

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA  
SOUZA**

**Etec SYLVIO DE MATTOS CARVALHO**

**Curso de Técnico em Eletrotécnica**

**ALEXANDRE AUGUSTO BELLINTANI ANTONIOSI**

**BRUNO NUNES DE OLIVEIRA**

**DANILO ALVES DE SILVA**

**EDSON JOSÉ DE SOUZA**

**CABINE PRIMÁRIA DE MÉDIA E BAIXA TENSÃO**

**Matão, SP  
2024**

**ALEXANDRE AUGUSTO BELLINTANI ANTONIOSI**

**BRUNO NUNES DE OLIVEIRA**

**DANILO ALVES DE SILVA**

**EDSON JOSÉ DE SOUZA**

## **CABINE PRIMÁRIA DE MÉDIA E BAIXA TENSÃO**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletrotécnica da Escola Técnica Estadual Sylvio de Mattos Carvalho, orientado pelo Prof. Jocimar Fernando de Souza, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Técnico em Eletrotécnica.

**Matão, SP  
2024**

## RESUMO

O presente Trabalho de conclusão de curso trata do tema a cerca de uma cabine primária de média e baixa tensão, de modo a elucidar todo os conceitos, práticos e teóricos, a respeito do tema. Tendo como principais pontos de destaque, no âmbito teórico, as normas vigentes, as atualizações mais recentes, levantamento da carga, viabilidade economia e equipamentos necessários. No que diz respeito a pratica podemos destacar a elaboração de uma maquete, com alta riqueza de detalhes, para uma visão abrangente sobre o processo de distribuição de energia elétrica, desde a geração até o consumo final, destacando aplicação, impactos, princípios, funcionamento e segurança.

**Palavras-chave:** Cabine primária, Elétrica, Funcionamento, Segurança.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>06</b>
1.1 Objetivos.....	07
1.2 Metodologia.....	07
<b>2. CABINE PRIMÁRIA.....</b>	<b>09</b>
2.1 Componentes necessários para construção de uma cabine primária.....	09
2.2 Cálculo de demanda e levantamento de carga.....	09
2.3 Dimensionamento do espaço físico.....	10
2.4 Equipamentos utilizados.....	11
2.4.1 Chave seccionadora tipo faca.....	12
2.4.2 Transformador de corrente.....	12
2.4.3 Transformador de potência.....	13
2.4.4 Disjuntor de alta.....	15
2.4.5 Transformador trifásico .....	16
2.4.6 Disjuntor geral de baixa.....	17
2.5 Proteções.....	18
2.5.1 Muflas isoladoras de media tensão.....	19
2.5.2 Sistema de aterramento.....	20
2.5.3 Descarga atmosferica.....	23
2.5.4 Ventilação.....	23
2.6 Cabos e conexões eletricas.....	24
2.6.1 Terminais.....	25
2.6.2 Cabos.....	25
2.7 Testes e comissionamento.....	27
2.7.1 Teste de isolamento.....	27
2.7.2 Fuga de corrente.....	28
<b>3 CONSTRUÇÃO DO KIT DIDÁTICO.....</b>	<b>29</b>
3.1 Visita tecnica.....	29
3.2 Lista de componentes.....	31
3.3 Esquema eletrico.....	33
3.4 Construção.....	33
3.4.1 Estrutura.....	34

3.4.2 Disposição dos componetes.....	35
3.4.3 Transformador.....	36
3.4.4 Portas e segurança.....	37
3.5 Entrega do kit didático.....	38
<b>4 RESULTADOS ALCANÇADOS.....</b>	<b>41</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O projeto de uma cabine primária de média e baixa tensão representa um marco essencial na infraestrutura elétrica, desempenhando um papel crucial na garantia de um fornecimento estável de energia para a sociedade. Esta estrutura, composta por equipamentos especializados, visa a distribuição eficiente e segura de eletricidade, abrangendo desde indústrias até residências.

Cumprindo um papel central na rede elétrica, a cabine primária atua como ponto de controle e proteção, ao receber a energia em média tensão da concessionária e redistribuí-la em níveis adequados para os consumidores. Esse processo assegura a confiabilidade do fornecimento e minimiza falhas e interrupções, especialmente em setores críticos, como hospitais, centros de pesquisa e indústrias, onde a continuidade do serviço é vital.

Além disso, a cabine contribui para a eficiência energética e a sustentabilidade. Equipamentos modernos incorporados nas cabines são projetados para otimizar o fluxo de eletricidade, reduzindo perdas durante a distribuição. Esse aspecto é fundamental no contexto global de busca por fontes de energia mais limpas e na redução do impacto ambiental.

Nas aulas de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia do curso técnico em Eletrotécnica da ETEC Sylvio de Mattos Carvalho, identificou-se a ausência de um kit didático capaz de abranger toda a complexidade de uma cabine primária. Conceitos como funcionamento, técnicas de operação e disposição dos equipamentos são difíceis de serem plenamente compreendidos apenas por meio de uma abordagem teórica, evidenciando a necessidade de um recurso prático para facilitar o aprendizado.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Desenvolver e implementar um kit didático de uma cabine primária de média e baixa tensão que simule, em escala reduzida, o funcionamento real desse tipo de instalação.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Implementar o projeto do kit didático em conformidade com normas atualizadas, como GED's CPFL, NBR 5410 e NBR 14039, para promover boas práticas e segurança no uso de instalações elétricas.

Proporcionar uma visão prática dos principais conceitos de uma cabine primária, como proteção, manobra e distribuição de energia elétrica.

Identificar e ilustrar os componentes essenciais e as técnicas de operação utilizadas em cabines de baixa e média tensão, simulando o funcionamento dos sistemas elétricos industriais.

## **1.2 Metodologia**

O trabalho foi iniciado com uma pesquisa bibliográfica para o embasamento teórico acerca do tema. Para esta primeira etapa foram realizadas consultas em normas, livros, dissertações, artigos, entre outros. A metodologia adotada em cada etapa deste trabalho será apresentada abaixo somando-se a parte teórica junto a prática, na qual fora construída uma maquete com alta riqueza de detalhes para que cada etapa do processo de transformação possa ser contemplada e entendida.

Para um melhor entendimento de funcionamento, disposição de equipamentos e modelo de construção fora feito uma visita técnica em uma indústria metalúrgica, também fora realizado estudos sobre levantamento de carga, dimensionamento de carga e transformadores e todo o estudo a respeito do tema disponível na ABNT.

O resultado de todos os conceitos foi aplicado ao kit didático, levando em conta todo os critérios exigidos primeiramente pela ABNT e seguido pela CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) listados em seus GED's (Gestão Eletrônica de Dados).

## **2 CABINE PRIMÁRIA**

### **2.1 Componentes necessários para construção de uma cabine primaria**

Muito utilizada em centros comerciais, indústrias, condomínios e hospitais a uma cabine primária é um equipamento elétrico essencial na distribuição de energia. Ela atua como um ponto de interligação entre a rede de média tensão, geralmente proveniente de subestações, e a rede de baixa tensão, que alimenta os consumidores finais. Dentro da cabine, ocorrem transformações de tensão e diversas operações de proteção e controle. A energia elétrica chega à cabine através de linhas de média tensão. Essa energia possui uma voltagem elevada para permitir a transmissão eficiente por longas distâncias.

Dentro da cabine, um transformador reduz a tensão da energia de média para baixa tensão. Essa redução é necessária para atender aos equipamentos e instalações dos consumidores, que operam em tensões mais baixas, como 220V ou 380V.

Com elaboração da planta baixa pode se entender as necessidades elétricas da edificação, máquinas e equipamentos necessários para o completo funcionamento do estabelecimento seja comercial ou industrial. Compreender todos equipamentos a serem instalados e seu uso em tempo e simultaneidade ajudam a dimensionar o tamanho do projeto a ser elaborado bem como a escolha específica de cada componente a ser usado evitando falhas por sub-dimensionamento

### **2.2 Cálculo de demanda e escolha do transformador**

Para se determinar a potência dos transformadores que serão utilizados na Configuração da subestação é necessário saber a carga total que é demanda pela edificação. Neste caso, conforme já citado acima vamos considerar a potência de 300kVA. De posse do cálculo da potência instalada na etapa anterior, foi utilizada a norma ABNT NBR-14039 (GED 2861 - vol. 4.2 - CPFL), que delimita os fatores de demanda a serem aplicados para cada grupo de equipamentos.

