

ELISEU FARIAS JUNIOR

**DETALHAMENTO TÉCNICO DE UMA PROPOSTA
NORMATIVA SOBRE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA
A ÁREA RURAL**

Taubaté – SP

2018

ELISEU FARIAS JUNIOR

**DETALHAMENTO TÉCNICO DE UMA PROPOSTA
NORMATIVA SOBRE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS PARA
A ÁREA RURAL**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Abud Marcelino

Taubaté – SP

2018

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

F224d Farias Junior, Eliseu
Detalhamento técnico de uma proposta normativa sobre descargas atmosféricas / Eliseu Farias Junior. – 2018.
89 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Márcio Abud Marcelino, Departamento de Engenharia Elétrica.

1. Descargas atmosféricas. 2. Normativa. 3. Rural. 4. Segurança.
5. SPDA. I. Título. II. Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica.

CDD – 621.317

Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

Dedico este trabalho ao trabalhador rural.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares, amigos, colegas e profissionais envolvidos no progresso da minha graduação. Agradeço aos docentes que me elogiaram e criticaram de forma justa e necessária. Agradeço à engenharia e tudo aquilo que a engloba.

FARIAS JUNIOR, Eliseu. **Detalhamento técnico de uma proposta normativa sobre descargas atmosféricas na área rural**. 2018. 90 f. Trabalho de Graduação (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Mecânica – DEM, Universidade de Taubaté, Taubaté.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma relação entre descargas atmosféricas e trabalho no campo, fluindo entre sua metodologia um estudo de caso que representa um potencial problema destinado ao entendimento sobre as causas negativas das descargas atmosféricas em uma área rural extensa e produtiva, contendo em seu espaço geográfico uma casa de campo, uma cerca rural, um curral e suas possíveis fontes de produção agropecuária. É apresentada uma base conceitual sobre o tema e também sobre suas adjacências científicas, sendo assim, um preparo para a apresentação metodológica. Uma análise de custos e de viabilidade das recomendações de proteção contra descargas atmosféricas é apresentada nos capítulos seguintes à metodologia através de tabelas e comentários. Um capítulo é dedicado a uma abordagem mais flexível técnica e linguisticamente em relação aos parâmetros alcançados com a pesquisa como um todo, no capítulo da Discussão uma ponto que vale ressaltar é a necessidade presente e futura da presença deste tema na engenharia elétrica, pois muito pouco se discute e se aborda este assunto, principalmente envolvendo o trabalho no campo, trabalho no qual é sustentada grande parte da arrecadação econômica nacional. Uma conclusão acompanha o trabalho em seu último capítulo, formando assim um espaço técnico e científico capaz de trazer evidência ao estudo aplicado.

Palavras-chave: Descargas atmosféricas, SPDA, rural, segurança, normativa

FARIAS JUNIOR, Eliseu. **Technical details of a draft proposal on atmospheric discharges in rural areas**. 2017. 90 p. Graduation work (Bachelor's degree in in Electrical engineering) – Department of Mechanical Engineering – DEM, University of Taubaté, Taubaté, BRAZIL.

ABSTRACT

This work presents a relation between atmospheric discharges and work in the field, flowing between its methodology a case study that represents a potential problem aimed at understanding the negative causes of atmospheric discharges in an extensive and productive rural area, containing in its geographic space a country house, a rural fence, a corral and its possible sources of agricultural production. A conceptual basis is presented on the subject and also on its scientific adjacencies, being thus a preparation for the methodological presentation. A cost and feasibility analysis of the recommendations for protection against atmospheric discharges is presented in the following chapters to the methodology through tables and comments. A chapter is dedicated to a more technical and linguistically flexible approach to the parameters achieved with the research as a whole, in the chapter of the Discussion one point that is worth emphasizing is the present and future need of the presence of this theme in electrical engineering, since very little discusses and addresses this issue, mainly involving work in the field, work in which a large part of the national economic revenue is sustained. A conclusion accompanies the work in its last chapter, thus forming a technical and scientific clear capable of bringing evidence to the applied study.

Keywords: Atmospheric discharges, ADPS, rural, safety, regulation.

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 16 |
| 1.1.1 | Objetivo Geral | 16 |
| 1.1.2 | Objetivos Específicos | 17 |
| 1.2 | DELIMITAÇÃO DO ESTUDO..... | 17 |
| 1.3 | RELEVÂNCIA DO ESTUDO | 17 |
| 1.4 | ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO | 18 |
| 2. | REVISÃO DA LITERATURA | 20 |
| 2.1 | DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E SUAS CARACTERÍSTICAS | 20 |
| 2.2 | ORIGEM DOS RELÂMPAGOS | 21 |
| 2.3 | TIPOS DE RELÂMPAGOS | 22 |
| 2.3.1 | Relâmpagos no solo..... | 22 |
| 2.3.2 | Relâmpagos na nuvem | 22 |
| 2.3.3 | Relâmpagos raros | 23 |
| 2.4 | TENSÃO DE TOQUE..... | 23 |
| 2.5 | ELEVAÇÃO DA TENSÃO NO SOLO | 24 |
| 2.6 | A NORMA ABNT NBR 5419:2015 - PROTEÇÕES CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS | 25 |
| 2.6.1 | DANOS, PERDAS E MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE ACORDO COM A NBR 5419:2015 | 27 |

| | |
|---|----|
| 2.6.1.1 Danos à estrutura | 27 |
| 2.6.1.1.1 Efeitos das descargas atmosféricas sobre uma estrutura | 28 |
| 2.6.1.1.2 Descargas atmosféricas na estrutura | 29 |
| 2.6.1.2 Tipos de perda | 29 |
| 2.6.1.3 Necessidade e vantagem econômica da proteção contra descargas atmosféricas | 30 |
| 2.6.1.3.1 Necessidade da proteção contra descargas atmosféricas | 30 |
| 2.6.1.3.2 Vantagem econômica da proteção contra descargas atmosféricas..... | 30 |
| 2.6.1.4 Medidas de proteção | 31 |
| 2.6.1.4.1 Medidas de proteção para reduzir danos devido a choque elétrico..... | 31 |
| 2.6.1.4.2 Medidas de proteção para redução de danos físicos | 31 |
| 2.6.1.4.3 Medidas de proteção para redução de falhas dos sistemas elétricos e eletrônicos | 32 |
| 2.6.2 Gerenciamento de risco | 32 |
| 2.6.3 Níveis de proteções..... | 32 |
| 2.7 MÉTODOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SPDA | 33 |
| 2.7.1 Método de Franklin..... | 34 |
| 2.7.2 Método da esfera rolante | 34 |
| 2.7.3 Método da gaiola de Faraday..... | 35 |

| | | |
|--------|--|----|
| 2.8 | COMPOSIÇÃO DE UM SPDA | 37 |
| 2.8.1 | Subsistema de captação | 37 |
| 2.8.2 | Subsistema de descida | 39 |
| 2.8.3 | Subsistema de aterramento | 40 |
| 2.9 | TRABALHO NO CAMPO | 41 |
| 2.10 | A RELAÇÃO ENTRE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, SPDA E TRABALHO NO CAMPO..... | 41 |
| 2.11 | INFOGRÁFICO | 43 |
| 2.12 | AS CERCAS EM ZONAS RURAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS..... | 44 |
| 2.12.1 | A função das cercas em áreas rurais..... | 44 |
| 2.12.2 | Tipos de cercas rurais..... | 45 |
| 2.13 | EFEITOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM POTENCIAIS PONTOS DE IMPACTO NA ÁREA RURAL | 46 |
| 2.13.1 | Descargas atmosféricas em árvores..... | 46 |
| 2.13.2 | Descargas atmosféricas em redes elétricas e telefônicas | 47 |
| 2.13.3 | Descargas atmosféricas em abrigos..... | 47 |
| 2.13.4 | Descargas atmosféricas em cercas convencionais | 48 |
| 3. | METODOLOGIA..... | 51 |
| 3.1 | ESTUDO DE CASO | 51 |
| 3.1.1 | ESTUDO DIMENSIONAL DA CASA DE CAMPO | 52 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.1.1.1 | Como é feita a proteção em residências..... | 52 |
| 3.1.1.2 | Seleção das medidas de proteção para a casa de campo | 54 |
| 3.1.2 | ESTUDO DIMENSIONAL DA CERCA RURAL | 54 |
| 3.1.2.1 | Proteção das cercas convencionais..... | 56 |
| 3.1.2.2 | Seccionamento das cercas | 57 |
| 3.1.2.3 | Como fazer o seccionamento | 58 |
| 3.1.2.4 | Espaçamento entre os seccionamentos | 62 |
| 3.1.2.5 | O seccionamento através da porteira | 62 |
| 3.1.2.6 | O aterramento nas cercas..... | 63 |
| 3.1.2.7 | Como aterrar uma cerca convencional | 63 |
| 3.1.2.8 | O aterramento através de hastes..... | 65 |
| 3.1.2.9 | O aterramento através de fios ou cordoalhas | 67 |
| 3.1.2.10 | Aterramento em locais com grande circulação de animais ou pessoas.... | 69 |
| 3.1.2.11 | Aterramento próximo à porteira | 71 |
| 3.1.2.12 | SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO PARA AS CERCAS | 72 |
| 3.1.2.13 | Execução do seccionamento seguro | 72 |
| 3.1.2.14 | Instalação de bloqueios no seccionamento | 73 |
| 3.1.2.15 | Integração do aterramento na cerca | 73 |

| | |
|--|----|
| 3.1.3 ESTUDO DIMENSIONAL DE PROTEÇÃO PARA O CURRAL | 74 |
| 3.1.3.1 A proteção em currais | 75 |
| 3.1.3.2 O aterramento em currais | 76 |
| 4. RESULTADOS | 80 |
| 4.1 Levantamento de materiais e custos para um SPDA na cerca rural | 80 |
| 4.2 Levantamento de materiais e custos para implantar um SPDA no curral | 82 |
| 4.3 ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DO SPDA NA CERCA RURAL E NO CURRAL..... | 84 |
| 5. DISCUSSÃO | 85 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 87 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Comparativo cerca convencional e elétrica | 45 |
| Tabela 2: Dimensões da propriedade | 52 |
| Tabela 3: Levantamento de custos para um SPDA na cerca rural..... | 82 |
| Tabela 4: Levantamento de custos mínimos para um SPDA no curral | 83 |
| Tabela 5: Preços mínimos de bovinos | 84 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Descarga Atmosférica | 20 |
| Figura 2: Tensão de toque | 24 |
| Figura 3: Elevação da tensão no solo | 25 |
| Figura 4: Partes normativas da NBR 5419:2015 | 27 |
| Figura 5: Característica do método de Franklin..... | 34 |
| Figura 6: Característica do método de Esfera Rolante..... | 35 |
| Figura 7: Característica do método de Gaiola de Faraday | 36 |
| Figura 8: Subsistema de captação de um SPDA | 38 |
| Figura 9: Subsistema de descida de um SPDA..... | 39 |
| Figura 10: Subsistema de aterramento de um SPDA..... | 40 |
| Figura 11: INFOGRÁFICO – Morte por raios | 43 |
| Figura 12: Descargas atmosféricas em árvores | 46 |
| Figura 13: Descargas atmosféricas em redes elétricas e telefônicas..... | 47 |
| Figura 14: Descargas atmosféricas em abrigos | 48 |
| Figura 15: Descargas atmosféricas em cercas convencionais..... | 49 |
| Figura 16: Casa de campo | 51 |
| Figura 17: SPDA em residências | 53 |
| Figura 18: Área total da propriedade rural..... | 55 |
| Figura 19: comparativo entre uma cerca seccionada e uma cerca não seccionada. | 58 |
| Figura 20: Seccionamento correto de uma cerca rural..... | 59 |
| Figura 21: Cerca seccionada com isolamento..... | 60 |
| Figura 22: Condições de seccionamento seguro | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura 23: Seccionamento com 03 lascas..... | 61 |
| Figura 24: Seccionamento através da porteira..... | 62 |
| Figura 25: Aterramento em uma cerca..... | 64 |
| Figura 26: Aterramento com objeto metálico em uma cerca..... | 64 |
| Figura 27: Haste de aterramento..... | 66 |
| Figura 28: Aterramento de uma cerca através de haste..... | 67 |
| Figura 29: Comparativo sistema com haste e sistema com fio..... | 68 |
| Figura 30: Comparativo do posicionamento do aterramento..... | 69 |
| Figura 31: SPDA em local com grande circulação de pessoas e animais..... | 70 |
| Figura 32: SPDA com fio para local com grande circulação de pessoas e animais.. | 71 |
| Figura 33: Aterramento próximo à porteira..... | 71 |
| Figura 34: Área total do curral..... | 75 |
| Figura 35: Aterramento em curral..... | 76 |
| Figura 36: Malha de aterramento em um curral..... | 77 |
| Figura 37: Malha de aterramento pré-montada em um curral..... | 78 |
| Figura 38: SPDA através de hastes em um curral..... | 79 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|--------|---|
| INPE | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| ELAT | Grupo de Eletricidade Atmosférica |
| NBR | Norma Brasileira Regulamentadora |
| SPDA | Sistema de proteção contra descargas atmosféricas |
| UNITAU | Universidade de Taubaté |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| NG | Número de descargas atmosféricas |
| LEMP | Pulso Eletromagnético Devido às Descargas Atmosféricas |
| MPS | Medidas de Proteção contra Surtos |
| DPS | Dispositivo de Proteção Contra Surtos |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PVC | Policloreto de polivinila |
| V | Unidade de Tensão Elétrica (Volts) |
| K | Prefixo do Sistema Internacional de Unidades (Mil Unidades) |
| m | Unidade de medida de comprimento (Metros) |
| mm | Unidade de medida de comprimento (Milímetros) |
| cm | Unidade de medida de comprimento (Centímetros) |

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, devido ao elevado número de descargas atmosféricas por ano, várias pessoas, animais e estruturas sofrem com os riscos presentes neste fenômeno.

A área rural recebe pouca visibilidade atualmente se comparada às atenções nos sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) nas áreas urbanas.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) o maior índice de fatalidades ocorridas a partir das descargas atmosféricas envolve as atividades rurais, isso sem contar as fatalidades envolvendo o corpo animal das propriedades rurais.

Sabendo que a área rural possui pouca visibilidade normativa e grande número de fatalidades, uma das formas mais viáveis de reduzir o escasso volume de informação sobre o tema com o público alvo é recomendando alguns modelos de arranjos de proteção para melhor conduzir as correntes das descargas atmosféricas até o solo. Cercas rurais são bons alvos de descargas atmosféricas e, também são capazes de carregar sua estrutura eletricamente por consequência das características elétricas das descargas atmosféricas.

No presente estudo é possível observar alguns aspectos dos fatores citados anteriormente, sendo assim, uma base de estudos sobre causas e efeitos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este conjunto de estudos tem como finalidade alcançar o público rural a fim de alertar sobre riscos provenientes das descargas atmosféricas bem como suas características naturais, e recomendações detalhadas visando uma redução de danos à vida e às estruturas através de aplicações seguras de técnicas acessíveis.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para que os resultados deste trabalho obtenham relevância, os seguintes objetivos devem ser alcançados:

- Expor um embasamento teórico sobre o principal tema, as descargas atmosféricas e suas características;
- Criar um campo dedicado à necessidade de atenção ao público rural para com as necessidades de proteção contra descargas atmosféricas, visando à valorização do setor produtivo agrícola;
- Relacionar as descargas atmosféricas e o trabalho no campo;
- Citar as características relevantes da norma NBR 5419:2015;
- Apresentar um estudo de caso envolvendo descargas atmosféricas e trabalho no campo;
- Criar uma ênfase na proteção de cercas rurais visando à redução dos potenciais riscos à vida em relação às descargas atmosféricas;
- Avaliar o custo-benefício da implantação de um arranjo de SPDA em cercas e currais na área rural.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O presente trabalho não é capaz de alcançar comprovações científicas a partir das recomendações de proteção contra descargas atmosféricas nas cercas rurais e currais, sendo assim um modelo típico de dedução teórica e prática com base apenas no comportamento característico das descargas atmosféricas, visando assim à hipótese de arranjos capazes de cumprir o objetivo estrutural de conduzir correntes provenientes das descargas atmosféricas para o solo.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

A abordagem sobre descargas atmosféricas e zona rural é relevante principalmente ao ramo da engenharia elétrica para com a relação entre produtividade e segurança, somando uma gama de afirmações e dúvidas a serem trabalhadas futuramente com o empenho à continuidade deste trabalho a fim de elevar a procura e minimizar a carência de informação ao público rural que, atualmente propõe alta produtividade nacional, porém mantém aprendizados equivocados sobre descargas atmosféricas.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No capítulo 1 deste trabalho é apresentado de forma resumida e objetiva o propósito e a forma de alcançar a proposta, enfatizando as características do tema.

No capítulo 2 é exposto o tema principal de forma detalhada, bem como sua composição e adjacência científica, é apresentada sua construção teórica com base em conceitos envolvendo descargas atmosféricas, a norma NBR 5419:2015, zona rural e a relação desses fatores.

Nos capítulos 3 e 4 há uma relação relevante entre suas respectivas informações, no capítulo 3 é apresentada a metodologia, ou seja, o desenvolvimento responsável pelos resultados citados no capítulo 4, ainda na metodologia é apresentado um estudo de caso contendo uma propriedade rural composta por uma casa de campo, uma cerca como forma de delimitação geográfica, um curral com área relevante à uma propriedade rural produtiva e potenciais vidas animais suficientes para convencer sobre a necessidade de implantação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas. No capítulo 4 é exposto todo o resultado obtido a partir da metodologia, resultados que, através de tabelas afirmam um estudo da viabilidade das recomendações propostas.

O capítulo 5 é composto por uma discussão de resultados e afirmações sobre os recursos necessários para compor o trabalho e algumas considerações para o progresso positivo e futuro da pesquisa apresentada.

No capítulo 6 é apresentada uma sucinta e objetiva conclusão, relacionando assim as considerações finais da pesquisa.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E SUAS CARACTERÍSTICAS

As descargas atmosféricas, mais conhecidas como raios, são definidas pelo ELAT – Grupo de Eletricidade Atmosférica como correntes elétricas muito intensas, este fenômeno ocorre na atmosfera com duração típica de meio segundo e trajetória entre 5 e 10 quilômetros.

