

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

LYGIA CÁLLITA CONSTANTINO DE OLIVEIRA

ESTUDO DE LINHA VIVA NA REDE ELÉTRICA DO MUNICÍPIO DE
JATAÍ - GO

Jataí - GO
Dezembro/2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Lygia Callita Constantino de Oliveira

Matrícula: 20122020040187

Título do Trabalho: Estudo de linha na rede elétrica do município de Jataí -Go

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.



Documento assinado digitalmente
LYGIA CALLITA CONSTANTINO DE OLIVEIRA
Data: 08/02/2024 10:05:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

____Jataí-Go____, 08____/____02____/____2024____.
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

LYGIA CÁLLITA CONSTANTINO DE OLIVEIRA

**ESTUDO DE LINHA VIVA NA REDE ELÉTRICA DO MUNICÍPIO DE JATAÍ -
GO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientadora: Profa. Me. Aline da Silva Magalhães.

**Jataí – GO
Dezembro/2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Oliveira, Lygia Cállita Constantino de.

Estudo de linha viva na rede elétrica do município de Jataí-Go
[manuscrito] / Lygia Cállita Constantino de Oliveira. - Jataí: IFG,
Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica,
2023.

77 f.; il.

Orientadora: Profa. Me. Aline da Silva Magalhães.
Bibliografias.

1. Energia elétrica. 2. Chave telecomandada. 3. Manutenção. 4.
Linha viva. I. Magalhães, Aline da Silva. II. IFG, Câmpus Jataí. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária – Rosy Cristina O. Barbosa – CRB 1/2380 – C. Jataí. Cód. F010/2024-1.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

LYGIA CÁLLITA CONSTANTINO DE OLIVEIRA

ESTUDO DE LINHA VIVA NA REDE ELÉTRICA DO MUNICÍPIO DE JATAÍ - GO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Monografia defendida e aprovada, em 14 de dezembro de 2023, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Profa. Me. Aline da Silva Magalhães
Presidente da banca / Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Goiânia

Profa. Me. Kennya Resende Mendonça
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Prof. Dr. Jose Antonio Lambert
Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Câmpus Jataí

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jose Antonio Lambert**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2024 16:30:26.
- **Kennya Resende Mendonca**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/02/2024 08:59:52.
- **Aline da Silva Magalhaes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/02/2024 14:37:22.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 17/11/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 476774

Código de Autenticação: e7b26114db



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Av. Presidente Juscelino Kubitschek,, 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714

(64) 3514-9579 (ramal: 9579)

“Por isso mesmo, empenhem-se
para acrescentar à sua fé a virtude;
à virtude o conhecimento”.

– **2 Pedro 1:5**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por ter me dado vida, saúde, sabedoria e por ter me sustentado no decorrer desses anos para concluir esta pesquisa e graduação, somente no tempo dele e por sua graça tudo foi possível.

À minha orientadora, professora Aline da Silva Magalhães, que admiro muito desde o primeiro contato no curso, ainda mais após a conclusão deste trabalho, pois me coordenou com maestria durante esses tempos tão turbulentos de pandemia, além de agir com profissionalismo e humanidade ao mesmo tempo, se mostrou empática com minhas dificuldades e com meu tempo na realização cada atividade durante todo o projeto, sempre com entusiasmo.

Aos meus familiares, por terem me apoiado durante toda esta caminhada, em principal meus pais Gaildes e Levi, que sempre estiveram ao meu lado, a minha mãe, por todas as orações e “puxões de orelha” para não desistir, ao meu pai por todo incentivo financeiro e moral para sempre prosseguir, aos meus irmãos Abraão Lucas e Matheus Augusto, a minha avó Julieta (in memorian) e avô José Constantino (in memorian), pois sei que estariam muito orgulhosos com essa conclusão.

As minhas amigas de curso Amanda , Ana Cláudia , Isa Paula, Laylla, Thaysa e Vitória que caminharam comigo todo esse percurso dentro e fora da faculdade, na saúde e na doença se fizeram presentes e não mediram esforços para me ajudarem, juntamente com o Ian, Eduardo Lucas, e Nyssã meu muito obrigada, vocês me ensinaram bastante, postergo também esses agradecimentos aos meus colegas engenheiros eletricitas Frank e Gabriel Muricy, por todo esforço para me auxiliar durante a pesquisa e as minhas amigas de infância Andrezza, Érica Nathalia e Mayara, por todo companheirismo.

Agradeço também a todos os professores do Instituto Federal de Goiás- Campus Jataí, por terem contribuído tanto para minha formação, em especial a professora Kennya Resende Mendonça que ministrou com grande empenho as matérias de distribuição de energia elétrica e proteção de sistemas elétricos, me levando ao grande interesse pela área, bem como ao professor José Antonio Lambert que dentre tantas outras matérias ministradas ao decorrer deste curso destaco eletrônica de potência com grande atuação neste trabalho, com certeza esta pesquisa também é fruto de cada um de vocês.

RESUMO

O trabalho em Linha Viva é uma técnica que foi desenvolvida para que profissionais possam operar em contato direto com redes energizadas. Os trabalhadores habilitados para este tipo de serviço devem possuir capacitação técnica, e aplicar todas as Normas de Segurança relacionadas a atividade em questão. O presente trabalho tem como objetivo um estudo de Linha Viva na rede elétrica do município de Jataí, no Estado de Goiás, através do acompanhamento de uma equipe especializada da empresa Empreendimentos, Projetos e Construções Ltda (EPCL), no ano de 2022. Para isso, foram identificadas as principais atividades desenvolvidas pela empresa relacionadas a manutenção na linha viva do município, instalação de novas tecnologias dentre outros procedimentos realizados pela equipe nesse segmento. Antes do acompanhamento dos serviços *in loco*, foram revisados os aspectos gerais das redes de distribuição elétrica, como ocorre a divisão da rede elétrica no Brasil, sendo apresentados os principais componentes de manobra e proteção e como são realizadas as manutenções das Linhas Vivas no sistema elétrico de potência. Na penúltima seção, o qual apresenta o acompanhamento prático, foram abordadas as manobras, modernizações e avanços tecnológicos, evidenciando as atividades da empresa terceirizada Empreendimentos, Projetos e Construções LTDA (EPCL) naquele período de tempo, a qual era responsável pelo sistema no momento do acompanhamento das atividades. Dentre os pontos marcantes do acompanhamento estão a importância dos conceitos básicos de distribuição de energia elétrica no Brasil e a utilização de equipamentos e operacionalização das manobras. Todo o trabalho foi realizado seguindo a NBR 14039, elaborada pela ABNT para garantir a segurança dos colaboradores que trabalham com instalações elétricas de média tensão, prevenindo acidentes elétricos e evitando danos ao patrimônio. Destaca-se ainda a utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletiva (EPCs), sendo relatadas suas funcionalidades. Ao fim do acompanhamento, notou-se o compromisso da empresa com a qualidade dos serviços executados e a responsabilidade dos colaboradores no cumprimento das normas. Observou-se ainda o esforço da equipe administrativa para o total cumprimento dos serviços, assegurando um ambiente de trabalho seguro. A empresa apresentou capacidade de orientação e liderança. Pode-se constatar com o trabalho, a implantação de novas tecnologias e melhorias na rede elétrica com a finalidade de reduzir o tempo de desligamento da linha, atender as novas demandas e mitigar os problemas futuros.

Palavras-chave: Energia elétrica. Chave Telecomandada. Manutenção. Linha Viva.

ABSTRACT

The Live Lines were created and prepared to protect and train professionals who work in direct contact with energized networks, as there is a great chance of suffering an electrical discharge before using these techniques. The practice brought safety and support to electricians, since the protective equipment used is reinforced and specific. The present work aimed to study Live Lines in the electrical network of the municipality of Jataí, in the State of Goiás, through the monitoring of a specialized team from the company Empreendimentos, Projetos e Construções Ltda (EPCL) in 2022. the main activities developed by the company related to the maintenance of electrical lines, with reports of new technologies in this segment. Before reporting the practical follow-up, general aspects of the electrical distribution networks were reviewed, how this electrical network is divided in Brazil, and the main maneuver and protection components were presented and how maintenance is carried out in the electric power system of the Live Lines. In the last section, which presents the practical follow-up, maneuvers, modernizations and technological advances were approached, highlighting the outsourced company Empreendimentos, Projetos e Construções LTDA (EPCL), which was responsible for the system at the time of monitoring activities. Among the outstanding points of the follow-up are the importance of bringing basic concepts of electric energy division in Brazil and the use of equipment and operationalization of the maneuvers; follow NBR 14039 prepared by ABNT to ensure the safety of employees who work with medium voltage electrical installations, prevent electrical accidents and avoid damage to property; and to highlight the use of personal protective equipment and collective protection equipment, with their functionalities being reported. At the end of the internship, the seriousness of the company was noted, the responsibility passed on to employees and the effort of the administrative team to fully comply with the services, ensuring a work environment as far away from accidents as possible. The company showed guidance and leadership capacity.

Keywords: ABNT. Electricity. Protective equipment. Brazilian Technical Standards. Workplace safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Para-raios em sistema elétrico, sendo tres dispositivos, uma para cada fase.....	23
Figura 2: Chave Telecomandada sendo preparada para instalação.....	27
Figura 3: Figura 3- Religador automático na rede.....	29
Figura 4: Projeto para instalação de Chava Telecomandada com Religador Automático.....	30
Figura 5: Protocolo de segurança para isolamento da área de trabalho.....	39
Figura 6: Configuração de rede N4, contendo número, tamanho e modelo de cada parte da configuração.....	41
Figura 7: Configuração de rede N1 com descrição de número, tamanho e modelo de cada parte da configuração especificados por tipo de cruzeta, isoladores, para-raios, mão francesa e demais itens.....	42
Figura 8: Estrutura de poste N4 com dupla cruzeta e fiação de cabos multiplexados.....	43
Figura 9: Aterramento do poste que receberia a rede de 13.8kV com 6 hastes e demais protocolos de segurança.....	44
Figura 10: Placa do equipamento com as devidas especificações segundo a fabricante Shineider Eletric.....	45
Figura 11: Lâmina utilizada como chave-faca, e uso de luva para Rede Primária 13.8kV.....	46
Figura 12: Instalação de Chave Telecomandada com Religador Automático concluída.....	46
Figura 13: Caminhão 102 pesado de dois cestos.....	47
Figura 14: Placa da Chave Telecomandada instalada.....	48
Figura 15: Cruzeta utilizada para compor a Configuração de rede N4 do poste instalado.....	49
Figura 16: Instalação de Chave Telecomandada concluída.....	50
Figura 17: Ligação de TP utilizado na instalação de chave telecomandada.....	50
Figura 18: Poste instalado para receber chave telecomandada.....	52
Figura 19: Sinalização para poda de árvores, manutenção da Linha Viva.....	54
Figura 20: Encarregado da equipe de Linha Viva desempenhando sua função de observação e orientação.....	57
Figura 21: Poda de árvores, manutenção da linha viva.....	57
Figura 22: Sinalização para poda de árvores para manutenção da Linha Viva em Jataí-GO.....	59
Figura 23: Rompimento de cabo da rede secundária de distribuição em manutenção da Linha Viva em Jataí-GO.....	60
Figura 24: Encarregado da equipe observando o trabalho de poda de árvores.....	61
Figura 25: Posicionamento dos novos condutores na Linha Viva de Jataí-	

GO.....	63
Figura 26: Instalação de isoladores para configuração dos novos condutores na Linha Viva em Jataí-	
GO.....	64
Figura 27: Cabo by-pass e Método a Distância em Linha Viva em Jataí-	
GO.....	64
Figura 28: Instalação de novo trecho de Rede Aérea Compacta (13.8kV) em Linha Viva de Jataí-	
GO.....	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACR- Automatic Circuit recloser
A1- Material do Condutor
ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica
APP- Áreas de Preservação Permanente
APR- Análise Preliminar de Risco
CAL- Cabo de Alumínio NU- liga 6201
COD- Centro de Operações de Distribuição
COG - Centro de Operação da Geração
COS - Centro de Operação do Sistema
COT - Centro de Operação da Transmissão
ENEL - *Ente nazionale per l'energia elettrica*
EPC's - Equipamentos de Proteção Coletiva
EPCL - Empreendimentos, Projetos e Construções LTDA
EPI's - Equipamentos de Proteção Individual
ERLV – Equipes Reduzida de Linha Viva
GPRS - General Packet Radio Services
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IT's - Instruções de Trabalho
kV – Força eletromotriz equivalente a mil voltz
Mpa – Unidade de pressão, com potência (10⁶), ou seja, o valor multiplicado por 100.000 (cem mil)
MT - Média Tensão
N - rede trifásica
NA - Normalmente Aberta
NBR – Norma Técnica
NF - normalmente fechadas
NRs - Normas Regulamentadoras
PE - composto extrudado à base de polietileno termoplástico
RA - Religadora Automática
RDC - Rede de Distribuição Convencional
RDA - Rede Aérea de Distribuição
RGDAT - Detector de guia direcional de falha sem tensão
SEP - Sistema elétrico de Potência
TP - Transformador de Potência
U - refere-se a rede monofásica
UC - Unidades de Consumidora
UP - Unidade de Processamento
XLPE - composto extrudado à base de polietileno reticulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.	13
1.1 Considerações iniciais	13
1.2 Justificativa.	15
1.3 Objetivo geral.....	16
1.4 Objetivos específicos.....	16
1.5 Estruturação dos capítulos.	16
2 REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO.....	17
2.1 Divisão das redes aéreas de distribuição no Brasil.....	18
2.2 Reestruturação do sistema elétrico no Brasil.....	19
2.3 Equipamentos de proteção individual (EPIs).	20
2.4 Componentes de manobras e proteção.	21
2.4.1. Para-raios.	22
2.4.2. Chaves.....	23
2.4.2.1. Chave Seccionadora.....	23
2.4.2.2. Chave Telecomandada.....	24
2.4.3. Religadores.	25
2.4.4. Espaçadores.....	26
3 MANUTENÇÃO NAS REDES DE ENERGIA ELÉTRICA.	26
3.1 Tipos de manutenção.....	27
3.2 Sistema elétrico de potência.....	27
3.3 Centro de operação.....	30
3.4 Regulamentação brasileira de instalações elétricas.....	30
4 ACOMPANHAMENTO DAS MANOBRAS NA REDE ELÉTRICA EM JATAÍ, ESTADO DE GOIÁS: SUPERVISÃO DA EQUIPE EM 2022.	31
4.1 Supervisão prática das manobras.	31
4.1.1. Primeira manobra.	31
4.1.2. Segunda manobra.....	39
4.1.3 Terceira manobra.....	44
4.1.4 Quarta manobra.....	50
4.1.5. Quinta manobra.....	54

	13
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
6 REFERÊNCIAS.....	59
ANEXO A- VISÃO GERAL, APARELHAGEM E ARQUITETURA DO CONTROLADOR.	68
ANEXO B- RELIGADOR SÉRIE U COM CONTROLADOR ADV C.....	69

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica se tornou indispensável aos dias atuais, por proporcionar conforto, bem-estar, segurança e qualidade de vida, consequentemente ela impulsiona o desenvolvimento da economia e contribui para a modernização da sociedade (SANTOS; OLIVEIRA, 2020). Existem diversas fontes de energia elétrica, sendo as principais a hidrelétrica, a termelétrica, a nuclear, a eólica e a solar. Cada uma delas tem suas vantagens e desvantagens, e a escolha da fonte a ser utilizada depende de vários fatores, como a disponibilidade e o custo da fonte, a capacidade de produção de energia, a necessidade de garantir a segurança energética do país, entre outros (DOROCHE; ANSCHAU, 2015).

1.1 Considerações iniciais

Em virtude do crescimento gradual das cidades, há uma maior demanda de energia elétrica, a fim de suprir as necessidades dos grandes centros urbanos (CALDEIRA, 2018). Neste âmbito, é possível observar a necessidade de redes de distribuição aéreas mais robustas e eficientes que atendam os consumidores de forma primordial (PAGNANO; HOPF; TETI, 2013). A eletricidade é uma forma de energia muito versátil e é usada em uma ampla variedade de aplicações, desde dispositivos eletrônicos simples até sistemas de iluminação, máquinas de produção e veículos elétricos. Por definição, a eletricidade é a presença e o movimento de partículas com carga elétrica (RIBEIRO, 2015).

Com o consumo crescente, a demanda por tecnologias no mercado aumenta com o passar dos anos. Diante dessa ascendente evolução tecnológica em que estamos imersos, surgem certos problemas a serem resolvidos, isto é, tem-se a necessidade de tornar cada vez mais viável a vida do ser humano (CARNEIRO, 2020). Na área de engenharia elétrica não seria diferente, pois, os avanços tecnológicos possibilitam maior qualidade da energia entregue, uma comunicação mais rápida, confiável, com maior quantidade de transferência de dados, maior mobilidade em transportes dentre tantos outros (BERNARDON *et al.*, 2009).

À medida que as empresas de energia ampliam a oferta de energia, aumenta-se proporcionalmente a responsabilidade para entregar um serviço de qualidade. Independentemente dos esforços desenvolvidos, haverá sempre a necessidade de se realizar manobras, sejam elas para instalação de novos equipamentos na rede ou de manutenção corretiva, preditiva ou preventiva (CORREA *et al.*, 2016). Para regulamentar as empresas de energia, temos a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que é uma autarquia federal brasileira responsável por regular e fiscalizar o setor elétrico no país. Criada em 1996, a ANEEL tem como objetivo principal promover

a adequada prestação do serviço público de energia elétrica, garantindo a segurança e a qualidade do fornecimento, a preços justos e acessíveis, e estimulando a concorrência no setor (RIOS; RIOS, 2017).

Para garantir uma boa qualidade no fornecimento de energia elétrica ao consumidor final é indispensável que não ocorram variações no sinal entregue pela concessionária, ou que sejam minimizadas as interrupções no fornecimento, tendo por base uma boa política de manutenção (SILVA, 2020). Em variações e interrupções frequentes, a qualidade dos serviços será insatisfatória, sendo necessárias manutenções nesse sistema (ROCHA, 2014). Os distúrbios, quando presentes em um dado sistema elétrico, podem causar sérios danos aos equipamentos de medição e controle conectados à linha, pertencentes à concessionária de energia, como também podem provocar danos aos equipamentos mais sensíveis, pertencentes aos usuários deste sistema (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2021).

