

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Paulo Cesar Charão de Moraes

**METODOLOGIA PARA DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE SUBESTAÇÃO
69kV- 13,8kV EM UNIDADE CONSUMIDORA DE ENSINO SUPERIOR**

Santa Maria, RS
2023

Paulo Cesar Charão de Moraes

**METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE SUBESTAÇÃO
69- 13,8kV EM UNIDADE CONSUMIDORA DE ENSINO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Eletricista**.

Orientador: Prof. Dr. Luciane Canha Neves

Santa Maria, RS
2023

Paulo Cesar Charão de Moraes

**METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE SUBESTAÇÃO
69- 13,8kV EM UNIDADE CONSUMIDORA DE ENSINO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Eletricista**.

Aprovado em 12 de julho de 2023.

**Luciane Canha Neve, Dr.^a (UFSM)
(Presidente/Orientadora)**

Aerton Pedra Medeiros (UFSM)

Maicon Robe Ferreira (UFSM)

Santa Maria, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus que em todos momentos me deu força e coragem para seguir em frente.

Agradeço imensamente ao professora Luciane Canha Neves, pelo incentivo, por acreditar em mim, e principalmente pela paciência e disposição em ensinar. Agradeço pela chance de trabalhar com vocês, são pessoas incríveis.

Agradeço ao professor Daniel Pinheiro Bernardon, por esclarecer dúvidas sobre tópicos do trabalho.

Ao professor Mauricio Sperandio, por esclarecer dúvidas sobre tópicos do trabalho.

A todas as amigas e todos os amigos, às colegas e aos colegas, pelos momentos compartilhados. A todos os professores que conheci que me tocaram profundamente com a sua prática. Ao ensino público, pela oportunidade de fazer parte da Universidade Federal de Santa Maria e poder aproveitar de sua estrutura.

Agradeço ao Engenheiro André e o PROINFRA – Pró-Reitoria de Infraestrutura – UFSM dúvidas sobre tópicos do trabalho e materiais de pesquisa

Agradeço a minha versão do passado, por termos chegado até aqui.

E por fim, ao José Hundertmarker por ter me ajudado a superar as dificuldades e mostrar que era possível a realização desse sonho e que deus o tenha no céu. Muito obrigado!

RESUMO

METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE SUBESTAÇÃO 69- 13,8kV EM UNIDADE CONSUMIDORA DE ENSINO SUPERIOR

AUTOR: Paulo Cesar Charão de Moraes

ORIENTADOR: Luciane Canha Neves

O presente trabalho apresenta uma metodologia de desenvolvimento de um projeto de subestação consumidora da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), no qual se realiza uma análise de viabilidade de migração do subgrupo tarifário do contrato vigente, A4, para o subgrupo A3, ambos no mercado cativo. A metodologia aplicada envolveu a coleta de dados de demanda de potência ativa medida e o consumo de energia elétrica no período de fevereiro de 2022 a fevereiro de 2023, com base nas faturas de energia fornecidas pela Pró Reitoria de Infraestrutura (PROINFRA), local. Os dados foram compilados em um programa de planilha eletrônica, possibilitando a geração de gráficos e tabelas, e a simulação da fatura de energia considerando que o campus sede da UFSM estivesse com contrato vigente no subgrupo A3 e modalidade alternativa horo-sazonal azul, no mercado cativo. O estudo de caso constatou que do ponto de vista normativo e, especialmente, financeiro, há plena viabilidade para migração. A economia prevista no período selecionado, seria de R\$ 3.235.648,0 por ano. A potencial economia verificada, se resume na celebração de um novo contrato de fornecimento e demanda um grande aporte financeiro, para viabilizar a construção de uma subestação particular que permita que a tensão de fornecimento seja em alta tensão, igual a 69 kV que em 4 anos se paga o investimento, a partir de gerar uma economia para universidade que destina a analisar o estudo dos equipamentos e o projeto eletromecânico da subestação abaixadora aérea 69/13,8 kV, 15 MVA, do Campus Santa Maria da Universidade Federal de Santa Maria, seguindo as normas subestação. Todos esses subprocessos são descritos, apresenta-se uma proposta de arranjo eletromecânico para a subestação do Campus do Santa Maria com uma entrada de linha de 69 kV, barramentos simples em AT e MT, potência inicial de 15 MVA, com possibilidade de expansão e três alimentadores MT. Também é feito um memorial descritivo do projeto eletromecânico, com a especificação técnica dos equipamentos a serem adquiridos e um orçamento do custo total da subestação. São apresentados os seus principais equipamentos constituintes, bem como suas características a serem especificadas no momento da compra. O processo de implantação de uma subestação é subdividido em subprocessos que vão desde o planejamento até a energização

Palavras-chave: Subestação. Equipamentos. Subgrupo A3. SubgrupoA4.Tarifário.

ABSTRACT

69-13.8kV SUBSTATION PROJECT DEVELOPMENT METHODOLOGY IN HIGHER EDUCATION CONSUMER UNIT

AUTHOR Paulo Cesar Charão de Moraes
ADVISOR: Luciane Canha Neves

The present work presents a methodology for the development of a consumer substation project at the Federal University of Santa Maria (UFSM), in which a feasibility analysis is carried out for the migration of the tariff subgroup of the current contract, A4, to the subgroup A3, both in the captive market. The methodology applied involved the collection of measured active power demand data and the consumption of electricity from February 2022 to February 2023, based on energy bills provided by the local Pro-Rectorate of Infrastructure (PROINFRA). The data were compiled in an electronic spreadsheet program, enabling the generation of graphs and tables, and the simulation of the energy bill considering that the UFSM headquarters campus had a contract in force in subgroup A3 and blue hourly-seasonal alternative modality, in the market captive. The case study found that from a normative and, especially, financial point of view, there is full viability for migration. The expected savings in the selected period would be R\$ 3,235,648.0 per year. The potential savings verified can be summarized in the signing of a new supply contract and demand a large financial contribution, to enable the construction of a private substation that allows the supply voltage to be in high voltage, equal to 69 kV that in 4 years the investment is paid, from generating savings for the university that is destined to analyze the study of the equipment and the electromechanical project of the 69/13.8 kV, 15 MVA aerial step-down substation, on the Santa Maria Campus of the Federal University of Santa Maria, following substation standards. All these sub-processes are described, a proposal for an electromechanical arrangement is presented for the substation on the Campus of Santa Maria with a line input of 69 kV, single bars in AT and MV, initial power of 15 MVA, with the possibility of expansion and three MT feeders. A descriptive memorial of the electromechanical project is also prepared, with the technical specification of the equipment to be acquired and a budget of the total cost of the substation. Its main constituent equipment is presented, as well as its characteristics to be specified at the time of purchase. The implementation process of a substation is subdivided into subprocesses ranging from planning to energization

Keywords: Substation. Equipment. Subgroup A3. Tariff. Subgroup A4

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Subestação de distribuição	22
Figura 2 – Canaleta aberta	24
Figura 3 – Barramento simples.....	26
Figura 4 – Duplo barramento simples	27
Figura 5 - Barramento simples seccionado.....	28
Figura 6 – Barramento principal e de transferência	29
Figura 7 – Barramento duplo com um disjuntor	30
Figura 8 – Barramento duplo com disjuntor duplo	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 – Barramento com disjuntor e meio	31
Figura 10 – Barramento em anel	32
Figura 11 – Circuito magnético elementar de um transformador.....	36
Figura 12 – Circuito equivalente de um transformador real.....	37
Figura 13 – Ligação de bobinas em triângulo	38
Figura 14 – Ligação das bobinas em zigue-zague	38
Figura 15 – Ligação das bobinas em estrela.....	39
Figura 16 – Componente de montagem de um transformador	40
Figura 17 – Chave seccionadora tripolar de comando simultâneo	43
Figura 18 – Rede de Monitoramento	47
Figura 19 – Diagrama unifilar	58
Figura 20 – Terreno inicialmente proposto para a SE UFSM <i>campus</i> de Santa Maria.....	59
Figura 21 – Terreno escolhido para a SE	60
Figura 22 – Malha de terra exemplo.....	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Nível de tensão	20
Quadro 2 – Valor base da tarifa de demanda.....	54
Quadro 3 – Informações das últimas 12 faturas da UFSM.....	54
Quadro 4 – Custo de energia do grupo A3	55
Quadro 5 – Custo de energia do grupo A4	55
Quadro 6 – Projeção de Carga	56
Quadro 7 – Número de hastes de aterramento.....	62
Quadro 8 – Características do banco de baterias.....	69
Quadro 9 – Orçamento estimado	70

LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CME	Custo Marginal de Expansão
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
CS	Circuito Simples
D1	Circuito duplo com a utilização de apenas um lado
EL	Entrada de Linha
ET	Entrada de Transformador
GIS	Subestações Isoladas a Gás
IB	Interligação de barras
LT	Linha de Transmissão
MIG	Módulo de Infraestrutura Geral
MIM	Módulo de Infraestrutura de Manobra
MT	Média Tensão
MM	Módulo de Manobra
ONS	Operador Nacional do Sistema
PR	Para-Raios
PROINFRA	Pró Reitoria de Infraestrutura
RGE	Rio Grande Energia
SE	Subestação
TC	Transformador de Corrente

TE	Tarifa de Energia
TP	Transformador de Potência
TRAFO	Transformador
TSA	Transformadores de serviços auxiliares
TUSD	Tarifa de uso de distribuição

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVO GERAL.....	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 TARIFA DE ENERGIA.....	17
2.1.1 Estrutura tarifária	17
2.1.2 Modalidades tarifárias	18
2.2 SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA	19
2.2.1 Classificação das subestações	19
2.2.1.1 <i>Classificação quanto ao nível de tensão</i>	20
2.2.1.2 <i>Classificação quanto à categoria de utilização</i>	21
2.2.1.2.1 Subestação elevadora.....	21
2.2.1.2.2 Subestação abaixadora.....	21
2.2.1.2.3 Instalação ao tempo em barramentos nus e instalação convencional	21
2.2.1.2.4 Isoladas a gás	22
2.2.1.2.5 Híbridas	23
2.2.2 Classificação quanto à função	23
2.3 EQUIPAMENTOS DE UMA SE.....	23
2.4 BARRAMENTOS	25
2.5 DISJUNTORES.....	32
2.5.1 Especificação de disjuntores	33
2.5.1.1 <i>Normas específicas</i>	34
2.6 TRANSFORMADORES DE FORÇA	35
2.6.1 Especificação de transformadores	41
2.6.1.1 <i>Normas específicas</i>	41
2.7 CHAVES SECCIONADORAS	42
2.7.1 Especificação de chaves seccionadoras	44

2.7.1.1 Normas específicas chaves seccionadoras	44
2.8 PÁRA-RAIOS	45
2.8.1 Especificação de para-raios	45
2.8.1.1 Normas específicas de para-raios.....	46
2.9 Modernizações em Subestações	46
2.10 CONCLUSÃO.....	48
3 PROJETO DE SUBESTAÇÕES.....	50
3.1 INTRODUÇÃO.....	50
3.1.1 Planejamento.....	50
3.1.2 Projeto civil	51
3.1.3 Projeto eletromecânico.....	51
3.1.4 Projeto elétrico.....	52
3.1.4.1 Projeto de automação.....	52
3.1.5 Processo de compra	53
3.1.6 Comissionamento.....	53
3.1.7 Energização	53
3.2 PROJETO ELETROMECAÂNICO DA SE CAMPUS E SANTA MARIA UFSM	53
3.2.1 Análise da viabilidade e diferenças entre tarifas	53
3.2.2 Transformador de potência	56
3.2.3 Diagrama unifilar SE	57
3.2.4 Planejamento da SE campus de Santa Maria UFSM.....	59
3.2.5 Escolha do terreno	59
3.2.6 Malha de terra	60
3.2.6.1 Estudo da resistividade do solo	62
3.2.6.2 Cálculo da malha de terra.....	63
3.2.6.2.1 Condutores da malha de terra	63
3.2.7 Blindagem.....	63
3.2.8 Estruturas.....	63
3.2.8.1 Entrada de linha	63
3.2.8.2 Barramento 72,5 kV.....	64
3.2.8.3 Conexão AT do Trafo 02T1	65

3.2.8.4 Conexão BT do Trafro 02T1.....	65
3.2.8.5 Barramento de 15 kV.....	66
3.2.8.6 Iluminação dos pátios e acessos.....	67
3.2.8.7 Edificações	67
3.2.8.8 Base do transformador.....	67
3.2.8.9 Critério gerais do sistema de combate a incêndio	67
3.2.8.10 Banco de baterias.....	68
3.3 Orçamento da SE (subestação)	69
3.4 CONCLUSÃO.....	71
4 CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	72
4.1 CONCLUSÃO.....	72
4.2 TRABALHOS FUTUROS.....	73
5 REFERÊNCIAS	74
APÊNDICE A – MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO ELETROMECÂNICO DA SE 69/13,8 KV UFSM – CAMPUS DE SANTA MARIA	76
APÊNDICE B – ORÇAMENTO DA SE 69/13,8 KV UFSM – CAMPUS DE SANTA MARIA	92
APÊNDICE C - PLANTAS DO PROJETO ELETROMECÂNICO DA SE 69/13,8 KV UFSM – CAMPUS DO SANTA MARIA.....	98

1 INTRODUÇÃO

Pode-se definir uma subestação como o conjunto de instalações elétricas, que contém equipamentos destinados à distribuição de energia elétrica, seccionamento de linhas de transmissão, transformação de tensão; visando atender o sistema elétrico da melhor forma possível, respeitando seus requisitos no limite dos custos, o projeto e construção de uma subestação é um processo complexo, requer o envolvimento de profissionais qualificados de várias áreas, como: elétrica, civil, mecânica, telecomunicações, etc. Para implantar uma nova subestação de energia elétrica são necessárias diversas etapas. A construção de uma nova subestação surge a partir de estudos de planejamento da expansão do sistema de energia elétrica, identificando a necessidade de demanda de uma cidade, região, fábricas, entre outros. Nos últimos anos uma série de inovações tem sido aplicadas as subestações e também as mudanças regulatórias do ponto de vista do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e com os requisitos dos editais de licitação do empreendimento de transmissão feitos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que refletem em alterações tanto no projetos de subestações quanto nas tomadas de decisão em relação as modalidades tarifárias a ser contratada, hoje as concessionárias podem negociar a possibilidade de escolher se quer manter uma tarifa azul ou verde e dependendo da demanda fazer uma migração entre subgrupos.

Com base no que foi apresentado, esse trabalho de conclusão de curso vai fazer uma metodologia de desenvolvimento sobre projeto de uma subestação consumidora de alta tensão e fazer um estudo de caso de alteração de uma instalação atendida média tensão para uma instalação atendida em alta tensão com a construção de uma subestação de alta tensão no próprio terreno e também fazer uma discussão a respeito das inovações em relação aos avanços dos últimos anos dos projetos de subestações.

1.1 JUSTIFICATIVA

Pela demanda hoje a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) já justificaria ter uma subestação de 69kv, entretanto ela não tem, sendo que diversos estudos tem sido feito ao longo dos anos, mas até o momento a universidade não optou por nenhum. O presente trabalho vem contribuir com uma metodologia adicional em relação aos estudos de uma instalação de uma subestação de 69Kv aqui na UFSM do ponto de vista de analisar as questões tarifarias e regulatórias e inovações que tem surgido e refletem em projetos de subestações mais modernos e avançados.

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um estudo de viabilidade técnica econômica para a implementação de um sistema de fornecimento de energia elétrica em alta tensão para o campus universitário de Santa Maria.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivos apresentar a metodologia e a análise do projeto eletromecânico para a SE Campus de Santa Maria, 69/13,8 kV, potência inicial 13,368 MVA com previsão de expansão. Este projeto foi elaborado seguindo as normas e procedimentos da concessionária local.

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- a) levantamento dos dados em campo;
- b) reunião com os responsáveis pela rede elétrica do Campus de Santa Maria para definição da localização do terreno da SE;
- c) análise das normas e critérios de projetos de SE da concessionária local e adequação ao projeto de SE de consumidores;
- d) elaboração das plantas e do memorial descritivo que correspondem ao Projeto Eletromecânico da SE Campus UFSM.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por cinco capítulos, sendo o primeiro designado por Introdução, e o sexto por Referência. No segundo capítulo, é apresentada uma revisão para a fundamentação teórica sobre Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos segundo ONS e procedimentos de rede que compõe uma subestação de energia. No mesmo são introduzidos conceitos sobre a tarifa de energia, a diferença entre as modalidades de consumidor e modernizações em subestações.

No terceiro Capítulo, é feita uma breve apresentação sobre os equipamentos que compõem uma subestação de energia elétrica. O principal objetivo desse Capítulo, no entanto, é mostrar as características técnicas que se deve levar em consideração na especificação desses equipamentos para a sua compra. Nele, são descritos todos os processos que fazem parte da implantação de uma SE nova. Em seguida, é descrito o projeto eletromecânico da SE UFSM *campus* de santa maria.

O quarto Capítulo é dedicado à conclusão do trabalho. Nele são expostos o que foi feito neste trabalho, o que não foi possível ser realizado e uma indicação para possíveis trabalhos futuros, e sendo o quinto Capítulo dedicado a referências bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é realizado uma revisão a respeito dos conceitos modalidades tarifárias e de classificação de subestações. Também, há uma revisão sobre as subestações elétricas e seus respectivos equipamento

2.1 TARIFA DE ENERGIA

A tarifa tem como objetivo remunerar os prestadores de serviços a fim de cobrir os gastos operacionais e investimentos necessários para garantir a qualidade de atendimento. Os custos e investimentos repassados às tarifas são calculados pelo órgão regulador, baseados em segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização) (ANEEL, 2022).

Tarifa é o valor definido em reais pela ANEEL, que o consumidor paga pela energia ativa. Com isso, o custo de consumo é determinado pela soma das alíquotas (TE e TUSD) aos tributos incidentes sobre cada tipo de contrato, como PIS, COFINS e ICMS.

2.1.1 Estrutura tarifária

Para efeito de aplicação das tarifas de energia elétrica, os consumidores são identificados por classes, A e B, e subclasses de consumo. O grupo A é composto por unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia e conforme (ANEEL, 2010) subdividido nos seguintes subgrupos:

- a) A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- b) A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- c) A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- d) A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44kV;
- e) A4 – tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25kV;
- f) AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3kV subterrâneo.

O grupo B: é composto por unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia e subdividido, conforme (ANEEL, 2010) nos seguintes subgrupos:

- a) B1 – residencial;
- b) B2 – rural;
- c) B3 – demais classes;
- d) B4 – iluminação pública.

2.1.2 Modalidades tarifárias

Existem cinco modalidades tarifárias aplicáveis aos consumidores de energia, onde três são praticadas pelo grupo A, que regulam as componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativa, e duas ao grupo B, que não possuem a condição de demanda contratada. São divididas em cores apenas para facilitar a referência. As tarifas aplicadas aos consumidores do grupo A são apresentadas, as quais foram referenciadas com base em (ANEEL, 2010):

- a) azul – Composta por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia;
- b) verde – Composta por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, e uma única tarifa de demanda de potência;
- c) convencional Binômia: Composta por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independente das horas de utilização do dia. Esta modalidade será extinta a partir da revisão tarifária da distribuidora.

As tarifas aplicadas aos consumidores do grupo B:

- d) convencional monômia: Composta por tarifas de consumo de energia elétrica, independente das horas de utilização do dia.

A modalidade tarifária horária azul é aplicada considerando-se o seguinte:

I – Demanda de potência (kW):

- a) Uma tarifa para o posto tarifário ponta (R\$/kW);
- b) Uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta (R\$/kW).

II – Consumo de energia TE e TUSD (MWh):

- a) Uma tarifa para o posto tarifário ponta (R\$/MWh);
- b) Uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta (R\$/MWh).

Até 2015, a tarifa horária azul possuía uma divisão para o consumo de energia, em que a tarifa era diferente em período seco e úmido. Com a entrada das bandeiras tarifárias neste ano, esta

condição foi extinta (ANEEL, 2015). O horário de ponta é o período de três horas diárias consecutivas estabelecidas pela distribuidora a partir da curva de carga de seu sistema elétrico, com exceção aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e alguns feriados. Para a RGE – CPFL energia o período é das 18:00 às 20:59 e no horário de verão das 19:00 às 21:59 conforme (ANEEL, 2016). As bandeiras tarifárias possuem três cores, sendo elas verdes, amarelas e vermelhas, referentes as condições para geração de energia e suas cores fazem analogia ao semáforo, assim a taxa de energia pode custar mais ou menos.

Conforme ANEEL (2016):

- a. bandeira verde: não possui nenhum acréscimo na conta, referente a condições favoráveis de geração;
- b. bandeira amarela: acréscimo de R\$ 0,015 para cada quilowatt-hora de consumo, referente a condições menos favoráveis de geração;
- c. bandeira vermelha – Patamar 1: acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora de consumo, referente a condições mais custosas de geração;
- d. bandeira vermelha – Patamar 2: acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora de consumo, referente a condições ainda mais custosas de geração.

2.2 SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

Uma subestação de energia (SE) é definida como um conjunto de Transformação, Controle (Manobras) e Proteção. Além disso, ainda eventualmente de compensação de reativos usados para dirigir o fluxo de energia elétrica em sistema de potência. Elas possuem dispositivos de proteção capazes de detectar as faltas que ocorrem no sistema e de isolar os trechos onde as faltas ocorrem (DUAILIBE, 1999).

2.2.1 Classificação das subestações

O setor elétrico está cada vez mais visando a inovação dos projetos de instalações e realizar melhorias nas existentes. através destas melhorias busca-se o aumento da eficiência, da confiabilidade e a redução de custos. Para as indústrias de energia elétrica alguns fatores devem ser considerados quanto a inovação ou realização de melhorias:

- a) equipamentos mais baratos;

- b) baixo custo de operação e manutenção;
- c) busca pela eficiência, continuidade e disponibilidade do sistema elétrico;
- d) padronização.

Uma subestação pode ser planejada para dois ambientes ao tempo ou no interior de uma edificação. Nas instalações ao tempo, tradicionalmente os equipamentos são montados sobre estruturas de concreto ou metálicas, já em instalações abrigadas os equipamentos são instalados no interior de uma edificação feita de estrutura de concreto armado, geralmente subestações com alto índices de poluição, seja por concentrações de contaminantes salinos (muito próximas ao litoral) ou contaminantes industriais, são normalmente abrigadas. Apresentam um custo mais elevado, não são raras subestações abrigadas em 69Kv ou 88Kv, somente em casos muito especiais são construídas subestações abrigadas em 230Kv. Nesse nível de tensão, em geral, quando se faz necessário a instalação de uma subestação abrigada utiliza-se o tipo compacta Subestações Isoladas a Gás (GIS).

Todo sistema de potência é constituído de três diferentes segmentos: geração, transmissão e distribuição. Para que a energia gerada no primeiro segmento chegue ao seu destino final, que é o consumidor que está ligado no sistema de distribuição, é necessário também que exista em cada um desses segmentos uma subestação que possa elevar e reduzir a tensão em diferentes níveis (MAMEDE FILHO, 2015).

2.2.1.1 Classificação quanto ao nível de tensão

No Quadro 1, a seguir, consta a classificação quanto ao nível de tensão.