O fenômeno ocorre em diferentes eventos naturais além das tempestades providas de intensidade chuvosa. Os relâmpagos podem estar presentes em erupções vulcânicas, tempestades de areia, tempestades de neve ou em nuvens sem tempestade.

A descarga atmosférica em si é definida em consequência do rápido movimento de elétrons, podendo ser notado em sua forma ascendente quando com trajetória do solo para a tempestade, ou descendente quando com trajetória da tempestade para o solo (ELAT 2016). A seguinte figura apresenta a característica visual de uma descarga atmosférica.

Figura 1: Descarga Atmosférica



Fonte: SHAREENERGY (2018)

2.2 ORIGEM DOS RELÂMPAGOS

Os relâmpagos se originam da quebra de rigidez dielétrica, isto é, da capacidade isolante do ar. A quebra de rigidez do ar ocorre quando o campo elétrico é suficiente para ionizar os átomos do ar e acelerar os elétrons a ponto de produzir uma descarga. Medidas em laboratório estimam que, para que a quebra de rigidez do ar ocorra dentro da nuvem, campos elétricos devem ser da ordem de um milhão de V/m. Medidas recentes têm mostrado que o campo elétrico dentro das nuvens de tempestade atinge valores entre 100 e 400 kV/m. Esses valores são inferiores aos que provocam a quebra de rigidez do ar na altura da nuvem e, em princípio, não seriam suficientes para que ocorresse a quebra de rigidez dielétrica do ar nesses níveis, a não ser que ocorram outros processos simultaneamente.

Dois processos têm sido propostos para explicar a iniciação dos relâmpagos a partir dos valores de campo elétrico medidos. Um deles considera que as gotículas de água se polarizam pelo campo elétrico, reduzindo o campo necessário para a quebra de rigidez. Tal processo, contudo, aparentemente não é capaz de reduzir o campo para quebra de rigidez aos valores observados.

O segundo processo considera que os elétrons secundários produzidos pela radiação cósmica na atmosfera, favorecem as descargas ao serem acelerados por estes campos, em uma atividade denominada quebra de rigidez por avalanche. Embora este processo pareça explicar por que os relâmpagos surgem em regiões com campos elétricos entre 100 e 400 kV/m, alguns detalhes do surgimento dos relâmpagos permanecem desconhecidos. Depois de iniciada a descarga, os elétrons na região de cargas negativas são atraídos por cargas positivas que começam a se mover através do ar rumo a estas cargas criando um canal condutor. O processo de quebra de rigidez é normalmente localizado perto da região de cargas negativas da nuvem (ELAT, 2016).

2.3 TIPOS DE RELÂMPAGOS

Ainda de acordo com as definições do ELAT os relâmpagos podem assumir diferentes características em relação às suas trajetórias, percentual de aparições, polaridades, intensidades e formas. É interessante que se tenha uma clara descrição de cada tipo de relâmpago presente na nossa atmosfera antes de qualquer metodologia neste trabalho.

2.3.1 Relâmpagos no solo

Os relâmpagos no solo podem possuir origens diferentes em dois casos distintos. O primeiro se refere ao relâmpago nuvem-solo em mais de 99% dos casos presentes de relâmpagos no solo, o outro caso é o relâmpago solo-nuvem com aparições relativamente raras ocorridas em topos de montanhas e estruturas altas.

Em termos de sinal, 90% dos relâmpagos do tipo solo-nuvem e nuvem-solo no planeta Terra são negativos, ou seja, compostos de cargas elétricas negativas (elétrons). Os percentuais podem variar em relâmpagos negativos e positivos (ELAT, 2016).

2.3.2 Relâmpagos na nuvem

Com características interessantes os relâmpagos ocorridos na nuvem podem possuir três diferentes casos eventuais: 70% desses eventos são caracterizados pelo relâmpago intranuvem com propagação dentro da própria nuvem de origem.

O relâmpago nuvem-nuvem, com propagação de uma nuvem para outra distinta e, também pode ocorrer um caso isolado em que uma descarga ocorre fora da nuvem sem um ponto final específico, sendo vista como uma descarga para o ar.

Nota-se que no total de relâmpagos existentes na atmosfera a maioria é regida pelas descargas intranuvem, porém os relâmpagos no solo são mais

conhecidos e, por consequência, mais temidos. Isso se deve ao fato deles serem em muitas vezes letais, como causas de danos de diferentes classes e, justamente sobre esses casos que este trabalho aborda com estudos direcionados à redução de danos principalmente nas áreas rurais, onde esses eventos causam maior número de perdas materiais, animais e humanas.

Geralmente os relâmpagos na nuvem ocorrem antes dos relâmpagos no solo durante uma tempestade. O percentual de relâmpagos intranuvem em uma tempestade é altamente variável (ELAT, 2016).

2.3.3 Relâmpagos raros

Originalmente conhecidos como relâmpagos esféricos, estes ocorrem próximos às tempestades. Esses relâmpagos podem ter cor, comportamento de posicionamento, emissão sonora e duração variável. Existem também os relâmpagos bipolares que possuem ambas as polaridades presentes na corrente elétrica. Acredita-se que ocorrem em apenas 5% dos casos de um relâmpago solo-nuvem, mas não são conclusivas as afirmações (ELAT, 2016).

2.4 TENSÃO DE TOQUE

A tensão de toque é a diferença de potencial em que uma pessoa se encontra ao tocar em uma estrutura metálica no instante em que esteja passando uma corrente elétrica intensa, como um curto-circuito ou descarga atmosférica. A Figura 02 a seguir ilustra essa característica.

Figura 2: Tensão de toque



Fonte: AUTOR (2018)

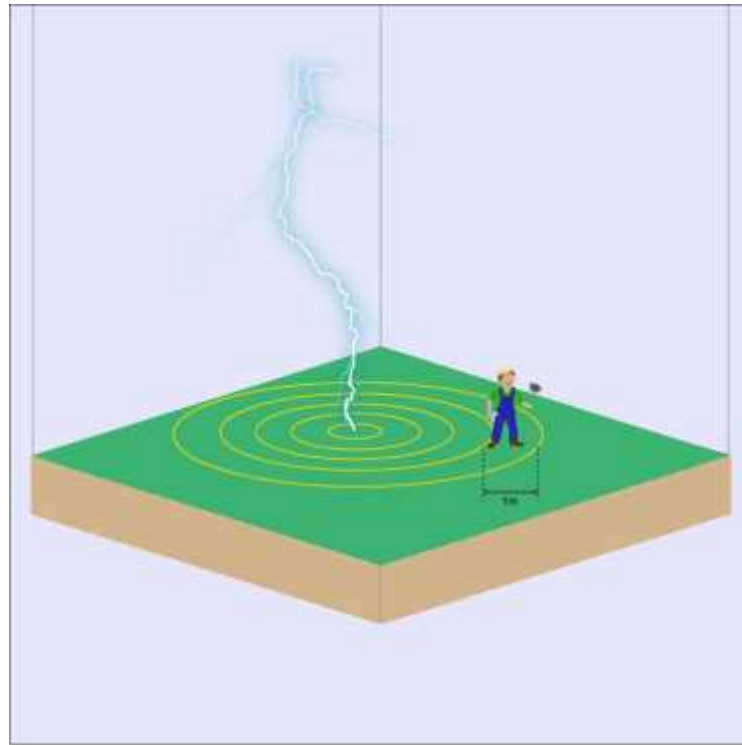
2.5 TENSÃO DE PASSO

Quando o solo é submetido a uma corrente elétrica sua tensão elétrica sofre um aumento. Assim que a corrente elétrica entra no solo ela se dissipa de maneira radial a partir do ponto de inserção. O solo por onde a corrente passa possui certa resistividade, pela lei de Ohm, fica clara a existência de uma tensão elétrica entre dois pontos do solo (VISACRO, 2002).

A diferença de potencial elétrico entre dois pontos no solo distantes de 1 metro é conhecida como tensão de passo. A elevação de tensão no solo é a principal causa de mortes por descargas atmosféricas (NOAA, 2016).

A seguir a Figura 03 apresenta este comportamento

Figura 3: Elevação da tensão no solo



Fonte: AUTOR (2018)

2.6 A NORMA ABNT NBR 5419:2015 - PROTEÇÕES CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

A NBR 5419 – Proteção contra descargas atmosféricas é um corpo normativo responsável pelos estudos e recomendações sobre as descargas atmosféricas, fenômenos naturais já definidos nos tópicos anteriores. Sua versão mais recente foi publicada no ano de 2015.

A estrutura da atual versão da normativa possui quatro partes fundamentais:

- Parte 1 – Princípios Gerais;
- Parte 2 – Gerenciamento de Risco;
- Parte 3 – Danos físicos a estrutura e perigos à vida;
- Parte 4 – Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.

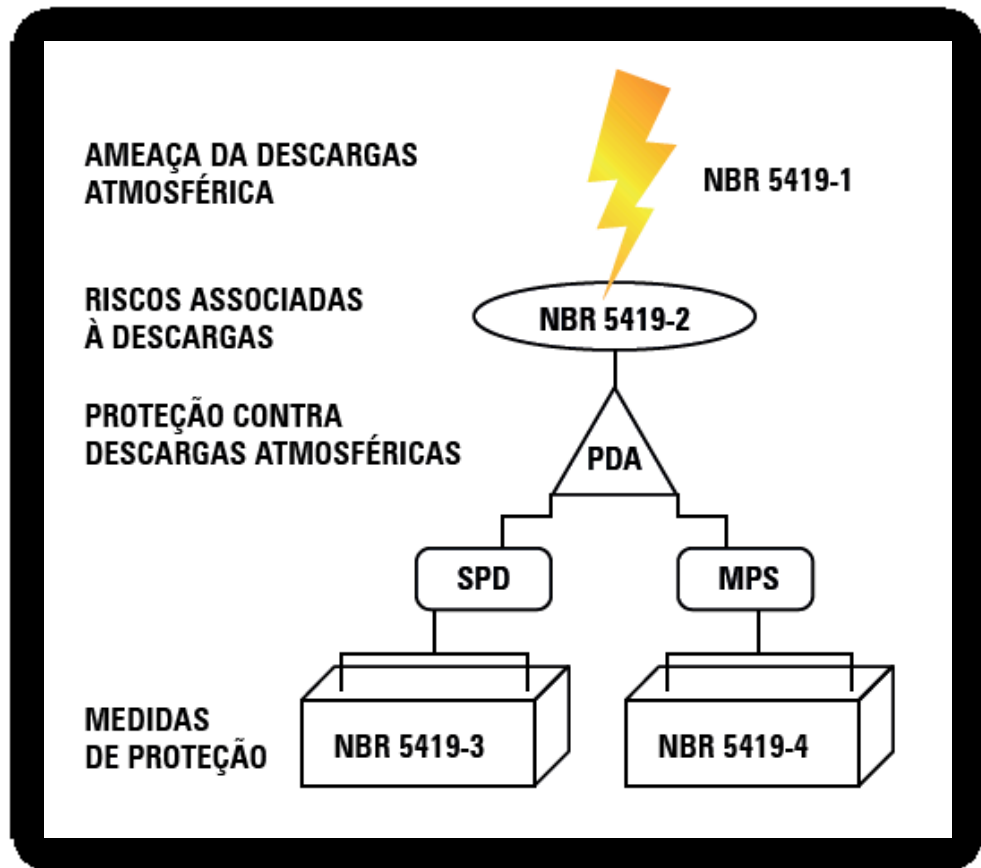
As medidas impostas na norma formam a proteção completa e necessária para uma estrutura. Nota-se que a norma é dividida em quatro grupos diferentes de conteúdo, dois desses grupos formam os grupos vistos como mais práticos em relação a projeto, instalação e manutenção.

Esses grupos mais práticos são considerados separadamente em:

- ABNT NBR 5419-3: Grupo responsável pelas medidas de proteção para reduzir danos físicos e riscos à vida dentro de uma estrutura e está contido na terceira parte da norma;
- ABNT NBR 5419-4: Grupo que se refere às medidas de proteção para reduzir falhas de sistemas elétricos e eletrônicos em uma estrutura e está contido na quarta e última parte da norma.

A norma possui uma conexão entre as partes, para melhor entender essa conexão a seguir são apresentadas as partes normativas através de um diagrama disposto na própria norma:

Figura 4: Partes normativas da NBR 5419:2015



Fonte: INSTRUTEMP (2017)

2.6.1 DANOS, PERDAS E MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS DE ACORDO COM A NBR 5419:2015

2.6.1.1 Danos à estrutura

Os danos às estruturas dependem das características da estrutura atingida e da descarga atmosférica. Esses danos podem se estender também para estruturas vizinhas. Uma descarga atmosférica muito provavelmente causará danos

irreversíveis à estrutura atingida diretamente e também aos ocupantes e conteúdos presentes na estrutura.

2.6.1.1.1 Efeitos das descargas atmosféricas sobre uma estrutura

Quando se analisa um caso de descargas atmosféricas, deve-se de forma prioritária analisar cada elemento integrante do contexto.

A NBR 5419:2015 cita algumas das características relevantes das estruturas para efeitos das descargas atmosféricas. As características incluem:

- **Construção:**
Madeira, alvenaria, concreto, concreto armado, estrutura em aço.
- **Função:**
Escritório, residência, rural, comércio, teatro, hotel, escola, hospital, igreja, museu, prisão, shopping center, fábrica, banco, indústria, áreas esportivas.
- **Ocupantes e conteúdos:**
Pessoas, animais, sistemas elétricos e eletrônicos (baixa ou alta tensão), presença ou não de materiais explosivos ou combustíveis.
- **Linhas elétricas e tubulações que adentram a estrutura:**
Linhas de energia, linhas de sinal, tubulações metálicas.
- **Medidas de proteção existentes ou providas:**
Medidas para redução de dano físico e à vida, medidas para redução de danos e falhas em sistemas internos.
- **Dimensão do risco:**

Estrutura que possa haver pânico, dificuldade de evacuação, estrutura perigosa ao ambiente, estrutura perigosa às redondezas.

2.6.1.1.2 Descargas atmosféricas na estrutura

Ainda na NBR 5419:2015 é possível ter conhecimento de algumas causas referentes às descargas atmosféricas em uma estrutura. Essas causas podem ser:

- **Danos mecânicos imediatos:**
Fogo, explosão, aquecimento resistivo de condutores (condutores sobreaquecidos) e erosões.
- **Sobretensões:**
Fogo, explosão e centelhamentos.
- **Danos às pessoas:**
Choque elétrico (devido às tensões de passo e de toque)
- **Danos em sistemas internos:**
Falha ou mau funcionamento devido a LEMP

2.6.1.2 Tipos de perda

De acordo com a NBR 5419:2015 cada tipo de dano relevante para uma estrutura pode produzir perdas. O tipo de perda que pode ocorrer depende diretamente das características do objeto.

Para efeitos da NBR 5419:2015, são considerados os seguintes tipos de perdas:

- Perda de vida humana (incluindo danos permanentes);
- Perda de serviço público;
- Perda de patrimônio cultural;
- Perda de valor econômico (estrutura e seu conteúdo, assim como interrupções de atividades).

2.6.1.3 Necessidade e vantagem econômica da proteção contra descargas atmosféricas

2.6.1.3.1 Necessidade da proteção contra descargas atmosféricas

As medidas de proteção contra as descargas atmosféricas são necessárias justamente para reduzir as perdas citadas anteriormente.

Para que uma estrutura seja devidamente avaliada em relação à necessidade de proteção, é de suma importância que seja feito um gerenciamento de risco.

Os seguintes riscos são levados em conta quando feito um gerenciamento de risco de um projeto de SPDA.

- Perda de vida humana (incluindo danos permanentes);
- Perda de serviço público;
- Perda de patrimônio cultural;

2.6.1.3.2 Vantagem econômica da proteção contra descargas atmosféricas

Além das perdas citadas anteriormente, a perda econômica também é enfatizada. A necessidade de proteção através de um SPDA não objetiva apenas a proteção da estrutura, mas também alguns benefícios econômicos.

No caso de uma implantação de um SPDA deve ser avaliado o custo da perda econômica com e sem a adoção de medidas de proteção.

2.6.1.4 Medidas de proteção

Medidas de proteção podem ser adotadas para minimizar os possíveis riscos identificados para a estrutura analisada.

2.6.1.4.1 Medidas de proteção para reduzir danos devido a choque elétrico

A NBR 5419:2015 afirma que as possíveis medidas de proteção são as seguintes especificadas:

- Equipotencialização por meio de um sistema de aterramento em malha;
- Restrições físicas e avisos (identificações);
- Ligação equipotencial para descargas atmosféricas;
- Isolação adequada das partes condutoras expostas.

2.6.1.4.2 Medidas de proteção para redução de danos físicos

- Subsistema de captação;
- Subsistema de descida;
- Subsistema de aterramento;
- Equipotencialização para descargas atmosféricas;
- Isolação elétrica (e a distância de segurança).

2.6.1.4.3 Medidas de proteção para redução de falhas dos sistemas elétricos e eletrônicos

As possíveis medidas de proteção contra surtos são:

- Blindagem magnética;
- Roteamento de fiação;
- Interfaces isolantes;
- Medidas de aterramento e equipotencialização;
- Sistema de DPS coordenado.

2.6.2 Gerenciamento de risco

A ABNT NBR 5419:2015 apresenta uma metodologia de gerenciamento de risco para atribuir níveis de proteção a uma estrutura, esse nível varia de acordo com a própria estrutura. As estruturas são avaliadas pela necessidade ou não de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

2.6.3 Níveis de proteções

A seguir são relacionados os 04 possíveis níveis de proteção para estruturas de acordo com a norma.

- Nível I – Destinado às estruturas nas quais uma falha do sistema de proteção pode causar danos às estruturas vizinhas ou ao meio ambiente, como depósitos de explosivos, materiais sujeitos à explosão, material tóxico ao meio ambiente e etc.
- Nível II – Destinados às estruturas cujos danos em caso de falha serão elevados ou haverá destruição de bens insubstituíveis e/ou de valor histórico, mas em qualquer caso se restringirão à estrutura e seu

conteúdo, como museus, escolas, ginásios esportivos, Estádio de futebol e etc.

- Nível III – Destinada às estruturas de uso comum, como residências, escritórios, fábricas sem risco de explosão ou de risco e etc.
- Nível IV – Destinadas às estruturas construídas de material não inflamável, com pouco acesso de pessoas, e com conteúdo não inflamável, como depósitos em concreto, e com conteúdo não inflamável, estoque de produtos agrícolas e etc.