No município de Jataí, no Estado de Goiás, até outubro de 2022 a empresa Empreendimentos, Projetos e Construções LTDA (EPCL) se mantinha como terceirizada da concessionária de energia do Estado de Goiás cujo nome é um acrônimo de *"Ente nazionale per l'energia elettrica"* (ENEL), fundada em 1962, reunindo diversas pequenas empresas da área. A ENEL já foi considerada a maior companhia de energia elétrica da Itália, sendo a quinta maior companhia de energia do mundo. Em Jataí, sua atuação foi notória, pois realizou diversas melhorias na linha viva. A partir de 2022, a empresa Equatorial Energia passou a assumir 282,9 milhões de ações da ENEL Goiás, o que garante a frente da gestão até o momento. A execução de serviços em Linha Viva, ou seja, serviços realizados com o condutor energizado, configuram técnica de trabalho que foi desenvolvida para conservar o sistema elétrico sem causar prejuízos, mantendo o fornecimento aos clientes (ALMEIDA; CALLADO, 2017). Contudo, a execução de serviços em linha viva continua sendo realizada com o condutor energizado, mantendo o fornecimento aos clientes (EMPREENDER EM GOIÁS, 2022).

Além de lidar com os avanços na área de proteção de sistemas e as novas regulamentações do setor elétrico e com a evolução da tecnologia em comunicação, as concessionárias possuem o papel de promover maior eficiência na sua transmissão e distribuição de energia elétrica, isto é, tem-se que atingir níveis de qualidade e de continuidade cada vez mais rigorosos (PAGNANO; HOPF; TETI, 2013). Uma alternativa a ser empregada é a instalação de chaves automatizadas (telecomandadas e tele medidas), o que proporciona realizar manobras, isolar defeitos ou transferir cargas em tempo real, para o restabelecimento de energia de modo ágil. Dessa forma, obtêm-se um maior controle do sistema e viabiliza a tecnologia em rede, fundamentais para o funcionamento das concessionárias (PFITSCHER, 2013).

No município de Jataí, a empresa terceirizada tem instalado várias chaves telecomandadas

com religadores automáticos no decorrer das linhas de distribuição. Com isso, além das manutenções corretivas e preventivas tem-se a implementação de novas tecnologias para controle e melhoria dos serviços prestados à comunidade.

1.2 Justificativa

A energia elétrica se tornou um dos pilares para o bem-estar da sociedade moderna, o que tem sido atrativo para empresas e concessionárias investirem em aperfeiçoamento do sistema elétrico e dos profissionais, objetivando um sinal de qualidade. À medida que a demanda cresce, as concessionárias fornecedoras de energia estão modernizando suas linhas, visando maior produtividade e competitividade de mercado. As empresas visam a automação dos sistemas e a eliminação de falhas para que não ocorram interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Contudo, para garantir a robustez e confiabilidade do Sistema de Energia Elétrica como um todo, é indispensável a utilização e ampliação dessas novas tecnologias que são cada vez mais inteligentes, visando a automação dos sistemas e a eliminação de falhas e possíveis interrupções. Com isso, almeja-se controlar a qualidade da energia fornecida.

O sistema elétrico de energia é uma parte essencial da nossa vida cotidiana e é responsável por fornecer energia elétrica para todas as necessidades humanas. Para garantir a segurança e confiabilidade do sistema, é importante que ele seja constantemente monitorado. Além disso, a eficiência energética é fundamental para reduzir o consumo de energia e proteger o meio ambiente.

Desta forma, pretende-se com esse trabalho evidenciar as implementações de melhorias e novas tecnologias no mercado atual, bem como os serviços executados para a própria manutenção e correção dos problemas. Será realizado um acompanhamento dos serviços executados no cotidiano de uma empresa terceirizada e contratada para realização desses trabalhos, possibilitando uma vivência da prática e uma compreensão da rotina de manutenções das redes de distribuição. Todo o acompanhamento dos serviços ocorrerá no Município de Jataí, mais especificamente na Linha Viva. Sendo assim, este trabalho é de grande importância pois permitirá a visualização dos procedimentos realizados na Linha Viva. Além do mais, pode-se verificar quais são as principais falhas ou defeitos, quais as causas e também quais são os prazos para realização do trabalho e restabelecimento do sistema.

Com esse propósito, houve possibilidade de um contato direto com a equipe experiente e capacitada da empresa terceirizada, e que está à frente na execução de serviços de implementação de melhorias na rede de Distribuição de Jataí. Esta empresa trabalha em equipe, utilizando-se de novas tecnologias e assim promovendo coordenação e seletividade ao sistema de distribuição. Devido à hierarquia existente dentro do sistema elétrico brasileiro, controlado pela ANEEL, a

empresa atende as normas regulamentadoras, parâmetros e técnicas vigentes estabelecidos pelas concessionárias de distribuição, conhecimentos essenciais a todo profissional dessa área.

Pode-se destacar o ganho com o conhecimento agregado, por meio do contato com uma equipe tão experiente. As contribuições são diversas, podendo destacar as possibilidades de aprendizado, quanto ao campo, trabalho em equipe, tecnologias utilizadas na distribuição e proteção dos sistemas, coordenação e seletividade. Além do mais, há que se destacar o conhecimento da hierarquia existente dentro do nosso sistema controlado pela ANEEL e o contato com normas regulamentadoras, parâmetros e técnicas vigentes estabelecidos pelas concessionárias de distribuição.

1.3 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral um estudo de Linhas Vivas na rede elétrica do município de Jataí, no Estado de Goiás, através do acompanhamento de uma equipe especializada da empresa Empreendimentos, Projetos e Construções LTDA (EPCL). Neste trabalho, foram identificadas as principais atividades desenvolvidas pela empresa relacionadas a manutenção nas linhas elétricas, conforme ocorriam as demandas observadas em campo e necessidade de mercado. Além do mais, foi realizado um relato das novas tecnologias nesse segmento.

1.4 Objetivos específicos

Como objetivos específicos deste trabalho têm-se:

- Realizar um levantamento bibliográfico sobre redes aéreas e componentes de manobras e proteção;
- Apresentar um estudo sobre a realidade do campo de atuação da concessionária de energia e a empresa terceirizada Empreendimentos, Projetos e Construções Ltda (EPCL);
- Apresentar um estudo de caso, acompanhando a atuação desta empresa na execução de serviços em Linhas Vivas de energia no município de Jataí;
- Apontar os principais equipamentos utilizados atualmente na correção dos problemas e evidenciar os distúrbios recorrentes na Linha Viva do município de Jataí;
- Constatar as principais medidas atualmente adotadas pela Concessionária de Energia para melhorias no sistema de energia e que resulta na melhora da qualidade do serviço entregue ao consumidor final.

1.5 Estruturação das Seções

O trabalho de conclusão de curso é composto por cinco seções, conforme a descrição abaixo.

Na primeira seção tem-se a introdução, justificativa, objetivos geral e específicos, trazendo a relevância do estudo.

Na segunda seção foram abordados aspectos gerais das redes de distribuição elétrica, como ocorre a divisão dessa rede elétrica no Brasil, e ainda foram apresentados os principais componentes de manobra e proteção.

Na terceira seção foram apontados os procedimentos para realização das manutenções no sistema elétrico de potência da Linha Viva, o mesmo que ocorre em Jataí.

Já na quarta seção foram abordados o cenário da Linha Viva em Jataí, no Estado de Goiás, seguindo as práticas dos profissionais para manobras, modernizações e avanços tecnológicos instalados no período. Para isso, também foi caracterizada a empresa terceirizada Empreendimentos, Projetos e Construções Ltda (EPCL), a qual era responsável pelo sistema no momento do acompanhamento prático das atividades.

A quinta seção apresenta as conclusões finais.

2 REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO

O Sistema Elétrico Brasileiro é composto pela Geração, Transmissão e Distribuição. A energia elétrica gerada nas usinas, sejam elas térmicas, hidráulicas, termonucleares, eólicas, solares, dentre outras, precisa ser transportada até os centros urbanos e rurais para ser consumida. Neste contexto, as usinas representam o sistema de Geração. É, portanto, a partir desse ponto, que surge a necessidade da construção das redes de energia elétrica, caso contrário, não seria possível a energia gerada chegar ao seu destino final.

Dessa forma, a eletricidade é transportada através de cabos aéreos, cabos visíveis por não estarem enterrados em “ligação subterrânea”, sendo revestidos ou não por camadas isolantes que aumentam a proteção do sistema sendo fixados em grandes e altas torres de metal, as quais denominamos todo esse conjunto de cabos e torres, por rede de transmissão de energia elétrica (ARAÚJO, 2016). As Transmissoras de energia costumam administrar as Linhas de Transmissão com os maiores níveis de tensão; contudo, há também redes de menor voltagem dentro das próprias distribuidoras de energia elétrica, isso para permitir que as distribuidoras possam levar a energia em níveis de tensão adequados aos clientes de sua área de concessão, diz Abradee, (2022).

O sistema elétrico de distribuição é uma infraestrutura essencial para levar energia elétrica aos consumidores. Aqui a energia elétrica deve chegar aos clientes finais por meio de linhas de distribuição operadas pelas empresas distribuidoras. Estas, por sua vez, devem assegurar que o sinal elétrico esteja dentro dos parâmetros mínimos de exigências estabelecidos pelo órgão regulador, da ANEEL, RIBEIRO (2015).

Para Ribeiro (2008), os tipos de redes de distribuição são inúmeros, por vezes mistas, que nada mais é do que a combinação de redes de baixa e média tensão. O que determina como será realizada essa distribuição são as condições do local a ser implantado e as necessidades do mesmo. A distribuição de energia por vias aéreas é o principal método utilizado no Brasil, por obterem custos menores quando comparados aos sistemas subterrâneos.

As redes de energia são geralmente classificadas como sendo do tipo aérea ou subterrânea. A rede aérea de distribuição é a mais comum no Brasil, especialmente em áreas urbanas e suburbanas. Ela é composta por cabos elétricos suspensos em postes de concreto ou madeira, que transportam a energia elétrica da subestação até os transformadores de distribuição, que, por sua vez, reduzem a tensão elétrica e distribuem a energia para as residências e estabelecimentos comerciais (CAMPITELLI *et al.*, 2006).

As redes aéreas de distribuição de energia elétrica no Brasil são compostas por um sistema complexo de cabos, postes e equipamentos de proteção e controle, que garantem a transmissão de

energia elétrica das usinas geradoras até as residências e estabelecimentos comerciais, dentre outros. A distribuição de energia aos consumidores finais é feita por concessionárias, que são responsáveis por manter e operar a rede de distribuição em sua área de atuação. Existem diversas concessionárias de energia elétrica no Brasil, cada uma atuando em uma região específica do país (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2021).

Segundo Kagan, Oliveira e Robba (2021) o sistema de redes aéreas inclui postes concretados, nas zonas urbanas e postes de madeira, nas zonas rurais, construídos para suportarem na parte superior, a cruzeta, geralmente em madeira, com aproximadamente dois metros de comprimento, onde são dispostos os isoladores de pino. Normalmente, são utilizados condutores de alumínio com ou sem alma de aço, nus ou protegidos, contudo, em situações especiais, utiliza-se os condutores de cobre. Os cabos protegidos contém uma capa externa, feita com material isolante a fim de que haja a proteção.

A manutenção da rede aérea de distribuição é fundamental para garantir a segurança e a qualidade do fornecimento de energia elétrica. As concessionárias realizam inspeções periódicas na rede, verificando a integridade dos postes, cabos e equipamentos de proteção e controle. Além disso, em caso de tempestades ou ventos fortes, é comum ocorrerem quedas de árvores sobre a rede elétrica, causando interrupções no fornecimento de energia. Nessas situações, as concessionárias devem ter agilidade para restabelecer o fornecimento de energia elétrica o mais rápido possível, caso os dispositivos como RA's não atuem corrigindo e reestabelecendo o fornecimento sozinhos (PAGNANO; HOPF; TETI, 2013). Assim, a manutenção constante e a rápida intervenção em caso de falhas são essenciais para garantir a segurança e a qualidade do fornecimento de energia elétrica (SANTOS, 2021).

2.1 Divisão das redes aéreas de distribuição no Brasil

A divisão das redes de distribuição no Brasil pode ser feita de diversas formas, levando em consideração diferentes critérios. Os critérios de divisão podem ser, por exemplo, o nível da tensão elétrica da rede, a área de atuação das concessionárias e a estrutura do setor elétrico brasileiro. O importante é garantir a qualidade e a segurança do fornecimento de energia elétrica para a população (SANTOS, 2021).

Uma das formas mais comuns de divisão é pela tensão elétrica das redes, que pode ser baixa, média ou alta. As redes de baixa tensão são aquelas que transportam energia elétrica com tensão inferior a 1 kV (mil volts) (MONTEMEZZO, 2016). Essas redes são responsáveis pela distribuição de energia elétrica para as residências e estabelecimentos comerciais e/ou industriais, e são compostas por cabos elétricos aéreos ou subterrâneos conectados diretamente aos

transformadores de distribuição (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2021).

Já as redes de média tensão transportam energia elétrica com tensão entre 1 kV e 69 kV (ROCHA, 2014). Essas redes são responsáveis pela distribuição de energia elétrica para os bairros e áreas industriais, e são compostas por cabos elétricos aéreos ou subterrâneos, que são conectados aos transformadores de distribuição e às subestações de distribuição.

Por fim, as redes de alta tensão transportam energia elétrica com tensão superior a 69 kV. Essas redes são responsáveis pela transmissão de energia elétrica entre as usinas geradoras e as subestações de distribuição, e são compostas por cabos elétricos aéreos, torres de transmissão e equipamentos de proteção e controle (SANTOS, 2021).

Outra forma de divisão das redes de distribuição é pela área de atuação das concessionárias de energia elétrica. No Brasil, existem diversas concessionárias que atuam em diferentes regiões do país, sendo responsáveis pela operação e manutenção das redes de distribuição em sua área de concessão. As concessionárias de energia elétrica são empresas que possuem o direito de distribuir energia elétrica em determinada região, através de um contrato de concessão firmado com o governo (LIMA; NOGUEIRA, 2022).

Existem diversas concessionárias de energia elétrica no Brasil, cada uma atendendo uma região específica do país. Algumas das maiores concessionárias são a Eletropaulo que atende a região metropolitana de São Paulo e é a maior concessionária de energia elétrica do país em termos de consumo de energia; a Light que atende a cidade do Rio de Janeiro e alguns municípios do estado do Rio de Janeiro; a Copel que atende o estado do Paraná; a Cemig que atende o estado de Minas Gerais; a Enel Distribuição que atende a região metropolitana de Fortaleza e alguns municípios do estado do Ceará (ARAÚJO, 2016).

Além das concessionárias, existem também as distribuidoras de energia elétrica, que são empresas responsáveis pela distribuição de energia em determinadas regiões do país, porém não possuem um contrato de concessão com o governo. As concessionárias e distribuidoras de energia elétrica são responsáveis por garantir o fornecimento de energia elétrica de forma segura e eficiente para os consumidores, além de investir em infraestrutura e tecnologia para melhorar a qualidade do serviço prestado (KOGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2021).

Em virtude do avanço tecnológico e do aumento da demanda por energia elétrica, as empresas ligadas ao setor elétrico passaram por um processo de modernização. O setor elétrico brasileiro sofreu diversas transformações nos últimos anos, com a privatização de algumas empresas e a abertura do mercado para a entrada de novos empreendimentos, o que tem gerado impactos significativos no setor (SANTOS, 2021).

2.2 Sistema elétrico de potência

Os Sistemas Elétricos de Potência (SEP) são conjuntos de equipamentos, dispositivos e componentes que permitem a geração, transmissão, distribuição e utilização da energia elétrica em larga escala. Esses sistemas são essenciais para garantir o fornecimento de energia elétrica para as atividades econômicas e para a população em geral (TOLEDO, 2017).

O SEP conforme Figura 1 é composto por diversas subestações, linhas de transmissão, transformadores, geradores, reguladores de tensão, interruptores e outros dispositivos que permitem a transferência da energia elétrica em diferentes níveis de tensão. O Sistema Elétrico de Potência envolve também o planejamento e o controle da operação dos equipamentos, bem como a proteção contra sobrecargas e falhas (VERAS, 2017).

A segurança e a confiabilidade dos sistemas elétricos de potência são fatores críticos para o seu funcionamento adequado. Por isso, esses sistemas são projetados e construídos com uma série de mecanismos de proteção e de controle de qualidade, para evitar falhas e minimizar os impactos de eventuais problemas. (TOLEDO, 2017).

O SEP se divide em três seções operantes, sendo elas a geração de energia elétrica onde geralmente estão situados geradores e equipamentos de comando, a transmissão onde são utilizados transformadores e na fase distribuição são locados os cabos de condução e equipamentos de proteção (DIAS, 2017). A energia elétrica é capaz de ser formada por diferentes maneiras, sejam elas por recursos naturais ou artificiais, entretanto, no Brasil que possui uma malha hidrográfica extensiva é comum a implantação de usinas hidrelétricas. Contudo, independente da forma em que a energia elétrica é gerada, as etapas de transmissão e distribuição são realizadas, pois a energia elétrica precisa chegar até os consumidores (OLIVEIRA, 2015).

Como qualquer sistema complexo, o SEP pode apresentar falhas em seus componentes, o que pode levar a interrupções no fornecimento de energia elétrica. As falhas no SEP podem ocorrer em vários componentes, incluindo geradores, transformadores, linhas de transmissão, disjuntores e outros equipamentos elétricos. Essas falhas podem ter várias causas, incluindo condições climáticas extremas, falhas de equipamentos, sobrecarga ou mau funcionamento do sistema de proteção (VERAS, 2017).

As falhas no SEP podem levar a apagões, que podem causar grandes prejuízos econômicos e sociais. As empresas podem sofrer perdas financeiras significativas, enquanto as pessoas podem ficar sem energia elétrica por períodos prolongados, o que pode afetar a segurança pública, a saúde e o bem-estar. Dentre as medidas para prevenir falhas no SEP, estão a manutenção preventiva regular dos equipamentos, o uso de tecnologia avançada para monitorar e detectar falhas e a implementação de sistemas de redundância e *backup* (FINOCCHIO, 2013).

