



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**



ALDERI LEOCÁDIO DA SILVA FILHO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO
INTEREST ENGENHARIA LTDA – SETOR SPCS**

**CAMPINA GRANDE – PB
NOVEMBRO – 2024**

ALDERI LEOCÁDIO DA SILVA FILHO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO
INTEREST ENGENHARIA LTDA – SETOR SPCS**

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrotécnica – Projeto elétrico em subestações

Célio Anésio Da Silva, D.Sc.

Orientador

Campina Grande – PB

Novembro – 2024

ALDERI LEOCÁDIO DA SILVA FILHO

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO
INTEREST ENGENHARIA LTDA – SETOR SPCS**

Relatório de Estágio Integrado submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrotécnica – Projeto elétrico em subestações

Aprovado em 01/11/2024

**Célio Anésio Da Silva, D.Sc.
Orientador**

**Huilman Sanca Sanca, D.Sc.
Avaliador**

**Campina Grande – PB
Novembro – 2024**

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo relatar as atividades desenvolvidas pelo estagiário Alderi Leocádio da Silva Filho na empresa INTEREST Engenharia Ltda, localizada em Recife – PE, com ênfase em eletrotécnica, no setor Sistemas de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS). O estágio teve a duração de seis meses, de 30 de abril de 2024 a 24 de outubro de 2024, totalizando 750 horas, portanto, atendendo assim à carga horária de 660 horas exigidas pela disciplina de Estágio Integrado ofertada pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). As atividades foram supervisionadas por Renan Soares Gomes, gerente da INTEREST, e orientadas por Célio Anésio da Silva, professor da UFCG. Durante o estágio, foram desenvolvidos projetos de diagrama de interligação, memória de cálculo de equipamento, diagrama unifilar de proteção, caixas de junção de pátio e disposição de aparelhagens.

Palavras-chave: INTEREST Engenharia; UFCG; Estágio Integrado; Subestação; SPCS.

ABSTRACT

This work aims to report the activities developed by the intern Alderi Leocádio da Silva Filho at INTEREST Engenharia Ltda, located in Recife, PE, with a focus on electrotechnics in the Protection, Control, and Supervision Systems (SPCS) sector. The internship lasted six months, from April 30, 2024, to October 24, 2024, totaling 750 hours, thus meeting the 660 hours required by the Integrated Internship course offered by the Federal University of Campina Grande (UFCG). The activities were supervised by Renan Soares Gomes, manager of INTEREST, and guided by Célio Anésio da Silva, professor at UFCG. During the internship, projects were developed for interconnection diagrams, equipment calculation memory, unifilar protection diagrams, junction boxes for yards, and arrangement of devices.

Keywords: INTEREST Engenharia; UFCG; Integrated Internship; Substation; SPCS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Logomarca da INTEREST.	9
Figura 2 - Ilustração de um sistema elétrico de potência.	10
Figura 3 - Funcional fictício: conexões entre disjuntor e painéis de proteção e controle.	19
Figura 4 - Diagrama de interligação: conexões entre disjuntor e painéis de proteção e controle.....	19
Figura 5 - Projeto de diagrama unifilar e proteção e medição.	21
Figura 6 - Projeto de disposição das aparelhagens.	23
Figura 7 - Exemplo de documento comentado.	26
Figura 8 - Exemplo de documento comentado.	27
Figura 9 - Documento com marcações para realização do conforme construído.....	28
Figura 10 - Caixa de junção de pátio: vistas (medição de faturamento).....	29
Figura 11 - Caixa de junção de pátio: detalhes construtivos e lista de material.	30
Figura 12 - Caixa de junção de pátio: diagrama de fiação.	30
Figura 13 - Indicadores semanais.	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - TSA: resumo das cargas e potências.....	24
Tabela 2 - TSA: potência total dimensionada com fator de segurança.	24
Tabela 3 - TSA: potência usual/comercial.	25
Tabela 4 - GMG: resumo das cargas e potências.	25
Tabela 5 - GMG: potência total dimensionada com fator de segurança.....	25
Tabela 6 - GMG: potência usual/comercial.	25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3. SOBRE A EMPRESA	9
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
4.1 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA	9
4.2 SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	11
4.3 ONS E PROCEDIMENTOS DE REDE	12
4.4 PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA	12
5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	13
5.1 TREINAMENTOS	13
5.1.1 Procedimento de rede do ONS	13
5.1.2 Projetos desenvolvidos pela empresa	14
5.1.3 Elétron	16
5.1.4 Memória de cálculo	16
5.1.5 Estudos de coordenação e seletividade de proteção	17
5.2 ATIVIDADES REALIZADAS	17
5.2.1 Projeto de diagrama de interligação	18
5.2.2 Projeto de diagrama unifilar de proteção e medição	20
5.2.3 Projeto de disposição das aparelhagens	21
5.2.4 Memória de cálculo CA	23
5.2.5 Atendimento aos comentários	25
5.2.6 Conforme construído	27
5.2.7 Projeto de caixas de junção de pátio	29
5.2.8 Índices de desenvolvimento de atividades da equipe	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem como finalidade apresentar as atividades desenvolvidas durante o estágio integrado do curso de Engenharia Elétrica, realizado pelo aluno Alderi Leocádio da Silva Filho, da Universidade Federal de Campina Grande. O estágio teve início na data 30 de abril de 2024 e término em 24 de outubro de 2024, totalizando 750 horas.

As atividades foram realizadas na empresa INTEREST ENGENHARIA LTDA, localizada na cidade de Recife – PE, sob a supervisão do gerente da empresa, Renan Soares Gomes. Pela universidade, o estágio foi orientado pelo professor Célio Anésio da Silva.

Durante o período de estágio, foram desenvolvidas atividades e treinamentos relacionados a projetos de subestações, com foco em sistemas de proteção, controle e supervisão (SPCS), assim como em serviços auxiliares, com a elaboração de projetos de diagrama de interligação, memória de cálculo de equipamento, diagrama unifilar de proteção, caixas de junção de pátio e disposição de aparelhagens.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Fornecer suporte no desenvolvimento de projetos executivos para novas subestações ou ampliação de subestações existentes, integrando a equipe de SPCS.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aprender sobre sistemas de proteção;
- Realizar treinamentos para obtenção de conhecimento técnico, estrutural e de processos;
- Desenvolver projeto de diagrama interligação e lista de cabos;
- Desenvolver projeto de diagrama unifilar de proteção e controle;
- Desenvolver projeto de caixas de junção;
- Desenvolver projeto de memória de cálculo.

3. SOBRE A EMPRESA

Localizada na cidade de Recife – PE, a INTEREST Engenharia é uma empresa especializada em consultoria e projetos voltados as áreas de geração e transmissão de energia elétrica. Fundada em 1990, hoje a empresa soma 34 anos de experiência e prestação de serviços de excelência somados a mais de 300 projetos e empreendimentos, mais de 20000 MVA instalados e mais de 60 clientes.

Sua atuação está voltada a projetos básicos e executivos de subestações de até 500 kV, contando com projetos civil, eletromecânico e elétrico, além de serviços de comissionamento, estudos de coordenação e seletividade de proteção, entre outros.

A INTEREST é orientada por importantes valores, dentre eles:

- Ética e transparência;
- Pessoas;
- Integridade;
- Ambiente de trabalho;
- Sustentabilidade;
- Resultados.

Está organizada em diretoria, três setores destinados a elaboração de projetos (civil, eletromecânico e SPCS), contando ainda com setor financeiro e de recursos humanos.

Figura 1 - Logomarca da INTEREST.



Fonte: INTEREST, s. d.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

O sistema elétrico de potência é formado pela conexão entre usinas geradoras e sistemas de distribuição por meio de linhas de transmissão de alta tensão. As usinas geradoras são construídas em locais que permitem e facilitam a obtenção dos

recursos naturais necessários para a geração de energia elétrica, seja por meio de água ou vento, por exemplo (ZANETTA JÚNIOR, 2005).