A versão atual da norma possui um corpo bem avantajado referente ao conteúdo, apesar de não ser necessário expor todas as partes da normativa neste capítulo, é interessante citar um ponto de extrema importância, afinal, constitui todo e qualquer estudo de caso em uma estrutura, as metodologias aplicadas a um projeto para que seja possível o desenvolvimento de um sistema cabível às necessidades de proteção da estrutura e suas particularidades. Esses métodos são apresentados a seguir.

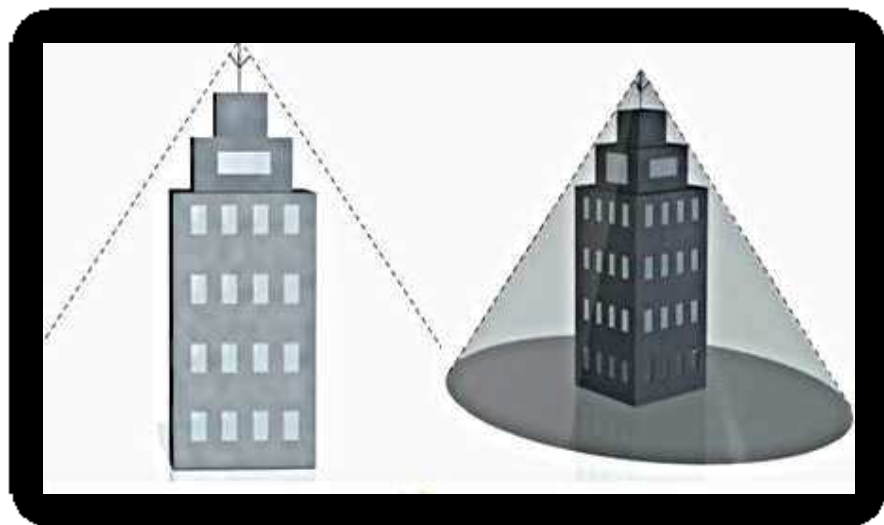
2.7 MÉTODOS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SPDA

De acordo com a norma atual a metodologia deve ser empregada toda vez que uma estrutura necessitar de proteção. O método empregado varia de acordo com a disposição estrutural dos elementos capazes de formar o sistema de proteção na estrutura. Essa formação é denominada Arranjo.

2.7.1 Método de Franklin

O método de proteção tipo Franklin é definido pela utilização de um ou mais mastros de captação, é também, capaz de criar uma zona espacial de proteção responsável por zelar pela segurança do volume físico da estrutura, esse método cria uma espécie de cone de proteção. Sabendo que a segunda parte da NBR 5419:2015 se refere ao gerenciamento de risco, fica claro que, antes de se utilizar um método de proteção é feito um reconhecimento de necessidade de proteção na estrutura, é importante ressaltar isso, pois o dimensionamento pelo método depende diretamente do nível de proteção necessário na estrutura. A figura a seguir ilustra o presente método.

Figura 5: Característica do método de Franklin



Fonte: SABER ELÉTRICA (2017)

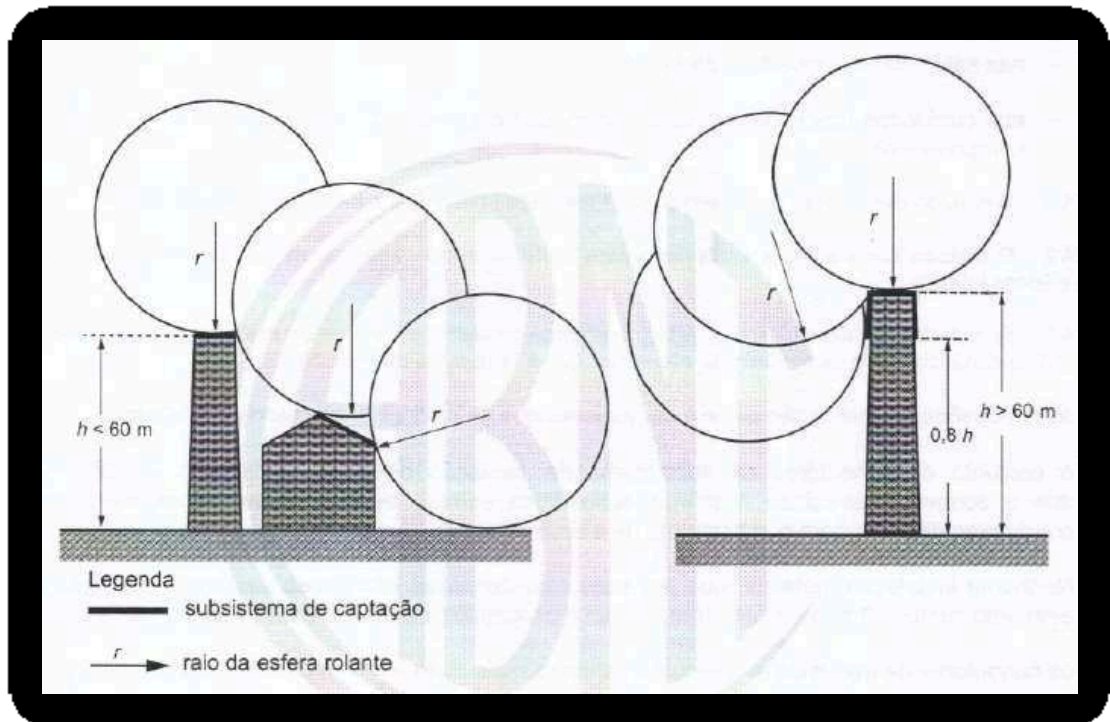
2.7.2 Método da esfera rolante

O método da esfera rolante se baseia no modelo eletrogeométrico, visto em uma matéria publicada pelo site O Setor Elétrico como o mais versátil, segundo o colunista Jobson Modena em Fevereiro de 2018.

O método estabelece o volume de proteção do subsistema de captação em um SPDA para qualquer direção.

Na Figura 06 é possível visualizar o formato da metodologia empregada em uma edificação. Teoricamente os locais em que a esfera tangencia a estrutura são preferenciais, ou seja, os locais com maior probabilidade de impacto direto das descargas atmosféricas, basicamente por onde a esfera rola na estrutura é provável que haja impacto. Condutores são posicionados e instalados de forma que nos locais de possíveis impactos a esfera não se apoie na estrutura.

Figura 6: Característica do método de Esfera Rolante



Fonte: ABNT(2015)

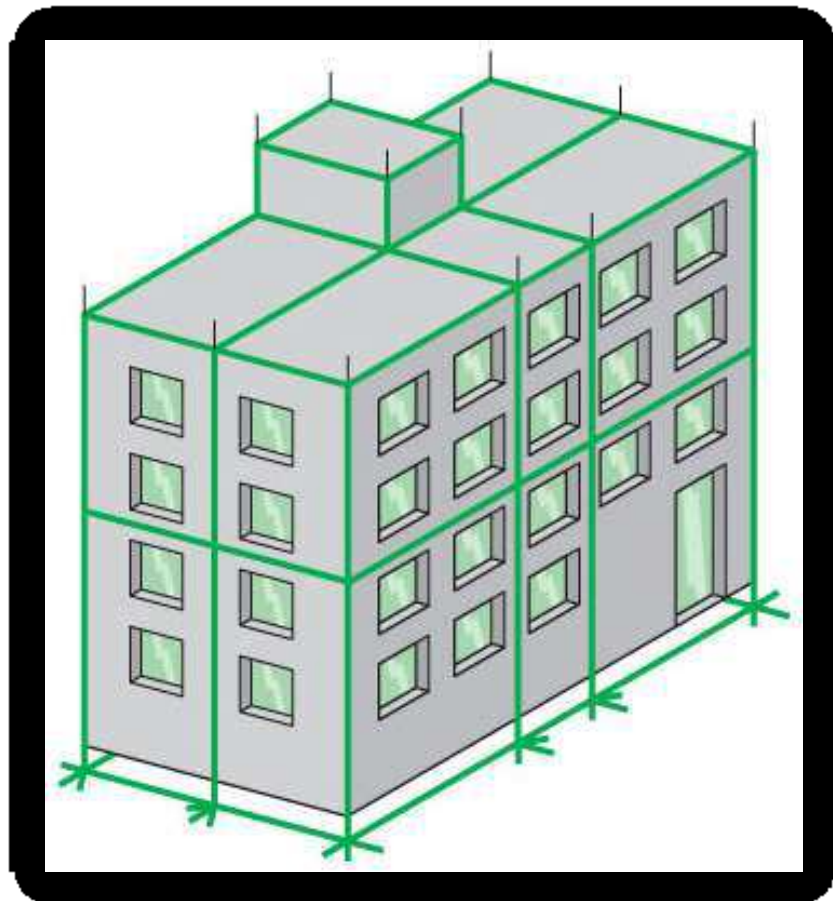
2.7.3 Método da gaiola de Faraday

É bem comum identificar um sistema implantado através do método da gaiola de Faraday, o método consiste na instalação de captadores interligados através de

condutores no sentido horizontal formando uma malha superior e, interligando partes estruturais da edificação até formar um campo completo de proteção na estrutura, essa malha é principalmente observada na parte superior da edificação protegida. Assim como todo método a ser utilizado em um projeto, este também depende do gerenciamento de risco efetuado antes de projetar o sistema.

Analisando um sistema implantado através deste método é possível identificar uma espécie de gaiola formada pelos elementos de captação, descida e aterramento. Na Figura 07 é possível observar sua forma genérica.

Figura 7: Característica do método de Gaiola de Faraday



Fonte: ABNT (2015)

2.8 COMPOSIÇÃO DE UM SPDA

Um sistema de proteção contra descargas atmosféricas possui uma base necessária para se definir propriamente dito como um SPDA. Sua composição é formada pelos subsistemas de captação, descida e aterramento.

Se compararmos duas edificações diferentes e, cada uma com um SPDA instalado é possível notar que por mais que sejam distintos os sistemas, suas composições são praticamente as mesmas, mas cabe lembrar que, diferentes estruturas e diferentes níveis de proteção ocasionam em diferentes configurações na disposição dos elementos nas estruturas comparadas, portanto pode-se afirmar que todo sistema possui uma semelhança, mas nenhum sistema pode ser exatamente igual.

2.8.1 Subsistema de captação

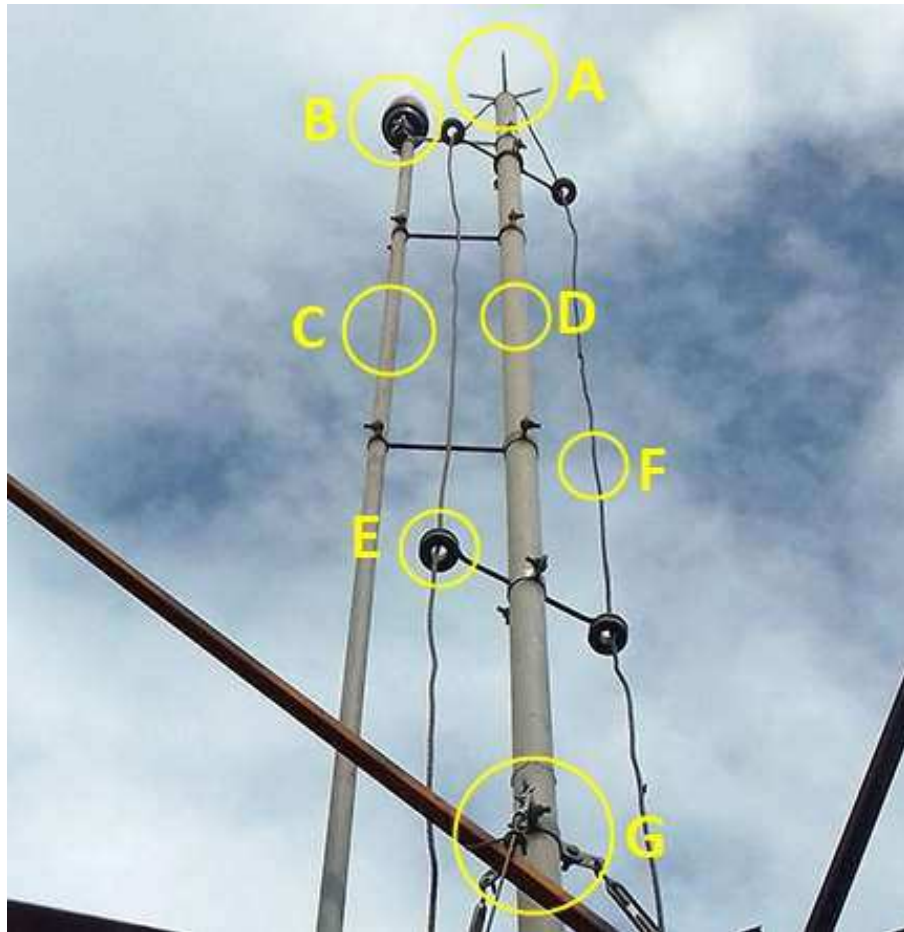
É possível que haja uma penetração de corrente elétrica em uma estrutura através de uma descarga atmosférica se não instalado um subsistema eficiente de captação sobre a estrutura.

Um subsistema de captação pode ser dimensionado através dos métodos já citados neste trabalho. Pode ser composto um subsistema com a combinação de elementos como: hastes (incluindo mastros), condutores suspensos e também condutores em malha.

A principal função de um sistema de captação é conduzir a corrente elétrica contida no ponto de impacto da descarga para o sistema de descida da estrutura.

A figura a seguir mostra de forma detalhada os elementos básicos presentes em um sistema de captação de um SPDA (ABNT, 2015).

Figura 8: Subsistema de captação de um SPDA



Fonte: HEGARD (2017)

Analisando a figura anterior é possível notar alguns pontos que referenciam alguns elementos físicos de um sistema de captação instalado em uma estrutura. Esses pontos são descritos a seguir:

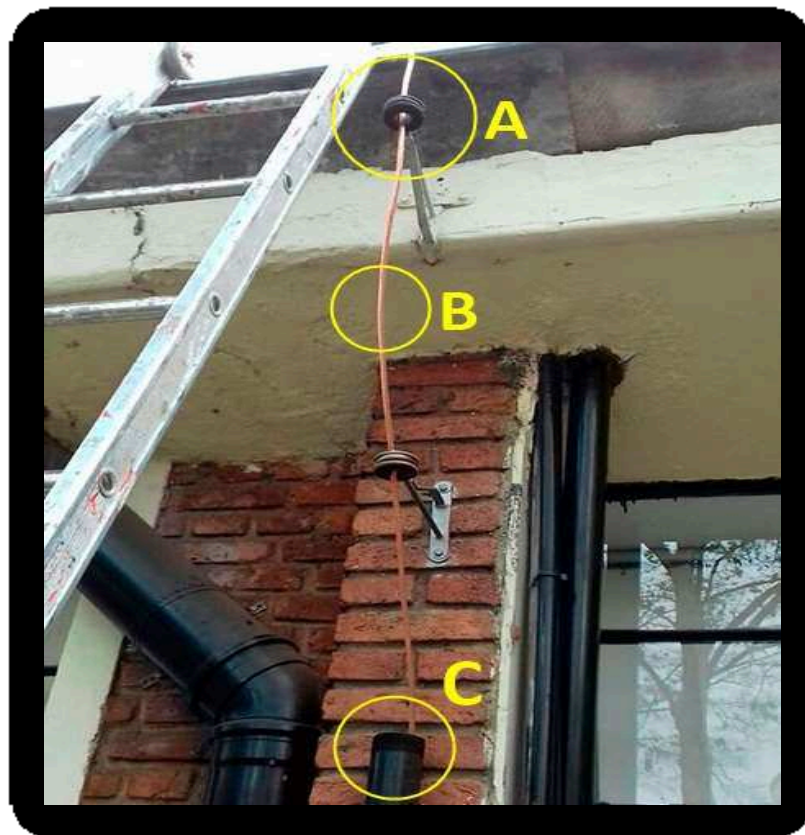
- Ponto A: Para-raios/Captor tipo Franklin;
- Ponto B: Sinalizador de obstáculos;
- Ponto C: Mastro (sinalizador);
- Ponto D: Mastro (captor);
- Ponto E: Isolador para mastros;
- Ponto F: Cabo de cobre nu;
- Ponto G: base com conjunto de contra vento e conectores.

2.8.2 Subsistema de descida

Seu propósito é reduzir os danos prováveis da corrente elétrica que flui pelo SPDA. Como já é sabido que o subsistema de captação conduz a corrente elétrica da descarga, é necessário saber para onde essa corrente é conduzida. O subsistema de descida é onde a corrente elétrica é conduzida já de forma dissipada entre o SPDA (ABNT, 2015).

Geralmente o subsistema de descida de um SPDA é distribuído na estrutura, portanto é possível se deparar com inúmeras descidas em uma única edificação, ele deve prover diversos caminhos paralelos para a corrente elétrica e o menor comprimento possível do caminho da corrente elétrica. A seguir a figura apresenta um exemplo de um subsistema de descida real instalado.

Figura 9: Subsistema de descida de um SPDA



Fonte: SOUZA (2017)

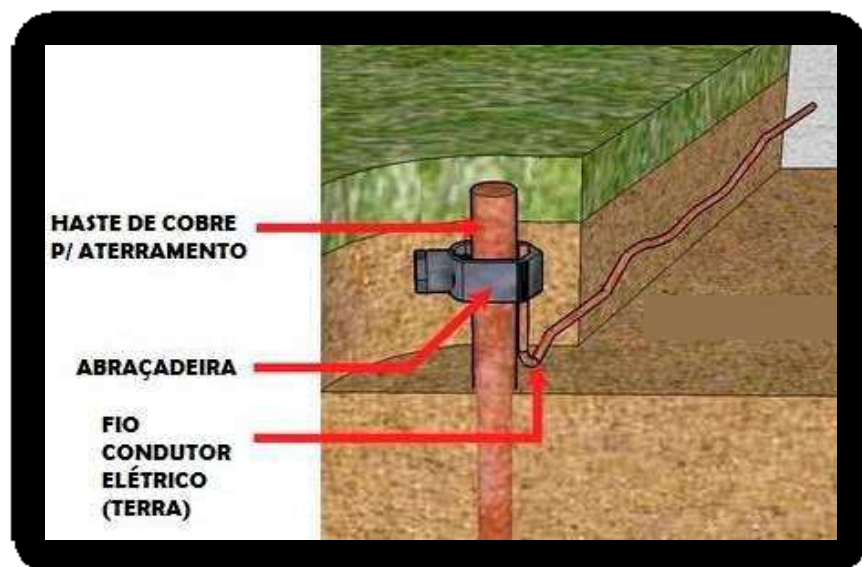
Os pontos de referência na figura anterior descrevem os seguintes elementos:

- Ponto A: Isolador para cabos
- Ponto B: Cabo de cobre nu
- Ponto C: Tubo de PVC para isolação, devidamente instalado conforme exigência da norma NBR 5419:2015.