Com o valor da carga demandada, calculada de acordo com os critérios exigidos pela concessionária, classificou-se a subestação quanto ao seu tipo de medição, de acordo com o (GED 2856 – vol. 4.2 CPFL), também da CPFL. Após o enquadramento com relação ao sistema de medição, foi determinada a potência e o transformador necessário.

Tabela 1: Dimensionamento de Transformadores Particulares - Brasil – 2024

<b>DEMANDA CALCULADA kVA</b>	<b>TRANSFORMADOR A SER UTILIZADO kVA</b>
até 33	30
34 a 49	45
50 a 82	75
83 a 124	112,5
125 a 165	150
166 a 250	225
251 a 308	300
Acima de 308	à critério do cliente, pois a medição é na média tensão

Tabela 1: Relação entre transformador e demanda.  
FONTE: CPFL.COM.BR (2024).

### 2.3 Dimensionamento do espaço físico

O dimensionamento físico e especificações dos equipamentos das subestações que são alimentadas pela rede de distribuição da CPFL devem obedecer a (GED 2856 – vol. 4.2 CPFL), que especifica os componentes de medição, proteção e demais equipamentos a serem utilizados na instalação. Para o espaço físico fazemos saber as principais condições gerais a seguir:

6.4.1.1- O posto de medição, proteção geral e transformação pode ser instalado em local Isolado, fazer parte de outra edificação na mesma propriedade, ou ainda, fazer parte da própria Edificação.

6.4.1.2- Pode ser de construção ao tempo, blindado ou abrigado, em função das condições Locais.

6.4.1.6- Em qualquer caso, o posto de medição e proteção deve ser de fácil acesso, tanto para pessoas como para a substituição dos transformadores e outros equipamentos.

6.4.1.13- Em postos com transformador abrigado, devem ser fixadas em suas portas de acesso, Placa indicativa da tensão primária no local.

Além das medidas supracitadas temos outras mais específicas voltada aos projetos onde a medição se dá em tensão primária e transformador abrigado.

6.4.5- Posto com Transformador e Medição em Tensão Primária (Média Tensão) Abrigados.

6.4.5.1- Os equipamentos devem ser instalados em compartimento ou edificação tipo cabine, para qualquer potência de transformação até o limite previsto por esta norma. A cabine deve ser construída em alvenaria ou concreto armado e apresentar características definitivas de Construção.

6.4.5.2- O posto com transformador e medição em tensão primária (média tensão) abrigados deve ser construído no limite da propriedade com a via pública, entre 1,5 metros e 3 metros Afastado da divisa, com acesso independente. É admitido recuo maior por exigência dos Poderes públicos.

Além dos padrões da concessionária, deve-se levar em conta as peculiaridades comerciais dos equipamentos, isto é, catálogos disponibilizados por fabricantes que foram utilizados para a escolha dos equipamentos.

## **2.4 Equipamentos utilizados**

A escolha dos equipamentos para uma cabine primária de média tensão é um processo crucial que exige planejamento detalhado e consideração de alguns fatores técnicos a serem considerados. A CPFL disponibiliza através de seu site diversos conteúdos contendo normas e diretrizes para a escolha de cada equipamento e também menciona seus fabricantes homologados e aceitos. Vide: Fabricantes homologados de materiais para a rede de distribuição Ged-16974 – vol.1.13 - CPFL

### **2.4.1 Chave seccionadora tipo faca**

Uma chave seccionadora tipo faca, também conhecida como chave (faca) unipolar, é um dispositivo utilizado para isolar e seccionar circuitos elétricos

Ela é projetada para interromper a corrente em circuitos de alta tensão, permitindo a realização de trabalhos de manutenção e reparos com segurança. Neste projeto usaremos duas chaves seccionadoras, uma na entrada antes do Transformador de corrente (TC) e outra na saída do Transformador de potência (TP).



Figura 1: Chave Seccionadora Tipo Faca Unipolar  
FONTE: Google.com (2024).

#### **2.4.2 Transformador de corrente (TC)**

Um transformador de corrente para média tensão é um componente fundamental em sistemas elétricos de média tensão. Sua função principal é isolar e reduzir a magnitude de correntes elevadas presentes nas linhas de alta potência para valores compatíveis com instrumentos de medição e proteção.

Em resumo, o TC atua como um mediador entre a corrente primária de alta intensidade e os equipamentos secundários de menor capacidade. Isso garante a segurança e a precisão das medições, além de possibilitar a operação adequada de relés de proteção: Transformador de corrente 100/5<sup>a</sup>, Modelo: BCS – 10B, Tensão Máxima: 15Kv, Corrente primaria máxima I<sub>pn</sub>: 600<sup>a</sup> e Corrente secundaria I<sub>s</sub>: 1-5<sup>a</sup>.



Figura 2: Transformador de Corrente (TC)  
FONTE: Google.com (2024).

#### 2.4.3 Transformador de potência (TP)

Um transformador de potencial (TP) é um equipamento usado para sistemas de medição de tensão elétrica, sendo capaz de reduzir a tensão do circuito para níveis compatíveis com a máxima suportável pelos instrumentos de medição como um multímetro por exemplo, ele é necessário para que possamos verificar a tensão real que chega ao Transformador: Modelo: BPS-15, Tensão máxima: 15kV, Tensão freq. Industrial 34kV, Tensão primaria máxima: 13800V e Tensão máxima secundário: 660V.



Figura 3: Transformador de Potência (TP)  
FONTE: Mediatensão.com.br (2024).

Nota de Especificação: Para ambos os TP's a CPFL, em seu GED mais recente, determina que estes estejam em uma prateleira, que medidas, perfis e chapas definidos pela mesma.

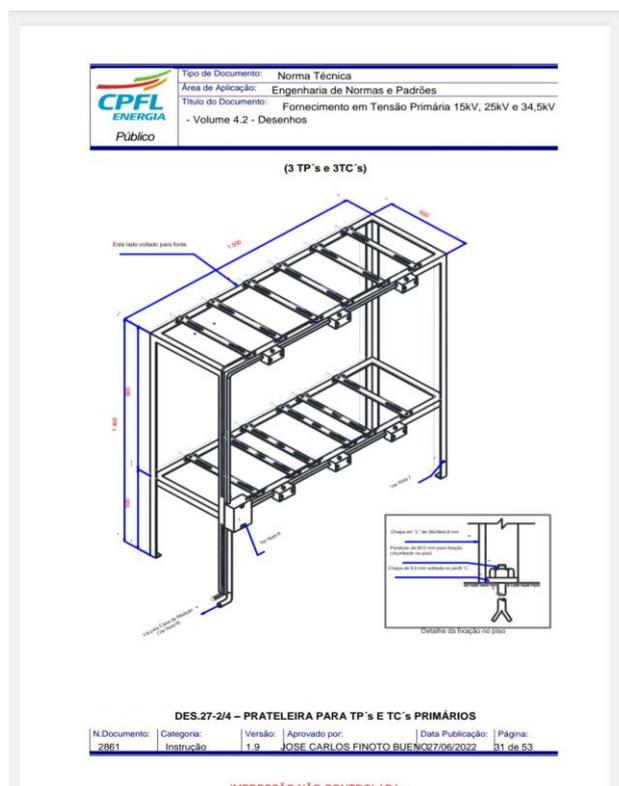


Figura 4: Especificação de Alojamento do Transformadores (TC) e (TP)  
 FONTE: CPFL.COM.BR (2024).

1. Todas as ferragens com perfil em “L” devem ser de 38mm x 38mm x 4,8mm e soldadas entre si.
2. Todas as travessas devem ser de chapa de aço de 38mm x 4,8mm.
3. Todos os furos corridos (rasgos) devem ser de diâmetro 11mm.
4. Os parafusos para fixação das travessas devem ser de cabeça sextavada de 9,5mm x 25mm.
5. Para a fixação dos transformadores de corrente e de potencial devem ser usados parafusos de cabeça sextavada de 9,5mm x 38mm.
6. O eletroduto de diâmetro 1.1/2” deve ser embutido no piso até a caixa do medidor.
7. O suporte deve ser devidamente aterrado, utilizando-se parafusos de cabeça sextavada de 9,5mm x 25mm e respectiva porca.

