



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

JADILSON PORTO SANTOS JUNIOR

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

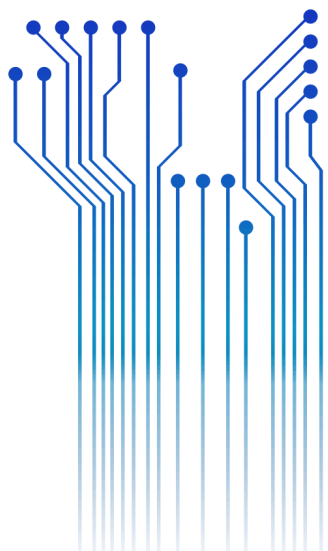
INTEREST ENGENHARIA LTDA. - SETOR ELETROMECAÂNICO



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande

2024

JADILSON PORTO SANTOS JUNIOR

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
INTEREST ENGENHARIA LTDA. - SETOR ELETROMECAÂNICO

*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

Professor Ronimack Trajano, Dr. Eng., orientador

Campina Grande

2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me deu saúde e a capacidade de aprender. Agradeço aos meus pais, padrinhos, Breno e Marília, por todo o amor, carinho e motivação ao longo da minha carreira acadêmica.

Agradeço ao professor Ronimack Trajano, que foi o professor que mais convivi dentro da graduação, e que no final dessa trajetória se tornou meu orientador de estágio, deixo aqui registrado a minha admiração pelo ser humano que ele é.

Agradeço a Isabela Barros, minha líder. Que me ensinou, me acompanhou, me inspirou, e me transformou no profissional que sou hoje. Agradeço imensamente a Deus pela oportunidade de tê-la como referência profissional.

Agradeço a Karollina Lacerda, que paralelamente estava sempre me ensinando algo, sempre com boas risadas e com seu jeito divertido.

Agradeço ao meu coordenador, Junior Cesar, que sempre estava disposto a me ensinar algo novo e que me acompanhou durante toda a trajetória de estágio.

Aos Srs. Luís Sérgio, José Linhares, Ana Patrícia e demais diretores da empresa pela oportunidade de fazer parte da Interest Engenharia e realizar meu sonho de ser projetista de subestações, minha gratidão será eterna.

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade expor as atividades realizadas pelo estagiário JADILSON PORTO SANTOS JUNIOR na empresa Interest Engenharia LTDA., PE, na área de eletrotécnica, durante o período de seis meses, entre os dias de 02/10/2023 e 02/04/2024, cumprindo a carga horária de 784 horas e, assim, suprimindo a carga horária exigida pela disciplina Estágio Integrado (660 h), disponibilizada pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Ao longo do estágio, o proponente desenvolveu detalhes de instalação de equipamentos, desenvolveu plantas baixas e cortes de subestações de alta tensão, confeccionou desenhos e listas de materiais de ambos, realizou modificações técnicas nos projetos de eletromecânica, desenvolveu modelagem BIM de equipamentos elétricos, arranjo básico e cadeias e cabos.

Palavras-chave: Projetos Eletromecânicos, Modelagem BIM, Equipamentos elétricos

ABSTRACT

The purpose of this work is to expose the activities carried out by the intern JADILSON PORTO SANTOS JUNIOR at the company Interest Engenharia LTDA., PE, in the area of electrical engineering, during a period of six months, between 02/10/2023 and 02/04 /2024, fulfilling the workload of 1051 hours and, thus, meeting the workload required by the Integrated Internship discipline (660 h), provided by the Federal University of Campina Grande - UFCG. Throughout the internship, the proponent developed equipment installation details, developed floor plans and sections of high voltage substations, prepared drawings and lists of materials for both, made technical modifications to electromechanical projects, developed BIM modeling of electrical equipment and arrangement basic.

Keywords: Electromechanical Projects, BIM Modeling, Electrical equipment

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Configuração em barra dupla com disjuntor simples a quatro chaves. | 8 |
| Figura 2 - Configuração em barra dupla com disjuntor e meio. | 9 |
| Figura 3 - Configuração em anel simples. | 11 |
| Figura 4 - Configuração em barra principal + barra de transferência. | 12 |
| Figura 5 – Diagrama unifilar simplificado. | 16 |
| Figura 6 – Parte de projeto de arranjo físico. | 18 |
| Figura 7 – Eixo e identificação de equipamentos. | 18 |
| Figura 8 – Distâncias mínimas de segurança. | 19 |
| Figura 9 – Distâncias padrão para módulos de conexão e barramentos. | 20 |
| Figura 10 – Trecho de corte do projeto arranjo físico. | 20 |
| Figura 11 - Detalhe de instalação de disjuntor Monopolar 500 kV, com resistor de pre-inserção. | 22 |
| Figura 12 - Identificação do Resistor de pre-inserção. | 23 |
| Figura 13 – Detalhe de instalação de disjuntor monopolar de 500 kV sem resistor de pré-inserção... .. | 24 |
| Figura 14 - Detalhe de instalação de transformador de corrente 500 kV. | 25 |
| Figura 15 – Ampliação de trecho da Figura 14. | 26 |
| Figura 16- Detalhe de instalação de chave seccionadora monopolar 500 kV. | 27 |
| Figura 17 - Detalhes de instalação de armário central e de polo com caixas de passagem. | 28 |
| Figura 18 - Planta baixa do projeto de arranjo físico. | 29 |
| Figura 19 - Transformador de corrente 138 kV modelado em BIM. | 30 |
| Figura 20 - Conector terminal reto. (chapa a cabo). | 31 |
| Figura 21 - Transformador de potencial 138 kV modelado em BIM. | 31 |
| Figura 22- Transformador de potência 60 MVA no Inventor Professional. | 32 |
| Figura 23 - Transformador de Potência 60 MVA no Revit. | 33 |
| Figura 24 - Conector suporte para cabo. | 34 |
| Figura 25 - Isolador de pedestal modelado e parametrizado. | 34 |
| Figura 26 - Projeto de subestação de 138 kV em BIM. | 35 |
| Figura 27 - Vista de câmera da subestação 138 kV em BIM. | 36 |
| Figura 28 – Vista de câmera 2 da subestação 138 kV em BIM. | 36 |
| Figura 29 - Projeto de cadeias e cabos. | 37 |
| Figura 30 - Tensor garfo-elo, em aço forjado. | 38 |
| Figura 31 - Cocha-olhal, em aço galvanizado a fogo. | 38 |
| Figura 32 - Grampo de suspensão tiarticulado. | 38 |
| Figura 33 - Cadeia de isoladores da subestação 138 kV. | 39 |
| Figura 34 - Lista de ferragens: Projeto de cadeias e cabos. | 39 |
| Figura 35 - Exemplar de lista de material de barramento da subestação 138 kV | 40 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 2 |
| 2. | SOBRE A EMPRESA..... | 3 |
| 3. | OBJETIVOS..... | 3 |
| 3.1. | Organização do Trabalho..... | 4 |
| 4. | EMBASAMENTO TEÓRICO..... | 5 |
| 4.1. | Subestação de alta tensão..... | 5 |
| 4.2. | Bay..... | 6 |
| 4.3. | Configuração de barra..... | 7 |
| 4.3.1. | Arranjo barra dupla com disjuntor simples a quatro chaves..... | 7 |
| 4.3.2. | Arranjo barra dupla disjuntor e meio..... | 9 |
| 4.3.3. | Anel Simples..... | 10 |
| 4.3.4. | Barra principal e transferência – BP+T..... | 11 |
| 5. | ATIVIDADES DESENVOLVIDAS..... | 15 |
| 5.1. | Arranjo físico de subestações..... | 15 |
| 5.2. | Detalhes de instalação..... | 21 |
| 5.3. | Modelagem BIM de projetos eletromecânicos..... | 28 |
| 5.3.1. | Arranjo físico em BIM..... | 28 |
| 5.3.2. | Cadeias e cabos em BIM..... | 37 |
| 6. | CONCLUSÃO..... | 41 |
| | REFERÊNCIAS..... | 42 |

1. INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta um relato das atividades realizadas no estágio Integrado na empresa Interest Engenharia LTDA durante o período de 02 de outubro de 2023 a 01 de abril de 2024, totalizando 784 horas.

Ao longo do período de estágio, foram concebidos projetos CAD, englobando subestações com diferentes níveis de tensão (500/230/138/69 kV), além de projetos BIM para subestação de 138 kV.

Em termos gerais, uma subestação de energia elétrica é um conjunto de equipamentos específicos e interdependentes concebidos e instalados para atender a um objetivo comum: adequar os níveis de tensão para transmissão e/ou distribuição da energia elétrica, com a devida proteção dos equipamentos e das rede elétricas contra sobretensões e sobrecorrentes, além de possibilitar as ações de controle da operação da subestação.

O Conhecimento básico sobre o setor elétrico abrangendo geração, transmissão e distribuição de eletricidade, bem como seus principais agentes é fundamental na elaboração dos projetos, e para o entendimento da importância dos empreendimentos para o Sistema Elétrico Nacional. O conhecimento técnico desempenha um papel crucial, principalmente na área de circuitos elétricos, instalações elétricas, equipamentos elétricos, subestações e softwares que auxiliam no desenvolvimento das atividades.

Os projetos realizados durante o estágio seguiram critérios estabelecidos por norma. Para o desenvolvimento de projeto de subestação integrada a rede básica é imperativo consultar os requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos, submódulo 2.3 dos procedimentos de rede fixados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) para os casos de subestação que vá integrar a rede básica, ou seja, tensão superior a 230 kV. Também é considerado na elaboração os padrões estabelecidos pelo próprio cliente.

Neste trabalho, será apresentado como as competências técnicas adquiridas no decorrer do estágio na empresa Interest Engenharia impactam positivamente no desenvolvimento profissional do estagiário. Durante o estágio, foram realizados diversos projetos, como planta baixa e corte de arranjo físico de subestações, detalhamento de instalações, instalações elétricas, modelagem BIM de equipamentos elétricos, planta baixa e corte de subestações usando BIM, elaboração de documentação técnica, incluindo memórias descritivas, cálculos e lista de materiais. O próximo capítulo fornecerá informações sobre a empresa, os objetivos do estágio e sua organização em três subseções distintas.

2. SOBRE A EMPRESA

A Interest Engenharia, estabelecida em 1990, é uma empresa especializada em consultoria e projetos de sistemas de transmissão e geração de energia elétrica. Localizada na cidade de Recife, em Pernambuco, a Interest possui uma infraestrutura robusta, com escritórios ocupando 230 m², cerca de 70 estações de trabalho, *softwares* e *hardwares* de última geração. Seu escopo de serviços abrangem o acompanhamento e serviços de fiscalização de obras e os serviços de instalação, montagem e “retrofit” de painéis de proteção e controle.

