



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Hemeson Guilherme Teixeira

Ferramenta Anti Ninhos

CARAÚBAS

2024

Hemeson Guilherme Teixeira

Ferramenta Anti Ninhos

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: José Ailton L. Barboza Júnior,
Prof. Me.

CARAÚBAS

2024

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

T266f Teixeira, Hemeson.
Ferramenta Anti Ninho / Hemeson Teixeira. - 2024.
46 f. : il.

Orientador: José Ailton Barboza Júnior.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Elétrica, 2024.

1. Qualidade de energia. 2. Energia elétrica. 3.
Impacto ambiental. 4. Ferramenta anti ninho. I. Barboza
Júnior, José Ailton, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas

Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues

CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Hemeson Guilherme Teixeira

Ferramenta Anti Ninhos

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Defendida em: 16 / 04 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



JOSE AILTON LEAO BARBOZA JUNIOR

Data: 24/04/2024 18:57:05-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

José Ailton L. Barboza Júnior, Prof. Me. (UFERSA)

Presidente

Documento assinado digitalmente



HUGO MICHEL CAMARA DE AZEVEDO MAIA

Data: 19/04/2024 14:46:31-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Hugo Michel Câmara De Azevedo Maia, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



ANAMARIA SENA MAIA

Data: 19/04/2024 15:33:49-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Anamaria Sena Maia, Prof. Dr.

Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me guiar, abençoar, cuidar e dar forças para alcançar meus objetivos.

Agradeço a meus pais por acreditarem em mim e muitas vezes se sacrificarem para que pudesse tornar este momento possível.

Agradeço Orientador por me instruir no desenvolvimento do presente trabalho.

Agradeço a Banca Examinadora pela avaliação e por todas as contribuições feitas ao trabalho

Agradeço a minha namorada por ouvir todos os meus lamentos, me acalmar e dar forças sempre que possível.

RESUMO

A demanda por energia só tende a crescer com o passar dos anos. A cada dia mais estão sendo desenvolvidas novas ferramentas, aparelhos, equipamentos e até mesmo automóveis que necessitam da energia elétrica para seu funcionamento. Tendo em vista a necessidade citada, faz-se necessário um fornecimento de energia elétrica cada vez melhor para a indústria e população. Por este motivo, as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia se empenham para manter um fornecimento de energia cada vez melhor para seus clientes. Porém é preciso se preocupar também com os danos colaterais causados a natureza as custas de tal serviço. O presente trabalho trata do desenvolvimento de uma ferramenta anti ninhos, capaz de auxiliar em uma medida para evitar que pássaros construam seus ninhos em estruturas de distribuição de energia, evitando a morte das aves e a interrupção do fornecimento de energia em dado setor. De forma mais específica, serão estudadas as regulamentações que regem o fornecimento de energia elétrica no Brasil; analisar os equipamentos utilizados nas linhas de distribuição; estudar designers que possam ser utilizados no desenvolvimento da ferramenta. O método utilizado no trabalho foi a construção de um protótipo inicial para servir de base para uma ferramenta futura, observando erros, acertos, oportunidades de melhoria e dificuldades no trabalho futuro. Ao final do trabalho foi possível alcançar todos os pontos almejados no início do trabalho. A ferramenta inicial se mostrou funcional e demonstrou vários pontos de melhoria que podem ser aplicados a ferramenta futura.

Palavras-chave: Qualidade de Energia; Energia Elétrica; Impacto Ambiental; Ferramenta Anti Ninho.

ABSTRACT

The demand for energy only tends to grow over the years. Every day more new tools, devices, equipment and even automobiles are being developed that require electrical energy to operate. In view of the aforementioned need, an increasingly better supply of electrical energy for industry and the population is necessary. For this reason, energy generation, transmission and distribution companies strive to maintain an increasingly better energy supply for their customers. However, it is also necessary to be concerned about the collateral damage caused to nature at the expense of such a service. The present work deals with the development of an anti-nesting tool, capable of assisting in a measure to prevent birds from building their nests in energy distribution structures, avoiding the death of birds and the interruption of the energy supply in a given sector. More specifically, the regulations governing the supply of electricity in Brazil will be studied; analyze the equipment used in distribution lines; study designers who can be used in the development of the tool. The method used in the work was the construction of an initial prototype to serve as the basis for a future tool, observing errors, successes, opportunities for improvement and difficulties in future work. At the end of the work, it was possible to achieve all the points desired at the beginning of the work. The initial tool proved to be functional and demonstrated several points of improvement that can be applied to the future tool.

Keywords: power quality; electricity; environmental impact; anti nest tool.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Sistema de Distribuição com neutro aterrado	19
Figura 2	–	(a) curto sólido e (b) curto com impedâncias de falta iguais	20
Figura 3	–	Curto-circuito bifásico.....	20
Figura 4	–	Curto-circuito bifásico com representação de impedância de falta.....	21
Figura 5	–	Curto-circuito fase-terra	21
Figura 6	–	Elos fusíveis para transformadores de distribuição	23
Figura 7	–	Componentes da chave fusível	23
Figura 8	–	Religador automático	24
Figura 9	–	Chave seccionadora trifásica	25
Figura 10	–	Relé de sobrecorrente.....	26
Figura 11	–	Sistema gerenciado por relé digital	27
Figura 12	–	Número de ocorrências de animais mortos.....	29
Figura 13	–	Esboço do fluxo da energia elétrica de geração a seu consumidor final	30
Figura 14	–	Vista superior de uma estrutura com três fases	32
Figura 15	–	Layout de uma cruzeta padrão utilizada pela concessionária	32
Figura 16	–	Vista frontal e lateral do cano com corte horizontal	33
Figura 17	–	Bastão Pega Tudo	34
Figura 18	–	Bastão Pega Tudo em uso.....	34
Figura 19	–	Vara de Manobra Telescópica	35
Figura 20	–	Vara de Manobra 6 Elementos com cabeçote universal	35
Figura 21	–	Designer do primeiro protótipo	36
Figura 22	–	Protótipo inicial	38
Figura 23	–	Cano de PVC encaixada no protótipo 1.....	39
Figura 24	–	Protótipo 1 acoplada ao Bastão Pega Tudo	39
Figura 25	–	Protótipo 1 acoplada as Varas de Manobra	40
Figura 26	–	Protótipo 1 em uso	41
Figura 27	–	Vista frontal do protótipo 1 acoplado ao cano	42
Figura 28	–	Designer da ferramenta protótipo 2.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Dr	Doutor
Me	Mestre
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
PVC	Policloreto de Polivinila
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
DRP	Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária
DRC	Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica
DIC	Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
FIC	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora
DICRI	Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por Unidade Consumidora
P1	Protótipo 1, protótipo inicial
P2	Protótipo 2, protótipo final

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMA.....	13
1.2	OBJETIVOS.....	13
1.3	JUSTIFICATIVA.....	14
2	GESTÃO DO CONHECIMENTO	15
2.1	PRODIST.....	15
2.2	TIPOS DE CURTO-CIRCUITO NAS LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO...	18
2.3	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO AO CURTO-CIRCUITO.....	22
2.3.1	Elo fusível	22
2.3.2	Religador automático	23
2.3.3	Seccionador automático	24
2.3.4	Disjuntor associado com relé	25
2.3.5	Relé	26
2.4	PRINCIPAIS CAUSAS DE CURTO-CIRCUITOS NA NATUREZA....	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	CANO DE PVC	31
3.2	PROTÓTIPO INICIAL (P1)	33
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
4.1	RESULTADOS DO PROTÓTIPO 1	38
4.2	DESIGNER DA FERRAMENTA PROTÓTIPO 2	41
4.3	PROJETOS FUTUROS	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A cada dia surgem novas máquinas, equipamentos, acessórios, produtos e tecnologias que utilizam a energia elétrica para seu funcionamento. São utilizados em todas as áreas e setores imagináveis, saúde, conforto, setor industrial, agrícola, transporte de cargas e pessoas, dentre várias outras áreas de atuação. A energia elétrica vem se tornando cada vez mais necessária para a vida humana, e o avanço da tecnologia só a torna cada vez mais essencial. São inúmeros os exemplos de processos que antes eram feitos de forma manual ou nem existiam e atualmente com o avanço tecnológico estão sendo realizadas de forma mais eficiente por máquinas elétricas.

Diante de todo esse avanço tecnológico, torna-se cada vez mais necessário um bom fornecimento de energia elétrica para a população, empresas e indústria.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão do governo brasileiro responsável por regular o setor elétrico nacional. Dentre suas atribuições está a responsabilidade de fiscalizar e regular a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Implementando políticas, metas e prazos as empresas do setor, visando a qualidade e sustentabilidade do serviço de energia elétrica no país (BRASIL, 2021).

Entretanto, não se pode pensar apenas em qualidade de energia e deixar de lado os impactos causados a natureza por tais serviços.

Na geração, citando o meio mais utilizado na produção de energia elétrica oriunda de fontes renováveis no Brasil, as usinas hidrelétricas, tem-se um grande impacto ambiental. Grandes áreas são desmatadas e alagadas, populações ribeirinhas são obrigadas a se deslocarem para outras áreas, mudança de paisagem e perda de ativos ambientais, tudo isso são apenas alguns exemplos de impactos negativos causados a população, fauna e flora locais. Abandonando sua história, tradições e cultura, o ser humano pode migrar para outras áreas, porém os seres vegetais e animais, muitas vezes, não podem fazer o mesmo, são alagados junto a seu habitat natural, o que acarreta a extinção de várias espécies de plantas e animais (VICTORINO; CAMPOS, 2024).

Na transmissão, são necessárias centenas de quilômetros de linhas de transmissão de energia elétrica para a interligação das usinas geradoras a subestações de distribuição. A faixa de servidão possui largura de 62 m e o comprimento da extensão da linha, serve como área de proteção, não podendo haver construções ou árvores de grande porte dentro da área. Toda a área acima citada, passa a ser de propriedade da concessionária, de uso exclusivo para a proteção da linha e pode eventualmente ser usada como caminho para viaturas de inspeção e

manutenção. Além de todo o dano adicional causado por máquinas, equipamentos e pessoas necessárias para a construção da linha, às vezes, ocorre de as linhas de transmissão passarem por áreas de cultivo para pequenos produtores, causando assim danos a fauna, flora e pessoas que moram nas suas proximidades (CAMPOS, 2010).