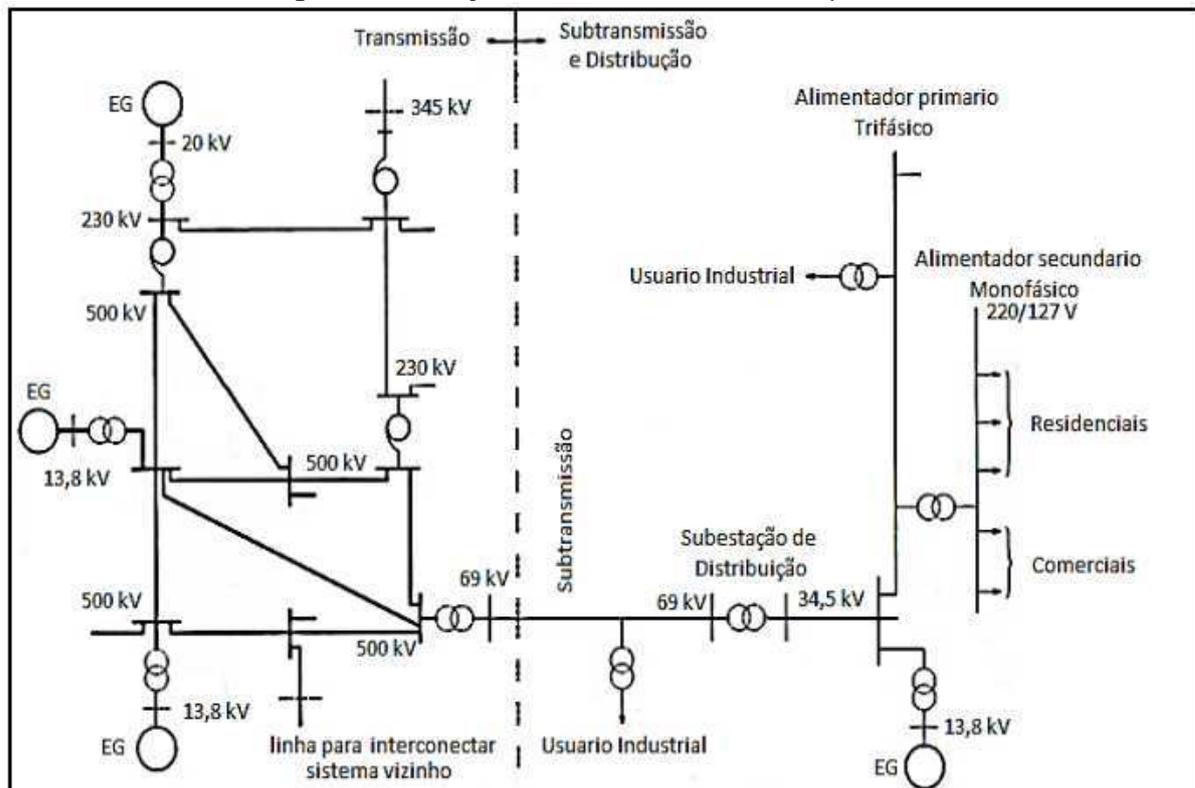
Após a etapa de geração, utiliza-se de subestações elétricas para elevar o nível da tensão gerada (com o objetivo de diminuir a perdas de energia durante a transmissão) e então, por meio das linhas de transmissão, leva-se a energia até subestações próximas aos grandes centros de consumo, que irão abaixar a tensão a níveis correspondentes a distribuição (MONTEIRO, 2023).

Sousa, et al. (2006, p. 47) afirma que

Um Sistema Elétrico de Potência (SEP) é planejado, construído e operado de modo a atender às necessidades de energia elétrica dos consumidores da forma mais econômica possível, dentro de padrões compatíveis de segurança e qualidade.

Apesar de apresentarem diferentes tamanhos e componentes, os sistemas elétricos de potência são similares, pois contam com instalações trifásicas equilibradas de corrente alternada e aplicações de uso monofásico em baixa tensão (por exemplo comercial e residencial); geração de eletricidade a partir de máquinas síncronas; transmissão de energia a longas distâncias (WALANTUS, 2014). Na Figura 2, apresentam-se os componentes básicos e a estrutura de um sistema elétrico de potência.

Figura 2 - Ilustração de um sistema elétrico de potência.



Fonte: WALANTUS, 2014.

Para uma maior confiabilidade e segurança do sistema elétrico brasileiro, criou-se o Sistema Interligado Nacional (SIN), responsável por conectar eletricamente as regiões brasileiras e proporcionar diversos caminhos para a transmissão de energia elétrica aos consumidores finais, com presença nas regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste, Sul e parte do Norte. A composição de sua geração se dá por meio de usinas hidrelétricas, termelétricas e eólicas (ONS, 2008).

4.2 SUBESTAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

As subestações são responsáveis pela transformação dos níveis de energia nas conexões entre geração, transmissão e distribuição. Mas não somente isso, as subestações também possuem o papel de proteger, controlar, seccionar e manobrar o sistema elétrico, além de regular e medir a energia. Por conta dessas diferentes formas de atuação, as subestações podem apresentar diversas classificações, distinguindo-se quanto ao nível de tensão, tipo construtivo, categoria de utilização e forma de operação (MAMEDE FILHO, 2021).

As subestações são formadas por diversos equipamentos, como barramentos, transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras, para-raios, isoladores, além disso necessita de sistemas complementares, como os serviços auxiliares e o SPCS (FRONTIN, 2013; MAMEDE, 2021).

O barramento é um elemento crucial para uma subestação e classificação quanto sua importância para o sistema elétrico, pois ele determina a confiabilidade e segurança da subestação. Estes barramentos variam de acordo com os níveis de tensão e dentre os mais empregados estão: barramento simples, barramento principal e de transferência, barramento duplo com disjuntor simples a quatro chaves, barramento duplo com disjuntor e meio e barramento em anel (FRONTIN, 2013).

Os serviços auxiliares das subestações são responsáveis por alimentar, em corrente alternada e corrente contínua, cargas em baixa tensão que são fundamentais para o bom funcionamento das subestações. Esses sistemas são cruciais em situações de emergência (por exemplo falta de tensão na subestação), pois fornecem a energia necessária para a recomposição da subestação. Ou seja, esses sistemas alimentam cargas classificadas como essenciais e não essenciais, em que, para casos de emergência, apenas as cargas essenciais são alimentadas (CAVALCANTI, 2023).

O SPCS é composto pelo sistema de proteção e sistema de controle e supervisão. O sistema de proteção é formado por dispositivos eletrônicos inteligentes (IEDs), transformadores de potencial (TPs), transformadores de corrente (TCs), contatos auxiliares e meios de comunicação necessários para operação dos IEDs, tendo o objetivo de proteger o sistema como um todo contra curtos-circuitos e anomalias que retirem o sistema de sua operação normal. Por sua vez, o sistema de controle e supervisão utiliza da aquisição e processamento de dados para informar ao operador as condições das instalações, permitindo que este atue mediante a necessidade (ONS, 2024).

4.3 ONS E PROCEDIMENTOS DE REDE

Para operação e planejamento a curto prazo do SEP foi criado o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), instituição de direito privado sem fins lucrativos que é fiscalizado e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (ONS, 2024). Sua instituição se deu por meio da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, tendo entre diversas atribuições coordenar e controlar o SIN (ONS, 2008).

O ONS possui como responsabilidade elaborar uma série de documentos técnicos, os quais determina procedimentos e requisitos para planejar, implantar e operar o SIN, além de definir quais são as responsabilidades do ONS e dos agentes. Tais documentos são intitulados como Procedimentos de Rede e precisam passar pela aprovação da ANEEL para entrar em vigor. Os procedimentos de rede são divididos em nove módulos e cada um contendo diversos submódulos, estes tratam do relacionamento com agentes, critérios e requisitos, planejamento e programação da operação, operação e avaliação do sistema, dentre outros (ONS, 2024).

4.4 PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Constantemente os sistemas elétricos são afetados por fatores indesejáveis e submetidos a condições de operação inadequadas, seja por falha nos equipamentos, curto-circuito ou sobrecarga, provocando a interrupção do fornecimento de energia e afetando a qualidade do serviço. A proporção causada por esses defeitos vai depender do sistema de proteção aplicado a essas instalações (MAMEDE FILHO; MAMEDE, 2011).

O sistema de proteção tem como principal função retirar de operação parte ou toda a instalação que esteja sob falha e operando além de seus limites pré-estabelecidos. Além disso, esse sistema tem o dever de fornecer informações sobre o estado de operação do sistema para que os operadores possam identificar os defeitos, analisar a situação e tomar a melhor decisão quanto o reestabelecimento do sistema (MAMEDE FILHO; MAMEDE, 2011).

Os sistemas elétricos de potência são protegidos por meio de relés, sensores adicionados ao sistema que, dado um defeito ou perturbação em níveis que o sensibilize, isola o defeito do restante do sistema elétrico. Como os níveis de tensão e corrente são elevados, os relés necessitam de transformadores de instrumentos (TP e TC) para alimentá-los. Tais transformadores de instrumentos são utilizados apenas para alimentar o SPCS (KINDERMANN, 2005).

Existe uma grande quantidade de funções de proteção, porém, os relés eletromecânicos tem capacidade de executar apenas uma função por dispositivo. Sendo assim, com o surgimento dos IEDs, abriu-se diversos caminhos para diferentes formas de proteção. Os IEDs proporcionaram a integração de inúmeras funções em um único dispositivo de proteção, ao contar com o aumento da capacidade de processamento por meio de microprocessadores. Além disso, esses dispositivos possuem comunicação digital, facilitando o emprego em de sistemas supervisórios (MAGALHÃES, 2019).

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

5.1 TREINAMENTOS

5.1.1 Procedimento de rede do ONS

O início do estágio se deu com um treinamento voltado ao estudo dos procedimentos de rede que impactam diretamente nos projetos desenvolvidos pela empresa. O foco se deu no submódulo 2.11, que trata dos requisitos mínimos para os sistemas de proteção, de registro de perturbações e teleproteção, que traz as funções e lógicas, além de critérios, como tempo de eliminação de faltas, que devem ser empregados para proteção de linhas de transmissão, transformadores de potência, barramentos, entre outros componentes do sistema.