Para Silva (2020) as falhas mais comuns em um SEP são as sobrecargas, curtos e sobretensões, geralmente encadeados por eventos naturais, falhas humanas ou falhas no sistema. Essas falhas são comumente iniciadas nas linhas de transmissão, distribuição, barramento de subestações, transformador e gerador. As empresas do setor devem garantir proteção contra as falhas, porém, caso aconteçam, é necessário contactar a equipe operadora para resolver o problema o mais rápido possível, a fim de diminuir os prejuízos e amenizar o desconforto dos consumidores (FRADE, 2016).

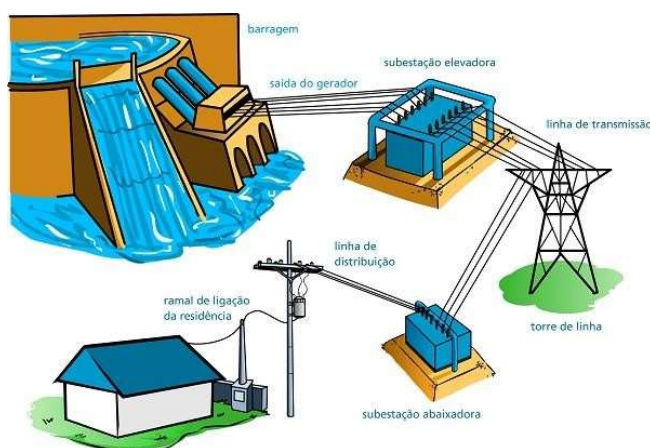


Figura 1: Sistema Elétrico de Potência (SEP)

Autor: MATTEDE (2014)

2.3 Reestruturação do sistema elétrico no Brasil

É importante destacar que o setor elétrico brasileiro passou por uma reestruturação na década de 1990, com a criação do Mercado Atacadista de Energia Elétrica e a separação das atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Isso resultou na criação de empresas especializadas em cada uma dessas atividades, com o objetivo de aumentar a eficiência e a competição no setor elétrico brasileiro (ALMAGUER; SAQUETTI; COELHO, 2021).

A medida que foi crescendo a utilização da energia no mercado econômico, a sua regulamentação tornou-se essencial. Conforme Gesel *et al.* (2019), esse mercado só tende a crescer com a continuidade dos empreendimentos, que promovem a modernização do setor elétrico. Para acomodar a evolução tecnológica e os movimentos de diversificação do setor elétrico são criados projetos de leis, medidas provisórias e chamadas públicas, com análises de diretrizes de ações para promover a modernização do setor. Essa regulamentação permite que esta grande rede, que congrega os sistemas de geração e movimentação de energia, faça o intercâmbio em quase toda a extensão territorial do país de forma organizada. Sua eficiência depende de compreender como ocorre a dinâmica destes sistemas.

Braga *et al.* (2020) consideram que, para pautar as modificações que o setor elétrico vem vivenciando e como estas podem impactar no mercado de energia, é necessário compreender como o SEB vem se sistematizando e analisar o desenvolvimento de mercado livre de energia aos longos dos anos. Considerando que o setor elétrico é um dos fios condutores para o desenvolvimento econômico de qualquer nação, a energia é de fato um dos bens mais preciosos da vida moderna, imprescindíveis à produção e ao bem estar da sociedade. O alto custo com esse insumo contribui negativamente para a competitividade das empresas de médio e grande porte, levando-as a buscar por outras opções no mercado de energia. (MAGALHAES JUNIOR, 2019).

Florezi (2009) pode observar que, o mercado de energia elétrica é altamente competitivo na atual conjuntura e, configura a busca acirrada por um insumo importante na composição de custos das empresas do setor industrial, caracterizando, por isso mesmo, a importância de buscar alternativas de fornecimento. Ao se instituir um novo mercado competitivo de eletricidade, Magalhães Junior *et al.* (2019) acreditam que para as grandes corporações industriais e comerciais, cujos gastos com energia elétrica afetam significativamente a estrutura de custos de produção, a redução do seu custo é um instrumento em prol da promoção do setor industrial e comercial brasileiro, contribuindo para uma maior competitividade das empresas residentes no país. Eles destacam que, atualmente, as tarifas industriais de energia elétrica no mercado regulado são muito elevadas. A compra de energia no Ambiente de Contratação Livre (ACL), onde os preços da energia são historicamente menores é uma boa solução.

Vale ressaltar que a energia de baixo custo, isto é, acessível, é indispensável para o crescimento da economia. E por isso, para o seu desenvolvimento, a análise e o perfeito entendimento do aparato regulatório, o disponível e o aplicado, é de extrema importância. Assim, há necessidade de se aprofundar os conhecimentos relacionados à Lei 10.847/04 e 10.848, que regulamentam a comercialização e contratação de energia do sistema regulado e livre (BRASIL, 2004).

2.4 Equipamentos de proteção individual (EPIs)

Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são equipamentos utilizados para proteger os trabalhadores contra riscos que possam ameaçar sua saúde e segurança no ambiente de trabalho. O objetivo dos EPIs é reduzir a exposição do trabalhador a riscos ocupacionais, como quedas, choques elétricos, cortes, queimaduras, entre outros (SILVA, 2017).

Os EPIs devem ser utilizados sempre que as medidas de proteção coletiva não forem suficientes para eliminar completamente o risco de acidentes ou doenças ocupacionais. Além disso, é importante que os equipamentos sejam adequados ao tipo de atividade realizada e ao ambiente de

trabalho em que o trabalhador estará atuando (ARAÚJO, 2016).

A escolha do EPI adequado deve levar em consideração o tipo de risco ao qual o trabalhador está exposto, bem como as condições de trabalho e as características físicas do trabalhador. É importante que os EPIs sejam confortáveis e estejam em boas condições de conservação e funcionamento, para garantir a eficácia da proteção. O EPI deve conter ainda o Certificado de Aprovação (CA) adequado para a atividade que está executando, vigente dentro da validade. O uso correto dos EPIs é fundamental para garantir a segurança e saúde do trabalhador. É importante que os trabalhadores sejam treinados e orientados sobre a utilização correta dos EPIs, bem como sobre a importância da manutenção e conservação desses equipamentos (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2021).

Além disso, é responsabilidade do empregador fornecer os EPIs necessários e adequados ao ambiente de trabalho, bem como garantir que os trabalhadores os utilizem de maneira correta e regular (SILVA, 2017). Os equipamentos de proteção e seccionamento além de proteger os componentes das redes, são necessários por permitirem as manobras. São exemplos de dispositivos de proteção, EPI's e/ou manobra os pára-raios, chaves facas, religadores, espaçadores, detectores de ausência de tensão, manta isolante elétrica e chaves telecomandadas. Esses dispositivos devem funcionar de maneira coordenada, assim, quando houver um defeito, o dispositivo mais próximo será o primeiro a agir (LISBOA, 2007).

A rede elétrica é um sistema complexo e perigoso, e por isso é necessário o uso de equipamentos de proteção para garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade do sistema. Dentre os principais equipamentos de proteção utilizados na rede elétrica, pode-se destacar os seguintes (SILVA, 2017):

- Capacete: é um equipamento de proteção individual (EPI) fundamental para proteger a cabeça dos trabalhadores contra impactos e objetos que possam cair durante as atividades de manutenção e instalação na rede elétrica.
- Luvas isolantes: as luvas isolantes são usadas para proteger as mãos dos trabalhadores contra choques elétricos. Elas devem ser fabricadas com materiais isolantes, como o látex, borracha, neoprene ou silicone.
- Protetores auriculares: são utilizados para proteger os ouvidos dos trabalhadores contra ruídos excessivos, que podem causar danos irreversíveis à audição.
- Óculos de proteção: os óculos de proteção são usados para proteger os olhos dos trabalhadores contra partículas, objetos em movimento e faíscas geradas pela eletricidade.
- Vestimenta de proteção: a vestimenta de proteção é utilizada para proteger o corpo dos trabalhadores contra choques elétricos e outros riscos relacionados à eletricidade. Ela deve ser fabricada com materiais isolantes e resistente ao fogo.

- Dispositivos de segurança: os dispositivos de segurança incluem equipamentos como o disjuntor, o fusível e o relé de proteção. Esses dispositivos são responsáveis por interromper o fluxo de energia elétrica em caso de falhas ou sobrecargas na rede elétrica, evitando danos aos equipamentos e, principalmente, visando a segurança dos trabalhadores e da população em geral.

É importante destacar que o uso dos equipamentos de proteção individual e coletiva é obrigatório em todas as atividades que envolvam eletricidade, conforme estabelecido pelas normas regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho e Emprego (ROCHA, 2014). O não cumprimento dessas normas pode gerar multas, além de colocar em risco a vida dos trabalhadores e das pessoas que estão próximas à rede elétrica (LIMA; NOGUEIRA, 2022).

2.5 Componentes de manobras e proteção

Os componentes de manobra e proteção são dispositivos que fazem parte dos sistemas elétricos de potência e têm como função garantir a segurança e o controle do fluxo de energia elétrica em equipamentos e instalações. Eles são responsáveis por controlar a abertura e o fechamento de circuitos elétricos, como interruptores, seccionadores e disjuntores (CASTANHEIRA, 2022).

2.5.1. Para-raios

Os para-raios são dispositivos utilizados em sistemas elétricos para proteger as instalações e equipamentos contra descargas atmosféricas, também conhecidas como raios. Eles são compostos por um conjunto de componentes, como hastes, cabos condutores e dispositivos de conexão, que são instalados em pontos estratégicos do sistema elétrico (DIAS, 2017).

Os raios são descargas elétricas de alta intensidade e curta duração que ocorrem na atmosfera durante as tempestades. Quando um raio atinge o solo ou uma estrutura elevada, como uma torre de transmissão ou um poste de energia, ele pode causar danos aos equipamentos e instalações elétricas, bem como colocar em risco a vida das pessoas próximas (SANTOS, 2021).

Os para-raios são projetados para interceptar e desviar a corrente elétrica do raio, evitando que ela atinja diretamente as instalações e equipamentos elétricos. Eles são compostos por uma haste metálica que é fixada no ponto mais alto da estrutura, cabos condutores que conectam a haste ao solo e dispositivos de conexão que garantem a continuidade elétrica do sistema. Podem ser instalados em diferentes tipos de estruturas elétricas, como torres de transmissão, postes de energia, subestações elétricas e edifícios (ALMEIDA; CALLADO, 2017). Eles devem ser escolhidos de acordo com as características do sistema elétrico, como a tensão de operação, o tipo de instalação e

o nível de proteção requerido (DIAS, 2017).

Os para-raios devem ser instalados por profissionais capacitados e qualificados, seguindo as normas técnicas e de segurança do setor elétrico. É importante que eles sejam inspecionados e testados regularmente, a fim de garantir a sua eficiência e segurança. Os para-raios são essenciais para a confiabilidade de um sistema elétrico por proteger os equipamentos do sistema. Esse equipamento age escoando as descargas atmosféricas para a malha de aterramento (SANTOS JUNIOR, 2021).

Os dispositivos de segurança das redes de distribuição podem ser acionados devido aos curto-circuitos ou as sobretensões oriundas das descargas atmosféricas ou ocorrências internas. Para impedir que esses equipamentos sejam danificados é preciso instalar dispositivos de proteção. Os para-raios são limitadores de tensão, ou seja, o dispositivo impede que valores de tensões acima do permitido, estabelecido pelo projetista, cheguem até os equipamentos protegidos pelos para-raios (FRONTIN, 2013). Na Figura 2 temos o uso de três dispositivos de proteção (para-raios), um para cada fase, por se tratar de um Sistema de Distribuição Trifásico em 13,8kV.

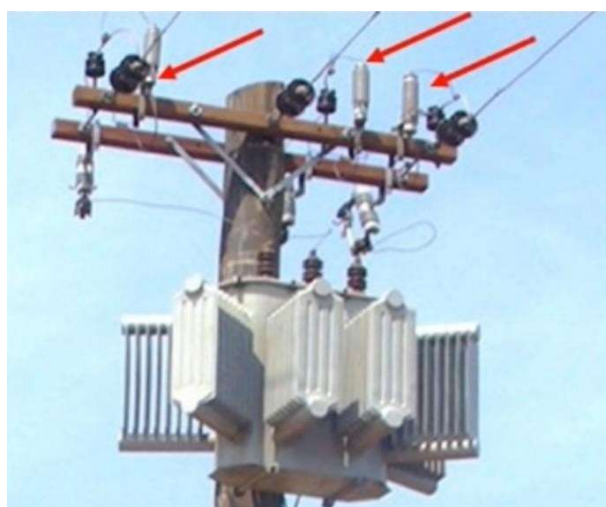


Figura 2: Para-raios em sistema elétrico, sendo três dispositivos, um para cada fase.

Fonte: Arquivo Pessoal

Ainda, segundo Frontin (2013) os para-raios são equipamentos simples quando levado em conta o seu método construtivo, pois as cargas elétricas se localizam, em sua grande maioria, na ponta, o que promove campo elétrico mais intenso nessa região do que no restante do para-raios. Com o campo elétrico, surgem forças de repulsão entre as cargas elétricas, fazendo com que elas se empurrem até que algumas sejam lançadas fora do condutor e fiquem livres no meio ambiente.

2.5.2. Chaves

As chaves nada mais são do que dispositivos componentes da rede de distribuição responsáveis por permitirem ou não que a corrente elétrica percorra determinada linha. São empregadas com a finalidade de proteger e realizar a manutenção das redes. Possuem modelo binário, o que constitui que as mesmas possuem somente dois estados no funcionamento, que são normalmente abertas, com a nomenclatura (NA), ou normalmente fechadas (NF) (DIAS, 2017).

Para o primeiro caso, as chaves impedem que a corrente passe pela linha, quando mudam para fechadas, as chaves permitem a passagem de eletricidade e são utilizadas na conexão e na transferência entre alimentadores. Já para as NF, as chaves liberam a passagem da corrente, quando o estado muda para aberto, não é possível a passagem de eletricidade, sendo utilizadas no isolamento de faltas e de proteção de rede (NUNES, 2018)

2.5.2.1. Chave Seccionadora

Uma chave seccionadora é um dispositivo elétrico usado para interromper a corrente elétrica em um circuito. Ela é projetada para operar em condições de carga nominal, ou seja, quando a corrente que flui pelo circuito está dentro dos limites especificados. A chave seccionadora é diferente de um disjuntor, que é projetado para interromper a corrente em condições de sobrecarga ou curto-circuito (NUNES, 2018).

As chaves seccionadoras são usadas em uma variedade de aplicações, incluindo painéis de distribuição, transformadores e linhas de transmissão. Elas são frequentemente utilizadas para isolar equipamentos elétricos para manutenção, reparo ou inspeção. Com a atuação da chave seccionadora parte do circuito ficará desenergizado, possibilitando o reparo por parte do operador. Existem diferentes tipos de chaves seccionadoras, incluindo chaves seccionadoras com fusível, chaves seccionadoras com carga e chaves seccionadoras sem carga (DIAS, 2017).

As chaves seccionadoras com fusível são projetadas para interromper a corrente em um circuito e proteger contra sobrecargas e curto-circuitos. As chaves seccionadoras com carga são projetadas para interromper a corrente elétrica sob condições de carga nominal. Já as chaves seccionadoras sem carga são usadas para interromper a corrente elétrica em condições de não carga, ou seja, quando não há corrente fluindo no circuito (QUERINO, 2015).

Com isso, é necessário operá-las corretamente para evitar danos ao equipamento e garantir a segurança dos operadores, instalando-as de acordo com os parâmetros e instruções do fabricante. Além disso, é importante que as chaves seccionadoras sejam inspecionadas regularmente e mantidas em boas condições de funcionamento. Isso pode incluir limpeza e lubrificação das partes móveis, verificação das conexões elétricas e teste do funcionamento adequado (DIAS, 2017).

Para Querino (2015), dentre os dispositivos de uma subestação, destacam-se as chaves seccionadoras, dispositivos que atuam com, ou sem carga, e possuem a função de cessar a passagem elétrica onde for necessário, ou fechar o circuito onde for preciso realizar manutenção.

Destacando a relevância, como mencionado por Veras (2017), as chaves seccionadoras encontradas nas redes costumam ser de um único polo. No entanto, há também as chaves seccionadoras tripolares, que são frequentemente empregadas em subestações do sistema. Essas chaves podem ser ativadas manualmente, usando varas de manobras, ou mecanicamente, através de dispositivos de controle.

2.5.2.2. Chave Telecomandada

As chaves telecomandadas são dispositivos implantados em encontros de alimentadores, responsáveis por autorizar manobras entre circuitos de maneira remota ou local. As ações desses equipamentos são similares as chaves seccionadas, sendo capazes de serem locadas no decorrer dos troncos de alimentadores (VERAS, 2017).

Para Lisboa (2007), esse dispositivo instalado nos alimentadores fornece maior agilidade nas manobras caso ocorra o desligamento oriundo de algum defeito, em deslocamentos de cargas quando há sobrecargas, em manobras para liberação de setores em que haja a necessidade de manutenção e obras. O Telecontrole dos dispositivos é feito por colaboradores, no Centro de Operação, o que exige preparação para sua instalação, conforme Figura 3.



Figura 3: Chave telecomandada sendo preparada para instalação.

Fonte: Arquivo Pessoal

As chaves em questão diminuem o tempo de uma falha, porque o equipamento isola a região afetada, ocorrendo a redução de pessoas prejudicadas pela falta de energia. Esse dispositivo permite que sejam feitas as transferências das cargas para linhas adjacentes no período de restauração. Assim sendo, quando a implantação do dispositivo é realizada de maneira correta,

resulta-se em ganhos significativos (TEIXEIRA, 2019).

2.5.3. Religadores

Segundo Guth (2013) religadores são dispositivos de proteção, capazes de identificar as sobrecorrentes, atuando a fim de cessar o circuito caso a sobrecorrente perdure por um tempo determinado. Ele automaticamente abre o circuito e religa a energia na linha. Caso haja uma subsequência de religamentos, o dispositivo bloqueia o religamento automático, isso garante a integridade do sistema e das pessoas.

Esses dispositivos são classificados em monofásicos ou trifásicos, levando em conta a quantidade de números de fases que precisam proteger. O sistema dos religadores é controlado por ações eletromagnéticas, realizado por uma bobina, a qual é responsável por abrir os contatos do dispositivo ao reconhecer as sobrecorrentes. O controle eletrônico consiste em uma sistematização mais inteligente, atuando conforme as necessidades do sistema (VERAS, 2017).