8. Os eletrodutos e as caixas de passagem devem ser fixados sempre do lado oposto ao da fonte de energia e a saída para a caixa do medidor deve ficar apontado para a grade de proteção.
9. Durante a montagem dos equipamentos de medição devem ser observadas e atendidas as distâncias mínimas entre fases e fase-terra, conforme Tabela 9 do documento CPFL nº2856 - vol.2 CPFL
10. Dimensões em milímetros.

#### 2.4.4 Disjuntor de alta

Neste projeto utilizaremos o disjuntor a óleo que é um dispositivo usado em instalações de alta tensão, atuando sobre correntes de 15 a 150 A. A sua função é agir como um interruptor, interrompendo um circuito quando a sua corrente ultrapassa o limite estipulado. A sua ação é imediata e previne que curtos-circuitos e sobrecargas corrompam aparelhos e instalações inteiras.

O modelo a óleo funciona através de gases emitidos pela decomposição da matéria dentro dos disjuntores. Esse fenômeno termodinâmico ocorre com o aquecimento da substância, produzindo os gases que terão o papel de extinguir a corrente. O hidrogênio é o gás principal dessa operação, sendo responsável pela refrigeração, Disjuntor Tripolar a óleo Classe 15Kv – 350MVA – 630A – Beghim PL.



Figura 5: Disjuntor Alta Tensão a Óleo  
FONTE: Google.com (2024).

#### 2.4.5 Transformador trifásico

Um transformador de média tensão banhado a óleo utiliza óleo como meio isolante e refrigerante. É utilizado em sistemas elétricos de alta potência, como em usinas elétricas e subestações de energia, para transformar a tensão elétrica de alta para baixa, neste projeto receberá 13.800V e fornecerá 220V entre fases com um fator de transformação de 63. Ou seja, ele rebaixa a tensão em 63x o valor de entrada.

Em concordância com as normas e procedimentos da CPFL, por meio do GED-2855 – vol.1 CPFL, temos algumas diretrizes a serem seguidas, são elas:

Os transformadores podem ter isolação a óleo mineral ou silicone ou ainda outro fluido similar, não sendo permitido o uso de askarel, devendo ter as seguintes características mínimas:

- a) Obedecer às normas NBR-5356-1, NBR-5356-2, NBR-5356-3, NBR-5356-4 e NBR-5356-5;
- b) Trifásicos com potências padronizadas pela ABNT
- c) TAP's Primários:
- d) Tensão Nominal 11,0kV ou 11,4kV ou 11,9kV: 13,8/13,2/12,0/11,4/10,8kV
- e) Tensão Nominal 13,8kV: 13,8/13,2/12,6kV
- f) Tensão Nominal 23,1kV: 23,1/22,0/20,9kV
- g) Tensão Nominal 34,5kV: 34,5/33,0/31,5kV
- h) TAP's Secundários: 380/220V (neutro aterrado) ou 220/127V (neutro aterrado).
- i) Tratando-se de medição em tensão primária, admite-se outras tensões secundárias. Nestes Casos, deve ser instalado em local bem visível na caixa ou quadro de medição e no quadro de Distribuição, uma placa ou pintura indicativa da tensão utilizada.
- j) Ligações: Primária: TRIÂNGULO / Secundária: ESTRELA com neutro acessível.
- k) Isolamento: Classe 15kV ou 25kV ou 34,5kV.
- l) NBI: 95kV (classe 15kV) ou 125kV (classe 25kV) ou 145kV (classe 34,5kV).
- m) Frequência: 60Hz.



Figura 6: Transformador de Média Tensão  
FONTE: Google.com (2024).

#### 2.4.6 Disjuntor geral de baixa

Após a transformação da tensão para valores que atendam às necessidades energéticas do contratante, precisamos fazer a proteção do circuito por meio do Disjuntor de baixa tensão em serie com reles de sobrecarga.

De acordo com a norma NBR 14039 – Instalações Elétricas em Média Tensão, uma cabine de média tensão (MT) deve ter os seguintes equipamentos de proteção, em função da capacidade instalada:

Capacidade instalada menor ou igual a 300 kVA.

Disjuntor acionado por relés com funções de proteção de sobrecorrente temporizadas e instantâneas de fase e de neutro (50/51 e 50N/51N).



Figura 7: Disjuntor de Baixa Tensão  
FONTE: WEG.COM.BR (2024).

## 2.5 Proteções

A Eletricidade, por sua natureza apresenta riscos, exigindo medidas de proteção adequadas para garantir a segurança de pessoas e bens.

A implementação de dispositivos de proteção em instalações elétricas se torna crucial para prevenir acidentes, danos materiais e otimizar o funcionamento dos sistemas elétricos, no Brasil temos as NBR 60445, que fala sobre proteção sobre choques elétricos; NBR 14039, que fala sobre segurança em instalações de media tensão, de 1 a 36kV; NBR 16690, que trata de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) e NBR 5410, que trata da segurança elétrica em baixa tensão. O projeto apresentado leva em conta todas as normas e diretrizes supracitadas.

### 2.5.1 Muflas isoladoras de média tensão

No projeto apresentado existe a necessidade de utilizar muflas elétricas para garantir a isolação necessária entre o cabeamento condutor e os transformadores, evitando fuga de corrente e o chamado efeito “corona” que são pontos quentes que podem gera superaquecimento ou até mesmo curto-circuito.

No GED-11845 – vol.1.1 da CPFL podemos encontrar as normas vigentes para a correta instalação das muflas e o desenho técnico representativo para compreender a disposição, altura, espaçamento e outros dados para a correta aplicação das mesmas. Segue:

	Tipo de Documento: Padrão de Instalação
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Rede Primária Compacta 15kV e 25kV - Entrada de Cliente - Montagem

A fixação das muflas deverá ser realizada por meio de abraçadeira para a fixação das muflas na cruzeta polimérica ou concreto leve através de um suporte L, conforme Especificação Técnica CPFL 5109.



### 6.2 Fixação das estruturas – Postes de 12 metros

Estrutura CENCfus ECs					
Carga Nominal Poste (daN)		400	600	1000	1200
Unidade Compatível (UnC)		85078	85089	85080	85081
Material Variável	Cinta de Aço (mm)	210	230	270	290
	Parafuso Espaçador (mm)	210	230	280	300
	Parafuso Espaçador (mm)	500	550	600	600

Estrutura EN ECs(mufla)					
Carga Nominal Poste (daN)		400	600	1000	1200
Unidade Compatível (UnC)		85070	85098	85099	85100
Material Variável	Cinta de Aço (mm)	230	270	300	320
		240	270	300	320

Figura 8: Padrão de Instalação CPFL  
 FONTE: CPFL.COM.BR (2024).

Após a definição de fixação das estruturas temos o desenho técnico do poste do cliente já com todos os acessórios necessários.

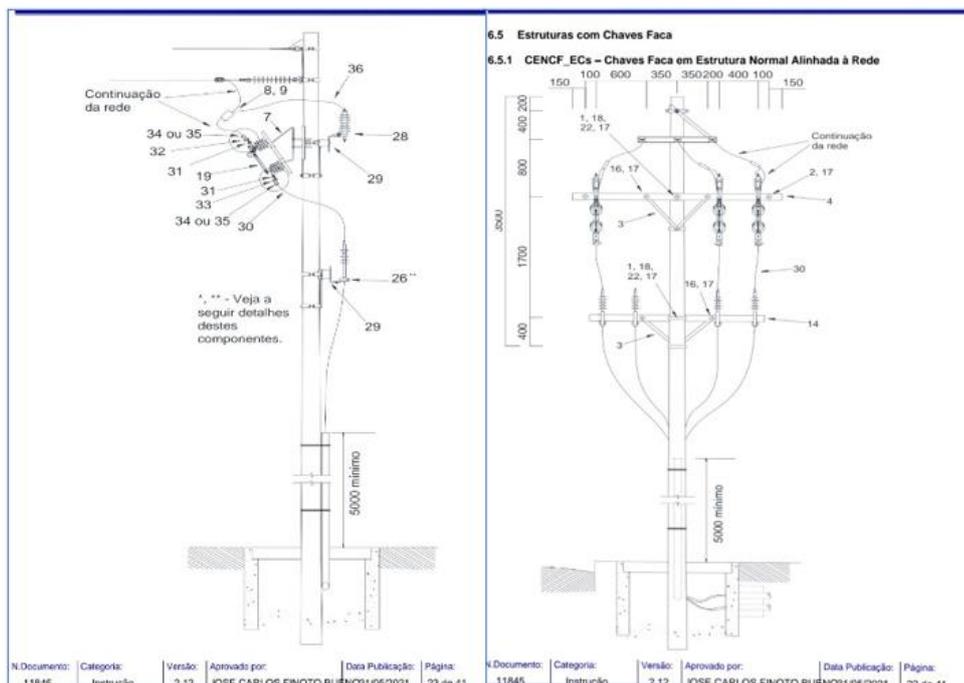


Figura 9: Esquema Elétrico de Instalação Poste  
 FONTE: CPFL.COM.BR (2024).