Outro submódulo enfatizado foi o 2.6, intitulado como “Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos”, objetivando o entendimento dos requisitos para os serviços auxiliares das subestações, que aborda os equipamentos mínimos necessários para alimentação dos serviços auxiliares em corrente alternada e em corrente contínua.

5.1.2 Projetos desenvolvidos pela empresa

Após a conclusão do treinamento a respeito dos procedimentos de rede, deu-se início ao treinamento voltado para estudo dos tipos de projetos que podem ser desenvolvidos pela empresa.

- Diagrama unifilar de proteção, controle e medição

Nesse diagrama é contido um esquema simplificado do sistema de proteção e controle. Seu objetivo é apresentar os dispositivos de proteção e controle utilizados e como estes estão conectados aos equipamentos de pátio, como TCs e TPs. Além disso, indica as funções de proteção implementadas nos IEDs.

A construção desse tipo de diagrama se dá com o levantamento de informações sobre os equipamentos e as conexões que necessitam ser feitas. As funções que devem ser habilitadas nos IEDs e como estes atuarão sobre os disjuntores. A elaboração é feita a partir de softwares como AutoCAD.

Em seu conteúdo são apresentados equipamentos como disjuntores, chaves seccionadoras TPs, TCs, barramentos, linhas de conexão, IEDs, registrador digital de perturbação (RDP). Além disso, deve conter informações importantes sobre os enrolamentos dos TCs e TPs utilizados, como relação de transformação, classe de exatidão e potência do secundário.

Em suma, são diagramas que de forma clara, coesa e simplificada representam e fornecem uma visão geral do sistema de proteção, controle e medição, sendo fundamentais para compreensão do funcionamento.

- Diagrama unifilar de serviços auxiliares

Assim como o diagrama unifilar de proteção e controle, o de serviços auxiliares é uma representação simplificada de todo o sistema, contendo os equipamentos, conexões e informações relevantes sobre estes. O unifilar de serviços auxiliares, por sua vez, assim como os serviços auxiliares em geral, é dividido em duas partes. Existe

o diagrama unifilar CA, que representa a parte do sistema que funciona em corrente alternada e o diagrama unifilar CC, apresentando o sistema que trabalha em corrente contínua.

O tanto o diagrama unifilar de serviços auxiliares CA quanto o CC contém as fontes de alimentação do sistema, a simplificação das conexões realizadas, os painéis, os equipamentos e dispositivos contidos nos painéis e as cargas que irão ser alimentadas. Também pode conter um quadro mostrando a posição dos disjuntores que conectam, protegem e selecionam a fonte de alimentação dos painéis e o barramento de cargas dos serviços auxiliares.

- Diagrama funcional

O diagrama funcional foca nas conexões elétricas existentes entre os diversos sistemas, equipamentos e dispositivos. São abordados detalhes de como esses elementos interagem funcionalmente, com foco na operação e lógica de controle. Seu objetivo é descrever as operações do sistema e como este interage em situações normais e de emergência. Esse tipo de diagrama é organizado em vários cadernos, separados por vãos, painéis e equipamentos.

- Diagrama de interligação

Os diagramas de interligações são projetos advindos do diagrama funcional. As interligações se tratam das conexões existentes entre painéis ou entre painéis e equipamentos. Seu foco está na representação dessas ligações detalhando informações como os painéis de origem e destino, os cabos com seus nomes e formação, além das régua e bornes em que estão conectados. Assim como os diagramas funcionais, os diagramas de interligação são divididos em cadernos de acordo com os vãos da subestação.

- Diagrama de fiação

Assim como os diagramas de interligação, os diagramas de fiação também são produtos dos diagramas funcionais. Entretanto, os diagramas de fiação especificam as conexões físicas e elétricas existentes internas aos painéis, mostrando como dispositivos e componentes estão ligados entre si, logo, os cadernos de fiação são separados de acordo com os painéis. São de extrema importância para montagem,

inspeção e manutenção dos painéis, pois são altamente detalhados, mostrando exatamente como os cabos devem ser ligados.

5.1.3 Elétron

O Elétron é um software brasileiro desenvolvido pela Cadgraph e compatível com as plataformas AutoCAD e aplicado para desenvolvimento de projetos elétricos. Possui uma grande biblioteca de símbolos elétricos passíveis de customização, facilitando o desenvolvimento do projeto, com uma interface intuitiva. Utiliza um sistema de banco de dados, pelo qual os vários cadernos de um projeto podem ficar associados e compartilhar informações entre si. É extremamente eficiente para a construção de diagramas trifilar, funcional e interligação. Fornece listas de materiais, listas de cabos e listas de veias. Elimina os erros existentes, aumentando a qualidade do projeto. Além de conter os padrões de projetos de grandes empresas setor elétrico brasileiro.

5.1.4 Memória de cálculo

O treinamento de memória de cálculo consiste no estudo de dimensionamento dos equipamentos utilizados nos serviços auxiliares das subestações, dentre eles transformadores de serviços auxiliares (TSA), grupo motor gerador (GMG), banco de baterias, carregadores/retificadores e cabos e disparadores. A memória de cálculo é dividida em três partes: memória de cálculo para dimensionamento de TSA e GMG, memória de cálculo para dimensionamento de banco de baterias e carregadores/retificadores e memória de cálculo para dimensionamento de cabos e disparadores.

O TSA é a principal fonte de alimentação dos serviços auxiliares. Ele pode ser derivado do terciário de um transformador de potência da subestação ou proveniente de uma distribuidora de energia elétrica. O GMG, em geral, é aplicado como uma fonte de emergência, para casos de falha na rede elétrica principal, nesses casos possui a nomenclatura standby. No entanto, em algumas situações, dada aprovação do órgão ou empresa responsável, pode ser utilizado como uma segunda fonte principal, para isso é aplicado o GMG prime.

Os bancos de baterias e carregadores/retificadores são utilizados para alimentar as cargas auxiliares que trabalham em corrente contínua. Os bancos de baterias são aplicados para alimentação de cargas denominadas essenciais, em

momentos de falta de tensão CA nos serviços auxiliares. Essas cargas são extremamente importantes para a recomposição da subestação, dentre elas estão os motores de disjuntor e seccionadoras do pátio, sistema de proteção e controle, iluminação de emergência, dentre outras.

Dada a característica de cargas CA e CC alimentadas pelos serviços auxiliares, a memória de cálculo dos cabos e disparadores também apresentam essa divisão. Para tal dimensionamento são usados critérios como corrente de curto-circuito, queda de tensão e ampacidade.

5.1.5 Estudos de coordenação e seletividade de proteção

O treinamento sobre estudo de coordenação e seletividade de proteção consistiu no estudo de funções de proteção, como sobrecorrente (50/51), distância (21) e teleproteção. Além disso, envolvia o aprendizado de outras funções aplicadas à proteção de reatores, transformadores e transformadores de aterramento, por exemplo. No entanto, devido ao término do contrato de estágio, não foi possível dar prosseguimento ao treinamento.

O objetivo desse treinamento foi ensinar a determinar os ajustes implementados aos relés para coordenação e seletividade da proteção de linhas de transmissão, transformadores, transformadores de aterramento, entre outros. O treinamento foi ministrado por Gustavo Arruda, engenheiro eletricista especializado em proteção de sistemas elétricos de potência e ex-diretor da divisão de proteção da CHESF. Atualmente, Gustavo Arruda é membro integrante da equipe INTEREST.

Em paralelo, também foi realizado um treinamento focado no uso do ANAFAS, software desenvolvido pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), voltado para a simulação de curtos-circuitos em sistemas elétricos de potência. O ANAFAS permite a execução de uma grande variedade de faltas nos sistemas de potência, gerando dados e relatórios importantes para a análise e desenvolvimento dos estudos de proteção.

5.2 ATIVIDADES REALIZADAS

Após o fim dos primeiros treinamentos, fui inserido na equipe de nível 1 (elaboração dos projetos de proteção e controle), que desenvolve projetos de novas subestações (ainda serão construídas) ou ampliação de subestações existentes. O

líder técnico desta equipe é Bruno Medrado, engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Portanto, tive a oportunidade de participar dos seguintes projetos:

5.2.1 Projeto de diagrama de interligação

Esse projeto foi desenvolvido em função da substituição do banco de capacitores série com potência de 195 Mvar em uma linha de transmissão de 500 kV. Para essa atividade, utilizou-se o software Elétron para a construção do funcional fictício, que recebe esse nome por ser um documento que não é emitido. Nesse diagrama funcional, constam apenas as interligações (conexões entre painéis ou equipamentos), com o objetivo de elaborar o diagrama de interligação.