O corpo técnico da Interest é composto por engenheiros e técnicos altamente experientes, que acumulam reconhecida trajetória profissional em projetos e implementação de sistemas elétricos de potência, contribuindo para empreendimentos significativos na engenharia nacional.

Os estagiários da Interest são direcionados para três áreas: SPCS (Projetos de proteção e logística de subestações), civil (projetos de engenharia civil, como terraplanagem e arquitetura) e eletromecânica (projetos envolvendo aspectos físicos da subestação, como aterramento, proteção contra descargas atmosféricas, *layout* e instalações elétricas). Os estagiários do setor eletromecânico, ao qual se enquadra este estagiário, participam ativamente da elaboração de projetos eletromecânicos de subestações, auxiliando na elaboração de cálculos, lista de materiais e desenhos de projetos sob a supervisão de profissionais capacitados.

3. OBJETIVOS

O propósito principal do contrato de estágio era prover apoio a equipe eletromecânica, especialmente na área de projetos básicos e executivos. A experiência prática trouxe novas habilidades e conhecimentos, através da aplicação da teoria no mercado de trabalho. Dentre as atividades realizadas, são listados:

- Desenvolver projetos de detalhes de instalação de equipamento;
- Desenvolver projetos de arranjo físico de subestações;
- Desenvolver projetos de modelagem BIM de equipamentos elétricos;
- Desenvolver projetos em BIM de arranjo físico de subestações;

3.1. Organização do Trabalho

No primeiro capítulo, uma breve introdução foi feita, para contextualizar o trabalho desenvolvido, delineando os objetivos do relatório de estágio e os tópicos abordados.

O segundo capítulo foca na fundamentação teórica, explorando os temas cruciais para o desenvolvimento do trabalho. São explicados os conceitos fundamentais dos projetos realizados durante o estágio.

O terceiro capítulo detalha as principais atividades executadas pelo estagiário, como os projetos elétricos de edificações, arranjo físico de subestações, detalhes de instalação de equipamentos elétricos, modelagem BIM de equipamentos elétricos, arranjo físico de subestações em BIM. Também são destacadas as habilidades adquiridas, como a proficiência no uso de ferramentas como o AutoCAD e Revit, e os conhecimentos gerais para a futura carreira profissional do estudante.

No quarto capítulo, apresenta-se a conclusão do trabalho, destacando os objetivos alcançados e fornecendo uma análise dos pontos positivos e das áreas que demandam melhorias, contribuindo assim para o crescimento profissional do estagiário.

4. EMBASAMENTO TEÓRICO

Este capítulo trata da fundamentação teórica dos principais projetos e das atividades desenvolvidos no estágio. A teoria exposta no presente capítulo é a base para os projetos de subestações e detalhes de equipamento. O capítulo divide-se em três subseções dedicadas às C Sistemas de transmissão, Espaçamentos elétricos, Levantamento de dados para projeto de subestação de alta tensão.

4.1. Subestação de alta tensão

A elaboração de um projeto de subestação de alta tensão é uma atividade complexa e multidisciplinar. Requer o envolvimento de profissionais que precisam colaborar e coordenar suas atividades, boa parte deles altamente especializados, que lidam com área civil, elétrica, mecânica, de comunicação etc.

Para que uma subestação seja concebida, é necessário todo processo de estudos de planejamento da expansão do sistema elétrico, esses estudos são responsáveis por identificar se existe a necessidade de atendimento a uma dada região, a uma cidade ou a uma planta industrial. Após os estudos, o segundo passo é definir a configuração de barra da futura subestação. Também são definidas as principais características dos equipamentos elétricos do pátio de manobras, bem como as características do sistema de proteção e controle. Além disso, para manter uma padronização todas as definições da subestação devem estar de acordo com os requisitos mínimos definidos em documentos do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS. Os requisitos necessários para a subestação a ser projetada e construída são definidas em edital de licitação elaborados pela ANEEL.

Após a conclusão das etapas anteriores é possível iniciar o projeto da subestação, a definição inicial precisa ser o seu arranjo físico, logo em seguida o sistema de comando, controle e proteção, a malha de terra, os serviços auxiliares, as estruturas de alvenaria, instalações secundárias, infraestrutura geral da subestação etc.

Com a realização de estudos de planejamento e expansão, após iniciada a operação comercial da subestação, a mesma poderá sofrer ampliações ao longo do tempo, conectando novas linhas e/ou transformadores, além de outros equipamentos, e para atender a necessidade do sistema interligado e dela mesma, terá que realizar centenas de manobras. O tempo mínimo estimado de operação é de 35 anos, é a sua vida útil econômica estimada.

Para que não haja desligamento sem o conhecimento da ONS e o desconto incidente sobre remuneração mensal das concessionárias de transmissão, devido à indisponibilidade verificada da instalação de transmissão (Parcela variável), a subestação tem eventos programados de desligamentos e manutenções de seus equipamentos, entretanto, eventos não programados estão sujeitos a acontecer.

Para a mitigação de eventos que proporcionem transtornos a rede elétrica e seus consumidores é esperado, idealmente, que uma subestação proporcione confiabilidade adequada para o sistema elétrico, requisito que pode ser garantido por uma escolha adequada de sua configuração de barra. A configuração de barra em subestações refere-se à forma como os diferentes componentes da subestação, como disjuntores, transformadores, capacitores, etc, estão conectados entre si para garantir a distribuição adequada de energia elétrica. O segundo fator importante é garantir facilidades e segurança para sua manutenção, facilidades para ampliações, boa visibilidade de seus componentes etc. Outro fator é os equipamentos do pátio, eles precisam estar bem dimensionados para ter suportabilidade suficiente e atender as solicitações do sistema. E por último, o sistema de comando e proteção precisam atuar corretamente e de forma eficaz.

4.2. Bay

Um “bay” em uma subestação elétrica se refere a uma área física dentro da subestação onde estão localizados os equipamentos de alta tensão, como disjuntores, transformadores, chaves de manobra, entre outros.

Cada "bay" é geralmente projetado para conter um conjunto específico de equipamentos e funções, e eles são organizados de forma lógica e estruturada para facilitar o funcionamento e a manutenção da subestação. Por exemplo, pode haver um "bay" para transformadores, outro para disjuntores de circuito, e assim por diante.

Os "bays" são importantes na operação e no projeto das subestações, pois ajudam a organizar os equipamentos e facilitam o acesso para inspeção, manutenção e reparos quando necessário. Eles também são parte integrante dos sistemas de proteção e controle da subestação, pois muitos dos dispositivos de proteção e controle estão localizados dentro dessas áreas específicas.

4.3. Configuração de barra

Os procedimentos de rede estabelecidos pela ONS propõe os requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos, nela são definidos as principais e mais usuais formas de configuração de barra para determinado nível de tensão.

As subestações com isolamento a ar devem adotar uma das seguintes configurações para os arranjos de barramento, em função de sua classe de tensão:

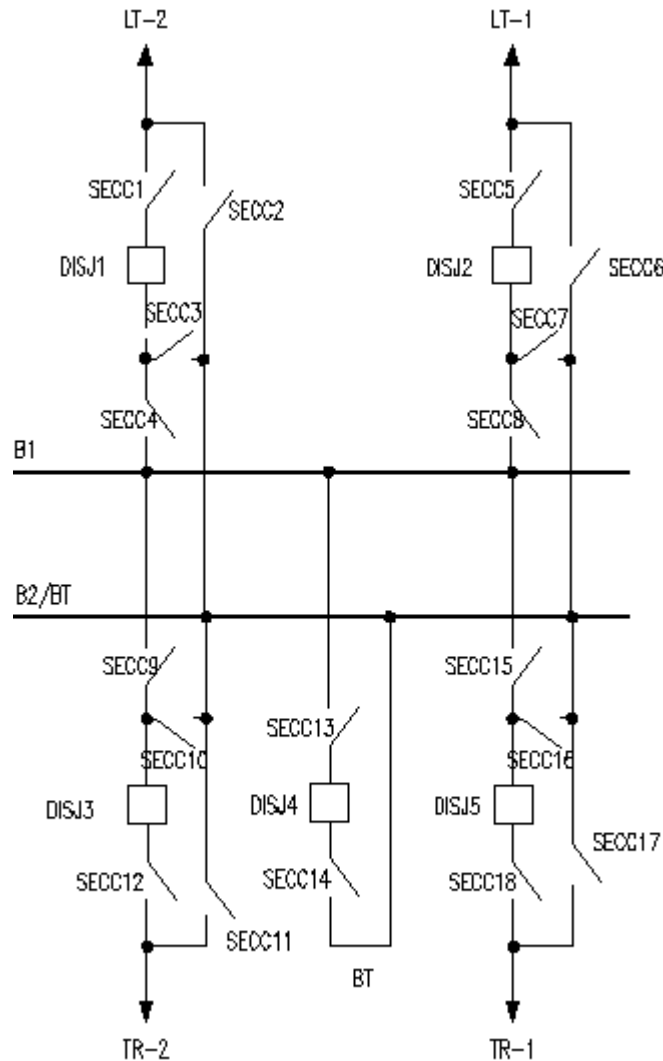
- Arranjo barra dupla com disjuntor simples a quatro chaves
- Arranjo barra dupla disjuntor e meio
- Anel simples
- Barra principal e transferência

Para barramentos de tensão igual ou superior a 230 kV, temos:

4.3.1. Arranjo barra dupla com disjuntor simples a quatro chaves

Nesta configuração, acrescenta-se uma chave *by-pass*, que são utilizadas para desviar temporariamente a corrente elétrica de um equipamento, como um disjuntor ou transformador, de modo a permitir sua manutenção ou reparo sem interromper o fornecimento de energia, em cada *bay*, de forma que todo disjuntor possa ser liberado para manutenção e reparos sem que seja necessário desligar o circuito correspondente. Logo, aproveita-se a vantagem da operação normal em barra dupla e, em emergências para disjuntores, uma das barras, previamente definida, é utilizada como barra de transferência, permanecendo temporariamente dedicada a um *bay*. Somente é possível liberar (transferir) um disjuntor de cada vez.

Figura 1 - Configuração em barra dupla com disjuntor simples a quatro chaves.



Fonte: Autor.