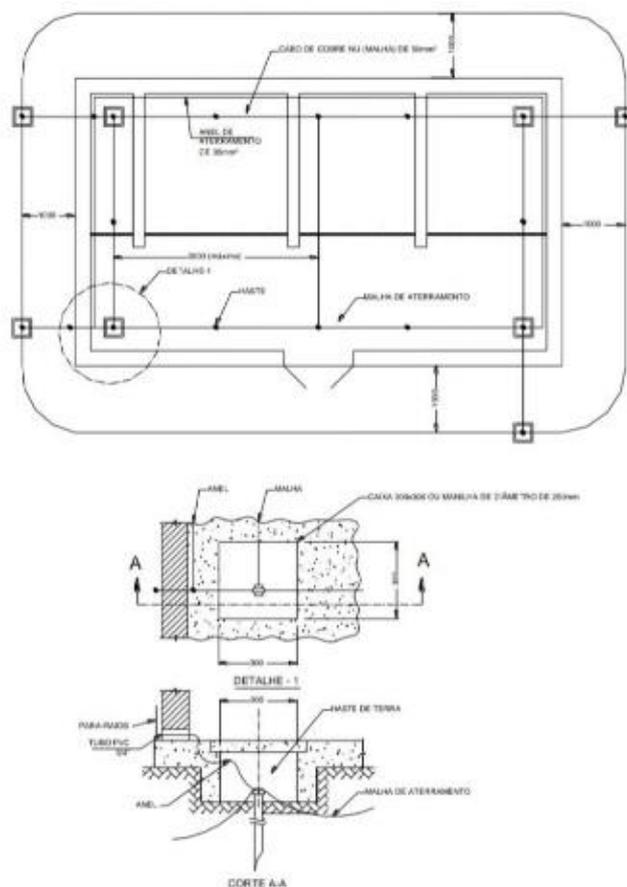
### 2.5.2 Sistema de Aterramento

A CPFL determina em seu GED-2855 – vol.1 a forma como deve ser feito o sistema de aterramento, medida e conexão das hastes e também o espaço físico a ser considerado.

As hastes de aterramento devem ter comprimento mínimo de 2,40 metros, sendo aceitos os Seguintes tipos:

- Cantoneira de aço zincado de 25mm x 25mm x 5mm;
- Haste de aço zincado de diâmetro de 5/8" (16mm);
- Haste de aço revestido de cobre ou haste de cobre de diâmetro de 5/8" (16mm).

As conexões haste-cabo devem ser feitas com conexão mecânica (conectores ou grampos adequados) ou com solda exotérmica. Conexões mecânicas embutidas no solo devem ser protegidas contra corrosão, através de caixa de inspeção com diâmetro mínimo de 250mm que permita o manuseio de ferramenta. Esta exigência não se aplica a conexões entre peças de cobre ou cobreadas, com solda exotérmica.

**Notas:**

- 1) Toda a parte metálica não energizada (tela ou equipamento) deverá ser aterrada através de cabo de cobre de no mínimo 25mm<sup>2</sup>.
- 2) Detalhes vide item 6.6 do documento CPFL nº 2855.
- 3) Externamente à cabine, conexões mecânicas (com conectores de aperto) ou com solda exotérmica, devem atender ao disposto no item 6.6 do documento CPFL nº 2855.

N.Documento:	Categoria:	Versão:	Aprovado por:	Data Publicação:	Página:
2861	Instrução	1.9	JOSE CARLOS FINOTO BUENO	27/06/2022	19 de 53

IMPRESSÃO NÃO CONTROLADA

Figura 10: DES.22 Esquema de Aterramento Posto de Transformação Abrigado  
FONTE: CPFL.COM.BR

A CPFL também faz exigências quanto ao aterramento do posto de transformação e equipamentos metálicos, ferragens e neutro que estejam dentro do posto.

#### 6.6.1- Aterramento do Posto de Medição e Transformação

6.6.1.1- Os sistemas de aterramento para os postos de medição e transformação, devem ser feitos sob os postos, conforme os desenhos 20, 21 e 22, sendo necessário além do apresentado em desenho, a instalação de um anel circundando o perímetro da edificação, atendendo no mínimo o disposto na NBR-14039, interligado ao sistema de aterramento citado e afastado de aproximadamente 1,00 metro do perímetro, a no mínimo 60cm de profundidade, podendo haver

extensões para fora das áreas indicadas, para atingir os valores mínimos exigidos. Outras configurações serão admitidas desde que seja apresentado projeto completo, inclusive os cálculos de tensão de passo, de toque, de transferência, atendendo no mínimo as prescrições de segurança das pessoas e funcionais da instalação, conforme disposto na NBR-14039.

6.6.1.6- Em posto de transformação abrigado em alvenaria, no piso junto à parede, deve ser instalado um anel de aterramento de cabo de cobre nu 35mm<sup>2</sup>, onde são efetuados os aterramentos dos equipamentos, ferragens e neutro, sendo este interligado à malha.

6.6.1.7- Todas as partes metálicas não energizadas da cabine, devem ser interligadas ao anel de aterramento indicado no item anterior, através de fio ou cabo de bitola mínima de 25mm<sup>2</sup> de cobre nu.

6.6.1.11- Todas as interligações entre malha, anel e aterramento dos equipamentos e ferragens, devem ser efetuadas através de conector (conexão mecânica) ou solda exotérmica, sendo vedado o uso de solda de estanho, zinco ou chumbo. Conexões mecânicas embutidas no solo devem ser protegidas contra corrosão, através de caixa de inspeção, conforme NBR-14039.

Aqui temos alguns exemplos de conectores voltados para este fim, a foto a esquerda temos um conector para soldagem e a direita um conector para fazer a junção mecânica.



Figura 11: Conectores para Junção Mecânica  
FONTE: Google.com (2024).

### 2.5.3 Descarga atmosféricas

Outro ponto que deve ser tratado com bastante atenção são as descargas atmosféricas, com a maior incidência de descargas atmosféricas no mundo e a previsão é que a média anual continue aumentando até o fim do século. Um levantamento do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT, órgão do INPE), indica que a estimativa é que a média nacional passe de 70 milhões para 100 milhões de raios nas próximas décadas, devido ao clima.

A CPFL, em seu GED-2855 – vol.1 faz diversas exigências sobre proteções relacionadas ao tema, dentro das características técnicas deste projeto citamos as principais:

6.5.1.2 Para proteção contra descargas atmosféricas, devem ser utilizados jogos de para-raios de invólucro polimérico, a óxidos metálicos, sem centelhador, providos de desligador automático, para uso em redes de distribuição aérea, tensão nominal 12kV para sistemas de classe 15kV.

6.5.1.2.3 Em posto com transformador abrigado em alvenaria, com entrada aérea, instalar para-raios na parte externa da cabine junto às buchas de passagem da média tensão

6.5.1.2.5 Quando após o posto de medição ou transformação existir linha primária aérea, há necessidade da instalação de jogos de para-raios nas suas extremidades.

### 2.5.4 Ventilação

A ventilação adequada em uma cabine primária é crucial por diversos motivos que impactam tanto a segurança quanto o desempenho da instalação como: remover o calor; controle de umidade; eliminação de gases impróprios e desempenho dos equipamentos elétricos que, uma vez que sua temperatura se eleva aumenta sua oposição a passagem de corrente.

Também no GED-2855 – vol.1 a CPFL traz instruções de como de ser a estrutura de ventilação ideal para a cabine primaria em alvenaria com transformador abrigado, a este projeto compete o artigo 7.7.1.8-a).