Na distribuição os danos causados são bem menores em comparação a geração e a transmissão. Sendo necessário a construção de subestações de distribuição, geralmente localizadas em áreas estratégicas de centros de carga e afastadas de centros urbanos, e suas estruturas de escoamento de energia até as residências não necessitam de faixa de servidão. Contudo, mesmo causado pouco dano em comparação a geração e transmissão, não se pode negligenciar por completo seus impactos.

A Neoenergia é uma empresa pertencente ao grupo Iberdrola, que chegou ao Brasil no ano de 1997 e é uma das líderes do setor elétrico nacional. Atualmente presente em 18 estados, no Rio Grande do Norte, no qual ocupa o lugar de concessionária estadual. A empresa exerce diversas práticas no âmbito ambiental, ecológico e social, fazendo a sua parte no dever sustentável para a harmonia entre homem e natureza (NEOENERGIA, 2023).

O presente trabalho visa o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de auxiliar nas práticas de harmonia entre homem-natureza. De forma mais específica, estudar as regulamentações que regem o fornecimento de energia elétrica no Brasil, estudar os equipamentos utilizados nas linhas de distribuição e estudar designers e materiais que possam ser utilizados no desenvolvimento da ferramenta.

1.1 PROBLEMA

Foi observado que a instalação de um cano de PVC era capaz de evitar que os pássaros construíssem seus ninhos nas cruzetas duplas dos postes de distribuição da rede elétrica. Para a realização do procedimento se faz necessário uma equipe especializada em técnicas de linha viva, capaz de realizar a instalação dos canos nas estruturas enquanto a rede se encontra em seu pleno funcionamento, fornecendo energia para os clientes normalmente. Relativamente, existem poucas equipes que trabalham com técnicas de linha viva na tensão de 13,8kV, utilizam grandes veículos, ferramentas e equipamentos de alto valor.

Grande parte das estruturas de distribuição estão localizadas em áreas de vegetação fechada, pisos irregulares de difícil acesso e em propriedades privadas.

Devido ao fato de a equipe de linha viva possuir uma agenda cheia, alto custo de traslado até pequenos municípios do interior e a localização de difícil acesso das estruturas, a atividade se torna inviável.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma ferramenta capaz de auxiliar na instalação de canos de PVC em cruzetas duplas em postes de linhas de distribuição, sem que haja interrupção no fornecimento de energia.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, estabelece-se os seguintes objetivos específicos:

- Estudar as regulamentações que regem o fornecimento de energia elétrica no Brasil;
- Estudar os equipamentos utilizados nas linhas de distribuição;
- Estudar designers de baixo custo que possam ser utilizados no desenvolvimento do protótipo.

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo Resolução 1.000 de 2021, é dever da distribuidora fornecer um serviço de qualidade a seus clientes, mantendo a continuidade, atualidade, eficiência, segurança e cortesia na sua prestação, bem como verificar e regularizar o fornecimento de energia elétrica em prazos que variam entre 6 e 72 horas, após o recebimento da reclamação.

A preservação ambiental é de grande importância para a Neoenergia, é parte de sua estratégia empresarial apoiar e realizar projetos que visão o desenvolvimento sustentável. A exemplo temos o apoio ao projeto Flyways Brasil desde o ano de 2015, uma iniciativa da SAVE Brasil que tem como objetivo a preservação de aves limícolas migratórias e seus habitats no estado do Rio Grande do Norte.

Outro motivo importante é o fato do autor do presente trabalho fazer parte da equipe de colaboradores da empresa Neoenergia atuante no Rio Grande do Norte, onde notou a oportunidade de criação de um equipamento ou ferramenta capaz de ajudar na preservação da fauna local e proteção da rede de energia, além de manter um melhor fornecimento de energia elétrica para os clientes da empresa.

2 GESTÃO DO CONHECIMENTO

Nessa seção, serão abordados temas pertinentes ao entendimento geral do trabalho proposto: discorrer sobre os módulos PRODIST da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017), mais precisamente o módulo 8, que contempla os procedimentos de distribuição de energia elétrica e como mensurar a qualidade de energia que está sendo fornecida; os tipos de curtos-circuitos que podem ocorrer em uma rede elétrica de distribuição; os equipamentos que realizam a proteção desses sistemas elétricos e as causas de curtos-circuitos que são passíveis de acontecer, dentre elas os acidentes com seres vivos, mais precisamente, os pássaros.

2.1 PRODIST

O sistema de distribuição brasileiro é regulado por um conjunto de orientações, normas e regras dispostas em Resoluções da ANEEL através do arquivo Procedimentos de Distribuição – PRODIST (ANEEL, 2017) com objetivo de auxiliar consumidores e produtores de energia, distribuidoras de energia e agentes importadores e exportadores de energia, disciplinando formas, condições, responsabilidades e penalidades relativas à conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica e estabelecendo critérios e indicadores de qualidade. O PRODIST é composto por onze módulos:

- Módulo 1: Introdução;
- Módulo 2: Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição;
- Módulo 3: Conexão aos Sistemas de Distribuição;
- Módulo 4: Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição;
- Módulo 5: Sistemas de Medição e Procedimentos de Leitura;
- Módulo 6: Informações Requeridas e Obrigações;
- Módulo 7: Cálculo de Perdas na Distribuição;
- Módulo 8: Qualidade do Fornecimento da Energia Elétrica;
- Módulo 9: Ressarcimento de Danos Elétricos;
- Módulo 10: Sistema de Informação Geográfica Regulatório;
- Módulo 11: Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares.

O módulo 8, mais especificamente, também é chamado de Módulo de Qualidade, justamente por tratar de aspectos referentes à qualidade do produto, serviço e atendimento da atividade de distribuição de energia elétrica. É neste módulo que são apresentadas as

metodologias para cálculo dos indicadores de qualidade do produto, como também os fenômenos relativos à conformidade da onda de tensão em regime permanente e transitório (DRP e DRC), indicadores de distorções de tensão, harmônicos de tensão, flutuação de tensão e eventos (PERILLO, 2022).

Também no módulo 8, são definidos os indicadores de qualidade de serviço que classificam as interrupções da distribuição em termos de duração e frequência (DIC/FIC e DEC/FEC), além dos procedimentos e prazos de reclamação e atendimento para as distribuidoras e consumidores (ANEEL, 2017). O módulo 8 se divide em tópicos, que são estes:

- Seção 8.1 – Qualidade do produto: define a terminologia, caracteriza os fenômenos, estabelece os indicadores e limites ou valores de referência, além de definir a metodologia de medição e a gestão das reclamações relativas à conformidade de tensão em regime permanente e transitório;
- Seção 8.2 – Qualidade do serviço: define os conjuntos de unidades consumidoras, estabelece as definições, os limites e os procedimentos relativos aos indicadores de continuidade e de atendimento às ocorrências emergenciais, definindo padrões e responsabilidades;
- Seção 8.3 – Qualidade comercial: define os procedimentos para a apuração dos indicadores de reclamações, de atendimento telefônico e de cumprimentos dos prazos, e estabelece a metodologia para estabelecimento dos limites do indicador FER;
- Seção 8.4 – Segurança do trabalho e instalações: estabelece as condições de acompanhamento da segurança do trabalho e das instalações;
- Anexos.

No quesito indicador de continuidade do serviço de distribuição de energia elétrica, faz-se necessário o conhecimento por meio do controle do número de interrupções e da apuração da qualidade do serviço, que são considerados tanto a duração da interrupção quanto à frequência. São estes:

- Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – DIC pode ser visto na Equação 1:

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (1)$$

- Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – FIC pode ser visto na Equação 2:

$$FIC = n \quad (2)$$

- Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – DMIC: pode ser visto na Equação 3:

$$DMIC = t(i)_{max} \quad (3)$$

- Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – DICRI pode ser visto na Equação 4:

$$DICRI = t_{critico} \quad (4)$$

Para a unidade consumidora que agrega os Pontos de Iluminação Pública – PIP conectados na rede de distribuição sem medição da distribuidora devem ser apurados os seguintes indicadores:

- Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – DIC pode ser visto na Equação 5:

$$DIC = \frac{\sum_{i=1}^{NUCurb} DIC(i)}{NUCurb} \quad (5)$$

Sendo NUCurb = número total de unidades consumidoras atendidas em BT e localizadas na área urbana do próprio município.

- Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão – FIC pode ser visto na Equação 6:

$$FIC = \frac{\sum_{i=1}^{NUCurb} FIC(i)}{NUCurb} \quad (6)$$

Sendo NUCurb = número total de unidades consumidoras atendidas em BT e localizadas na área urbana do próprio município.

Os indicadores de continuidade coletivos devem ser apurados para cada conjunto de unidades consumidoras. São estes:

- Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC), Equação 7:

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{NUC} DIC(i)}{NUC} \quad (7)$$

Sendo NUC = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT.

- Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC), que pode ser vista na equação 8:

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{NUC} FIC(i)}{NUC} \quad (7)$$

Sendo NUC = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT.