Quadro 1 – Nível de tensão

Descrição	Faixa de tensão
Baixa Tensão	Até 1Kv
Média Tensão	Entre 1Kv e 66kV
Alta Tensão	Entre 69Kv e 230kV
Extra Alta Tensão	Entre 230Kv e 800kV
Ultra Alta Tensão	Maiores de 800kV

Fonte: elaboração própria.

2.2.1.2 Classificação quanto à categoria de utilização

As subestações podem ser planejadas e projetadas para exercer diferentes funções no sistema no qual irão operar conforme a seguir.

2.2.1.2.1 Subestação elevadora

É aquela que eleva o nível de tensão gerado por uma fonte de energia elétrica e distribui a potência associada para as linhas de transmissão com tensão mais elevada do que a de origem.

Assim, são as subestações de usinas hidráulicas, térmicas, eólicas, fotovoltaicas etc.

2.2.1.2.2 Subestação abaixadora

É aquela que reduz o nível de tensão gerado por uma fonte de energia elétrica e distribui a potência associada para as redes de distribuição aéreas e subterrâneas alimentando subestações com menor nível de tensão.

É normalmente instalada na periferia dos centros urbanos com a finalidade de evitar que as linhas de transmissão de tensões elevadas sejam construídas no espaço urbano levando transtornos à população e limitando o uso do solo. Normalmente, essas subestações são alimentadas por transmissão de 230 kV e 550kV quais estão conectadas às redes de subtransmissão ou simplesmente de distribuição, denominação oficial dos Procedimentos de Rede, com tensões entre 69 kV e 138 kV.

2.2.1.2.3 Instalação ao tempo em barramentos nus e instalação convencional

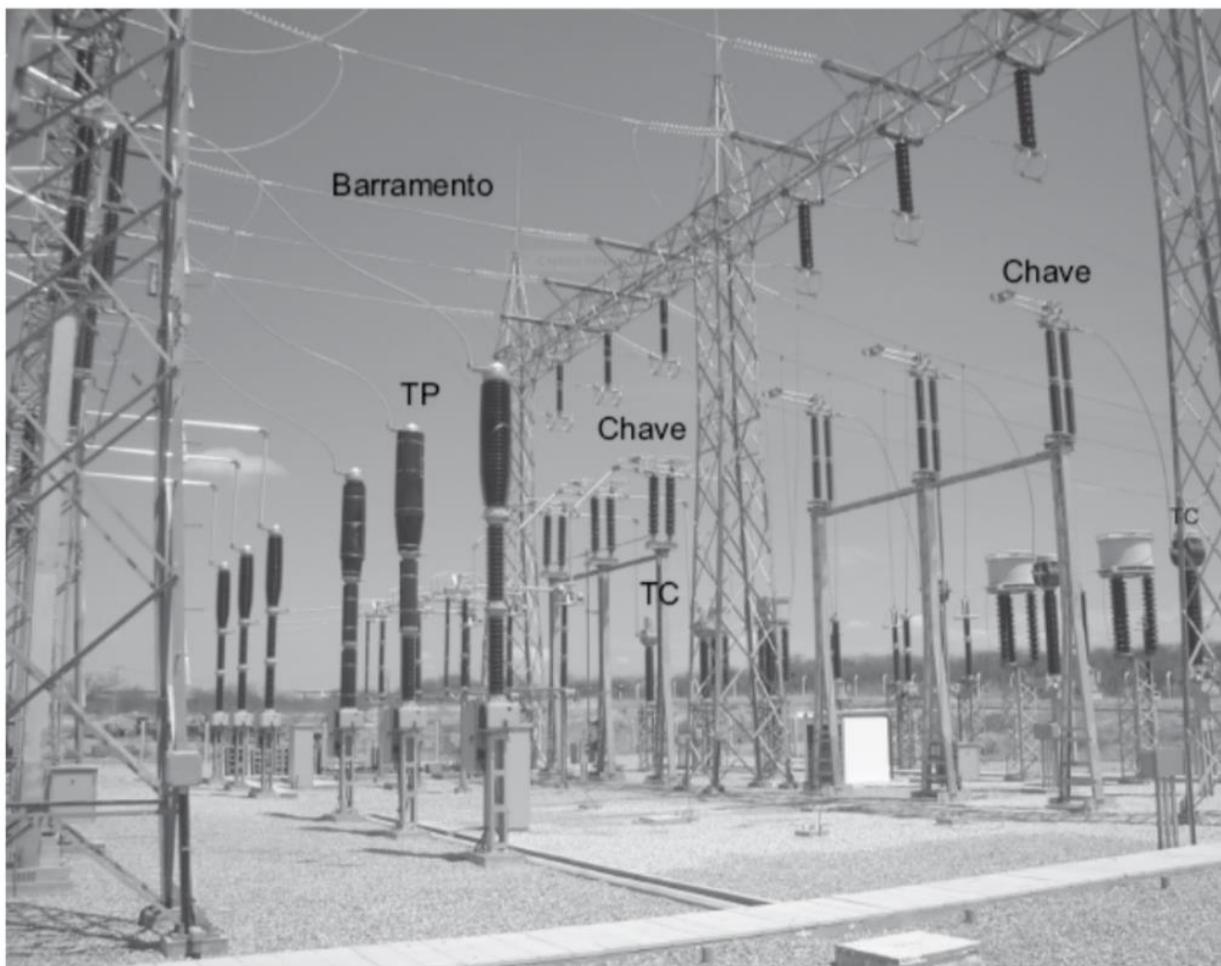
São aquelas cujos equipamentos devem ser próprios para instalação ao tempo, sujeitos à chuva e a outras intempéries. Seu aspecto construtivo é visto na Figura 1.

É o tipo mais comum e de menor custo. Nesse caso, são utilizados equipamentos convencionais de alta tensão, TCs, TPs, para-raios, disjuntores e chaves seccionadoras fabricadas para operação ao tempo, sujeitos a intempéries.

A grande maioria dos projetos de subestações de alta tensão, iguais e superiores a 69kV, são de construção ao tempo. Subestações convencionais ou isoladas a ar, são subestações em que

o meio isolante dos equipamentos é o ar atmosférico (MEIRELES, 2010).

Figura 1 – Subestação de distribuição



Fonte: Mamede Filho (2015).

2.2.1.2.4 Isoladas a gás

Subestações isoladas a gás ou compactas (GIS), são caracterizadas pela diminuição do espaçamento dos equipamentos (sua área pode ser ocupada de 20 a 30% de uma subestação convencional). Os equipamentos são agrupados em módulos, preenchidos por um gás que é responsável por elevar o isolamento elétrico, permitindo esta redução de distância entre os equipamentos (MEIRELES, 2010).

O gás SF₆ hexafluoreto de enxofre é o gás mais utilizado no isolamento de uma GIS, é um

gás estável, transparente, inodoro e não inflamável (MEIRELES, 2010). No entanto, este tipo de gás deve ser tratado com o máximo cuidado, uma vez que ele representa um elevado risco ambiental.

2.2.1.2.5 Híbridas

Onde há presença de ambos os tipos de isolamento de equipamentos citado anteriormente, combina com isolamento de ar com equipamentos de isolamento a SF6. Ela é responsável pela compactação de equipamentos de manobra e equipamentos de medição em módulos isolados a gás (MEIRELES, 2010).

2.2.2 Classificação quanto à função

Em termos gerais, as subestações podem ser classificadas como:

- a) subestação central de transmissão – é aquela normalmente construída ao lado de usinas produtoras de energia elétrica, cuja finalidade é elevar os níveis de tensão fornecidos pelos geradores para transmitir a potência gerada nos grandes centros de consumo;
- b) subestação receptora de transmissão – é aquela construída próxima aos grandes blocos de carga e que está conectada, através de linhas de transmissão, à subestação central de transmissão ou a outra subestação receptora intermediária;
- c) subestação de subtransmissão – é aquela construída, em geral, no centro de um grande bloco de carga, alimentada pela subestação receptora e de onde se originam os alimentadores de distribuição primários, suprindo diretamente os transformadores de distribuição e/ou as subestações de consumidor;

2.3 EQUIPAMENTOS DE UMA SE

Em todas as SEs existem vários equipamentos, tanto no pátio de manobras como na casa de comandos. Cada equipamento tem seus requisitos de funcionalidades e a escolha deles depende de especificações técnicas como tensão nominal, potência nominal, tipo de SE, etc.

Dentre os equipamentos instalados no pátio de manobras estão os barramentos, disjuntores,

isoladores, chaves seccionadoras, transformadores de força, TPs, TCs, para-raios, etc. Dependendo do nível de tensão e potência da SE, esses equipamentos podem ser instalados em estruturas de aço galvanizado ou concreto.

Os equipamentos que ficam dentro da sala de comando são geralmente os cubículos blindados de média e baixa tensões, conhecidos “comometal clad switchgear”, painéis de medição, sala de baterias, geradores reservas, etc. Como se pode esperar, a sala de comandos geralmente possui vários compartimentos para abrigar, com segurança, os vários equipamentos que possam vir a ser instalado nela, dependendo do tamanho e da configuração da SE.

A medição, a proteção e o controle na SE é feita por meio de cabos de controle de baixa tensão que são instalados em canaletas que ligam os equipamentos no pátio de manobras aos painéis na casa de comando.

Na Figura 2 é mostrada uma canaleta contendo cabos de comando, proteção e controle de Subestação.

Figura 2 – Canaleta aberta



Fonte: SE SANTA MARIA 2 (2023).

Numa SE existem três tipos de circuitos. O primeiro é o circuito principal, por onde flui, em alta tensão, a potência das entradas de linhas para as saídas de linhas.

O segundo é o circuito de medição e proteção que saem pelos cabos conectados aos secundários dos TCs e TPs e alimentam, em baixa tensão, medidores e relés.

O terceiro é o circuito auxiliar, que se destina a alimentação de serviços auxiliares na SE e à alimentação de retificadores e baterias que, por sua vez alimentam equipamentos de controle, proteção e comunicação em corrente contínua

2.4 BARRAMENTOS

Barramentos são condutores reforçados situados das extremidades das SEs que possuem impedância desprezível e que agem como nós no sistema de potência. Por eles uma SE recebe e redistribui a potência recebida através de linhas de transmissão. A eles também podem ser conectados equipamentos como transformadores de força e disjuntores, por exemplo, dependendo de seu arranjo (LEÃO, 2022). Existe uma grande variedade de configuração de barramentos cujo projeto varia de acordo com aspectos técnicos e econômicos. A configuração do barramento é uma característica muito importante de uma SE visto que ela afeta diretamente todo o seu esquema, a locação dos seus equipamentos e a sua operação sob condições normais e anormais e, principalmente, o seu custo (MAMEDE FILHO, 2015).

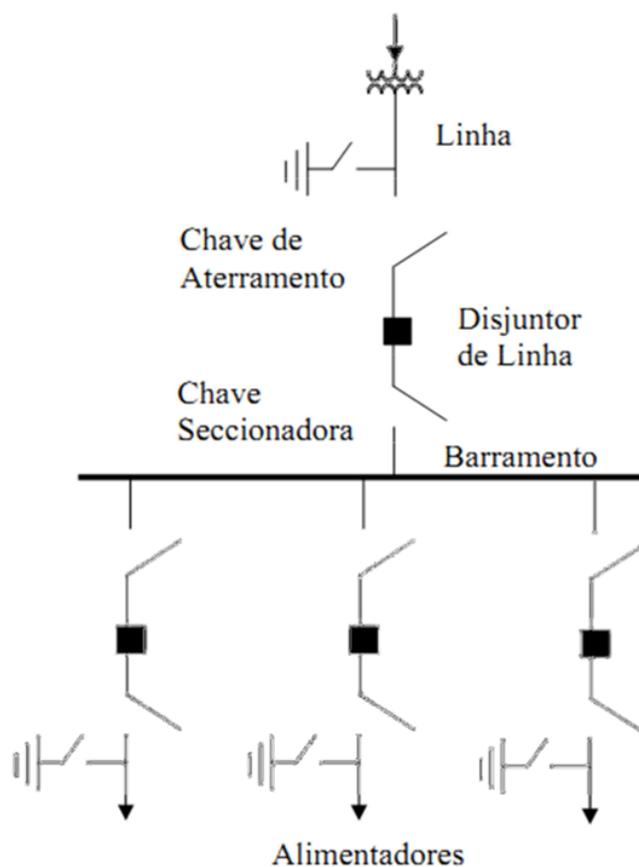
Os principais tipos de barramentos encontrados nas SEs são:

- a) barramento simples;
- b) duplo barramento simples;
- c) barramento simples seccionado;
- d) barramento principal e de transferência;
- e) barramento duplo com um disjuntor;
- f) barramento duplo com disjuntor duplo;
- g) barramento duplo com disjuntor e meio;
- h) barramento em anel.

O barramento simples é utilizado em SEs de pequena potência e tem a vantagem de ser o de mais fácil operação e de menor custo. Porém, qualquer falha ou manutenção nele ocasiona o desligamento das cargas alimentadas por ele. Por isso, ele é conhecido por ter baixa confiabilidade.

A sua representação é mostrada na Figura 3.

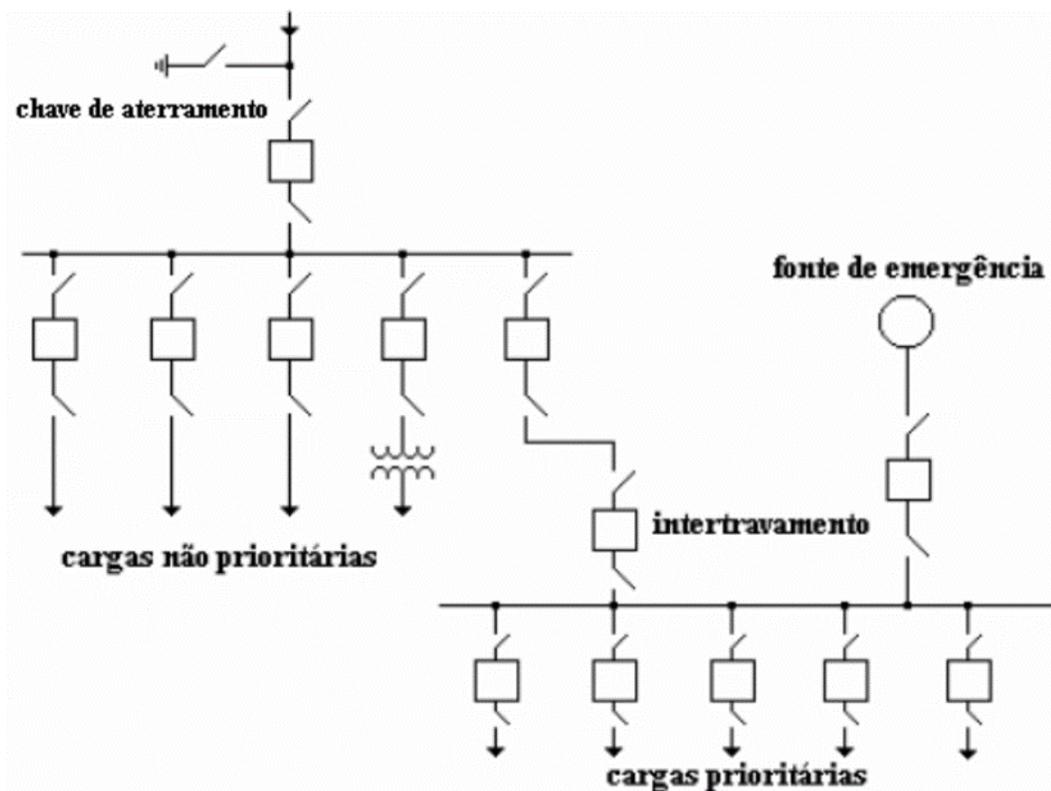
Figura 3 – Barramento simples



Fonte: Leão (2022).

Se um consumidor possuir cargas prioritárias e não prioritárias, a configuração mais recomendada para ele é a de duplo barramento simples. Nela, as cargas prioritárias são conectadas a uma barra com geração e, na falta da alimentação principal, o gerador entra e é capaz de suprir as cargas prioritárias. Na Figura 4 é ilustrado esse barramento (LEÃO, 2022).

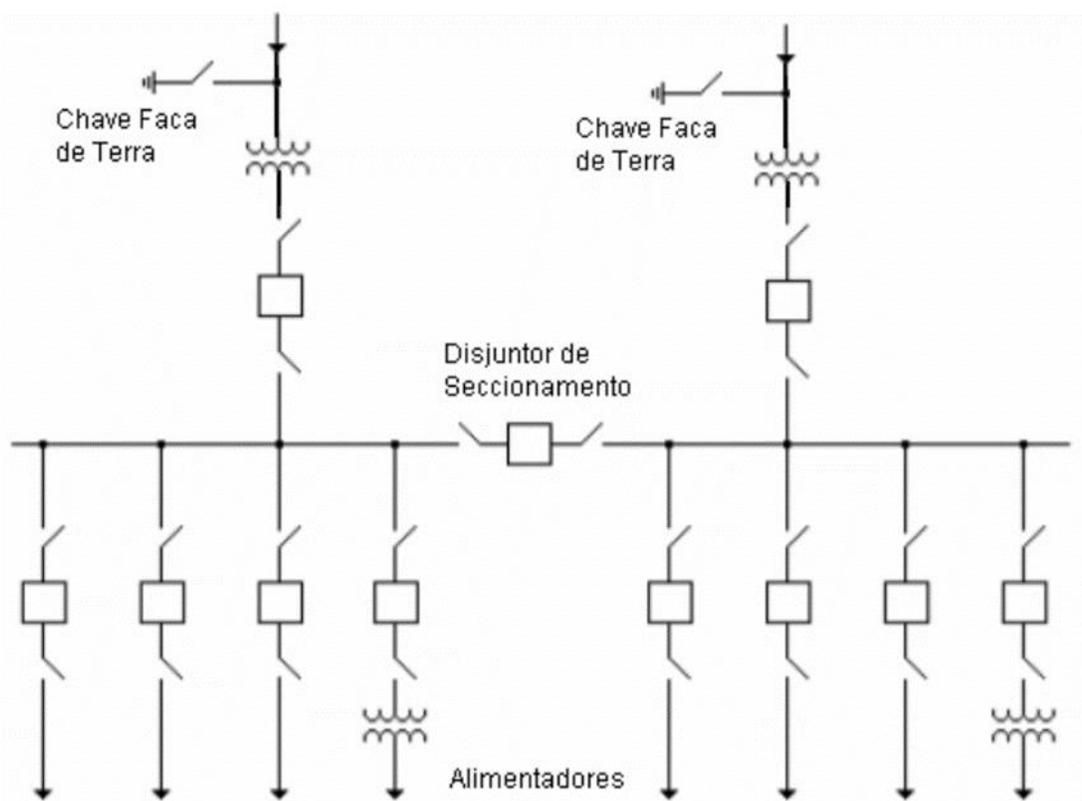
Figura 4 – Duplo barramento simples



Fonte: Leão (2022).

Na configuração de barramento simples seccionado, existe um disjuntor de interligação de barra ou chave seccionadora para interligar o barramento. Ela proporciona maior continuidade no fornecimento, pois permite que uma falha não desenergize a barra completamente, mas somente a parte referente ao lado em que ela ocorreu. Para maior confiabilidade geralmente existem alimentadores dos dois lados do barramento seccionado pelo disjuntor. Isso aumenta a complexidade dos sistemas de automação e proteção da SEs. Esse arranjo é encontrado em SEs de distribuição de pequeno porte. A sua ilustração é mostrada na Figura 5.

Figura 5 - Barramento simples seccionado



Fonte: Leão (2022).

Quando a barra principal é ligada a uma barra auxiliar por meio de um disjuntor de transferência, tem-se a configuração de barramento principal e de transferência.

O disjuntor de transferência garante a proteção de um bay da SE quando o disjuntor associado a esse bay é retirado de serviço para manutenção.

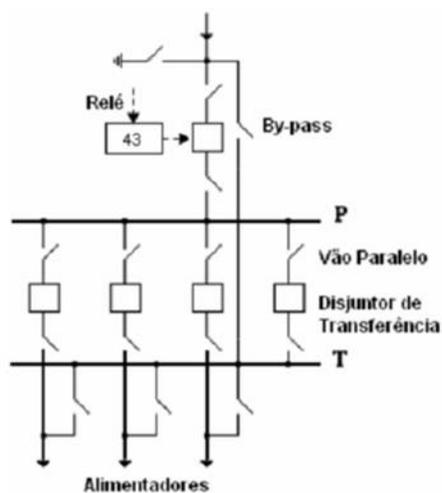
Para isso, são instaladas chaves de by-pass no bay do disjuntor a ser substituído, possibilitando, assim, a sua retirada de serviço sem a necessidade de interrupção do fluxo de potência. Nesse arranjo, o disjuntor de transferência pode substituir qualquer um dos disjuntores conectados ao barramento principal e é o único conectado diretamente às duas barras.

A transferência da proteção pode ser realizada com o auxílio de relés biestáveis que possibilitam o direcionamento do trip para o disjuntor relacionado ao bay (na posição normal, N), para o disjuntor de transferência (na posição transferido, T) ou para ambos (posição em transferência, ET).

O esquema de automação e proteção nesse caso é ainda mais complexo e pode ser ainda mais quando se tem o barramento principal seccionado, como no caso de SEs de distribuição de grande porte. É importante notar que uma falha na barra principal ocasiona o desligamento das cargas do barramento.

Esse arranjo também é mais caro que os mencionados anteriormente, pois adiciona um disjuntor sobressalente aos equipamentos da SE. Este arranjo está mostrado na Figura 6.

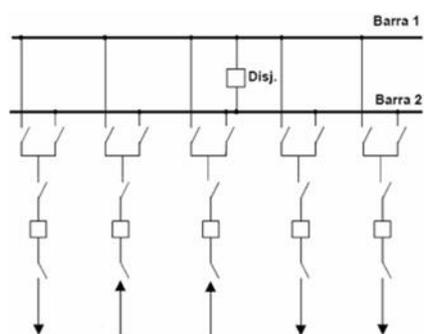
Figura 6 – Barramento principal e de transferência



Fonte: Leão (2022).

Em SEs de grande porte e importância é muito utilizado o esquema de barramento duplo com um disjuntor, que permite uma maior flexibilidade de manobras que o esquema de barramento principal e de transferência. Neste arranjo, as linhas podem ser conectadas a qualquer um dos dois barramentos e, por isso, uma manutenção em um barramento não significa no desligamento da SE. Porém, o seu uso é restringido devido ao seu preço, pois além do disjuntor sobressalente usa-se o dobro de chaves seccionadoras nessa configuração. Na Figura 7 é mostrada a sua configuração.