2.8.3 Subsistema de aterramento

Para que um subsistema de aterramento cumpra as exigências normativas todo o SPDA deve possuir uma sintonia entre os subsistemas responsáveis por conduzir a corrente elétrica até o solo. No solo a corrente elétrica conduzida é dissipada conforme as características físicas do próprio solo e, é notável que quanto maior for a eficácia de condução no sistema de aterramento, melhor a eficácia da proteção, ABNT NBR 5419:2015. Na figura a seguir é possível identificar o modelo físico e genérico de um sistema de aterramento.

Figura 10: Subsistema de aterramento de um SPDA



Fonte: ENSINANDO ELÉTRICA (2015)

Os elementos integrantes da figura anterior são necessários para que a corrente elétrica seja conduzida e dissipada no solo ilustrado.

2.9 TRABALHO NO CAMPO

Segundo a Lei 5.889/1973, Art. 2º: Empregado rural é toda pessoa física que, em propriedade rural ou prédio rústico, presta serviços de natureza não eventual ao empregador rural, sob a dependência deste e mediante salário, CONTEUDO JURÍDICO, 2012.

A agropecuária é uma atividade exercida e muitas vezes por pequenos produtores, que unem as técnicas da agricultura, cultivo de plantas e hortaliças com a pecuária, que é a criação de animais como: gado, suínos, aves, equinos e etc. A agropecuária é um dos principais motores para o PIB – Produto Interno Bruto nacional, representando cerca de 8% do Produto Interno Bruto do país, além de ser considerada a primeira atividade econômica desenvolvida no Brasil (SIGNIFICADOS, 2014).

2.10 A RELAÇÃO ENTRE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS, SPDA E TRABALHO NO CAMPO

Exercer a atividade rural no Brasil é também fazer parte do maior número referente ao risco de morte por descargas atmosféricas, afirma INPE.

O trabalhador no campo expressa uma série de atividades vulneráveis às descargas, afinal, essas atividades na maioria das vezes dispensa abrigos protegidos, sendo assim, o trabalhador fica exposto quando ao ar livre.

A ABNT NBR 5419:2015 cita algumas relações entre danos, perdas e medidas de proteção referentes às descargas atmosféricas. A questão fundamental neste trabalho é enfatizar a necessidade de recomendações normativas contra descargas atmosféricas na área rural.

Atualmente poucas propriedades rurais possuem sistemas de aterramento, isso se deve à falta de informação para com o público alvo. Assim se faz necessário apresentar as relações citadas anteriormente e uni-las de acordo com as possíveis situações de risco presentes na zona rural. A seguir é apresentada uma pesquisa realizada pelo INPE que, relata a proporção das fatalidades causadas pelas descargas atmosféricas e suas circunstâncias.

2.11 INFOGRÁFICO

De acordo com o INPE os números referentes às mortes por raios no Brasil demonstram total importância na abordagem relacionada a métodos para a prevenção sobre descargas atmosféricas na área rural. A figura 11 expressa com clareza a dimensão dos danos gerados.

Figura 11: INFOGRÁFICO – Morte por raios



Fonte: ELAT – GRUPO DE ELETRICIDADE ATMOSFÉRICA – INPE (2014)

2.12 AS CERCAS EM ZONAS RURAIS E SUAS CARACTERÍSTICAS

2.12.1 A função das cercas em áreas rurais

Muitas pessoas desconhecem, mas a cerca rural é o primeiro passo para tornar a pecuária mais produtiva e lucrativa. A estrutura garante:

- Controle sobre a pressão de pastejo exercida pelo gado;
- Organiza o acesso às demais partes da propriedade;
- Delimita geograficamente as propriedades na área rural;
- Ajuda a economizar em adubos e fertilizantes;
- Gerir o nascimento de algumas espécies animais na estação reprodutiva.

Como qualquer outro produto, a cerca necessita de normas próprias para o cálculo da força de contenção, isolamento de área, aterramento e alinhamento dos postes, distribuição de mourões, espaçamento entre os fios e até mesmo para escolha do arame mais indicado à espécie animal e ao tipo de terreno.

A cerca necessita de atenção para com o seu dimensionamento, isso se dá ao fato de que sua eficiência de instalação é diretamente proporcional à sua eficiência na colaboração ao bom pastejo.

Uma cerca rural necessita de um projeto antes de ser concluída, sendo assim, alguns fatores devem ser considerados importantes para uma construção eficaz:

- Cálculo da força de contenção;
- Isolamento de área;
- Alinhamento;
- Distribuição de mourões;
- Espaçamento entre os fios;
- Tipo de arame para cada tipo de criação animal;
- Aterramento.

2.12.2 Tipos de cercas rurais

Existem dois tipos de cercas presentes nas propriedades rurais atualmente, a primeira e mais conhecida é a Cerca Convencional, a segunda é a Cerca Elétrica, tida como mais eficiente no ofício do pastejo. Ambos os tipos trazem com suas características um grande vazio normativo referente à proteção contra descargas atmosféricas. A cerca em um campo aberto acaba sendo um ponto em evidencia (ponto alto), sendo assim um possível alvo de descargas atmosféricas.

A tabela a seguir apresenta algumas comparações básicas sobre cada um dos dois tipos de cercas rurais em um exemplo de instalação para uma área de 01 hectare.

Tabela 1: Comparativo cerca convencional e elétrica

| OBJETO | CONVENCIONAL | ELÉTRICA |
|---------------------------------|---------------------|-----------------|
| Número de buracos necessários | 133 | 40 |
| Tempo para instalação (em dias) | 09 | 03 |
| Número de mourões | 129 | 36 |
| Comprimento do fio (em metros) | 2000 | 800 |

Fonte: ISOLAR ELÉTRICA (2017)

A cerca elétrica atualmente possui um custo de aproximadamente 65% dos custos da cerca convencional, a cerca elétrica utiliza menos material e menos mão de obra, porém alguns proprietários de área rural utilizam a cerca convencional por inúmeros motivos, dentre alguns motivos temos:

- Ausência de informação;
- Não necessidade de pastejo na área;
- Criação animal confinada;
- Criação animal de pequeno porte.

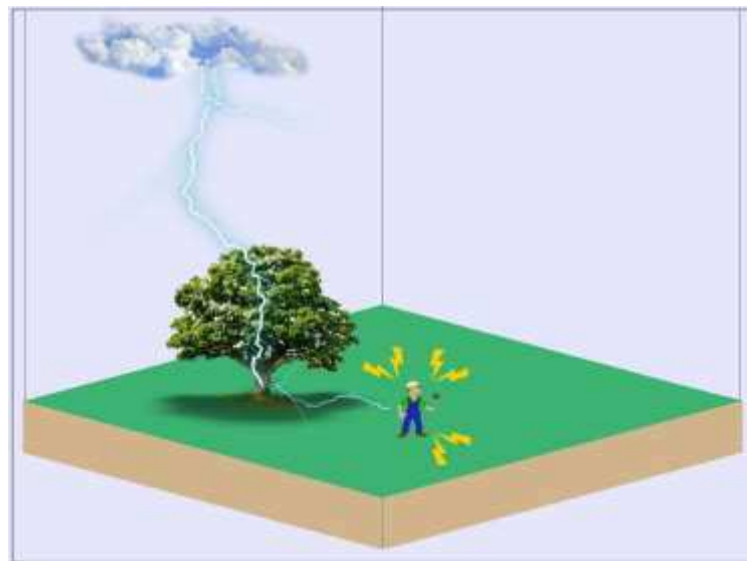
Basicamente nos próximos tópicos é objetivada a extração das partes importantes das relações citadas anteriormente e sincronizar com um estudo de caso presente neste trabalho sobre uma propriedade rural.

2.13 EFEITOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM POTENCIAIS PONTOS DE IMPACTO NA ÁREA RURAL

2.13.1 Descargas atmosféricas em árvores

Se um raio cair sobre uma árvore e uma pessoa estiver próximo a essa árvore o indivíduo pode sofrer choque, pois mesmo que a madeira não seja condutora, a energia da descarga é tão grande que chega a ser capaz de conduzir energia até o indivíduo e também causar incêndios.

Figura 12: Descargas atmosféricas em árvores

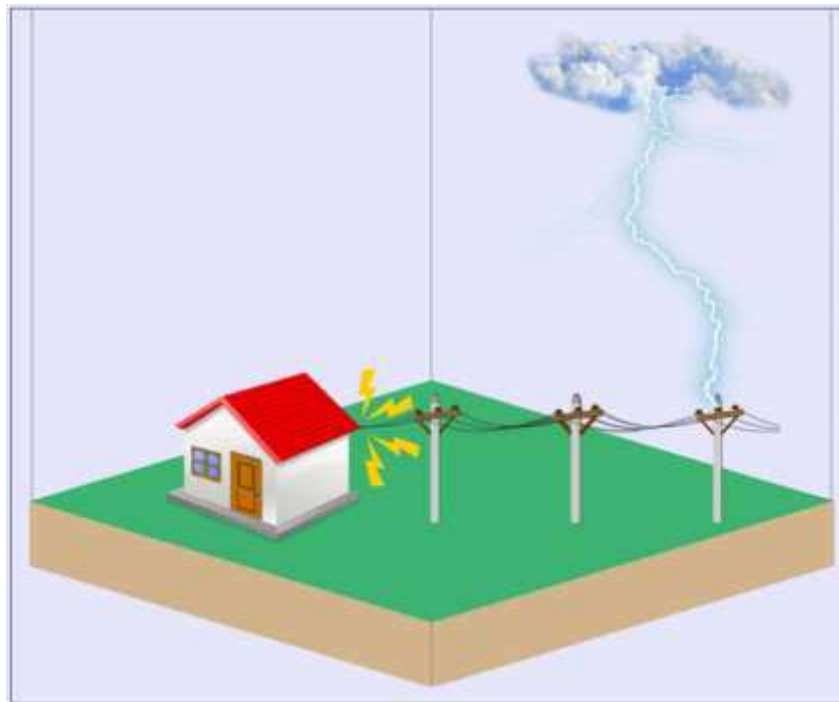


Fonte: AUTOR (2018)

2.13.2 Descargas atmosféricas em redes elétricas e telefônicas

Quando um raio cai sobre uma rede elétrica ou telefônica os equipamentos ligados à rede podem sofrer queima (falha), isso se deve à alta voltagem fornecida pelo raio, superando a máxima especificada no equipamento.

Figura 13: Descargas atmosféricas em redes elétricas e telefônicas



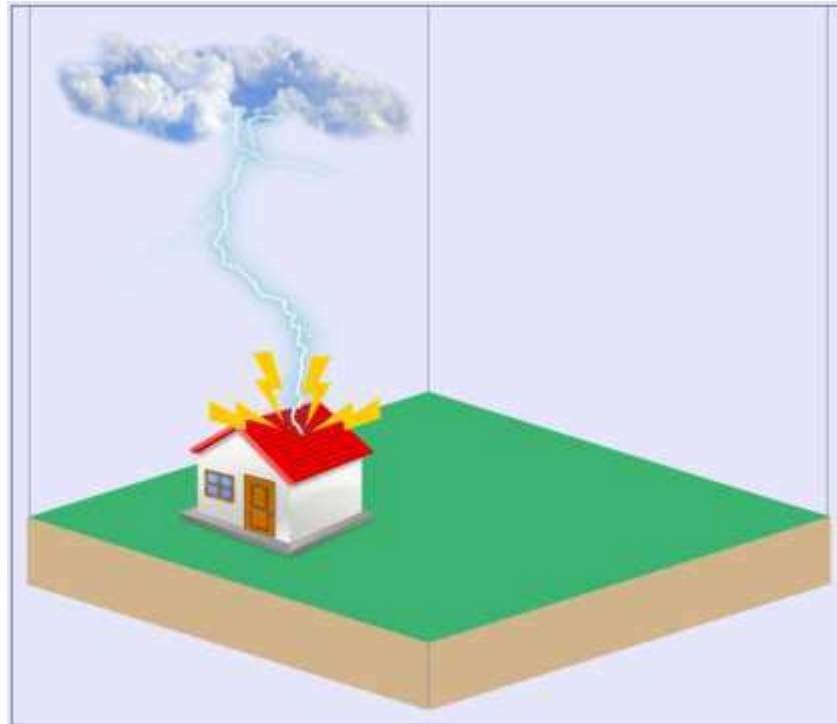
Fonte: AUTOR (2018)

2.13.3 Descargas atmosféricas em abrigos

O efeito de um raio caindo sobre alguma forma de abrigo, além de causar a queima de equipamento, pode ser letal quando há a presença de vida humana ou animal no local, o abrigo pode ser uma residência comum ou até mesmo um curral. Pode romper telhas, lajes e forros, além de poder causar incêndios. Nota-se que

seria mais eficaz um sistema para a condução do raio até a terra ao invés de uma barreira contra o mesmo. A figura seguinte ilustra este evento.

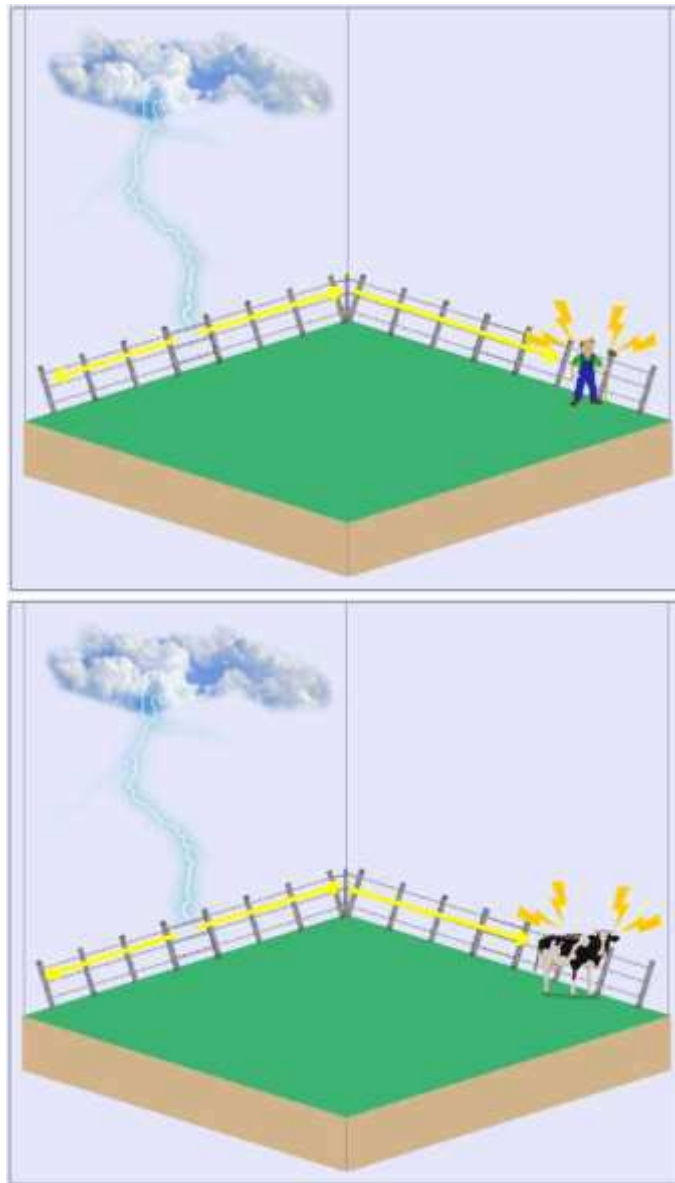
Figura 14: Descargas atmosféricas em abrigos



Fonte: AUTOR (2018)

2.13.4 Descargas atmosféricas em cercas convencionais

As cercas são capazes de conduzir a corrente elétrica de um raio para uma distancia suficientemente capaz de atingir toda e qualquer forma de vida que esteja em contato com a cerca, além de poder danificar a cerca por uma extensão imprevisível. É importante ressaltar que até mesmo a presença de nuvens carregadas sobre a área onde a cerca está instalada pode ser suficiente para carregar a cerca com certa energia capaz de estimular um (choque) ao animal ou individuo que tiver contato com o arame, portanto recomenda-se não ter contato com cercas em períodos de tempestades. A figura a seguir apresenta a característica de condução de corrente elétrica através de uma cerca rural convencional.

Figura 15: Descargas atmosféricas em cercas convencionais

Fonte: AUTOR (2018)

Há uma forte relação entre as exigências normativas da NBR 5419:2015 com estruturas encontradas na zona rural, porém a relação não passa da necessidade de proteção contra as descargas atmosféricas, é possível observar que apenas nos tópicos anteriores é que foram enfatizados os casos envolvendo a zona rural e eventos perigosos, vale ressaltar que essa ênfase não parte da normativa, mas sim do autor. No próximo capítulo é apresentada a metodologia deste trabalho que,

consiste na apresentação de um estudo de caso envolvendo descargas atmosféricas, estruturas rurais e medidas de proteção.

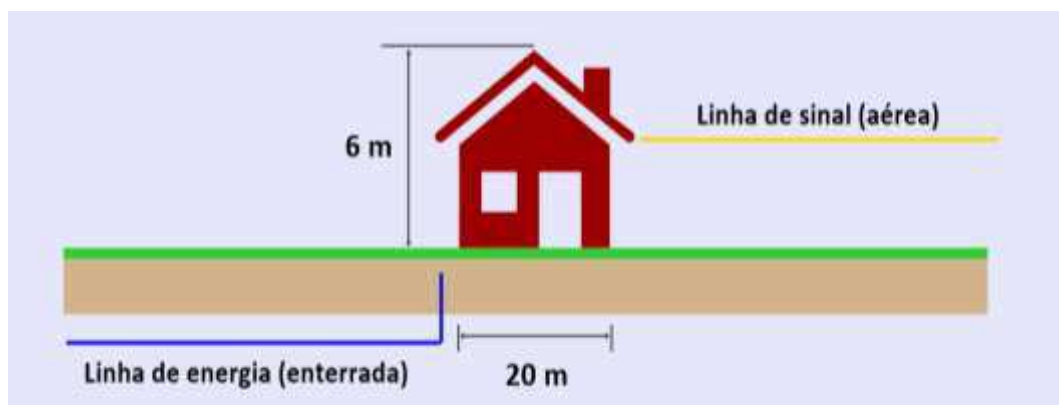
3. METODOLOGIA

Neste capítulo é abordado um estudo de caso com algumas recomendações propostas para o caso estudado. Atualmente não existe um espaço dedicado à área rural na ABNT NBR 5419:2015, isso dificulta a ação de afirmar algo novo como proposta para a zona rural. Existem algumas maneiras de reduzir os efeitos negativos causados pelas descargas atmosféricas no campo, as principais recomendações abordam a proteção nas cercas rurais, porém o estudo de caso seguinte também aborda o projeto de uma residência, assim o estudo compõe um caso completo e mais explicativo.