2.2 TIPOS DE CURTO-CIRCUITO NAS LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO

Os tipos de curto-circuito podem ser caracterizados de várias formas, como por exemplo duração e origem. De acordo com Cavalheiro (2012):

- Duração
 - Auto-extinguível: A temperatura desenvolvida nesse ponto pode provocar a secagem e assim eliminar o defeito. Um exemplo desse tipo de curto-circuito é a umidade elevada do local.
 - Transitório: a falha de isolamento pode introduzir uma impedância relativamente elevada que tende a manter-se originando uma intensidade de corrente superior ao valor da corrente de serviço, mas que na maior parte dos casos, rapidamente evolui para a corrente de curto-circuito.
 - Estacionário ou permanente: mantém-se no caso de não existir a atuação de um dispositivo de proteção, como por exemplo, um relé digital ou um religador mal dimensionado para curtos-circuitos transitórios.
- Origem

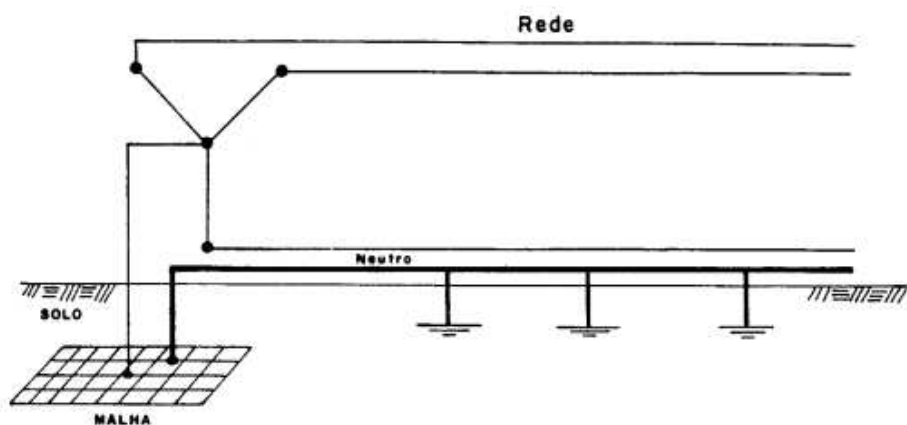
Em relação às causas, o mesmo autor aponta diferentes características de falhas, dentre elas: falha na isolação líquida, sólida ou gasosa que sustenta a tensão entre condutores/condutores e terra; redução das distâncias entre os condutores/condutores e terra. Contudo, a falha pode ser originada por:

- Danos mecânicos: quebra de isoladores, quebra de suportes, queda de poste, entre outros;
- Uso abusivo: exigindo de um equipamento potência maior que a nominal, provoca-se uma deterioração rápida da isolação que trabalhar a uma temperatura maior que a de projeto especificada;
- Umidade: isolantes porosos (orgânicos e inorgânicos) apresentam uma redução rápida da sua rigidez quando absorvem umidade;

- Descargas parciais: as isolações sólidas sempre apresentam alguns vazios no seu interior. Sob ação do campo elétrico surgem nesses vazios, descargas que por vários mecanismos vão mais ou menos lentamente reduzindo a rigidez dielétrica até sua perfuração;
- Sobretensões: dois tipos de sobretensões podem levar a uma perfuração da isolamento: as de manobra (ou internas), que ocorrem quando se efetua um desligamento (voluntário ou provocado) ou um ligamento de um circuito, e as atmosféricas que surgem nos condutores de um circuito (em baixa, média ou alta tensão) quando cai um raio nas proximidades ou diretamente nas linhas do circuito.

Os sistemas de distribuição mais comumente usados são os do tipo radial, que conta com três fios alimentadores e um condutor neutro aterrado. As análises de curtos-circuitos são baseadas no equivalente de Thévenin visto no local da falta. Uma representação de sistema de distribuição com vários pontos de neutro aterrado pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 – Sistema de Distribuição com neutro aterrado



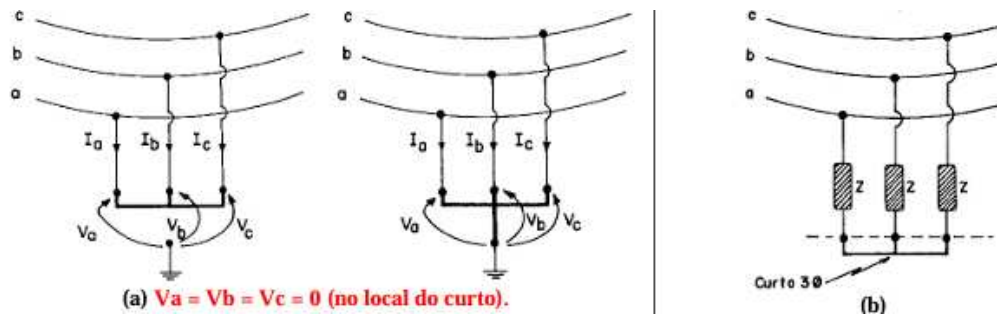
Fonte: Kindermann (1997)

Segundo Kindermann (1997), os principais tipos de curtos-circuitos são:

- *Curto-circuito trifásico:*

Nesse caso, os três condutores carregados têm contato direto ou com impedâncias de cabos iguais no local de falta. O Esquema pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – (a) curto sólido e (b) curto com impedâncias de falta iguais



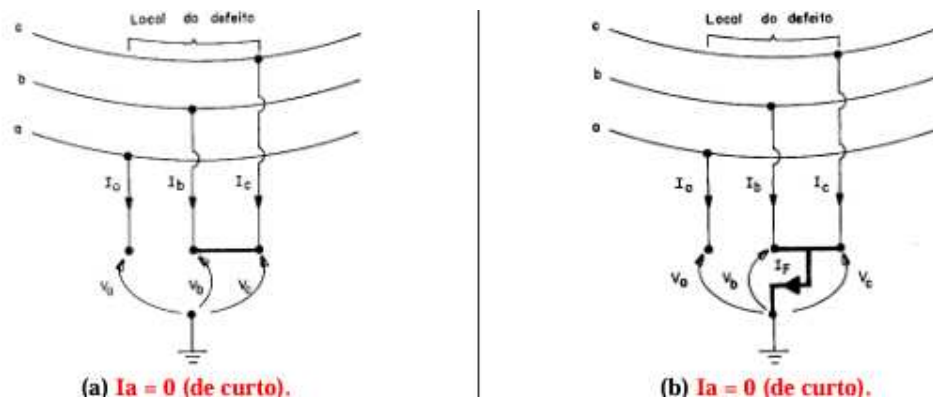
Fonte: Medeiros (2017)

Como o contato envolve os três alimentadores, o nível de curto-circuito é maior, assim como sua probabilidade de ocorrência.

- *Curto-circuito bifásico e bifásico-terra*

Assim como o curto trifásico, há o contato entre as fases, porém só entre duas delas. As análises do nível de intensidade entre quais fases estão relacionadas o curto são iguais, porém deve-se atentar para a análise fasorial. O esquema pode ser visto na Figura 3.

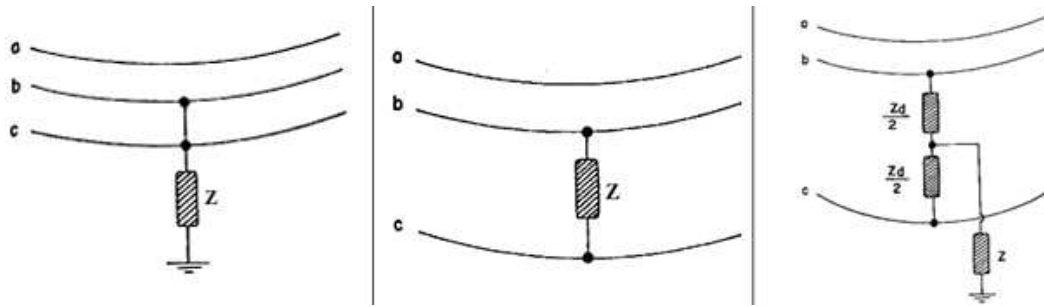
Figura 3 – Curto-circuito bifásico: (a) entre as fases B e C e (b) curto bifásico-terra sólido



Fonte: Medeiros (2017).

Existe também a configuração bifásico-terra, que duas das fases do sistema de distribuição entram em contato com o solo ou ligados por meio de um cabo com impedância de falta Z , como mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Curto-circuito bifásico com representação de impedância de falta.

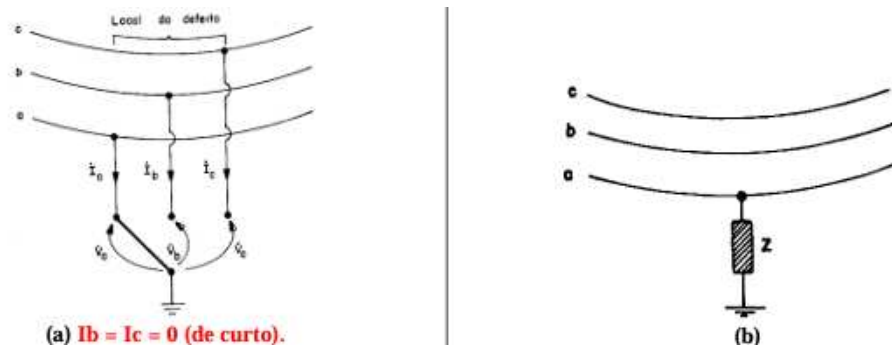


Fonte: MEDEIROS (2017).

- *Curto-circuito monofásico-terra*

Por último, tem-se o sistema monofásico-terra, que é a situação em que a fase entra em contato com a terra, seja por meio do contato direto do cabo energizado com o solo, seja por conexão a um corpo que está diretamente aterrado ao solo. O Esquema pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – curto-circuito fase-terra (a) ligação sólida entre fase e a terra e (b) por meio de impedância de falta.



Fonte: Medeiros (2017).

Em relação às causas de curto-circuito, Mamede Filho & Mamede (2011) listam as principais causas:

- Descargas atmosféricas;
- Envelhecimento da vida útil dos materiais;
- Ação de vento, neve e eventos similares;
- Queda de árvores sobre as linhas aéreas;
- Manobras incorretas;
- Ação de animais em equipamentos do sistema.

A probabilidade de eventos de curto-circuito, segundo Benedito (2015), é contabilizada através de análise estatística dos dados sobre curtos-circuitos, sendo apresentados os seguintes valores médios para a ocorrência dos tipos de defeitos:

- Curtos-circuitos trifásicos: 5%;
- Curtos-circuitos bifásicos, sem contato de terra: 15%;
- Curtos-circuitos bifásicos, com contato de terra: 10%;
- Curtos-circuitos monofásicos: 70%.

Em relação aos dados, o autor ainda observa que em sistemas elétricos de grande porte, a maior corrente de curto se verifica nos curtos-circuitos entre linhas (bifásico) ou entre linha e terra. Já em sistemas industriais a maior corrente normalmente se verifica em curtos trifásicos. Em termos de estabilidade transitória e dinâmica, o curto trifásico é o mais prejudicial à estabilidade e sincronismos dos geradores síncronos.