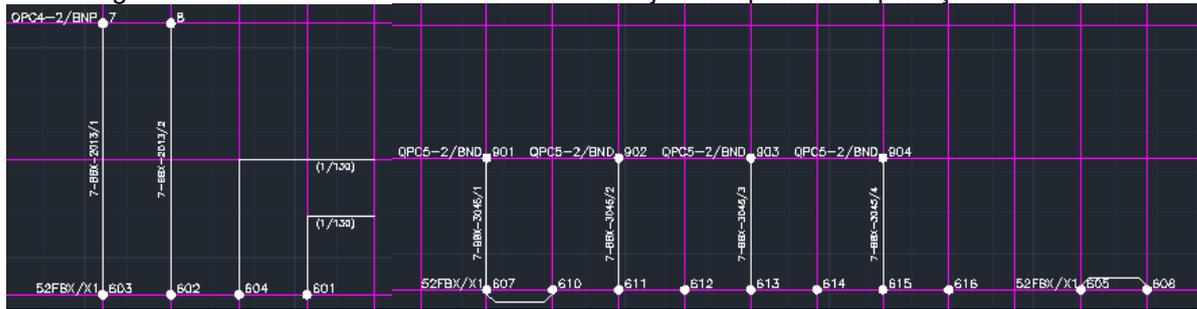
Para construção do funcional fictício, foi necessário o conhecimento sobre interligações e a capacidade de identificar as conexões entre painéis de proteção e equipamentos, como disjuntor e chave seccionadora. Também foi requerido o conhecimento sobre os bornes, régua de bornes e funções aplicadas a estes, por meio dos diagramas elétricos dos equipamentos e dos diagramas construtivos dos painéis.

Após a construção do funcional fictício, desenvolveu-se o diagrama de interligação, também utilizando o software Elétron. Por meio desse software é possível gerar as interligações contendo os cabos, painéis de origem e destino, régua de bornes, veias, entre outras informações. Além disso, ele também foi utilizado, junto ao Excel, para construção da lista de cabos, documento que contém as descrições referentes aos cabos do caderno do vão. Por fim, realizou-se a verificação da capacidade dos bornes, com o objetivo de compatibilizar a seção dos bornes com a seção dos cabos utilizados.

Este projeto proporcionou experiência e ensinamentos a respeito das conexões existentes entre equipamentos de pátio e o sistema de proteção e controle, bem como sobre os parâmetros (dos equipamentos e painéis) recebidos pelos painéis de proteção, as nomenclaturas (tags) de cabos, as régua de bornes, os diagramas elétricos dos equipamentos e os diagramas construtivos dos painéis.

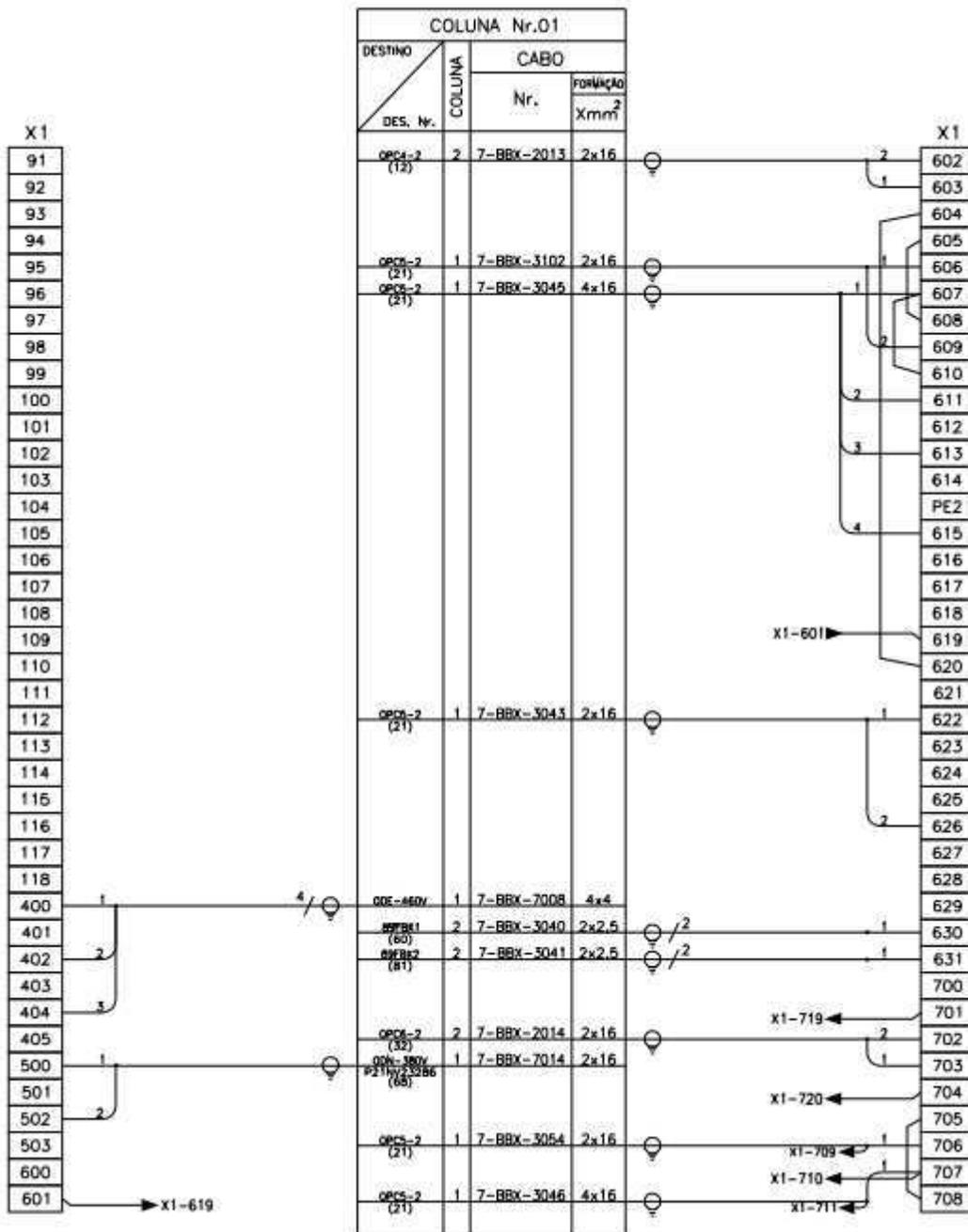
Está contido, nas Figuras 3 e 4, uma parte do diagrama funcional fictício e do diagrama de interligação, respectivamente, desenvolvidos nesse projeto. Essa conexão é referente a um disjuntor e dois painéis de proteção e controle.

Figura 3 - Funcional fictício: conexões entre disjuntor e painéis de proteção e controle.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Figura 4 - Diagrama de interligação: conexões entre disjuntor e painéis de proteção e controle.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

5.2.2 Projeto de diagrama unifilar de proteção e medição

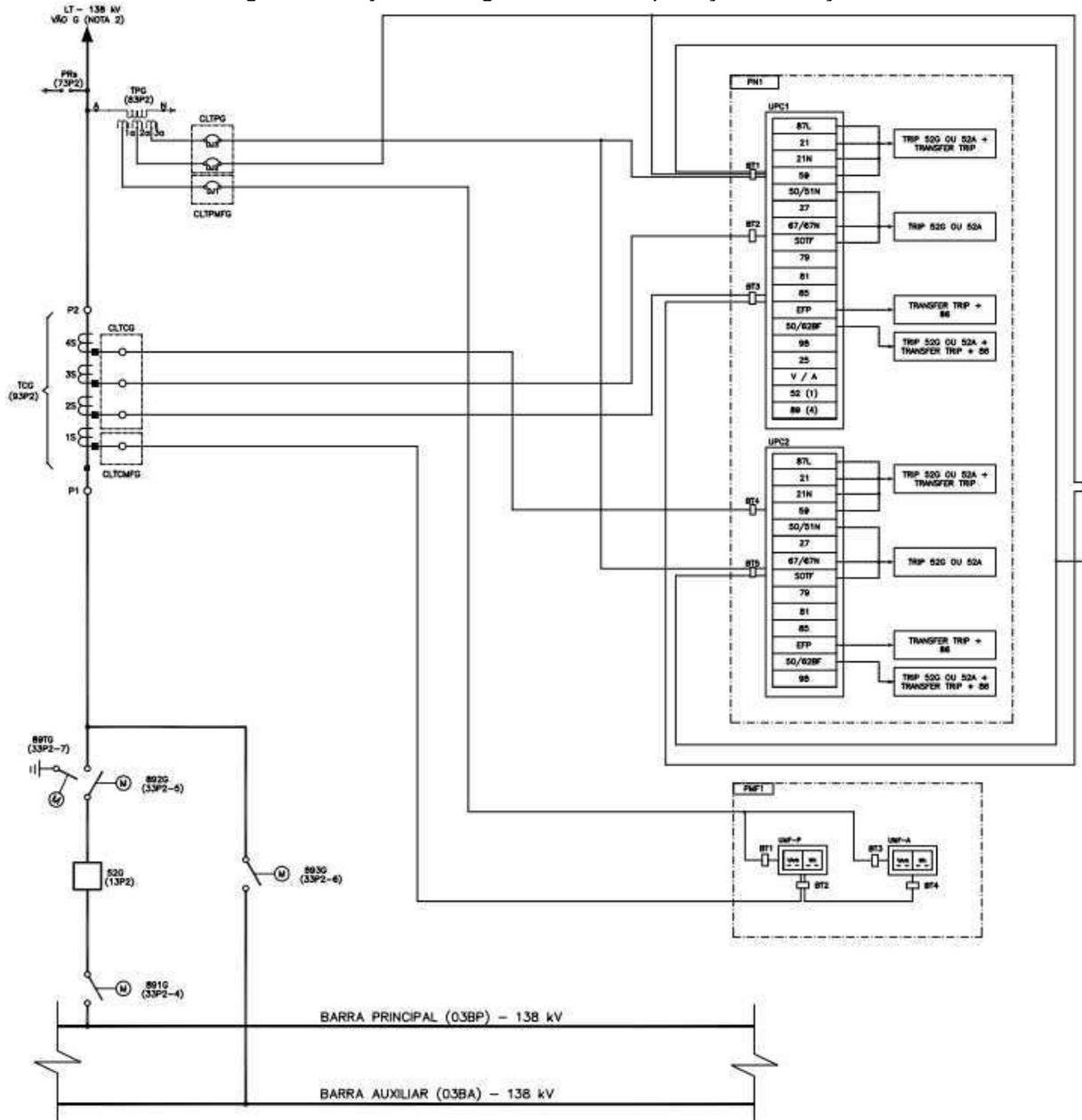
Esse projeto foi desenvolvido para a entrada de uma linha de transmissão com tensão de 138 kV em uma subestação de 230/138 kV. Dada a crescente geração de energias renováveis, especialmente eólica e fotovoltaica, essa é mais uma linha de transmissão que tem o objetivo de conectar uma subestação coletora a uma elevadora, levando a energia gerada por uma usina fotovoltaica para o SIN.