O principal fator que viabiliza a instalação dessa configuração é a otimização dos investimentos, pois apenas duas “SECC” por *bay* operam normalmente abertas, sendo que o disjuntor de interligação de barras (DISJ4) também faz a função de transferência para liberação de disjuntores. Essa configuração é bastante recomendada em subestações de pequeno porte, pois em grande parte do tempo, a subestação operará na configuração de operação normal. Durante pouquíssimo tempo a subestação poderá estar operando em configurações de emergência, onde somente uma barra poderá estar em operação, podendo com isso aumentar o risco para o sistema.

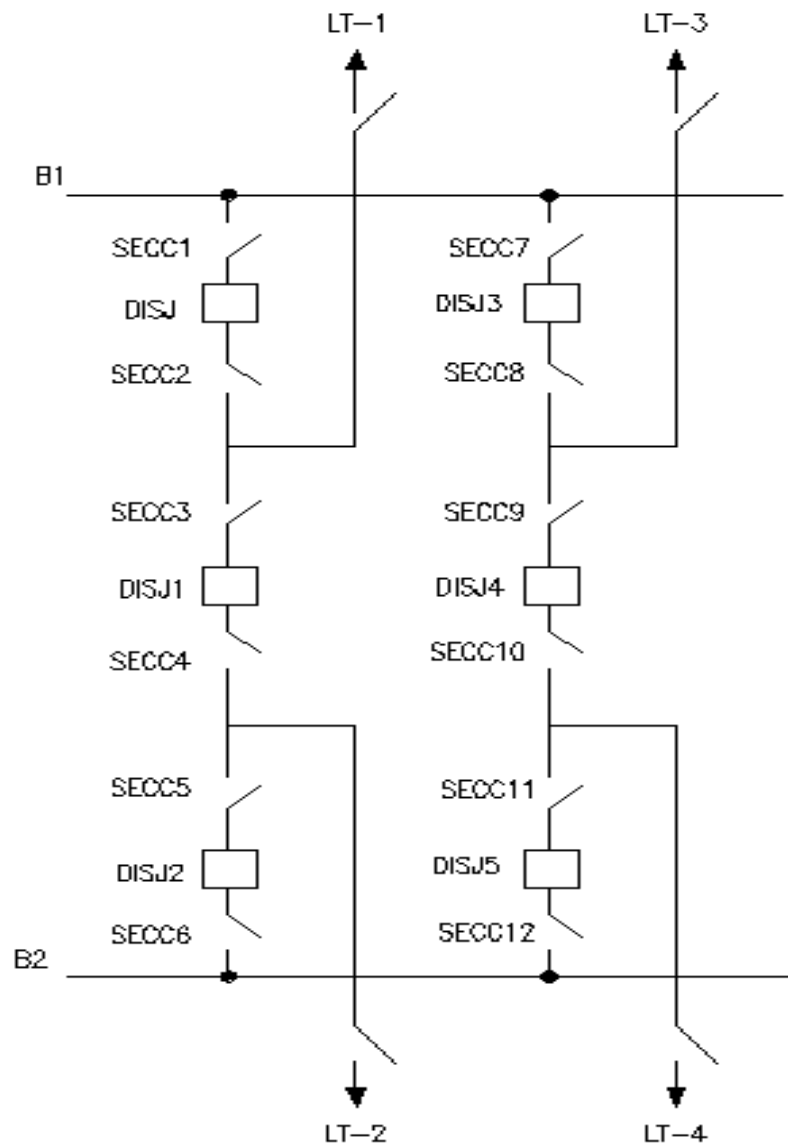
As vantagens desse arranjo são uma boa flexibilidade operativa, facilidade para expansão e fácil visualização.

Para barramentos igual ou superior a 345 kV, temos:

4.3.2. Arranjo barra dupla disjuntor e meio

Para subestações com tensão superior a 345 kV é fundamental que o sistema opere com o máximo de segurança possível, mas também, que seja um custo viável. A adoção da configuração estabelecida pela ONS garante isso.

Figura 2 - Configuração em barra dupla com disjuntor e meio.



Fonte: Autor.

O segundo laço elétrico nessa configuração o torna estável, causando menores perdas de configuração devido as ocorrências de falhas. Mesmo com a saída das duas barras de

operação, em situações envolvendo contingências duplas, a perda da configuração leva a separação dos circuitos, isto é, perda de sincronismo nesta barra do sistema, porém mantendo-se a continuidade nos circuitos.

A perda total da conectividade da subestação é o evento mais crítico que pode acontecer, e o fato de perder as duas barras ainda é menos crítico, dependendo das condições operativas do sistema no momento da falha. Não existem restrições preestabelecidas, do ponto de vista da proteção da subestação, à operação nestas condições, a não ser eventuais sobrecargas nos próprios circuitos.

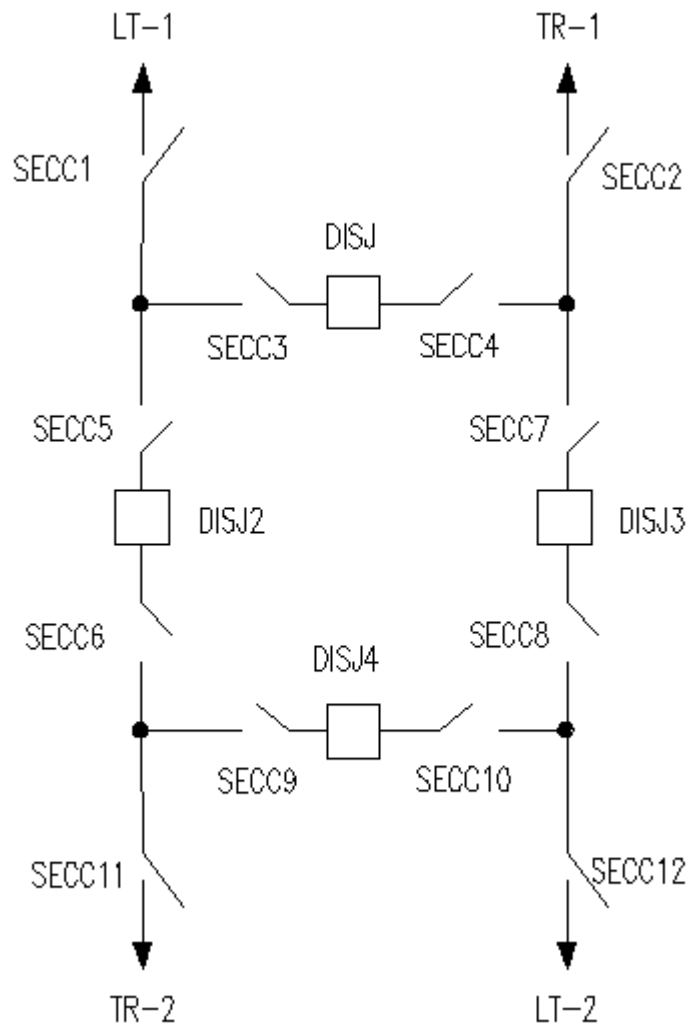
Os motivos desse tipo de configuração ser estabelecido pela ONS está na boa flexibilidade operativa, facilidades para a sua expansão e fácil visualização dos equipamentos de pátio de manobras devido ao arranjo físico adotado: equipamentos instalados entre barras. Entretanto, o custo para a adoção dessa configuração é relativamente alto, comparado com outras configurações, principalmente o custo na compra de equipamentos, pois o número deles é maior nessa configuração: Para a conexão de 6 circuitos, são necessários 9 disjuntores, nove conjuntos de TC's e 24 chaves seccionadoras. Portanto, é necessário realizar um balanço entre a real necessidade para o sistema elétrico e os investimentos para a sua implantação e evolução.

Devido ao custo de investimento alto, a ONS estabelece que uma subestação pode ter variantes que permitam evoluir para as configurações estabelecidas anteriormente, para barramentos acima de 345 kV é permitido o arranjo inicial visto no Item 4.2.3 e para barramentos de 230 kV cujas subestações constituam sistemas radiais simples, é permitida a adoção de arranjo de barramento em barra principal e transferência, desde que o arranjo físico desse barramento seja projetado de forma a permitir a evolução para o arranjo estabelecido no item 4.2.1

4.3.3. Anel Simples

O que caracteriza essa configuração é quatro circuitos conectados por um laço elétrico formado pelos equipamentos do pátio de manobras. Essa configuração é bastante econômica e flexível, entretanto, tem o inconveniente de ter o anel dividido na ocorrência de falhas, essa configuração pode ser observada na Figura 4

Figura 3 - Configuração em anel simples.



Fonte: Autor.

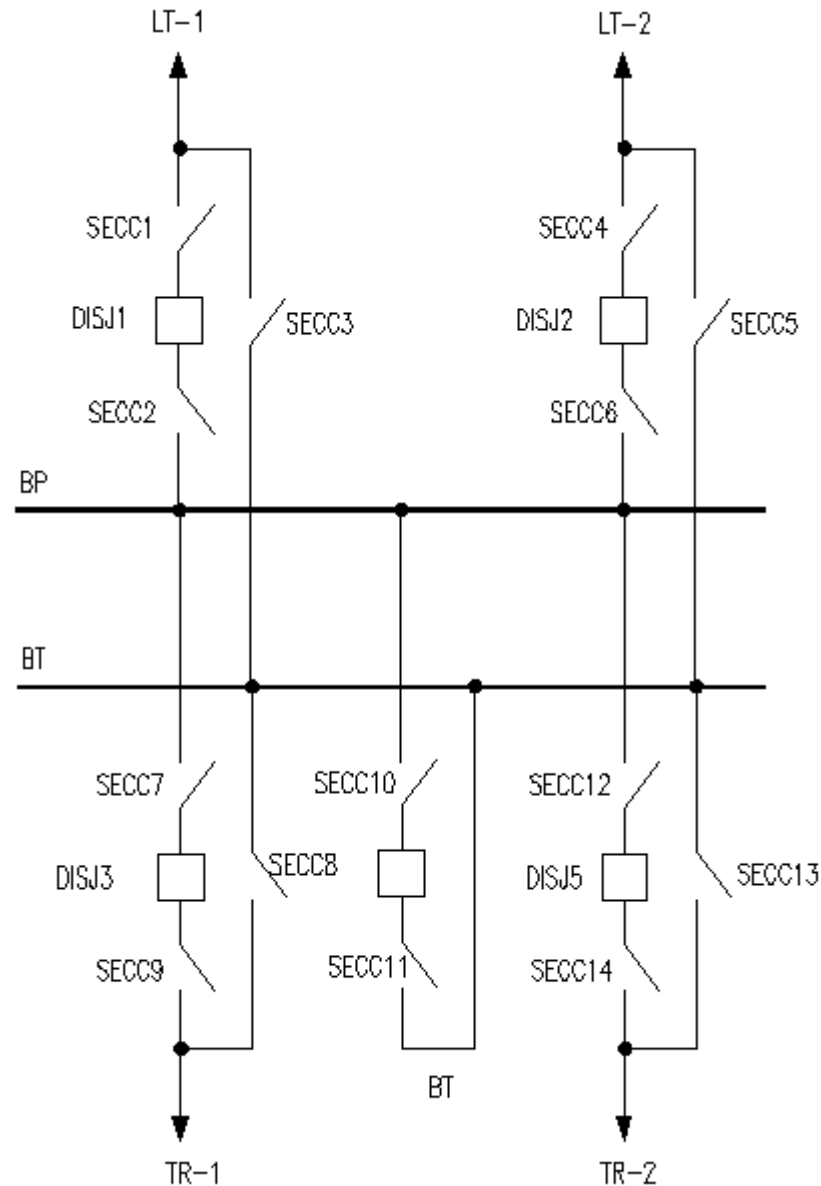
Por exemplo, se um dos disjuntores associados à linha LT-2 estiver isolado para reparos ou manutenção programada e ocorrer uma falha na linha LT-1, haverá grande perda de configuração na subestação. Entretanto, eventos em contingência dupla ocorrem com pouca frequência.