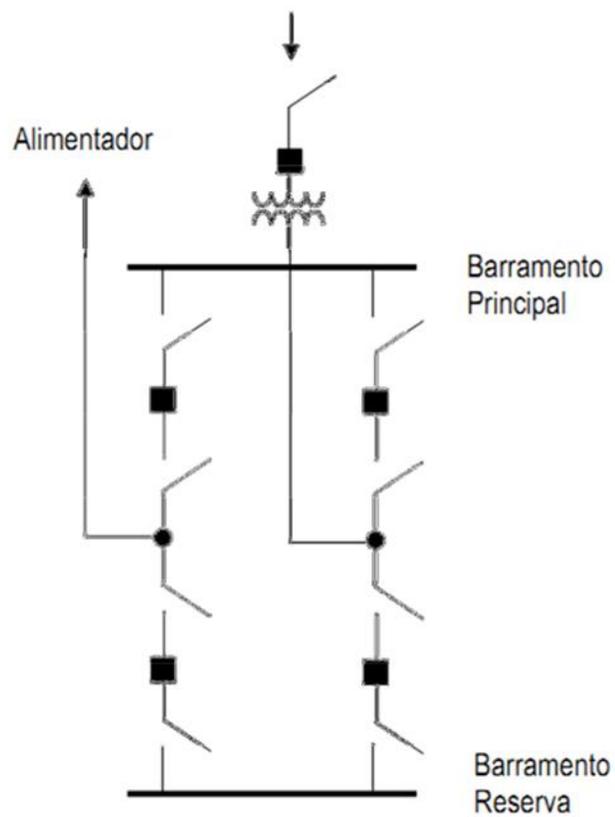
Figura 7 – Barramento duplo com um disjuntor



Fonte: Leão (2022).

Na configuração de barramento duplo com disjuntor duplo existem dois disjuntores e quatro chaves seccionadoras, por circuito, entre as duas barras, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 – Barramento duplo com disjuntor duplo

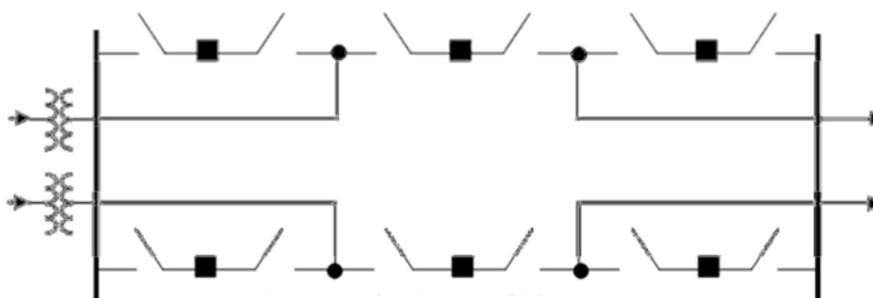


Fonte: Leão (2022).

Apesar da alta flexibilidade operacional e da confiabilidade, esse esquema é bastante caro e é geralmente utilizado em SEs de alta potência em extra alta tensão (LEÃO, 2022; RAO, 2009).

Existe ainda uma configuração que usa três disjuntores para cada dois circuitos, como mostrado na Figura 9.

Figura 9 – Barramento com disjuntor e meio



Fonte: Leão (2022).

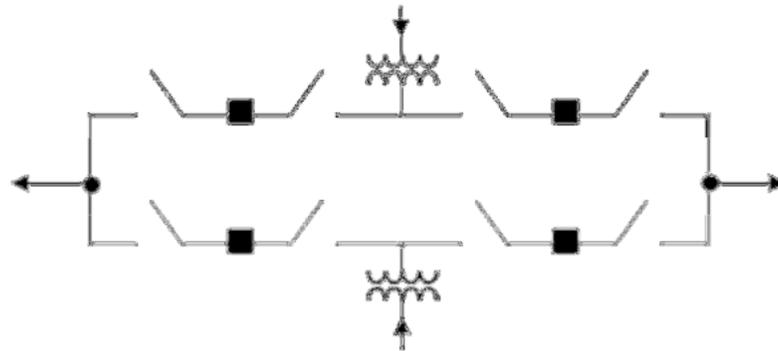
Daí ela é chamada de barramento de disjuntor e meio. Este esquema é o mais flexível em sua operação e a sua confiabilidade também é a mais alta. Em operação normal, todos os disjuntores estão fechados e ambas as barras estão energizadas.

Para retirar um dos alimentadores, é necessário abrir dois disjuntores e qualquer uma das barras pode ser retirada de serviço sem a perda de qualquer alimentador.

Este esquema é muito utilizado em SEs de transmissão. Se comparado com o barramento duplo com um disjuntor ele possui meio disjuntor a mais portanto, é mais caro.

Porém, se comparado com barramento duplo com disjuntor duplo, ele possui meio disjuntor a menos e, portanto, é mais barato (RAO, 2009). No barramento em anel, a disposição dos equipamentos de manobra forma um circuito fechado, como mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Barramento em anel



Fonte: Leão (2022).

Em operação normal todos os disjuntores estão fechados e durante uma falta dois disjuntores associados à barra são abertos. Durante uma manutenção em um disjuntor, o anel é aberto mas todos os circuitos alimentadores continuam em serviço. O barramento em anel é viável pois requer somente um disjuntor por circuito e a sua confiabilidade, flexibilidade e simplicidade de operação são altas (RAO, 2009).

2.5 DISJUNTORES

Os disjuntores são equipamentos eletromecânicos de proteção e manobra destinados a interrupção e ao reestabelecimento das correntes elétricas. O objetivo do disjuntor é interromper correntes de defeitos de um determinado circuito durante o menor espaço de tempo (MAMEDE FILHO, 2005).

O processo de abertura dos contatos do disjuntor provoca o surgimento de um arco elétrico. O arco elétrico é um fenômeno que ocorre quando se separa dois terminais de um circuito que conduz uma determinada corrente de carga, ou seja, quando os contatos se separam e a corrente elétrica é capaz de ionizar as partículas ao seu redor, as deixando condutores, provocando um arco elétrico e elevando a temperatura interna do mecanismo (MAMEDE FILHO, 2005).

Tipos de disjuntores:

- a) a óleo: Os contatos principais operam imersos em óleo isolante, que serve tanto para extinguir o arco, como isolar o tanque, as partes energizadas.
- b) a ar comprimido: O meio de extinção é basicamente o nitrogênio do ar, também responsável pela isolação interna do disjuntor. O gás de extinção é propelido em forte jato na direção transversal do arco, função da pressão interna da câmara.
- c) a sopro magnético: O arco ocorre no ar e sob o campo magnético é alongado, resfriado e interrompido quando em contato com as ranhuras das paredes da câmara.
- d) a vácuo: É formado por tubos de alta resistência mecânica (vidro ou cerâmica), fechados por placas de ligas metálica. O contato fixo é preso de um lado e no oposto um fole de aço inoxidável é soldado ao contato móvel.
- e) a gás (SF₆): A interrupção do arco é feita de maneira semelhante ao de ar comprimido, em que o meio isolante e extintor é o gás SF₆, que por suas excelentes propriedades isolantes e extintoras, permitem pressões mais baixas na câmara de interrupção. Utiliza pressão única na câmara de extinção, que é hermeticamente selada. O fluxo de gás é dirigido na direção do arco pelo próprio movimento dos contatos moveis. Um ponto muito positivo, que devido suas características, a câmara de um disjuntor a SF₆ praticamente não necessita de manutenção.

2.5.1 Especificação de disjuntores

Na aquisição de disjuntores, é necessário que se especifique determinadas grandezas e características, conforme apresentadas a seguir:

- a) tensão nominal: é o valor eficaz da tensão para a qual o disjuntor foi fabricado e todos os outros valores nominais do disjuntor são referidos a ela;
- b) corrente nominal: é a corrente que o disjuntor pode conduzir indefinidamente sem que ocorra a elevação de temperatura de suas partes além do estabelecido nas normas;
- c) corrente de interrupção simétrica: é o valor eficaz da componente alternada da corrente de curto-circuito;

- d) corrente de interrupção assimétrica: é o valor eficaz da corrente de curto-circuito formado pela superposição da componente contínua da corrente de curto-circuito com a componente simétrica da corrente de curto-circuito. Ela é a verdadeira corrente de curto-circuito (KINDERMAM, 1997);
- e) potência de interrupção: em disjuntores de grande porte, a capacidade disruptiva da câmara de extinção do arco é dada em MVA e definida como a potência de interrupção. Ela é dada em função da tensão eficaz de linha no local do defeito e da corrente de curto-circuito. Para o sistema de distribuição, a corrente de curto-circuito simétrica é a corrente de curto-circuito usada para o cálculo da potência de interrupção devido à sua localização distante dos geradores;
- f) frequência nominal: é a frequência da tensão de geração do sistema elétrico e para a qual o disjuntor foi projetado;
- g) tempo de interrupção: é o tempo decorrido desde o comando de abertura do disjuntor até a completa extinção do arco elétrico;
- h) tensão suportável de impulso: é o valor de impulso de tensão, seja devido a descargas atmosféricas ou a manobras na rede, que um disjuntor deve suportar, conforme as condições previstas em ensaio;
- i) tipo de construção: a forma construtiva de um disjuntor pode ser aberta ou blindada;
- j) tipo de comando: refere-se ao comando do sistema de acionamento do disjuntor, que pode ser manual ou motorizado.

2.5.1.1 Normas específicas disjuntores

NBR 5034– Buchas para tensões alternada superiores a 1kV – Especificação.

NBR 5906 – Bobinas e chapas laminadas a quente, de aço carbono par a estampagem – Especificação.

NBR 6323 –Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido– Especificação.

NBR 6937 –Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – Dispositivos de medição – Procedimento.

NBR 7876 – Linhas e equipamentos de alta tensão – Medição de radiointerferência na faixa de 0,15 a 30 MHz.

NBR 11003 –Tinta– determinação da aderência – Método de ensaio.

NBR 11902 – Hexafluoreto de enxofre para equipamentos elétricos –Especificação.

NB R 12160 – Hexafluoreto de enxofre para equipamentos elétricos –Verificação das propriedades.

NBR 12318 – Hexafluoreto de enxofre– Procedimento.

IEC 85 – Recommendations for the classification of material for the insulation of electrical machinery and apparatus in relation to their thermal stability in service.

IEC 376 – Specification and acceptance for new sulfur hexafluoride including IEC 376-A and 376-B.

IEC 480 – Guide to the checking of sulfur hexafluoride (SF_6) taken from electrical equipment.

2.6 TRANSFORMADORES DE FORÇA

No sistema elétrico, de maneira geral, a tensão na qual o usuário final conecta os seus equipamentos não é a mesma que é gerada numa usina de geração. Os transformadores de força são necessários para a transferência de potência de um nível de tensão para outro.

Na Figura 11 está representado o circuito magnético mais elementar de um transformador. Nela, vê-se um transformador constituído por dois enrolamentos: primário e secundário, magneticamente acoplados.

Nesse transformador ideal, tem-se que a relação entre a tensão no primário (V_1) e a tensão no secundário (V_2) tem o mesmo valor da relação entre o número de espiras do primário (N_1) e o número de espiras do secundário (N_2) e o inverso do valor da relação entre a corrente no primário (I_1) e a corrente no secundário (I_2), conforme a Equação 2.1.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}. \quad (2.1)$$

Os transformadores, quando utilizados para elevar a tensão de entrada em seu primário, são chamados de elevadores e têm grande aplicação em subestações próximas às usinas de geração. Por outro lado, os transformadores mais comumente usados são os abaixadores, que rebaixam o nível da tensão conectada ao seu primário.

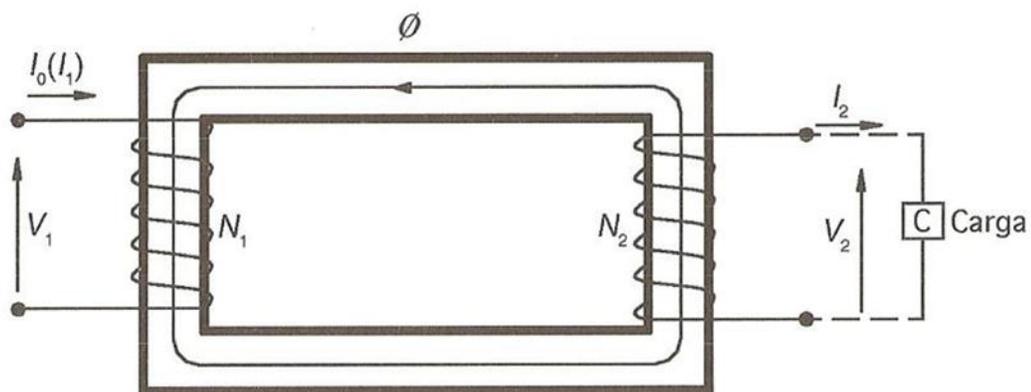
Em um transformador real existem perdas e elas são representadas no circuito elétrico

equivalente de um transformador da Figura 12. Nela, R_1 representa a resistência do enrolamento primário e representa a reatância de dispersão do primário, responsável pelo aparecimento de uma tensão induzida que se soma à produzida pelo fluxo mútuo e varia linearmente com a corrente \hat{I}_1 de primário. Além de magnetizar o núcleo, a corrente de primário deve fornecer corrente para a carga conectada ao secundário do transformador.

Portanto, é conveniente decompor a corrente de primário em duas componentes: de excitação e de carga. A componente de excitação, \hat{I}_φ , é não senoidal e produz o fluxo mútuo resultante e a componente de carga, \hat{I} , é a componente da corrente de que contrabalança a força magneto-motriz da corrente de secundário, \hat{I} .

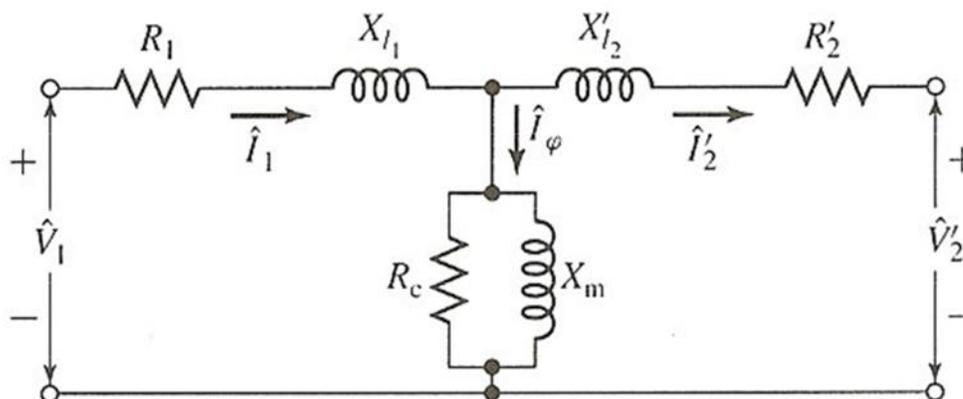
Também, matematicamente, a componente de carga da corrente de primário é a corrente de secundário, \hat{I}_2 , referida ao primário como no transformador ideal. A corrente de excitação, \hat{I}_φ , pode, ainda, ser decomposta em uma componente de perdas no núcleo, \hat{I}_c , que flui pela resistência de magnetização e uma componente de magnetização, \hat{I}_m , que flui pela reatância de magnetização. Elas formam o ramo de excitação, mostrado na Figura 12. Ainda nessa figura é possível notar a presença da resistência de secundário referida ao primário, R'_2 , e da reatância de dispersão do secundário referida ao primário, X'_{12} .

Figura 11 – Circuito magnético elementar de um transformador



Fonte: Mamede Filho (2005).

Figura 12 – Circuito equivalente de um transformador real

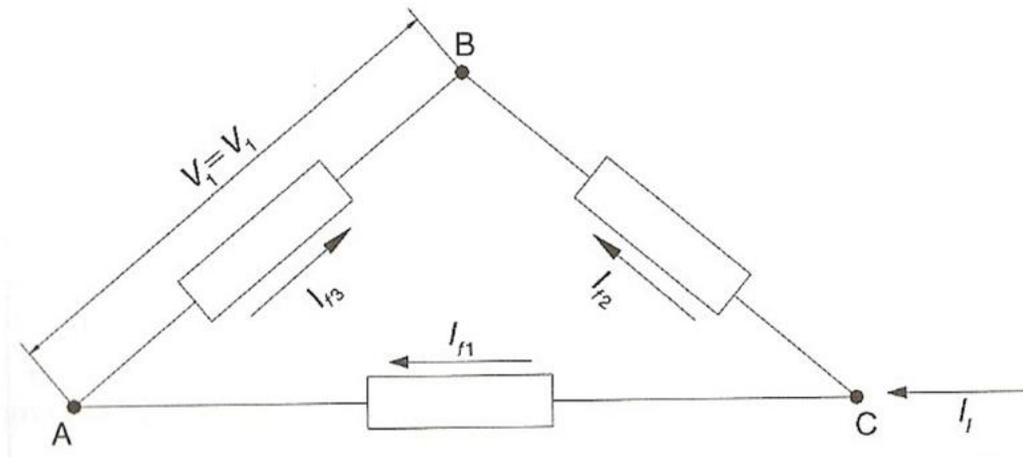


Fonte: Mamede Filho (2005).

Os transformadores de força mais comumente encontrados são os monofásicos e os trifásicos. Os transformadores monofásicos são individualmente mais baratos e podem ser usados em conjunto para formar um banco trifásico de transformadores, dando maior confiabilidade ao sistema por ele alimentado. Os transformadores trifásicos são os mais utilizados no sistema de potência. Em ambos os casos, o acesso aos terminais das bobinas é feito por meio das buchas de primário e secundário segundo as características elétricas do transformador.

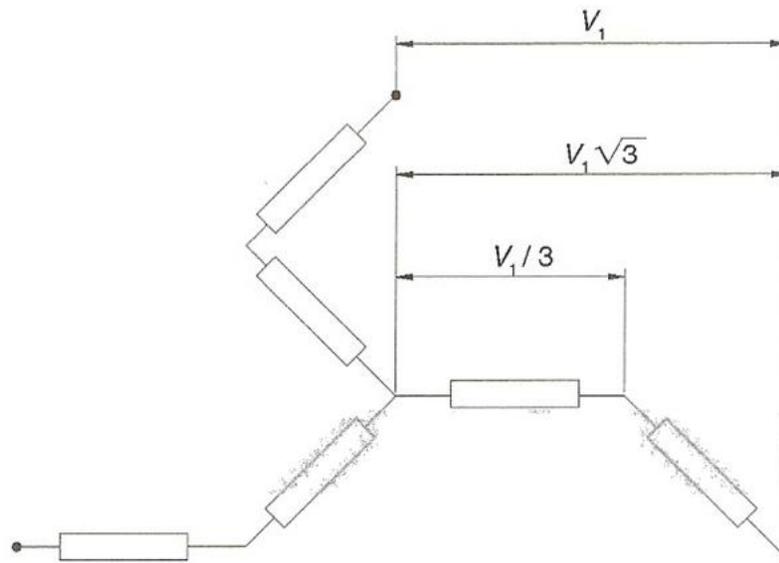
Um transformador trifásico pode ter os seus enrolamentos ligados de três maneiras conforme seja mais adequado para a sua aplicação: triângulo (ou delta) (Figura 13), estrela (Figura 14) e zigue-zague (Figura 15). Na ligação triângulo, a tensão de linha é medida entre dois terminais do transformador e a corrente que entra em um terminal é a corrente de linha. A corrente de fase circula nas bobinas. Na ligação estrela, a tensão medida entre dois terminais do transformador é a tensão de linha e a corrente que entra em um terminal é a corrente de linha. A tensão medida entre o ponto comum e um terminal é chamada tensão de fase. Na ligação zigue-zague tem-se a atenuação dos harmônicos de 3ª ordem e a possibilidade de se obter três tensões de utilização. Porém, transformadores com esse tipo de ligação têm um custo mais elevado que os transformadores com as ligações anteriormente mencionadas.

Figura 13 – Ligação de bobinas em triângulo



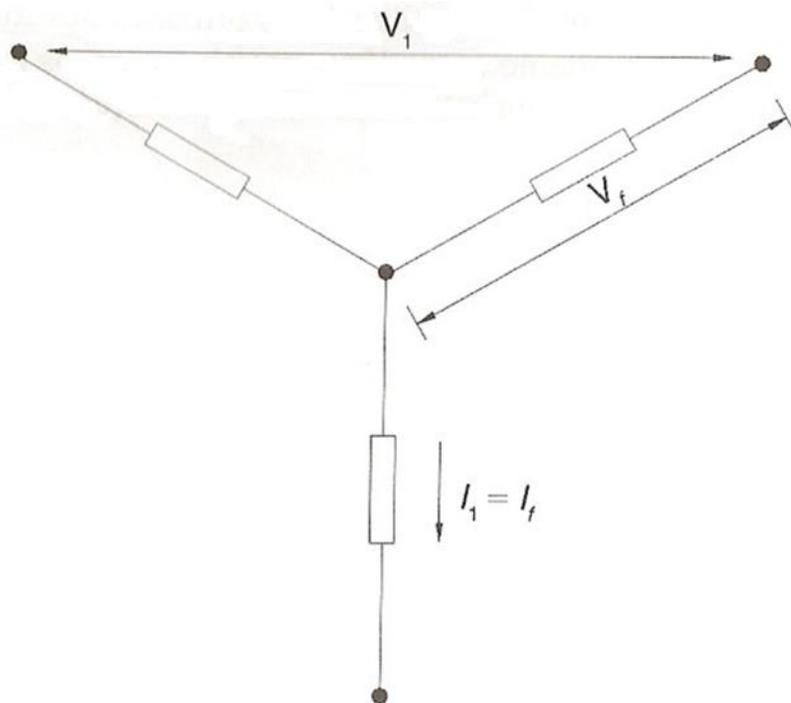
Fonte: Mamede Filho (2005).

Figura 14 – Ligação das bobinas em zigue-zague



Fonte: Mamede Filho (2005).

Figura 15 – Ligação das bobinas em estrela



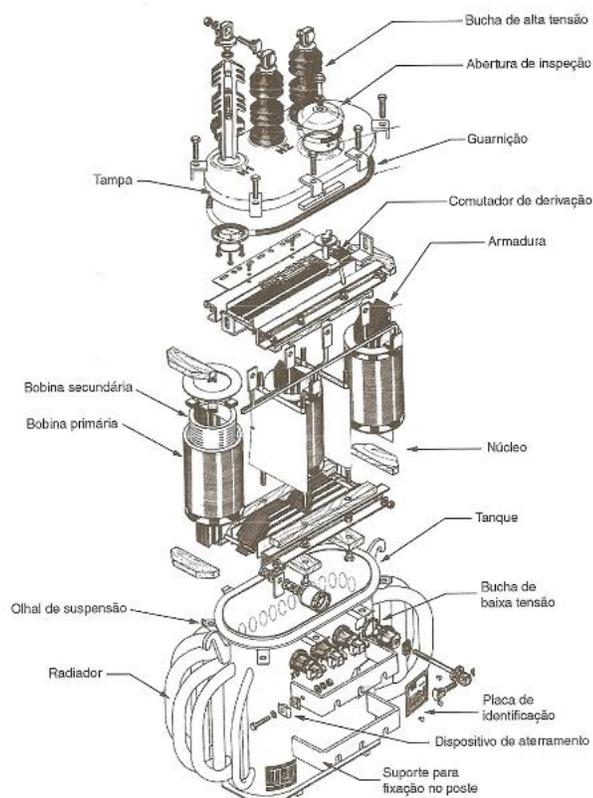
Fonte: Mamede Filho (2005).