Os religadores (Figura 4) podem ser utilizados nas zonas rurais e urbanas. A principal função dos religadores quando implantados nas zonas rurais é a de proteger a rede urbana, dos possíveis defeitos que comumente ocorrem em zonas rurais, como toques de galhos de árvores na rede, a fim de evitar a queima de elos fusíveis. Em áreas urbanas as manobras são realizadas rapidamente (CARNEIRO, 2020).



Figura 4: Religador automático na rede

Fonte: Diário da manhã (2021)

Para Santos (2012), os principais benefícios ao utilizar os religadores são a facilidade em operar o dispositivo, a proteção devido a rapidez e exatidão no sistema e a maleabilidade nos ajustes. De modo geral, os religadores são trifásicos, sendo instalados em grandes e pequenas áreas em redes de distribuição e nas subestações de energia, com corrente de carga e potência de curto-circuito baixas.

2.5.4. Espaçadores

Os espaçadores são componentes utilizados em sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Eles têm como função manter os cabos elétricos afastados uns dos outros, evitando o contato entre eles e garantindo a segurança e o bom funcionamento do sistema elétrico (DIAS, 2017). Os espaçadores podem ser feitos de diferentes materiais, como plástico, alumínio, aço e fibra de vidro. Eles são projetados para suportar as condições climáticas e ambientais do local onde são instalados, como ventos fortes, chuvas, umidade, altas temperaturas e corrosão (SILVA, 2017).

Os espaçadores são importantes para garantir a segurança do sistema elétrico, uma vez que evitam o contato entre os cabos elétricos e reduzem o risco de curtos-circuitos e outras falhas elétricas. Além disso, eles também ajudam a reduzir as perdas de energia elétrica no sistema, uma vez que mantêm os cabos elétricos afastados uns dos outros, reduzindo a interferência eletromagnética entre eles (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2021).

Normalmente, são instalados ao longo dos cabos elétricos, em pontos estratégicos do sistema, como em torres de transmissão, postes de distribuição e linhas de transmissão. Eles são fixados nos cabos elétricos por meio de braçadeiras, presilhas ou grampos, dependendo do tipo e do modelo do espaçador (DIAS, 2017).

Os espaçadores devem ser escolhidos de acordo com as características do sistema elétrico, como o tipo de cabo utilizado, a tensão de operação e a distância entre os cabos elétricos. É importante que os espaçadores sejam instalados de forma correta e segura, seguindo as normas técnicas e de segurança do setor elétrico (SANTOS, 2021).

3 MANUTENÇÃO NAS REDES DE ENERGIA ELÉTRICA

A manutenção em energia elétrica é essencial para garantir que sistemas e equipamentos elétricos operem de forma segura, confiável e eficiente. A falta de manutenção pode levar a falhas, danos e até mesmo acidentes graves, como incêndios e explosões. Além disso, a manutenção adequada ajuda a prolongar a vida útil dos equipamentos e a reduzir custos com reparos e substituições (SANTOS; OLIVEIRA, 2020).

3.1 Tipos de manutenção

A manutenção nas redes de energia elétrica é fundamental para garantir a eficiência do sistema elétrico. Existem basicamente dois tipos de manutenção: a preventiva e a corretiva. A manutenção preventiva é aquela realizada de forma planejada e sistemática, com o objetivo de prevenir falhas e reduzir o risco de interrupções no fornecimento de energia elétrica. Ela é dividida em três categorias: manutenção preditiva, manutenção preventiva baseada no tempo e manutenção preventiva baseada em condições (TEIXEIRA, 2019).

A manutenção preditiva é uma técnica que utiliza equipamentos e tecnologias para monitorar as condições atuais dos equipamentos, sendo possível detectar falhas antes que elas ocorram; a manutenção preventiva baseada no tempo é realizada de forma periódica, com base em um calendário pré-determinado; a manutenção preventiva baseada em condições é realizada com base em uma avaliação do estado dos equipamentos, considerando fatores como temperatura, vibração e desgaste (FINOCCHIO, 2013).

A manutenção corretiva, por sua vez, é aquela realizada após a ocorrência de uma falha no sistema elétrico. Ela é feita para restaurar o fornecimento de energia elétrica o mais rápido possível, minimizando o tempo de interrupção (SANTOS, 2012). Os principais tipos de manutenção realizados nas redes de energia elétrica são (FINOCCHIO, 2013):

- Manutenção preventiva em transformadores: inclui a análise do óleo isolante e a limpeza do equipamento.
- Manutenção preventiva em disjuntores: envolve a verificação dos contatos e do sistema de arco.
- Manutenção preventiva em cabos: inclui a verificação da isolação e o aperto das conexões.
- Manutenção corretiva em linhas de transmissão: envolve a identificação e correção de falhas, como quebra de isoladores ou queda de torres.
- Manutenção corretiva em subestações: inclui a identificação e correção de falhas em

equipamentos, como transformadores e disjuntores.

3.2 Centro de operação

Os centros de controle possuem a função de supervisionar e controlar as fases de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como monitorar o comportamento das cargas dos consumidores. Os monitoramentos desses subsistemas são realizados através de um único ou de vários centros, geralmente, denominados, Centro de Operação de Distribuição (COD), Centro de Operação do Sistema (COS), Centro de Operação da Transmissão (COT), Centro de Operação da Geração (COG) (TOLEDO, 2017).

Todos os trabalhadores que prestam serviço que envolvam instalações elétricas, assim como todos os colaboradores do Sistema Elétrico de Potência devem utilizar equipamentos, que possibilite uma comunicação constante com todas as pessoas da equipe, ou com o Centro de Operação no decorrer da realização do serviço (OLIVEIRA, 2015). O centro de operação possui o controle de todas as linhas e, quando necessário atua com coordenação isolando o menor trecho, para que seja realizada a manobra ou o serviço na linha. Há duas vertentes de execução quando há falhas, uma para quando a falha é identificada e outra quando a falha não é identificada, para cada caso há um protocolo a ser seguido (CARNEIRO, 2020).

Apesar de cada concessionária de energia ter sua própria nomenclatura, as etapas seguidas em caso de falhas são as seguintes: para falhas identificadas, o centro de operação entra em contato com o centro de operação do sistema e solicita o desligamento imediato do circuito, elabora a interdição do trecho em questão, ordena que os plantonistas executem as manobras e procedimentos para que a área seja interditada, autoriza que sejam executados os serviços para que o reparo seja realizado, estima o tempo em que a falha será solucionada (DIAS, 2017).

Já para falhas não identificadas o protocolo a seguir é: o centro de operação deve determinar as possíveis manobras a serem realizadas, informar ao Centro de Operação do Sistema a execução da manobra, ordenar aos plantonistas que abram as chaves, supervisionar e orientar as aberturas das chaves, interditar imediatamente o trecho da falha assim que identificado (TEIXEIRA, 2019).

A manutenção, independente do ramo de atuação, detém o objetivo de conservar os equipamentos a fim de garantir que a operação seja segura e confiável (FINOCCHIO, 2013). Nesse aspecto, para que esse objetivo seja atingido é fundamental que a manutenção disponha de uma gestão direcionada a aumentar a segurança durante as atividades, algumas técnicas disponíveis para alcançar essa finalidade são: planejar estratégias de manutenção no que se refere a segurança, saúde, qualidade, produtividade, definir as manutenções das máquinas e equipamentos levando em conta

os perigos e riscos que cada equipamento será exposto, entre outras (OLIVEIRA, 2015).

3.3 Regulamentação brasileira de instalações elétricas

A NBR 14039 é uma norma brasileira que estabelece as condições de segurança das instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal superior a 1 kV e inferior ou igual a 36,2 kV, em corrente alternada, e acima de 1,5 kV até 54,6 kV em corrente contínua, sendo elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (ABNT, 2003). O cumprimento desta norma é obrigatório para todas as instalações elétricas de média tensão no Brasil. Essa norma é importante para garantir a segurança das pessoas que trabalham com instalações elétricas de média tensão, além de prevenir acidentes elétricos que podem causar danos à saúde e ao patrimônio (SILVA, 2017).

A NBR 14039 estabelece os requisitos técnicos para projeto, execução, manutenção e inspeção de instalações elétricas de média tensão, bem como as medidas de segurança que devem ser adotadas para proteger as pessoas e os equipamentos envolvidos. Entre os principais temas abordados pela norma estão (MORENO *et al.*, 2011):

- Definições e classificação das instalações elétricas de média tensão;
- Requisitos de projeto das instalações elétricas de média tensão;
- Requisitos de execução das instalações elétricas de média tensão;
- Requisitos de manutenção das instalações elétricas de média tensão;
- Requisitos de inspeção das instalações elétricas de média tensão;
- Medidas de proteção contra choques elétricos e incêndios;
- Sistemas de aterramento e proteção contra sobretensões;
- Proteção contra descargas atmosféricas;
- EPIs e equipamentos de proteção coletiva (EPCs).

É importante destacar que a NBR 14039 não se aplica a instalações elétricas de alta tensão, que são regidas por outras normas, como a NBR 5410 e a NBR 7094, sendo necessário recorrer a normativas específicas para esse fim. As instalações de alta tensão são governadas por regulamentações distintas, notadamente a NBR 5410, que trata das instalações elétricas em baixa tensão, e a NBR 7094, que abrange os sistemas elétricos de potência. Cada norma desempenha um papel fundamental na garantia da segurança, eficiência e conformidade com padrões técnicos específicos, proporcionando orientações detalhadas para a concepção, execução e manutenção de sistemas elétricos em diferentes faixas de tensão (ABNT, 2003).

O último tópico citado mostra que a NBR 14039 tem relação com outras normas técnicas.

Ela estabelece que as instalações elétricas de média tensão devem ser projetadas e executadas em conformidade com as demais normas técnicas aplicáveis, como a NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão) e a NBR 5419 (Proteção contra descargas atmosféricas) (ABNT, 2003). A NBR 14039 expõe que é obrigatório que os colaboradores utilizem os EPIs e EPCs necessários para cada finalidade, é indispensável que em todo trabalho de manutenção os trabalhadores utilizem os instrumentos corretos (MORENO *et al.*, 2011).

Para Sousa (2018) são considerados EPCs todos os equipamentos que tenha abrangência coletiva, com destinação a proteger e preservar a segurança dos colaboradores, bem como terceiros que estejam nas proximidades em que os equipamentos estejam sendo instalados. Esses equipamentos quando utilizados de maneira correta detém o objetivo de evitar acidentes, aumentar a produtividade da concessionária de energia e reduzir riscos. Os equipamentos de proteção coletivos frequentemente utilizados em trabalhos com energia elétrica são os cones, fitas e placas de sinalização, isolantes elétricos, conjunto de aterramento temporário, entre outros (GONÇALVES, 2013).

Além disso, a Norma Regulamentadora nº 10 (NR10) – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, busca garantir tanto a segurança daqueles que trabalham diretamente com eletricidade, como de todos aqueles que usam dela de alguma forma para seu trabalho (PASSOS, JUNIOR, 2006).

A NR 10 é uma Norma de extrema importância para todos os trabalhadores que de algum modo atuam em contato com a rede elétrica, principalmente em se tratando de Linha Viva. Neste tipo de linha os riscos de acidente são inúmeros, incluindo riscos de choque elétrico, arcos elétricos, queimaduras e quedas e campos eletromagnéticos. Esta é a principal norma para a proteção destes profissionais. Com a aplicação e o cumprimento da norma pode-se notar:

- redução no risco de acidentes;
- diminuição do risco de morte para quem trabalha com a rede elétrica;
- redução no número de choques;
- melhoria na capacitação dos profissionais que atuam nesse tipo de serviço;
- melhoria nas condições de trabalho e qualidade de vida dos profissionais que atuam na rede elétrica.

A observância de todas as diretrizes desta Norma Regulamentadora é muito importante para profissionais e empresas que atuam com a rede elétrica. Podemos destacar diversos pontos importantes contidos nesta norma, são eles:

- medidas de controle para evitar acidentes com a rede elétrica, incluindo a desenergização, aterramento e proteção;
- EPIs que devem ser utilizados pelos trabalhadores para a realização das atividades;

- isolamento da corrente;
- treinamentos necessários para os colaboradores que atuam nessa situação;
- proteção contra incêndio e explosão;
- procedimentos que devem ser realizados em caso de emergência.

Portanto, toda empresa que trabalha diretamente ou indiretamente com eletricidade deve ter o cuidado de conhecer as normas de segurança, e sobretudo manter seus colaboradores com os conhecimentos e cursos atualizados.

3.4 Caracterização da Linha Viva.

De acordo com Borges (2012), a expressão "linha viva" é comumente utilizada no contexto de eletricidade, especialmente na área de distribuição e transmissão de energia elétrica. Ela se refere a condutores elétricos que estão energizados, ou seja, conduzindo eletricidade. Esses condutores podem ser parte de linhas de transmissão de alta tensão, linhas de distribuição de média tensão ou mesmo cabos de baixa tensão. A caracterização da linha viva envolve diversos aspectos, incluindo a segurança dos profissionais que trabalham com ela, entre elas podemos citar alguns itens essenciais;

Energização: A linha viva está em operação e conduz eletricidade. Isso significa que os condutores estão sob tensão elétrica. A energização pode ocorrer em diferentes níveis de voltagem, dependendo do tipo de linha.

Isolamento e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs): Trabalhadores que precisam interagir com linhas vivas devem utilizar equipamentos de proteção individual apropriados. Isso pode incluir luvas isolantes, roupas apropriadas, capacetes, óculos de proteção, entre outros, para garantir a segurança contra choques elétricos.

Procedimentos Operacionais: Existem procedimentos específicos para trabalhar em linhas vivas, e esses devem ser estritamente seguidos. Isso inclui procedimentos para energizar e desenergizar linhas, além de outras práticas de segurança.

Equipamentos de Proteção Coletiva: Além dos EPIs, podem ser utilizados equipamentos de proteção coletiva, como barreiras isolantes, sinalizações de segurança e ferramentas isoladas, para evitar o contato direto com os condutores energizados.

Treinamento: Os profissionais que trabalham com linhas vivas devem passar por treinamento adequado para entender os riscos associados e aprender as práticas seguras de trabalho.

Normas e Regulamentações: A linha viva está sujeita a regulamentações e normas de segurança específicas, que variam de acordo com o país e a região. É fundamental seguir a normativa para garantir a segurança e conformidade legal. Lidar com linhas vivas é uma atividade

de alto risco, e a segurança é a principal prioridade. Portanto, todos os procedimentos e práticas devem ser seguidos rigorosamente para evitar acidentes graves (VALENTE, 2015).

4 ACOMPANHAMENTO DAS MANOBRAS NA REDE ELÉTRICA EM JATAÍ, ESTADO DE GOIÁS: SUPERVISÃO DA EQUIPE EM 2022

Esse trabalho, teve como objetivo um estudo de caso de Linhas Vivas na rede elétrica do município de Jataí, no Estado de Goiás, através do acompanhamento de uma equipe especializada da empresa Empreendimentos, Projetos e Construções LTDA (EPCL), e a oportunidade de realizar esse estudo de caso ocorreu através de um engenheiro amigo, funcionário da empresa na qual foi realizada essa parceria.

A empresa EPCL foi fundada em Brumado-BA, em 1999, com a finalidade de suprir a demanda de serviços de energia elétrica no estado, onde atualmente atua em 50% do território. A partir de 2018, a empresa expandiu seus serviços para outros estados, como por exemplo o Estado do Maranhão, Distrito Federal e em Goiás.

Em Goiás, a empresa atuou em aproximadamente setenta por cento do estado até novembro de 2022. Em Jataí, a empresa estava situada no bairro Jardim Paraíso, Avenida Sul, número 219, quadra 0004, lote 008A. Dentre os serviços prestados pela empresa estavam estudos de viabilidade, serviços topográficos, projetos, construção e manutenção de redes elétricas, entregas de correspondências, ligar/cessar energia, entre outros. O acompanhamento dos serviços prestados pela empresa decorreu quando ainda estava em vigência o contrato.

4.1 Supervisão prática das manobras

As manobras em energia elétrica referem-se às operações realizadas nas redes de energia elétrica, tais como ligar ou desligar linhas de distribuição, transmissão, transformadores, chaves seccionadoras, disjuntores, entre outros equipamentos. Essas manobras são realizadas para garantir a confiabilidade e a continuidade do fornecimento de energia elétrica aos consumidores. As manobras podem ser feitas manualmente, por meio de comandos enviados pelos operadores, ou automaticamente, por meio de sistemas de proteção e controle (ARAÚJO, 2016).

4.1.1. Primeira manobra

A primeira manobra supervisionada ocorreu nos dias 23, 24 e 25 de junho do ano de 2022 para locação de poste e chave telecomandada no mesmo, em que os principais objetivos eram: - implantar um poste circular 12/600 para receber chave telecomandada ACR (Chave Limite Rotativa) com controlador, da marca Shineider Electric (ANEXOS) - deixar a linha energizada enquanto a instalação do equipamento fosse realizada e quando necessário isolar o menor trecho da

linha; - controlar a linha a distância com a chave telecomandada, otimizando os serviços e deslocamento da equipe; - diminuir o número de manutenções corretivas com o controle que o equipamento oferece; - receber precisamente os dados da linha com informações em tempo real automatizando o controle do sistema; - modernizar a linha de distribuição e melhorar a qualidade da energia entregue ao consumidor. Além disso, foi necessário seguir os protocolos de segurança devido a manobra de alto risco, conforme as Instruções de Trabalho (ITs) e demais normativas de instalações e manutenção em rede primária de distribuição de energia. Essas instruções são desenvolvidas pelas empresas, e não podem ser divulgadas, mas destaca o passo a passo a ser realizado nessa área.

Todos os serviços da empresa exigem coordenação e planejamento, sendo dever do engenheiro de campo a responsabilidade de avisar o COD, o qual tem o controle das linhas e consegue quando necessário isolar o menor trecho da linha. Primeiramente, no dia e horário do serviço, assim que a equipe chega ao local onde o trabalho será realizado, são executados todos os parâmetros de segurança, com as devidas marcações das áreas que devem ser bem sinalizadas indicando o isolamento, bem como a existência de trabalhadores na área e aviso do risco de explosões.