7.7.1.8 A cabine deve ter pelo menos duas aberturas para iluminação natural e circulação de ar, sendo cada uma com área livre (útil) mínima de 1,00m<sup>2</sup> ou 0,002m<sup>2</sup>

por kVA instalado, devendo-se escolher a que resultar maior área. Devem ser protegidas pelo lado de fora com tela de arame 18BWG e malha de 13mm. Sua instalação deve obedecer a um dos critérios abaixo indicados: as aberturas destinadas à entrada de ar são localizadas, de preferência, a cerca de 400mm do piso e as de saída (vitrô fixo aberto) o mais próximo do teto.

Ambas, de preferência, com o acesso direto para o ar livre. Somente nos casos em que estas condições forem totalmente inviáveis, se admite ventilações para o interior do prédio quando a cabine for semienterrada ou no subsolo e não for possível atender ao item “a” através de poços de ventilação, as entradas e saídas de ar podem ser localizadas mais próximo do teto, porém, em paredes distintas, quando a cabine for parte integrante da edificação é permitida a abertura para o interior da mesma, desde que seja área ampla, com ventilação permanente e não se destine a depósito de materiais combustíveis caso não seja possível a instalação de aberturas conforme os itens acima, deve ser feita a instalação de dutos de ventilação, inclusive com ventiladores comandados por relés térmicos (se necessário) e quando houver acesso pelo lado de fora da cabine, as aberturas de ventilação devem contar com venezianas tipo chicana, conforme desenho 16, folha 1, incluindo a tela de proteção, pelo lado de dentro ou de fora.

## **2.6 Cabos e Conexões elétricas**

Como em todo projeto elétrico, fazer uma boa escolha de Cabos e conexões elétricas garantem maior condutibilidade elétrica, extensão da vida útil dos equipamentos, diminuem custos com manutenção, além de maior segurança a edificação e pessoas.

Com o propósito de atender as normas técnicas vigentes, foi observado as seguintes condições para a correta instalação.

### **2.6.1 Terminais**

Os conectores elétricos são parte fundamental para uma boa montagem do projeto, e neste caso utilizamos conectores para unir cabos aos disjuntores, TP, TC entre outros, tanto que ABNT NBR 5410:2004 dedicou o subitem 6.2.8 para elas. O tópico salienta que “as conexões de condutores entre si e com outros componentes da instalação devem garantir continuidade elétrica durável, adequada suportabilidade

mecânica e adequada proteção mecânica”. A CPFL em seu GED-710 – vol.1, que fala especialmente sobre conexões elétricas, determina a forma de instalação, aperto e torque para diversos tipos de terminais. Neste projeto em especial será usado com frequência o terminal tipo anel ou olhal que são fixados aos cabos por compressão.



Figura 12: Terminais tipo Olhal  
FONTE: CPFL.COM.BR (2024).

Para este modelo em específico a CPFL não traz exigências, mas destaca alguns pontos que devem ser respeitados são eles:

O método de fixação por compressão deve satisfazer as seguintes condições:

- a) Manter um estado de compressão entre o condutor e o conector para garantia do contato elétrico;
- b) Transmitir os esforços mecânicos inerentes à função do conector quando instalado;
- c) Não produzir rupturas ou trincas no conector e no condutor, ou alterar apreciavelmente as características deste. Quando se tratar de condutor encordoado, não deve ser permitida a divisão do encordoamento e após a deformação plástica as seções internas devem ser a mais compactas possíveis;
- d) As deformações devem ser as mínimas necessárias para os efeitos indicados em “a” e “b”.

### 2.6.2 Cabos

Para a escolha dos cabos, uma vez definido o fator de demanda necessário para atender a unidade consumidora, temos no GED-2855 – vol.1 a seguinte informação:

### 6.3.6.1- Ramal de Entrada Aéreo

Os condutores e acessórios para o ramal de entrada aéreo são dimensionados conforme tabela 4 do documento CPFL nº 2856 – vol.2 e baseados nos cálculos de demanda (capítulo 12). Havendo, ponto de derivação, além das três fases, o condutor neutro da rede da CPFL, este deve ser estendido para a interligação dos sistemas de terra (CPFL e consumidor), sendo a bitola dimensionada conforme tabela 3 do documento CPFL nº 2856 – vol.2.

Consultando a tabela recomendada pela CPFL, temos:

	Tipo de Documento: Norma Técnica
	Área de Aplicação: Engenharia de Normas e Padrões
	Título do Documento: Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV - Volume 2 - Tabelas

**Tabela 3 - Ramal de Conexão e de Entrada Aéreo em Classe de Tensão Primária de Distribuição 15kV, 25kV e 34,5kV**

Ramal de Conexão (também aplicável no trecho aéreo de ramal de entrada até o posto/cabine primária):

Demanda Calculada (kVA)	Cabo Coberto
até 1500	70mm <sup>2</sup> [1/0AWG CA]
1501 a 1900	
1901 a 2500	

Ramal de Entrada (vide nota 4):

Demanda Calculada (kVA)	Condutor Nu de Cobre (mm <sup>2</sup> )
até 300	fio 16 [16]
301 a 1900	cabo 35 [16]
1901 a 2500	cabo 50 [35]

Figura 13: Especificação dos Cabos  
FONTE: CPFL.COM.BR (2024).

Nota:

1. O valor entre colchetes indica a bitola do condutor de interligação do neutro da concessionária ao aterramento da unidade consumidora.
2. Para demandas acima de 2500kVA, havendo alimentador expresso, o ramal de conexão é da mesma seção do alimentador.
3. Toda a derivação de rede primária aérea será com cabos cobertos, no padrão de rede compacta e a estrutura do posto com transformador ao tempo ou

cabine ou primeiro poste dentro da propriedade particular, deverá ser adequado para a fixação do ramal de conexão Aplicado.

## **2.7 Testes e Comissionamento**

Os testes e o comissionamento em uma cabine de média tensão são cruciais para garantir a segurança, a confiabilidade e a eficiência do sistema elétrico, como um todo. Através de um processo abrangente, assegurando a operação da instalação, com esses testes podemos prevenir falhas, garantir a segurança da instalação e a conformidade com as normas. Fizeram parte dos testes e comissionamento as etapas de:

**Inspeção visual:** Verificado se a instalação está em conformidade com o projeto e as normas, buscando por sinais de danos ou anomalias.

**Testes elétricos:** Avaliado o funcionamento dos equipamentos, conexões, isolamentos e sistemas de proteção, utilizando instrumentos específicos.

**Calibração:** Conferido os instrumentos de medição e proteção para garantir a precisão das leituras

**Simulações e ensaios:** Fora reproduzido cenários de operação e falhas para verificar o comportamento do sistema em situações adversas.

O GED-2858 da CPFL traz um roteiro de inspeção e verificação a ser seguido especialmente em projetos de Media Tensão cujo ramal de entrada seja por meio aéreo.

### **2.7.1 Teste de isolamento**

O teste de isolamento tem como objetivo encontrar, diagnosticar e prevenir possíveis falhas na isolação de condutores e equipamentos como os disjuntores. A maioria das falhas nos disjuntores elétricos são o resultado de uma anomalia no isolamento. Se a deterioração do isolamento for detectada antes da falha, poderão até ser recuperados em vez de substituídos.

Para o ensaio ser realizado e preciso um megôhmetro, equipamento para medição de grandes resistências, com o disjuntor na posição fechada, bem com através dos contatos abertos em cada fase. A tensão a se aplicar varia de acordo com a orientação do fabricante do disjuntor

A figura abaixo mostra como devem ser conectados os cabos do megôhmetro as bobinas do disjuntor.

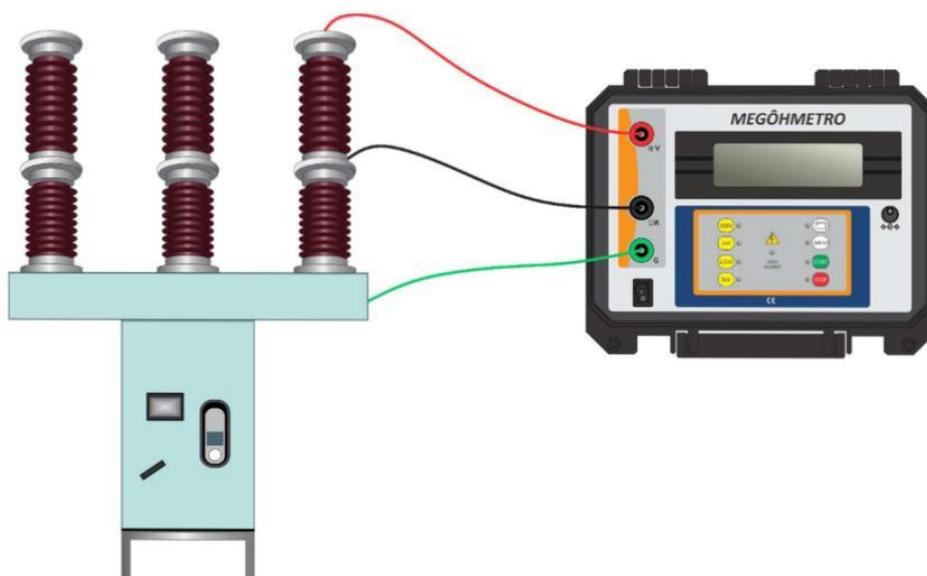


Figura 14: Teste de Megômetro das Bobinas do Disjuntor  
FONTE: Google.com (2024).