Os transformadores podem ser classificados quanto ao meio isolante de seus enrolamentos. Normalmente, os enrolamentos dos transformadores estão imersos em líquido isolante como o óleo mineral, por exemplo. A parte do transformador que contém o líquido isolante é chamada de tanque. Porém, em algumas aplicações, as normas proíbem a utilização desse tipo de transformador e a alternativa é a utilização de um transformador a seco. Esses transformadores possuem uma estrutura semelhante à do transformador a líquido isolante, porém, com um tratamento diferente dos seus enrolamentos. Outra diferença é a necessidade de se deixar canais de ventilação entre o núcleo e o enrolamento secundário e, também, entre o enrolamento secundário e o primário.

Duas grandezas que são de extrema importância e de constante monitoramento na operação de um transformador são a temperatura e a pressão. As temperaturas do óleo e do enrolamento são medidas por sensores. Uma mudança rápida de pressão independente de ele estar atuando na pressão de regime normal ocasiona a atuação do relé de súbita pressão, indicando que há um defeito interno no transformador. Já a válvula de alívio de pressão serve para permitir a descarga do óleo quando a pressão interna no tanque do transformador atingir um valor acima do especificado. Ela deixa o óleo expandir do tanque para tanque de expansão de óleo e tem uma ação extremamente

rápida. Quando há a queima de material isolante dentro do tanque de óleo do transformador, ocorre a liberação de gases que devem ser detectados pelo relé Buchholz e, assim o disjuntor de proteção deverá atuar. Na Figura 16 são indicados os diversos componentes de montagem de um transformador de distribuição.

Figura 16 – Componente de montagem de um transformador



Fonte: Mamede Filho (2005).

O calor gerado pelas perdas ôhmicas nos enrolamentos, pela histerese e por correntes parasitas no núcleo do transformador é levado ao meio externo pelo sistema de resfriamento.

Nele, o calor é transferido ao meio de resfriamento interno, óleo mineral, por exemplo, e dele para radiadores e ao meio ambiente. Os processos de transferência de calor se dão por condução, radiação e convecção, sendo o mais importante deles a convecção. No resfriamento dos transformadores a convecção pode ser natural ou forçada. Na convecção forçada são utilizados ventiladores que aceleram o ar quente substituindo-as por ar frio que é usado para o resfriamento dos radiadores do transformador. Este processo acarreta um ganho extra de potência nominal do

transformador fazendo com que ele possa ser operado continuamente a uma potência maior do que ele poderia sem a ventilação forçada.

2.6.1 Especificação de transformadores

Na aquisição de transformadores, são necessários que se especifiquem determinadas grandezas e características, conforme apresentadas a seguir:

- a) tensão primária: é a tensão eficaz entre fases do primário do transformador;
- b) tensão secundária: são as tensões eficazes entre fases e entre fases e neutro do transformador;
- c) potência nominal: é a potência aparente que serve de base para o projeto do transformador. Ela determina a corrente nominal que deve circular no transformador sob a tensão nominal;
- d) deslocamento angular: representa a diferença entre os fasores de tensão dos terminais do transformador e o ponto neutro (real ou ideal), quando um sistema de sequência positiva é aplicado na ordem numérica dos terminais do transformador, admitindo-se que os fasores girem no sentido anti-horário;
- e) número de fases: representa o número de fases da tensão de alimentação do transformador;
- f) tensão suportável de impulso: é o valor de impulso de tensão, seja devido a descargas atmosféricas ou a manobras na rede, que um transformador deve suportar, conforme as condições previstas em ensaio;
- g) impedância percentual: é a impedância do transformador em percentagem da tensão de curto-circuito nos terminais do primário;
- h) acessórios desejados: ventilação forçada, comutador de tape em carga, etc.

2.6.1.1 Normas específicas transformadores

NBR 5034–Buchas para tensões alternadas superiores a1kV.

NBR 53561–Transformadores de potência, Parte 1: Generalidades.

NBR 53562–Transformadores de potência, Parte 2: Aquecimento.

NBR 53563–Transformadores de potência, Parte 3: Níveis de isolamento, ensaios

dielétricos e espaçamentos externos em ar.

NBR 53564–Transformadores de potência, Parte 4: Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores.

NBR 53565–Transformadores de potência, Parte 5: Capacidade de resistir a curtos circuitos.

NBR 5426–Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.

NBR 6323–Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido–Especificação.

NBR 6937–Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão–Dispositivos de medição.

NBR 6940–Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão–Medição de descargas parciais.

NBR 7277–Transformadores e reatores–Determinação do nível de ruído.

NBR 7398–Produto de aço ou ferro fundido–Galvanização por imersão a quente–Verificação da aderência do revestimento–Método de ensaio.

NBR 7399–Produto de aço ou ferro fundido–Galvanização por imersão a quente – Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo–Método de ensaio.

NBR 7876–Linhas e equipamentos de alta tensão–Medição de rádio interferência na faixa de 0,15 MHz a 30 MHz.

NBR 11003–Tintas–Determinação da aderência.

NBR 14039–Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2kV

2.7 CHAVES SECCIONADORAS

As chaves seccionadoras são dispositivos de manobra que, na posição aberta, garantem a distância de isolamento requerida pelo nível de tensão do circuito. Elas são instaladas de maneira a possibilitar a isolação de um circuito da SE para manutenção. As chaves não devem ser operadas em carga, mas sempre em conjunto com um disjuntor, isto é, só se deve abrir uma chave depois de o seu disjuntor correspondente ser aberto e ela sempre deve ser fechada antes do fechamento desse disjuntor. Na Figura 17 é ilustrada uma chave seccionadora tripolar de comando simultâneo.

Figura 17 – Chave seccionadora tripolar de comando simultâneo



Fonte: Mamede Filho (2005).

O circuito principal de uma chave seccionadora é constituído das partes condutoras que se inserem no circuito em que a chave opera. A parte da chave seccionadora associada exclusivamente a um caminho condutor, excluídos o suporte isolante, a base e todos os elementos de operação simultânea, é conhecida como polo. A chave seccionadora da Figura 17 é tripolar, pois possui três dessas partes. Os terminais da chave seccionadora fazem a ligação da chave com o circuito no qual ela está inserida e os seus contatos são as peças metálicas responsáveis por assegurar a continuidade do circuito quando se tocam. Os contatos da chave são abertos ou fechados por meio do dispositivo de operação, que pode ser manual ou motorizado. Após a realização de uma manobra, o dispositivo de bloqueio indica ao operador a posição dos contatos da chave e a trava para evitar uma operação acidental (MAMEDE FILHO, 2005). As chaves de aterramento são conectadas entre as linhas de transmissão e a terra e quando a linha é retirada de serviço para manutenção, essas chaves, que são normalmente abertas, são fechadas para que seja descarregada a tensão armazenada na capacitância formada pela linha de transmissão e a terra (RAO, 2009). As chaves seccionadoras podem apresentar as seguintes configurações (MAMEDE FILHO, 2005):

- a) seccionadores de abertura lateral singela;
- b) seccionadores de abertura central;
- c) seccionadores de dupla abertura central;
- d) seccionadores de abertura vertical;
- e) seccionadores pantográficos.

2.7.1 Especificação de chaves seccionadoras

A especificação de chaves seccionadoras requer a indicação dos seguintes itens (MAMEDE FILHO, 2005):

- a) tensão nominal;
- b) corrente nominal;
- c) frequência nominal;
- d) corrente nominal suportável de curta duração;
- e) duração da corrente suportável de curto-circuito;
- f) valor de crista nominal da corrente suportável;
- g) tensão de operação dos circuitos auxiliares;
- h) tensão nominal dos dispositivos de comando.

2.7.1.1 Normas específicas chaves seccionadoras:

- a) NBR 5370 – Conectores de cobre para condutores elétricos em sistema de potência – Especificação;
- b) NBR 6941 – Peças de ligas de cobre fundidas em conchilhas – Requisitos e método de ensaio;
- c) NBR 7571 – Seccionadores – Características técnicas e dimensionais – Padronização.
- d) NBR 5032 – Isoladores de porcelana ou vidro para linhas aéreas com tensões acima de 1000 V para sistemas de corrente alternada;
- e) NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimento na inspeção por atributos – Procedimento;
- f) NBR 5459 – Eletrotécnica e eletrônica – Manobra, proteção e regulação de circuitos – Terminologia;
- g) NBR 6323 – Galvanização por imersão a quente ou produtos de aço e ferro fundido – Especificação;
- h) IEC 600.601 – Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – Definições gerais e técnicas de ensaio;
- i) NBR 7398 – Produto de aço ou ferro fundido por imersão a quente – Verificação da aderência do revestimento – Método de ensaio;

- j) NB R 7571 – Seccionadores – Características técnicas e dimensionais – Padronização;
- k) IEC 62271102 –Des conectores de alta tensão em corrente alternada com lâmina de terra.

2.8 PÁRA-RAIOS

Os para-raios são equipamentos responsáveis por reduzir o nível de sobretensão, seja ela por descargas atmosféricas ou por manobras, a valores compatíveis com a classe de isolamento dos equipamentos que ele protege. Eles podem ser utilizados na proteção de vários equipamentos de uma SE ou simplesmente de um transformador de distribuição em um poste. Em SEs, eles normalmente estão instalados nas entradas e saídas de linhas, podendo, também, conforme estudo para avaliação da necessidade, ser instalados nos barramentos mais próximos dos transformadores. Segundo a NBR-5424, os para-raios são divididos em classes. A classe estação subdivide-se em serviço leve e pesado. Para serviço leve existem para-raios de 20kA, 15kA e 10kA. Para serviço pesado existem para-raios de 10k A.

A classe distribuição possui para-raios de 5kA séries A e B. Por fim, a classe secundária possui para-raios de 1,5kV.

Os para-raios de 10kA são aplicados em SEs acima de 69kV e asseguram melhores níveis de proteção. Em seguida, vêm os para-raios de 5kA série A que são aplicados em sistemas de transmissão abaixo de 69kV e depois os para-raios de 5kA série B que são usados na proteção de transformadores de distribuição. Os para-raios da classe secundária têm pouca aplicação em instalações industriais e são mais comumente usados em entradas de consumidores de baixa tensão.

2.8.1 Especificação de para-raios

Na compra de um para-raios devem ser especificados os seguintes dados (MAMEDE FILHO, 2005):

- a) tensão nominal;
- b) tensão disruptiva máxima de impulso atmosférico;
- c) tensão residual máxima sob corrente de descarga nominal;
- d) tensão disruptiva à frequência industrial;
- e) tensão disruptiva máxima por surto de manobra;

- f) corrente de descarga nominal;
- g) classe;
- h) tipo de resistor não-linear.

2.8.1.1 Normas específicas de para-raios

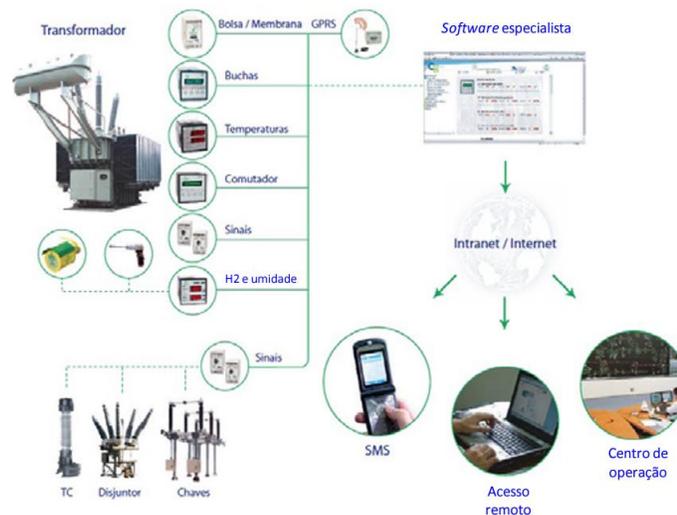
- a) NBR 5309 – Para raios de resistor não linear par a sistemas de potência –Método de ensaio;
- b) NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos – Procedimentos;
- c) NBR 5470 – Eletrotécnica e eletrônica – para raios –Terminologia;
- d) NBR 6323 – Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido– Especificação;
- e) NBR 6939 – Coordenação de isolamento– Procedimento;
- f) NBR 8841 – Coordenação de isolamento fase-fase;
- g) NBR 7398 – Produto de aço ou ferro fundido galvanizado por imersão a quente – Verificação da aderência do revestimento– Método de ensaio;
- h) NBR 7399– Produto de aço ou ferro fundido– Verificação do revestimento de zinco– Verificação da espessura do revestimento por processo não destrutivo–Método de ensaio.

2.9 Modernizações nas Subestações

Os equipamentos de alta tensão de subestações, tais como transformadores de potência, reatores de derivação, transformadores de corrente, transformadores de potencial capacitivos, disjuntores de alta tensão e seccionadores são os ativos de produção das concessionárias de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e, como tal, são de fundamental importância para a operação segura e a continuidade do fornecimento de energia elétrica. Quando operados em condições adequadas e gerenciados de forma precisa, estes ativos tornam-se um dos principais fatores de eficiência operacional, econômica e de competitividade das concessionárias do setor.

Visando garantir uma maior confiabilidade e disponibilidade desses equipamentos, simultaneamente à redução de custos de operação e manutenção e aumento da eficiência da manutenção, os sistemas para monitoramento e diagnóstico on-line de estado dos ativos têm se disseminado na última década, proporcionando uma ferramenta para a migração da manutenção preventiva para preditiva e para a filosofia de manutenção centrada na confiabilidade conforme a figura 18.

Figura 18 Rede de monitoramento



Fonte: Marcos E. G. Alves (2013)

Os principais objetivos com a utilização desses sistemas são:

- Diagnóstico e prognósticos *on-line* de estado dos equipamentos de alta tensão.
- Redução de riscos de falhas intempestivas.
- Controle e extensão da vida útil dos ativos.
- Migração da manutenção preventiva, baseada em tempo, para a preditiva, baseada no estado real dos equipamentos.
- Maior efetividade da filosofia de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC).
- Aumento de disponibilidade dos equipamentos para o sistema.
- Uso otimizado dos ativos.
- Redução dos custos de operação e manutenção.
- Redução das penalidades por indisponibilidade dos equipamentos (parcela variável).

- Melhor negociação e redução dos prêmios de seguros.
- Preservação da imagem corporativa.

O desenvolvimento da IEC 61850 ofereceu uma possibilidade muito maior de monitoramento do sistema. Temos hoje, por exemplo, a capacidade de proteger uma seção de barras de média tensão dentro de uma subestação a partir da comunicação entre relés de proteção do alimentador e do transformador (Revista o setor elétrico,2021). Especificamente no âmbito de proteção, controle e supervisão, a aplicação da norma IEC 61850 novamente ganha destaque pelo fato de este compêndio de documentos trazer técnicas de indústria 4.0 para os projetos de automação de subestações.

Dentre outras inovações como:

- a) disjuntores
- b) TCs e TPs ópticos
- c) Para-raios encapsulados
- d) Bobina de Bloqueio ou Filtro de Onda ou Line Trap

2.10 CONCLUSÃO

Conforme procedimentos de rede do operador nacional do sistema elétrico (ONS), barramentos de tensão igual a 230 kV arranjo barra dupla com disjuntor simples a quatro chaves, portanto subestação de 69kv se justifica colocar barramento de principal e transferência por ser segura e a maioria das subestações de 69Kv dependendo do projetista sempre respeitando as normas de forma segura e eficiente.

Neste Capítulo as SEs foram classificadas de diferentes maneiras visando a melhor compreensão de suas aplicações e o entendimento das peculiaridades de cada tipo de SE.

Foram apresentadas diferentes configurações de barramentos e descritas suas principais funcionalidades. Essa abordagem é importante, pois a definição do tipo de barramento tem impacto tanto na operação da SE quanto no seu custo de implantação. Apesar dos avanços feitos até aqui, o setor elétrico brasileiro ainda tem muito a se desenvolver na agenda da modernização digital,

tanto no âmbito técnico quanto na regulação. Nesse sentido, destaca que órgãos como o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) vêm acompanhando e participando das discussões com agentes/fabricantes para criar um ambiente mais propício para a aplicação e melhor aproveitamento dos benefícios que a tecnologia do pode trazer

Assim, foram apresentados os principais equipamentos de uma SE e suas especificações de compra e por fim este capítulo foi apresentado uma breve introdução das tecnologias, filosofias e arquitetura e funcionalidades dos sistemas de monitoramento *on-line* de estado dos principais ativos de subestações de alta tensão, além de demonstrar os objetivos atingidos com o uso corporativo desses sistemas.

3 PROJETO DE SUBESTAÇÕES

3.1 INTRODUÇÃO

O processo de implantação de uma SE é constituído dos seguintes subprocessos:

- a) planejamento;
- b) projeto civil;
- c) projeto eletromecânico;
- d) projeto elétrico;
- e) processo de compra;
- f) comissionamento;
- g) energização.

Esses subprocessos não são necessariamente sequenciais, uma vez que alguns deles necessitam de entradas que são fornecidas por outros processos.

3.1.1 Planejamento

A concepção de uma SE começa com o seu planejamento. Para isso, deve ser feito um estudo criterioso sobre a carga que ela deve alimentar, bem como a projeção do seu crescimento. Além do conhecimento da carga, também é importante conhecer o sistema, pois uma SE pode, ao mesmo tempo, suprir uma carga e funcionar como uma carga para SEs a montante.

O estudo do fluxo de potência é o método para solução da rede elétrica em regime permanente de operação e geração. Nele, através de dados de entrada, como geração e consumo de potência ativa e reativa em determinadas barras do sistema, são desenvolvidos métodos matemáticos, visando à convergência no cálculo do módulo e do ângulo das tensões em algumas barras do sistema. Assim, pode-se determinar o fluxo de potência ativa e reativa nos elementos da rede. Atualmente, o estudo do fluxo de potência é uma das ferramentas iniciais para estudos de curto-circuito e de estabilidade. Também existe o estudo do fluxo ótimo de potência, que fornece a melhor configuração da rede visando minimizar os custos de operação e reduzir as perdas (GRAINGER; STEVENSON, 2004).

Além do estudo para análise do sistema de potência, uma análise sócio econômica também

deve ser realizada para um bom planejamento de qualquer sistema elétrico, seja ele de uma concessionária de distribuição de energia elétrica, de uma indústria e, até mesmo, de uma residência. Fatores como crescimento da população de uma dada região, incentivos governamentais para instalação de novas indústrias ou aumento da produção pelo recebimento de novas encomendas de produtos, podem impactar no consumo de energia desses subsistemas e alterar a forma como eles são supridos. Neste sentido, no planejamento da SE considera-se o crescimento vegetativo da carga ângulo das tensões em algumas barras do sistema.

3.1.2 Projeto civil

O Projeto Civil de uma SE parte de estudos da situação do terreno reservado para a construção da SE e determina, em suas plantas e memoriais, a necessidade de realização de obras preliminares como raspagem e terraplanagem, por exemplo. Uma vez especificada a condição do terreno para o início das obras de construção da SE, o Projeto Civil segue intimamente ligado ao Projeto Eletromecânico da SE, pois a disposição de equipamentos, postes, acessos, canaletas e a posição de entradas e saídas de linhas podem influenciar diretamente nos materiais e na forma como serão projetadas as drenagens e pavimentações, edificações, bases e fundações para postes e equipamento se instalações Hidrossanitários.

3.1.3 Projeto eletromecânico

O ponto de partida do Projeto Eletromecânico é o Diagrama Unifilar da SE. Nele, é definido o esquema da SE e apontados os seus equipamentos. Então se dá a definição das plantas baixas com localização das estruturas, bases e acessos para instalação dos equipamentos, proporcionando a elaboração da planta denominada arranjo físico. Nele também são dimensionadas e posicionadas as canaletas e eletrodutos de interligação dos equipamentos à casa de comando. A medição da resistividade do solo, o cálculo e elaboração da planta malha de terra, o aterramento de equipamentos, cercas e portões, o dimensionamento dos condutores do circuito principal da SE e a blindagem de proteção contra descargas atmosféricas também fazem parte do escopo do projeto eletromecânico.

3.1.4 Projeto elétrico

O Projeto Elétrico parte do diagrama unifilar de proteção e medição e detalha a filosofia das proteções e controle dos equipamentos da SE. A interligação entre os transformadores de instrumentos e os relés de proteção é explicitada nesse projeto, bem como o dimensionamento dos cabos necessários para essas ligações. Esses dados geralmente constam também nos diagrama TRIFILAR Os diagramas funcionais do Projeto Elétrico mostram as fiações destinadas à supervisão dos equipamentos, seus comandos e eventuais TRIPS. Também constam no Projeto Elétrico os detalhes de instalação dos equipamentos nos quadros de comando localizados na casa de comando.

3.1.4.1 Projeto de automação

Conceitualmente, a automação do projeto elétrico é objeto de um projeto a parte. Na prática, contudo, não se faz distinção entre um e outro, tamanha foi a incorporação da automação pelos projetistas responsáveis pelo projeto elétrico. O objetivo do Projeto de Automação é a economia nas funcionalidades do Projeto Elétrico sem a perda de sua confiabilidade. Ele utiliza equipamentos microprocessados para implementar as funções de proteção e controle em uma SE. Com o aumento da velocidade de comunicação entre equipamentos, a queda no seu custo de aquisição e a consolidação de um protocolo de comunicação padrão entre eles, há uma tendência de incorporação do Projeto de Automação pelo Projeto Elétrico em projetos de subestações de alta tensão. O sistema de automação de subestações tem sua arquitetura formada em quatro níveis, são eles: 0, 1, 2 e 3. No nível 0, o comando dos equipamentos se faz no quadro de comando do próprio equipamento localizado no pátio da SE. No nível1, existe uma unidade de controle de posição (UCP), microprocessada, por vão e de operação em tempo real. A UCP possui todas as funções relativas às operações dos equipamentos a ela relacionados. O nível 2 realiza todas as funções de monitoramento e controle da SE, além de se comunicar com os níveis 1 e 3. Ele é composto por uma unidade de controle da SE (UCS), um PC industrial que faz a interface homem-máquina (IHM) e a rede local. O nível 3 permite a observação, a operação e a administração da SE externamente à própria SE. O local de onde se controla a SE nesse nível é comumente chamado de centro de controle do sistema (CCS) (CPFL, 2003). Normalmente, a automação de SEs industriais vai até o nível 2, ficando o nível 3 para subestações de transmissão e distribuição de energia elétrica.

3.1.5 Processo de compra

Uma vez determinados dados de alimentação da SE como tensão de entrada e níveis dos curtos-circuitos no ponto de entrega, é possível fazer a especificação dos equipamentos a serem instalados nela. Porém, como já mencionado anteriormente, esse não é um processo isolado, visto que outros fatores, como, por exemplo, o layout da SE, também influenciam na especificação desses equipamentos.

3.1.6 Comissionamento

O comissionamento é a etapa de testes após a construção da SE. Nele é verificado se a SE foi construída conforme o projeto aprovado pelo contratante e se o mesmo segue todas as suas especificações de qualidade. São também efetuados procedimentos operacionais padrões para a verificação do desempenho dos equipamentos de manobra, proteção e medição. As obras civis também devem ser observadas.

3.1.7 Energização

Depois de realizados, na fase de comissionamento, todos os testes necessários para garantir a confiabilidade e a segurança da instalação, se atender a todos os requisitos normativos, a SE será liberada para a energização. Nessa etapa, o corpo técnico responsável pelo projeto, construção, fiscalização, operação e manutenção da SE deve estar presente.