Em seguida, foi feito o corredor para pedestres, pois havendo a necessidade de passagem pelo local, os mesmos estarão a uma distância aceitável. Logo após, o supervisor de campo junto da equipe e o chefe da empresa, seguindo o projeto estabelecido conforme as Figuras 5(A), (B) e (C), iniciaram as marcações para o novo poste que receberia o equipamento, deixando o outro poste já instalado na área para receber a alimentação, ou seja, poste de derivação.

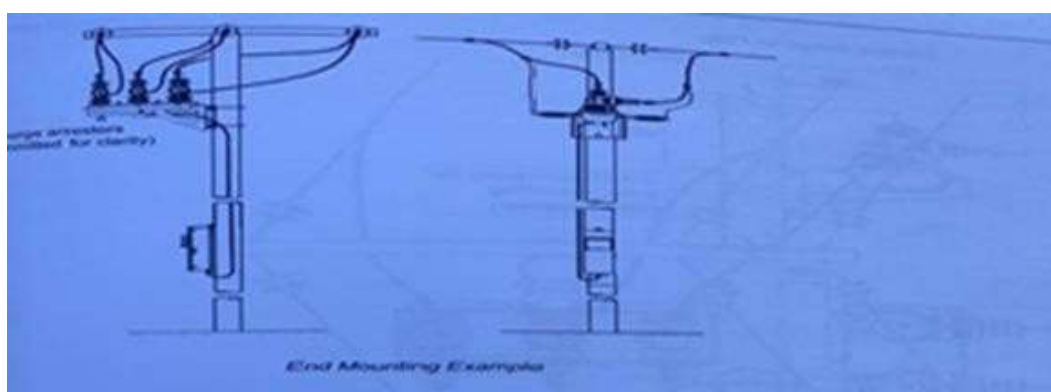


Figura 5 (A): Projeto para instalação de Chave Telecomandada com Religador Automático.

Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 5 (B): Projeto para instalação de Chave Telecomandada com Religador Automático.
Fonte: Arquivo Pessoal

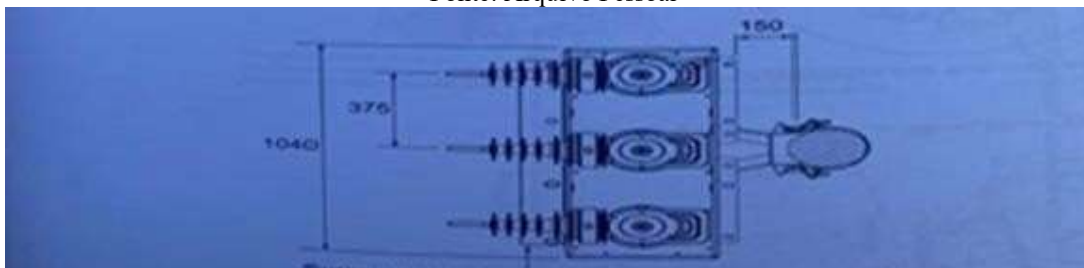


Figura 5 (C): Projeto para instalação de Chave Telecomandada com Religador Automático.
Fonte: Arquivo Pessoal

Assim como determinado no projeto (Figura 5) que traz todos os detalhes aprovados para esse serviço, pode-se perceber que a manobra envolveu muitos materiais e profissionais qualificados para estar na Linha Viva, exigindo que protocolos e medidas de segurança fossem cumpridos em uma rede de 13.8 kV, que exigiu equipamentos de proteção coletiva e individual e ferramentas, aplicáveis conforme determinado nas NR's (PASSOS JÚNIOR, 2016).

Para a instalação do equipamento pela equipe foi necessária documentação comprobatória de qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados. Todos os itens foram fiscalizados pelo supervisor de campo e estavam em conformidade, com uso dos equipamentos de proteção individual e coletiva, certificações dos equipamentos e materiais elétricos que foram utilizados na área classificada conforme estabelecido na NR 10. No primeiro momento, foram realizadas as marcações no solo, como observado na Figura 6, sendo iniciada a perfuração do buraco onde o poste seria instalado.



Figura 6: Protocolo de segurança para isolamento da área de trabalho.
Fonte: Arquivo Pessoal.

A rede já existente no local era caracterizada como Rede Aérea Convencional (RDA). As RDA's são geralmente empregadas em redes primárias, aquelas redes horizontais que alimentam os transformadores de distribuição, também podem ser instaladas nas redes secundárias, que são as redes verticais compostas basicamente por 4 condutores, sendo 3 correspondentes as fases e 1 condutor ao neutro. Essas redes são energizadas pelos secundários dos transformadores, que derivam da rede primária e que são responsáveis por alimentar unidades consumidoras em baixa tensão e em grande parte utilizadas em iluminação pública (RIBEIRO, 2015).

Para a instalação da chave telecomandada com religador automático foi necessário alterar a fiação da rede, sendo que era uma rede caracterizada como convencional que utiliza condutores de alumínio não isolados ou protegidos, partindo para uma fiação de cabos multiplexados e a estrutura que até então tinha a configuração N1 se tornaria uma N4, conforme a Figura 7 e 8, sendo que N refere-se a rede trifásica e U refere-se a rede monofásica.

A estrutura N1 é uma estrutura apenas de passagem, passa sem que haja angulação. É usada em tangentes, podendo também ser empregada em ângulos, neste caso a instalação dos condutores aos isoladores deverá ser feita lateralmente. Já a estrutura N4, é uma estrutura com necessidade de maior angulação e também chamada de estrutura de ancoragem. É geralmente usada em ângulos, ou em tangentes quando há mudança de seção;

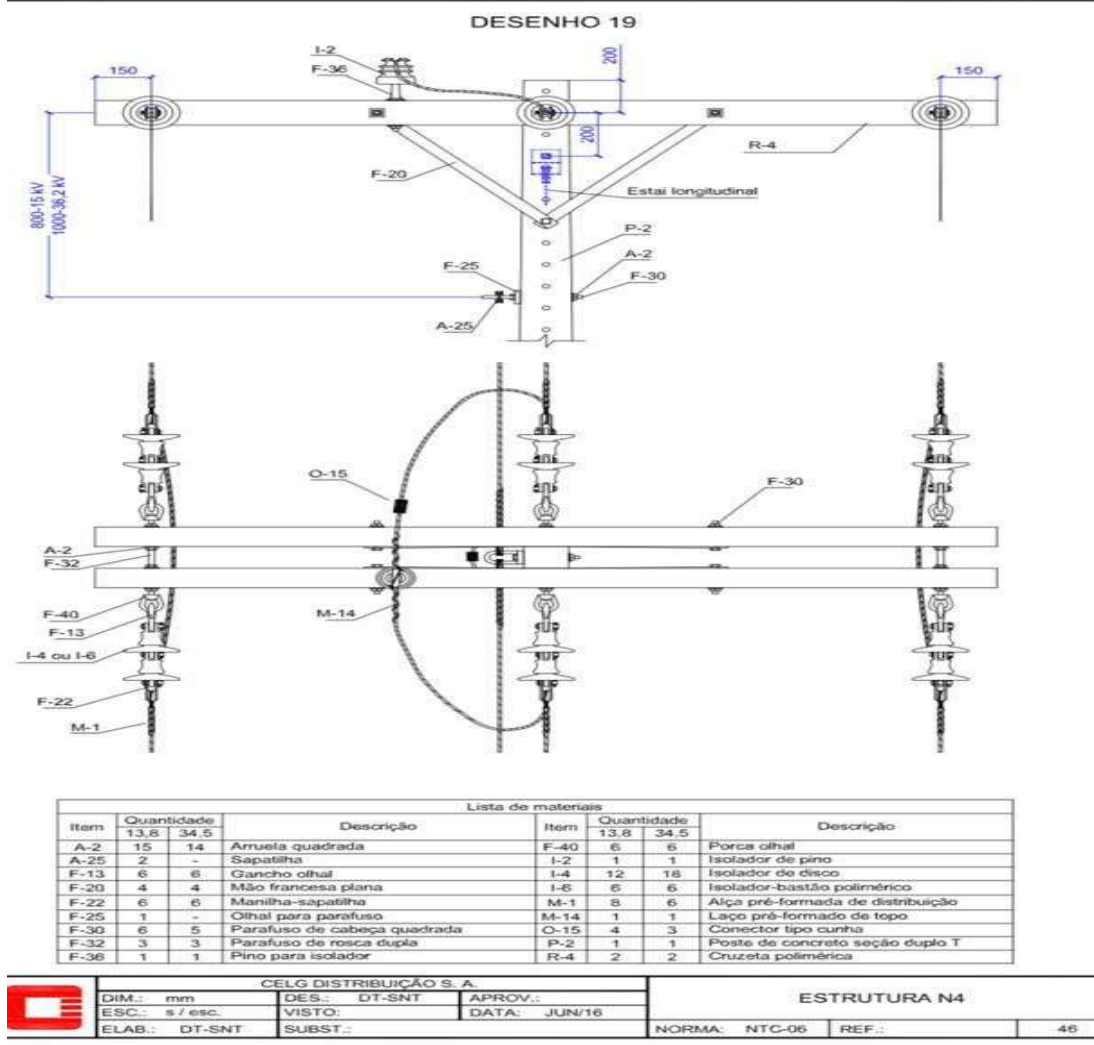


Figura 7: Configuração de rede N4, contendo número, tamanho e modelo de cada parte da configuração.

Fonte: NBR 5410.

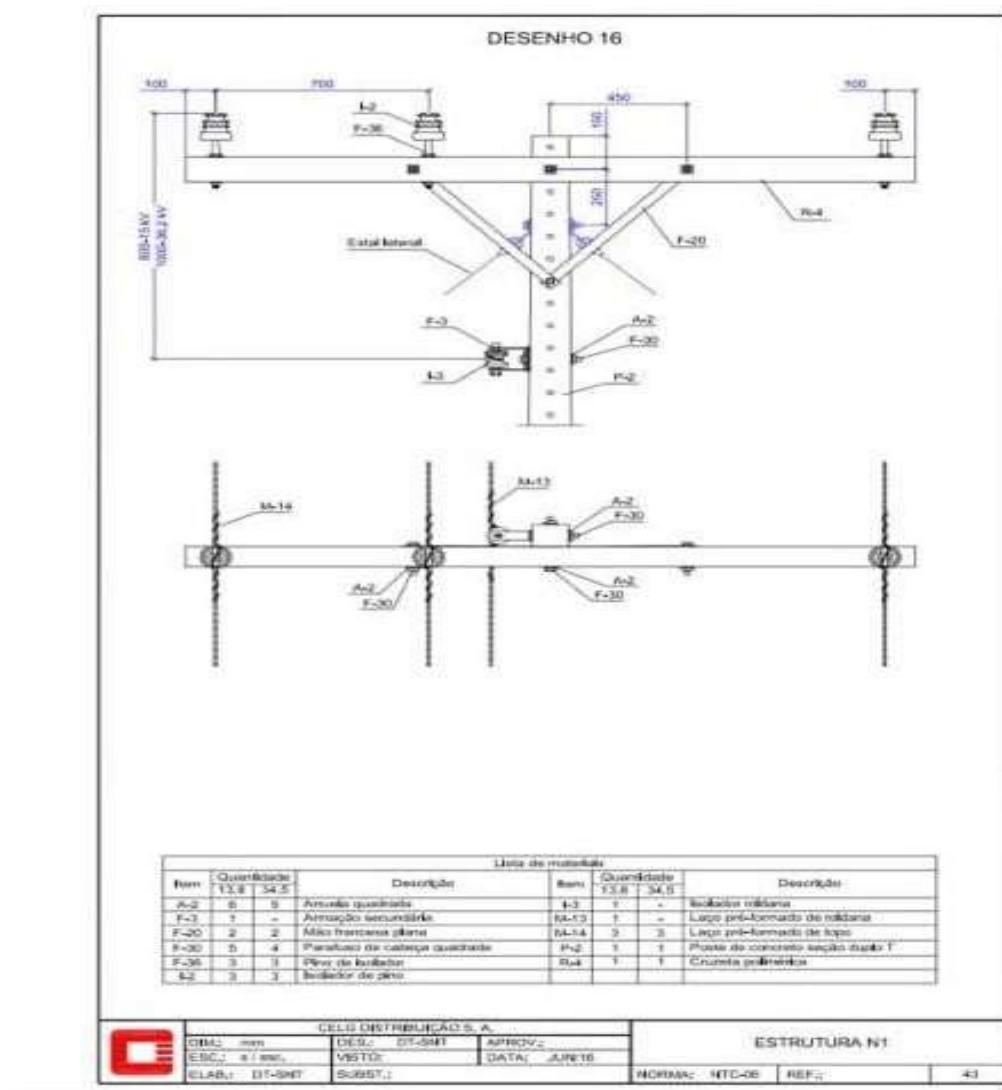


Figura 8: Configuração de rede N1 com descrição de número, tamanho e modelo de cada parte da configuração especificados por tipo de cruzeta, isoladores, para raios, mão francesa e demais itens.

Fonte: NBR 5410.

Os cabos Multiplex são utilizados em redes aéreas de distribuição em tensões até 0,6/1 kV, em instalações aéreas fixadas em postes ou fachadas, entradas de serviços, áreas arborizadas, áreas de poluição e salinidade ou locais com pouco espaço físico (Figura 9). Esses cabos apresentam grandes vantagens nas instalações quando comparados com o tradicional sistema de instalação de cabos cobertos, devido à proximidade de seus condutores. Os cabos Multiplex apresentam menor reatância indutiva, proporcionando um melhor fator de potência, conferindo à rede menor queda de tensão.



Figura 9: Estrutura de poste N4 com dupla cruzeta e fiação de cabos multiplexados.
Fonte: Arquivo Pessoal.

O emprego desses cabos Condutores de Fase deve ser constituído por um de alumínio (Classe 1) para seção de 10 mm^2 ou vários cabos de alumínio (Classe 2) para as seções superiores, sendo a resistência à tração mínima de 105 MPa.

O Condutor Neutro deve ser constituído por cabo de alumínio Nu - liga 6201 (CAL), a isolação deve ser constituída por composto extrudado à base de polietileno termoplástico (PE) ou polietileno reticulado (XLPE). A temperatura do condutor em regime permanente não deve ultrapassar 70°C para cabos isolados com PE ou 90°C para cabos isolados com XLPE. A temperatura no condutor em regime de sobrecarga não deve ultrapassar 90°C para cabos isolados com PE ou 130°C para cabos isolados com XLPE. A temperatura em regime de curto-circuito não deve ultrapassar 130°C para cabos isolados com PE ou 250°C para cabos isolados com XLPE. Pelo menos um dos condutores fase será marcado a intervalos regulares de até 50 cm com os seguintes dizeres: nome do fabricante; número de condutores e seção nominal em mm^2 ; material do condutor (Al); material da isolação (PE ou XLPE); tensão de isolamento, em kV; ano de fabricação; número de norma e norma de fabricação conforme NBR 8182.

Após alteração da fiação da rede e implantação do poste outras etapas foram executadas para a instalação dos religadores automáticos. A Figura 9 acima mostra o poste instalado já finalizado e etiquetado. A principal função dos religadores automáticos utilizados em sistemas elétricos é reduzir o tempo de desconexão no abastecimento de energia elétrica, em momentos que ocorram problemas transitórios como curto-circuito. Os curtos geralmente ocorrem nas linhas quando os galhos das árvores encostam na fiação. Essa situação pode ser resolvida após a extinção do curto e religamento da rede, sendo que o poste deve possuir uma placa de identificação que deve indicar a numeração e a localização, possibilitando ao COD realizar o controle correto da chave telecomandada e reduzir eventuais deslocamentos da equipe até o local.

O funcionamento ocorre da seguinte maneira, caso se deparem com algum defeito, como

sobrecarga ou curto circuito, o religador automático realiza ciclos de aberturas e fechamentos até a normalidade da corrente. Outro caso refere-se ao defeito permanente, desse modo, os religadores automáticos ficam ativados para proteção do circuito elétrico até a normalização do sistema e religação manual, onde o COD por seu sistema de controle detectará a falha e após suas três tentativas de correção ao sistema avisará ao COD o número da falha, depois das três tentativas de correção, o sistema avisa o COD com o número da falha, para que haja o deslocamento da equipe até o local, sendo necessário correção manual.

A chave-faca com lâmina é utilizada para desarme diante do curto circuito e por ser reposicionada manualmente mediante a um bastão, protegendo equipamentos e a equipe que realiza a manobra durante as tentativas de correção. É notado que a maioria dos problemas de alimentação são passageiras e podem ser provocados por ventanias, raios ou materiais externos, em que os religadores automáticos atuam, na maioria das vezes, de forma temporária até a resolução da situação que gerou a inconformidade.

Na Figura 10 é possível ver o aterramento do poste circular 11/600, instalado para receber o religador automático série U com controlador ADVC (painel de controle do operador montado na porta) alimentado pelo poste de derivação com rede de 13.8kV. Como o religador deve ser alimentado com 220V de tensão, junto a ele instalou-se um Transformador de Potência (TP) de 13,8kV/ 220V. Por normatização, têm-se que a rede de 13.8kV exige um aterramento com 6 hastes circulares cobreada 5/8" com conectores 5/8" que serão interligados trazendo a segurança do terra à instalação. A Figura 11 apresenta as especificações técnicas desse equipamento.



Figura 10: Aterramento do poste que receberia a rede de 13.8kV com 6 hastes e demais protocolos de segurança.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Schneider Electric		SCHNEIDER ELECTRIC BRASIL LTDA RODOVIA BR-116, Nº 16.694 - CURITIBA - PR CNPJ: 82.743.287/0014-29 INDÚSTRIA BRASILEIRA	
TIPO DE PRODUTO TIPO DE PRODUCTO	U27S-ACR-SOLID-15-12-110 630A		Religador Automático Reconectador Automático
DATA DE FABRICAÇÃO FECHA DE FABRICACIÓN	10/2020	NÚMERO DE SÉRIE NÚMERO DE SERIE	DS197795
REFERÊNCIA REFERENCIA		FREQUÊNCIA FRECUENCIA	50/60 Hz
Tensão Nominal Tension Nominal	Ur 15 kV	Tensão Suportável de Impulso Atmosférico Tension Soportable de Impulso Atmosférico	Up 110 kVp
Corrente de Interrupção Simétrica Nominal Corriente de Interrupción Simétrica Nominal	Ics 12,5 kA	Capacidade de Fechamento Capacidad de Encerramiento	I _{ma} 31,5 kAp
Corrente de Curta Duração Corriente de Corta Duración	Ik 12,5 kA	Tempo Nominal de Curto-Circuito Tiempo Nominal de Cortocircuito	tk 3 S
4500243302		CICLO DE OPERAÇÃO CELG 0-0.3s-CO-1s-CO-2s-CO	DA0003664

Figura 11: Placa do equipamento com as devidas especificações segundo a fabricante Shineider Eletric
Fonte: Arquivo Pessoal.

