em uma edificação

## **2.2 Parâmetros de um raio**

Para compreender melhor o que caracteriza uma descarga atmosférica, primeiramente, precisamos saber como elas são formadas. As nuvens e o solo possuem cargas elétricas positivas e negativas. Estas cargas, normalmente, estão dispersas de forma aleatória na superfície e na atmosfera.

**Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos**



Figura 1 – Cargas embaralhadas na nuvem e no solo

Quando ocorrem nuvens de tempestade, o atrito entre as moléculas de água e/ou gelo fazem com que ocorra uma separação entre essas cargas elétricas dentro da nuvem. O acúmulo negativo (ou positivo) na parte de baixo da nuvem faz com que ocorra no solo uma indução eletrostática com cargas opostas.



Figura 2 – Cargas organizadas na nuvem e no solo.

À medida que a nuvem se expande e o mecanismo de autoprodução de cargas elétricas aumenta, dá-se origem a uma primeira onda elétrica, que parte da base da nuvem em direção ao solo. Esta descarga de energia busca locais com menor potencial elétrico, ficando sujeita a variáveis atmosféricas, tais como pressão, temperatura, etc. e, por isso, sua trajetória é ramificada e aleatória.

**Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos**

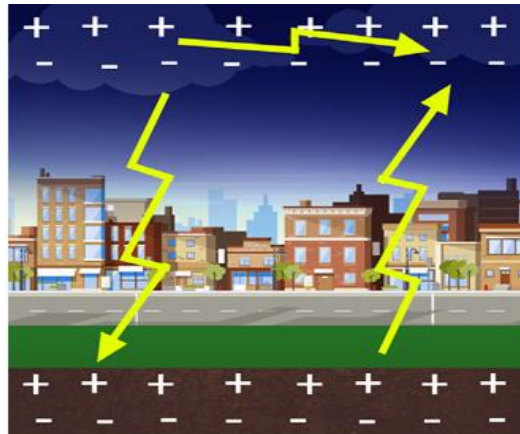


Figura 3 - Descargas atmosféricas.

Essa primeira onda caracteriza o líder descendente (chamado também de condutor por passos) que define sua posição de queda entre 20 a 100 metros do solo. A partir deste primeiro estágio, o raio deixa um canal ionizado entre a nuvem e o solo, que permite a passagem de uma avalanche de cargas com valor médio de corrente de pico em torno de 20 kA. Os próximos choques de cargas causam o aquecimento do ar em até 30.000 °C, o que provoca a sua expansão (trovão). Neste processo, os elétrons retirados das moléculas de ar retornam, fazendo com que a energia absorvida por eles na emissão, seja devolvida sob a forma de luz (relâmpago). Na maioria dos casos, este mecanismo se repete diversas vezes na mesma descarga elétrica.

De um modo geral, além desse tipo de formação do raio, que pode ser categorizado como nuvem-solo, também podem ocorrer descargas nuvem-nuvem e solo-nuvem, sendo esta última a mais rara (ocorre, normalmente no topo de montanhas, edifícios muito altos ou geradores eólicos). Após anos de estudos e estatísticas, os comitês normativos, em especial o comitê da IEC, chegaram em uma conclusão sobre os parâmetros que caracterizam uma descarga atmosférica. O máximo valor de corrente esperado por um raio é 200 kA. Esse valor não representa uma impossibilidade para raios de maiores intensidades (que inclusive já foram registrados), mas a probabilidade de que esses eventos ocorram é praticamente nula (menor que 1%). Outros parâmetros, como carga, energia específica, duração da onda, etc. também foram definidos com base em dados históricos, coletados em estações de pesquisa de vários países. Ou seja, hoje já temos acesso a bastante informação sobre as

### **Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos**

características dos raios, o que facilita bastante na hora de planejar o sistema de proteção. Se em teoria, um raio possui 200 kA, no máximo, o mais lógico seria projetar um sistema com a capacidade de absorver, exatamente, esse valor de corrente. Contudo, sistemas com essa capacidade de proteção tendem a ser muito mais caros e, falando em dados estatísticos, é mais comum que um raio tenha valor de corrente entre 30 e 40 kA. Para facilitar o gerenciamento de risco dos diferentes tipos de edificações em função de parâmetros como materiais construtivos, tamanho, importância social, conteúdo e localização, os comitês normativos estabeleceram os chamados níveis de proteção. Eles são uma espécie de classificação baseada em informações científicas sobre os raios e servem de referência para o dimensionamento do sistema de proteção (SPDA e MPS). Esses níveis variam de I a IV e definem os valores máximo e mínimo esperados para a corrente, sendo o nível I o mais rigoroso.