3.2 VIABILIDADE E PROJETO ELETROMECCÂNICO DA SE CAMPUS E SANTA MARIA UFSM

3.2.1 Análise de viabilidade e diferenças entre tarifas

Abordará os parâmetros de projetos utilizados na análise da viabilidade da troca proposta. Para tanto, serão apresentados os custos das diferentes tarifas, assim como seus custos das modalidades tarifárias conforme tabela da a (Resolução 3045/2022 ANEEL).

Atualmente a UFSM está classificada na modalidade tarifária azul, no subgrupo A4 tensão de fornecimento de 13.8 kV, consumidor poder público com o objetivo de gerar economia para instituição foi realizada uma análise sobre a possibilidade da troca para o grupo A3, tensão de fornecimento em 69kV, que possui valores de tarifa menores comparados com a classe atual. como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Valor base da tarifa de demanda

SUBGRUPO	MODALIDADE	POSTO	TARIFAS DE APLICAÇÃO		
			TUSD		TE
			R\$/kW	R\$/MWh	R\$/MWh
A3 (69kV)	AZUL	Ponta	18,10	85,18	393,63
		Fora Ponta	15,41	85,18	249,61
A4(2,3KV a 25kV)	AZUL	Ponta	47,94	116,79	396,63
		Fora Ponta	32,31	116,79	249,61

Fonte: elaboração própria.

O passo seguinte foi analisar as últimas 12 faturas mensais do campus da instituição, encontradas no Quadro 3. Em negrito encontram-se as demandas que superaram a demanda contratada de 3 MW na ponta e 5 MW fora da ponta.

Quadro 3 – Informações das últimas 12 faturas da UFSM

Meses	Demanda (MW)		Consumo de Energia (MWh)				Demanda Contratada (kW)	
			Ponta (TE)	Fora Ponta (TE)	Ponta (TUSD)	Fora Ponta (TUSD)	Ponta (TUSD)	Fora Ponta (TE)
Fevereiro/22	1,75	3,47	80,49	908,45	80,49	908,45	2000	3000
Março/22	1,56	3,23	82,64	916,45	82,64	916,45	2000	3000
Abril/22	2,03	4,01	81,49	868,55	81,49	868,55	3000	5000
Mai/22	2,12	3,04	111,25	1011,48	111,25	1011,48	3000	5000
Junho/22	2,31	3,82	121,06	1162,9	121,06	1162,9	3000	5000
Julho/22	3	5	114,91	1098,56	114,91	1098,56	3000	5000
Agosto/22	3	5	115,62	1034,05	115,62	1034,05	3000	5000
Setembro/22	1,88	2,55	95	856,56	95	856,56	3000	5000
Outubro/22	2,02	3,68	102,44	990,88	102,44	990,88	3000	5000
Novembro/22	2,49	4,9	104,78	1071,64	104,78	1071,64	3000	5000
Dezembro/22	2,84	6,13	110,74	1176,32	110,74	1176,32	3000	5000
Janeiro/23	2,96	5,68	146,48	1576,2	146,48	1576,2	3000	5000

Fonte: elaboração própria

A análise realizada foi simples, com o objetivo de procurar a diferença entre as contas, não foram inclusos tanto os valores das bandeiras, por se manterem iguais nos dois casos, quanto a multa por ultrapassagem de fator de potência. Os impostos cobrados em cima da conta também foram considerados. Nos meses em que a demanda não ultrapassa a contratada é cobrado o valor contratado. Os Quadro 4 e Quadro 5 apresentam os valores mensais referentes ao subgrupo A3 e A4 respectivamente.

Quadro 4 – Custo de energia do subgrupo A3

SUBGRUPO A3 (69KV)							
Período	Demanda		Consumo				Total Mensal (R\$)
Meses	Ponta (R\$)	Fora Ponta(R\$)	Ponta TE(R\$)	Ponta-TUSD(R\$)	Fora Ponta TE(R\$)	Fora Ponta TUSD(R\$)	
Fevereiro/22	36.200	46.230	31.683	6.856	226.758	77.382	576.745,38
Março/22	36.200	46.230	32.530	7.039	228.755	78.063	573.199,68
Abril/22	54.300	77.050	32.077	6.941	216.799	73.983	625.642,21
Mai/22	54.300	77.050	43.791	9.476	252.476	86.158	754.580,27
Junho/22	54.300	77.050	47.653	10.312	290.271	99.056	838.741,58
Julho/22	54.300	77.050	45.232	9.788	274.212	93.575	788.288,33
Agosto/22	54.300	77.050	45.512	9.849	258.109	88.080	757.943,67
Setembro/22	54.300	77.050	37.395	8.092	213.806	72.962	603.938,23
Outubro/22	54.300	77.050	40.323	8.726	247.334	84.403	651.949,13
Novembro/22	54.300	77.050	41.245	8.925	267.492	91.282	700.491,17
Dezembro/22	54.300	77.050	43.591	9.433	293.621	100.199	737.659,91
Janeiro/23	54.300	77.050	57.659	12.477	393.435	134.261	929.342,46

Fonte: elaboração própria

Quadro 5 – Custo de energia do subgrupo A4

SUBGRUPO A4 (2,3 kV a 25kV)							
Período	Demanda		Consumo				Total Mensal (R\$)
Meses	Ponta (R\$)	Fora Ponta(R\$)	Ponta TUSD(R\$)	Ponta-TE(R\$)	Fora Ponta TUSD(R\$)	Fora Ponta TE(R\$)	
Fevereiro/22	95.880	96.930	9.400	31.925	106.098	226.758	769.236,69
Março/22	95.880	96.930	9.652	32.778	107.032	228.755	763.291,79
Abril/22	143.820	161.550	9.517	32.321	101.438	216.799	902.809,23
Mai/22	143.820	161.550	12.993	44.125	118.131	252.476	1.057.196,30
Junho/22	143.820	161.550	14.139	48.016	135.815	290.271	1.150.339,14
Julho/22	143.820	161.550	13.420	45.577	128.301	274.212	1.090.886,80
Agosto/22	143.820	161.550	13.503	45.858	120.767	258.109	1.057.632,24
Setembro/22	143.820	161.550	11.095	37.680	100.038	213.806	870.189,27
Outubro/22	143.820	161.550	11.964	40.631	115.725	247.334	917.863,55
Novembro/22	143.820	161.550	12.237	41.559	125.157	267.492	974.728,15
Dezembro/22	143.820	161.550	12.933	43.923	137.382	293.621	1.012.001,56
Janeiro/23	143.820	161.550	17.107	58.098	184.084	393.435	1.221.090,80

Fonte: elaboração própria

As menores taxas do subgrupo A3 é R\$ **573.199,68** e do subgrupo A4 é R\$ **763.291,79** e a diferença entre os custos dos subgrupos foi de R\$ **190.092,11**, que multiplicando por doze R\$ **2.281.105,32** de lucro ao ano, um valor realmente considerável com a migração para subgrupo A3. Assim foi iniciada uma análise técnica e econômica dos quesitos necessários para viabilizar a alimentação em 69 kV, afim de solicitar o projeto de uma subestação abaixadora de 69 kV para 13,8 kV.

3.2.2 Transformador de potência

A partir da máxima demanda exigida pela UFSM, 7,0782 MVA, ocorrida em novembro de 2014, maior até janeiro de 2023, foi estimado o valor da demanda para os anos seguintes, considerada uma taxa de crescimento anual igual a 2.5 %.

Assim foi estimada a potência do transformador para suportar a carga em um horizonte de 40 anos, considerando-se 2023 como ano 1. Como pode ser observado no Quadro 6.

Quadro 6. – Projeção de Carga

Ano	S (kVA)
1	7.078,261
2	7.255,155
3	7.436,534
...	...
28	14.131,591
29	14.484,880
30	14.847,003
...	...
39	18.541,872
40	19.005,419

Fonte: elaboração própria

Os dados apresentam uma potência nominal de 14,847 MVA para 40 anos, o transformador escolhido é de 15 MVA sendo que após decorridos quase 40 anos o transformador vai iniciar seu limite máximo de funcionamento, com comutador sob carga e resfriamento ONAF (óleo natural e ventilação forçada), que aumenta sua potência nominal para **18,750MVA** com tensão primária de

69 kV e 13,8 kV no secundário, com dois alimentadores na etapa inicial e previsão de espaço e conexões para dois outros alimentadores pelo fato da maior demanda 6515kW considerada não fora ultrapassada nos anos de 2022 e 2023, além de evitar perdas no transformador, que nos primeiros anos irá operar com cerca de metade de sua capacidade total.

3.2.3 Diagrama unifilar SE

Os principais elementos da subestação foram projetados baseados na condição do consumidor proposto, onde na parte de média tensão optou-se em um barramento principal e transferência para aumentar a confiabilidade do sistema. Atualmente a UFSM possui um alimentador, para este projeto foram escolhidos dois e mais dois futuramente, aumentando ainda mais a confiabilidade do sistema. O diagrama unifilar é apresentado na Figura 19. Este, composto no lado de alta, em vermelho, por uma entrada de linha, um TC, um TP, um PR, três chaves seccionadoras e um disjuntor. O lado de baixa é composto por três saídas de redes, por um arranjo de barramento principal e transferência, por 1 TP, por 3 TCs, por 3 PR, por 12 chaves seccionadoras e por 4 disjuntores.

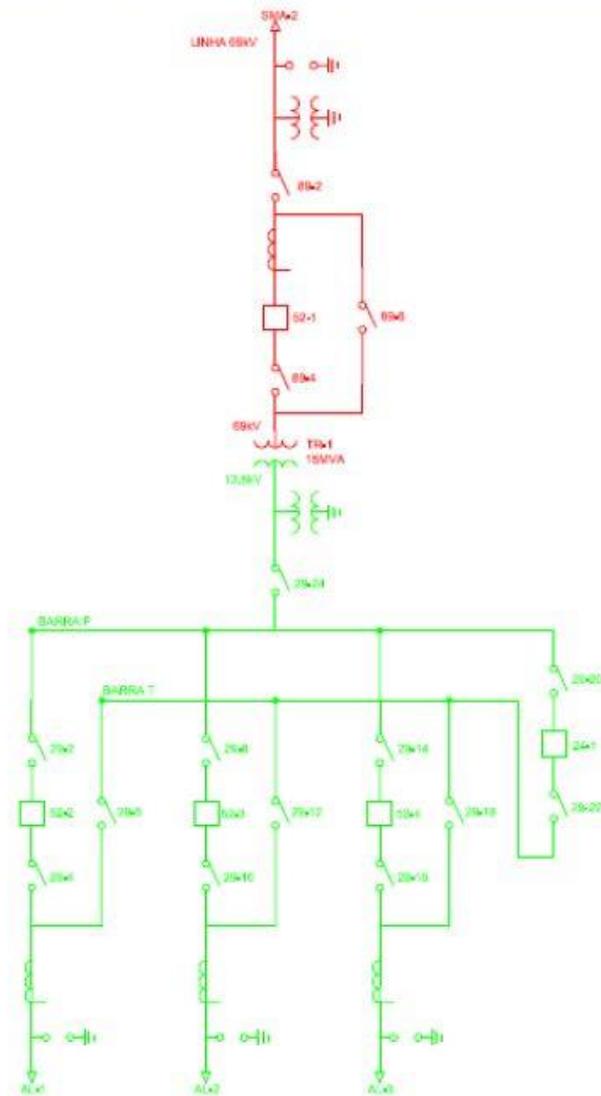


FIGURA 19 – Próprio autor

3.2.4 Planejamento da SE campus de Santa Maria UFSM

Nesta etapa foi solicitada uma Avaliação de Viabilidade Técnica (AVT) na concessionária e definidas as principais características da instalação: SE 69/13,8 kV aérea, potência inicial 15MVA com previsão de expansão e dois alimentadores de 13,8 kV. Foi decidido que, num primeiro momento, seria mais interessante a realização de um projeto para a SE aérea, visto que normalmente se opta por esse tipo quando em se tratando de subestação de alta tensão de pouca área disponível para sua construção. A partir das definições acima foi elaborado o Diagrama Unifilar que serviu como base para elaboração do projeto eletromecânico da SE (Apêndice C).

3.2.5 Escolha do terreno

Na escolha do terreno para a localização de uma SE foi levado em consideração a sua distância para o centro de cargas, bem como as suas vias de acesso e a Infraestrutura disponível, conforme (CPFL, 2003).

Inicialmente, pensou-se na realização do projeto no terreno fundos instituto de redes inteligentes (INRI) localizada dentro do Campus de Santa Maria, mostrado na Figura 20. Porém, a existência de algumas árvores e de um conjunto habitacional e lavouras, além da passagem do circuito alimentador de 69 kV, limitaram a área necessária para o projeto de uma SE desse porte.

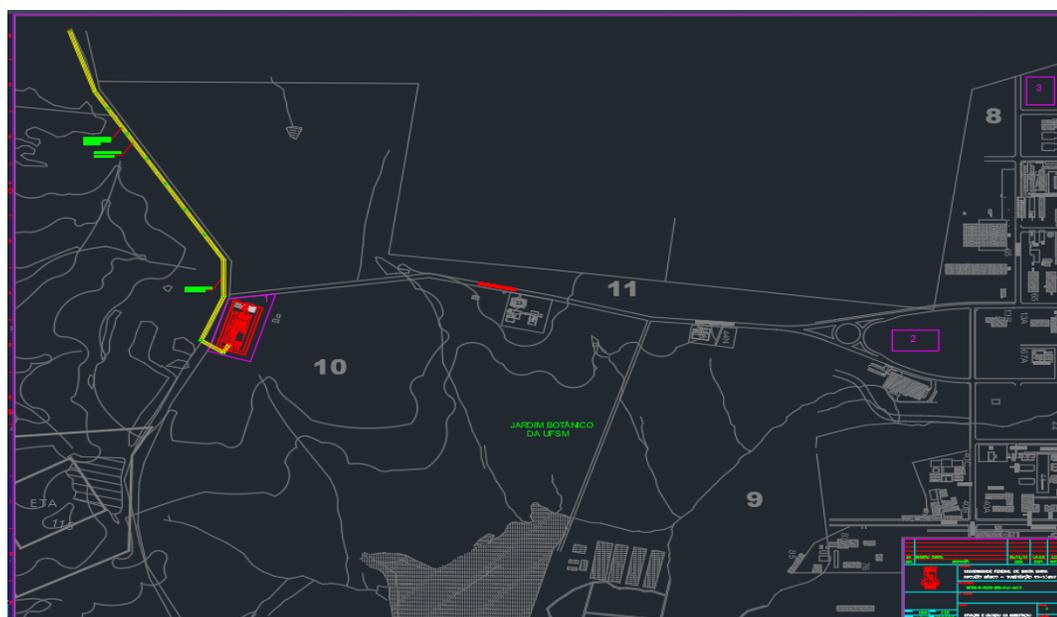
Figura 20 – Terreno inicialmente proposto para a SE UFSM *campus* de Santa Maria



Fonte: elaboração própria

A segunda escolha e ideal foi na entrada do campus pelo acesso, estrada geral para Arroio do Só por usar essa estrada para construção da linha de 69kV sem passar por grupos habitacionais, além de menor percurso e fácil acesso para rodovia para possível manutenções e ter menos manobras para caminhões de grande porte e sem questões de desmatamento e levaram à escolha de uma área de 80x80 m, que é o padrão terreno de uma SE de pequeno porte da CPFL Energia e por estar próximo da SE santa maria 2. O terreno escolhido está mostrado na Figura 21, área localizada dentro do campus.

Figura 21 – Terreno escolhido para a SE

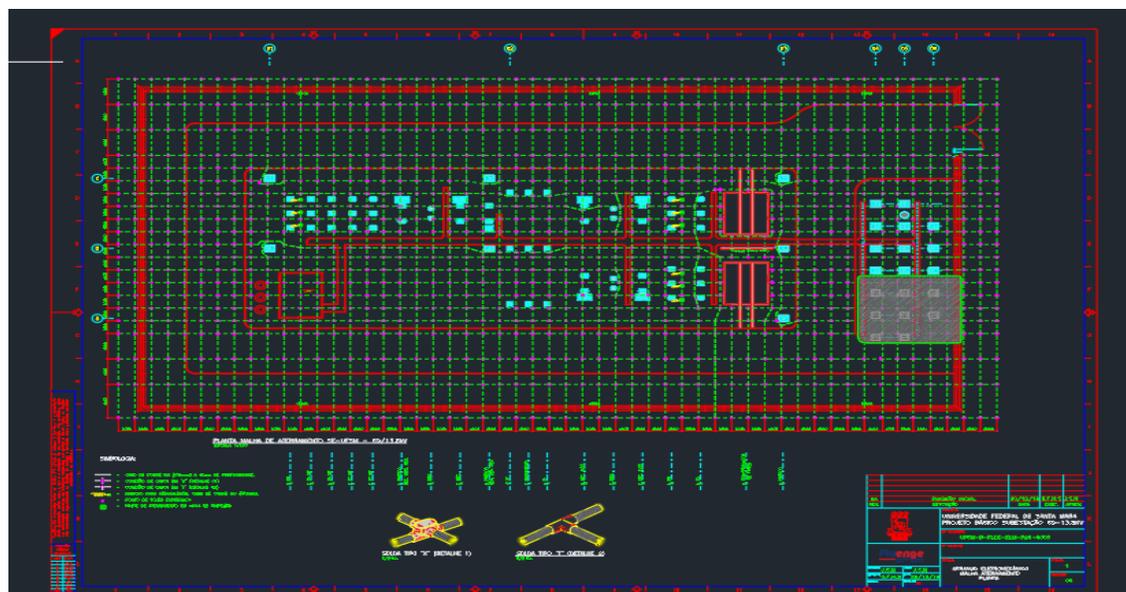


Fonte: PROINFRA.

3.2.6 Malha de terra

No cálculo da malha de aterramento devem ser considerados os seguintes itens: (I) a área definida para a instalação da malha de aterramento; (II) os valores de resistividade elétrica do solo baseados nas medições de campo; e (III) o valor da corrente de curto circuito fase terra que é calculado a partir da configuração do sistema da concessionária e/ou ONS para um horizonte de 10 anos (Figura 22).

Figura 22 – Malha de terra exemplo



Fonte: PROINFRA.

Considerando os dados anteriormente definidos e o cálculo do condutor da malha de aterramento, tomando como limites: (I) a resistência da malha de aterramento no valor de 5Ω para as subestações de 69kV a 230 kV; (II) tensão de passo; (III) e a tensão de toque nos valores máximos admitidos no decorrer do cálculo que pode ser elaborado por softwares comerciais ou por processos manuais, o que requer bastante mão de obra. O Capítulo 11 do livro de Mamede Filho (2022), Instalações Elétricas Industriais, trata do assunto.

Os condutores normalmente utilizados no cálculo da malha de aterramento são: (I) cabo de cobre nu, 70 mm^2 , têmpera meio dura, 19 fios; (II) cabo de cobre nu, 95 mm^2 , têmpera meio dura, 19 fios; e (III) cabo de cobre nu, 120 mm^2 , têmpera meio dura, 37 fios. No caso das concessionárias, cada empresa estabelece a seção mínima do condutor utilizado em seus projetos.

Condutor de aterramento das estruturas e equipamentos. Os condutores normalmente utilizados para aterramento das estruturas, equipamentos, portões e demais partes metálicas são o cabo de cobre nu, 70 mm^2 , têmpera meio dura, 19 fios, para subestações de 69 kV é de 95 mm^2 .

A malha de terra deverá ser enterrada 50 cm abaixo do nível da terraplanagem e suas interconexões, conexões às hastes de aterramento e aos trilhos dos transformadores deverão ser feitas com solda exotérmica (CPFL, 2003).

As conexões de equipamentos, estruturas e demais partes metálicas devem ser do tipo aparafusadas. Nos aterramentos da SE deverão ser usadas hastes de aterramento de aço cobreado. As hastes devem ser dispostas conforme o Quadro 7, a seguir.

Quadro 7 – Número de hastes de aterramento

Descrição	Número de hastes
Aterramento do neutro do transformador de potência.	01
Aterramento do neutro do transformador de serviços auxiliares.	01
Aterramento do conjunto de cada três para-raios	01
Aterramento dos ângulos agudos nos cantos das malhas.	03 ou 04
Aterramento dos cantos da casa de comando.	04, sendo uma em cada canto

Fonte: elaboração própria.

Além disso, deverão ser postas hastes de 12 em 12 metros na periferia da malha de terra e uma caixa de inspeção para medição da resistência da malha de terra em cada pátio da SE.

3.2.6.1 Estudo da resistividade do solo

O sistema de aterramento deverá ser calculado com base no estudo preliminar da resistividade do solo. A medição da resistividade deverá ser efetuada empregando o método de Werner, segundo a NBR-7117 (CPFL, 2003). Para que se atinja uma maior precisão nos cálculos da malha fundamentados nas medições da resistividade do solo, é importante que elas sejam feitas após a terraplanagem.

3.2.6.2 Cálculo da malha de terra

A área definida para o cálculo da malha de terra está mostrada na planta UFSM6, apêndice C, e o seu cálculo, segundo Mamede Filho (2015), deverá ser feito considerando-se os estudos definidos no item 3.2.3.1 e o valor da máxima corrente de curto-circuito fase-terra presumida do lado da tensão mais baixa.

3.2.6.2.1 Condutores da malha de terra

Foram realizados estudos históricos dos cálculos de malha de terra das SEs da CPFL Energia e os resultados apontaram para a padronização dos condutores da malha de 70 mm 2,95 mm² e 120 mm². O aterramento de estruturas, equipamentos, portões e demais partes metálicas devem ser feitas através de cabo de cobre nu de 70 mm² (CPFL, 2003).

3.2.7 Blindagem

A proteção contra descargas atmosféricas é feita por hastes para-raios montadas sobre as estruturas, conforme mostram as plantas UFSM6 e UFSM7, Apêndice C, para os pátios de 72,5 kV e 15 kV, respectivamente. No critério de distribuição das hastes foi considerado um ângulo de proteção e cobertura de 30°, conforme CPFL (2003). O aterramento das hastes para-raios deverá ser feito na malha de terra por meio de solda exotérmica.

3.2.8 Estruturas

No projeto da SE UFSM Campus de Santa Maria, foram utilizadas estruturas de concreto armado padronizadas em CPFL (2019, 2021).

3.2.8.1 Entrada de linha

Na Entrada de Linha (EL) de 69 kV foi projetado um pórtico com postes tipo B-1,5, de 11 m e engastamento de 1,80 m, e, para a fixação dos cabos de liga Al nu de 315mm², foi especificada uma cadeia de ancoragem com alça pré-formada presa em uma viga Tipo H/I de 230x310x7100

mm com montagem horizontal. Essa viga deverá ser suportada por dois anéis triplos tipo B-3 de dimensão interna 230x285 mm. Ainda nesse pórtico, foi projetada a instalação de para-raios tipo estação fixados em uma viga Tipo H/I de 230x310x7100 mm com montagem horizontal suportada por dois anéis triplos tipo B-6 de abertura interna 290x370 mm. O projeto dessa estrutura pode ser visto nas plantas UFSM.

O conjunto de medição para faturamento, fornecido pela CPFL Energia, formado por dois TCs e três TPs, conforme indicado apêndice C, será instalado sobre postes do tipo B, de 4,5 m de comprimento e engastamento de 2 m, e fixados em suportes Capitel tipo B-1 de abertura interna 230x200 mm. O projeto dessa estrutura pode ser visto nas plantas UFSM6.