3.1 ESTUDO DE CASO

Neste espaço é apresentado um contexto de zona rural, as partes integrantes da área envolvem uma casa de campo, uma cerca convencional e um curral. Para a residência integrante no estudo é considerada uma estrutura citada em um estudo de caso existente na norma NBR 5419:2015, para a cerca e o curral são consideradas dimensões atribuídas pelo autor, visando uma área relevante de uma propriedade em condições de produtividade rural. A figura a seguir expressa a casa de campo para o estudo de caso proposto.

Figura 16: Casa de campo



Fonte: AUTOR (2018)

3.1.1 ESTUDO DIMENSIONAL DA CASA DE CAMPO

As características e dimensões das partes envolvidas na propriedade a ser estudada são de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 2: Dimensões da propriedade

| Parâmetros de entrada | Comentário | Símbolo | Valor |
|---|----------------------|----------------|--------------|
| Densidade de descargas atmosféricas para a terra (1/km ² /ano) | | | 4,0 |
| Dimensões da estrutura (m) | | C,L,H | 15, 20, 6 |
| Área delimitada pela cerca rural (m ²) | Cerca de arame liso | | 600.000 |
| Fator de localização da estrutura | Estrutura isolada | | |
| SPDA | Nenhum | | |
| Linha de energia | Uma linha de energia | | |
| Linha de sinal | Uma linha de sinal | | |

Fonte: ABNT (2015)

Como citado anteriormente, o estudo de caso neste trabalho é presente atualmente na norma NBR 5419:2015, porém apenas a estrutura da casa de campo consta no estudo da norma.

3.1.1.1 Como é feita a proteção em residências

Como o para-raios não tem a intensão de atrair e nem evitar uma descarga atmosférica, o para-raios, principalmente em edificações tem o objetivo de conduzir com segurança e eficiência a energia descarregada pelo raio até o solo, uma

descarga que cai sobre um para-raios de uma edificação é uma descarga que cairia diretamente na edificação, por exemplo, se uma residência não possui um sistema de captação adequado e é atingida por uma descarga atmosférica, com certeza, se essa edificação tivesse um sistema de proteção contra a descarga, a energia seria conduzida até a terra e não para as partes estruturais da edificação.

Figura 17: SPDA em residências



Fonte: AUTOR (2018)

Para um sistema de aterramento, principalmente em residências, é importante consultar um profissional qualificado, pois um sistema dimensionado de forma incorreta pode ter um efeito contrário ao recuo percentual dos riscos, portanto é interessante dispensar improvisos quando o sistema precisa ser implantado em residências e ou edificações com grande circulação de animais e ou pessoas.

3.1.1.2 Seleção das medidas de proteção para a casa de campo

De acordo com o gerenciamento de risco presente na NBR 5419:2015 para este caso, as seguintes medidas são afirmadas:

- Instalação de DPS de NPIV na entrada da linha (ligação equipotencial para descargas atmosféricas) para proteger ambas as linhas de energia e telefones da residência;
- Instalação de um SPDA de classe IV (incluindo as ligações equipotenciais de descargas atmosféricas obrigatórias).

3.1.2 ESTUDO DIMENSIONAL DA CERCA RURAL

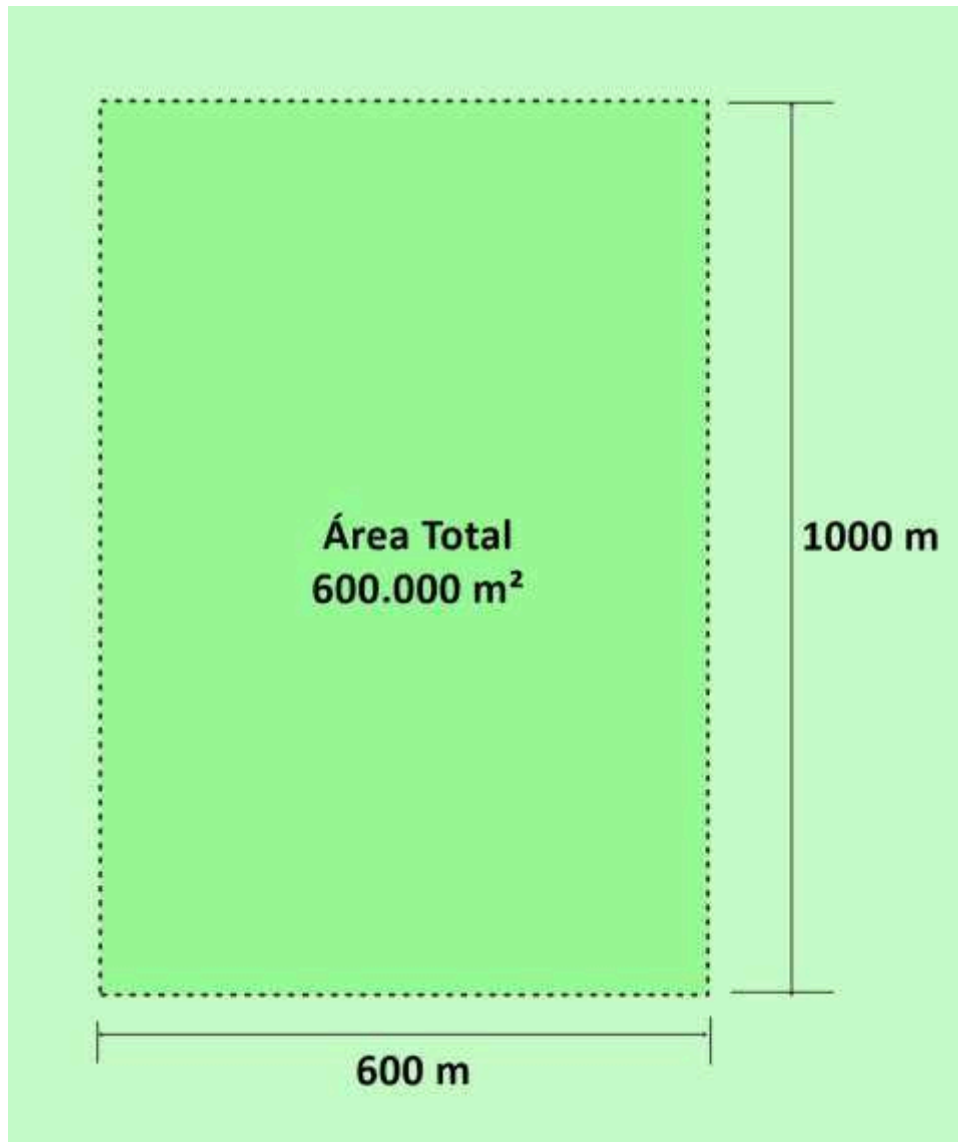
A novidade exposta no estudo de caso deste trabalho é o incremento de uma cerca rural no perímetro da área da propriedade. A cerca se torna um ponto relativamente alto e condutor por conta da área rural ser ao ar livre e sem estruturas ao redor, portanto é um elemento que necessita de recomendações de proteção contra descargas atmosféricas.

É claro que uma cerca rural quando alvo de uma descarga atmosférica pode ser letal a um animal ou pessoa que esteja em contato com sua estrutura. Durante um clima nublado, mesmo antes de ocorrer uma tempestade, uma cerca que esteja abaixo das nuvens carregadas pode ser carregada eletricamente, portanto supõe-se que uma cerca livre de carregar perigo elétrico é uma cerca devidamente dimensionada contra esses eventos perigosos.

Neste tópico é apresentado o principal estudo do trabalho, por conta da ausência de informações sobre a proteção contra descargas atmosféricas na zona rural, a cerca rural necessita de total atenção e cautela quando projetada em prol da proteção contra correntes elétricas perigosas possivelmente presentes em seu percurso condutor.

A Figura a seguir apresenta as principais dimensões da área cercada, sendo essa área a responsável por compor a casa de campo apresentada anteriormente.

Figura 18: Área total da propriedade rural



Fonte: AUTOR (2018)

Analisando a figura anterior é possível notar uma área relativamente extensa, trata-se de uma área de aproximadamente 600.000 metros quadrados, portanto é possível afirmar que se trata de uma área de aproximadamente 60 hectares. Uma

área com essa extensão possui total potencial produtivo, sendo uma área apropriada para a acomodação de rebanhos e espaços de plantio elevado.

A seguir são apresentadas algumas recomendações de proteção contra os efeitos das descargas atmosféricas em uma área rural:

3.1.2.1 Proteção das cercas convencionais

As cercas podem ser carregadas eletricamente em diferentes casos:

1. Antes de uma descarga, as nuvens carregadas provocam a eletrificação das cercas;
2. Uma descarga atmosférica perto de uma cerca provoca o aparecimento de voltagens perigosas;
3. Uma descarga direta sobre a cerca provoca o aparecimento de voltagens perigosas consideradas fatais.

Nos casos 1 e 2 as cercas são carregadas com voltagens menores, porém esses casos são mais frequentes, portanto o risco passa a ser grande, já que o ideal é inibir a exposição às cargas perigosas.

Atualmente existem duas formas de proteger as cercas convencionais contra essas voltagens perigosas.

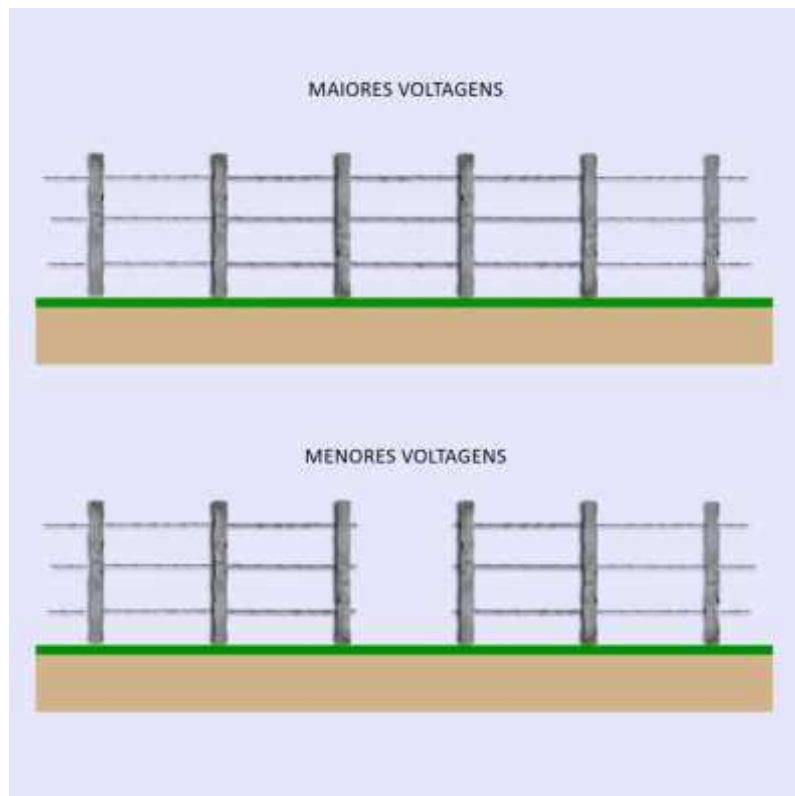
- Seccionamento da cerca
- Aterramento dos arames

3.1.2.2 Seccionamento das cercas

Seccionar uma cerca é nada mais nada menos que interromper intercaladamente o seu comprimento, quando uma cerca é atingida por um raio sua fiação se comporta como um ótimo condutor da eletricidade contida na cerca no momento do impacto. A corrente elétrica do raio circula por toda a extensão dos arames até encontrar um bom caminho para a terra, esse caminho pode ser letal se for através de uma pessoa ou um animal em contato com a cerca, uma maneira eficaz de proteção é conduzindo de forma segura essa energia até a terra por meio do aterramento.

Quando uma nuvem passa sobre uma cerca ou quando um raio cai próximo a uma cerca, surgem voltagens perigosas nos arames, essas voltagens são maiores conforme maior for o comprimento da cerca, portanto é possível notar que se o seccionamento for feito de maneira correta e intercalada o risco será menor. A seguir a figura apresenta um comparativo entre uma cerca seccionada e uma não seccionada

Figura 19: comparativo entre uma cerca seccionada e uma cerca não seccionada.



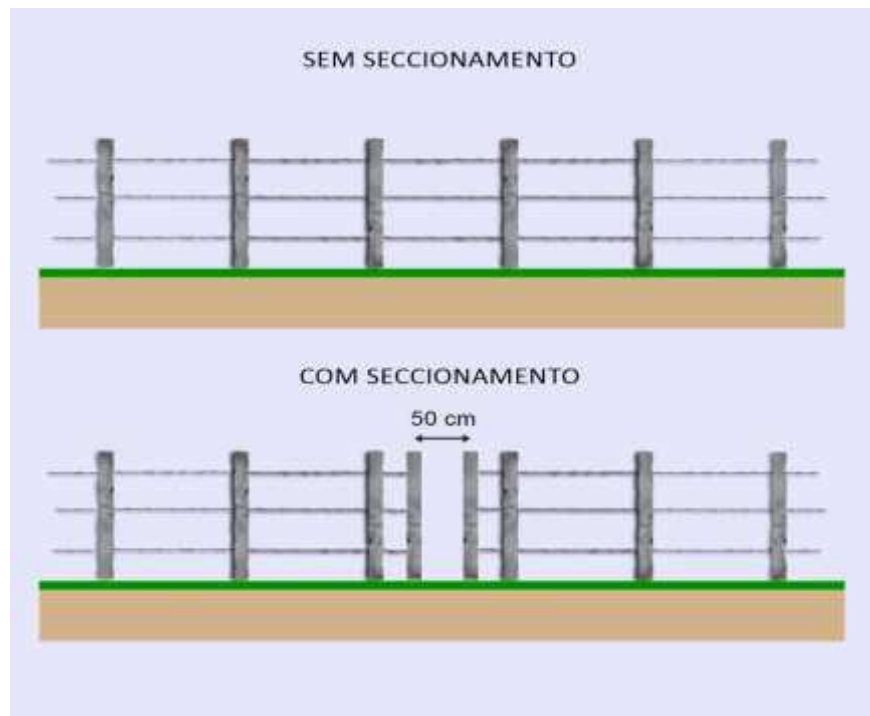
Fonte: AUTOR (2018)

Uma cerca seccionada da forma que observamos anteriormente evita que a voltagem perigosa alcance distâncias que podem por em risco a vida humana e a vida animal. Quando uma cerca é seccionada em várias partes pode-se reduzir muito esse risco, a ideia é transformar uma cerca com um comprimento extenso em várias cercas com comprimento menor.

3.1.2.3 Como fazer o seccionamento

A figura a seguir apresenta uma forma mais sofisticada de abordar um seccionamento em uma cerca rural.

Figura 20: Seccionamento correto de uma cerca rural



Fonte: AUTOR (2018)

Nota-se na figura anterior um espaçamento de 50 centímetros entre os mourões colocados para manter essa distância, porém esse espaçamento pode fazer com que haja a fuga de alguma espécie de animal ou até mesmo a invasão de algum animal da propriedade vizinha, a resolução deste problema é citada no próximo exemplo. Antes é preciso saber como este espaçamento obtido através do seccionamento pode contribuir para a proteção da descarga atmosférica.

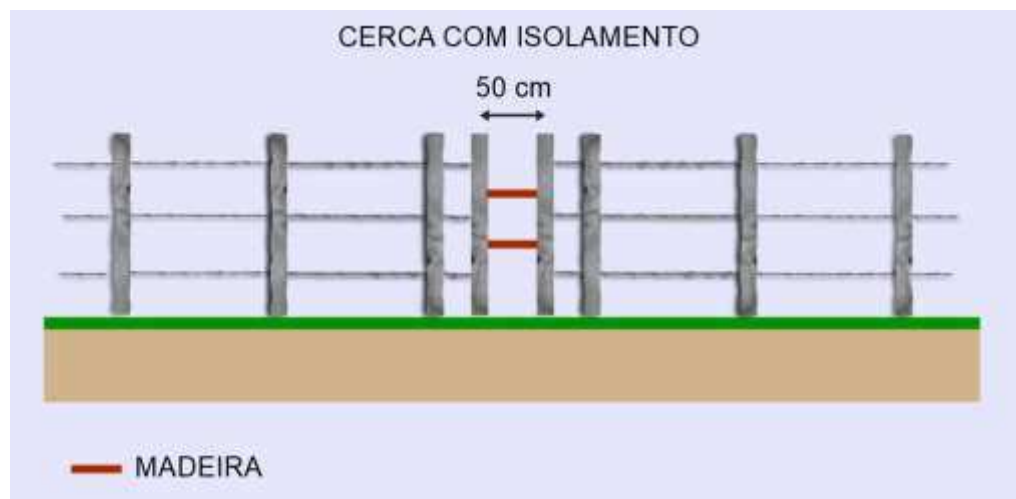
O espaçamento contribui com a eficácia suficiente para diminuir o risco contra as descargas atmosféricas pelo simples fato de que entre os dois mourões o comprimento de 50 centímetros sem qualquer condutor metálico ou não metálico deixa o sistema livre de canais com possíveis voltagens perigosas percorrendo todo o perímetro da cerca. Supõe-se que na cerca com o seccionamento esteja circulando uma voltagem perigosa em um dos dois lados da cerca, essa voltagem é incapaz de alcançar o outro lado, isso pode ser suficiente para inibir o risco à vida humana e ou animal.