Tabela 1 – Limitações das correntes do raio em acordo com os níveis de proteção

Fonte: NBR 5419/2015

Nível de Proteção	I	II	III	IV
Corrente máxima esperada	200 kA	150 kA	100 kA	100 kA
Corrente mínima esperada	3 kA	5 kA	10 kA	16 kA
Eficiência	98%	95%	86%	80%

A eficiência dos níveis de proteção está relacionada à corrente máxima esperada. Ou seja, considerando todos os raios já registrados até hoje, qual porcentagem seria suportada pelo sistema, sem causar qualquer tipo de dano severo. Com base nessas informações, podemos por exemplo, dimensionar a proteção de um hospital e também de uma casa, utilizando a mesma metodologia, mas com parâmetros diferentes e custos compatíveis com cada aplicação.

### **2.3 Danos estruturais e em equipamentos**

Descargas atmosféricas podem causar danos físicos às estruturas atingidas. Isso inclui danos à alvenaria, ao concreto, às estruturas metálicas e a outros materiais de construção. Estes danos podem variar de fissuras superficiais a danos estruturais mais graves, dependendo da intensidade da descarga estruturas próximas também



### ***Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos***

podem ser afetadas. Elas podem resultar em danos mecânicos a estruturas, inclusive a ocorrência de incêndios ou explosões devido ao plasma de alta intensidade. Além disso, a corrente do raio pode superaquecer condutores elétricos, levando a faíscas devido a sobretensões em acoplamentos indutivos e resistivos. As pessoas também correm riscos quando ocorrem descargas atmosféricas, uma vez que podem ser expostas a tensões de passo e de toque, o que pode causar danos físicos. Além disso, equipamentos e sistemas internos podem sofrer falhas ou danos devido à interferência das ondas eletromagnéticas geradas pelas descargas atmosféricas.

Descargas atmosféricas são eventos naturais que não podem ser evitados ou desviados. No entanto, é possível e apropriado adotar medidas de proteção para minimizar ou prevenir danos tanto à população quanto às edificações. Isso enfatiza a importância da instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas. Entretanto, nem todas as estruturas requerem um Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA); é fundamental avaliar diversas variáveis e conduzir uma análise específica para cada situação a fim de determinar se a instalação de um SPDA é necessária. A NBR 5419 considera quatro riscos potenciais que influenciam a tomada de decisão:

- R1: risco de perda ou ferimentos temporários e permanentes em vidas humanas;
- R2: risco de perdas de serviços ao público;
- R3: risco de perdas do patrimônio cultural;
- R4: risco de perda de valores econômicos.

Assim, é imperativo realizar uma análise minuciosa desses riscos. A instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) se torna necessária em uma edificação, a menos que o risco de ocorrência de problemas esteja abaixo do limite tolerável conforme a NBR 5419 conforme a tabela 2.

### Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos

Tabela 2 – Tipo de perda:  
Fonte NBR5419/3

Tipo de Perda	Risco Tolerável
L1 – Perda de vida humana ou ferimentos permanentes	$10^{-5}$
L2 – Perda de serviço ao público	$10^{-3}$
L3 – Perda de patrimônio cultural	$10^{-4}$

## 2.4 Princípios Gerais

A NBR 5419 é uma norma técnica brasileira que estabelece os critérios e diretrizes para o projeto, a implementação e a manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, com o objetivo de minimizar os riscos de danos causados por raios em estruturas e equipamentos. A norma está dividida em várias partes, e na primeira parte, são abordados os conceitos básicos e definições fundamentais para a compreensão do tema.

“As medidas de proteções consideradas na ABNT NBR 5419 são comprovadamente eficazes na redução dos riscos associados às descargas atmosféricas”. (NBR 5419/2).