4.3.4. Barra principal e transferência – BP+T

Essa configuração é bastante recorrente em arranjos de subestações no Brasil, inclusive de extra-alta tensão, o que caracteriza é a liberação de um disjuntor realizada com auxílio das chaves de *by-pass* (SECC3,5,8,13), da barra e do *bay* de transferência (BT), isso garante a

proteção individual de cada circuito. Somente pode ser liberado um disjuntor de cada vez, e as manobras são realizadas sem que haja desligamentos.

Figura 4 - Configuração em barra principal + barra de transferência.



Fonte: Autor.

A desvantagem dessa configuração é sua flexibilidade operativa limitada, pois opera somente um barramento que limita sua disponibilidade para ocorrências de falhas na barra e seccionadora, também impõe desligamentos para a sua expansão. É importante ressaltar que tanto a barra (BT) quanto o *bay* de transferência (BT) permanecem ociosos durante grande parte do tempo, pois só operam em emergências.

4.4. MODELAGEM BIM

Building Information Modeling – BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinadas, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo ciclo de vida.

4.4.1. Modelos BIM

Um modelo de informações de construção (Modelo BIM) é uma representação digital multidimensional das características físicas e funcionais de uma edificação ou instalação.

O BIM abrange todo o ciclo de vida do empreendimento, sendo assim, vários modelos BIM podem ser desenvolvidos em fases específicas. Todo o processo é baseado na consolidação de informações resultantes da evolução do projeto e do processo de definição das soluções construtivas e especificações.

Em casos mais comuns, modelos BIM são especificados para cada área de projeto que compõe a edificação ou instalação. Todo o processo de modelagem segue um encadeamento lógico e considera-se todas as definições e evoluções já realizadas, ou seja, seguindo a premissa de “Trabalho colaborativo”, no qual todo esforço de um participante do processo pode ser totalmente aproveitado no outro.

4.4.2. Modelos BIM de projetos ou modelos autorais

Modelos desenvolvidos para diferentes disciplinas são comumente chamados de modelos autorais, ou seja, são feitos pelos autores dos projetos de cada uma disciplina. Eles têm como propósito principal definir o “objeto construído” em si, e são usados principalmente para a realização de análises, a coordenação de disciplinas, até que se obtenha uma solução sem interferências. Após isso, os modelos passam a ser utilizados para a geração de toda documentação do empreendimento.

4.4.3. Level of Detail (LoD) dos Modelos BIM

Nível de detalhe dos modelos tridimensionais criados durante o processo de modelagem de informações de construção. O LoD descreve o grau de precisão e complexidade dos elementos presentes no modelo BIM em diferentes estágios do projeto.

Geralmente, o LoD é definido em uma escala de 0 a 500, embora possam existir variações na definição de acordo com os padrões e as necessidades específicas do projeto.

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A princípio, foram introduzidos os principais conceitos e normas que são adotados em projetos eletromecânicos da Interest, e alguns princípios foram abordados na seção anterior. Neste capítulo serão apresentadas as principais atividades desenvolvidas pelo estagiário durante os seis meses.

5.1. Arranjo físico de subestações

Nos projetos de arranjo físico de subestações são necessárias a coordenação de diversas áreas de eletromecânica. Para iniciar a concepção do arranjo físico é fundamental a leitura dos requisitos daquela subestação, que são entregues pelo cliente, no caso específico do estagiário, foram os editais do pré-leilão da ANEEL e especificações técnicas Eletrobrás.

Após leitura do edital é realizada o estudo das especificações técnicas para projetos eletromecânicos da empresa cliente, essas especificações estabelecem critérios e exigências mínimas para a elaboração e fornecimento de projetos.

Após o estudo é concebido, primeiramente o diagrama unifilar daquela subestação, e seguindo a especificação técnica, temos que:

A subdivisão de unifilares e equipamentos deve conter os seguintes documentos, elaborados conforme critérios estabelecidos nesta especificação técnica:

1. Diagramas unifilares simplificados
2. Lista de equipamentos principais
3. Estudo do fluxo de potência nos barramentos

Os diagramas unifilares devem apresentar todos os setores da subestação, inclusive fonte de alimentação dos serviços auxiliares

A configuração adotada para a subestação deve ser conforme especificação ANEEL ou, no caso de ampliações, deve ser utilizada a mesma configuração da subestação existente.

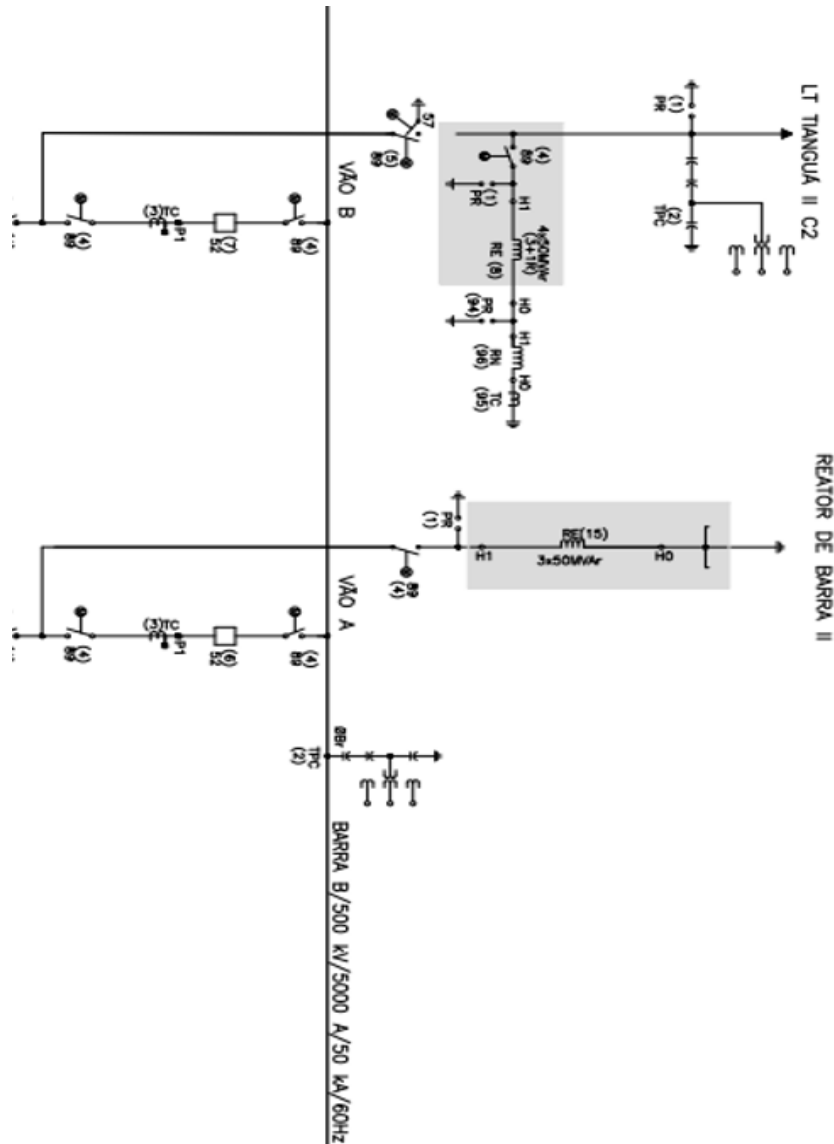
Os equipamentos do diagrama unifilar que fazem parte do escopo do projeto em questão devem ser codificados de forma a relacionar o diagrama unifilar com a lista de equipamentos principais.

Todas as linhas de transmissão devem possuir identificação que contenha o nome da subestação remota.

Deve ser indicada a potência nominal de cada transformador, autotransformador, reator, banco de capacitor e compensador síncrono ou estático.

Na Figura 5 observa-se parte de um diagrama unifilar elaborado pelo estagiário, seguindo especificações citadas no tópico 5.1

Figura 5 – Diagrama unifilar simplificado.



Fonte: Autor.

Após o diagrama unifilar ser verificado pela líder técnica responsável pelo estagiário, é possível começar a realização do projeto de arranjo.