### 2.7.2 Fuga de corrente

O equipamento utilizado para realizar esse diagnóstico é o megômetro, seu princípio de funcionamento é ao aplicar uma tensão de corrente contínua em um equipamento é possível coletar a corrente de fuga que circula através do material isolante. Com a tensão injetada e com a coleta da corrente de fuga o megômetro calcula e indica a resistência dielétrica do material isolante em uma escala de Mega Ohms. O valor da resistência dielétrica aceitável depende muitas vezes da temperatura do ambiente, dos ensaios de tipo e de outros fatores recomendados em normas técnicas.

Um teste mais simples e importante também deve ser feito, que consiste em interromper o disjuntor de baixa e verificar a corrente que flui pelos condutores, assim podemos determinar se a fuga de corrente.

Obs.: neste teste uma corrente pequena deve ser detectada, uma vez que o transformador está em funcionamento e por tanto consumindo parte da energia que vem da rede.

### 3 CONSTRUÇÃO DO KIT DIDÁTICO

A construção da maquete serve como uma ferramenta, que ilustra, de forma concreta, os conceitos teóricos abordados sobre o tema. Ela nos permite demonstrar o funcionamento e a disposição dos componentes de uma cabine primária; além de ser uma excelente ilustração didática também nos permite simular um cenário real de operação e falhas, permitindo demonstrar a função de cada componente nela instalados.

#### 3.1 Visita Técnica

O primeiro passo para a construção da maquete foi conhecer uma cabine primária por dentro e poder visualizar a disposição dos equipamentos, as diretrizes de segurança e sua operação.



Figura 15: Transformador de potência (TP) a esquerda e chaves seccionadora tipo faca a direita.

FONTE: Do próprio Autor, 2024

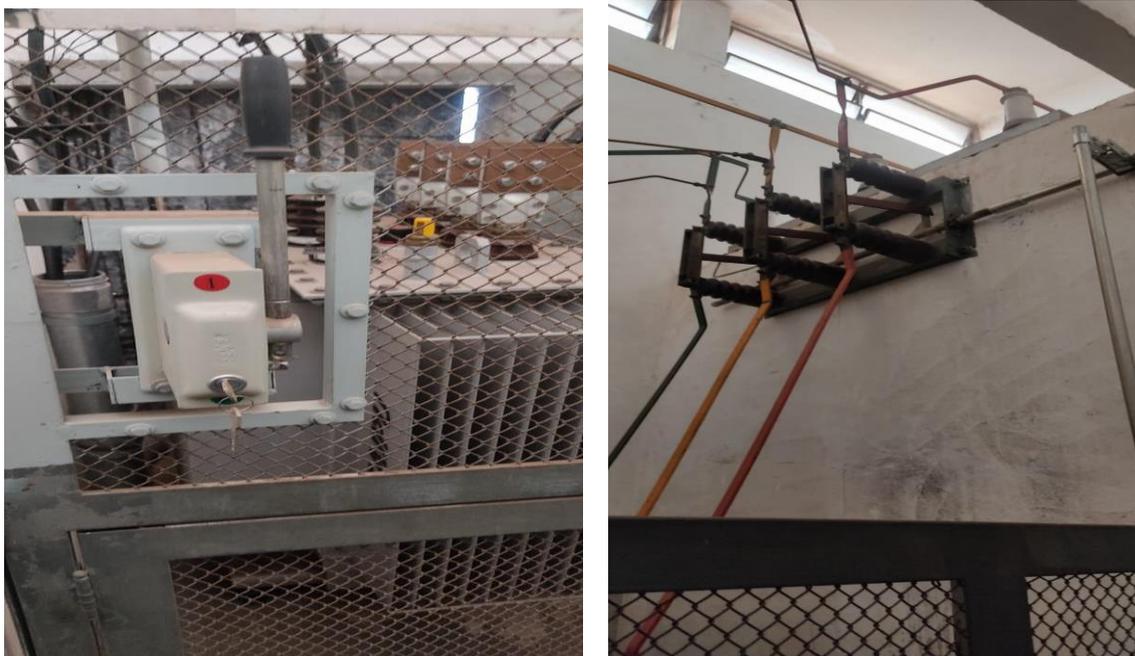


Figura 16: Transformador a esquerda e chave seccionadora (pós disjuntor) a direita

FONTE: Do próprio Autor, 2024



Figura 17: Vista lateral do Transformador a esquerda e disjuntor de media a óleo a direita.

FONTE: Do próprio Autor, 2024

### 3.2 Lista de Componentes

A escolha dos equipamentos para a maquete é um passo importante para garantir um resultado final realista e esteticamente agradável. A seleção dos materiais levou em conta a disponibilidade de peças e equipamentos em estoque pessoal e também do orçamento disponível, tendo como base a necessidade em fazer a escolha de equipamentos que mais se assemelham a realidade

QNT.	ITENS	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	BOTAO FACEADO ILUMINADO WEG VERDE	R\$20,00	R\$20,00
1	BOTAO FACEADO ILUMINADO WEG AZUL	R\$20,00	R\$20,00
1	BOTAO FACEADO ILUMINADO WEG VERMELHO	R\$20,00	R\$20,00
1	FONTE 220/24V PHOENIX 24DC/0	R\$435,00	R\$435,00
1	CONTATOR TRIPOLAR 24VDC SIEMENS	R\$600,00	R\$600,00
10	CHAVE TIC TAC	R\$30,00	R\$300,00
2	BLOCO DE CONTATO LAT 1NA + 1NF SIEMENS	R\$60,00	R\$120,00
1	CONTATOR 3P 32A 220V SIEMENS	R\$465,00	R\$465,00
1	MINI DISJUNTOR BIFASICO 6ª SIEMENS	R\$44,00	R\$44,00
1	BOTAO EMERG. C/ TRAVA METALTEX	R\$50,00	R\$50,00
1	BOTÃO COMANDO DUPLO NA/NF + ILUMI.	R\$35,00	R\$35,00

1	RELE DE SEGURANÇA 24VCC WEG	R\$500,00	R\$500,00
1	TRILHO DIN COM FUROS OBLONGO	R\$30,00	R\$30,00
1	CONTATOR 3P 7A 24V SIEMENS	R\$345,00	R\$345,00
1	FONTE CHAVEADA 5ª 24VCC	R\$466,00	R\$466,00
3	BASE DE FUSIVEL NH 10A	R\$45,00	R\$135,00
3	FUZIVEL DIAZED 6A	R\$56,00	R\$168,00
10	SINALEIRO METALTEX VERMELHO 24V	R\$15,00	R\$150,00
10	SINALEIRO METALTEX VERDE 24V	R\$15,00	R\$150,00
10	SINALEIRO METALTEX BRANCO 24V	R\$15,00	R\$150,00
10	MICRO FIM DE CURSO 15A 250VCA	R\$15,00	R\$150,00
10	SINALEIRO METALTEX AMARELO 24V	R\$30,00	R\$300,00
	TOTAL		R\$4913,00

Tabela 2: Relatório de gastos

Fonte: Do próprio Autor, 2024

### 3.3 Esquema elétrico

Com o uso da ferramenta CadSimu foi possível elaborar e testar todo o esquema elétrico de potência e comando, garantindo agilidade ao processo de montagem e baixa taxa de erro.