2.3 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO AO CURTO-CIRCUITO

Os sistemas de distribuição são requisitados cada vez mais com o aumento gradativo de cargas consumidoras. A energia entregue deve respeitar os parâmetros de qualidade de energia com tensão e frequência constantes. As perturbações inerentes das operações do sistema devem ser percebidas pelos sistemas de proteção e surge a necessidade de sistemas de proteção eficiente. Com isso, faz-se necessário entender os elementos presentes nos sistemas de proteção, respeitando as filosofias da proteção e da seletividade.

Os principais elementos de proteção abordados nesse trabalho são os elos fusíveis, religadores automáticos, seccionadores automáticos, disjuntores associados com relés e os relés digitais. A compreensão prévia de cada elemento do circuito se faz necessário para compreender a importância da atuação de cada um no sistema elétrico.

2.3.1 *Elo fusível*

São dispositivos de proteção para proteger ramais de linhas e equipamentos, como transformadores e capacitores. Para a proteção de saídas de ramais são padronizadas para 100 A de capacidade nominal e os elos devem ter capacidade de interrupção superior a máxima corrente de curto-circuito no ponto de instalação, algo como 10 kA assimétrico (Teixeira, 2024). A Figura 6 mostra a relação de fusíveis indicados para o nível de tensão e a potência do transformador a ser protegido.

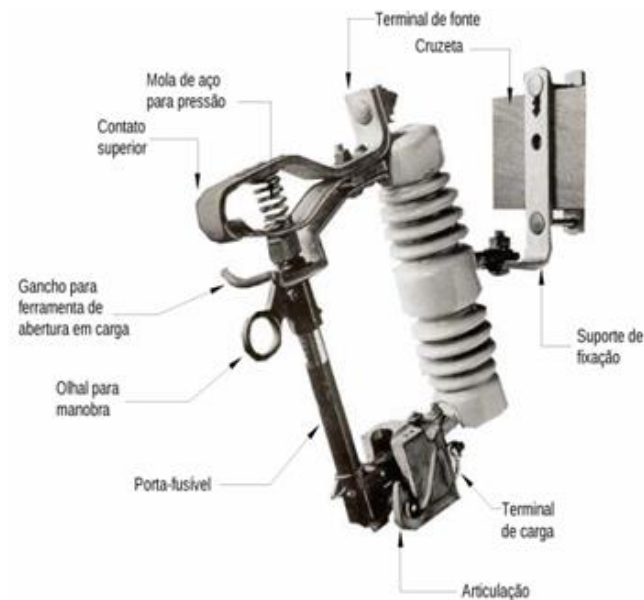
Figura 6 – Elos fusíveis para transformadores de distribuição

Potência do Transformador (kVA)	Transformador trifásico					
	6,6 kV		13,8 kV		22 kV	
	Corrente (A)	Fusível	Corrente (A)	Fusível	Corrente (A)	Fusível
15	1,31	1H	0,63	1H	0,39	-
30	2,62	3H	1,26	2H	0,79	-
45	3,94	5H	1,88	3H	1,18	1H
75	6,56	8K	3,14	5H	1,97	2H
112,5	9,84	10K	4,71	6K	2,95	5H
150	13,12	15K	6,28	8K	3,94	5H
225	19,68	20K	9,41	10K	5,90	6K
300	26,24	30K	12,55	15K	7,87	10K

Fonte: Almeida (2000).

O Elo fusível é uma parte apenas de um sistema de proteção que compreende a chave fusível como um todo. Segundo Blasi (2024), funcionam como válvulas, ou seja, cortando o fluxo de corrente toda vez que a quantidade de energia que trafega pelo circuito for excessiva. A Figura 7 representa um sistema de chave fusível e seus demais componentes.

Figura 7 – Componentes da chave fusível.



Fonte: Blasi (2024).

2.3.2 Religador automático

Os religadores podem ser definidos como equipamentos de proteção que interrompem e restabelecem automaticamente o circuito elétrico, por meio de uma sequência predeterminada

de abertura e fechamento, de modo a tentar restaurar a normalidade do circuito sob defeito (MOMESSO, 2022).

A utilização de religadores visa basicamente melhorar a continuidade de fornecimento de energia elétrica, reduzir o montante de energia não distribuída devido a faltas de origem passageira (transitória) no sistema que provoquem interrupções permanentes e reduzir as despesas operacionais para normalização do sistema elétrico. A aplicação de religadores deve ser priorizada em pontos onde a ocorrência das faltas passageiras tenha justifica técnica e economia dos investimentos (SANTOS, 2012).

A Figura 8 mostra um religador trifásico em um sistema de distribuição.

Figura 8 – Religador automático

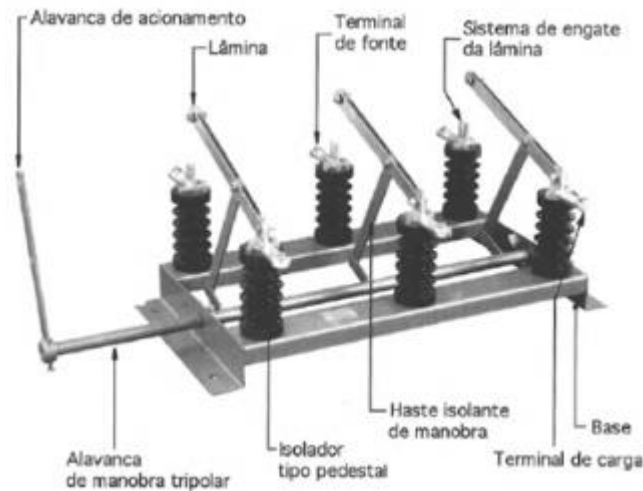


Fonte: Guimarães (2024).

2.3.3 Seccionador automático

O seccionador é um equipamento utilizado para interrupção de circuitos, que tem seus contatos abertos para desenergização através de um equipamento de proteção à montante (retaguarda) e equipado com dispositivo de religamento automático. Segundo UNESP (2024), o princípio de funcionamento se dá através de um sensor de sobrecorrente e de um mecanismo de contagem de desligamentos do equipamento de retaguarda. A contagem se inicia quando a corrente que passa pelo equipamento é interrompida e após um número de ocorrências, os contatos são abertos e permanece travado, isolando o trecho com falha. A Figura 9 representa uma chave seccionadora trifásica que é usada em cabines primárias de subestação.

Figura 9 – Chave seccionadora trifásica



Fonte: Mamede (2005).

2.3.4 Disjuntor associado com relé

Os disjuntores são dispositivos eletromecânicos comandados pelos relés, atuando para proteger o sistema dos efeitos dos curtos-circuitos nos equipamentos, com o objetivo de isolar o equipamento afetado pela falta, impedindo que a perturbação danifique outros equipamentos ou se propague para outros componentes defeituosos (BARROS, 2009).

A associação do disjuntor com o relé eletromecânico é feita basicamente com relé de sobrecorrente e de desligamento. O relé de sobrecorrente é um dispositivo destinado à proteção do sistema elétrico, atuando como sensor de corrente elétrica, comandando a atuação do disjuntor quando sujeito às condições anormais de curtos-circuitos ou sobrecargas. O relé de sobrecarga monitora permanentemente a corrente do trecho protegido, e o relé atua caso atinja um valor superior ao ajuste pré-estabelecido. A atuação do relé é caracterizada pelo envio de um sinal que resulta na ação de sinalização, bloqueio ou atuação de um ou mais disjuntores (KIDA, 2016). Um modelo industrial de relé de sobrecorrente pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 – Relé de sobrecorrente



Fonte: Digimec (2024)

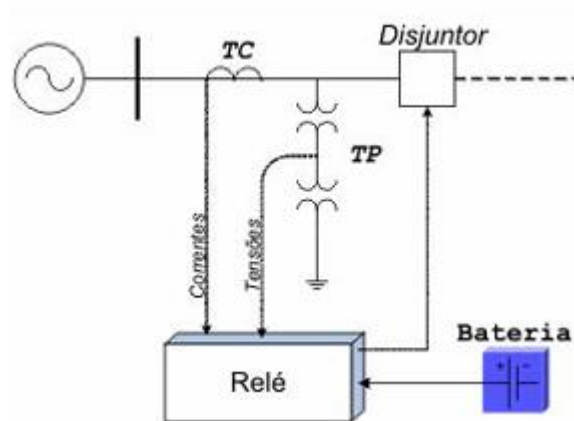
Os relés de religamento são dispositivos auxiliares usados para comandar o religamento dos disjuntores, depois de terem sido abertos por acionamento dos relés de sobrecorrente.

2.3.5 Relé

Os relés de proteção são dispositivos responsáveis pelo gerenciamento e monitoramento das grandezas elétricas em um determinado circuito. Os relés são projetados para sentir perturbações no sistema elétrico e automaticamente executar ações de controle sobre dispositivos de disjunção a fim de proteger pessoas e equipamentos. O sistema de proteção não é composto apenas pelo relé, mas por um conjunto de subsistemas integrados que interagem entre si com o objetivo de produzir a melhor atuação sobre o sistema, ou seja, isolar a área defeituosa sem que esta comprometa o restante do SEP (LEÃO, 2024).

Os relés digitais atuam em conjunto com demais equipamentos de monitoramento e seccionadores dos circuitos de distribuição. Necessita, por exemplo, de transformadores de potencial e de corrente (TP e TC, respectivamente) para avaliar os níveis de tensão e corrente do sistema, e caso identifique uma anomalia no sistema, envia um sinal para o disjuntor realizar abertura do circuito. Um esquema pode ser visto na Figura 11.

Figura 11 – Sistema gerenciado por relé digital



Fonte: Leão (2024).

Com a identificação dos sistemas e tipos de curto-circuito com elementos de proteção na rede de distribuição, é importante entender um pouco as causas naturais dessas faltas na rede elétrica.