O arranjo físico e barramentos deve conter os seguintes documentos, elaborados conforme critérios estabelecidos na especificação técnica:

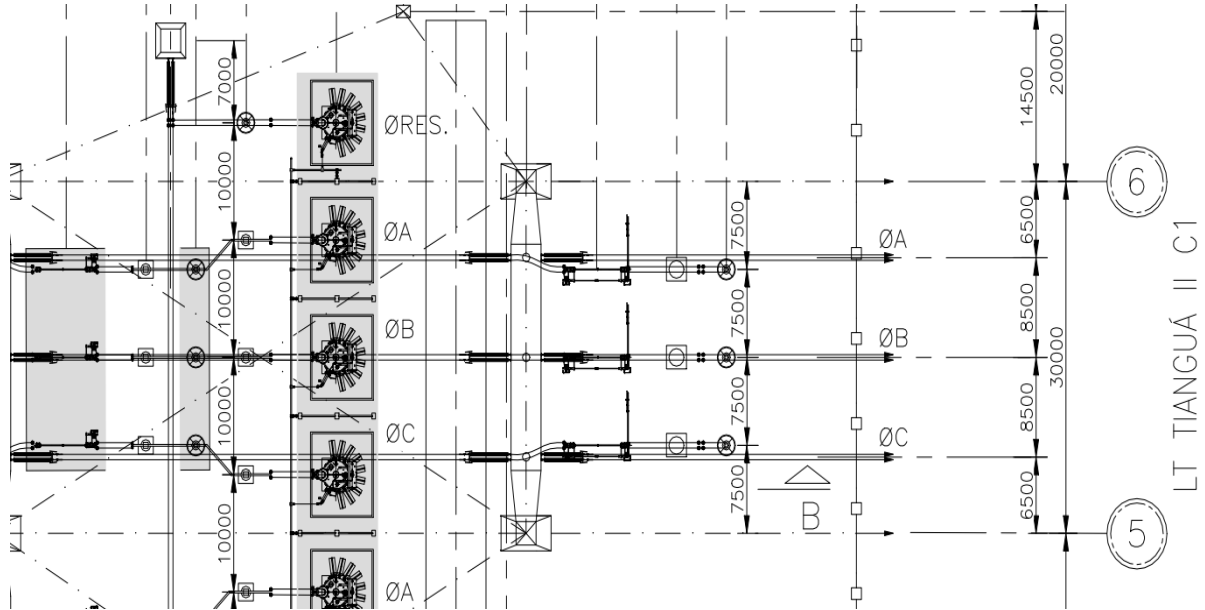
- Planta de Situação e Localização
- Arranjo Físico – Plantas e Cortes
- Lista de Materiais de Barramento e Proteção contra Descargas Atmosféricas
- Desenhos de Cadeias de Isoladores
- Desenhos de Ferragens para Ancoragem de Cabos Para-raios
- Desenhos dos Conectores de Alta Tensão
- Estudo de Fluxo de Potência nos Barramentos
- Diagrama de Esforços nos Barramentos
- Memorial de Cálculo de Esforços nos Barramentos
- Tabelas de Esticamento de Cabos
- Memorial de Cálculo de Dimensionamento dos Barramentos
- Memória de Cálculo de Campo Elétrico e Magnético

O estagiário ficou responsável pela elaboração de projeto de Arranjo físico – plantas e cortes.

Seguindo especificação técnica do cliente, o arranjo físico deve ser elaborado seguindo os seguintes pontos

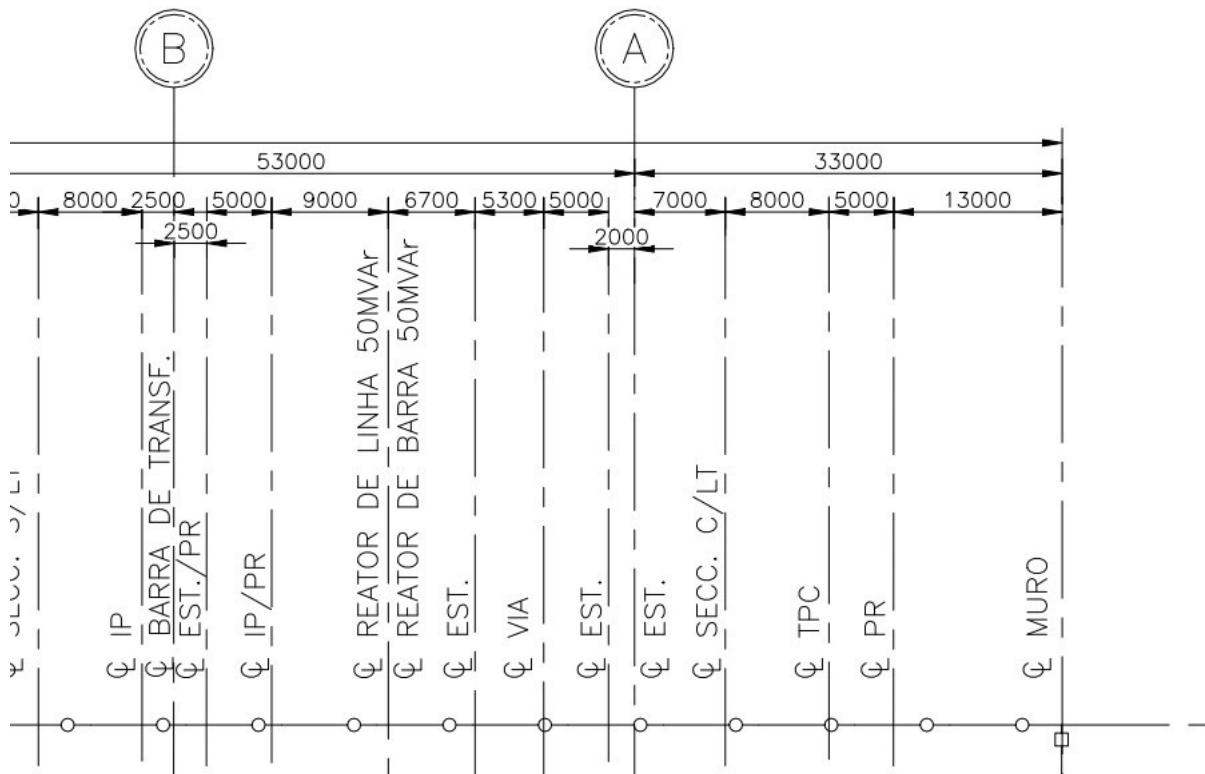
- Deve ser projetado de forma a prover condições de espaço suficientes para que a manutenção, retirada e transporte dos equipamentos seja realizada em condições de segurança.
- O arranjo deve ser projetado de forma que se obtenha as melhores condições para ampliações futuras
- As plantas e cortes da instalação devem ser elaborados de forma a determinar o posicionamento e identificar todos os principais componentes eletromecânicos do escopo do projeto, inclusive as fontes de alimentação e equipamentos de serviços auxiliares instalados ao tempo.

Figura 6 – Parte de projeto de arranjo físico.



Fonte: Autor.

Figura 7 – Eixo e identificação de equipamentos.



Fonte: Autor.

Na Figura 6 e 7 observa-se algumas das informações que devem conter no projeto de arranjo, são elas:

- Identificação de eixos – Eixos 5 e 6 da Figura 6.
- Representação de todos os componentes eletromecânicos e suas identificações – Figura 7.
- Cotas de distâncias entre os principais componentes eletromecânicos – Figura 7
- Identificação de Fases da subestação – “ØA, ØB, ØC”
- Identificação das linhas de transmissão – “LT Tianguá II”

Esses são alguns dos exemplos de informações que deve conter no projeto de arranjo físico, o projeto completo se encontra no anexo A deste relatório.

Segundo especificação técnica do cliente, o projetista deve elaborar o arranjo físico do projeto utilizando as distâncias mínimas apresentadas nas tabelas a seguir:

Figura 8 – Distâncias mínimas de segurança.

| Distâncias Mínimas de Segurança [mm] | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------|----------------|
| Tensão nominal entre fases | 500 kV | 230 kV | 138 kV | 69 kV | 34,5 kV | 13,8 kV |
| Distância fase-terra (metal a metal) | 4600 | 2050 | 1430 | 770 | 320 | 180 |
| Distância fase-fase (metal a metal) | 6000 | 2560 | 1570 | 850 | 320 | 180 |
| Altura dos barramentos (do solo) | 8700 | 5700 | 4700 | 3700 | 3000 | 3000 |
| Altura dos barramentos sobre áreas de acesso de veículos | 10600 | 8150 | 7500 | 7100 | 7000 | 7000 |
| Distância para manutenção sobre o plano de trabalho horizontal | 6350 | 3500 | 3500 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Distância para manutenção sobre o plano de trabalho vertical | 5850 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Altura do início do corpo isolante dos equipamentos | 2300 | | | | | |

Fonte: Especificações técnicas para projetos eletromecânicos Eletrobrás.

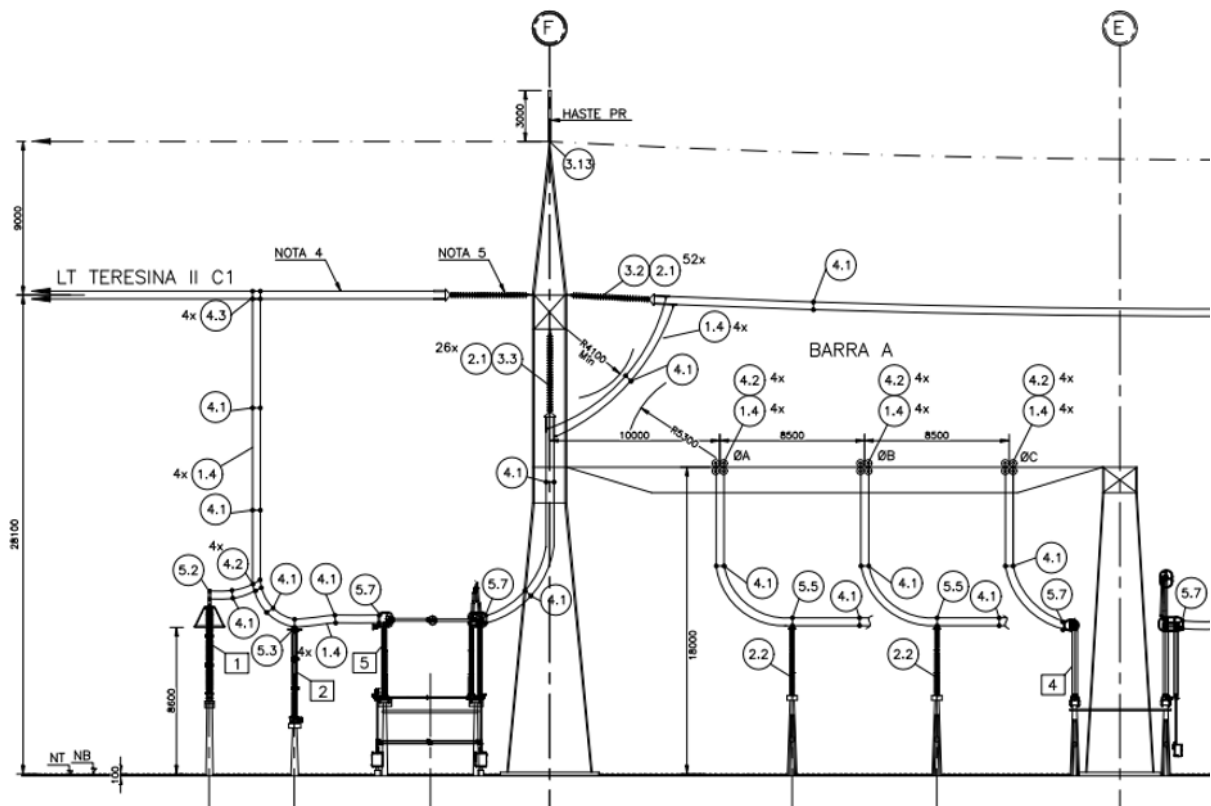
Figura 9 – Distâncias padrão para módulos de conexão e barramentos.

| Distâncias Padrão para Módulos de Conexão e Barramentos Principais [mm] | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|-------|---------|---------|
| Tensão nominal entre fases | 500 kV | 230 kV | 138 kV | 69 kV | 34,5 kV | 13,8 kV |
| Entre fases adjacentes de mesmo circuito | 8500 | 4000 | 3000 | 2000 | 1300 | 900 |
| Entre fases laterais e eixos dos pórticos do barramento | 6500 | 4000 | 2500 | 2200 | 1000 | 500 |
| Entre subcondutores de mesma fase | 457 | 200 | 200 | 200 | 200 | 120 |

Fonte: Especificações técnicas para projetos eletromecânicos Eletrobrás.