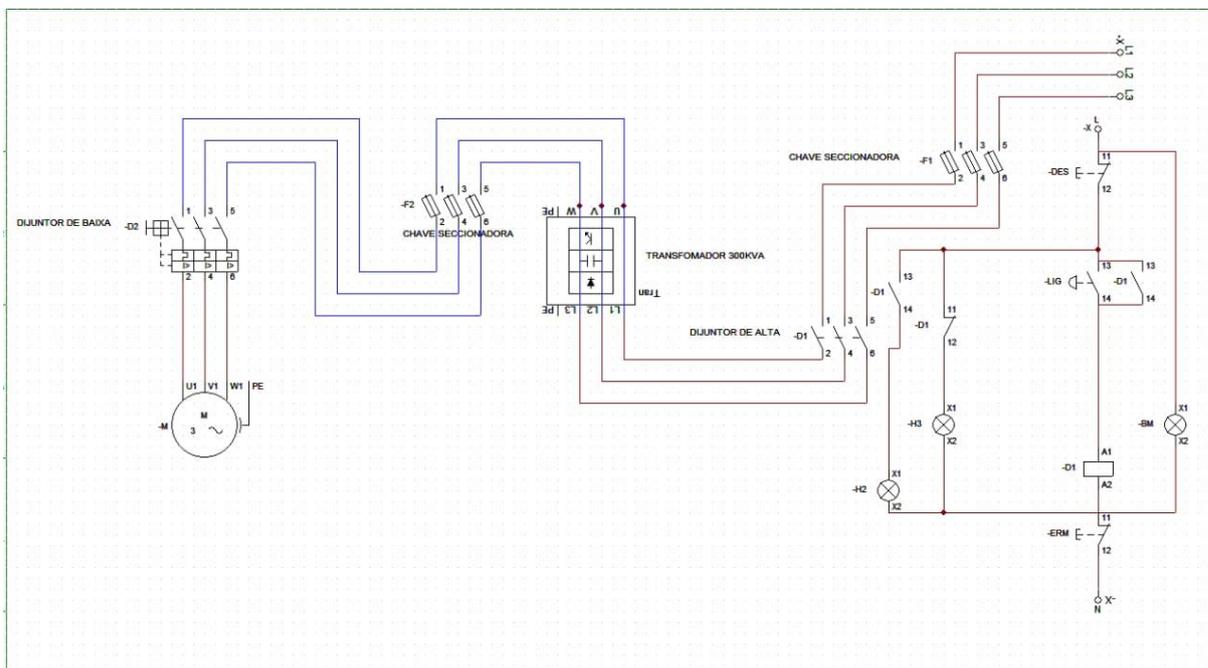


Figura18: Esquema elétrico

Fonte: Do próprio Autor, 2024

### 3.4 Construção

O planejamento para o desenvolvimento da maquete didática foi feito com base na bibliografia e nas normas atualizadas da CPFL (COMPANIA PAULISTA DE FORÇA DE LUZ). Foi utilizado uma placa de mdf e chapatex como base para a mesma.

A maquete é específica para a simulação de um padrão de entrada área com transformador abrigado em alvenaria, ela conta com 5 divisórias que simulam cada etapa do processo: entrada 13.800V passando pelo TP (transformador de Potência) e TC (transformador de corrente), na segunda divisória do projeto simulamos a passagem pelo disjuntor de alta tensão, seguindo para a terceira divisão onde se encontra o transformador, que na maquete fara o rebaixamento de 220V para 24V e 48V, simulando o que seria 127/220 ou 220/380, padrões mais comumente

encontrados nos comércios e indústrias da nossa região, na quarta divisão temos os disjuntores de baixa tensão, e na quinta etapa segue para os painéis de distribuição

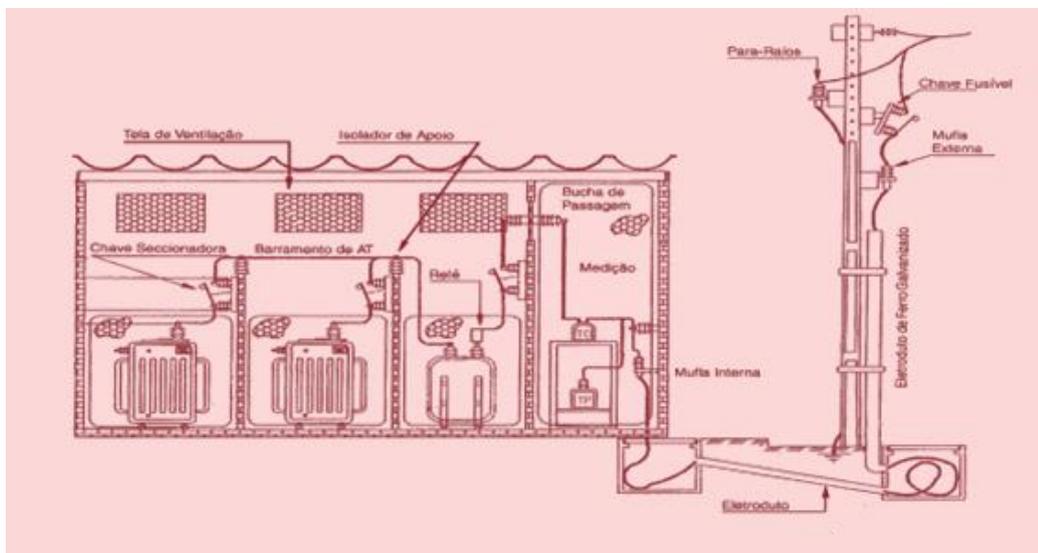


Figura19: Etapas do processo de rebaixamento

Fonte: Google.com (2024)



Figura 20: Itens adquiridos para elaboração do projeto

FONTE: Do próprio Autor, 2024

### 3.4.1 Estrutura

Como base para o kit didático foi utilizada placas de MFP tendo em vista seu baixo custo e também sua capacidade de isolamento, o MFP também se destaca pelo

seu baixo peso e durabilidade, fácil de transportar e pode, se necessário, ser desmontado para montagem posterior.



Figura 21: Base do kit didático e suas divisórias

FONTE: Do próprio Autor, 2024

### 3.4.2 Disposição dos componentes

A fixação de cada peça foi feita com base nas atualizações mais recentes das normas e diretrizes contidas nos GED's da CPFL, que tratam sobre o tema de produção, geração ou transformação de energia. Seguir as últimas atualizações da Companhia Paulista de Força e Luz garantem um kit didático atualizado e reproduzem com fidelidade a forma mais realista e segura de um projeto desta categoria



Figura 22: Base do kit didático e suas divisórias

FONTE: Do próprio Autor, 2024

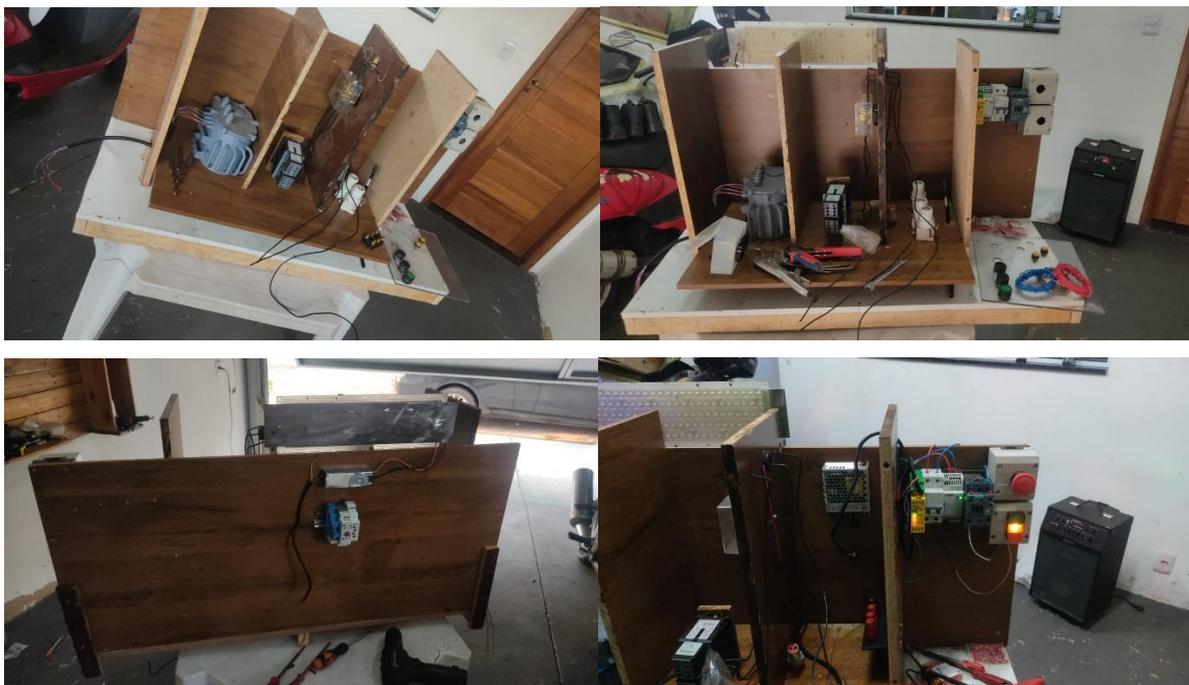


Figura 23: Processo de montagem e fixação dos componentes

FONTE: Do próprio Autor, 2024

### 3.4.3 Transformador

Com a ajuda de uma impressora 3D conseguimos construir uma réplica de um transformador em escala reduzida na proporção 20:1, podemos destacar o transformador como o coração do projeto, é ele que deve garantir a energia na tensão e correntes exigidas para um projeto de rebaixamento de tensão.