Para evitar que algum animal ultrapasse a delimitação geográfica imposta pela cerca é necessário um bloqueio com algum material preferencialmente não condutor inserido entre o seccionamento, este material em hipótese alguma pode ser um condutor metálico, afinal, isso evitaria a eficácia do seccionamento, o ideal é que não haja conexão entre os mourões seccionadores.

Recomenda-se que o espaçamento de 50 centímetros não seja encurtado, ou seja, não deve ser feito um espaçamento menor que meio metro.

Em caso de inserir um bloqueio material para evitar a transição de algum animal entre o seccionamento o ideal é utilizar madeira, como mostra a figura seguinte.

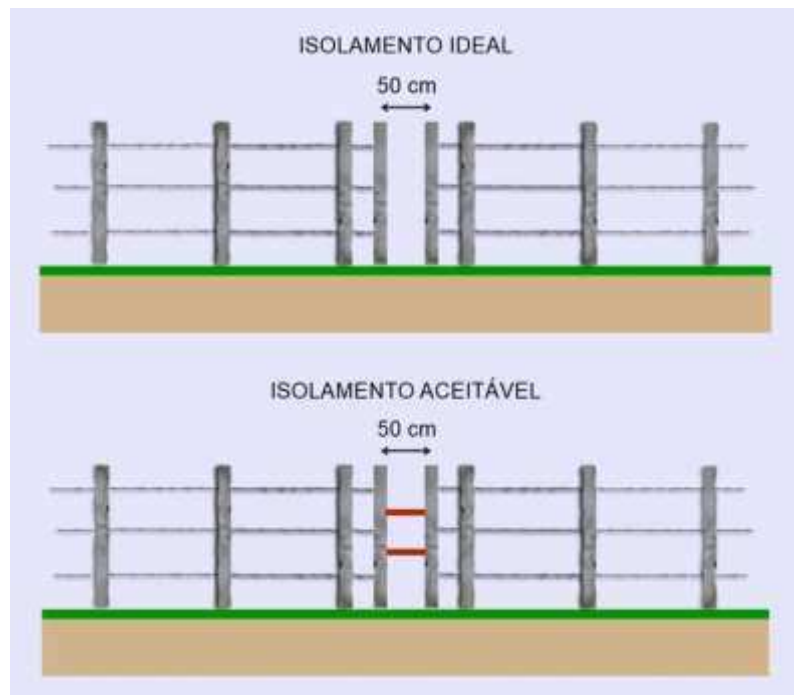
Figura 21: Cerca seccionada com isolamento



Fonte: AUTOR (2018)

Com isso é possível verificar através da figura a seguir as condições para o seccionamento valer como um projeto de minimização do risco gerado pelas descargas atmosféricas ou o carregamento elétrico da cerca.

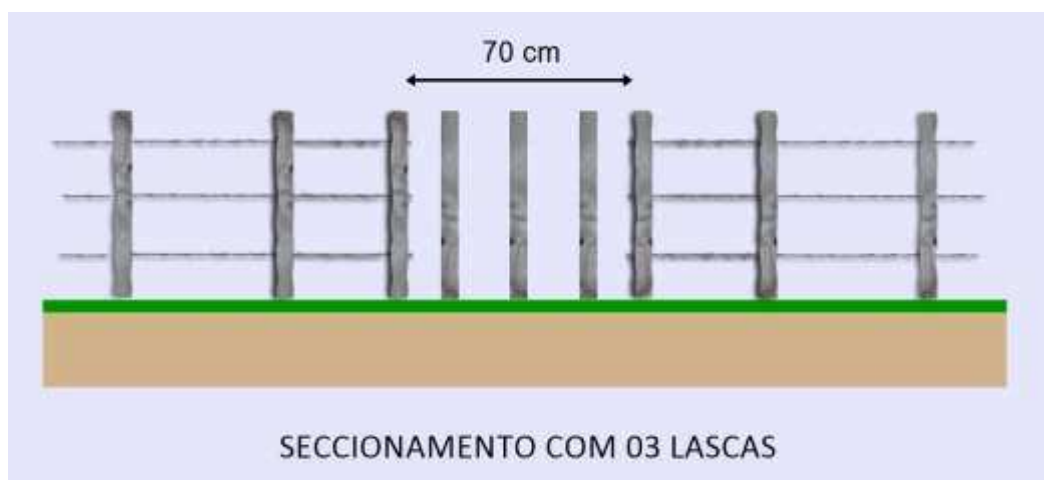
Figura 22: Condições de seccionamento seguro



Fonte: AUTOR (2018)

O seccionamento pode ser bloqueado também por 03 lascas, ao invés de madeira na horizontal, porém o uso de 03 lascas exige um espaçamento maior entre os mourões das extremidades do seccionamento, este espaçamento deve ser de pelo menos 70 centímetros.

Figura 23: Seccionamento com 03 lascas



Fonte: AUTOR (2018)

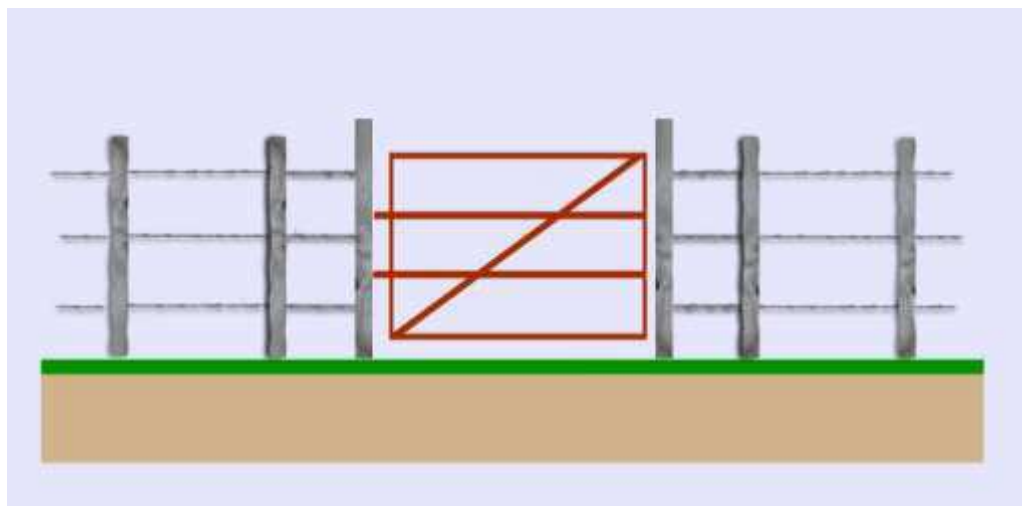
3.1.2.4 Espaçamento entre os seccionamentos

O ideal é que o seccionamento seja feito a cada 200 metros em todo o perímetro da área, o seccionamento pode ser feito no máximo a cada 300 metros, isso porque os intervalos de cerca não podem ser tão extensos, já que o objetivo é de fato seccionar e diminuir o risco causado pelas descargas atmosféricas.

3.1.2.5 O seccionamento através da porteira

É normal que haja uma ou mais porteiras entre as cercas das propriedades rurais, as porteiras facilitam o acesso aos piquetes e ou estradas. Se essas porteiras forem feitas de madeira podem funcionar como uma ótima forma de seccionar naturalmente um trecho do perímetro.

Figura 24: Seccionamento através da porteira



Fonte: AUTOR (2018)

3.1.2.6 O aterramento nas cercas

Quando um raio cai sobre uma cerca sua energia é capaz de ser conduzida por todo o seu perímetro. O ideal é que essa energia seja conduzida até a terra, assim a energia seria distribuída abaixo do solo, diminuindo a energia contida na cerca. Para que seja feito esse escoamento de energia na terra necessita-se de mais de um ponto de aterramento.

Essa estratégia se aplica na diminuição também das voltagens perigosas causadas pelas nuvens carregadas que passam sobre uma cerca e também para o caso de um raio cair próximo à cerca.

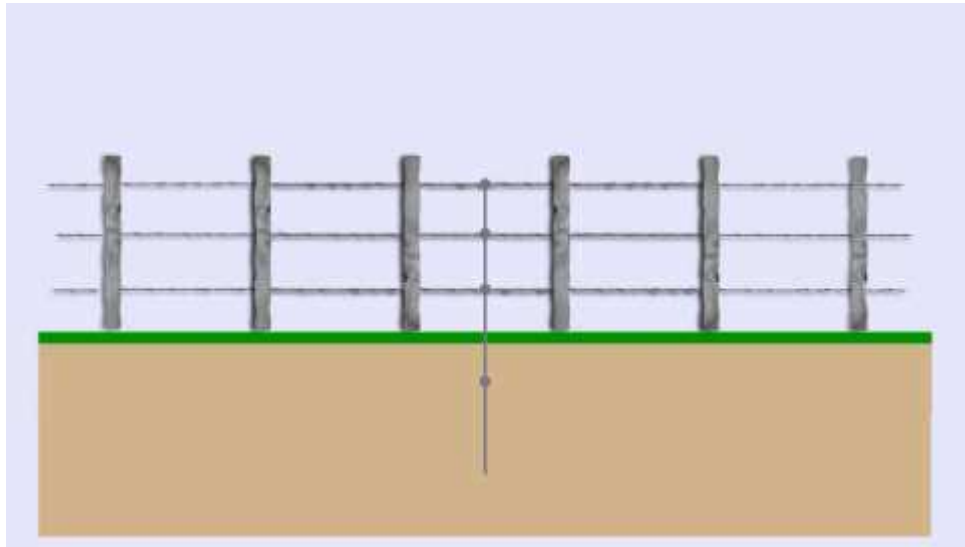
A seguir é explicado de forma detalhada como proteger uma cerca através do aterramento.

3.1.2.7 Como aterrar uma cerca convencional

O ideal é que todos os pontos da cerca sejam aterrados, porém essa ação seria inviável, causando um alto valor de investimento e mão de obra. Uma alternativa é definir alguns pontos estratégicos para que o aterramento seja feito de forma econômica, viável e eficiente.

A partir da figura seguinte é possível observar um exemplo de um trecho da cerca aterrado, fazendo assim um caminho seguro para que o raio seja levado a terra sem percorrer a extensão da cerca.

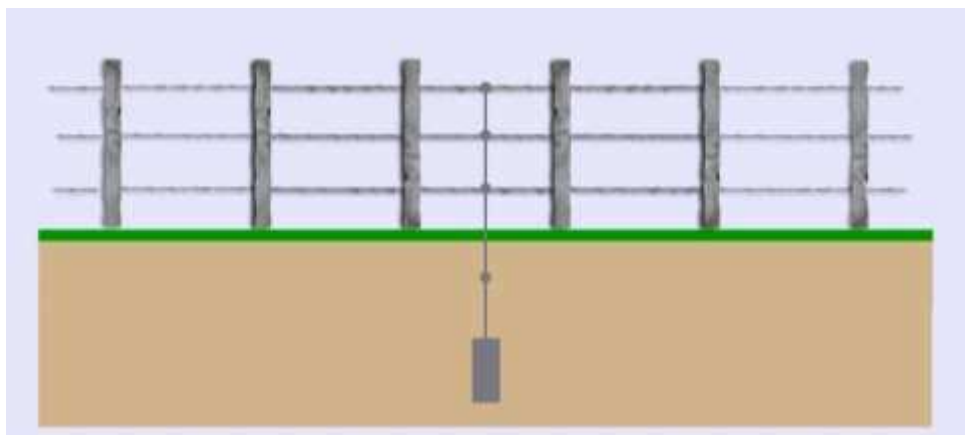
Figura 25: Aterramento em uma cerca



Fonte: AUTOR (2018)

É importante conectar algum objeto metálico na ponta do fio subterrâneo, assim a energia pode se dissipar com mais eficiência, este objeto não pode ter dimensões muito pequenas como mostra a figura a seguir.

Figura 26: Aterramento com objeto metálico em uma cerca



Fonte: AUTOR (2018)

O Material a ser escolhido para efetuar o aterramento deve possuir características adequadas para um melhor escoamento de energia, seus aspectos

ditam sua eficiência, esses aspectos podem ser divididos em elétrico, mecânico e químico.

- **Elétrico**

Os fios, cordoalhas e hastes devem suportar as correntes das descargas atmosféricas. Fios relativamente finos suportam bem as correntes dos raios, pois apesar da corrente do raio ser muito elevada, sua duração é muito pequena.

- **Mecânico**

Do ponto de vista mecânico, é importante que os fios não sejam muito finos para que eles possam suportar pancadas de enxadas ou de outros instrumentos resultantes das necessidades empregadas pelo trabalho rural.

- **Químico**

Do ponto de vista químico, é importante que os fios não sejam corroídos. Geralmente o solo é um meio com alto poder de corrosão e isso torna obrigatória a utilização de materiais resistentes à corrosão. O cobre e o zinco são metais muito resistentes à corrosão e usualmente os materiais utilizados para aterramento possuem uma camada de proteção de cobre ou de zinco. Os materiais protegidos com uma camada de cobre são chamados de cobreados e os protegidos com uma camada de zinco são chamados de zincados ou galvanizados.

3.1.2.8 O aterramento através de hastes

A utilização de uma haste no aterramento é extremamente viável visando à qualidade do aterramento. As hastes podem ser inseridas no solo através de marretadas, sem a necessidade de abrir valas profundas para enterrá-las.

Figura 27: Haste de aterramento



Fonte: SABER ELÉTRICA (2017)

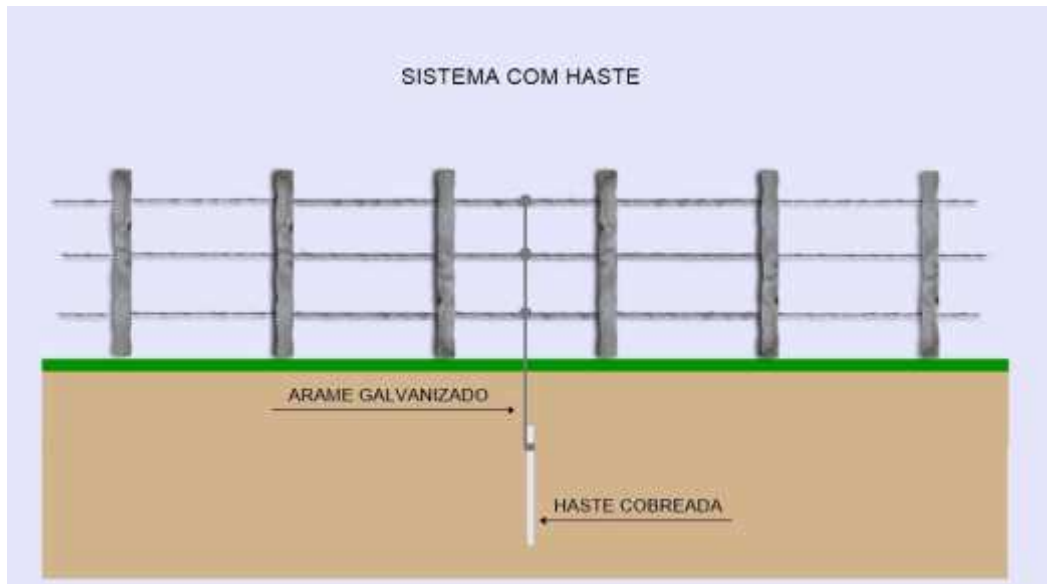
É possível encontrar hastes no mercado em grande variedade, é importante ressaltar que a presença de um profissional da área, seja um engenheiro ou consultor técnico, eleva ainda mais a chances de um sistema econômico, eficiente e promissor.

Algumas hastes mais simples podem ser feitas através de cantoneiras ou chapa de aço dobrado e galvanizado, essa haste deve ter pelo menos 2400 milímetros de comprimento. Podem ser utilizados canos de água galvanizados ou tubos de radiadores descartados, isso se deve ao fato de o material utilizado nesses itens ser resistente à corrosão.

Ao invés de hastes podemos utilizar fios inseridos a terra no sentido horizontal, porém nesse caso é necessário cavar uma vala de pelo menos 0,5 metros para que este fio possa ser posicionado. Em contrapartida o fio horizontal é menos efetivo que o condutor vertical, a verticalidade do condutor do aterramento possibilita o sistema alcançar profundidades suficientemente úmidas, a umidade auxilia na condução segura da energia do raio até a terra.

A figura a seguir apresenta o modelo de aterramento através de uma haste conectada ao condutor.

Figura 28: Aterramento de uma cerca através de haste



Fonte: AUTOR (2018)

3.1.2.9 O aterramento através de fios ou cordoalhas

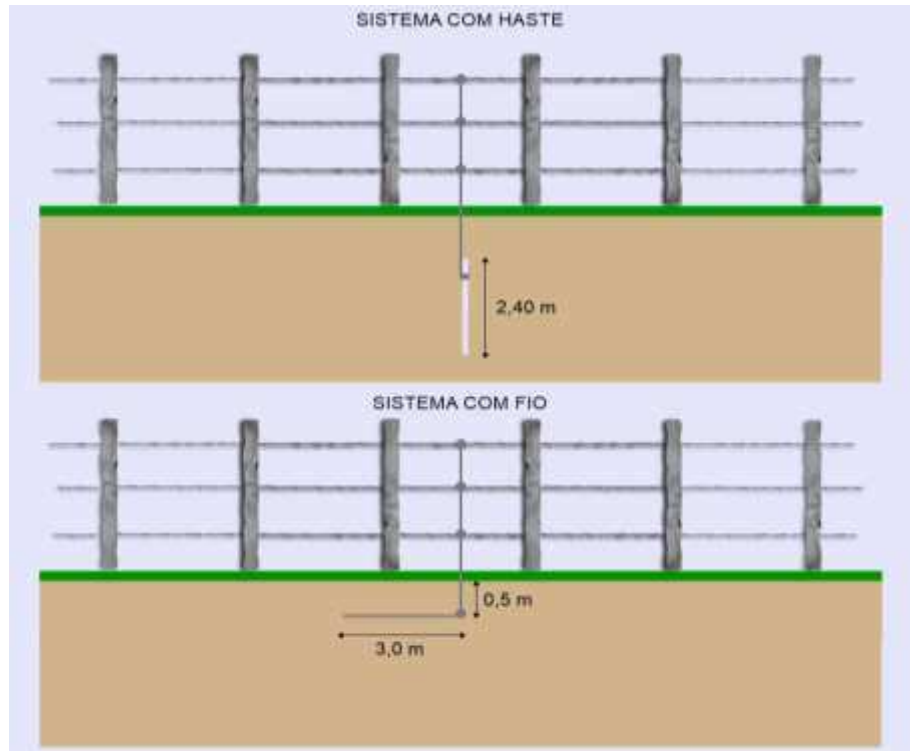
A utilização de fios ou cordoalhas também pode funcionar se o uso for correto, recomenda-se que os fios ou cordoalhas devem ter uma bitola de pelo menos 08 mm², se o custo e a disponibilidade deste material forem um empecilho para efetuar o projeto, é recomendado que se utilize uma bitola com o mínimo de 6,4 milímetros e galvanização pesada, menos que isso o projeto terá uma grande chance de ser ineficiente.