A identificação de todos os materiais de barramentos no projeto é simbolizada com um círculo e o respectivo número do item da lista de material de barramento, já em retângulo é representada o item da lista de equipamentos.

Figura 10 – Trecho de corte do projeto arranjo físico.



Fonte: Autor.

Em projetos de pre-leilão, ou seja, projeto básico, as alturas de estruturas não são colocadas, apenas as de barramento, pois o principal intuito do projeto básico é mostrar a disposição de equipamentos, condutores, cabos e conectores.

5.2. Detalhes de instalação

Todo equipamento que está no pátio de manobras da subestação precisa estar conectado com a casa de comando referente a empresa controladora daquela subestação ou do *bay*. Cada equipamento tem sua respectiva função na subestação, logo, cada um tem uma forma de instalação diferente.

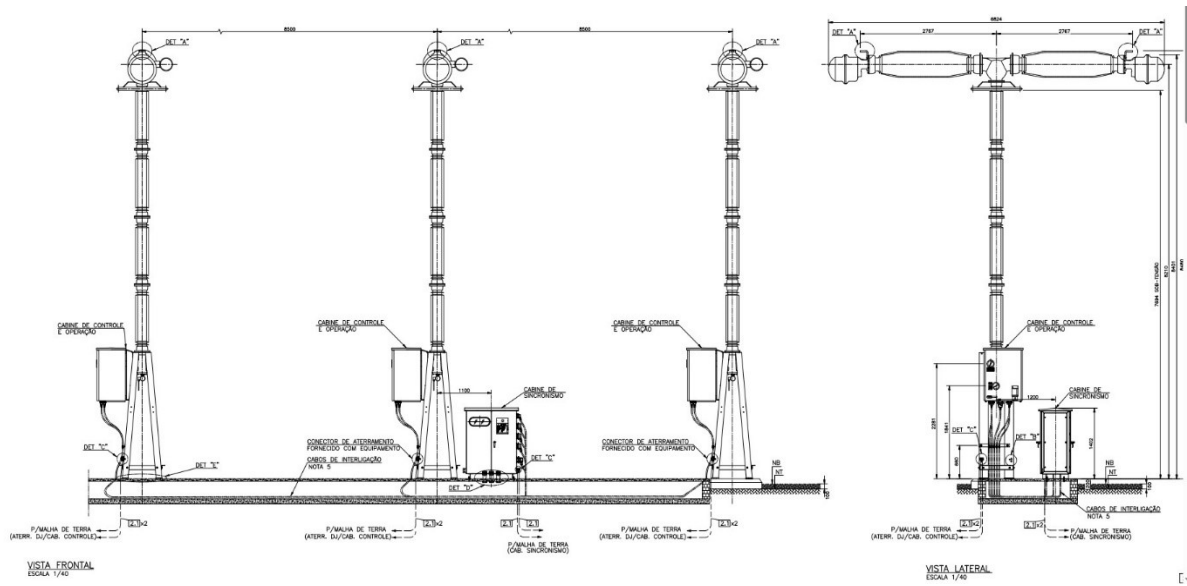
Para realizar a instalação adequada é necessário o detalhe de instalação, esse projeto é responsável pela especificação de materiais para instalação, detalhes de equipamento, conexões com canaleta ou caixa de passagem, aterramento do equipamento e estrutura.

Para conceber esse projeto são necessárias algumas informações preliminares, são elas os insumos de equipamentos, que são documentos recebidos do cliente, onde mostram quais modelos de equipamentos e fabricantes irão utilizar. Outra informação é a estrutura de suporte que será utilizada para o referido equipamento.

A especificação técnica determina que no projeto de detalhes de instalação devem ser indicadas alturas do suporte do equipamento, altura do terminal de alta tensão do equipamento e distância entre cada um dos polos, bem como todas as distâncias necessárias para verificação de critérios de segurança e perfeita instalação dos equipamentos

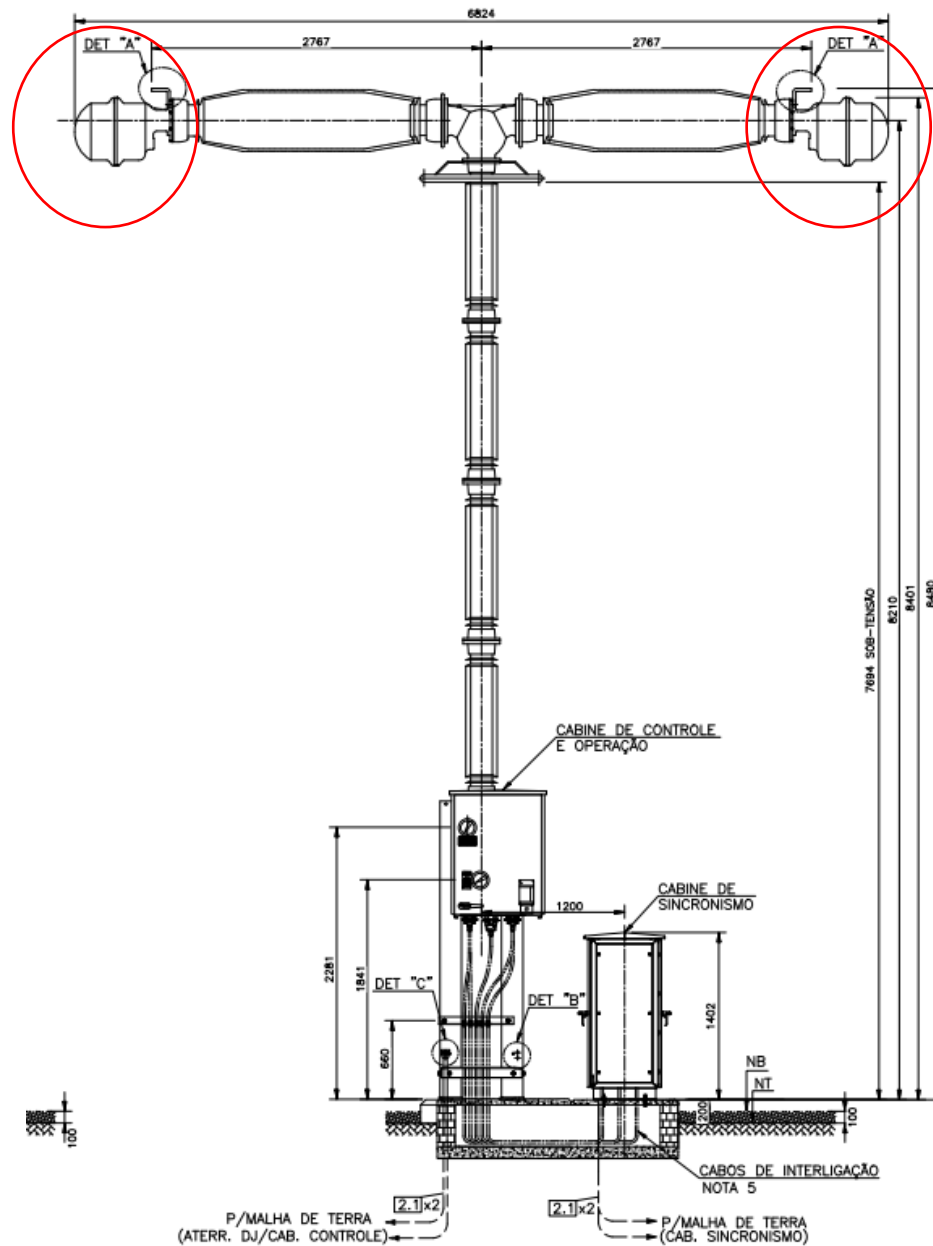
Na Figura 11 observa-se o detalhe de instalação de um disjuntor monopolar com resistor de pre-inserção. Esse tipo de disjuntor é colocado em entrada de linhas, pois ele é responsável por proteger a subestação de surtos de tensão de manobra da linha de transmissão.

Figura 11 - Detalhe de instalação de disjuntor monopolar 500 kV, com resistor de pre-inserção.



Fonte: Autor.