2.4 PRINCIPAIS CAUSAS DE CURTO-CIRCUITOS NA NATUREZA

Basicamente, há duas formas de analisar o curto-circuito: o permanente, que não se extingue de forma natural, necessitando intervenção de uma equipe. Um exemplo, seria um circuito alimentador tocando o solo devido a um acidente que ocasionou a derrubada de um poste. A outra forma é o curto-circuito temporário, cujo defeito não permanece na rede. Um exemplo é galhos de plantas tocando uma rede de distribuição com ação do vento, e ao cessar o fenômeno, o curto também cessa. Medeiros (2017) pauta algumas causas de curtos-circuitos temporários:

- Contaminação de isoladores por poeira, poluição e salinidade e consequente redução da capacidade de isolamento;
- Umidade, chuva, galhos de árvores, pássaros, vento e neve;
- Sobretensão na rede, com a consequente perda de isolamento do isolador, ocorrendo o arco elétrico;
- Incidência direta ou indireta de descargas atmosféricas nas linhas.

Existe uma preocupação das administradoras de subestações e das linhas de distribuição com os desligamentos, mesmo que transitórios, através de curtos-circuitos com animais nas suas instalações elétricas. A Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), por exemplo, está desde 1989, levantando o histórico de ocorrências com interrupção do fornecimento de energia elétrica nas suas subestações, em função da grande presença de pássaros e pequenos

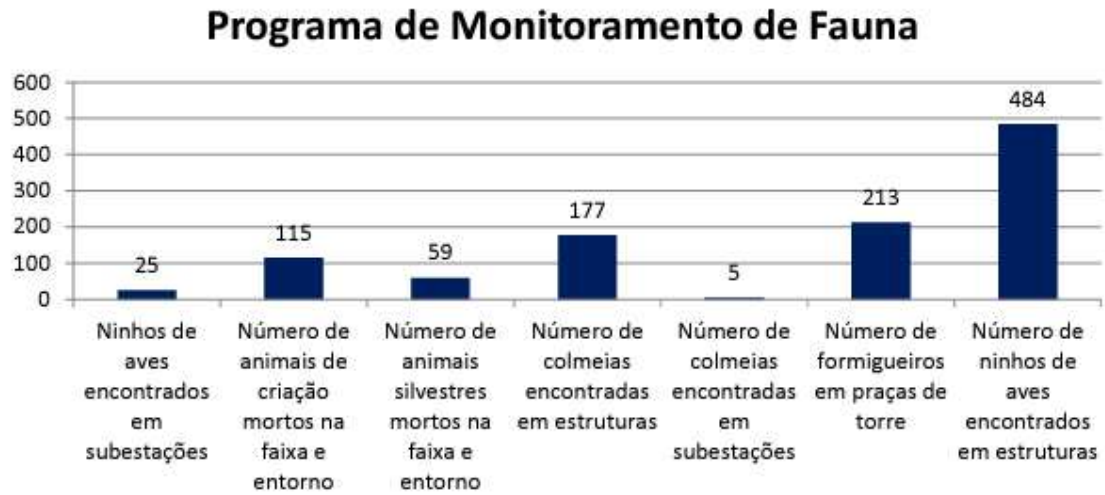
animais, tais como, gambás, ouriços-caxeiro, gatos, pombos, gralhas, garças, pica-paus, anus, cobras, tamanduás, corujas e pererecas (CEMIG, 2024).

Os principais pontos de acesso dos animais para as subestações são os sistemas de dutos ou canaletas de drenagem, portão, muro e cerca (COSTA et al, 2008). Foram estabelecidos alguns procedimentos, ainda segundo Costa et al (2008), de aplicação imediata pelas equipes de manutenção, para diminuir a presença dos animais, tais como:

- Manter a iluminação na área do 13,8 kV ligada;
- Substituir as lâmpadas vapor de mercúrio por vapor de sódio;
- Manter os pátios e as áreas em torno das subestações sempre limpos, acondicionando de forma adequada o lixo produzido, procurando não fornecer material para confecção de ninhos;
- Utilizar lixeiras suspensas com tampas, sacos plásticos para acondicionamento do lixo;
- Eliminar possíveis acessos dos animais às lixeiras suspensas, como plantas, grades etc.;
- Instalar sacos de areia, dentro das canaletas, criando uma barreira, impedindo o acesso à casa de controle e setor de 13,8kV;
- Não plantar árvores frutíferas nas subestações;
- Inspeccionar as canaletas periodicamente; Retirar ninhos e ovos, eventualmente encontrados;
- Colocação de telas, onde for possível, para impedir a entrada dos animais (portas, janelas, beiral de telhados etc.);
- Não fornecer alimentos;
- Construir poleiro e/ou pombal afastado das edificações e instalações de energia.

Um outro programa de monitoramento da fauna é o da TAESA (2016) com seu relatório anual de responsabilidade socioambiental. O programa tem por objetivo o tratamento das observações de indivíduos mortos na faixa de servidão, ninhos de aves, formigueiros e colmeias. Os dados do programa no ano referenciado podem ser vistos na Figura 12.

Figura 12 – Número de ocorrências de animais mortos



Fonte: Taesa (2016)

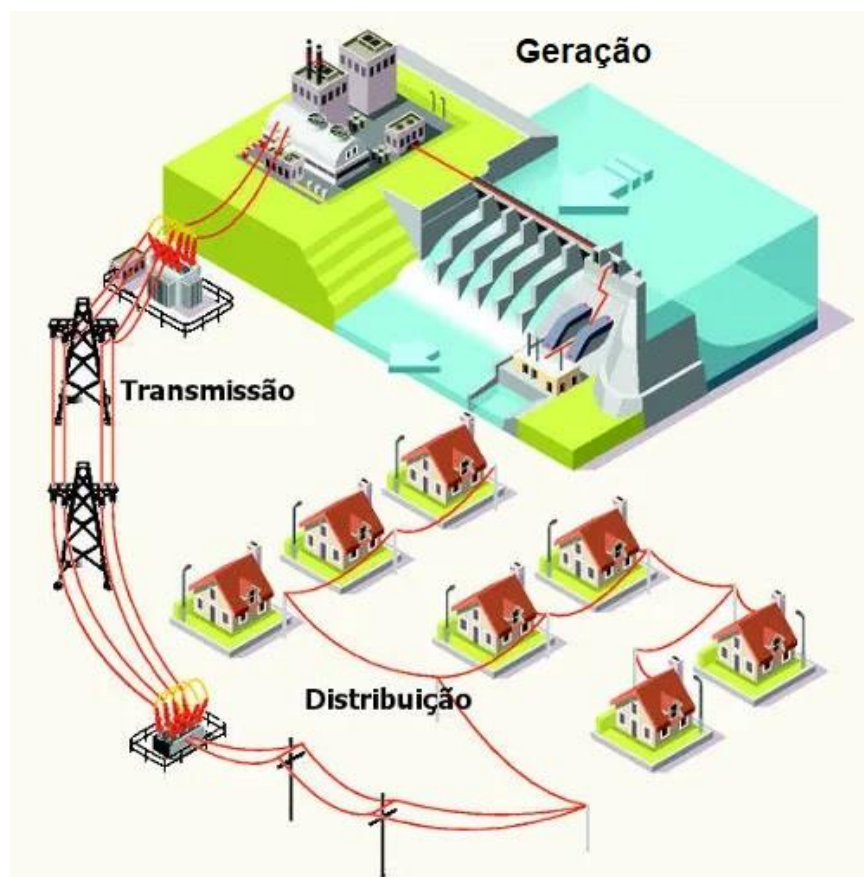
Assim, reforça-se a necessidade de procedimentos e técnicas para evitar a presença de animais nos ambientes de sistemas elétricos, preservando a vida animal, os equipamentos elétricos envolvidos e os eventuais fatores econômicos que possa ocasionar com desligamentos do fornecimento de energia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Aqui serão abordados todos os aspectos metodológicos da pesquisa realizada, descrevendo os procedimentos necessários e úteis para o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de auxiliar na instalação de canos de PVC em cruzetas duplas em postes de linhas de distribuição. Esse estudo tem por finalidade realizar uma pesquisa de natureza aplicada, uma vez que utiliza conhecimento da pesquisa básica para resolver problemas.

Inicialmente foi estudado todo o caminho por onde percorre a energia elétrica, desde sua geração até o consumidor final. Em cada etapa foi estudada com o intuito de compreender sua importância, funcionamento e prejuízos causados a natureza. A Figura 13 abaixo mostra um esboço do caminho percorrido pela energia elétrica da sua geração ao consumidor final.

Figura 13 – Esboço do fluxo da energia elétrica de geração a seu consumidor final.



Fonte: Ribeiro (2024) Adaptado pelo autor.

Posteriormente, foi necessário entender um pouco mais a fundo as linhas de distribuição. Abaixo segue os tópicos estudados:

- Concessionárias de energia;
- ANEEL (Órgão regulamentador);
- Qualidade de energia;
- Tipos de curto-circuito;
- Equipamentos de proteção das linhas;
- Principais causas de curto-circuito.

A partir do conhecimento adquirido acima, foi possível partir para os métodos de resolução do problema proposto.

Foi estudado um design de uma ferramenta capaz de auxiliar na instalação de um cano de PVC com diâmetro de 150mm em postes de cruzeta dupla. O material escolhido para o protótipo inicial é rígido, não resistente a solda e de fácil disponibilidade, visando facilidade na sua construção e moldagem. O protótipo inicial possui um designer com suporte para as ferramentas comumente utilizadas em trabalhos nas redes de distribuição de energia elétrica, são estes, Vara de Manobra e Bastão Pega Tudo.