Para a instalação do sistema de proteção com um fio no sentido horizontal o fio utilizado deve possuir as seguintes características: 3,0 metros de comprimento, 6,0 milímetros de diâmetro e posicionamento a 0,5 metros de profundidade.

Essas dimensões deixam o sistema equivalente a um sistema com uma haste de 2,0 m cobreada ou galvanizada cravada na vertical.

A figura seguinte mostra o comparativo das duas formas de aplicação citadas anteriormente

Figura 29: Comparativo sistema com haste e sistema com fio



Fonte: AUTOR (2018)

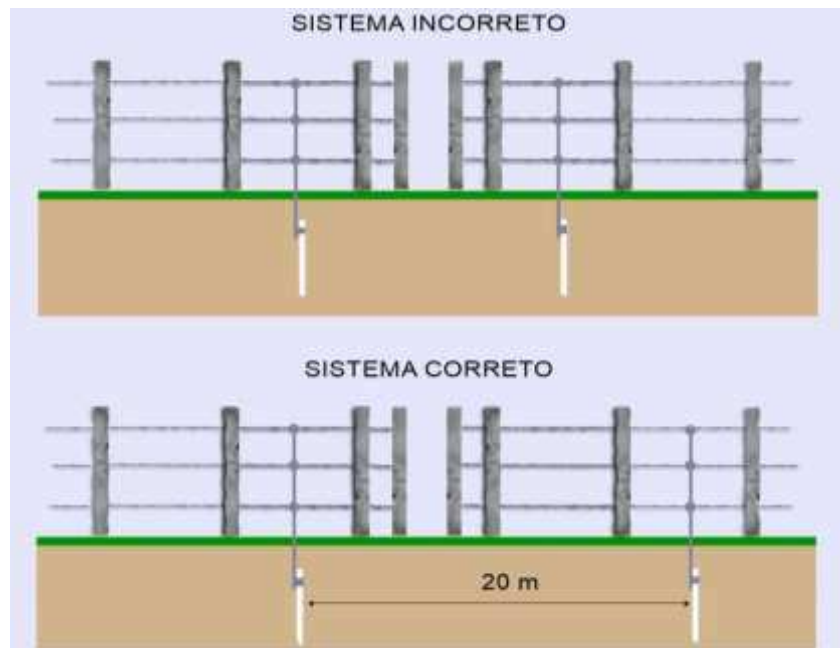
O que define um bom condutor de terra (Fio-Terra) é a característica do material e da disposição no solo. A seguir têm-se algumas exigências a serem seguidas para o bom funcionamento do condutor.

- Respeitar as dimensões citadas anteriormente;
- Bem conectado a todos os fios da cerca;
- Boa superfície de contato no solo;
- Protegido contra corrosão.

É recomendado que, não seja feito o aterramento nas duas extremidades próximas ao seccionamento, mesmo que o aterramento esteja de certa forma

distante do outro ponto aterrado a energia descarregada no solo após uma descarga é suficiente para ser conduzida até o outro ponto aterrado, na figura a seguir é possível notar a recomendação para este caso.

Figura 30: Comparativo do posicionamento do aterramento



Fonte: AUTOR (2018)

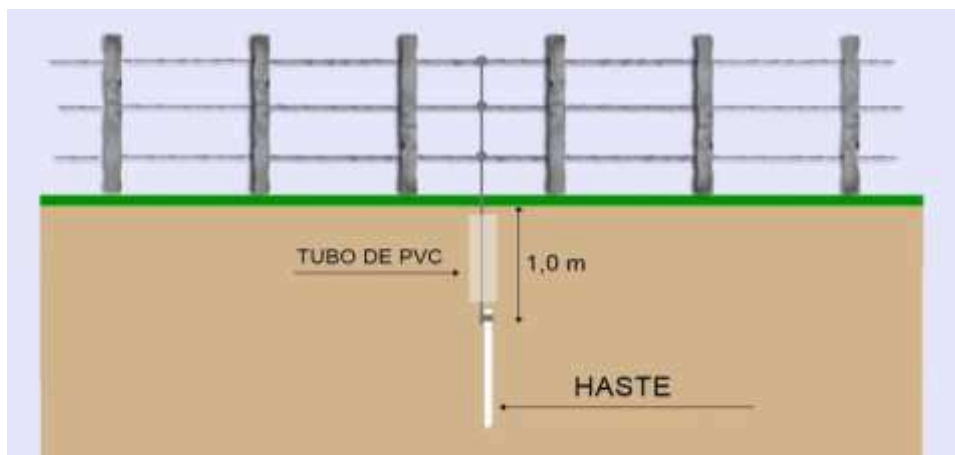
A recomendação em relação à distância entre um ponto de aterramento e outro é de no máximo 100 metros, em solos bem úmidos os pontos podem ter um espaçamento entre eles de no máximo 150 metros. Para pequenas área cercadas em que o espaçamento recomendado acima não seja capaz de suprir a diminuição de risco sobre a cerca, é recomendado que o espaçamento tanto para o seccionamento quanto para o aterramento seja de pelo menos a cada 50 metros.

3.1.2.10 Aterramento em locais com grande circulação de animais ou pessoas

Não é recomendado fazer o aterramento em locais que tenham uma grande circulação de pessoas ou animais, o motivo dessa não recomendação é simples,

quando uma descarga atmosférica atinge a cerca, por exemplo, a energia levada até a terra pelo condutor do aterramento pode levar também uma voltagem perigosa para o solo ao redor do ponto aterrado, se por algum motivo o aterramento for efetuado em uma área que circulam pessoas ou animais o ideal é levar o condutor verticalmente a terra por pelo menos 1 metro antes de fazer a conexão com a haste, cordoalha ou fio, dependendo do tipo de sistema implantado. A figura a seguir apresenta um diagrama de como posicionar os elementos de aterramento através de haste para este caso.

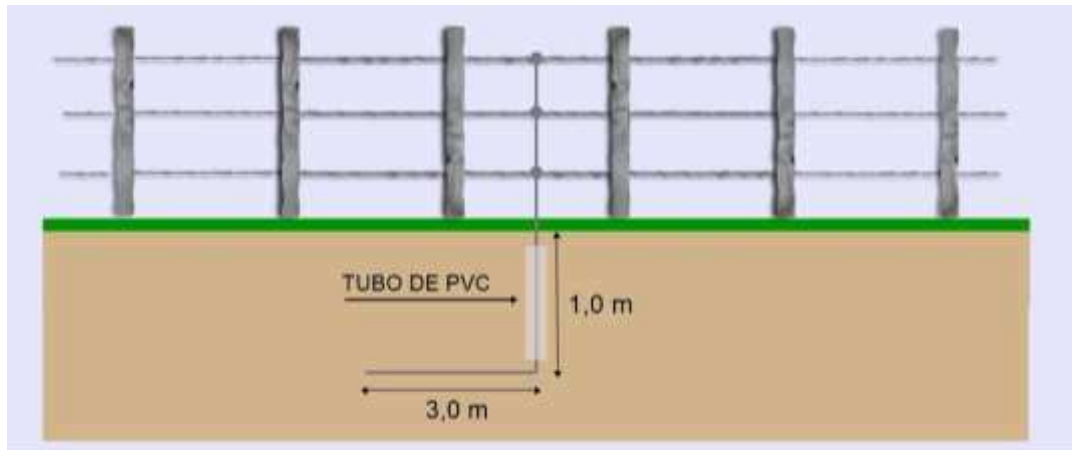
Figura 31: SPDA em local com grande circulação de pessoas e animais



Fonte: AUTOR (2018)

A figura a seguir apresenta um diagrama de como posicionar os elementos de aterramento através de fios ou cordoalhas para este caso.

Figura 32: SPDA com fio para local com grande circulação de pessoas e animais

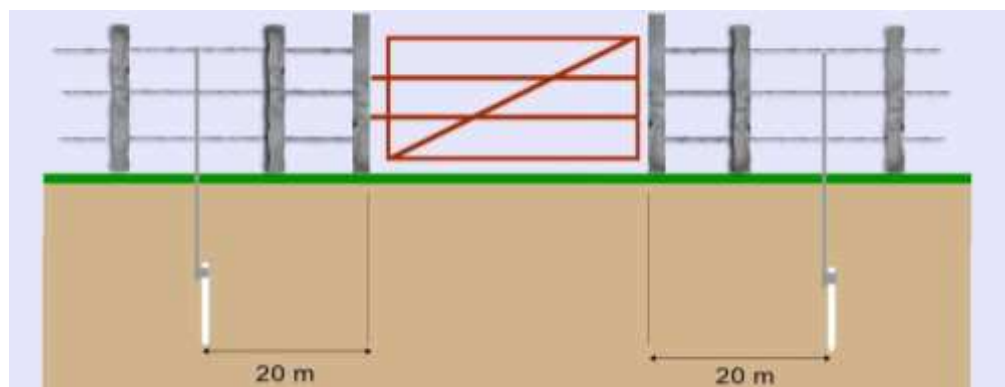


Fonte: AUTOR (2018)

3.1.2.11 Aterramento próximo à porteira

Como visto anteriormente o aterramento em locais com grande circulação de animais ou pessoas pode implicar na diminuição do risco. O local em que é instalada uma porteira tende a ser um local com grande circulação de pessoas ou animais, por isso é necessário certo cuidado em relação à distância do aterramento até a porteira, como mostra a figura a seguir.

Figura 33: Aterramento próximo à porteira



Fonte: AUTOR (2018)

Nota-se que a recomendação é um espaçamento de no mínimo 20 metros entre o aterramento e a porteira, se o proprietário optar por uma solução ainda mais

eficaz em relação à diminuição do risco, a configuração do aterramento pode obedecer às recomendações apresentadas nas figuras 32 e 33.

3.1.2.12 SELEÇÃO DAS MEDIDAS DE PROTEÇÃO PARA AS CERCAS

Neste tópico é apresentado um conjunto de medidas cabíveis para a proteção das cercas utilizadas como exemplo no estudo de caso desse capítulo.

Considerando a área apresentada no início do estudo de caso e sem a presença de porteiros, as seguintes medidas de proteção são compatíveis com as recomendações:

- Execução do seccionamento seguro;
- Instalação de bloqueios no seccionamento;
- Integração do aterramento na cerca.

3.1.2.13 Execução do seccionamento seguro

A seguir é possível notar um padrão simples e eficaz para identificar as necessidades materiais da medida de segurança imposta.

A equação para definir o número de seccionamentos no perímetro é:

$$\frac{Pt}{200} = N_{scc} \quad (1)$$

Onde:

- Pt é o perímetro total da área (em metros);
- N_{scc} é o número de seccionamentos ao longo do perímetro.

3.1.2.14 Instalação de bloqueios no seccionamento

Considerando que haja o risco de fuga e invasão de animais entre as delimitações geográficas do perímetro, é possível calcular o valor em metros de material isolante para compor o bloqueio em cada ponto seccionado, a equação a seguir apresenta essa possibilidade.

$$1,0 \times N_{scc} = CTi [m] \quad (2)$$

Onde:

- *CTi* é o comprimento total de material isolante (em metros);
- *1,0* é a constante em metros para dois trechos de 0,5 metros de material isolante.

3.1.2.15 Integração do aterramento na cerca

Com relação ao aterramento, seguindo as recomendações adequadas é possível dimensionar a integração a partir da seguinte equação:

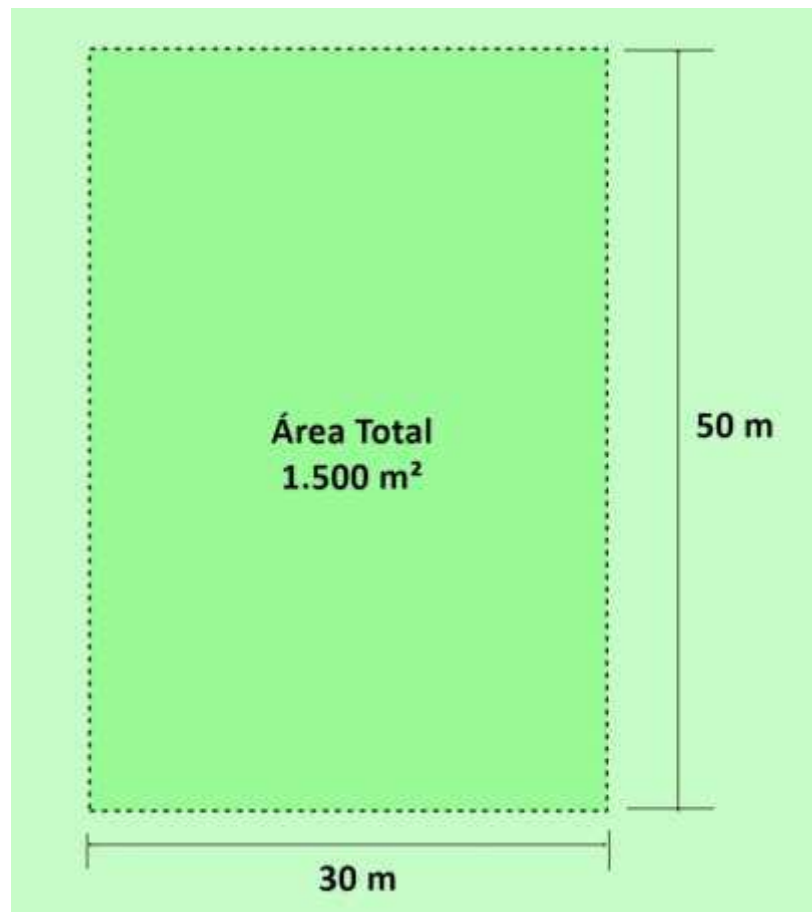
$$\frac{Pt}{100} = Npa \quad (3)$$

Onde:

Npa é o número de pontos de aterramento

3.1.3 ESTUDO DIMENSIONAL DE PROTEÇÃO PARA O CURRAL

A figura a seguir apresenta as dimensões do curral a ser estudado, cabe afirmar que em uma propriedade rural produtiva é comum que haja mais de um curral.

Figura 34: Área total do curral

Fonte: AUTOR (2018)

A área é relativamente pequena se comparada à área total da propriedade, porém a área do curral apresentada anteriormente é suficiente para gerir com eficácia uma criação animal. Currais não possuem padrões dimensionais, geralmente os currais variam conforme a composição animal da propriedade.

3.1.3.1 A proteção em currais

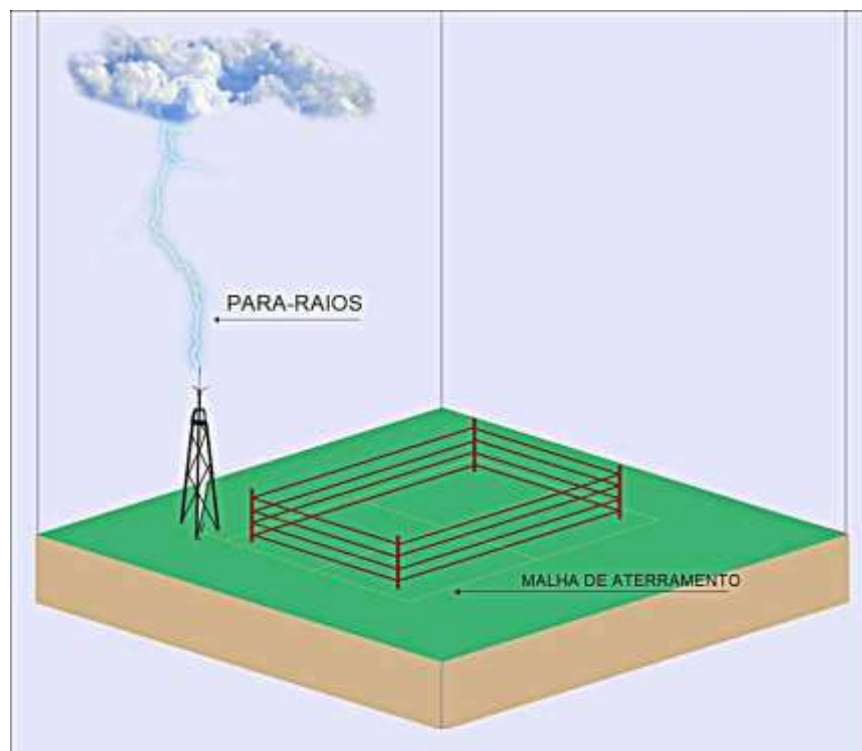
Em um curral pode haver grande circulação de pessoas e ou animais, uma característica importante a ser considerada antes de instalar qualquer sistema de proteção é que a área ou extensão de um curral.

Se o curral estiver localizado em uma área descampada e elevada é importante que se instale um para-raios, a instalação de para-raios é necessária

caso o curral possua alguma edificação, mesmo não estando localizado em um local descampado.

Para que o curral não obtenha voltagens perigosas transitando entre sua área é importante estabelecer uma malha de aterramento, uma malha de aterramento consiste em unificar um sistema de gaiola na terra para que a energia descarregada na estrutura do curral seja dissipada no solo.