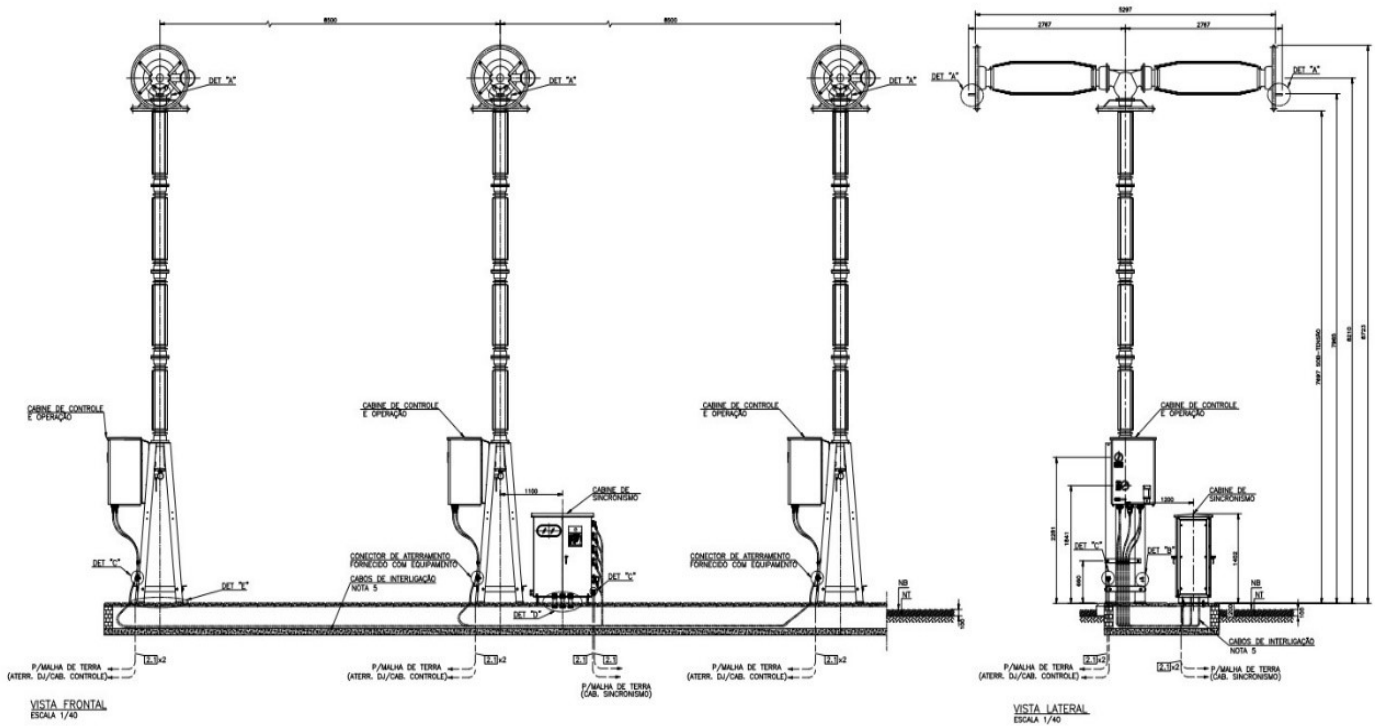
Figura 12 - Identificação do Resistor de pre-inserção.



Fonte: Autor.

A norma ABNT NBR 15751/2013 – Sistemas de aterramento de subestações requisitos estabelece que o disjuntor e a cabine de controle precisam ser conectados a malha de terra, essa conexão é feita através de cabos de 120 mm² de cobre, e conectores, responsáveis por fixar esse cabo na estrutura. Pela especificação utilizada, os detalhes devem conter a indicação de componentes do projeto, conforme código de lista de materiais, bem como as cotas de locação de canaletas e caixas de passagem.

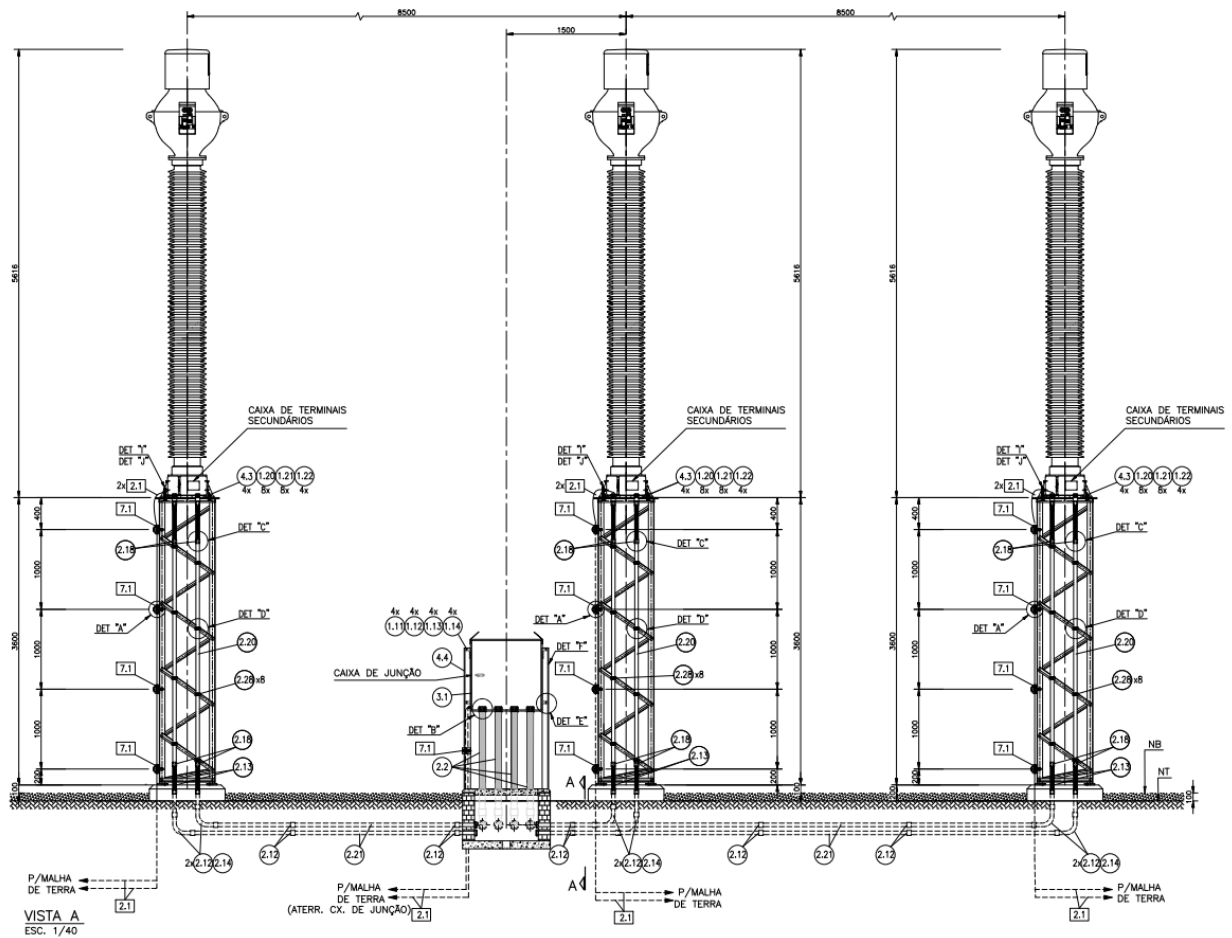
Figura 13 – Detalhe de instalação de disjuntor monopolar de 500 kV sem resistor de pré-inserção.



Fonte: Autor.

Seguindo os equipamentos de pátio, observa-se na Figura 14 a vista frontal referente ao detalhe de instalação de transformador de corrente de 500 kV

Figura 14 - Detalhe de instalação de transformador de corrente 500 kV.



Fonte: Autor.

Na figura 15 observa-se de forma ampliada alguns detalhes referentes a instalação do transformador de corrente referente a Figura 14.

Por especificação, as conexões entre canaletas e caixas de passagem devem ser realizadas preferencialmente através de dutos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) enterrados.

As conexões entre as caixas de passagem e os equipamentos devem ser realizadas preferencialmente através de eletrodutos rígidos de PVC nos trechos enterrados e eletrodutos rígidos de aço carbono galvanizado a fogo nos trechos ao tempo.

Nas conexões de painéis de equipamentos, quando houver vibração, devem ser utilizados eletrodutos metálicos flexíveis.

Para instalações tipo aparente, os eletrodutos, curvas e acessórios, devem ser em aço galvanizado a fogo. Os eletrodutos devem ser fixados por braçadeiras reforçadas tipo unha, com base de apoio, com o corpo e base em liga de alumínio, a cada 1,5m.

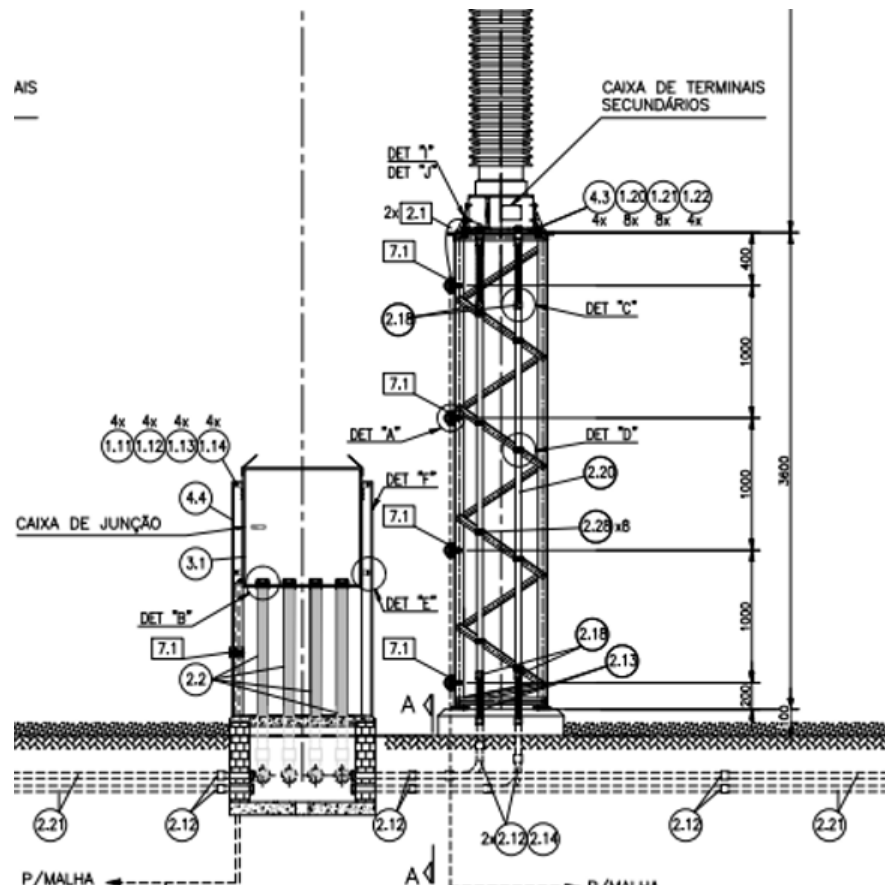
A taxa máxima de ocupação de eletrodutos nunca deve ser superior a 40 % por cabos de baixa tensão, conforme ABNT NBR 5410/2004

Nos desenhos são cotadas todas as distâncias consideradas importantes para a instalação do equipamento, como distância entre conectores de aterramento, altura da estrutura, altura do terminal de conexão, caixa de junção, e conexões com caixa de passagem ou canaletas.