Na Figura 12 é apresentada a lâmina que foi colocada dentro da porta fusível, passando assim, a ser uma chave-faca que possibilita seccionar o circuito e proteger o equipamento contra surtos de corrente. No momento da troca, a dupla que sobe para realizar o serviço usa o cabo *bypass* e detector de ausência de tensão deixando o espaço protegido contra eventuais fugas, surtos ou escapes de energia. Já na Figura 13 é vista a finalização do procedimento.



Figura 12: Lâmina utilizada como chave-faca, e uso de luva para Rede Primária 13.8 kV.
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 13: Instalação de Chave Telecomandada com Religador Automático concluída.
Fonte: Arquivo Pessoal.

4.1.2. Segunda manobra

A segunda manobra foi acompanhada nos dias 13 e 14 de agosto para implantação de poste e chave telecomandada, onde os principais objetivos foram implantar um poste circular 12/600 para receber chave telecomandada; deixar a linha energizada enquanto a instalação do equipamento é feita e quando necessário isolar o menor trecho da linha; efetuar a proteção, controle, monitoramento e medição da linha de Média Tensão (MT) a distância com a chave telecomandada, otimizando os serviços, aumentando a confiabilidade e segurança das equipes operacionais com sustentabilidade; diminuir o número de manutenções corretivas com o controle e monitoramento que o equipamento oferece; receber precisamente os dados da linha com informações em tempo real sistema; modernizar a linha de distribuição e melhorar a qualidade da energia entregue ao consumidor; seguir os protocolos de segurança devido a manobra de alto risco conforme as IT's e demais normativas de instalações e manutenção em rede de MT de distribuição de energia.

Todo o serviço da empresa exige coordenação e esse planejamento fica a cargo do engenheiro de campo. Ele fica responsável também por avisar o COD, que tem o controle das linhas e consegue quando necessário isolar o menor trecho da linha. Primeiramente, no dia e horário do serviço, assim que a equipe chega ao local onde será realizado o procedimento, são executados todos os parâmetros de segurança com as devidas marcações das áreas, que devem ser bem sinalizadas indicando o isolamento, bem como a existência de trabalhadores na área e aviso do risco de explosões.

Em seguida, é feito o corredor para pedestres, pois havendo a necessidade de passagem pelo local estarão a uma distância aceitável. Logo após, o supervisor de campo junto da equipe e chefe da empresa, seguindo o projeto, iniciam as marcações para o novo poste que receberá o

equipamento, deixando o outro poste já instalado na área para receber a alimentação, poste de derivação. Nele foi instalado um contato NA, sendo que esse contato se fecha quando correm surtos de corrente, assim, impede que essa variação danifique os equipamentos da linha e em futuras manobras é possível isolar o trecho que antecede os equipamentos. Nesse serviço foi necessário contar com o apoio do caminhão 102 pesado de dois cestos como mostrado na Figura 14.



Figura 14: Caminhão 102 pesado de dois cestos.
Fonte: Arquivo Pessoal.

A Figura 14 demonstra os lençóis e mantas isolantes elétrica que podem ser identificadas na imagem pela cor laranja. Elas são colocadas nas linhas como protocolo de segurança, a manta isolante elétrica pode ser aplicada diretamente na fiação, sendo que o objetivo principal de se utilizar uma manta isolante elétrica é garantir a proteção dos profissionais, evitando acidentes pelo contato com a rede elétrica. Além disso, é possível verificar o detector de ausência de tensão, equipamento projetado e utilizado para dar uma indicação quando a ausência de tensão na rede é detectada nos condutores aéreos, emitindo um alerta sonoro e visual, assim, a dupla que está montando o equipamento na parte aérea, trabalha em alerta.

Para a instalação do equipamento pela equipe foi necessária a documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados. Todos os itens citados foram verificados pelo supervisor de campo, e ainda: equipamentos de proteção individual e coletiva, certificações dos equipamentos e materiais elétricos que foram utilizados na área classificada conforme estabelecido na NR 10.

A rede de MT no local já satisfazia o projeto, sendo composta por cabos multiplexados, portanto, não foi necessário desta vez fazer alterações, com configuração N4, conforme Figura 13, em que N refere-se a rede trifásica e U rede monofásica. Na figura 15 é mostrada a Placa da Chave

Telecomandada que foi instalada, como podemos ver abaixo.

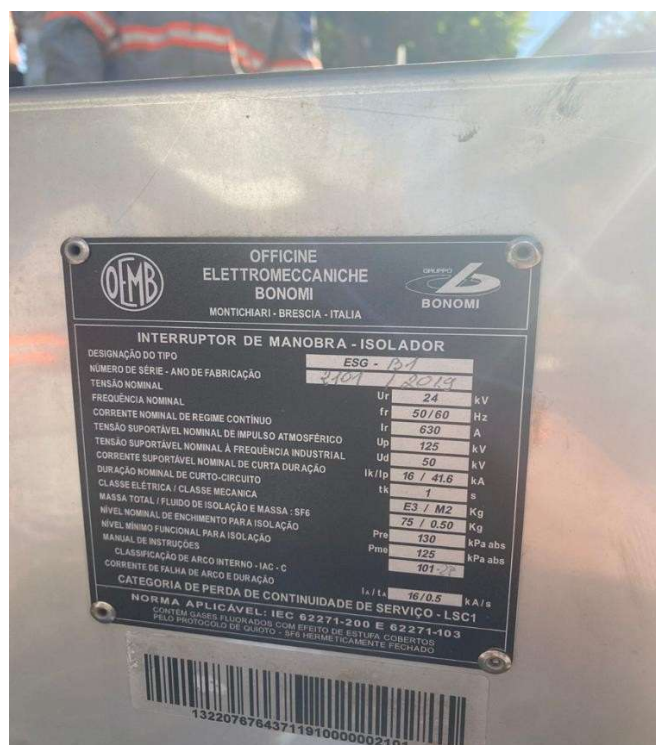


Figura 15: Placa da Chave Telecomandada instalada.

Fonte: Arquivo Pessoal.

As chaves automáticas são equipamentos que tem revolucionado as linhas de energia. Um dos fatores fundamentais para que o *design* dos controles remotos atinja o sucesso desejado é a disponibilidade de comunicação, para que sua funcionalidade de automatismo esteja totalmente disponível para as manobras necessárias, com foco na redução do tempo de indisponibilidade de energia para os consumidores. A comunicação predominante no automatismo do computador de controle remoto na distribuição é o GPRS (General Packet Radio Services), tendo pontos com fibra óptica. Na Figura 16 é possível ver a cruzeta utilizada para compor a configuração de rede N4, com comprimento de 90 mm, 112 mm, 2400 mm, resistência nominal 400 dan, material poliéster reforçado com fibra de vidro.



Figura 16: Cruzeta utilizada para compor a Configuração de rede N4 do poste instalado.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Na Figura 17 têm-se o equipamento devidamente instalado, onde na ausência da tensão de linha serão realizadas também operações mecânicas manuais, garantindo que estas sejam realizadas sem esforço excessivo. Outra preocupação é que a unidade opere conforme o necessário da bateria da Unidade de Processamento (UP), testando a funcionalidade do controle motorizado em um local remoto. As manobras elétricas mínimas a serem realizadas foram testadas, sendo as seguintes: encerramento no local, abertura no local, encerramento remoto e abertura em remoto.

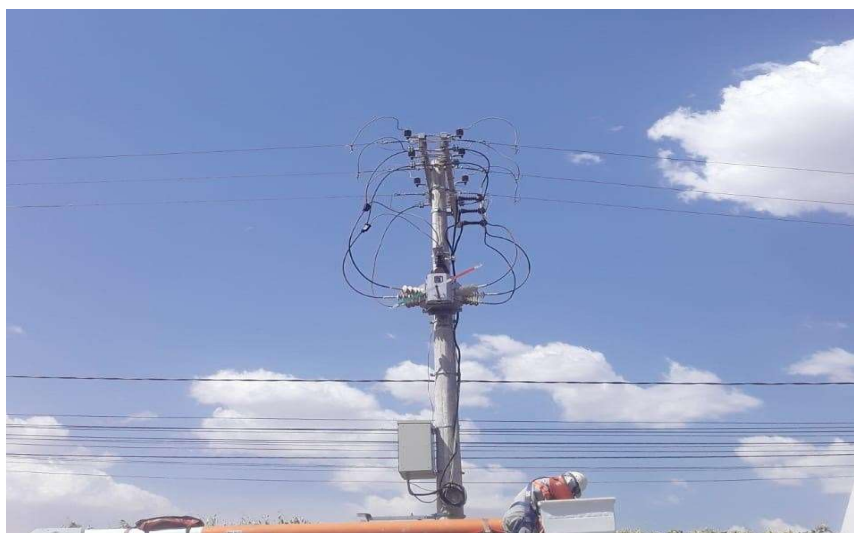


Figura 17: Instalação de Chave Telecomandada concluída.
Fonte: Arquivo Pessoal.

O equipamento responsável pelo telecontrole possui três componentes principais, os quais permitem executar as ações conforme especificado em sua configuração original. São eles, o terminal Remoto e seus componentes (Fonte Distribuidora), e a chave telecomandada, sendo esta composta por:

a) Unidade de Seccionamento - dispositivo eletromecânico responsável pelo seccionamento do circuito de média tensão por meio de controle elétrico;

b) UP - possui entre seus componentes a fonte de alimentação, responsável por alimentar os circuitos eletrônicos internos; a unidade eletrônica, responsável pela comunicação com o centro de operação; comando local e interface com a própria chave remota.

c) Detector de guia direcional de falha sem tensão (RGDAT) - um dispositivo que consiste em um sensor de corrente e tensão primária, além da parte eletrônica que informa as medições elétricas e a corrente de curto. O RGDAT é responsável por toda a lógica que controla o comando da chave.

A lógica de funcionamento da Chave Telecomandada é que as chaves controladas remotamente têm um conjunto de dispositivos (sensores+RGDAT) que identificam a falha capturando dados de grandezas elétricas. A sinalização é feita em um sistema de monitoramento STWEB (Man-machine Interface) específico, que mostra através da IHM (Interface homem-máquina), a sinalização dos pontos de passagem de falha (short) e permite, que o operador do centro de operação do sistema opere o controle remoto, para abrir ou fechar os dispositivos que possuem a funcionalidade de controle remoto ativo. Esta é a forma de restabelecer o segmento de clientes saudáveis, normalizando a energia deles de forma mais rápida.

No modelo atual de operação com telecomando, a digitalização e a implantação de controle remoto da rede de média tensão da distribuidora, foi um passo importante para melhorar a qualidade do fornecimento de energia da concessionária. Isso pode ser verificado pela maneira como o COS realiza manobras na rede de distribuição. O processo de varredura baseou-se na premissa de que chaves remotas foram instaladas em pontos estratégicos da rede de média tensão, tendo como principal requisito a quantidade desses equipamentos na linha.

Com isso, em um cenário de desligamento automático de um circuito de média tensão, a primeira ação a ser tomada é identificar no sistema de supervisão, em que ponto da rede ocorreu o curto. Isso é possível porque a chave do controle remoto, na qual a corrente de curto-circuito passa, gerará um alarme no sistema de supervisão, permitindo que o operador execute o controle remoto abrindo a chave.

Feito isso, o operador do COS pode reenergizar a rede de média tensão até a chave que se encontra aberta, normalizando rapidamente o maior número de clientes possível. Como citado em Khamphanchai *et al.* (2014), a automação da distribuição (DA) fornece informações de operação em tempo real da estrutura da rede, controle de automação, comunicação de dados e gerenciamento de informações, para monitorar e controlar a rede de distribuição. A Figura 18 aponta um caso particular de ligação de um TP utilizado na instalação de uma chave telecomandada. Pode-se notar que foi utilizado o cabo em azul-claro para ligação à terra, para o aterramento da carcaça foi

utilizado o fio azul com tonalidade mais escura e para a fase usou-se a cor marrom.

Já a Figura 19 ilustra o sistema de aterramento, de um poste instalado para receber a chave telecomandada, alimentado por rede 13.8 kV, que passa pelo Transformador de potencial.



Figura 18: Ligação de TP utilizado na instalação de chave telecomandada.
Fonte: Arquivo Pessoal.



Figura 19: Poste instalado para receber chave telecomandada.
Fonte: Arquivo Pessoal.

4.1.3 Terceira manobra

A terceira manobra foi acompanhada no dia 18 de Março de 2022 para a poda de árvores em rede de distribuição aérea energizada, “Linha Viva” 13.8 kV. Os objetivos principais dessa operação foram: atuar e realizar manutenção em linha viva; seguir a Norma Regulamentadora NR 10 (BRASIL, 1978a) de segurança em instalações e serviços de eletricidade, para realização do serviço de poda das árvores; realizar o serviço conforme a NR 12 (BRASIL, 1978b), por meio de Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos; orientar procedimentos Organizacionais de Manutenção Preventiva em RDA na Linha Viva de Jataí; seguir as recomendações para Análise Preliminar de Risco (APR), conforme a IT para esse serviço.

Todo serviço da empresa exige coordenação e esse planejamento fica a cargo do engenheiro de campo. O profissional fica responsável também por avisar o COD, o qual tem o controle das linhas e consegue isolar o menor trecho da linha. Primeiramente, no dia e horário do serviço, assim que a equipe chega ao local, são executados todos os parâmetros de segurança com as devidas marcações das áreas, que devem ser bem sinalizadas indicando o isolamento, bem como a existência de trabalhadores na área. Nos casos de atividades de rebaixamento ou remoção de árvores, com a poda próxima da RDA, são observadas todas as orientações de segurança descritas nos procedimentos e técnicas praticadas em treinamento.

Para que a equipe possa trabalhar com Redes Energizadas são exigidos os seguintes treinamentos como pré-requisitos para o trabalho:

- Curso de NR-10 - Segurança em instalações e serviços de eletricidade
- Curso de NR-35 - Trabalho em altura
- Curso de construção e manutenção de RDA
- Curso de linha viva - Método ao contato (5/15/25, 34,5 kV)
- Curso de técnicas de corte e poda de árvores em RDA energizada – linha viva
- Curso de poda em linha viva

Para trabalhar em operação de cesta aérea, com Redes Desenergizadas (Cestas e/ou Escadas) ou Zona Controlada, os seguintes cursos são necessários:

- Curso de construção e manutenção de RDA
- Curso de NR-10 - Segurança em instalações e serviços
- Curso de NR-35 - Trabalho em altura
- Curso de técnicas de corte e poda de árvores em RDA
- Curso de formação de podador em zona controlada
- Curso de operação de cesta aérea
- Curso de operação de escada *Skyladder*/Metropolitana e/ou Trivelato);

▪ Redes Desenergizadas (Atividade Solo - Zona Controlada): Curso de técnicas de corte e poda de árvores em RDA ou Curso de formação de podador em zona controlada.

Para execução deste trabalho foi preciso considerar o curso de construção e manutenção de RDA para equipes com escadas. Para a realização desse serviço foi necessária a utilização de EPI e EPC, Método ao Contato - Cesta Aérea, Kit básico de segurança (Uniforme/Fardamento antichama, capacete, Calçado de segurança, Luva de Vaqueta, Óculos de Segurança, Protetor Auricular e Balaclava), kit básico de sinalização, Kit Escalada Segura (Cinto do tipo paraquedista, talabarte de posicionamento, trava quedas e mosquetões), luva e manga isolante de borracha conforme classe de tensão, luva de cobertura, protetores isolante de polietileno e borracha para condutores e estruturas de acordo com a classe de tensão.

No primeiro momento foram realizadas as sinalizações como visto na Figura 20. Além disso, conforme constatado em campo, o Método a Distância consiste em um método energizado com Cesta Aérea, Escada Skyladder/Metropolitana e/ou Trivelato. O Kit básico de segurança para a realização desse serviço são: uniforme/fardamento antichama, capacete, calçado de segurança C4, luva de vaqueta, óculos de segurança, protetor auricular e balaclava, kit básico de sinalização, kit escalada segura (cinto do tipo paraquedista, talabarte de posicionamento, trava quedas e mosquetões), kit de sinalização sendo (cone 70 cm, fita refletiva, corrente de sinalização, placa de sinalização para passagem de pedestre, sinalizador noturno para cone, bastão luminoso, capa refletiva para cone, fita imantada para rota de fuga, grades de proteção, faixas de sinalização), kit escalada segura, luva e manga isolante de borracha conforme classe de tensão, luva de cobertura, e calçado de segurança, conforme aplicação.



Figura 20: Sinalização para poda de árvores, manutenção da Linha Viva.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Para um sistema energizado, considerando as atividades no solo, o kit básico de segurança

utilizado pela equipe foi: uniforme/fardamento antichama, capacete, calçado de segurança C4, luva de vaqueta, óculos de segurança, protetor auricular e balaclava, kit básico de sinalização como mostrado na Figura 19. A luva isolante de borracha de acordo com a classe de tensão, luva de cobertura, viseira e/ou protetor facial e óculos de segurança que são utilizados conforme aplicação.

Faz parte como procedimento inicial, a sinalização da via e/ou local de trabalho, usar EPI, utilizar sacolas e carretilhas para içamento e descida de materiais, atenção para manter-se afastado da área de projeção de objetos. Cabe à equipe inspecionar e usar barreiras de proteção, isolar condutores, manter distâncias livres de segurança elétrica, usar EPI e EPC e evitar contato com óleo do equipamento. Deve-se ainda avaliar as condições do piso e escadas, amarrar escada no poste e ou estrutura, ancorar a escada e ou cesta aérea e/ou escada (singela e/ou extensível), e/ou *Skyladder*/Metropolitana e/ou Trivelato, usar equipamentos de proteção coletiva de propriedade isolante, uso de equipamento de proteção individual de classificação isolante de acordo com a classe de tensão do circuito. A equipe deve ficar atenta para reposição de líquidos e revezamento de trabalho.