O diagrama unifilar de proteção e medição é uma representação simplificada e objetiva dos sistemas elétricos de proteção e medição de uma subestação. Esses projetos são aplicados pela facilidade de compreensão do funcionamento do sistema elétrico e de proteção, pois indicam quais são as funções de proteção ativas, quais são responsáveis por enviar o sinal de trip e quais disjuntores devem ser acionados. Outro fator importante contido nesses projetos são as conexões dos enrolamentos dos TCs e TPs com as unidades de proteção e de medição.

Ao longo do estágio, foi possível construir o diagrama mostrado na Figura 5. Nele estão representados os equipamentos e componentes principais, como a linha de transmissão, barramento, disjuntor, chave seccionadora, TP, TC, painéis, unidades de proteção, controle e medição, além das funções de proteção.

Para o desenvolvimento dessa atividade, torna-se necessário conhecimentos a respeito das funções de proteção definidas pela tabela ANSI, além da capacidade de relacioná-las com a atuação dos disjuntores, a partir do arranjo de barramento aplicado na subestação.

Figura 5 - Projeto de diagrama unifilar e proteção e medição.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

5.2.3 Projeto de disposição das aparelhagens

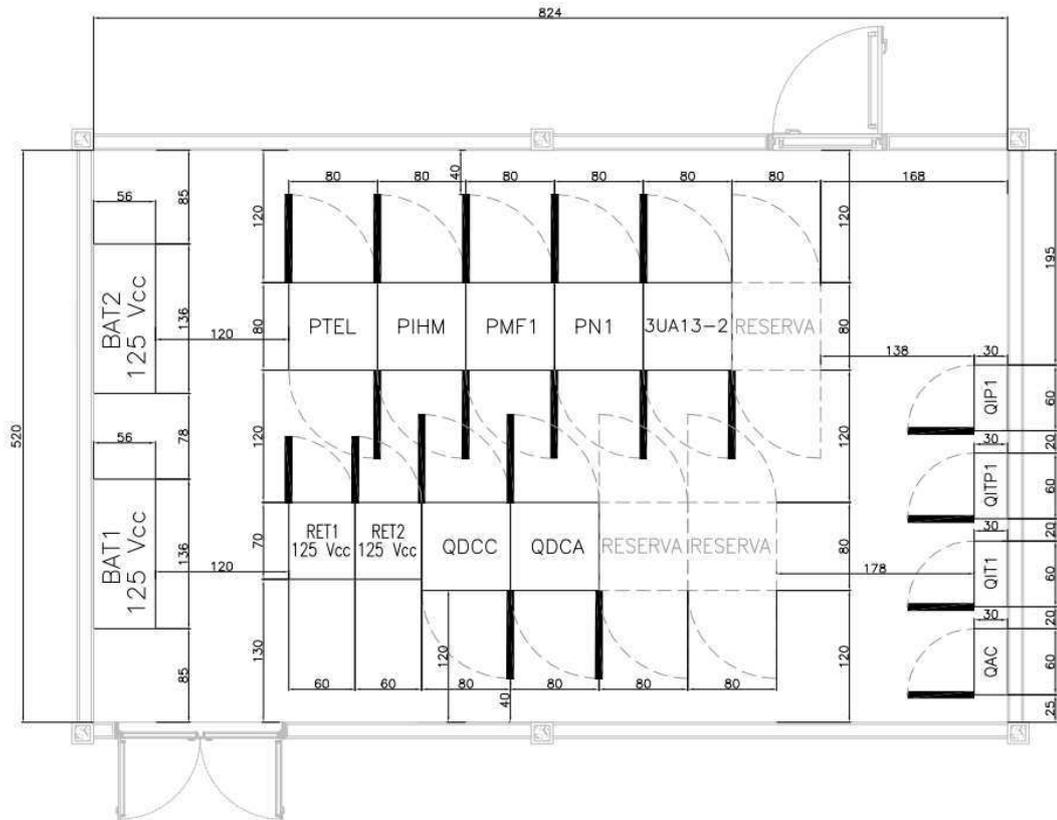
Este projeto se trata da alocação de painéis, quadros e equipamentos (como banco de baterias) em uma casa de comando ou casa de relés. O objetivo é organizar esses dispositivos de forma eficiente, otimizando o funcionamento e a manutenção, considerando a acessibilidade.

Os relés destinados ao SPCS devem ser dispostos próximos uns dos outros, assim como os painéis de serviços auxiliares e os de telecomunicações. Além disso, todos os dispositivos devem ser sinalizados para facilitar a identificação.

O projeto estrutural da casa de relés, que inclui o dimensionamento da área e espeço das portas, é elaborado pela equipe de engenharia civil. Após essa etapa, o projeto é repassado para a equipe de elétrica para realizar a disposição das aparelhagens. É mostrado na Figura 6 a disposição das aparelhagens de uma casa de relés, construída durante o estágio, contendo os seguintes painéis, quadros e equipamentos:

- 1 painel de interface (3UA13-2);
- 1 painel interface homem-máquina (PIHM);
- 1 painel de telecomunicação (PTEL);
- 1 painel de proteção e controle (PN1);
- 1 painel de medição de faturamento (PMF1);
- 1 quadro de iluminação e tomadas da casa de relés (QIT1);
- 1 quadro de ar-condicionado da casa de relés (QAC);
- 1 quadro de iluminação do pátio (QIP1);
- 1 quadro de iluminação e tomadas do pátio (QITP1);
- 1 quadro de distribuição dos serviços auxiliares CA (QDCA);
- 1 quadro de distribuição dos serviços auxiliares CC (QDCC);
- 2 carregadores retificadores 125 Vcc (RET1 e RET2);
- 2 bancos de baterias 125 Vcc (BAT1 e BAT2).

Figura 6 - Projeto de disposição das aparelhagens.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

5.2.4 Memória de cálculo CA

Durante o estágio também foi possível desenvolver um projeto de memória de cálculo para dimensionamento de TSA e GMG para os serviços auxiliares CA, em 380/220 Vca, com o objetivo de atender uma subestação coletora com setores de 34,5 kV e 138 kV, composta da seguinte forma:

Setor 138 kV – arranjo do tipo barra simples, com previsão de ampliação para barra principal e transferência, composto dos vãos:

- 1 linha de transmissão;
- 1 transformador de força – 138/34,5 kV – 160 MVA.

Setor 34,5 kV – arranjo do tipo barra simples composto dos vãos:

- Barra de distribuição (07 alimentadores, 01 TSA).

Para o desenvolvimento desta atividade precisou-se aplicar os conceitos de cargas essenciais (esquema de falha de disjuntor, acionamento de seccionadora, cargas dos serviços auxiliares 125 Vcc, entre outras) e não essenciais (bomba de abastecimento de água, aquecimento de painéis e armários de pátio, ventilação

forçada dos transformadores, entre outras), além da norma NBR 5410 para dimensionamento de iluminação e tomadas das edificações.