Para a instalação da chave seccionadora tripolar com lâmina de terra foi projetada uma estrutura formada por dois postes do tipo B, de 4,5m de comprimento e engastamento de 2 m, dois suportes Jabaquara tipo B-3, modelo LT, de 1.630 mm e duas vigas tipo Maciça de 120x170x4600 mm, com montagem vertical.

Os TCs de proteção que serão associados ao relé do disjuntor 12L1 serão instalados em uma estrutura formada por três postes do tipo B, de 4,5 m de comprimento e engastamento de 2 m e suportes Capitel tipo B-1 de abertura interna 230x200 mm.

3.2.8.2 Barramento 72,5 kV

O barramento de 72,5 kV, formado pelo mesmo cabo da EL de 72,5 kV, liga Al nu de 315mm², será preso nas duas extremidades por duas cadeias de ancoragem com alça pré-formada. As cadeias de ancoragem serão fixadas em duas vigas Tipo H/I de 230x310x7100 mm com montagem horizontal, sustentadas por quatro anéis triplos tipo B-3 de dimensão interna 230x285 mm em postes tipo B de 10,5 m e engastamento de 2,1 m, que formam o pórtico para o barramento de 72,5 kV. Nesse pórtico do lado do disjuntor de 72,5 kV, foram projetadas duas colunas de isoladores de 72,5 kV, uma fixada pelo topo e outra fixada pela base, para diminuir a tração suportada pelo cabo devido à distância entre a bucha de saída do disjuntor de 72,5 kV e o ponto de conexão ao barramento de 72,5 kV. Estas colunas estão fixadas em uma viga Tipo H/I de 230x310x7100 mm com montagem horizontal, sustentada por dois anéis triplos tipo B-6 de dimensão interna 230x285 mm. No mesmo pórtico do barramento de 72,5 kV, mas distante 17 m da base do disjuntor de 72,5 kV, foi projetada a instalação de três para-raios tipo estação na mesma viga de fixação da cadeia de ancoragem do barramento de 72,5 kV. Ainda nestes dois postes foi

deixada, de reserva para eventuais necessidades futuras, dois anéis triplos tipo B-6 de abertura interna 290x370 mm.

Devido à distância e a diferença de altura existente entre a bucha de saída do transformador de potência 02T1 e a cadeia de ancoragem de 15 kV para cabos de 240 mm², não seria possível a ligação direta do transformador com a respectiva ancoragem de 15 kV.

Portanto, foi decidido incluir no projeto um poste do tipo B, de 10,5 m de comprimento e engastamento de 2,1 m, com um anel triplo tipo B-3 de abertura interna 230x285 mm para a fixação de uma segunda cadeia de ancoragem de 15 kV, que, juntamente com a cadeia de ancoragem instalada no lado BT do Trafo 02T1, sustentarão os cabos Cu nu de 240 mm² que, por meio de conectores T serão ligados às buchas BT do transformador 02T1. Este poste foi posicionado a 7,5 m das estruturas de suporte do barramento de 72,5 kV e alinhado com elas no lado mais próximo do transformador. Os detalhes da ancoragem e da disposição das estruturas podem ser vistos nas plantas PROINFRA.

3.2.8.3 Conexão Alta Tensão do Trafo 02T1

A conexão AT do transformador de potência 02T1 será feita por meio da chave seccionadora tripolar 32L1 instalada em uma estrutura formada por dois postes tipo B, de 4,5 m de comprimento e engastamento de 2 m, dois suportes Jabaquara tipo B-3, modelo LT, de 1.630 mm e duas vigas tipo Maciça de 120x170x4600 mm, com montagem vertical. Os detalhes da estrutura e o arranjo elétrico da chave 32L1 pode ser visto nas plantas PROINFRA.

3.2.8.4 Conexão Baixa Tensão do Trafo 02T1

A conexão BT do Trafo 02T1 será feita através do disjuntor de 15 kV, 11T1, com o recurso de *BAY PASS* (Vão de passagem) pela chave seccionadora tripolar 31T1-6 e pelas chaves seccionadoras unipolares 31T1-4 e 31T1-5.

O disjuntor será montado em uma base cuja especificação faz parte do escopo do projeto civil. As chaves serão montadas em vigas sustentadas por anéis fixados nos postes componentes da estrutura suporte do barramento de 15 kV.

As chaves seccionadoras unipolares 31T1-4 e 31T1-5 estarão fixadas em uma viga do tipo Maciça de 120x170x3100 mm e montagem vertical, suportada por quatro anéis triplos tipo B-6

com abertura interna de 290x370 mm. A chave seccionadora tripolar de BAY PASS (Vão de passagem) 31T1-6, será instalada em duas vigas do tipo Maciça de 120x170x3100 mm e montagem vertical, suportadas por dois suportes Jabaquara tipo B-3, modelo LT, de 730 mm. Estes dois conjuntos estão fixados em dois postes tipo B, de 10,5 m de comprimento e engastamento de 2,1m.

3.2.8.5 Barramento de 15 kV

As estruturas suportes do barramento de 15 kV foi projetada de acordo com o número de alimentadores de 13,8 kV. Basicamente, ela é formada por duas fileiras de postes tipo B de 10,5 m e engastamento de 2,1 m, que formam dois quadrados de lado 3,5 m que compartilham um lado. Essa estrutura modular de barramento permite a expansão de alimentadores em função da carga de maneira econômica e simplificada.

No primeiro módulo, abaixo da estrutura em que será fixada a cadeia de ancoragem dos cabos de 15 kV vindos das buchas baixa tensão do transformador 02T1, ficam os vão do disjuntor 11T1 e do RELIGADOR 21L1. As chaves seccionadoras unipolares – 31T1-4, 31T1-5, 31L1-4 e 31L1-5 – são de montagem vertical e serão instaladas em duas vigas, por BAY(Vão), do tipo Maciça de 120x170x3100 mm e montagem vertical e as chaves seccionadoras tripolares de *BY-PASS* – 31T1-6 e 31L1-6 – são de montagem horizontal e serão instaladas em duas vigas do tipo Maciça de 120x170x3480 mm de montagem vertical, por *BAY PASS* (Vão de passagem).

No caso das chaves de montagem vertical, as suas vigas serão suportadas por dois anéis triplos, por viga, tipo B-6 com abertura interna de 290x370 mm, cada viga. Para as chaves de montagem horizontal as suas vigas serão suportadas por dois suportes Jabaquara duplo tipo LT de 730 mm.

No segundo módulo, a estrutura de suporte das chaves seccionadoras unipolares, 21L2-4 e 21L2-5, e da chave seccionadora tripolar de *BY-PASS*, 21L1-6, relacionadas ao RELIGADOR 21L2 será idêntica à do RELIGADOR 21L1.

O TSA e os TPs de 15 kV serão instalados em um poste tipo B de 6 m de comprimento e engastamento de 2,5 m. O barramento de 15 kV será composto por cabo Cu nu de 240 mm² e será sustentado nas suas duas extremidades por duas cadeias de ancoragem com alças pré-formadas para cabo de 240 mm².

3.2.8.6 Iluminação dos pátios e acessos

As luminárias serão instaladas em postes tipo B de 9 m de comprimento e engastamento de 1,5 m.

3.2.8.7 Edificações

Para o projeto de arquitetura da casa do gerador é necessário conhecer as dimensões do conjunto motor gerador normalmente tendo o óleo diesel como combustível. A casa do gerador deverá ter dimensão de, no mínimo, seis vezes a área projetada do GMG. A descarga do motor diesel deverá ter o sentido predominante dos ventos e evitar que os gases de queima saiam no sentido do pátio de manobra.

3.2.9 Base do transformador

Para realizar o projeto de arquitetura da base do(s) transformador(es) é necessário conhecer as seguintes informações: (I) dimensões do transformador; (II) dimensões e desenho detalhado da base do transformador; e (III) peso bruto do transformador, isto é, com o equipamento cheio de óleo. A base do transformador deve ser composta das estruturas de suporte do equipamento e de uma bacia de contenção de óleo que se conectará com a caixa separadora de água e óleo.

As dimensões da bacia de contenção devem ser ao longo do seu perímetro 50 cm superior à projeção do transformador. Já o volume útil da bacia de contenção deve ser igual ou superior a 110 % do volume de óleo contido no transformador. A camada de 10 cm de brita colocada sobre a bacia de contenção tem a função de evitar a formação de fogo durante um vazamento de óleo do transformador (MAMEDE FILHO, 2021).

3.2.10 Critério gerais do sistema de combate a incêndio

As subestações que não possuem combate automático de incêndio podem utilizar outros meios reconhecidos denominado combate de incêndio manual.

Os critérios de combate a incêndio manual em subestações são definidos na ABNT NBR

13231 – Proteção contra incêndio em subestações elétricas de geração, transmissão e distribuição.

- a) ambientes edificadas: casa de comando e controle;
- b) pátio de manobra: os extintores de pó devem ser instalados em locais de fácil acesso, sinalizados, abrigados contra intempéries, e identificados;
- c) barreiras de proteção do tipo corta fogo: as barreiras de proteção contra fogo, ou simplesmente parede corta fogo, devem ser especificadas e construídas de acordo com os desenhos de projeto. A altura da parede corta-fogo para transformadores de potência deve ser de 60 cm acima do topo do tanque conservador de óleo que normalmente é o ponto mais elevado desse equipamento. A parede corta fogo deve ter o comprimento do equipamento protegido acrescido de 60cm. A distância que separa a parede corta fogo do equipamento protegido deve ser de 50cm. Quando a distância entre a casa de comando e controle ou edificações da subestação e os equipamentos de pátio for igual ou superior a 15 m, não há necessidade de construir parede corta fogo. Quando a distância entre a casa de comando e controle ou edificações da subestação e os equipamentos de pátio for menor do que 8m, considerar as seguintes premissas: (i) a parede corta fogo não deve permitir a passagem de calor e as chamas para áreas circunvizinhas; (ii) garantir que a parede corta fogo não venha a cair parcialmente ou não sobre os equipamentos de pátio ou sobre os ambientes edificadas e nem sobre as vias de acesso interno da subestação. A NBR 13231 disciplina o afastamento dos transformadores de potência das edificações e dos equipamentos.

3.2.11 Banco de baterias

A especificação do banco de baterias deve estar baseada na grandeza da carga de corrente contínua que será utilizada na subestação, conforme Quadro 8. A tensão nominal em CC normalmente é estabelecida em 125 Vcc.

O banco de baterias deverá ser fornecido com as características citadas:

Quadro 8 – Características do banco de baterias

Tipo	bateria de acumulador chumbo ácido estacionário regulado por válvula.
Capacidade nominal da bateria para descarga em 10 horas até atingir a tensão final de descarga por elemento de 1,75V	100Ah
Número de elementos	60
Tensão convencional de 1 elemento	2V
Tensão final de descarga por elemento	1,75V
Tensão de flutuação por elemento a 25 °C	2,17 a 2, 23 V
Tensão de equalização	144V (129 a 158) V
Tensão nominal do banco	125 V
Tensão de flutuação	138 V
Tensão mínima de operação	105 V
Classe de isolamento	1,0 kV
Tensão nominal de saída	125 V
Corrente nominal	50A

Fonte: elaboração própria

3.3 Orçamento da SE (subestação)

Foi feito um levantamento baseado nas últimas aquisições de equipamentos e estruturas para a construção das SEs da CPFL (CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz) Energia e realizou-se um orçamento completo da obra da SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA.

Nele, considerou-se, por exemplo, a instalação de um sistema digital de automação baseado em uma SE de pequeno porte no valor de R\$ 358.974,36. Também foram adicionados custos com mão-de-obra civil e de instalação dos equipamentos.

Como a malha de terra não foi calculada devido a impossibilidade de realizar a medição da resistência de aterramento sem a terraplanagem do terreno, o único material que esse orçamento não contempla é o vinculado à malha de terra. Sendo assim, excluindo-se a malha de terra, o custo estimado para a SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA é de R\$ 8.222.958,90 conforme o Quadro 9.

Quadro 9 – Orçamento estimado

Orçamento estimado – Subestações UFSM		
Projeto:	PROJETO BÁSICO SUBESTAÇÃO 69-13,8kV	
Local:	SANTA MARIA - RS	Número do documento: UFSM-B-FLMD-GER-P20-0004
Área:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA	Revisão: 0
Item	Descrição	Valor (R\$)
1	MATERIAS/EQUIPAMENTOS	4.600.979,45
2	MONTAGEM	3.164.000,00
3	PROJETO EXECUTIVO	270.979,45
4	COMISSIONAMENTO	187.000,00
5	TOTAL	8.222.958,90
Observação	1 – Valores Estimados. Apenas para efeito de análises preliminares. O valor real deveria ser cotado no mercado	

Fonte: PROINFRA

3.4 CONCLUSÃO

Neste capítulo foi introduzido todo o processo de implantação de uma SE. Para isso, foram identificados e analisados todos os subprocessos que formam o macroprocesso Implantação de uma SE Nova.

O conhecimento de cada um desses processos é imprescindível pois eles não são independentes e, normalmente, se inter-relacionam de forma que as definições de um processo que afete diretamente o andamento de outro. Em seguida, foi dada ênfase no projeto eletromecânico da SE UFSM – CAMPUS DE SANTA MARIA.

O planejamento da SE, a escolha do terreno e as indicações para o projeto da malha de terra a partir dos estudos do solo, foram descritos em detalhes. Também foram descritas as estruturas de suporte e fixação por *BAY* da SE e, por fim, mencionou-se o orçamento total da SE a ser descrito no apêndice B deste trabalho de conclusão de curso.

4 CONCLUSÃO E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÃO

A constante expansão da demanda da UFSM, com previsões de continuidade para os próximos anos, é um forte incentivo para o aprimoramento de técnicas e a busca por conhecimento tanto da área técnica de engenharia, quanto para a área de estudos financeiros visando uma economia neste setor, que futuramente pode servir de incentivo para pesquisas na Instituição. Nesse contexto, o presente trabalho apresentou uma análise da viabilidade técnica financeira de soluções para a implementação de uma nova condição de fornecimento de energia para o campus da UFSM. Para tanto, foram analisados os custos referentes a modalidade tarifária, a construção de uma nova SE, para o abastecimento das unidades consumidores (centros universitários, levando em consideração o perfil topográfico. Estes, por sua vez, se apresentaram viáveis economicamente, onde o terreno foi escolhido como a melhor opção. Dentre as características de projeto observadas, destacam-se as condições técnicas favoráveis, uma vez que este caso não apresenta nenhum tipo de restrição por parte da concessionária local.

Levando em consideração que já existe um projeto solicitado pela UFSM para implantação da SE 69kV, pela empresa Fluenge Engenharia de Fluidos em 2017, devidos aos custos estarem defasados, foi utilizado os possíveis gastos com materiais e serviços, conforme dados da planilha de orçamento da SE ETA PONTA DO ARADO de Porto Alegre de 2022, como base de preço **R\$ 8.222.958,9**. A diferença entre a menor tarifa do subgrupo A4 R\$ **763.291,79** e do subgrupo A3 R\$ **573.199,68** igual a **R\$ 190.092,11** dividindo-se pelo valor total do orçamento da subestação o empreendimento será pago em 44 meses, ou seja, aproximadamente quatro anos dessa forma, justificaria a mudança para subgrupo A3 e uma implantação da SE 69kV-13,8kV, no campus UFSM sede.

4.2 TRABALHOS FUTUROS

Devido ao estabelecimento de prazo para a entrega deste trabalho de conclusão de curso e a falta de recursos disponíveis para a realização dos estudos preliminares, não foi possível a realização da terraplanagem e, assim, a medição da resistividade do solo.

Dessa forma, apesar de definida a área e indicada a metodologia para a medição da resistividade do solo, o projeto da malha de terra deverá ser realizado após o estudo do solo e a terraplanagem.

Este trabalho de conclusão de curso tratou essencialmente viabilidade econômica e mudança do subgrupo A3 e partir disso, um projeto eletromecânico da SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA, e, conforme exposto no Capítulo 3, devem ser realizados outros projetos a partir deste, para que se tenha um projeto completo da SE. São eles: projeto civil, projetos elétricos e de automação e estudo da rede de distribuição.

Uma sugestão para trabalhos futuros e que deve balizar qualquer trabalho de engenharia é a realização de um estudo de viabilidade econômica da obra. Dessa forma, devem ser realizados estudos para a verificação da atratividade financeira sob as condições de consumidor livre e consumidor cativo.

Outra sugestão para trabalhos futuros é o estudo proteção e seletividade que universidade terá devido a instalação de uma SE 69/13,8 kV.

5 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Regulação Tarifária**. Brasília, 2010. Disponível em:

<https://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=702&idPerfil=2>. Acesso em: 28 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**. Módulo 1 – Introdução.

Brasília, 2015. Disponível em:

http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo1_Revisao_2.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**. Módulo 3. Acesso ao Sistema de Distribuição. Brasília, 2016. Disponível em:

http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3_Revisao_3_Retificacao_1.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução homologatória nº 3.045, de 21 de junho de 2022**. Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2022, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à RGE Sul Distribuidora de Energia S.A. – RGE, e dá outras providências. Brasília, 2022.

Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20223045ti.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2023.

CABOS de cobre são furtados da Subestação Saturnino. **Poços Já**, 11 fev. 2021. Disponível em:

<https://www.pocosja.com.br/cidade/2021/02/11/cabos-de-cobre-sao-furtados-da-subestacao-saturnino/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

CPFL. **CP-011: Critério de Projeto – Subestação de Distribuição Aérea e Semi-abrigada 72,5-15 kV**. Fortaleza: Área de Normas e Procedimentos, 2003. Disponível em:

https://www.cpfl.com.br/sites/cpfl/files/2021-12/GED-2855%20-%20Fornecimento%20em%20Tens%C3%A3o%20Prim%C3%A1ria%2015kV%2C%2025kV%20e%2034%2C5kV%20-%20Volume%201_0.pdf. Acesso em: 28 mar. 2023.

CPFL. **Poste de concreto armado para entrada consumidora**. Fortaleza: Área de Normas e Procedimentos, 2019. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/sites/cpfl/files/2021-12/GED-2686%20-%20Poste%20de%20Concreto%20Armado%20para%20Entrada%20Consumidora_0.pdf.

Acesso em: 28 mar. 2023.

CPFL. **Fornecimento em tensão primária 15kV, 25kV e 34,5kV - volume 4.1 – desenhos**.

Fortaleza: Área de Normas e Procedimentos, 2021. Disponível em:

https://www.cpfl.com.br/sites/cpfl/files/2021-12/GED-2859%20-%20Fornecimento%20em%20Tens%C3%A3o%20Prim%C3%A1ria%2015kV%2C%2025kV%20e%2034%2C5kV%20-%20Volume%204.1%20-%20Desenhos_0.pdf.

DUAILIBE, P. **Subestações: tipos, equipamentos e proteção**. Rio de Janeiro: Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 1999.

GRAINGER, J. J.; STEVENSON, W. D. **Power system analysis**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2004.

KINDERMANN, G. **Curto-circuito**. 2. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1997.

LEÃO, R. P. S. **Distribuição de energia**. 2022. Disponível em: http://www.dee.ufc.br/~rleao/GTD/Apostila_GTD.htm. Acesso em: 28 mar. 2023.

MAMEDE FILHO, J. **Manual de equipamentos elétricos**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

MAMEDE FILHO, J. **Manual de equipamentos elétricos**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

MEIRELES, D. **Aplicabilidade de subestações compactas isoladas a gás em grandes centros urbanos**: proposta de procedimento aplicado à expansão do sistema elétrico. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RAO, S. **Electrical substation: engineering & practice**. 3. ed. New Delhi: Khanna Publishers, 2009.

https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/dmae/Orcamento_Subestacao_69kV_publicacao.pdf ([Orçamento Subestação 69kV - Licitação - versão_02B.xlsm](#)) ([prefeitura.poa.br](#)) acessado junho de 2023

**APÊNDICE A – MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO ELETROMECÂNICO DA
SE 69/13,8 KV UFSM – CAMPUS DE SANTA MARIA**

SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA

Memorial Descritivo

SE Nova 72,5/15kV

Data: JUNHO / 2023

Conteúdo

1.OBJETIVO	73
2.LOCALIZAÇÃO DA SUBESTAÇÃO	73
3.CONDIÇÕES DE SERVIÇO	73
4.CRITÉRIOS DE PROJETO.....	74
5.DESCRICÃO DOS EQUIPAMENTOS	77
6.DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA DO PROJETO	86

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 2/19

1. OBJETIVO

Este memorial descritivo descreve o projeto eletromecânico referente à construção da SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA, nova, 72,5/15 kV, capacidade inicial instalada de 13,368MVA com previsão de expansão para 15 MVA. Para isso, foi seguido o padrão de SE Pequeno Porte CPFL Energia. Esta obra visa atender o crescimento da demanda da universidade, melhorar a qualidade da energia fornecida para suas cargas e possibilitar a economia com a redução na tarifa de energia.

2. LOCALIZAÇÃO DA SUBESTAÇÃO

A Subestação será localizada dentro do terreno do Campus de Santa Maria da UFSM, na cidade de Santa Maria, no estado do Rio Grande Do Sul.

3. CONDIÇÕES DE SERVIÇO

Os equipamentos a serem instalados na subestação UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA, estarão submetidos às seguintes condições de serviço:

Altitude	abaixo de 1000m
Temperatura ambiente máxima	40°C
Temperatura média diária	30°C
Umidade relativa do ar	até 100%

4. CRITÉRIOS DE PROJETO

A SE foi concebida e projetada respeitando o estabelecido na NT-004 e seguindo os padrões CPFL para subestações 72,5/15kV. PS-051(PADRÃO DE SUBESTAÇÃO DA CPFL e PS-052(PADRÃO DE DETALHES DE INSTALAÇÃO E MONTAGEM DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS) apresentando as seguintes características:

4.1 Suprimento

A Subestação UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA será suprida na tensão 72,5kV, através de uma SE santa maria 2 conectada à SE SANTA MARIA 2) em condutor 315mm² CAL Elgin.

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 27/06/2017

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 3/19

3.2 Circuitos Alimentadores de 15 kV

O barramento de 15 kV terá capacidade para suprir três alimentadores aéreos de distribuição. Os circuitos alimentadores de distribuição serão construídos com cabo de cobre, bitola 120 mm², até a primeira estrutura de saída.

3.3 Estrutura Suportes de Barramento

As estruturas do suporte dos barramentos de 72,5 kV e 15 kV serão construídas com peças pré-moldadas em concreto, constituída por postes, anéis, suportes e vigas, formando um conjunto padrão CPFL. Compõem o conjunto de estruturas auxiliares suportes dos seccionadores, transformadores de corrente e de potencial e transformador de serviços auxiliares.

3.4 Barramentos

Os barramentos, de 72,5 kV e de 15 kV, serão do tipo barra simples. A barra de 72,5 kV será construída com condutor 315 mm² CAL Elgin, com espaçamento entre fases de 2.130 mm e entre fase-terra 1.100 mm.

A barra de 15 kV será composta de um condutor de cobre nu por fase, formação 37 fios, bitola 240 mm², cujos espaçamentos fase-fase e fase-terra serão de 800 e 540 mm, respectivamente

3.5 vão de Transformação

Será instalado um transformador de potência, classe de tensão 72,5 kV-15 kV e potência 5,0/6,25 MVA, equipado com ventilação forçada em dois.