Deve-se assegurar que todo trabalho de poda de árvores só pode ser realizado, de forma segura, com a adoção de medidas que eliminem a possibilidade de ocorrências indesejáveis, preservando a saúde e a segurança dos empregados envolvidos direta ou indiretamente com o trabalho, assim como, evitando acidentes com a população. Deve-se determinar que todas as atividades de poda de árvores sejam realizadas, de forma que ofereçam condições técnicas adequadas para a execução do serviço, com segurança e preservação da integridade física de todos os envolvidos.

Todo trabalho/manobra requer uma instrução técnica que tem por intuito complementar as Normas Técnicas oficiais estabelecidas pelos Órgãos regulamentares e, na ausência ou omissão dessas, deve-se observar as Normas Internacionais aplicáveis, inclusive Normas e/ou Instruções Técnicas da ENEL BRASIL.

As equipes de Linha Viva poderão operar com três colaboradores para equipes leves, ou seja, Equipes Reduzida de Linha Viva (ERLV), sendo um deles o chefe de turma/encarregado. Na Figura 21, pode-se observar o trabalho do Encarregado da equipe, realizando observações e orientações, dadas a todo momento durante a execução do serviço, pois atenção e segurança são primordiais para todo trabalho realizado com a equipe em Linha Viva.



Figura 21: Encarregado da equipe de Linha Viva desempenhando sua função de observação e orientação.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Os outros dois que compõem a equipe são eletricitas, executando as atividades em redes energizadas. Ambos deverão atender os seguintes requisitos:

- a) Experiência de 02 (dois) anos como eletricista de Linha Viva;
- b) Terem realizado o treinamento de liderança ENEL.

Para a poda de árvore em rede desenergizada, se faz necessário o auxílio e operação da equipe da ENEL. Durante o atendimento emergencial, caso constatado galhos sobre e/ou próximos da rede (desligada) que tenha ocasionado o desligamento do equipamento, deve-se proceder com a retirada do galho a distância, com utilização de vara telescópica ou vara de manobra, a nível de solo, com uso de EPIs necessários. Em seguida, deve-se comunicar a Central de controle e proceder o religamento conforme os documentos de cada empresa distribuidora de I&N Enel Brasil.

O responsável pelo serviço e equipe deve assegurar que sejam estabelecidos meios de comunicação adequados e eficazes. Em campo, se estabelece como comunicação todos os meios pelos quais as informações são passadas ou trocadas entre as partes envolvidas, podendo ser verbalmente, por escrito ou visualmente. Para que trabalhos com risco elétrico sejam realizados, as comunicações devem possuir certas características para garantir a segurança e a formalidade. As comunicações cumprem basicamente três finalidades:

- Transmitir informações de forma precisa entre os eletricitas que estão operando

simultaneamente;

- Documentar as informações transmitidas e recebidas para que sejam utilizadas pelos empregados que irão operar posteriormente;
- Permitir a possível avaliação de responsabilidade. Para evitar erros quando as informações são transmitidas verbalmente, o receptor deve repetir as informações para o emissor, que deve confirmar se estas foram recebidas e entendidas corretamente, sempre que houver interação com a instalação elétrica. Inclusive, os sinais ou alertas não se enquadram na categoria de comunicação.

Fica evidente a importância do chefe de turma/Encarregado, que deve executar a sua função em campo com excelência, para a conclusão do serviço sem acidentes. A Figura 22 mostra que para essa manobra, foram programadas duas atividades de poda de árvores na mesma rua. Após a finalização do primeiro ponto com sucesso, a equipe começa o outro ponto, uma vez que se trata de uma mesma linha, que já estava liberada pelo COD para manutenção com poda. Outra observação importante está na sinalização em que, a rua no primeiro momento foi interditada, em parte, e após a conclusão da primeira etapa foi liberada.



Figura 22: Poda de árvores, manutenção da Linha Viva.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Como etapa de finalização do serviço no caso de Rede Primária Energizada, deve-se:

- Retirar isolamento da rede de distribuição aérea energizada, comunicar a Central de Controle o término da tarefa e receber autorização para desbloquear o religamento automático do circuito e para circuitos com o sistema *Self Healing*;

- Receber a confirmação que a recomposição automática está em serviço/ativada;
- Ao desbloquear o religamento automático da Religadora Automática (RA), usar vara de manobra ou telescópica, e em caso de RA que tenha painel de comando o desbloqueio deve ser feito através deste ou telecomando.

Em sistema *Self Healing*, se faz necessário realizar a ativação da função recomposição automática via telecomando e/ou acessando o painel de comando da RA.

No caso de Rede Primária Desenergizada, deve-se:

- Retirar aterramento da rede;
- Certificar que os componentes da equipe estejam afastados da rede;
- E, então, comunicar a Central de Controle, para proceder o religamento conforme os documentos de cada empresa distribuidora.

O serviço foi concluído em tempo hábil, sem nenhuma intercorrência, no tempo previsto e solicitado ao COD. A equipe conseguiu remover a sinalização da via e/ou local de trabalho e, após, retornou à base ou prosseguiu com tarefas subsequentes. Foi concluída a eficácia dos treinamentos em função de uma boa APR na realização de serviços e manobras da equipe de Linha Viva de Jataí-GO.

4.1.4. Quarta manobra

A quarta manobra foi acompanhada no dia 20 de Março de 2022, na realização de poda de árvores em rede de distribuição aérea energizada, sendo duas atividades de poda na mesma rua, uma era “linha viva” 34,5 kV (Figura 23). Os principais objetivos da manobra em questão foram: realizar Operação e Manutenção da Linha Viva; seguir a Norma regulamentadora NR 10 de segurança em instalações e serviços de eletricidade, para execução do serviço de poda das árvores; realizar o serviço conforme a NR 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos orienta; realizar Procedimento Organizacional de Manutenção Preventiva em RDA na Linha Viva de Jataí; seguir as recomendações APR, conforme a IT para esse serviço.

A poda de árvores se dá pela ação de eliminação seletiva de ramos ou partes de uma planta, com o objetivo de disciplinar o crescimento das árvores, de forma a se adequarem ao ambiente urbano e, promover o equilíbrio de sua copa. Para qualquer atividade em campo é necessário o planejamento da tarefa através do Formulário de APR. Para cada atividade de poda, é necessário a elaboração de uma APR, por cada ponto de trabalho. Para a elaboração da APR, deve-se considerar todos os níveis de riscos das atividades, estabelecendo medidas de eliminação e/ou controle e

proteção, visando a integridade física dos colaboradores.

Com a experiência vivida em campo, fica explícito a importância da máxima atenção e entrosamento que a equipe deve ter durante a execução do serviço, visto que devem se resguardar quanto a segurança, sempre respeitando o horário informado ao COD para a conclusão do serviço. Como evidenciado na Figura 23, durante a realização desse serviço, é fundamental que as sinalizações de isolamento estejam atuantes, pois conforme ocorre a poda, resíduos vão sendo gerados. Além do mais, o responsável pelo serviço deve estar sempre ciente de que o trabalho só deve ser iniciado, após a autorização do COD.



Figura 23: Sinalização para poda de árvores para manutenção da Linha Viva em Jataí-GO.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Todo o material e equipamento utilizado na poda devem estar isoladas da rede, não podendo encostar e/ou forçar. Deve-se assegurar e manter às distâncias de segurança das partes desprotegidas do equipamento. As atividades de podas em grandes capitais, quando realizadas por órgãos oficiais (Prefeituras, Secretarias de Meio Ambiente, dentre outras) em que os galhos estejam em proximidades ou em contato com a rede elétrica, requer que o órgão executante solicite via ofício o apoio das equipes de poda da Enel. A equipe deverá realizar a cobertura e/ou isolação da rede, de modo que o órgão solicitante possa finalizar a poda ou realizar o desbaste total da árvore.

Ainda na Figura 23 e também na Figura 24, pode-se notar o rompimento de cabo da rede secundária de distribuição, que ocorreu pela queda de um galho de uma árvore na rede, durante o serviço de poda. Não houve agravantes maiores devido a segurança e preparação do local para o serviço e uso de EPI's por todos os envolvidos, logo se justifica a realização desse serviço por uma equipe especializada.



Figura 24: Rompimento de cabo da rede secundária de distribuição em manutenção da Linha Viva em Jataí-GO.
Fonte: Arquivo Pessoal.

É importante destacar que o responsável pelo serviço, engenheiro de campo e/ou encarregado devem verificar o tipo de vegetação a ser podada, levando em consideração que para a poda de árvores nativas e/ou exóticas é necessária autorização, junto ao órgão ambiental competente, para realização da atividade. A poda de árvores em Unidades de Conservação (UC) e Áreas de Preservação Permanente (APP) só será executada mediante autorização específica junto ao órgão competente nas esferas Federal, Estadual e Municipal, onde o projeto/modificação será realizado.

O uso de motosserras e motopodas deve ser realizado por profissional devidamente habilitado, qualificado, capacitado, autorizado e com o equipamento devidamente registrado no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), atendendo-se aos requisitos legais aplicáveis. Deve-se evitar o uso de equipamentos que provoquem ruídos em locais e horários inapropriados, como escolas, hospitais e outros. Nestes casos, deve-se usar a serra de mão ou motopoda hidráulica, sempre que possível.

Deve ser verificado se as árvores a serem podadas possuem ninhos de passarinhos e se os mesmos se encontram ocupados (ovos e filhotes) e, em caso positivo, estas árvores não poderão ser podadas. Caso o ninho esteja na extremidade de um galho, possibilitando a execução da poda, cuidados deverão ser tomados para que o ninho não seja atingido. Para que a equipe possa realizar o manejo da fauna, é preciso solicitar a autorização ambiental. Em casos extremos, solicitar ao

Corpo de Bombeiros, órgãos ambientais, entre outros.

Antes de iniciar os serviços, deve ser verificado ainda a existência de insetos e ou animais perigosos, como abelhas e marimbondos, e caso esta situação se confirme, o superior imediato da turma em serviço deve ser comunicado, para que este faça a solicitação da equipe especializada para a remoção dos insetos e/ou animais perigosos. A observação do encarregado da equipe é relevante, pois durante a realização do serviço, como mostra a Figura 25, a dupla que está no cesto aéreo não consegue ter a percepção de todo o ambiente de trabalho, durante a realização da poda, se comparado aos colegas da equipe que estão em solo.



Figura 25: Encarregado da equipe observando o trabalho de poda de árvores.
Fonte: Arquivo Pessoal.

O serviço previsto para a poda dessas árvores não pode ser concluído devido ao rompimento do cabo, assim como mostrado na Figura 24, visto que o tempo previsto e solicitado ao COD já não seriam suficientes, logo, foi solicitado o reparo da rede secundária pela equipe especializada e programada a continuação dessa poda para outra data. Por normativa, a equipe só pode retornar a esse local avisando o COD, após 15 dias da primeira realização. Assim, a equipe removeu a sinalização da via e/ou local de trabalho e retornou a base para prosseguir com tarefas subsequentes. Logo, a eficácia dos treinamentos em função de uma boa APR na realização de serviços e manobras da equipe de linha viva de Jataí-GO é notada. Acidentes ou situações

inesperadas podem ocorrer em campo, por isso é imprescindível que todos cooperem e se lembrem dos treinamentos feitos para não colocar a vida em risco ou da equipe.

4.1.5. Quinta manobra

A quinta manobra foi acompanhada no dia 18 de Março de 2022 para lançamento de condutores em instalação de novo trecho de linha de distribuição, onde os principais objetivos foram: lançar novos condutores; instalar espaçadores em rede de 13.8kV; aplicar o Método a Distância; modernizar a linha de distribuição e melhorar a qualidade da energia entregue ao consumidor; seguir os protocolos de segurança devido a manobra de alto risco, conforme as IT's e demais normativas de instalações e manutenção em rede de MT de distribuição de energia.

A equipe ao chegar no local do trabalho separa, confere e vistoria os equipamentos e ferramentas de Linha Viva, necessários à execução dos serviços. Caso apresentem danos ou sinais de desgastes ou, se estiverem na iminência de vencimento de laudos, são encaminhados para ensaios e substituídos de imediato. Antes do início de cada serviço, o responsável da equipe, o encarregado, verifica a classe de tensão do alimentador, com o objetivo de saber se a equipe dispõe de equipamentos suficientes para realizar a atividade na classe de tensão em questão. Com o auxílio de cones e fita de sinalização, bandeirolas e placas, sinaliza e demarca adequadamente a área de trabalho.

Em seguida, o encarregado da equipe toma as providências para o bloqueio dos equipamentos com religamento automático que protegem o alimentador, em que será executado o serviço, conforme estabelecido nas instruções de operação. Para a Rede Compacta foi utilizado cabeamento de secção de 150 mm². A rede compacta foi escolhida pela sua proteção e maior confiabilidade, por se tratar de uma região com árvores, residências e comércios.

Após sinalizar e isolar toda a área, a equipe começou a posicionar os condutores em solo como mostra a Figura 26. Após posicionar em solo, os condutores são lançados para a Rede de Distribuição (RD), deixando sempre folgas para as três fases. O alinhamento e o processo para esticar a fiação são feitos no ar, durante a instalação de isoladores e espaçadores. Para essa rede de 13.8kV foram usados os espaçadores losangulares, conforme demanda o projeto.



Figura 26: Posicionamento dos novos condutores na Linha Viva de Jataí-GO.

Fonte: Arquivo Pessoal.

Um trabalho braçal, que exigiu tempo e força. Os cabos rígidos, pesados por sua bitola e por possuírem proteção na isolação entre seus condutores, caracterizados como Rede de Distribuição Compacta Aérea foram implantados e mantidos na linha, visando garantir uma operação segura, eficiente, confiável e de qualidade. Os objetivos dessa demanda estão relacionados à expansão da rede, melhoria da qualidade do sistema e renovação dos ativos de distribuição.

Após serem lançados os cabos das três fases para todo o percurso, deu-se início a instalação de isoladores, espaçadores para configuração da rede como mostrado na Figura 27. É notado que o caminhão 102 pesado, de dois cestos, foi utilizado pela equipe para alocação de espaçadores. Foi obrigatório o uso do detector de ausência de tensão em todas as atividades da Linha Viva, onde este é o primeiro equipamento instalado (Fase A-Rua) na rede e o último a ser retirado, assim como mantas e protetores.



Figura 27: Instalação de isoladores para configuração dos novos condutores na Linha Viva em Jataí-GO.
Fonte: Arquivo Pessoal.

A metodologia básica de trabalho do Método à Distância utilizado, conforme Figura 28, consiste basicamente na utilização de bastões isolantes, ferramentas com adaptador universal e moitões de corda para afastar os condutores energizados, permitindo ao eletricitista acesso à estrutura. Já o cabo *by-pass* é utilizado como “*jampes* temporários”, usados para “bypassar” pontos de manutenção, em que o equipamento está sob reparo. A linha estava sendo substituída para fazer reparos temporários ou outros de emergência. A Figura 26 mostra a realização do serviço da equipe de forma segura.



Figura 28: Cabo *by-pass* e Método a Distância em Linha Viva em Jataí-GO.
Fonte: Arquivo Pessoal.

Na Figura 29 é mostrada a Rede de Distribuição Aérea Compacta devidamente instalada, onde a equipe realizou a retirada dos detectores de ausência de tensão e mantas isolantes para, então, deixar o local de trabalho. Com isso, foi finalizada a manobra.



Figura 29: Instalação de novo trecho de Rede Aérea Compacta (13.8kV) em Linha Viva de Jataí-GO.
Fonte: Arquivo Pessoal.

A cada trabalho finalizado observa-se um ganho de conhecimento agregado à prática e conquistado com a experiência da instalação de um novo trecho de linha de distribuição. O serviço foi concluído com sucesso, sem intercorrências, no tempo previsto e informado ao COD. A equipe atuou de forma correta e com a utilização das normas técnicas de segurança.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O contato entre profissionais experientes da mesma área de atuação e vivência são fundamentais na formação do profissional de engenharia elétrica, pois traz confiança para exercer o conhecimento teórico, aprendido durante a graduação, e corrobora com a experiência prática de campo. Um bom embasamento teórico e a aplicação de normas técnicas do campo garantem que o trabalho seja realizado de forma segura aos funcionários, trazendo melhorias para todo o sistema de distribuição elétrica.

Este trabalho destaca-se por apresentar estudos de caso, por meio de uma parceria com a empresa EPCL, que atua na melhoria da rede de distribuição com diversos serviços, inclusive com a instalação de equipamentos, que visam modernizar as linhas e reduzir os problemas com desligamento da rede. Foram apresentados os estudos de caso oriundos do acompanhamento desta empresa na execução de serviços em Linhas Vivas de energia, no município de Jataí. Houve destaque ainda para a realidade do campo de atuação da concessionária de energia e a empresa terceirizada Empreendimentos, Projetos e Construções Ltda (EPCL).

Para o acompanhamento de todos os serviços realizados neste trabalho, foi de muita relevância a pesquisa realizada previamente. Destaca-se a importância de trazer os conceitos básicos sobre a rede de distribuição de energia, a divisão de energia elétrica no Brasil, a descrição dos principais equipamentos utilizados e a operacionalização das manobras. A NBR 14039 é a norma brasileira que estabelece as condições de segurança das instalações elétricas de média tensão, sendo elaborada pela ABNT e que foi amplamente consultada neste trabalho. Seu estudo e aplicação garantem a segurança dos colaboradores que trabalham com instalações elétricas de média tensão, prevenindo acidentes elétricos e evitando danos ao patrimônio. Houve destaque na utilização de EPIs e EPCs, sendo relatadas suas funcionalidades.

No acompanhamento das manobras na Linha Viva de rede elétrica de Jataí-GO, pode-se notar a preocupação da empresa com a qualidade dos serviços prestados e a responsabilidade repassada aos colaboradores. Vale destacar o esforço da equipe administrativa para o total cumprimento dos serviços, assegurando um ambiente de trabalho seguro e o mais distante possível de acidentes. Uma característica positiva dessa parceria foi a liberdade concedida pela empresa para acompanhar as manobras, sem imposição de restrições. Foi perceptível que o bom ambiente de trabalho impulsiona o desenvolvimento já existente da capacidade de orientação e liderança.

Embora o desafio da gestão de pessoas não seja uma tarefa simples, tendo em vista as características pessoais, divergências de opiniões e preferências que representam dificuldades de governança, o resultado das manobras foi satisfatório. De modo geral, os destaques centrais foram: os serviços realizados possuem planejamento e estratégias de execução; os colaboradores possuem

agilidade e conhecimento técnico por meio de realização de cursos; as tomadas de decisões são rápidas; houve a correta utilização de EPIs e EPCs seguindo as normas de segurança técnicas, e os profissionais possuem anos de experiência.