É apresentado na Tabela 1 um resumo das cargas, classificadas em essenciais e não essenciais, suas potências instaladas e demandas máximas, utilizadas para determinação da potência total a ser alimentada pelos transformadores de serviços auxiliar da subestação. É resumido na Tabela 2 os valores totais de potência instalada e demanda máxima para as cargas essenciais e não essenciais, além do valor total com aplicação do fator de segurança. Já na Tabela 3, é contido o valor final da potência usual/comercial dimensionado para os transformadores. O mesmo procedimento segue para o dimensionamento do GMG, porém, nesse caso aplicando apenas as cargas essenciais, conforme mostrados nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 1 - TSA: resumo das cargas e potências.

Carga	Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA1 / TSA2)			
	Essencial		Não Essencial	
	Carga Instalada (VA)	Carga Simultânea (VA)	Carga Instalada (VA)	Carga Simultânea (VA)
Iluminação de Pátio	669,20	669,20	578,12	578,12
Tomadas Gerais de Pátio	22066,99	4413,40	-	-
Tomada de Tratamento de Óleo	-	-	98726,90	98726,90
Iluminação das Edificações	7140,00	5712,00	-	-
Tomadas das Edificações	12600,00	2520,00	-	-
Ar-condicionado das Edificações	15503,33	12402,67	-	-
Iluminação dos Painéis (Casa de Comando)	-	-	120,00	24,00
Tomadas dos Painéis (Casa de Comando)	-	-	17600,00	3520,00
Aquecimento dos Painéis (Casa de Comando)	-	-	800,00	800,00
Iluminação dos Armários de Equip. de Pátio	-	-	250,00	50,00
Tomadas dos Armários de Equip. de Pátio	-	-	77000,00	4400,00
Aquecimento dos Armários de Equip. de Pátio	-	-	5195,00	5195,00
Exaustor dos Armários de Equip. de Pátio	-	-	88,00	88,00
Motor Seccionadora 138 kV	2838,51	709,63	-	-
Disjuntor 3AP1 FG3 72,5 kV (Setor 34,5 kV)	10912,00	10912,00	-	-
Transformador 138/34,5 kV (Ventilação Forçada)	-	-	18955,56	9477,78
Transformador 138/34,5 kV (Comutação Sob Carga)	2384,74	1192,37	-	-
GMG	3732,00	3732,00	-	-
Carregadores Retificadores 125 Vcc	16339,86	8169,93	-	-
Bomba D'água	-	-	700,00	700,00
TOTAL	94186,62	50433,19	220013,58	123559,80

Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Tabela 2 - TSA: potência total dimensionada com fator de segurança.

Transformadores de Serviços Auxiliares (TSA1 / TSA2)			
	Potência Instalada (VA)	Demanda Máxima (VA)	Fator de Segurança (10%)
Carga Essencial	94186,62	50433,19	55476,50
Carga Não Essencial	220013,58	123559,80	135915,78
Potência Total (VA)	314200,21	173992,99	191392,29

Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Tabela 3 - TSA: potência usual/comercial.

	Potência Calculada (kVA)	Potência usual/comercial (kVA)
TSA1	191,39	225,00
TSA2	191,39	225,00

Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Tabela 4 - GMG: resumo das cargas e potências.

Grupo Motor-Gerador (GMG)		
Carga	Essencial	
	Carga Instalada (VA)	Carga Simultânea (VA)
Iluminação de Pátio	669,20	669,20
Tomadas Gerais de Pátio	22066,99	4413,40
Iluminação das Edificações	7140,00	5712,00
Tomadas das Edificações	12600,00	2520,00
Ar-condicionado das Edificações	15503,33	12402,67
Motor Seccionadora 138 kV	2838,51	709,63
Disjuntor 3AP1 FG3 72,5 kV (Setor 34,5 kV)	10912,00	10912,00
Transformador 138/34,5 kV (Comutação Sob Carga)	2384,74	2384,74
GMG	3732,00	3732,00
Carregadores Retificadores 125 Vcc	16339,86	8169,93
TOTAL	94186,62	51625,55

Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Tabela 5 - GMG: potência total dimensionada com fator de segurança.

Grupo Motor-Gerador (GMG)			
	Potência Instalada (VA)	Demanda Máxima (VA)	Fator de Segurança (10%)
Carga Essencial	94186,62	51625,55	56788,11

Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Tabela 6 - GMG: potência usual/comercial.

	Potência Calculada (kVA)	Potência usual/comercial (kVA)
GMG	56,79	60,00

Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

5.2.5 Atendimento aos comentários

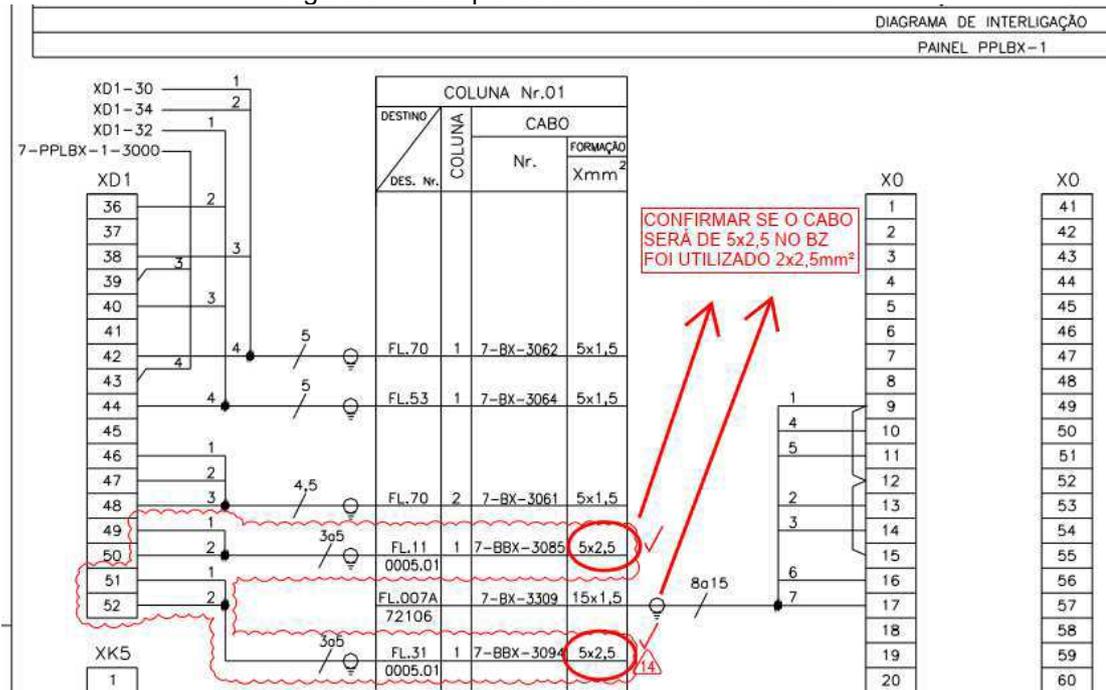
Os projetos de subestações precisam passar pela análise e certificação de uma empresa contratada para esse serviço. Essa empresa responsável pela certificação analisa o projeto com base em normas, especificações e instruções técnicas, sendo responsável pela aprovação ou reprovação deste.

Em situações de falha na elaboração do projeto – como dimensionamento inadequado ou não cumprimento de critérios pré-estabelecidos – o projeto é

reprovado. Nesse caso, é emitido um documento contendo comentários sobre os tópicos que levaram à reprovação.

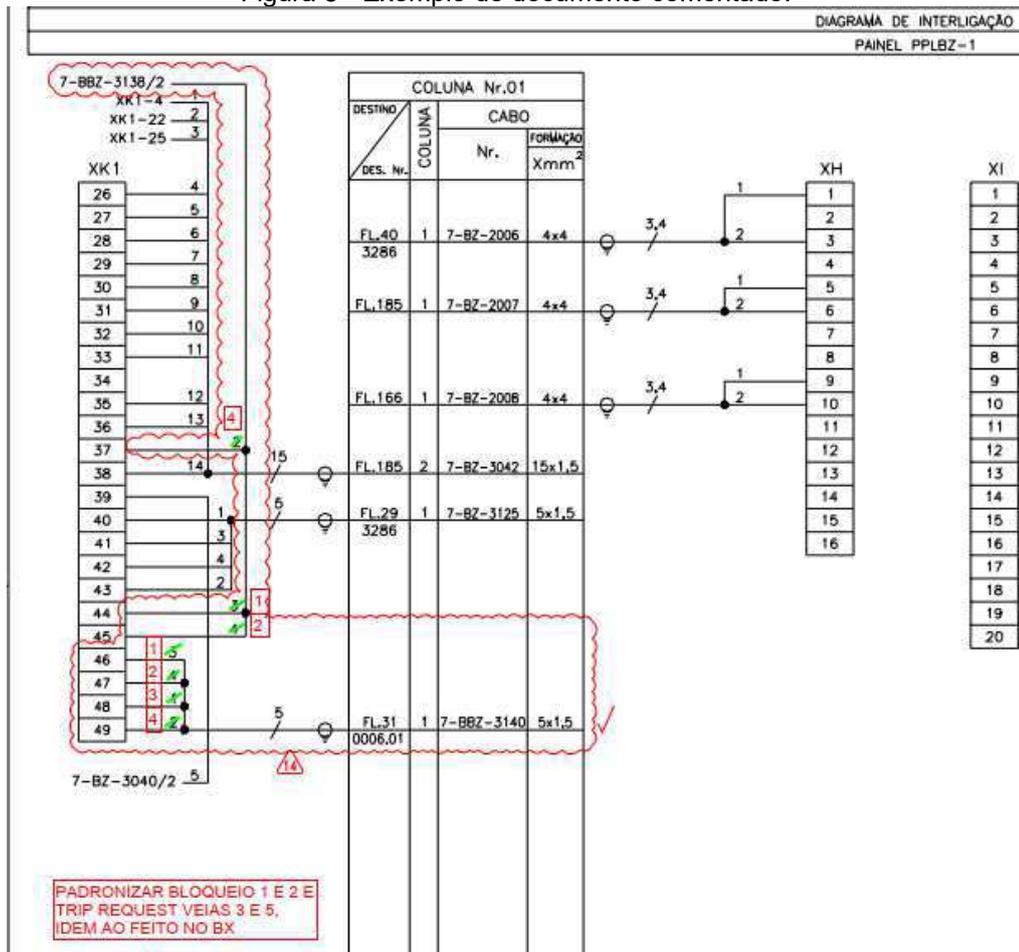
A atividade de atendimento aos comentários visa adequar o projeto de acordo com os critérios requeridos e solucionar as questões levantadas, buscando assim a aprovação do projeto. Estão contidos nas Figuras 7 e 8 exemplos de comentários feitos em um projeto de interligação.