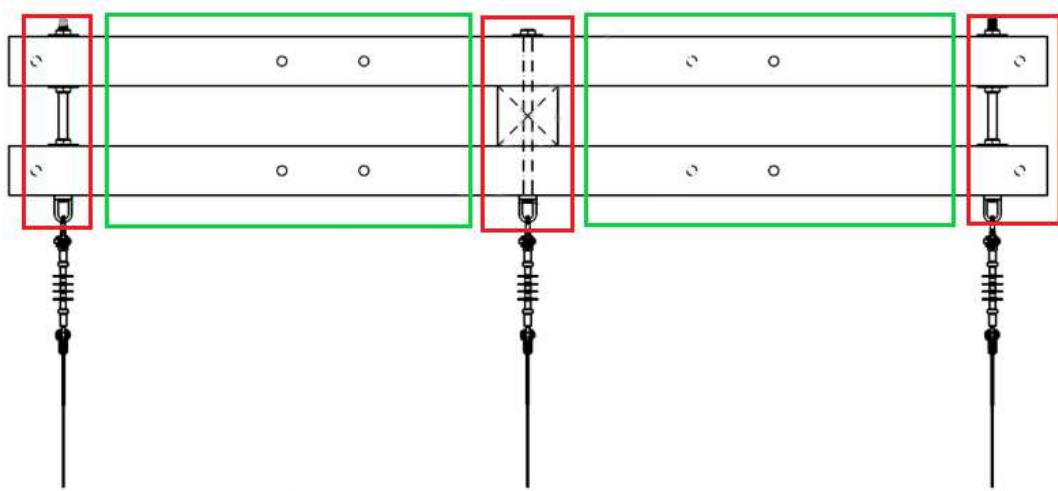
Após seu desenvolvimento e construção, a ferramenta foi testada em um campo de treinamento que possui estruturas com cruzetas duplas (iguais as usadas em campo) com o intuito de observar defeitos ou possíveis pontos de melhoria.

3.1 CANO DE PVC

Anteriormente, foi observado por um colaborador da empresa, que a instalação de um cano de PVC com diâmetro de 150mm nas cruzetas duplas dos postes seria capaz de impedir que os pássaros construíssem seus ninhos, pois seu formato de construção (liso e circular) tornaria a tarefa de apoiar os pequenos galhos em sua superfície bem desafiadora.

O diâmetro de 150mm foi escolhido, pois é a medida que melhor se encaixa nas cruzetas utilizadas atualmente pela empresa. Já seu comprimento pode variar de acordo com a configuração utilizada para a estrutura em cada local. As cruzetas possuem várias possíveis configurações de montagem para os pontos de encabeçamento das fases. A Figura 14 mostra a vista superior de uma estrutura em uma configuração que deixa bastante espaço livre para que os pássaros construam seu ninho, se utilizando apenas os furos frontais das extremidades e no centro da cruzeta.

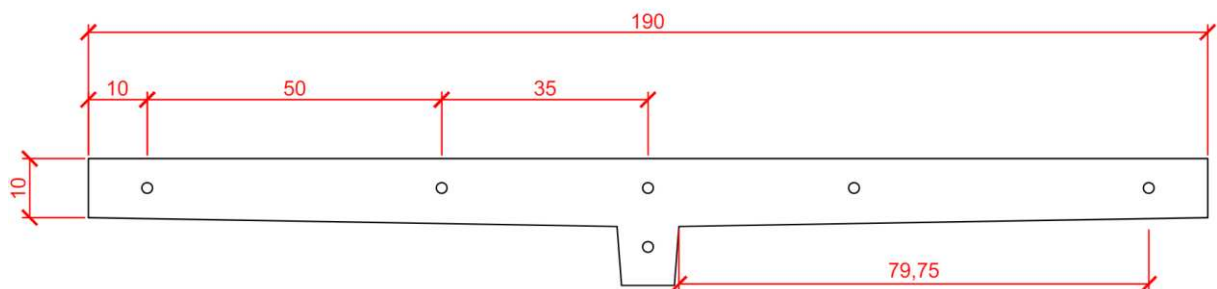
Figura 14 – Vista superior de uma estrutura com três fases.



Fonte: Neoenergia (2024) adaptado pelo autor.

As áreas grifadas em vermelho são pontos de encabeçamento das fases em que, nessa configuração, são instalados os isoladores de suspensão, responsáveis por ancorar com segurança os cabos energizados a estrutura, já as grifadas de verde se tornam áreas livre para que algumas espécies de pássaros construam seus ninhos. A Figura 15 mostra algumas dimensões de um dos modelos de cruzeta utilizada pela concessionária.

Figura 15 – Layout de uma cruzeta padrão utilizada pela concessionária.



Fonte: Autoria própria.

Analisando as dimensões acima, pode-se observar que a maior distância livre é de aproximadamente 80cm. Tendo em vista que as dimensões do topo de um poste são maiores que as dimensões da base da cruzeta, que os materiais utilizados para suspender os cabos, isoladores de pino, suspensão, dentre outros, também ocuparão determinado espaço e que serão necessários alguns centímetros de folga entre o cano, poste e isoladores, foi considerado um comprimento máximo para o cano de 65cm.

Após o recorte do cano no comprimento desejado, será necessário fazer um novo corte na orientação horizontal, para que possa ser aberto e instalado na cruzeta. A Figura 16 mostra o cano utilizado nos testes.

Figura 16 – Vista frontal e lateral do cano com corte horizontal.



Vista frontal



Vista lateral

Fonte: Autoria própria.

3.2 PROTÓTIPO INICIAL (P1)

Inicialmente foi pensado nas limitações e possíveis problemas encontrados durante o desenvolvimento da ferramenta. O autor do presente trabalho não gozava de muito tempo para testes, pois tinha responsabilidades a cumprir em seu emprego, o autor reside em uma pequena cidade no interior do estado do Rio Grande do Norte, ou seja, a disponibilidade de matérias, peças, fabricas e oficinas capazes de ajudar na confecção da ferramenta seria bem escasso.

Diante dos problemas apresentados, foi decidido investir um bom tempo apenas no planejamento da ferramenta. Durante o processo, foi levado em consideração que a ferramenta teria de possuir suportes compatíveis com as ferramentas já utilizadas pelos eletricitas da concessionária, pois assim não seria necessário fazer compras ou adaptações extras. As ferramentas já utilizadas são o Bastão pega tudo e a Vara de manobra. As Figuras 17 e 18 mostram o Bastão pega tudo.

Figura 17 – Bastão Pega Tudo



Fonte: Viva (2024)

Figura 18 – Bastão Pega Tudo em uso



Fonte: Viva (2024)

As Figuras 19 e 20 mostram os dois tipos de Vara de Manobra utilizados pelos eletricitistas da concessionária, a Vara de Manobra Telescópica e a Vara de Manobra 6 Elementos. A diferença entre as duas, está no peso, forma de montagem e flexibilidade, porém são utilizadas para os mesmos propósitos.

Figura 19 – Vara de Manobra Telescópica



Fonte: Mecânica (2024)

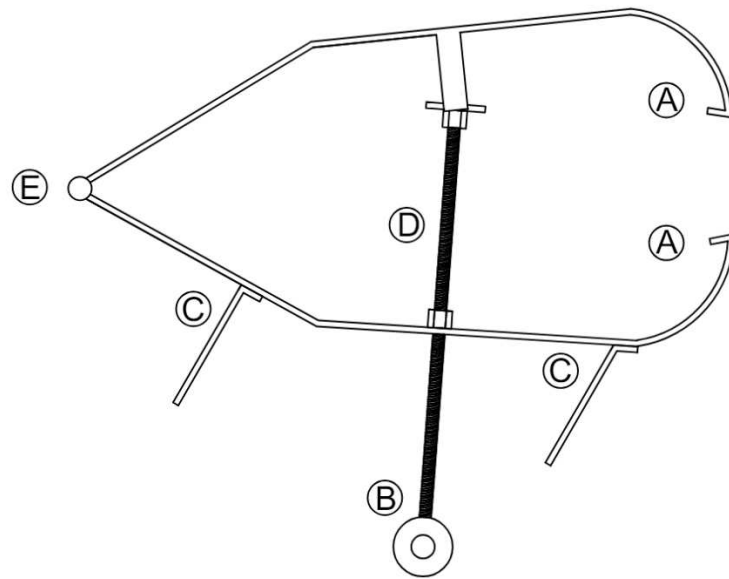
Figura 20 – Vara de Manobra 6 Elementos com cabeçote universal



Fonte: Viva (2024)

O designer do primeiro protótipo (P1) foi desenvolvido para ser usado de algumas formas, visando possíveis problemas e empecilhos, assim seria possível observar a melhor forma de ser usado, para então, servir de base para um protótipo futuro (P2). A Figura 21 mostra o designer planejado.

Figura 21 – Designer do primeiro protótipo



Fonte: Autoria própria

Abaixo seguem as definições de cada ponto indicado na figura acima.

- Ponto A: Barras inclinadas, capazes de segurar o cano a ferramenta provisoriamente;
- Ponto B: Suporte de arruela, usado para acoplar a ferramenta ao Bastão Pega Tudo;
- Ponto C: Suporte de barra, usado para acoplar a ferramenta a Vara de Manobra (neste modo de uso, é necessário o uso de duas Varas de Manobra);
- Ponto D: Barra roscada, usada para controlar a mobilidade da ferramenta;
- Ponto E: Dobradiça, usada para dar mobilidade a ferramenta.

Os pontos de suporte de barra (pontos C) não estavam presentes no primeiro desenho do projeto, porém foram adicionados após a escolha do material para confecção do P1. O material utilizado foi uma liga de aço chamada metalon, sua escolha se deu devido a ser resistente, sensível a solda, ser moldável e de fácil disponibilidade na região.

Analisando a Figura 18, que mostra a forma de utilização do Bastão Pega Tudo, é necessário que as ferramentas acopladas sejam o mais leve possível, pois quanto maior o peso da ferramenta acoplada ao bastão, muito maior é a força exigida ao eletricista.

Devido a alta densidade do material escolhido, o peso do P1 ficou em torno de 2,6 kg, então se viu a necessidade de adição dos pontos de suporte de barra, para que a ferramenta pudesse ser usada também com o auxílio de duas Varas de Manobra. A utilização dos suportes de barra também se justifica na presença de fortes ventos no local, pois o suporte de arruela não oferece uma controlabilidade eficiente da ferramenta.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo inicial apresentou ótimos resultados! Após a realização de alguns testes, foi possível corroborar sua funcionalidade, além de observar vários pontos de melhoria para o protótipo 2.