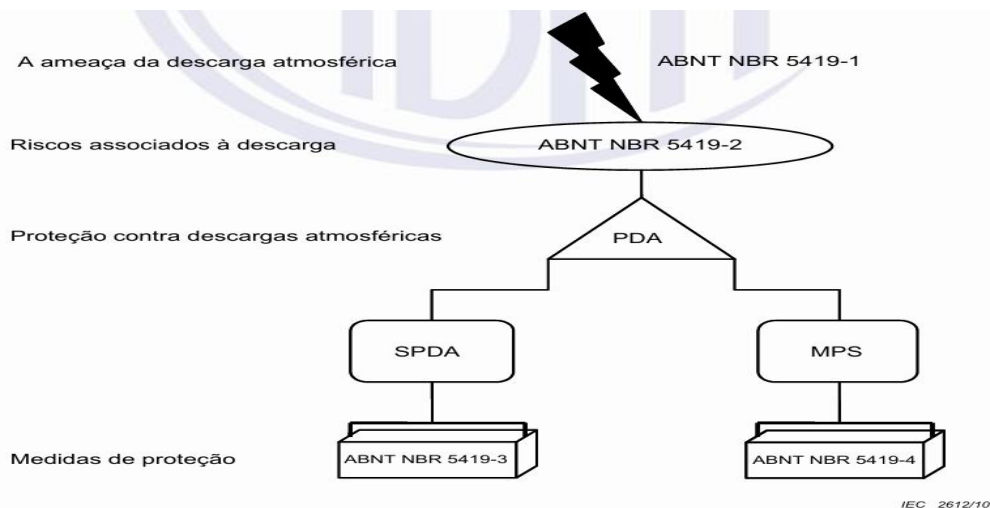


Figura 4: Conexões entre as partes da ABNT NBR 5419. Fonte ABNT 5419/1.

Conforme a figura 4 acima, o SPDA é o sistema completo de proteção em estruturas contra descargas atmosféricas, incluindo sistemas internos, externos, equipamentos e pessoas. Dentro dele temos o SPDA que é sistema externo para proteção contra descargas atmosféricas e o MPS, que são medidas internas contra surtos provocados



***Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos***

por descargas atmosféricas. Nesta primeira parte da NBR 5419, são definidos os principais termos e conceitos relacionados à proteção contra descargas atmosféricas, incluindo: Atmosfera Elétrica: Refere-se às condições elétricas na atmosfera, que podem resultar em descargas atmosféricas, como raios. Descarga Atmosférica: É a transferência de eletricidade entre a atmosfera e a Terra, podendo ocorrer de diversas formas, como raios nuvem-solo, raios intra e internuvens, entre outras. Equipotencialização: Trata-se do processo de igualar os potenciais elétricos em uma estrutura ou sistema para reduzir os riscos de danos causados por raios. Para-raios: São dispositivos projetados para atrair e conduzir descargas atmosféricas de forma segura para o solo, protegendo edificações e equipamentos. Zona de Proteção: É a área em torno de uma estrutura que precisa ser protegida contra descargas atmosféricas, e é subdividida em Zona de Proteção Direta e Zona de Proteção Indireta. Métodos de Proteção: São abordados os métodos de proteção contra descargas atmosféricas, como o uso de para-raios, sistemas de aterramento e outros dispositivos. Níveis de Proteção: A norma estabelece diferentes níveis de proteção para estruturas, dependendo da importância e do tipo da edificação.

Quatro classes de SPDA (I, II, III e IV) são definidas como um conjunto de regras de construção, baseadas nos correspondentes níveis de proteção (NP). Cada conjunto inclui regras dependentes do nível de proteção (por exemplo, raio da esfera rolante, largura da malha etc.) e regras independentes do nível de proteção (por exemplo, seções transversais de cabos, materiais etc). (NBR5419/1).

Sistemas de Proteção: São mencionados os diferentes componentes e sistemas que podem ser utilizados para proteger edificações e equipamentos contra raios. Essa primeira parte da NBR 5419 é fundamental para que os profissionais envolvidos no projeto e na instalação de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas compreendam os termos e conceitos essenciais relacionados a esse tema. Ela serve como base para a implementação das diretrizes mais específicas e técnicas presentes nas partes subsequentes da norma.