Figura 7 - Exemplo de documento comentado.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Figura 8 - Exemplo de documento comentado.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

5.2.6 Conforme construído

O termo “conforme construído” se trata de documentos, registros, desenhos e outros tipos de arquivos que indicam como uma instalação foi construída e como se encontra atualmente. Esses documentos registram todas as modificações e alterações feitas em um projeto (em emissão inicial) durante o processo de construção.

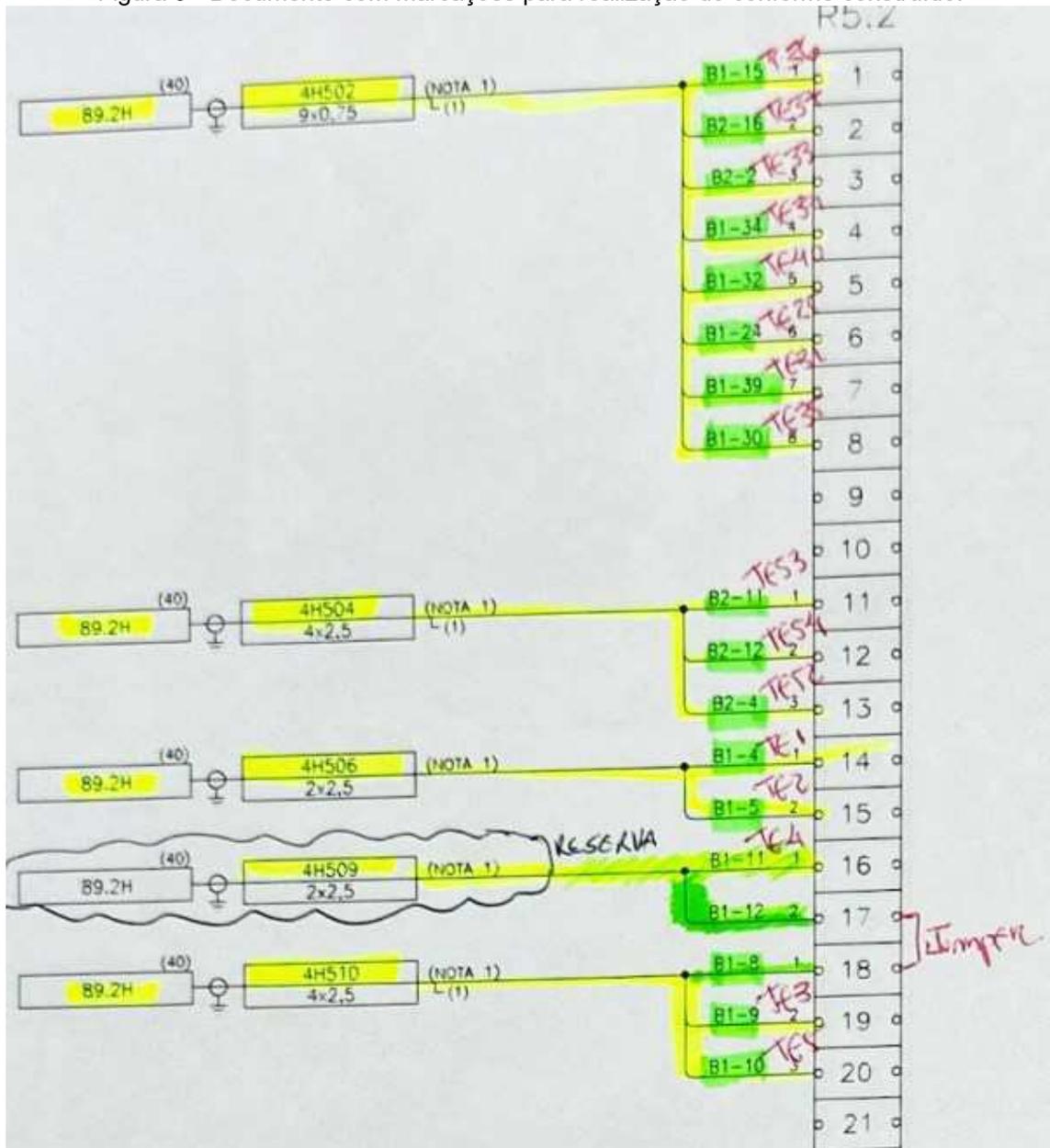
Os projetos conforme construídos são extremamente importantes para manutenções futuras, pois fornecem com clareza as referências sobre como a instalação foi executada. Além disso, são exigidos em processos de certificação.

As atualizações nos projetos devem ser feitas a partir das marcações realizadas em campo. O instalador, de posse do projeto original, utiliza cores específicas para registrar as modificações: as marcações em verde significam a retirada de cabos, veias, painéis, equipamentos, entre outros; enquanto as marcações em vermelho representam a inserção do que foi alterado.

Devido ao tempo necessário para execução das instalações em campo, as marcações nem sempre são feitas em todos os cadernos ou folhas de um caderno que podem ser impactadas pelas alterações. Assim, cabe ao engenheiro projetista avaliar as marcações realizadas e identificar os impactos que estas podem provocar nas demais folhas e cadernos.

É mostrado por meio da Figura 9 uma marcação (verde e vermelho) feita em campo para produção do documento conforme construído.

Figura 9 - Documento com marcações para realização do conforme construído.



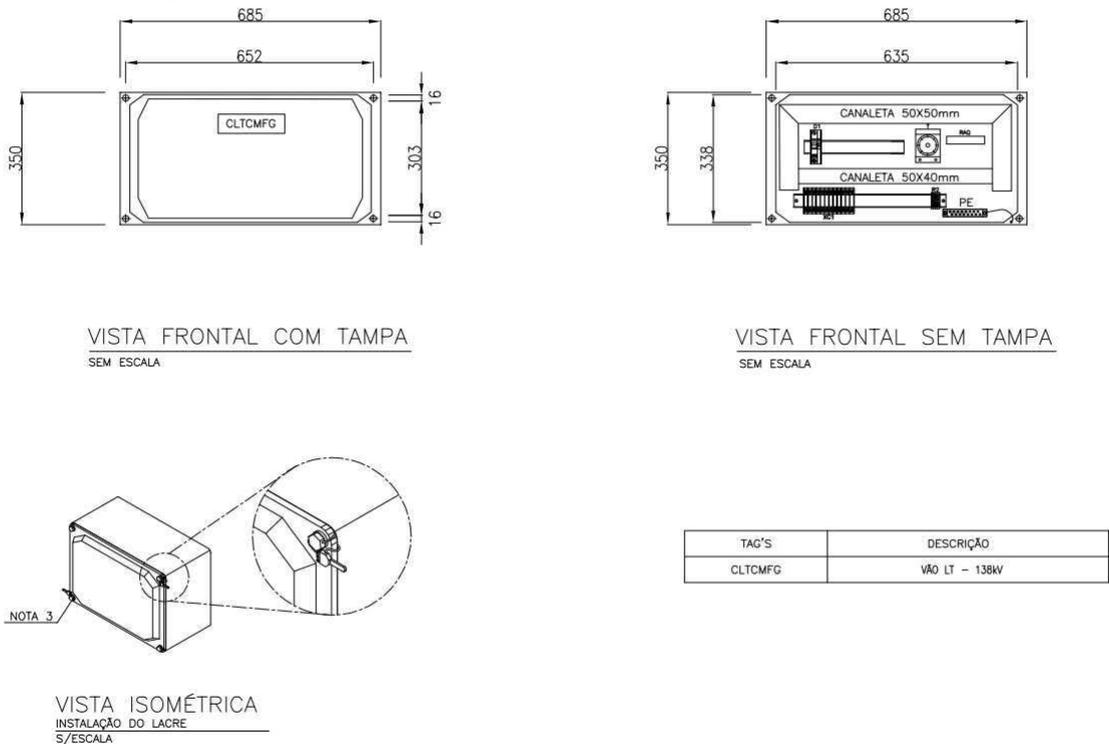
Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

5.2.7 Projeto de caixas de junção de pátio

As caixas de junção de pátio são utilizadas para interligar, proteger e facilitar as conexões entre os equipamentos de pátio, como TCs e TPs, e os painéis de SPCS. Essas caixas são compostas por diversos dispositivos, incluindo disjuntor, bornes, barramento de cobre e resistência.