3.6 Serviços Auxiliares

O sistema de serviços auxiliares em corrente alternada (CA) será o padrão CPFL, na tensão 380/220 V, cujas cargas serão supridas por um transformador tipo distribuição, classe 15-1,2 kV e potência de 75 kVA.

O sistema de serviços auxiliares em corrente contínua (CC) será em 125 VCC, sendo

composto por um retificador/carregador estático, trifásico 380 Vca/125 Vcc, e bateria estacionária, chumbo-ácido, 60 elementos, 100 Ah. Este conjunto suprirá as cargas de sinalização,

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 4/19

3.7 Sistema de Proteção

• Entrada de Linha 72,5 kV

O vão de entrada de linha será com disjunção automática.

A proteção contra sobretensões de origem atmosférica ou surto de manobra será exercida por para-raios tipo estação 72 kV, 10 kA; instalados no primeiro ponto de conexão do vão de entrada de linha.

• Transformador de Potência 72,5/15 kV

A proteção contra falhas internas na unidade transformadora 72,5/15 kV será exercida pelo conjunto de dispositivos de proteção que se segue:

Relé de gás, Bucholz, função 63.

Válvula de alívio de pressão, função 63A.

Relé de temperatura do enrolamento, função 49.

Relé de temperatura do óleo, função 26.

• Transformador de Serviços Auxiliares

A proteção contra sobrecorrente do transformador de serviços auxiliares será feita por meio de elos fusíveis 5A, tipo rápido, os quais serão instalados em seccionadores fusíveis 24 kV, 100 A, 6,3 kA.

• Circuitos de Saída de Alimentadores 15 kV

Os circuitos aéreos de alimentadores 15 kV serão dotados de proteção conforme especificação técnica da CPFL. Os relés serão sensibilizados por TC's de bucha do próprio religador e atuarão diretamente sobre a bobina de desligamento deste.

A proteção contra sobretensões será feita por meio de para-raios tipo distribuição, 15 kV, 10 kA, instalados na primeira estrutura de saída do alimentador.

3.8 Sistema de Medição

• Entrada de linha de 72,5 KV

Na EL de 72,5 kV serão feitas as medições de corrente, tensão, potência ativa e reativa e energia ativa e reativa e demanda, através um conjunto de medição formado por dois TCs e três TPs fornecidos pela CPFL e de medidor multifunção instalado no painel de medição de faturamento

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 5/19

• **Serviços Auxiliares**

Na barra de 380/220Vca de serviços auxiliares da subestação serão feitas às medições de tensão, corrente e energia ativa do consumo próprio da Subestação. Os medidores estarão instalados no quadro de serviços auxiliares da subestação.

4.9 Aterramento

O sistema de aterramento da subestação será composto por eletrodos horizontais (Malha de Terra) e eletrodos verticais (Hastes Cobreadas). A Malha será em cabo de cobre nu, têmpera meio-dura, bitola 70 mm² e eletrodos verticais com 3 m de comprimento, constituídos de uma haste cobreada com 20 mm (3/4 “) de diâmetro e 3,0 metros de comprimento com espessura mínima de cobre 0,254 mm solda exotérmica acabo de cobre nu, bitola 70 mm².

4.10 Blindagem

A blindagem das instalações da subestação será feita por para-raios tipo hastes metálicas perfil L de comprimento 4,60 m, instalados nos postes das estruturas suportes dos barramentos. No setor de 72,5 kV será instalado um (01) para-raios em cada poste com espaçamento de 7,5 m e no setor de 15 kV os para-raios serão instalados em postes alternados com espaçamento de 7,0 metros.

4.11 Iluminação e Tomadas dos Pátios

A iluminação dos pátios da subestação será feita por lâmpadas vapor de sódio, híbridas, 240 V, 150 Watts, instaladas em luminárias, uso externo. As luminárias para iluminação dos pátios 72,5 kV e 15 kV serão fixadas em postes tipo D, altura de 9 m alocados próximos ao pátio e também próximo ao muro limítrofe do terreno da Subestação e ao longo do acesso. Além desta iluminação a subestação será dotada ainda de iluminação de emergência e tomadas trifásicas 380 V, 30 A e monofásicas 220 V, 15 A, instaladas no interior dos pátios de 72,5 kV e 15 kV da SE. Os circuitos de alimentação e tomadas dos pátios serão comandados a partir de disjuntores termomagnéticos moldados a seco, instalados no quadro de serviços auxiliares da subestação.

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 6/19

4.12 Nível Básico de Isolamento

O NBI utilizado na SE UFSM CAMPUS D E SANTA MARIA classe 72,5-15kV, é o recomendado e padronizado pela ABNT, qual seja:

Classe Isolamento	Nível de Isolamento
72,5 kV	350kV
15 kV	110V

4. DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

5.1 Equipamentos Externos do Setor de 72,5kV

• Para-raios tipo estação

a) Descrição

Os para-raios instalados nos circuitos de entradas e saídas de linha 72,5 kV e no vão de transformação serão do tipo estação 72 kV, 10 kA para proteção contra descargas atmosféricas diretas.

b) Características Elétricas

Fabricante a definir
 Tipo
 Tensão nominal 72 kV
 Tensão disruptiva máxima (1,2x50 µs) 270 kV
 Tensão disruptiva mínima à 60 Hz 112,5 kV
 Tensão residual máxima de descarga
 para corrente 10 kA (8 x 20 µs) 198 kV
 Corrente nominal de descarga (8 x 20 µs) 10 kA
 Corrente de curta duração (4 x 10 µs) 100 Ka

• Seccionadores Tripolares

a) Descrição

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 7/19

Os seccionadores tripolares terão montagem vertical ou horizontal, com abertura lateral e comando manual através de um mecanismo composto por hastes de ferro verticais e horizontais, de tal maneira que os polos do seccionados são acionados em grupo.

b) Características Elétricas

Fabricante a definir

Tipo	a definir
Tensão nominal	72,5 kV
Corrente nominal	1250 A
Corrente suportável de curta duração	20 kA
Frequência nominal	60 Hz
Nível básico de isolamento	350 kV
Operação	Manual
Distância entre polos.....	2,13 m

• **Transformador de Corrente 72,5 kV**

a) Características Elétricas

Fabricante	a definir
Tipo	a definir
Tensão nominal	72,5 kV
Tipo de serviço	Proteção/Medição
Classe de exatidão	10B200/0,3C2,5 a C50
Relação de transformação	200/400/600x400/800/1200-5-5A
Nível de Isolamento	350 kV

• **Disjuntor 72,5 kV**

a) Descrição

O disjuntor de 72,5 kV é do tipo SF6, uso externo, trifásico, com comando automático.

b) Características Elétricas

Fabricante	a definir
Tipo	a definir

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 8/19

Tensão nominal	72,5 kV
Frequência nominal	60 Hz
Corrente nominal	1250 A
Corrente de curto circuito simétrico	25 kA
Corrente de estabelecimento	a definir
Tensão do motor	220 VCA
Tensão da bobina de fechamento	125 VCC
Tensão da bobina de abertura	125 VCC
Tensão de impulso pleno	350 kV
Tensão suportável 60 Hz 1 min	140 kV

• **Transformador de potência**

a) Descrição

Será instalado transformador de potência trifásico, com dois enrolamentos com “bobinamento” em condutor de cobre, imerso em óleo isolante, com terminais acessíveis através de buchas capacitivas não condensáveis. O transformador apresenta seus componentes principais acondicionados em um tanque em chapa de aço que suporta o vácuo pleno, enquanto seus acessórios estão montados junto ao tanque constituindo-se numa peça única. Esta peça será instalada sobre trilhos em uma base de concreto armado.

Constitui-se, ainda, dos seguintes acessórios:

- ✓ Radiadores de resfriamento do óleo;
- ✓ Ventiladores (1º e 2º estágios);
- ✓ Termômetro de temperatura do enrolamento;
- ✓ Termômetro de temperatura do óleo;
- ✓ Indicador de nível de óleo;
- ✓ Secador de ar sílica-gel;
- ✓ Relé Bucholz;
- ✓ Tanque de expansão de óleo.

b) Características Elétricas

Fabricante

Nº Série

Tipo PTOE

Ano de fabricação

Potência nominal 5,0/6,25 MVA

Classe tensão superior 72,5 kV

Classe tensão inferior 15 kV

Número de fases 3

Isolamento Papel e óleo

c) preço

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 9/19

Resfriamento ONAN/ONAF1

Nível Básico de Isolamento Primário 350 kV

Nível Básico de Isolamento Secundário 110 kV

Ligação primária Delta

Ligação secundária Estrela c/ neutro acessível

Impedância a 75°C, base 6,25MVA:

Relação 69300-13800V %

Relação 67650-13800V

Relação 66000-13800V %

Relação 64350-3800V

Relação 62700-13800V %

5.2 Equipamentos Externos do Setor de 15kV

• **Transformador de Corrente 15KV**

a) **Características Elétricas**

Fabricante a definir
 Ano a definir
 Tipo
 N° Série
 Tensão Nominal 15 kV
 Tipo de serviço Proteção e Medição
 Classe de exatidão 0,6C50 - 10B200
 Relação de transformação 200/400/600x
 400/800/1200-5-5A
 Nível de isolamento 110 kV
 Fator térmico 1,2

b) Preço R\$ 50.877,22

• **Disjuntor 15kV**

a) **Descrição**

O disjuntor de 15kV é do tipo a vácuo/SF6, uso externo, trifásico, com comando automático, com transformador de corrente acoplado.

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 10/19

b) **Características Elétricas**

Fabricante á definir
 Tipo á definir
 Ano de fabricação 2006
 Tensão nominal 15 kV
 Corrente nominal 1250A
 Corrente de curto circuito simétrico 75ms
 Tempo de interrupção total 25kA
 Frequência nominal 60 Hz
 Tensão do motor 220 V
 Tensão da bobina de fechamento 125 VCC
 Tensão da bobina de abertura 125 VCC

c) Preço R\$ 136.440,00

• **Secionadores Tripolares 15kV**

a) **Descrição**

Os seccionadores tripolares são montados em base de ferro galvanizado, perfil “U” e serão instalados na posição horizontal ou vertical na estrutura do barramento de 15kV, de onde serão comandadas manualmente, através de mecanismo próprio. O isolamento fase-terra é feito por isoladores tipo pedestal, classe TR-4. Cada seccionador será ainda dotado de conectores de linha e de aterramento.

b) Características Elétricas

Fabricante á definir
 Tensão nominal 15 kV
 Corrente nominal 630 A / 1250A
 Corrente suportável de curta duração 16 kA
 Valor de crista mínima da corrente
 Suportável (valor de pico) 32 kA
 Frequência nominal 60 Hz
 Nível básico de isolamento 110 kV
 Operação Manual
 Preço R\$

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 11/19

• **Secionadores Unipolares 15kV**

a) Descrição

Os secionadores unipolares são montados em base de ferro galvanizado, perfil “U” e serão instalados na posição vertical e horizontal, na estrutura do barramento de 15kV, donde serão comandadas normalmente por intermédio de vara-de-manobra. O isolamento fase-terra é feito por isoladores tipo pedestal, classe TR-4. Cada secionador será ainda dotado de conectores de linha e de aterramento.

b) Características Elétricas

Fabricante á definir
 Tensão nominal 15 kV
 Corrente nominal 630 A / 1250 A
 Corrente suportável de curta duração 16 kA
 Frequência nominal 60 Hz
 Nível básico de isolamento 110 kV
 Operação manual vara-de-manobra

Preço R\$ 67.492,00

• **Religador 15kV**

a) Descrição

Os religadores são interruptores protetores, trifásicos, de faltas, para o setor de distribuição e de alimentação. A unidade é capaz de detectar condições de defeito e abrir automaticamente, de modo simultâneo, as três fases, e então religar o circuito ao qual está conectado, após um retardo de tempo, pré-ajustado. Se as condições de defeito permanecer, a unidade reabrirá automaticamente. Este ciclo O-C-O poderá repetir-se por até três vezes. Os equipamentos podem ser operados manual ou eletricamente, através de comando local instalado em seu próprio painel.

b) Características Elétricas

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 12/19

Fabricante a definir
 Tipo a definir
 Tensão nominal 15kV
 Frequência Máxima 60Hz
 Corrente nominal 800 A
 Corrente interrupção simétrica 16 kA
 Fator de assimétrica 1,2
 Ciclo de operação O-(0,3 a 240) segundos
 CO-(5a 240) segundos
 CO-(5 a 240) segundos-CO
 Tempo de interrupção 3,5 CICLOS
 Nível básico de isolamento 110 kV
 Tensão do motor 125 VCC
 Tensão da bobina de fechamento 125 VCC
 Tensão da bobina de abertura 125 VCC
 RTC bucha a definir
 Classe de Exatidão 10B400
 Fator térmico..... 1,2
 Relê Microprocessado a definir

• **Transformador de Potencial 15kV**

a) Descrição

Os transformadores de potencial são indutivos, monofásicos com isolamento a óleo e papel, apresentam suas buchas montadas na parte superior. Os mesmos serão montados sobre suporte metálicos fixados em viga de concreto armado. Os TP's 15kV alimentam os medidores associados ao barramento de 15kV, e o sistema de controle do banco de capacitores.

b) Características Elétricas

Fabricante a definir
 Tipo.....a definir
 Tensão nominal 15 kV
 Tensão primária nominal13,8 kV
 Tensão secundária nominal 115 kV

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes
PÁGINA: 13/19

Relação de transformação 120
 Frequência Nominal 60 Hz
 Classe de exatidão 0,6P200
 Potência térmica 2000VA
 Nível Básico de Isolamento 110 kV

Para-Raios 15kV

✓ Para-raios tipo estação

a) Descrição

Serão instalados para-raios tipo estação 15kV, 10kA no barramento de 15kV e para-raios tipo distribuição 15kV, 10kA nas primeiras estruturas de saída dos alimentadores 15kV para proteção contra descargas atmosféricas diretas.

b) Características elétricas

Fabricante a definir
 Tipo
 Tensão nominal 15 kV
 Tensão disruptiva máxima (1,2 μ s) 54 kV
 Tensão disruptiva mínima a 60Hz 22,5 kV
 Tensão residual máxima de descarga
 para corrente 10kA (8x20 μ s) 46kV
 Corrente nominal de descarga (8x20 μ s) ... 10 kA
 Corrente de curta duração (4x20 μ s) 100 kA

✓ Para-raios tipo Distribuição

a) Características elétricas

Fabricante a definir
 Tipo
 Tensão nominal 15 kV
 Tensão disruptiva máxima (1,2 x 50 μ s) 46 kV
 Tensão disruptiva mínima a 60 Hz 22,5 kV
 Tensão residual máxima de descarga para
 10 kA (8 x 20 μ s) 36 kV
 Corrente nominal de descarga (8 x 20 μ s) 10 kA
 Corrente de curta duração (4 x 10 μ s) 100 kA

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes
PÁGINA: 14/19

• **Transformador Serviços Auxiliares**

a) Características Elétricas

Fabricante	a definir
Nº de série	
Número de fases	3
Tensão primária	13.800V
Tensão secundária.....	380/220V
Frequência	60 Hz
Resfriamento	ONAN
Potência Nominal	75 KVAR
Ligações:	
Primário	Triângulo
Secundário	Estrela aterrado
Nível Básico de Isolamento:	
Primário	110kV
Secundário	4kV

• **Secionador Fusível (Secionamento do TSA)**

a) Descrição

Os seccionadores fusíveis serão instalados na posição vertical, utilizando-se das vigas de concreto armado da estrutura do barramento de 15kV e serão operados manualmente por vara-de-manobra. O isolamento fase-terra é feito por um único isolador tipo NEMA TR-4. Cada seccionador será ainda dotado de conectores de linha e de aterramento.

b) Características Elétricas

Fabricante	a definir
Tipo	a definir
Tensão nominal	24 kV
Corrente nominal	100 A
Corrente mínima de interrupção simétrica	6,3 kA
Corrente mínima de interrupção assimétrica	9 kA

C) preço R\$ 15.557,80

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 15/19

• **Quadro de serviços auxiliares CA**

a) Descrição

O quadro de serviços auxiliares, instalado na sala de comando é do tipo SIMPLEX padrão, composto por 1 (um) painel. Na parte frontal estão montados os instrumentos indicadores, chaves comutadoras para instrumentos, lâmpadas de sinalização e disjuntores termo magnético dos circuitos de serviços auxiliares CA.

O acesso ao interior do quadro se faz por portas localizadas na parte posterior do mesmo, enquanto o acesso dos cabos se faz pela parte inferior até alcançar a régua de bornes terminal. A fiação interna se ramifica no interior dos painéis em calhas plásticas realizando as ligações entre equipamentos, instrumentos e régua de bornes. Abriga os equipamentos de controle e medição dos serviços auxiliares de corrente alternada.

• Bateria de Acumuladores

a) Descrição

A bateria de acumuladores é do tipo estacionária, chumbo-ácido, com fornecimento conforme Especificação Técnica ET. 191. Em cada um dos elementos das baterias compõem de placas positiva e negativa imersas em eletrólito ácido, acondicionadas em recipiente plástico com polos acessíveis. Os mesmos são dotados de chapas conectores, válvula à prova de explosão para dissipação de gases e válvula lateral para medição da densidade do eletrólito e temperatura das placas.

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 16/19

A bateria será instalada em sala especial da Casa de Comando, com seus elementos acomodados numa estante metálica, interligados, de forma a prover o sistema CC com uma tensão nominal de 125 VCC.

Em condições normais de operação, a bateria estará em regime de flutuação, isto é, conectada ao circuito do retificador CA-CC.

b) Características Elétricas

Fabricante a definir
 Tipo a definir
 Tensão Nominal 125 VCC
 Capacidade de descarga (10 h) 100 A.H(horas)
 Tensão final de descarga por elemento 1,21 VCC
 Número de elementos 60
 Eletrólito Solução de
 Ácido-sulfúrico

• Retificador tipo “A”

a) Descrição

O carregador-retificador será acoplado ao circuito de corrente contínua em paralelo com a bateria. O mesmo abriga todos os equipamentos de transformação e retificação de tensão, além dos de proteção, medição, controle e sinalização, estes com instalação aparente, na parte frontal do painel do retificador. Possuirá em seu gabinete um barramento de distribuição com trinta disjuntores termomagnéticos bipolares de 20 A para alimentação dos circuitos de serviços auxiliares CC.

b) Características Elétricas

Fabricante a definir

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k**DATA:** 28/06/20237**ELABORAÇÃO:** Paulo Cesar Charão de Moraes**PÁGINA:** 17/19

Tipo a definir
 Número de fases 03
 Tensão nominal de entrada(eficaz) 380 VCA/60 Hz
 Tensão nominal de saída 125 VCC
 Frequência 60 Hz
 Configuração (25 ACC + 25 ACC) 1+1
 Capacidade nominal em corrente contínua 25 A
 Rendimento mínimo 85%
 Ruído (ondulação) em operação com bateria conectada <3%
 Regulação estática na voltagem de saída (0 a 100% da carga) 3%
 Fator de potência indutivo acima de 0,92

6. DOCUMENTOS DE PREFERÊNCIA DO PROJETO**6.1 Especificação Técnica**

E-SE-0001 – Transformador de Potência
 E-SE-0002 – Disjuntor 72,5 kV
 E-SE-0003 - Disjuntor 15 kV
 E-SE-0004 - Secionadores de alta Tensão
 E-SE-0005 - Transformador de Corrente e de Potencial
 E-SE-0006 - Secionadores de Média Tensão
 E-SE-0007 - Transformadores de medidas
 E-SE-0009 – Banco de Capacitores
 E-MT-008 – Reguladores de tensão
 E-MT-009 - Transformadores de distribuição
 ET-145 – Religadores
 ET-155 – Para-raios estação
 001/1999 - Secionador Fusível

4.13 Padrões

PS-051.01 – Padrões de Subestações;

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA: 28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 18/19

PS-052.01 – Padrões de Detalhes e Montagem;

PM-01– Padrão de Materiais;

Elaboração

TÍTULO: SE UFSM CAMPUS DE SANTA MARIA – SE Nova 72,5/15k

DATA:28/06/2023

ELABORAÇÃO: Paulo Cesar Charão de Moraes

PÁGINA: 19/19

APÊNDICE B – ORÇAMENTO DA SE 69/13,8 KV UFSM – CAMPUS DE SANTA MARIA

ORÇAMENTO DE MATERIAIS E SERVIÇOS

ELABORAÇÃO DE PROJETO EXECUTIVO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO							
Objeto: Elaboração de projeto executivo de automação para subestação 69-13,8kV da Universidade Federal de Santa Maria						MÊS BASE	
						Jan/22	
Descrição	Nível Funcional	Qtd: (1)	Participação Mensal Média (%) (2)	Meses (3)	Nº HxMês (4) = (1x2x3)	Preço Unitário (R\$/Mês) (5)	Preço Total (R\$) (6) = (4X5)
A) PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR							
Coordenador do projeto	Sênior	1,00	25,00	1,00	0,25	14.100,00	3.525,00
Engenheiro Controle e Automação	Pleno	1,00	80,00	1,00	0,80	8.900,00	7.120,00
Engenheiro Eletricista	Pleno	1,00	40,00	1,00	0,40	8.900,00	3.560,00
B) PESSOAL DE NÍVEL TÉCNICO							
Projetista	Pleno	1,00	80,00	1,00	0,80	6.800,00	5.540,00
Desenhista	Pleno	2,00	100,00	1,00	2,00	3.200,00	6.400,00
C) PESSOAL DE NÍVEL AUXILIAR							
Secretária	-	1,00	30,00	1,00	0,30	2.100,00	630,00
Subtotal A+B+C							26.675,00
ENCARGOS SOCIAIS 84,04% de A+B+C							22.417,67
CUSTOS ADMINISTRATIVOS 30% A+B+C							8.002,50
SUBTOTAL							57.095,17
SUBTOTAL						Subtotal A+B+C	57.095,17
D) REMUNERAÇÃO 12,000% de (A+B+C)						Subtotal D	6.851,42
E) DESPESAS FISCAIS – 16,62% de (A+B+C+D)						Subtotal E	10.627,92
D) TOTAL GERAL (A+B+C+D+E)						TOTAL GERAL F	74.574,51
*Alíquota de ISSQN a adotar na composição do Orçamento a ser proposto deverá ser igual a que será efetivamente cobrada pelo(s) Município(s) onde se localizará o empreendimento							

LISTA MESTRA DE DOCUMENTOS

PREÇO ESTIMADO PARA AUTOMAÇÃO					
ITEM	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO (R\$)		PREÇO TOTAL (R\$)
1	Computador Industrial	2	R\$	6.857,14	R\$ 13.714,29
2	Monitor	2	R\$	2.184,13	R\$ 4.368,25
3	Nobreak 5 kVA	1	R\$	1.968,25	R\$ 1.968,25
4	SEL -2407	1	R\$	6.055,56	R\$ 6.055,56
5	SEL -2730 M	2	R\$	5.500,00	R\$ 11.000,00
6	A270 – FURUKAUA	2	R\$	9.721,90	R\$ 19.443,81
7	2730 M	2	R\$	11.428,57	R\$ 22.857,14
8	Painel	6	R\$	2.539,68	R\$ 15.238,10
9	Miscelâneas	1	R\$	12.700,00	R\$ 12.700,00
10	Montagem	1	R\$	6.000,00	R\$ 6.000,00
11	Comissionamento	1	R\$	6.000,00	R\$ 6.000,00
12	Projeto executivo	1	R\$	74.574,51	R\$ 74.574,51
TOTAL =					R\$ 193.919,91