### *Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos*

## **3 METODOLOGIA**

A presente pesquisa fundamenta-se em uma abordagem qualitativa e exploratória, com ênfase na análise normativa e técnica acerca dos Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA). Para tanto, foram adotados os seguintes procedimentos metodológicos.

Pesquisa bibliográfica e normativa, realizou-se levantamento de literatura especializada e consulta às normas técnicas pertinentes, em especial a ABNT NBR 5419/2015 e a IEC 62305, que estabelecem critérios e diretrizes para o dimensionamento e implantação de sistemas de proteção contra raios.

Na análise documental, foram examinados dados estatísticos disponibilizados por órgãos oficiais, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a fim de contextualizar a incidência de descargas atmosféricas no território brasileiro e seus impactos sobre edificações e vidas humanas.

Nos Estudos técnico-normativo, procedeu-se à interpretação dos parâmetros definidos pelas normas, tais como níveis de proteção (I a IV), critérios de risco (R1 a R4) e requisitos de dimensionamento de sistemas de captação, descidas e aterramento.

As aplicações práticas dos conceitos, buscou-se relacionar os fundamentos teóricos e normativos com situações reais de projeto, de modo a oferecer subsídios técnicos para engenheiros, projetistas e demais profissionais da área.

A metodologia adotada, portanto, privilegia a coerência normativa e a consistência técnica, assegurando que as recomendações apresentadas estejam alinhadas às melhores práticas de engenharia e aos padrões internacionalmente reconhecidos.

## **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise desenvolvida ao longo deste trabalho evidencia que as descargas atmosféricas constituem fenômenos naturais inevitáveis, dotados de elevado potencial destrutivo, tanto para edificações quanto para a integridade física de pessoas e equipamentos. Nesse contexto, a implementação de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) revela-se como medida indispensável para a mitigação de riscos e a preservação da vida humana.

A ABNT NBR 5419/2015, em consonância com a IEC 62305, estabelece parâmetros técnicos robustos e cientificamente embasados, que permitem dimensionar sistemas



### **Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos**

de proteção de acordo com a relevância social, econômica e cultural das edificações. A adoção desses critérios possibilita a elaboração de projetos seguros, economicamente viáveis e adaptados às especificidades de cada estrutura. Constata-se, ainda, que a correta aplicação das normas técnicas não deve ser compreendida como um mero requisito burocrático, mas sim como um instrumento de engenharia preventiva, capaz de reduzir significativamente prejuízos materiais, evitar interrupções de serviços essenciais e, sobretudo, preservar vidas humanas. Em síntese, conclui-se que o investimento em sistemas de proteção contra raios representa uma estratégia de segurança essencial, cuja relevância transcende o aspecto econômico, configurando-se como um compromisso ético e técnico da engenharia com a sociedade.

## **5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5419: proteção contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT NBR 5410. Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Estatísticas de mortes por raios no Brasil (2000–2019). São José dos Campos: INPE, 2020. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>.

[http://www.inpe.br/webelat/docs/Cartilha\\_Protecao\\_Contra\\_Raios\\_Brasil\\_2020.pdf](http://www.inpe.br/webelat/docs/Cartilha_Protecao_Contra_Raios_Brasil_2020.pdf). Acesso em: 16 set. 2022.

<http://www.inpe.br/webelat/elatMidia/php/pageMenuElatMidiaNew.php>. Acesso em: 6 Setembro 2022.

André Nunes Rodrigues de Souza, José Eduardo Borelli, Reinaldo Barros, Benjamim Ferreira. SPDA: sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

José Carlos Pereira, Roberto Lima. SPDA – Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas: teoria, prática e legislação. São Paulo: Itc, 2019.

Angelo Giovannetti Petrato, Marco Aurélio Piccinini. Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA): apresentação e manutenção. *Revista de engenharia elétrica*, centro universitário academia – Uniacademia 2021.

Nikolas lemos Bahia de Oliveira, Carlos Alberto Lemos de Alves, Normando Virgílio Borges. Proteção Contra Descargas Atmosféricas: guia introdutório sobre para-raios



***Etec Jacinto Ferreira de Sá - 066 – Ourinhos***  
e SPDA. *Apostila técnica, tel engenharia, 2021.*