O trabalho em Linha Viva deve ser cauteloso e levar em consideração a aplicação de diversas normas para proteção de toda a equipe, dos equipamentos e dos transeuntes. Pode-se constatar com este trabalho que estão sendo implantadas melhorias na rede elétrica de Jataí, principalmente com a instalação de chaves telecomandadas, o que reduz o tempo de desligamento de uma linha. Como sugestão para trabalhos futuros, tem-se a coleta de dados numéricos indicativos do percentual de redução dos problemas que afetam a rede como um todo, e principalmente, na redução do tempo de religamento.

A oportunidade de acompanhar e relatar todos esses serviços, traz capacitação e contribui para o crescimento profissional de qualquer pessoa, inclusive, desfazendo a insegurança no momento de imersão no mercado de trabalho. A atuação da empresa e o compromisso em se restabelecer a energia elétrica no menor tempo possível, demonstra o quanto este insumo é importante para toda a sociedade. Espera-se que novas tecnologias continuem a ser implantadas na rede, com o objetivo de atender as demandas e mitigar os problemas que surgirem. Durante o acompanhamento dos serviços, a concessionária responsável pelas melhorias na Linha Viva em Jataí-GO era a ENEL, atualmente a responsabilidade pelo gerenciamento é da empresa Equatorial Energia. A expectativa é que a atual empresa continue garantindo a qualidade dos serviços prestados.

6 REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 Kv**. Rio de Janeiro, 2003. 65p. Disponível em: https://www.inesul.edu.br/site/documentos/instalacoes_eletricas_residenciais/normas/nbr_14039_instalacoes_eletricas_media_tensao.pdf. Acesso em: fevereiro de 2023.
- ALMAGUER, H. A. D.; SAQUETTI, D.; COELHO, V. L. Um Estudo do Uso da Base Engastada dos Postes de Concreto Como Aterramento para Redes Aéreas de Distribuição. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 6, n. 1, p. 9-21, 2021.
- ALMEIDA, K. K. N.; CALLADO, A. L. C. Indicadores de desempenho ambiental e social de empresas do setor de energia elétrica brasileiro: uma análise realizada a partir da ótica da Teoria Institucional. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, v. 7, n. 1, p. 222-239, 2017.
- ARAÚJO, T. B. R. **ESTUDO SOBRE SELF HEALING: metodologia de aplicação em redes de distribuição de energia elétrica**. 2016. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, Minas Gerais, 2016.
- BERNARDON, D. P. *et al.* **Alocação Ótima de Chaves Telecomandadas nas Redes de Distribuição para Aumento da Confiabilidade dos Sistemas**. In: VII CBQEE - Conferência Brasileira sobre Qualidade da Energia Elétrica. [S.l.: s.n.], 2009. 6p.
- BRAGA, J. U. *et al.* Propensity for COVID-19 severe epidemic among the populations of the neighborhoods of Fortaleza, Brazil, in 2020. *BMC public health*, [United Kingdom], v. 20, n. 1, p. 1486, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09558-9>.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade**, de 08 de junho de 1978a. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>. Acesso em: novembro de 2022.
- BORGES, C. L. **Uma abordagem alternativa para Inspeção Preditiva não Invasiva em Linha Aérea de Distribuição de média tensão na área rural**. Itajabá, Minas Gerais, 2012.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. **NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**, de 08 de junho de 1978b. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: novembro de 2022.
- CALDEIRA, P. H. R. **Análise das chaves seccionadora telecomandadas**. 2018. 21f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), 2018.
- CAMPITELLI, E. M. *et al.* Sistema inteligente para alocação, especificação, coordenação e seletividade da proteção em redes aéreas de distribuição de energia elétrica. **SENDI-XVII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**, p. 1-11, 2006.
- CARNEIRO, C. A. **Alocação de chaves automatizadas em redes elétricas de distribuição: uma abordagem multiobjectivo**. 2020. 124p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, 2020.

CASTANHEIRA, G. P. **Alocação otimizada de chaves de manobras em redes de distribuição de energia elétrica na presença de geração distribuída de fontes renováveis**. 2022. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Ilha Solteira, São Paulo, 2022.

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. **Considerações sobre a Ampliação da Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro**. Texto de Discussão n. 15. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

CORREA, A. *et al.* Análise de eficiência: uma comparação das empresas estatais e privadas do setor de energia elétrica brasileiro. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 15, n. 46, p. 09-23, 2016.

DIAS, S. E. C. **Automação de manobras em subestações de transmissão de energia elétrica**. 2017. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2017.

DOROCHE, M. R.; ANSCHAU, C. T. Oferta de energia elétrica no Brasil. **Revista Tecnológica**, v. 2, n. 1, p. 402-414, 2015.

EMPREENDER EM GOIÁS. **Enel Goiás é vendida para a Equatorial**. 2022. Disponível em: <https://empreenderemgoias.com.br/2022/09/23/enel-goias-e-vendida-para-a-equatorial/>. Acesso em: abril de 2023.

FINOCCHIO, M. A. F. **Manutenção Elétrica**. Apostila Didática da Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Cornélio Procopio-PR, 5ª revisão, 2013. 72p.

FLOREZI, Guilherme. **Consumidores Livres de Energia elétrica- Uma Visão Prática**. São Paulo, 2009.

FRADE, L. C. **PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS: Estudo de caso e análise da seletividade na Subestação Três Corações**. 2016. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, Varginha, 2016.

FRONTIN, S. O. **Equipamentos de Alta Tensão - Prospeção e Hierarquização de Inovações Tecnológicas**. Brasília: Teixeira, 2013. 934p.

GONÇALVES, M. F. B. R. **Estudo da norma regulamentadora nº 10 e adequação da empresa Acumuladores Moura S.A.** 2013. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2013.

GUTH, T. F. **Avaliação da implantação de sistemas de recomposição automática em redes de distribuição de energia elétrica**. 2013. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, 2013.

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B.; ROBBA, E. J. **Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica**. São Paulo: Blucher, 2ª edição revisada, 2021. 333p.

KHAMPHANCHAI, W. *et al.* An approach for distribution transformer management with a multiagent system. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 3, p. 1208-1218, 2014.

LIMA, N. A.; NOGUEIRA, F. J. Melhorias nos sistemas de distribuição de energia

elétrica. **Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica**, v. 4, n. 1, 2022.

LISBOA, T. E. **Estudo comparativo dos indicadores técnicos de qualidade de energia elétrica com a utilização do software RESA**. 2007. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade São Francisco, Campinas, São Paulo. 2007.

MAGALHAES JR, Hipólito Virgílio; PERNAMBUCO, Leandro; COLA, Paula Cristina; MOTONAGA, Suely; FERREIRA, Maria Angela, SILVA, Roberta Gonçalves. **Proposal on how to prepare thickened liquids for fiberoptic endoscopic evaluation of swallowing (fees) based on international dysphagia diet standardisation initiative (iddsi)**. *Dysphagia*, v. 32, p. 126–207, feb, 2017.

MATTEDE, Henrique. **Mundo da Elétrica**. São Paulo, 2014. Disponível em <<https://www.mundodaeletrica.com.br/um-pouco-mais-sobre-o-sistema-eletrico-de-potencia-sep/#bio>> acesso em 12.01.2024

MONTEMEZZO, J. F. *et al.* **Influência dos parâmetros e modelos de linhas na solução do fluxo de carga de sistemas de distribuição de energia elétrica**. 2016. 92f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Dinâmicos e Energéticos), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, Paraná, 2016.

MORENO, H. *et al.* **NBR 14039: instalações elétricas de media tensão**. Guia do setor elétrico de normas brasileiras NBR 5410-NBR 14039-NBR 5419-NR 10, 2011.

NUNES, F. S. **Alocação ótima de chaves em sistemas de distribuição de energia elétrica utilizando a metaheurística VNS**. 2018. 79f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, Minas Gerais, 2018.

OLIVEIRA, J. R. **Manutenção em sistemas elétricos de potência**. Revista Científica Semana Acadêmica - Fortaleza, ano MMXV, n. 000077, 2015.

PAGNANO, A.; HOPF, M.; T., Roberto. A roadmap for automated power line inspection. Maintenance and repair. **Procedia Cirp**, v. 12, p. 234-239, 2013.

PASSOS JÚNIOR, D. P. **Manutenção em subestações da Universidade de Brasília em conformidade com a NR10**. 2016. 77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2016.

PFITSCHER, L. L. **Reconfiguração Automática das Redes de Distribuição de Energia Elétrica com Monitoramento em Tempor Real**. 2013. 146f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013.

QUERINO, T. F. **Metodologia de gestão de ativos para chaves seccionadoras 15 kv**. 2015. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2015.

RIBEIRO, A. L. **Benefícios da rede de distribuição aérea compacta 15kv**. 2008. 79f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade São Francisco, Itatiba, São Paulo, 2008.

RIBEIRO, B. T. **Estudo comparativo de viabilidade técnica e ambiental entre redes aéreas de distribuição convencional e compacta**. 2015. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Engenharia Elétrica), Instituto Federal de Goiás, Jataí, Goiás, 2015.

RIOS, I.; RIOS, E. Microgeração fotovoltaica conectada à rede elétrica: o que mudou com a resolução normativa nº 687 da agência nacional de energia elétrica–ANEEL. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 8, n. 2, p. 119-122, 2017.

ROCHA, E. O. **Análise das inspeções de três linhas de transmissão 500 kvca: um estudo de caso com foco em custos de manutenção e perda de receita**. 2014. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SANTOS JUNIOR, V. M. **Avaliação da correlação entre temperatura dos para-raios de distribuição e a corrente de fuga**. 2021. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2021.

SANTOS, D. G.; OLIVEIRA, A. S. Agressividade fiscal e a lucratividade nas empresas do setor de energia elétrica do Brasil. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 19, 2020.

SANTOS, M. A. B. **Projeto de redes aéreas de distribuição de energia elétrica**. 2021. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Caraúbas, Rio Grande do Norte, 2021.

SANTOS, S. P. **Tecnologia em religamento de redes de distribuição**. 2012. 31p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade de São Francisco, Itatiba, São Paulo, 2012.

SILVA, A. C. **Sistemas elétricos de potência e proteção de linhas de transmissão**. 2020. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, 2020.

SILVA, L. G. G. **Acidentes de trabalho fatais na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (Brasil)**. Apostila da Universidade Federal do ABC, 1ª edição, 2017.

SOUSA, A. A. F. **Análise de aspectos de segurança de pessoas e equipamentos nas subestações de uma instalação industrial mediante critérios estabelecidos pela NR10**. 2018. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2018.

TEIXEIRA, C. P. **Modelo de Priorização de Investimentos em Chaves Telecomandadas em Redes de Distribuição de Energia Considerando a Melhoria da Qualidade**. 2019. 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações), Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2019.

TOLEDO, L. H. S. **Estudo de caso de um centro de controle de sistema elétrico de potência: uma abordagem tridimensional**. 2017. 195f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2017.

VALENTE, Silas. **Sensoriamento remoto no estudo de ocupação irregular em faixa de servidão de linha de transmissão de energia elétrica**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2015.

VERAS, M. L. A. **Aplicação e análise de metodologia de posicionamento eficiente de dispositivos de proteção e manobra em rede aérea de média tensão**. 2017. 102f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2017.

ANEXO A- VISÃO GERAL, APARELHAGEM E ARQUITETURA DO CONTROLADOR

Capítulo 1 Introdução

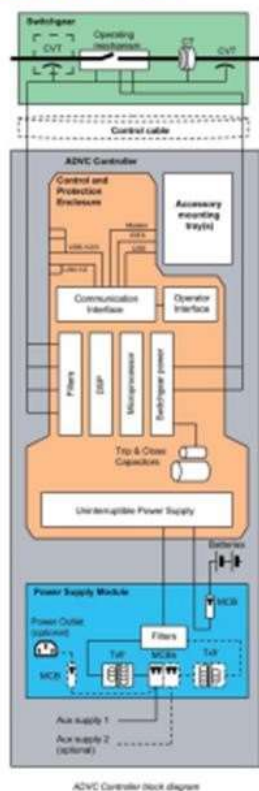
Visão Geral

Introdução

Esse manual descreve a instalação e manutenção do religador automático série U e do controlador ADVC. Embora todo cuidado tenha sido tomado na preparação desse manual, não nos responsabilizamos por perda ou dano decorrentes do comprador ou do usuário devido a alguma omissão a esse documento. Inevitavelmente, nem todos os detalhes do equipamento são fornecidos e nem todas as instruções para cada variação ou configuração durante instalação, operação ou manutenção.

Para informações adicionais em problemas específicos ou requerimentos, por gentileza, entrar em contato com o fabricante ou o distribuidor.

Aparelhagem e Arquitetura do Controlador



ANEXO B- RELIGADOR SÉRIE U COM CONTROLADOR ADVC

Capítulo 2

Religador Série U com Controlador ADVC

Introdução

Geral

O religador automático monitorado e controlado remotamente consiste em um religador série U combinado a um controlador ADVC.

O religador automático Série U:

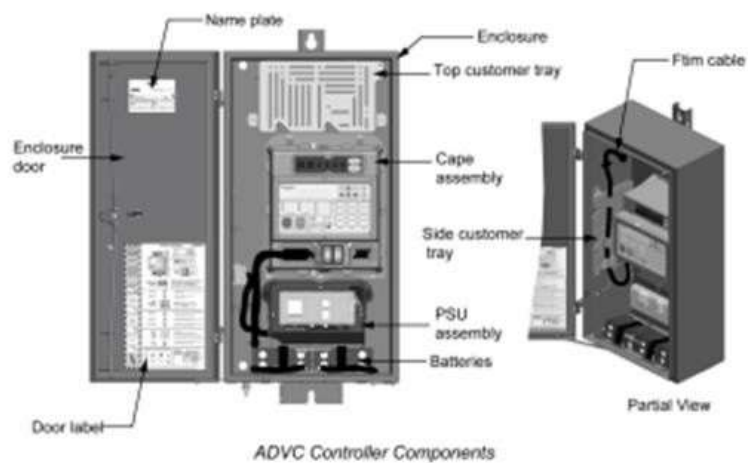
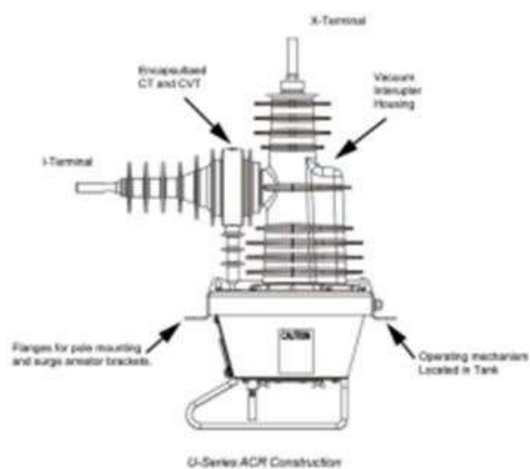
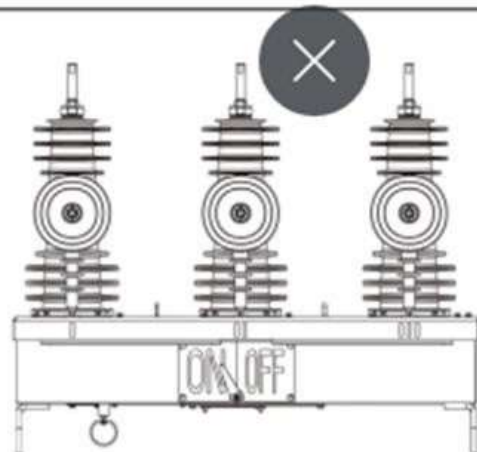
- Consiste em interruptores de vácuo agrupados isolados com moldes de resina epoxi cicloalifática
- É operador por meio de um atuador magnético tanto para disparo quanto para fechamento.
- O mecanismo é fechado em um tanque de aço inoxidável 316 e tampa com fundição de resina epoxi cicloalifática aparafusada a ele.
- Interruptores a vácuo são encapsulados com fundição de resina epoxi cicloalifática hidrofóbica em tanque de aço inoxidável.
- Para raios podem ser diretamente montados ao religador usando um suporte de montagem de para raios e deve ser adequado a instalação.
- Tem medição de tensão em cada lado I e pode ser medida nas buchas do lado X se os TP's externos estiverem montados.
- Tem medição de corrector em cada fase.
- Retem informação como número serial, tipo de religador, operações e aparelhagem de contato, independentemente do ADVC.
- Pode ser desarmado a partir do solo por meio de um gancho e em seguida bloquear mecanicamente puxando ainda mais a alavanca de desarme manual verticalmente para baixo. Em seguida, ser bloqueado eletronicamente ao abrir as chaves de isolamento localizados no ADVC.
- Tem um ponteiro externo claramente visível que mostra quando o religador está disparado ou fechado.
- Está conectado ao controlador ADVC via cabo de controle por meio da base do cubículo.
- Pode ser conectado a um sistema de condutor nu.

O controlador ADVC lê e exibe as informações armazenadas no religador e fornece propriedades de proteção e comunicação para o religador.

Obs: * Para recursos de proteção, comunicação e medição, consultar o Manual Operacional do Controlador ADVC (N00-812).

- O Controlador ADVC consiste em:
 - Um painel de controle do operador montado na porta.
 - Um controlador que monitora o religador e fornece funções de comunicação e proteção.
 - A fonte de alimentação também fornece energia ao equipamento do consumidor.
 - Um compartimento de acessórios e equipamento do cliente.
- O Controlador ADVC é alimentado por uma fonte de alimentação auxiliar de 110, 220, ou 240 Vac.
- O ADVC é conectado ao religador por um cabo de controle destacável.

O compartimento do cliente fornece amplo espaço para o equipamento. Cabos de comunicação padrão podem ser usados para conexão nas portas de comunicação no ADVC e a energia é logo acessada por meio do terminal de bloqueio programável. Para mais informações, consultar Instalação de Acessórios e Comunicação (*see page 35*).



Terminologi**a**

As buchas do religador Série U são identificadas como I, II e III, no mesmo lado em que os Transformadores de Corrente (TCs) os quais, por padrão, ficam do lado da fonte. As buchas no outro lado (lado da carga) são identificadas como X, XX e XXX.