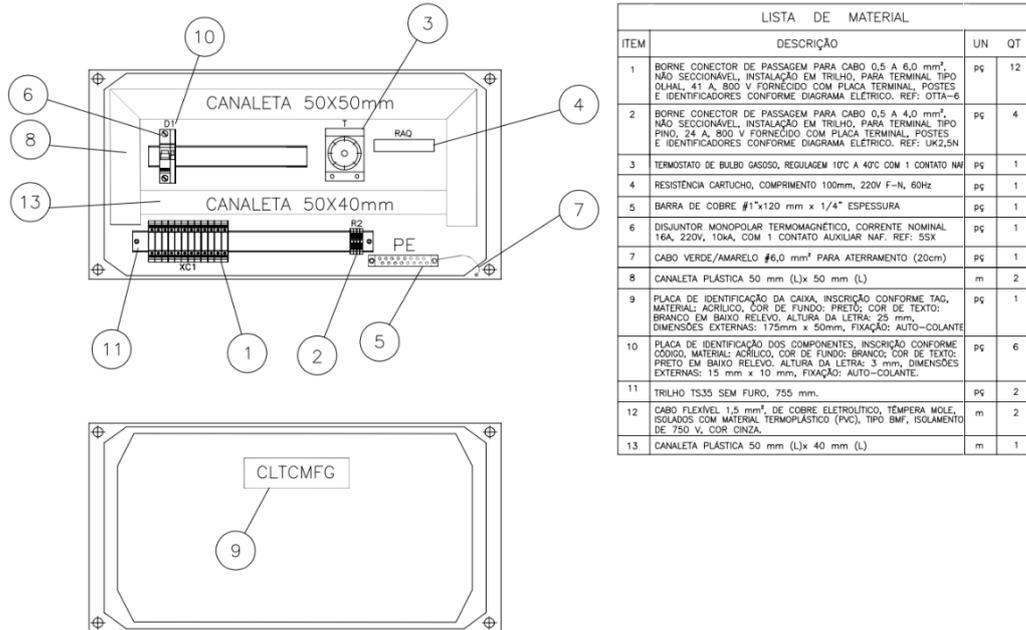
O projeto das caixas de junção deve incluir vistas frontal, interna e isométrica (caso sejam destinadas à medição de faturamento), lista de materiais, detalhes construtivos e diagrama de fiação que detalhe as régua, bornes, conexões com os equipamentos e a alimentação do circuito de aquecimento. Durante o estágio, foram desenvolvidas caixas de junção específicas para TCs e TPs, conforme mostrado nas Figuras 10, 11 e 12. Essa atividade exigiu conhecimentos a respeito da leitura das placas dos equipamentos para identificação dos enrolamentos a serem utilizados.

Figura 10 - Caixa de junção de pátio: vistas (medição de faturamento).



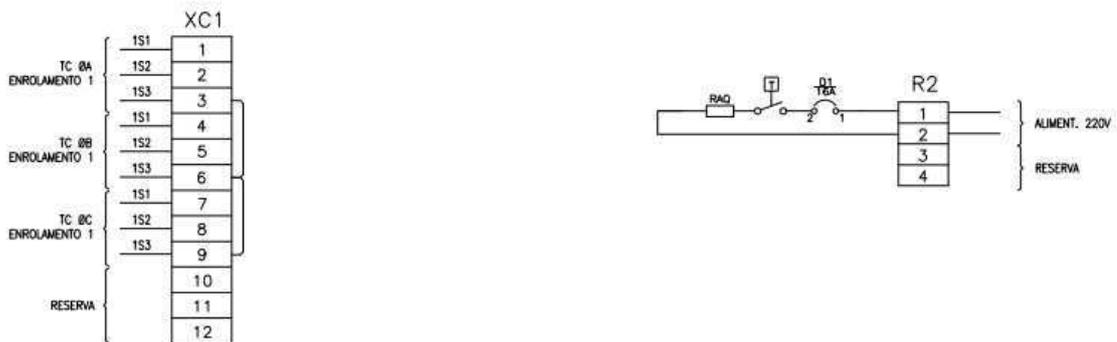
Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Figura 11 - Caixa de junção de pátio: detalhes construtivos e lista de material.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

Figura 12 - Caixa de junção de pátio: diagrama de fiação.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

5.2.8 Índices de desenvolvimento de atividades da equipe

Essa atividade era desenvolvida uma vez por semana. Seu objetivo é mostrar, de forma percentual, as atividades entregues dentro do prazo estabelecido durante a semana, como também, em caso de atraso notificar o motivo que o ocasionou, indicando a efetividade da equipe e os principais pontos que provocam atrasos na entrega das atividades desenvolvidas. Na Figura 13 é mostrado o documento gerado semanalmente com os índices.

Figura 13 - Indicadores semanais.



Fonte: INTEREST Engenharia (2024).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio na INTEREST Engenharia foi uma experiência enriquecedora, em que foi possível aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de engenharia elétrica em um ambiente prático, como também adquirir diversos outros conhecimentos sobre projetos de subestações de alta tensão e seus processos. Durante as 784 horas, pôde-se participar de diversas atividades relacionadas aos sistemas de proteção e controle, além de serviços auxiliares das subestações elétricas.

O desenvolvimento de um profissional passa pelo seu conhecimento teórico e prático, além da sua capacidade de trabalhar em equipe e adequação ao mercado de trabalho. Desta forma, o estágio foi de extra importância para o crescimento profissional e pessoal, pois, as atividades desenvolvidas forneceram uma visão clara da realidade técnica e do ambiente de trabalho dentro do mercado de engenharia, como também contribuiu para o desenvolvimento de habilidades, por exemplo, comunicação e gestão de tempo.

Com relação as disciplinas estudadas ao longo a graduação, o estágio exigiu conhecimentos sobre proteção de sistemas elétricos, técnicas de medição, equipamentos elétricos, instalações elétricas, sistemas elétricos, circuitos elétricos e circuitos lógicos, sendo fundamentais para a evolução ao longo do estágio e para o desenvolvimento dos projetos.

Com relação a logística para estagiar, enfrentou-se alguns desafios dada a necessidade de mudança de cidade, e também por ser um novo estado, onde a cultura e vivencia são diferentes, contribuindo para o crescimento pessoal com novas experiências e maturidade para lidar com os desafios que surgem no caminho.

Portanto, a disciplina de estágio é de extrema importância para o desenvolvimento do estudante em meio ao mercado de trabalho, pois neste, há um contato diário com projetos, documentos, normas e instruções técnicas, regimentos e processos estruturais (da empresa em si e da construção de projetos), fornecendo uma gama de novos conhecimentos práticos e teóricos.

REFERÊNCIAS

FRONTIN, S. DE O. **Equipamentos de alta tensão: prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas**. 1. ed. Brasília: Teixeira, 2013.

KINDERMANN, Geraldo. **Proteção de sistemas elétricos de potência**. 2. ed., v. 1. Florianópolis: Edição do Autor, 2005.

MAGALHÃES, Lucas Félix. **Plataforma de testes e virtualização de dispositivos eletrônicos inteligentes baseados na norma IEC 61850**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

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

MAMEDE FILHO, J. **Subestações de alta tensão**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

MONTEIRO, Paulo Roberto Duailibe. **Introdução à subestação e seus principais equipamentos**. São José dos Pinhais: Seven Events, 2023.

ONS. **Procedimento de Rede Submódulo 1.1: O Operador Nacional do Sistema Elétrico e os Procedimentos de Rede: visão geral**. Brasília, 2008. Disponível em: <<https://www.ons.org.br>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

ONS. **Procedimento de Rede Submódulo 1.2: Glossário dos procedimentos de rede**. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://www.ons.org.br>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

SOUZA, S. A. et al. **Estimação de parâmetros de um sistema elétrico de potência utilizando algoritmos genéticos**. IEEE Latin America Transactions, v. 4, n. 1, p. 47-54, 2006 Tradução. Disponível em: <scholar.google.com.br>. Acesso em: 08 out. 2024.

WALANTUS, Lucas Alejandro. **Análise da estabilidade de sistema elétrico de potência com inserção de fontes renováveis**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ZANETTA JÚNIOR, Luiz Cera. **Fundamentos de sistemas elétricos de potência**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.