Lista Mestra dos Documentos - Subestações							
Projeto:	PROJETO BÁSICO SUBESTAÇÃO 69-13,8kV	Data de Emissão:				-	Número do Documento:
Local:	SANTA MARIA	Nº de Folhas:				2	UFRGS-B-FLD-ELE-P20-0001
Área:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA	Revisão:				0A	
Item	Número Empresa "x"	Número UFSM	Tipo	Descrição	Formato	Nº FLS.	Revisão
GERAL							
1	UFSM-B-FLD-GRL-P20-0001		LD	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Lista de Documentos	A4	X	0A
2	UFSM-B-FLDE-GRL-P20-0001		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Situação e locação da subestação	A0	1	0A
3	UFRGS-B-FLMD-GER-P20-0001		MD	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Memorial descritivo	A4	8	0A
4	UFRGS-B-FLET-GER-P20-0001		ET	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Especificação técnica dos equipamentos principais	A4	12	0A
5	UFRGS-B-FLMD-GER-P20-0002		MD	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Elementos básicos para processo licitatório	A4	1	0A
6	UFRGS-B-FLMD-GER-P20-0004		MD	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Orçamento	A4	X	PENDENTE
ELÉTRICA							
1	UFSM-B-FLDI-ELE-P20-0001		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Unifilar Medição, Proteção e Controle	A1		0A
2	UFSM-B-FLDI-ELE-P20-0002		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama TRIFILAR Medição, Proteção e Controle	A1		0A
3	UFSM-B-FLDI-ELE-P20-0003		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Funcional – Disjuntor 52-L	A1		0A
4	UFRGS-B-FLDI-ELE-P20-0004		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Funcional – 52-E1 e 52-E2	A1		0A
5	UFRGS-B-FLDI-ELE-P20-0005		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Funcional – Proteção T1 e T2	A1		0A
6	UFRGS-B-FLDI-ELE-P20-0006		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama AIFuncional – Seccionadoras 69Kv	A1		0A
7	UFRGS-B-FLDI-ELE-P20-0007		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Funcional – Alimentadores AL1 e AL2	A1		0A
8	UFRGS-B-FLDI-ELE-P20-0008		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Funcional – Ventilação e Comutação de T1 e T2	A1		0A
9	UFRGS-B-FLDI-ELE-P20-0009		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Funcional – Entradas Digitais – UCDD1 -FL. 1	A1		0A
10	UFRGS-B-FLDI-ELE-P20-0010		DI	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Funcional – Entradas Digitais – UCDD1 -FL. 2	A1		0A
11	UFRGS-B-FLDI-ELE-P20-0011		DI	UFSM -12Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Funcional – Saídas Digitais – UCDD1	A1		0A
12	UFRGS-B-FLDE-ELE-P20-0012		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Unifilar e Vista Painel – Serviços Auxiliares CC	A1		0A
13	UFRGS-B-FLDE-ELE-P20-0013		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Diagrama Unifilar e Vista Painel – Serviços Auxiliares CA	A1		0A
14	UFRGS-B-FLDE-ELE-P20-0014		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Painéis de proteção, medição e controle – Vistas e Cortes	A1		0A
15	UFRGS-B-FLDE-ELE-P20-0015		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Arquitetura e Painel do Sistema de Automação	A1		0A
ELETROMECÂNICO							
1	UFRGS-B-FLDE-ELM-P20-0001		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Arranjo Eletromecânico - Planta	A1		0A
2	UFRGS-B-FLDE-ELM-P20-0002		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Arranjo Eletromecânico - Cortes	A1		0A
3	UFRGS-B-FLDE-ELM-P20-0003		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Arranjo Eletromecânico – Fundações e Bases	A1		0A
4	UFRGS-B-FLDE-ELM-P20-0004		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Arranjo Eletromecânico – Canaletas, Dutos e Ilum. Externa	A1		0A
5	UFRGS-B-FLDE-ELM-P20-0005			UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Arranjo Eletromecânico – Malha de Aterramento - Planta	A1		0A

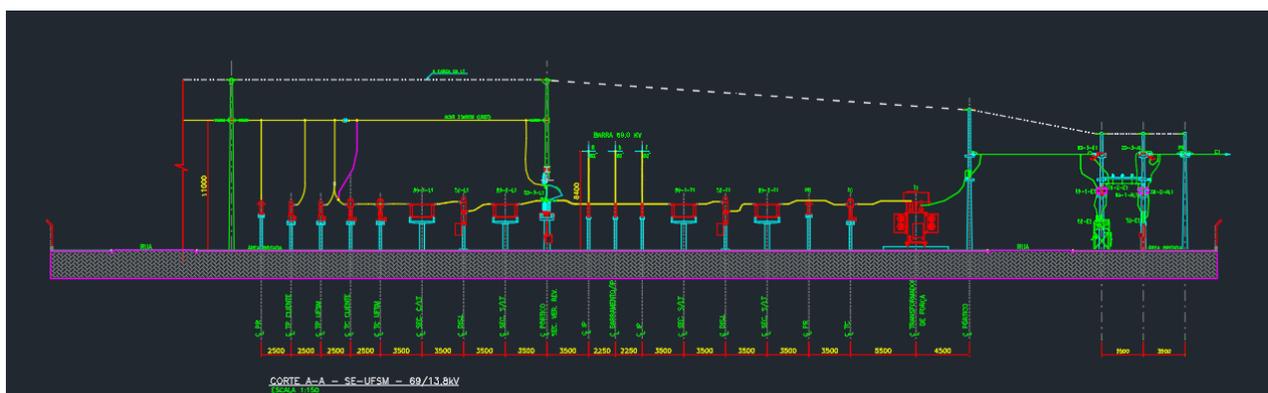
Lista Mestra dos Documentos - Subestações							
Projeto:	PROJETO BÁSICO SUBESTAÇÃO 69-13,8kV	Data de Emissão:					Número do documento:
Local:	SANTA MARIA	Nº de Folhas:			2		UFRGS-B-ELE-P20-0001
Área:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA	Revisão:			0A		
Item	Número Empresa "x"	Número UFSM	Tipo	Descrição	Formato	Nº FLS	Revisão
CIVIL							
1	UFRGS-B-FLDE-CIV-P20-0001		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Sala de comando – Arquitetônico - Planta e Cortes	A1	1	0A
2	UFRGS-B-FLDE-CIV-P20-0002		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Sala de comando – Fundação - Planta e Corte	A1	1	0A
3	UFRGS-B-FLDE-CIV-P20-0003		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Sala de comando – Lage, Pilar e Vigas - Planta e Corte	A1	1	0A
4	UFRGS-B-FLDE-CIV-P20-0004		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Sala de comando – Telhado - Planta e Corte	A1	1	0A
5	UFRGS-B-FLDE-CIV-P20-0005		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Sala de comando – Iluminação - Planta e Corte	A1	1	0A
6	UFRGS-B-FLDE-CIV-P20-0006		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Hidráulico - Planta e Corte	A1	1	0A
7	UFRGS-B-FLDE-CIV-P20-0007		DE	UFSM -Subestação 69-13,8kV – Projeto básico – Sala de comando – Sanitário - Planta e Corte	A1	1	0A
Observação	1 – Cópia controlada						
Legenda	G – Geral P- Projeto Básico E – Projeto Executivo, Fabricação, Construção e Montagem AT – Ata de Reunião CD - Compact Disc EE – e-mail IN – Informativo NC – Não Conformidade OT – Outros RD – Remessas de Documentos RG – Registro RL – Relatório DE – Desenho IS – Isométrico CF – Certificado CL – Coleção de Documentos CM – Comentário Técnico PN – Penas CR – Cronograma DB – Data Book DI – Diagrama DO – Diário de Obra DR – Diretriz FC – Ficha Técnica IT – Instrução de Trabalho LD – Lado LI – Listas MA – Manual MC – Memorial de Cálculo MD – Memorial Descritivo NO – Norma NT – Nota técnica OC – Ordem de Compra OG – Organograma PD – Padrão PL – Plano PQ – Procedimento de Qualidade RG – Registro RL – Relatório TB – Tabelas FL – Fluxograma MI – Matriz de Informação PM – Plano de Manutenção FI – Ficha FO – Formulário LM – Lista de Material PO – Procedimento Operacional CP – Caderno de Perguntas						

ANEXO 1 - DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA MÍNIMA NA COMPOSIÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO		
ESPECIALIDADE	ELEMENTO	CONTEÚDO
PROJETO ELEMECÂNICOS ARRANJO	DESENHOS	ARRANJO PLANTA
		ARRANJO CORTES
		BASES E FUNDAÇÕES
		PORTICOS E VIGAS
		DETALHES DE MONTAGEM
		SUPORTES DE EQUIPAMENTOS
	ESPECIFICAÇÕES	LISTA DE MATERIAIS
		PORTICOS E VIGAS
		BASES E FUNDAÇÕES
		SUPORTES DE EQUIPAMENTOS
		CABOS E CONECTORES
		EQUIPAMENTOS
	MEMORIAL	CANALETAS DE CABOS
		ESFORÇOS EM PORTICOS
		ESFORÇOS EM BARRAMENTOS
PROJETO ELÉTRICO PROTEÇÃO PARA RAIOS E ATERRAMENTO	DESENHOS	PLANTA DE MALHA DE ATERRAMENTO
		DETALHES DE MONTAGEM DO ATERRAMENTO
		DETALHE DE MONTAGEM DOS PARA RAIOS
	ESPECIFICAÇÕES	CABOS DE COBRE NU
		CABOS DE AÇO
		CONECTORES
	MEMORIAL	CÁLCULO DA MALHA DE ATERRAMENTO
		CÁLCULO DOS SISTEMAS DE PARA RAIOS
PROJETO ELÉTRICO	DESENHO	DIAGRAMA UNIFILAR
	DESENHO	DIAGRAMA TRIFILAR
	DESENHO	DIAGRAMA FUNCIONAIS DE DISJUNTORES
	DESENHO	DIAGRAMA FUNCIONAIS DE SECCIONADORES
	DESENHO	DIAGRAMA FUNCIONAIS DE ENTRADAS E SAÍDAS
	DESENHO	ARQUITETURA DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
	DESENHO	DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
	DESENHO	VISTAS DE PAINÉIS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
	DESENHO	UNIFILAR SERVIÇOS AUXILIARES CA
	DESENHO	TRIFILAR DO SERVIÇOS AUXILIARES CA
	DESENHO	VISTAS E CORTES DO PAINEL DE SERVIÇO AUX. CA
	DESENHO	UNIFILAR SERVIÇOS AUXILIARES CC
	DESENHO	BIFILAR DO SERVIÇOS AUXILIARES CC
	DESENHO	VISTAS E CORTES DO PAINEL DE SERVIÇO AUX. CC
	MEMORIAL	MEMORIAL DE CÁLCULOS DE TODOS OS CABOS
	MEMORIAL	MEMORIAL DE CÁLCULOS DO TRANSFORMADOR DE SERVIÇOS AUXILIARES
	MEMORIAL	MEMORIAL DE CÁLCULO DAS BATERIAS E DO CARREGADOR
	DESENHO	LISTAS DE DOCUMENTOS
	DESENHO	LISTA DE LANÇAMENTOS DE CABO (De /Para)
	DESENHO	LISTA DE MATERIAIS ELÉTRICOS
	ESTUDO	ESTUDO DE COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO
ESPECIFICAÇÕES	MANUAL DE COMISSONAMENTO	

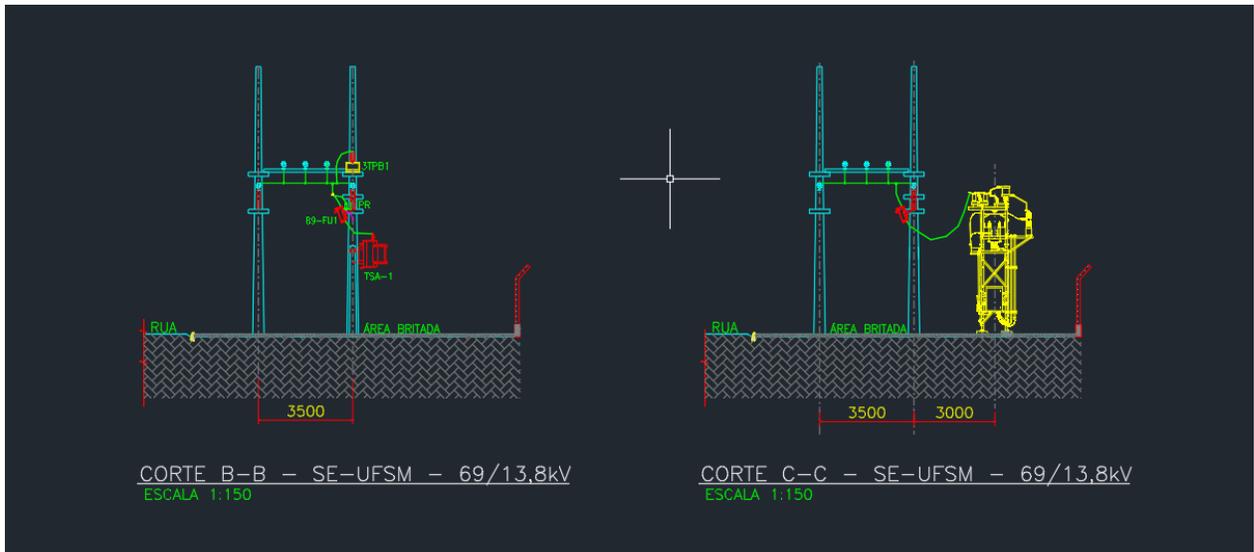
ANEXO 1 - DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA MÍNIMA NA COMPOSIÇÃO DO PROJETO EXECUTIVO		
ESPECIALIDADE	ELEMENTO	CONTEÚDO
PROJETO ELEMECÂNICOS ARRANJO	DESENHOS	ARRANJO PLANTA
		ARRANJO CORTES
		BASES E FUNDAÇÕES
		PORTICOS E VIGAS
		DETALHES DE MONTAGEM
		SUPORTES DE EQUIPAMENTOS
	ESPECIFICAÇÕES	LISTA DE MATERIAIS
		PORTICOS E VIGAS
		BASES E FUNDAÇÕES
		SUPORTES DE EQUIPAMENTOS
		CABOS E CONECTORES
		EQUIPAMENTOS
	MEMORIAL	CANALETAS DE CABOS
		ESFORÇOS EM PORTICOS
		ESFORÇOS EM BARRAMENTOS
PROJETO ELÉTRICO PROTEÇÃO PARA RAIOS E ATERRAMENTO	DESENHOS	PLANTA DE MALHA DE ATERRAMENTO
		DETALHES DE MONTAGEM DO ATERRAMENTO
		DETALHE DE MONTAGEM DOS PARA RAIOS
	ESPECIFICAÇÕES	CABOS DE COBRE NU
		CABOS DE AÇO
		CONECTORES
	MEMORIAL	CÁLCULO DA MALHA DE ATERRAMENTO
		CÁLCULO DOS SISTEMAS DE PARA RAIOS
PROJETO ELÉTRICO	DESENHO	DIAGRAMA UNIFILAR
	DESENHO	DIAGRAMA TRIFILAR
	DESENHO	DIAGRAMA FUNCIONAIS DE DISJUNTORES
	DESENHO	DIAGRAMA FUNCIONAIS DE SECCIONADORES
	DESENHO	DIAGRAMA FUNCIONAIS DE ENTRADAS E SAÍDAS
	DESENHO	ARQUITETURA DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO
	DESENHO	DIAGRAMA DE INTERLIGAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS
	DESENHO	VISTAS DE PAINÉIS DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO
	DESENHO	UNIFILAR SERVIÇOS AUXILIARES CA
	DESENHO	TRIFILAR DO SERVIÇOS AUXILIARES CA
	DESENHO	VISTAS E CORTES DO PAINEL DE SERVIÇO AUX. CA
	DESENHO	UNIFILAR SERVIÇOS AUXILIARES CC
	DESENHO	BIFILAR DO SERVIÇOS AUXILIARES CC
	DESENHO	VISTAS E CORTES DO PAINEL DE SERVIÇO AUX. CC
	MEMORIAL	MEMORIAL DE CÁLCULOS DE TODOS OS CABOS
	MEMORIAL	MEMORIAL DE CÁLCULOS DO TRANSFORMADOR DE SERVIÇOS AUXILIARES
	MEMORIAL	MEMORIAL DE CÁLCULO DAS BATERIAS E DO CARREGADOR
	DESENHO	LISTAS DE DOCUMENTOS
	DESENHO	LISTA DE LANÇAMENTOS DE CABO (De /Para)
	DESENHO	LISTA DE MATERIAIS ELÉTRICOS
	ESTUDO	ESTUDO DE COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO
ESPECIFICAÇÕES	MANUAL DE COMISSONAMENTO	

**APÊNDICE C - PLANTAS DO PROJETO ELETROMECAÂNICO DA SE
69/13,8 KV UFSM – CAMPUS DO SANTA MARIA**

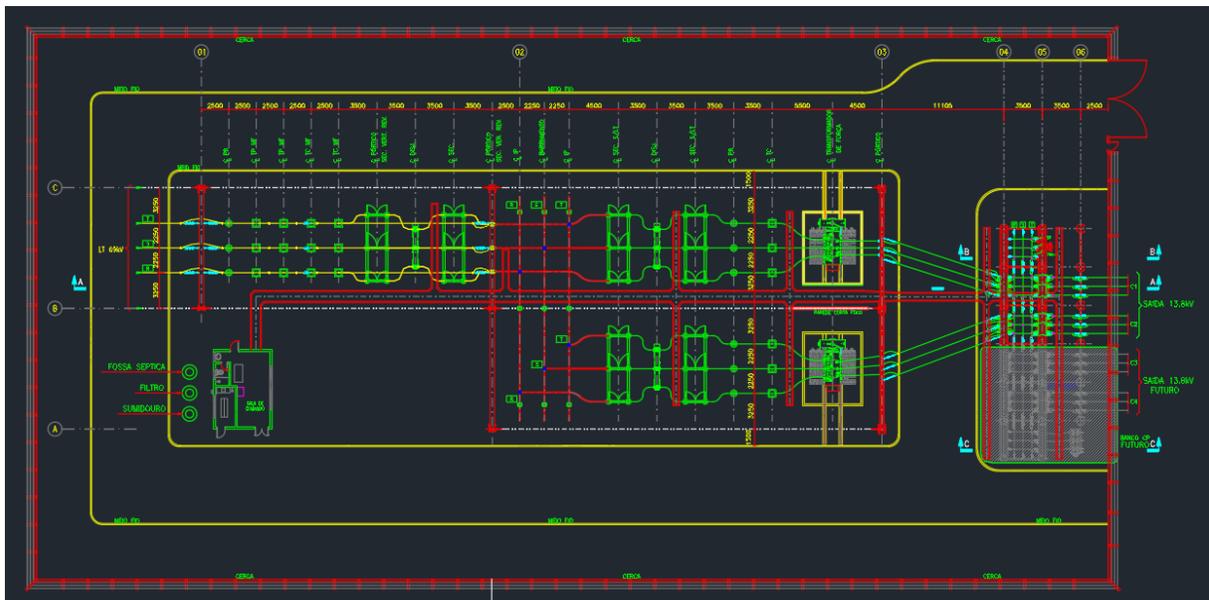
DADOS DA PROINFRA-UFSM



UFSM-6



UFSM-6



UFSM-7

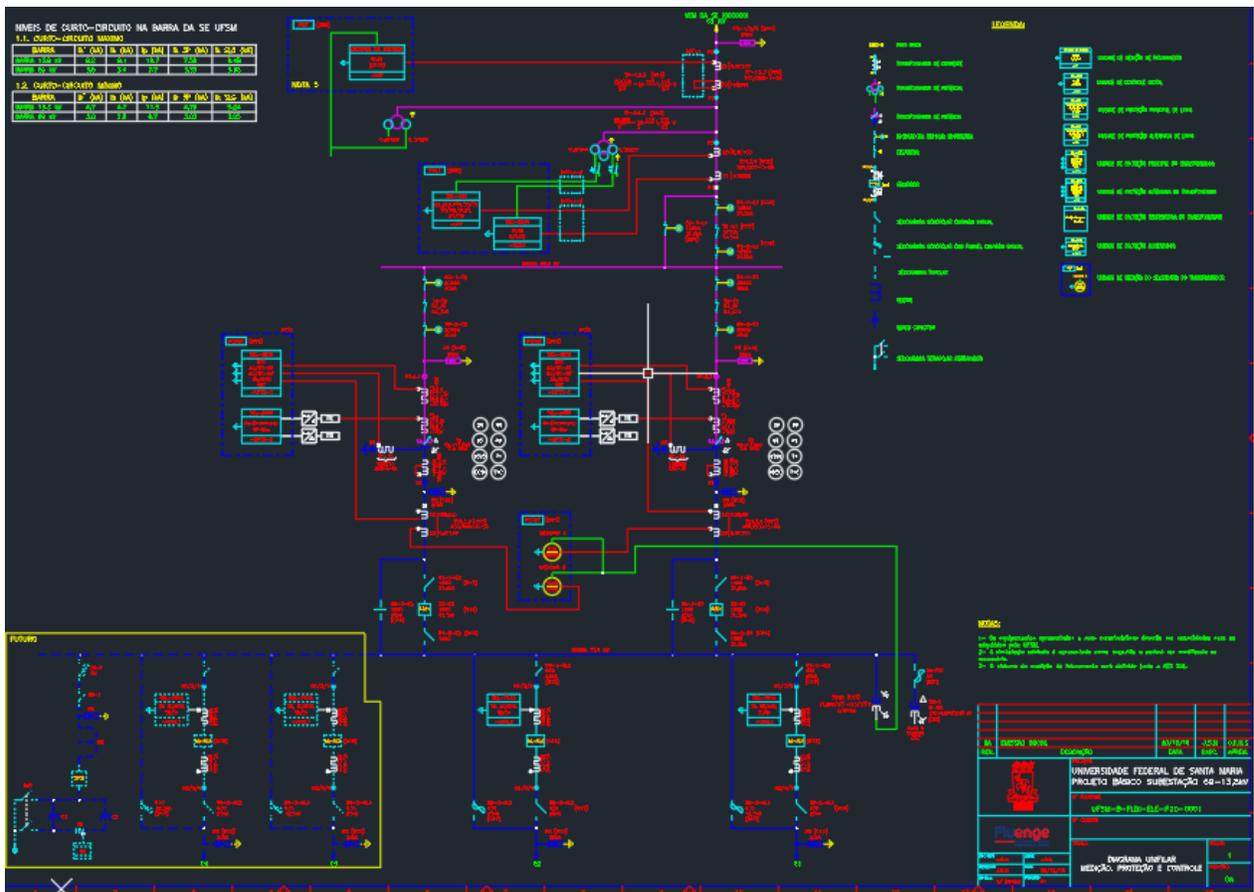


Diagrama unifilar SE