4.1 RESULTADOS DO PROTÓTIPO 1

A ferramenta P1 se mostrou funcional para a atividade a qual foi desenvolvida, e já poderia ser utilizada em algumas situações com excelência. A Figura 22 mostra a ferramenta P1.

Figura 22 – Protótipo inicial



Fonte: Autoria própria

A Figura 23 mostra o cano encaixado na ferramenta.

Figura 23 – Cano de PVC encaixada no protótipo 1



Fonte: Autoria própria

A Figura 24 mostra o protótipo 1 acoplado ao Bastão Pega Tudo.

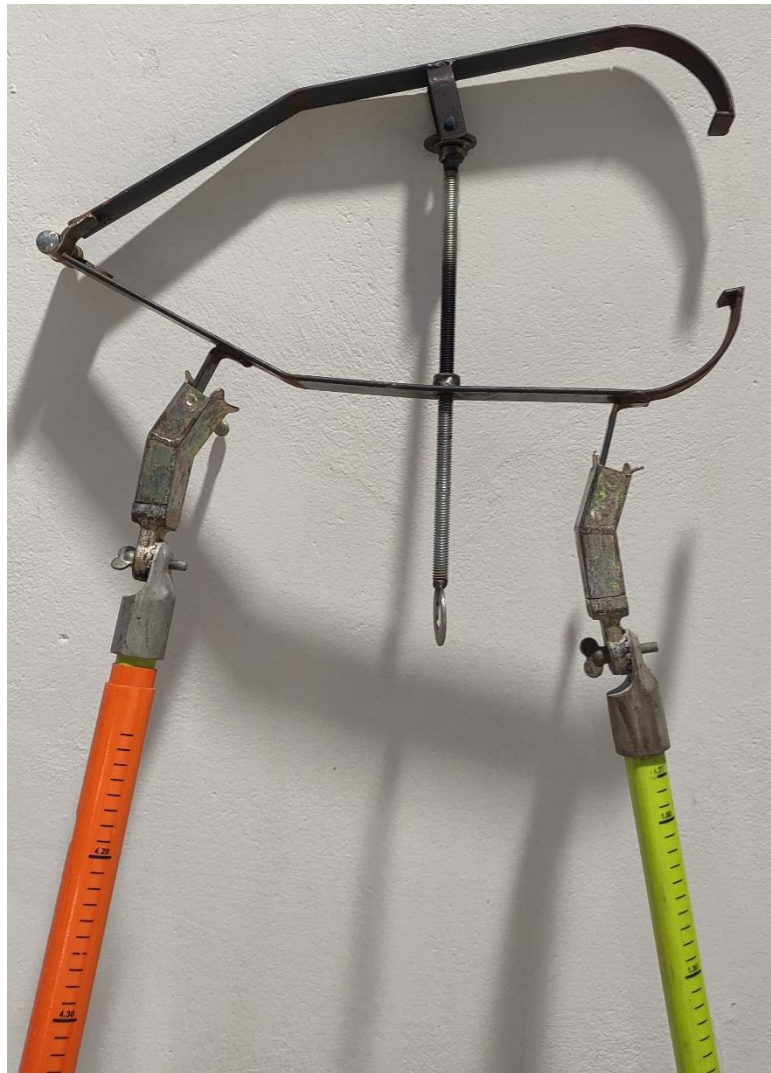
Figura 24 – Protótipo 1 acoplada ao Bastão Pega Tudo



Fonte: Autoria própria

A Figura 25 mostra a P1 acoplada as Varas de Manobra.

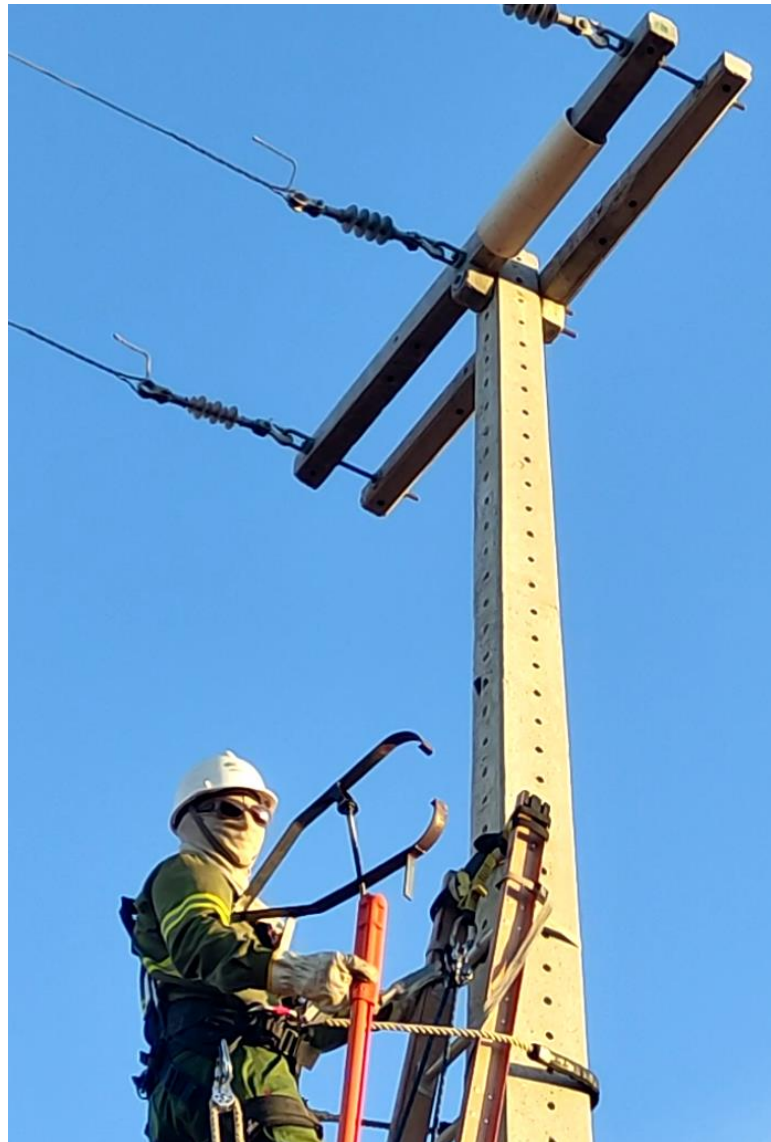
Figura 25 – Protótipo 1 acoplada as Varas de Manobra



Fonte: Autoria própria

A Figura 26 mostra a P1 em uso.

Figura 26 – Protótipo 1 em uso



Fonte: Autoria própria

4.2 DESIGNER DA FERRAMENTA PROTÓTIPO 2

Tendo em vista que a ferramenta P1 obteve sucesso em seu funcionamento, pode-se partir para o desenvolvimento do designer da ferramenta P2. Com base no P1, foram observados vários possíveis pontos de melhoria para a ferramenta P2.

Foi observado que a ferramenta P2 pode ser construída com um designer mais sóbrio e limpo em relação a P1. Foram observados os seguintes pontos:

- As barras inclinadas (ponto A) precisam ser mais largas;
- o suporte de barra (ponto C) pode ser desconsiderado;
- a barra roscada (ponto D) pode ser desconsiderada;

- a ferramenta não precisa ser móvel, então a dobradiça (ponto E) pode ser desconsiderada.

A Figura 27 mostra a vista frontal da ferramenta P1 acoplada ao cano.

Figura 27 – Vista frontal do protótipo 1 acoplado ao cano



Fonte: Autoria própria

Analisando a Figura acima mostrada, é possível notar que o cano possui uma resistência física natural para voltar ao seu estado inicial quanto a sua abertura, fazendo com que suas extremidades fiquem mais fechadas em relação aos pontos que estão presos a ferramenta. Portanto se faz necessário que os pontos de contato entre a ferramenta e o cano sejam mais largos, trazendo mais eficiência na abertura no cano.

Embora a ferramenta P1 tenha se mostrado eficiente em um campo de treino desenergizado, no cotidiano dos eletricitistas, toda a rede estará normalmente energizada, portanto se faz necessário alguns pontos de mudança para que a ferramenta P2 seja funcional para o trabalho no SEP.

O novo designer deverá possuir um comprimento menor, visando uma maior mobilidade durante o trabalho. Para substituir os suportes de arruela e de barra, será necessário o desenvolvimento de um novo suporte de conexão ao Bastão, capaz de oferecer uma melhor fixação e segurança no acoplamento, de forma que a ferramenta fique completamente presa e não se mexa em relação ao bastão.

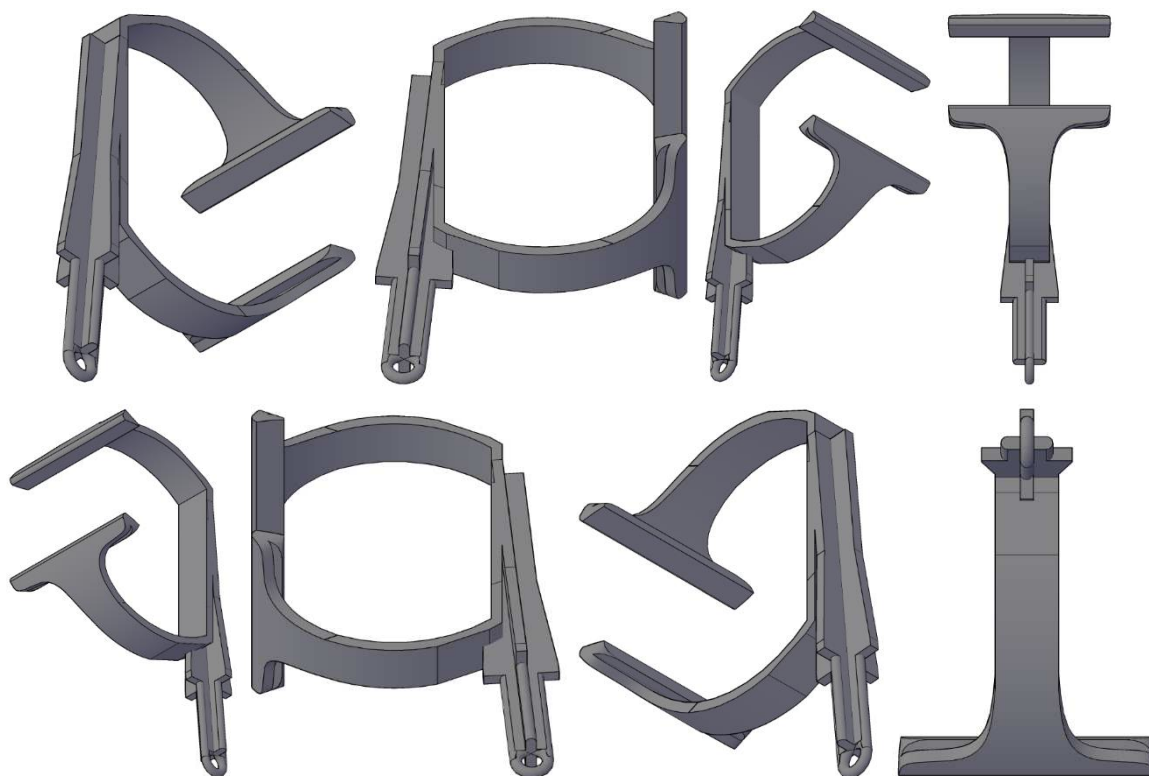
As Figuras 28 e 29 mostram as vistas do novo designer em 3D desenvolvido para a ferramenta P2.