Figura 24: Transformador fabricado em impressora 3D

FONTE: Do próprio Autor, 2024

### 3.4.4 Portas e segurança

Na sequência foi iniciada a montagem com a fixação dos componentes, para inserção das portas, foi decidido por placas de acrílico de 5mm, pela sua rigidez, transparência, baixo peso e isolamento elétrico. A aplicação dos sensores de segurança, aqui representados pelas chaves de fim de curso, que vão simular todos os recursos de segurança necessários para garantir a segurança de todos e também do projeto como um todo.



Figura 25: Testes dos componentes a esquerda e instalação das portas a direita

FONTE: Do próprio Autor, 2024

### 3.5 Entrega do Kit Didático

A entrega do Kit, que deverá permanecer sob os cuidados da Etec Sylvio de matos carvalho, culminou com o início da 28ª feira tecnológica onde o mesmo pode ser apreciado e conhecido pelos alunos da instituição presentes no evento como também pelos visitantes.



Figura 26: Entrega do projeto para a feira tecnológica

FONTE: Do próprio Autor, 2024

O kit Didático esteve disponível para visitação e apreciação durante os dois dias de feira e foi frequentemente visitado, uma ótima oportunidade para os alunos envolvidos no projeto falarem sobre suas características e particularidades.



Figura 27: Demonstração do projeto para visitantes da feira.

FONTE: Do próprio Autor, 2024



Figura 28: Professores e representantes da indústria em visita ao projeto.

FONTE: Do próprio Autor, 2024

Após a feira tecnológica ficou evidente a necessidade da troca da base do projeto para outro material mais resistente e duradouro, optamos por usar placas de madeira tipo MDP por sua resistência a furos e água, confeccionando assim um equipamento de maior vida útil e confiável. Fora repetido o processo de montagem, seguindo os mesmos passos e seguindo com fidelidade todo o esquema elétrico anterior.



Figura 29: Troca de base para material mais resistente.

FONTE: Do próprio Autor, 2024

#### **4 RESULTADOS ALCANÇADOS**

O projeto consolidou todas as técnicas e princípios aprendidos em sala de aula, ao agrupar técnicas de organização de ideias, habilidades de trabalho em grupo, desmistificação de todos os agentes complexos e que por muitas vezes jamais seriam explorados se não pela necessidade de elaboração do mesmo.

Se destaca principalmente pelo seu legado, ao ser objeto de estudo de futuros alunos do Centro Paula Souza, que agora podem ter acesso a parte documental de todos os recursos necessários para a elaboração de um projeto de cabine primária, como também podem estudar e compreender a parte prática do mesmo através do kit didático, que exemplifica em detalhes cada componente a ser usado, sua finalidade e atribuição.

Notável também o estudo da importância da segurança em instalações deste porte, haja visto que um projeto desta natureza segue regras rigorosas acerca do tema, bem como o estudo sobre levantamento de carga, tipos e categorias de cada componente e etc.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, fora explorado em profundidade as cabines primárias de média e baixa tensão, analisando seus componentes, funcionamento, e a importância na cadeia de fornecimento de energia. Ao longo da pesquisa, ficou evidente a relevância dessas estruturas para a garantia da continuidade do serviço. As cabines primárias atuam como pontos de conexão e transformação da energia, assegurando um fornecimento contínuo e de qualidade aos consumidores.

Neste estudo ficou evidente que quando equipadas com dispositivos de proteção, as cabines minimizam os riscos de curto-circuito, sobrecargas e outras ocorrências que podem comprometer a integridade da rede, permitem a distribuição de energia para diversos tipos de consumidores, desde residências e comércios até indústrias de grande porte.

No entanto, a operação e manutenção de cabines primárias também apresentam desafios, como o envelhecimento da infraestrutura, muitas cabines em operação foram instaladas há décadas, necessitando de modernização e atualização para atender às novas demandas do setor. Também se faz importante escolha de materiais e tecnologias mais sustentáveis algo que é fundamental para minimizar o impacto ambiental das cabines.

Diante desses desafios, o setor elétrico está investindo em diversas soluções, e todo estudo voltado ao tema, especialmente feito por estudantes da área, torna-os mais capacitados e preparados para um futuro onde cada vez mais novas técnicas e componentes vão surgir e demandar mais conhecimento.

Podemos citar a digitalização das redes e a implementação de sistemas inteligentes de monitoramento e controle que permite otimizar a operação das cabines e detectar falhas de forma precoce; materiais mais eficientes e sistemas de refrigeração avançados que contribuem para aumentar a eficiência energética das cabines.

Em suma, as cabines primárias são ativos estratégicos para o setor elétrico, e seu estudo aprofundado é essencial para garantir a qualidade e a confiabilidade do fornecimento de energia. Ao acompanhar as tendências e investir em novas tecnologias, o setor elétrico poderá construir um futuro mais sustentável e eficiente para a distribuição de energia elétrica.

## REFERÊNCIAS

**ABNT**, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV.

**ABNT**, Associação Brasileira de Normas Técnicas: <https://abntcatalogo.com.br/>. Acessado dia 05 de abril de 2024.

**ABNT**, NBR IEC 62271-200:2007: Cabines de média tensão para sistemas de distribuição de energia elétrica – Parte 200: Requisitos específicos para cabines pré-fabricadas.

**ABNT**, NBR 16690: Sistemas de aterramento – Parte 1: Definições e critérios gerais.

**ABNT**, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão.

**Barreto**, Enio Padilha. “Instalações Elétricas Industriais”. Editora Érica, 2019.

Cabines de Média Tensão: Guia Prático de Dimensionamento, Instalação e Manutenção” por Cláudio Gonçalves Buarque e Luiz Fernando Consentino Silva.

**CPFL**, <https://www.cpfl.com.br/>. Acessado dia 12 de abril de 2024.

**GED-119** – Fornecimento de Energia Elétrica a Edifícios de uso Coletivo.

**GED-185** – Aterramentos na Distribuição.

**GED-709** – Medida da Resistência de Aterramento.

**GED-717** – Inspeção e Manutenção de Cabinas Transformadoras e Centros de Medição de Edifícios de Uso Coletivo.

**GED-2855** – Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV – Volume 1.

**GED-2856** – Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV – Volume 2 – Tabelas.

**GED-2858** – Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV – Volume 3 – Anexos.

**GED-2859** – Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV – Volume 4.1 – Desenhos.

**GED-2861** – Fornecimento em Tensão Primária 15kV, 25kV e 34,5kV – Volume 4.2.

**GED-3667** – Projeto de Rede de Distribuição – Cálculo Elétrico.

**GED-3668** – Projeto de Rede de Distribuição – Terminologia.

**GED-10099** – Requisitos para Conexão de Cargas Potencialmente Perturbadoras ao Sistema Elétrico da CPFL.

**GED-16789** – Procedimento para realização de serviço de implantação ou adequação SMF – classe de tensão A4 e A3a.

**GED-17320** – Procedimento para implantação ou adequação SMF – Consumidor Livre, Especial ou Cativo.

**Kosow**, Irving L. “Máquinas Elétricas e Transformadores”. Pearson Education do Brasil, 2012.

**NR10 – (SEP)**, Norma Regulamentadora de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. <https://www.gov.com.br>. Acessado dia 18 de abril de 2024.

**Soares**, Jacyr. “Instalações Elétricas”. Editora Érica, 2002.