Figura 35: Aterramento em curral



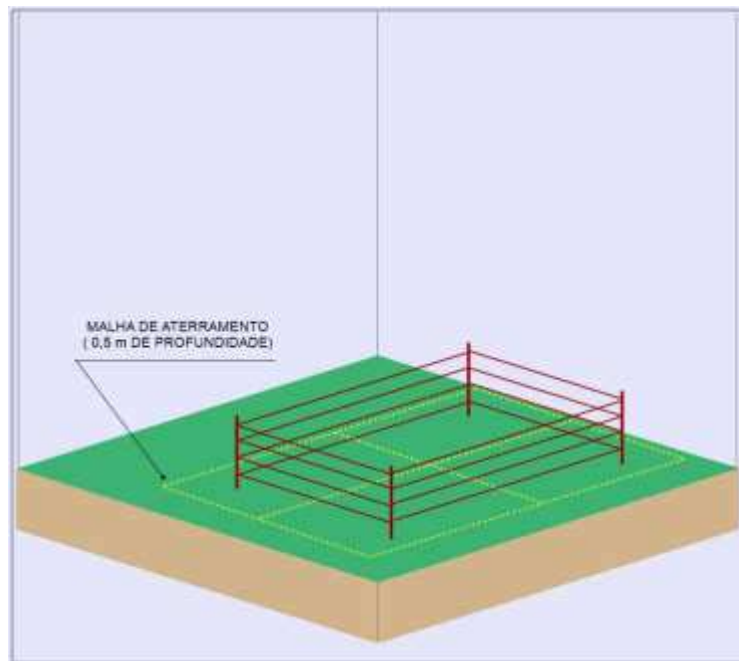
Fonte: AUTOR (2018)

Um para-raios não tem a função de evitar a queda de raios, o para-raios tem a função de fazer uma condução segura da descarga até a terra, na figura anterior é possível identificar um captor e uma malha de aterramento, em caso de descarga no ponto do captor sua energia é conduzida para a malha se conectada ao sistema de captação, essa energia é dissipada na terra e não conduzida até o curral.

3.1.3.2 O aterramento em currais

Para que um o curral tenha um nível aceitável de proteção é indispensável que as voltagens perigosas tenham uma boa área de condução e dispersão no solo, quando uma descarga atmosférica atinge um ponto aterrado qualquer pessoa ou animal que esteja próximo do ponto pode sentir os efeitos do choque elétrico, se conectado ao aterramento houver uma malha aterrada a energia pode ser dispersa apenas na malha e não ao redor da área.

Figura 36: Malha de aterramento em um curral

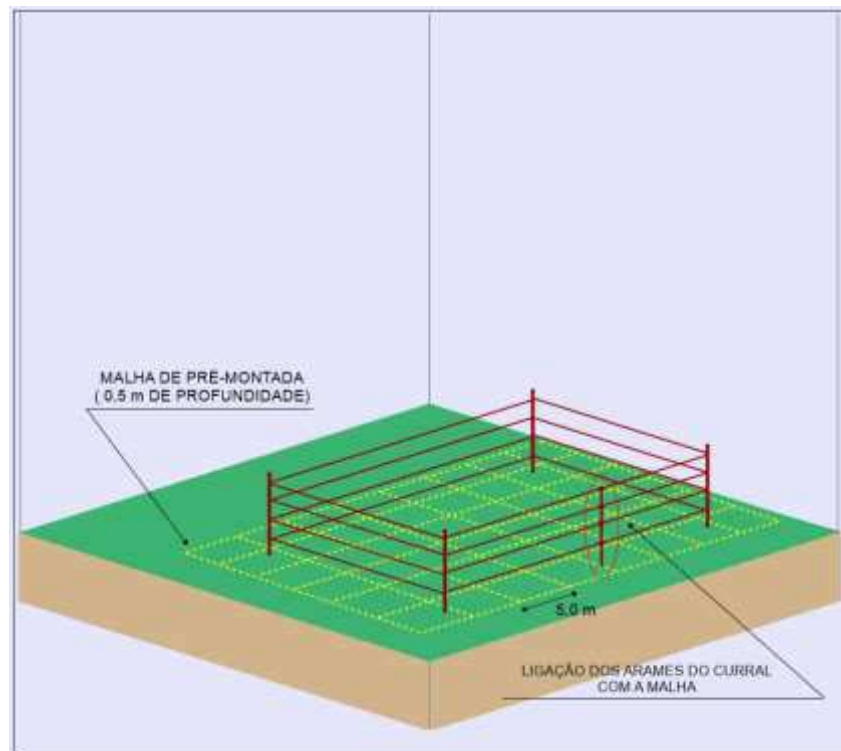


Fonte: AUTOR (2018)

A malha deve estar pelo menos a 0,5 metros de profundidade no solo, sua composição material pode ser da mesma cordoalha utilizada no curral, lembrando que o condutor deve ter pelo menos 6,4 milímetros de diâmetro e ser protegido contra corrosão. Os pontos de encontro da malha devem ser amarrados de forma eficiente podendo haver a união dos cabos através de parafusos, clips, abraçadeiras ou amarração com outro arame, todo e qualquer material utilizado na amarração deve ser galvanizado.

Uma malha de aterramento também pode ser feita com uma tela pré-montada metálica galvanizada para alambrados urbanos. É recomendada uma área total da malha que ultrapasse até 1,0 metros de distância do perímetro do curral.

Figura 37: Malha de aterramento pré-montada em um curral



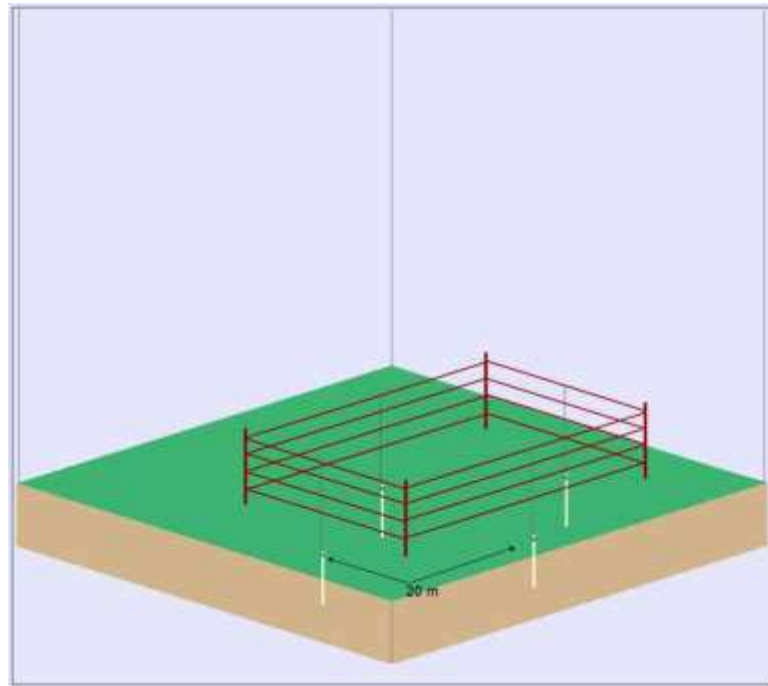
Fonte: AUTOR (2018)

O ideal é que os intervalos de malha tenham no máximo 5,0 metros de distância, para terrenos úmidos o espaçamento máximo é de 20 metros nos intervalos da malha.

Os fios do curral devem ser conectados aos fios da malha de aterramento seguindo as mesmas instruções de amarração utilizada na malha.

Caso as condições citadas anteriormente não sejam viáveis o aterramento do curral pode seguir a recomendação sobre o aterramento das cercas, que consiste na amarração dos arames do curral em uma haste ou um condutor na horizontal de pelo menos 3,0 metros a cada 20 metros do perímetro do curral.

Figura 38: SPDA através de hastes em um curral



Fonte: AUTOR (2018)

O espaçamento entre uma haste e outra pode ter no máximo 50 metros de distância. Seguindo as recomendações adequadas é possível dimensionar a integração das hastes a partir da seguinte equação.

$$\frac{Pt}{20} = Npa \quad (4)$$

Onde:

Pt é o perímetro total do curral

Npa é o número de pontos de aterramento

4. RESULTADOS

4.1 Levantamento de materiais e custos para um SPDA na cerca rural

Para concluir um estudo de caso é interessante que haja um levantamento de recursos necessários para implantar um SPDA na cerca adotada para a propriedade rural.

O levantamento de materiais necessários para o SPDA de uma cerca rural depende das recomendações adotadas. Para a área estudada são escolhidas as seguintes recomendações:

- Seccionamento seguro na cerca;
- Bloqueio seguro em cada ponto seccionado;
- Aterramento dos arames.

A quantidade de pontos de seccionados na cerca depende primordialmente do perímetro da cerca, para que seja possível levantar um número exato da quantidade necessária, deve-se efetuar o cálculo através da equação 1, já citada anteriormente.

Sabendo que o perímetro total da cerca é de 3200 metros e considerando um espaçamento médio de 200 metros entre cada ponto seccionado, tem-se a seguinte resolução:

$$\frac{3200}{200} = 16$$

Portanto sabe-se agora que o número de pontos de seccionamento necessário é de 16 seccionamentos.

Após afirmar o número total de seccionamentos, deve-se calcular o valor em metros do material isolante capaz de formar o bloqueio em cada ponto seccionado.

Utilizando a equação 2 é possível obter esse valor.

$$1,0 \times 16 = 16 [m]$$

Sendo assim, o comprimento total de material isolante a ser utilizado no bloqueio com dois isolantes é de 16 metros. Vale lembrar que o número de isolantes no seccionamento pode ser maior que dois objetos, porém como apresentado na figura 23 o bloqueio pode ser eficiente mesmo se formado por dois objetos fixados.

Além do seccionamento com bloqueio seguro, há a recomendação de aterrar os arames da cerca, esse aterramento é dimensionado através da equação 3.

Sabendo que o perímetro total da cerca é de 3200 metros e, que o espaçamento entre cada ponto aterrado é de 100 metros durante o perímetro total, o seguinte cálculo apresenta o número total de pontos aterramento.

$$\frac{3200}{100} = 32$$

Após serem dimensionados os seccionamentos com bloqueios e, os aterramentos dos arames, deve-se dimensionar o custo necessário para implantar essas recomendações de SPDA.

Para que as recomendações detalhadas na metodologia sejam viáveis ao proprietário rural, o custo da implantação do projeto deve ser positivo em relação ao custo-benefício.

A seguir é apresentada uma tabela desenvolvida com o intuito de compor os custos dos materiais necessários para efetuar as recomendações dimensionadas anteriormente. Os valores apresentados na tabela representam uma média entre três orçamentos motivados pelo estudo de custos.

Tabela 3: Levantamento de custos para um SPDA na cerca rural

| Material | Quantidade por unidade / metro | Preço por unidade / metro (em reais) | Preço total (em reais) |
|---|---------------------------------------|---|-------------------------------|
| Haste de aterramento cobre 5/8" 2400 mm | 32 Unidades | R\$ 29,00 | R\$ 928,00 |
| Cabo de cobre nu 35 mm ² | 48 Metros | R\$ 12,00 | R\$ 576,00 |
| Conector Cabo-haste | 32 Unidades | R\$ 5,00 | R\$ 160,00 |
| <i>Custo total dos materiais (em reais) = R\$ 1664,00</i> | | | |

Fonte: AUTOR (2018)

4.2 Levantamento de materiais e custos para implantar um SPDA no curral

Mesmo que este trabalho tenha como principal abordagem a implantação de um SPDA na cerca rural, é importante efetuar um levantamento de custos com relação à implantação de um SPDA em um curral.

Para o caso proposto no estudo, o curral presente na propriedade deve seguir as recomendações de aterramento com hastes.

Sabendo que o perímetro total do curral é de 160 metros, a equação 4 nos permite calcular o número total de pontos de aterramento. A seguir é possível verificar o valor citado.

$$\frac{160}{20} = 08$$

Um curral contendo um SPDA integrando um aterramento com hastes necessita de verificação de custo, afinal, todo e qualquer sistema, por mais simples que seja, deve ser viável. Vale afirmar que, para a conexão entre as hastes e os arames do curral é considerado um comprimento mínimo de 1,5 metros de cabo.

A seguir a tabela 04 apresenta os valores quantitativos e de custos para implantar o SPDA no curral.

Tabela 4: Levantamento de custos mínimos para um SPDA no curral

| Material | Quantidade por unidade / metro | Preço por unidade / metro (em reais) | Preço total |
|--|---|---|--------------------|
| Haste de aterramento cobre 5/8" 2400 mm | 08 Unidades | R\$ 29,00 | R\$ 232,00 |
| Cabo de cobre nu 35 mm ² | 12 Metros | R\$ 12,00 | R\$ 144,00 |
| Conector Cabo-haste | 08 Unidades | R\$ 5,00 | R\$ 40,00 |
| <i>Custo total dos materiais (em reais) = R\$ 416,00</i> | | | |

Fonte: AUTOR (2018)

4.3 ESTUDO DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DO SPDA NA CERCA RURAL E NO CURRAL

Para que se possa ter uma margem de viabilidade do projeto a ser instalado, é interessante que além da tabela de custos para implantar o SPDA na cerca, haja também uma tabela com preços mínimos de possíveis perdas, essas perdas geralmente envolvem animais bovinos, pois na zona rural a criação de bovinos mantém a renda e o abastecimento de quase todas as famílias que dependem da cultura do trabalho no campo. A seguir é apresentada uma tabela com preços mínimos de animais possivelmente integrantes de muitas propriedades rurais de pequeno, médio e grande porte.

Tabela 5: Preços mínimos de bovinos

| Bovino | Raça | Região / Estado | Categoria | Idade (em meses) | Preço (em reais) |
|---------------|-------------|------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Novilha | Holandesa | RS | Leite | 12 | 1.800,00 |
| Vaca | Holandesa | RS | Leite | 30 | 2.500,00 |
| Vaca | Girolanda | BA | Leite | 18 | 3.000,00 |
| Vaca | Nelore | SP | Corte | 36 | 1.550,00 |
| Bezerro | Angus | PR | Corte | 7 - 8 | 1.400,00 |

Fonte: AUTOR (2018)

Como visto anteriormente é possível notar que o custo aproximado para implantar um SPDA, tanto na cerca rural quanto no curral é nitidamente menor ou equivalente ao valor total de apenas uma unidade de qualquer animal citado na tabela anterior, isso serve como motivação para a relação entre custo e benefício da implantação de um SPDA com a intensão de suprir a necessidade de proteger não só os animais, mas também a vida de qualquer pessoa que estiver sob os riscos causados pelas descargas atmosféricas nos contextos citados neste trabalho.

5. DISCUSSÃO

Fica nítida a necessidade de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas após ter conhecimento das potenciais perdas envolvidas no contexto da zona rural. Necessidade imposta não só pelas possíveis perdas, mas também pela taxa de fatalidades expressa no Infográfico.

A principal proposta deste trabalho não se resumiu em dimensionar um sistema capaz de evitar um evento perigoso, mas sim de gerir esse tipo de evento. Sabe-se que uma descarga atmosférica é um fenômeno natural, sendo assim algo impossível de se evitar.

Fazendo uma breve análise na metodologia é correto afirmar que o desenvolvimento não possui profundidade prática, pois em nenhum momento foi constatado um projeto real e ou uma simulação computacional capaz de comprovar os modelos, ou melhor, os arranjos contra descargas atmosféricas como uma proposta eficaz e segura, com exceção do sistema para a casa de campo, pois se trata de uma edificação capaz de ser protegida com um projeto cabível às recomendações da própria NBR 5419:2015. Esteticamente o projeto possui relevância, pois encara de forma racional o objetivo técnico de conduzir a corrente elétrica até uma área sob a superfície do solo, fazendo assim a gestão do evento perigoso tanto para as cercas rurais quanto para os currais.

Obviamente este trabalho não visou lucratividade, pois um sistema de proteção busca geralmente evitar a perda de valores, muitas vezes esses valores constituem uma gama financeira. Comparando as tabelas de custos expostas no capítulo anterior ficou clara uma vantagem significativa em relação ao zelo pela vida e pela produtividade da propriedade rural. Neste caso não se pode buscar uma margem lucrativa, mas sim produtiva.

Para que este trabalho tenha o seu propósito progressivo realizado no ramo da engenharia elétrica é interessante que as questões, incógnitas e alguns pontos com certo teor vago sejam encarados em uma continuidade científica. A metodologia exposta neste trabalho não se trata de uma normativa, manual ou uma lei a ser

seguida, mas de um primeiro passo para algo maior, talvez futuramente possa surgir uma proposta mais técnica e detalhada com o auxílio de recursos mais avançados, tanto para agregar nos dados positivos deste trabalho quanto para até mesmo desmotivar algumas afirmações contidas neste desenvolvimento.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho construiu com deduções técnicas a base de uma proposta de recomendações seguras contra descargas atmosféricas para a zona rural. Foi possível confirmar a relevância dos projetos propostos no estudo de caso através das tabelas de custos, relacionando a implantação de um projeto de proteção e a composição animal a ser protegida, é indiscutível o benefício de diminuir os riscos à vida humana, porém na zona rural a dependência da vida animal é grande, portanto torna-se grandiosa a chamada do tema em relação à abordagem social e econômica presente neste trabalho. Não foi utilizado nenhum recurso computacional avançado para as projeções técnicas, mas sim as fundamentações, tendo como base o comportamento físico da descarga atmosférica em um corpo condutor e suas exigências naturais.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 5419:2015, Proteção contra descargas atmosféricas

INPE/ELAT. Definição de relâmpago. 2016. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampagos/definicao>>. Acesso em: 20 set. 2018.

NOAA. LIGHTNING RISK MANAGEMENT. 2016. Disponível em <<http://www.lightningsafety.noaa.gov/outdoors.shtml>>. Acesso em: 25 set. 2018.

VISACRO, S. F. Aterramentos elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento. [S.l.]: Artliber, 2002.

VISACRO, S. F. Descargas atmosféricas: uma abordagem de engenharia. [S.l.], 2002.

INSTRUTEMP. VOCÊ ESTÁ PREPARADO PARA A NBR 2015?. Disponível em: <<http://instrutemp.blogspot.com/2017/10/nbr-5419-voce-esta-preparado.html>> Acesso em: 27 set. 2018.

SABER ELÉTRICA. PROTEÇÃO POR GAIOLA DE FARADAY. Disponível em: <<https://www.sabereletrica.com.br/protecao-por-gaiola-de-faraday/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

HEGARD. INSPEÇÃO DE PARA RAIOS. Disponível em: <https://hegard.com.br/inspecao-de-para-raios/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

SOUZA PARA RAIOS. SPDA. Disponível em: <<http://www.alsouzapararaios.com.br/sistema-protecao-descargas-atmosfericas-spda>>. Acesso em 10 nov. 2018.

ENSIIONANDO ELÉTRICA. COMO FUNCIONA O ATERRAMENTO ELÉTRICO. Disponível em: <<https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2016/03/como-funciona-o-aterramento-eletrico.html>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

ISOLAR ELÉTRICA. COMPARATIVO CERCA ELÉTRICA RURAL VS CERCA TRADICIONAL. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=-JWNh6BYkq4>>. Acesso em: 20 nov. 2018

BELGO MINEIRA BEKAERT ARAMES S.A. INFORME TÉCNICO. 1993