Figura 28 – Vistas do designer 3D da ferramenta protótipo 2



Fonte: Autoria própria

Figura 29 – Vistas do designer 3D da ferramenta protótipo 2



Fonte: Autoria própria

Pode-se observar que todos os pontos de melhoria analisados no P1 foram acatados no projeto do P2, dessa forma, a ferramenta se tornará mais leve, sóbria e eficiente.

4.3 PROJETOS FUTUROS

Além dos pontos de melhoria já citados, é estritamente necessário que a ferramenta seja isolada para o trabalho com a rede de 13,8kV energizada, portanto, será preciso um estudo quanto ao material de confecção da nova ferramenta P2.

Seu novo designer foi simplificado visando os possíveis problemas com a fabricação da nova ferramenta isolada.

Alguns materiais já cogitados são:

- Vidro;
- Madeira seca;
- Polímeros;
- Fibra de vidro;
- Porcelana;
- Cerâmica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**, módulo 8: Qualidade do Fornecimento da Energia Elétrica.

ALMEIDA, Prof. Marcos A. Dias de. **Apostila de Proteção de Sistemas Elétricos**. 2000. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/protecao-de-sistemas-eletricos-apostilas-engenharia-eletronica-part1/345772/>. Acesso em: 23 mar. 2024.

BARROS, Ana Claudia. **Deteção e Classificação de Falhas de Alta Impedância em Sistemas Elétricos de Potência Usando Lógica Fuzzy**. 2009. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2009. 94p.

BENEDITO, Raphael Augusto de Souza. **Análise de Curtos-Circuitos ou Falhas: Introdução geral e curtos simétricos**. 2015. Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/raphaelbenedito>>. Acesso em 18 mar. 2024.

BLASI, Thaís Marzalek. **TE131 – Proteção de Sistemas Elétricos: Fusíveis**. Notas de aula. Universidade Federal do Paraná (UFPR). Disponível em: <http://www.eletr.ufpr.br/p/_media/professores:mateus:aula_fusiveis_thais.pdf>. Acesso em 19 mar. 2024.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. (ed.). **A ANEEL**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/a-aneel>. Acesso em: 11 dez. 2023.

BRASIL. Constituição (2021). Resolução nº 1000, de 07 de dezembro de 2021. **Resolução Normativa Aneel Nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>. Acesso em: 09 dez. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Brasília, DF: Senado, 1996.

BUENO, MP; MACEDO, KG DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO NO SETOR SUCROENERGÉTICO FACE A SUSTENTABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE FRUTAL-MG. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 3, pág. e3658, 2024. DOI: 10.56083/RCV4N3-177. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/3658>. Acesso em: 1 abr. 2024.

CAMPOS, Odette Lima. Estudo de caso sobre impactos ambientais de linhas de transmissão na Região Amazônica. **Bndes Setorial**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 231-266, set. 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2923>. Acesso em: 02 abr. 2024.

CAVALHEIRO, Franciele Cristina. **Emprego de mapas auto-organizáveis para localização de faltas em redes de distribuição**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pampa, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Alegrete, 2012.117p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS (CEMIG). **Educação Ambiental**. 2024. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/programa-sustentabilidade/educacao-ambiental/>>. Acesso em 21 mar. 2024.

COSTA, Paulo R. F. C. et al. **Redução de Curtos-Circuitos Provocados por Pequenos Animais nas Subestações da CEMIG**. In: Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. 18 ed. 2008. Olinda, Pernambuco.

DIGIMEC. **Proteção – relé de sobrecorrente**. 2024. Disponível em: <<https://www.digimec.com.br/produtos/236/rele-de-sobrecorrente>>. Acesso em 19 Mar. 2024.

FILHO, João Mamede.; MAMEDE, Daniel Ribeiro. **Proteção de sistemas elétricos de potência**. 1.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GUIMARÃES, Johnny. **Religadores de energia: tecnologia para restabelecer o sistema com segurança**. Disponível em: <<https://www.romagnole.com.br/noticias/religadores-de-energia-tecnologia-para-restabelecer-o-sistema-com-seguranca/>>. Acesso em 18 mar. 2024.

KIDA, Alexandre Akira. **Metodologias para a Coordenação de Relés de Sobrecorrente Utilizando Técnicas de Otimização Matemática**. 2016. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Londrina. Departamento de Engenharia Elétrica. Londrina, Paraná, 2016. 192p.

KINDERMANN, Geraldo. **Curto-circuito**. 2ª ed – Porto Alegre: Sagra Luzzato, 1997.

LEÃO, Ruth. **Distribuição de energia elétrica**. 2024. Notas de aula. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/130060/mod_resource/content/1/Subestacoes-texto.pdf>. Acesso em 20 mar. 2024.

MAMEDE, João Filho. **Manual de equipamentos elétricos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

MEDEIROS, Carlos. **Curtos-Circuitos Trifásicos no Sistema Elétrico**. 2017. Notas de aula. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Escola de Engenharia – Elétrica. ENG 3517 - Sistemas Elétricos. Disponível em: <[https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/18795/material/05\)SistEltricosCap05-CurtoTrif.pdf](https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/18795/material/05)SistEltricosCap05-CurtoTrif.pdf)>. Acesso em 18 mar. 2024.

MOMESSO, Antônio Eduardo Ceolin. **Uma proposta de proteção adaptativa com religadores em sistemas de distribuição de energia elétrica**. 2022. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2022. 119p.

NEOENERGIA (ed.). **Sobre nós**. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/sobre-nos>. Acesso em: 11 dez. 2023.

PERILLO, Frederico. **O que é PRODIST e qual a sua importância para o setor elétrico brasileiro?**. Disponível em: <<https://www.way2.com.br/blog/prodist-no-setor-eletrico-brasileiro/>>. Acesso em 20 mar. 2024.

RIBEIRO, Amarolina. **Redes de distribuição de energia elétrica no Brasil**. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/geografia/redes-distribuicao-energia-eletrica-no-brasil.htm>. Acesso em: 03 abr. 2024.

RODRIGUES, Elvira Ribeiro Cunha. **Avaliação do impacto ambiental na implantação do sistema isolado e aéreo de distribuição de energia elétrica na Reserva da Sapiroanga em Mata de São João, BA**. 2014. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira - Pr, 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22758>. Acesso em: 02 abr. 2024.

SANTOS, Sebastião Paulo dos. **Tecnologia em religamento de redes de distribuição**. 2012. Monografia (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade São Francisco. Itatiba, São Paulo. 43p.

TAESA. **Relatório Anual de Responsabilidade Socioambiental – ano base 2016**. Disponível em: <https://ri.taesa.com.br/wp-content/uploads/2019/05/APLPAC7527_TAESA_RSA_2016_A.pdf>. Acesso em 20 mar. 2024.

TAVARES, Silvio Romero Ribeiro. **O Papel da ANEEL no Setor Elétrico Brasileiro**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2003. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2003.290113>. Acesso em: 12 dez. 2023.

TEIXEIRA, Mateus Duarte. **TE 131 Proteção de Sistemas Elétricos**: Capítulo 8 – Proteção de Sistemas de Distribuição. Notas de aula. Universidade Federal do Paraná (UFPR). Disponível em: http://www.eletr.ufpr.br/p/_media/professores:mateus:te_131_-_capitulo_8.pdf. Acesso em 18 mar. 2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). Faculdade de Engenharia – campus Ilha Solteira (Feis). **Considerações gerais sobre equipamentos de proteção**. 2024. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/2b_protecao_de_sistema_aereo_de_distribuicao.pdf. Acesso em 20 mar. 2024.

VICTORINO, H.; DA ROCHA CAMPOS, J. R. IMPACTOS TERRITORIAIS DA INSTALAÇÃO DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCHS) NO SUDOESTE PARANAENSE/Territorial Impacts of the Installation of the Small Hydroelectric Plants (SHP) Bedim, Jacaré and Vila Galupo in the Southwest Of Paraná. **Informe GEPEC**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 50–63, 2024. DOI: 10.48075/igepec.v28i1.31049. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/31049>. Acesso em: 2 abr. 2024.

VIVA, Mundo Linha. **Bastão pega tudo**. Disponível em: <https://www.mundolinhavivaloja.com.br/bastao-pega-tudo-mundo-linha-viva/prod-7294011/>. Acesso em: 04 abr. 2024.

MECÂNICA, Centro de Informação Metal. **Vara Telescópica 07 elementos**. Disponível em: <https://www.cimm.com.br/portal/produtos/exibir/32240-vara-telescopica-07-elementos>. Acesso em: 04 abr. 2024.

NEOENERGIA. **Estruturas para Redes de Distribuição Aéreas com Condutores Nus até 36,2 kV**. Disponível em: <https://servicos.neoenergiacoelba.com.br/Documents/NOR.DISTRIBU-ENGE-0074.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2024.