A ABNT NBR 15751/2013 estabelece que o aterramento de transformadores de corrente deve ser realizado aterrando a caixa de interligação através de um condutor que se conecte com a malha de aterramento e recomenda que a ligação com a malha seja realizada utilizando-se dois ramais distintos da quadrícula.

Todos os materiais referentes a instalação são contabilizados em lista de material.

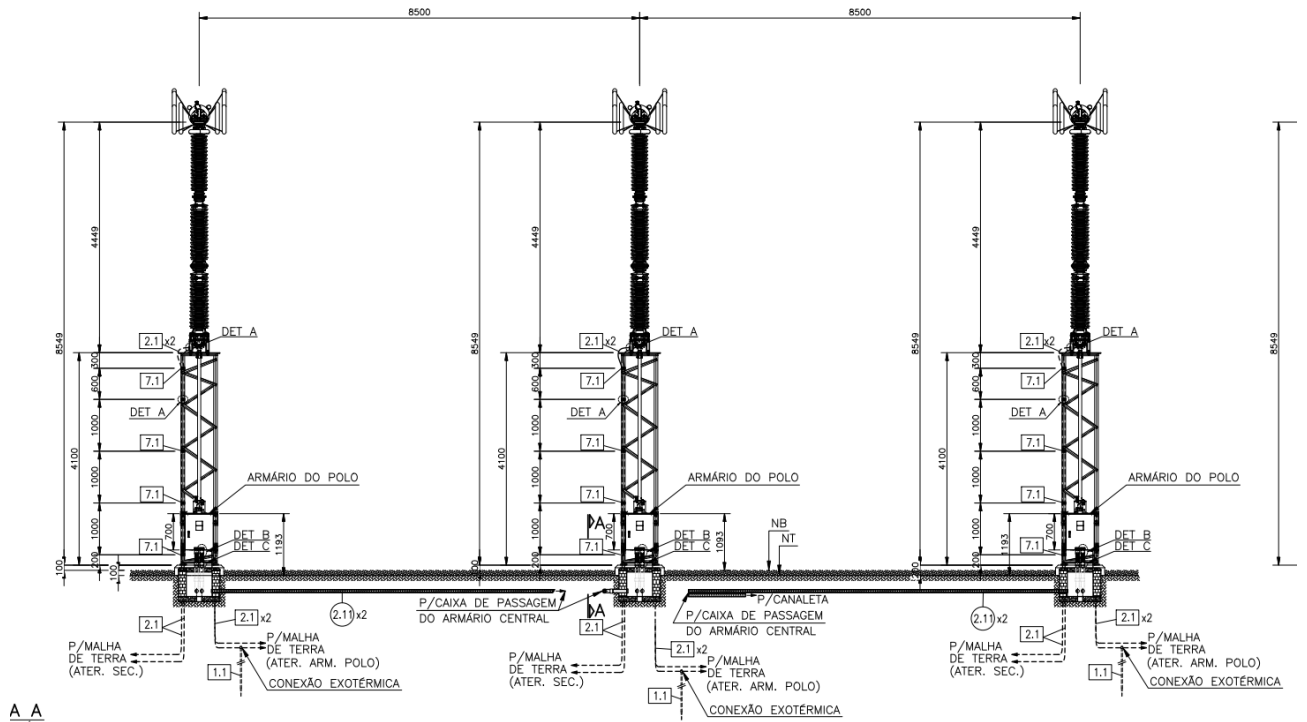
Figura 15 – Ampliação de trecho da Figura 14.



Fonte: Autor.

Na Figura 16 observa-se a vista frontal do detalhe de instalação da seccionadora monopolar de 500 kV realizado pelo estagiário.

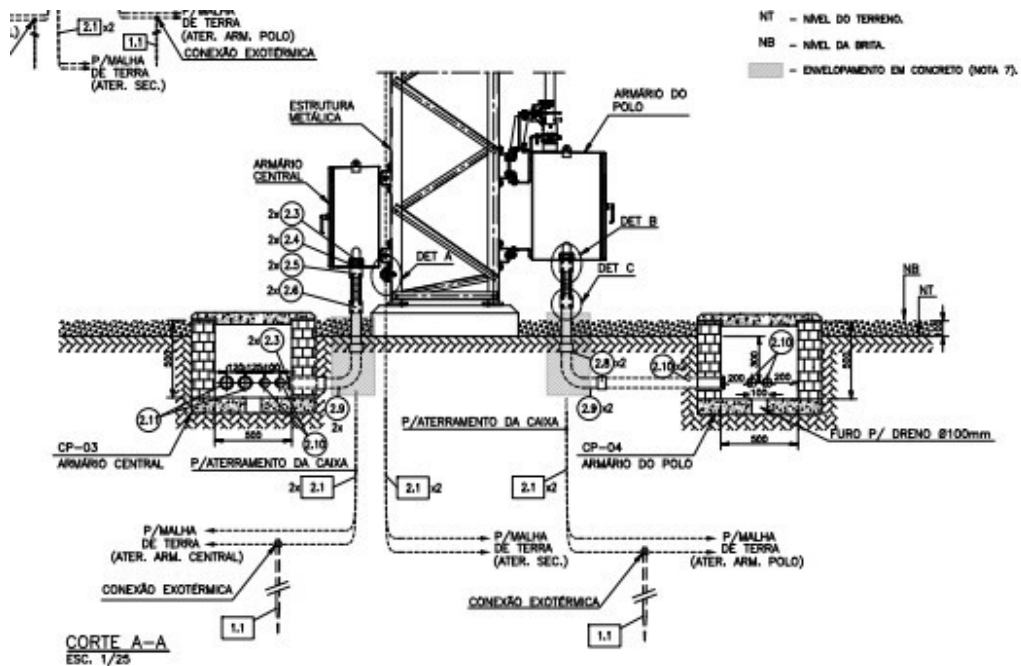
Figura 16- Detalhe de instalação de chave seccionadora monopolar 500 kV.



Fonte: Autor.

Diferentemente do transformador de corrente e disjuntor, os armários da chave seccionadora são aterrados utilizando em uma das descidas uma conexão com uma haste de aterramento. Na Figura 17 observa-se o corte referente aos detalhes de instalação do armário do polo e armário central com as caixas de passagem.

Figura 17 - Detalhes de instalação de armário central e de polo com caixas de passagem.



Fonte: Autor.

5.3. Modelagem BIM de projetos eletromecânicos

Uma das mais importantes inovações gerenciais dos últimos anos, o *Building Information Modeling* (BIM) é uma ferramenta que vem revolucionando o mercado de engenharia. O aperfeiçoamento dessa ferramenta é um objetivo estratégico da Interest.

Ao decorrer do período de estágio, o estagiário foi alocado em uma equipe específica para o trabalho em modelagem BIM, dedicando 100 % das suas horas ao aprendizado e aplicação da modelagem BIM em subestações.

Com o início em modelagem BIM foi necessário mudar a cadeia produtiva de projetos, pois com a utilização do BIM novos métodos de trabalhos surgiram e novas posturas entre integração de projetos foram idealizadas pela equipe na qual o estagiário está integrado.

5.3.1. Arranjo físico em BIM

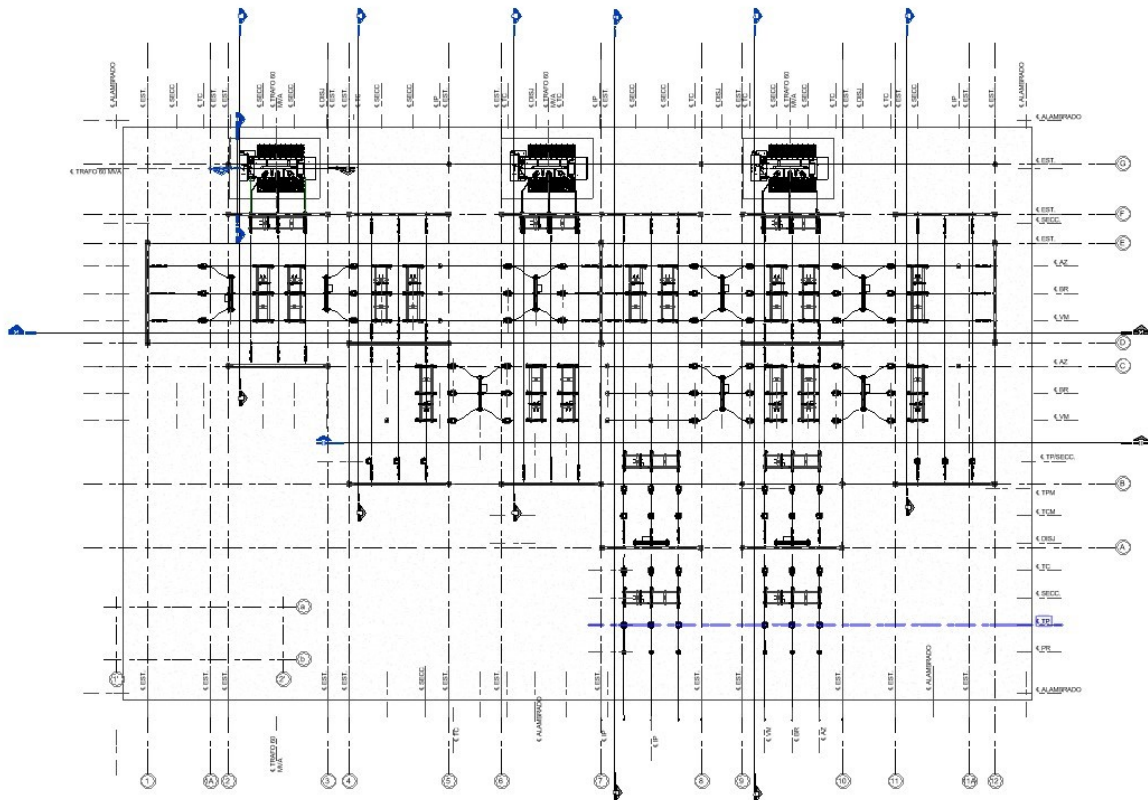
A implementação BIM requer, inicialmente, a criação de modelos de projetos e bibliotecas. A criação de bibliotecas é um trabalho bastante significativo na modelagem BIM,

pois essas bibliotecas são responsáveis pelo nível de detalhamento, parametrizações, e pelo nível de exatidão e precisão do projeto.

Inicialmente foi realizado o arranjo físico da subestação em CAD pela responsável técnica do estagiário, logo após a aprovação do projeto, inicia-se a modelagem BIM da referida subestação.

Observa-se na Figura 18 a planta baixa do arranjo físico em BIM.

Figura 18 - Planta baixa do projeto de arranjo físico.



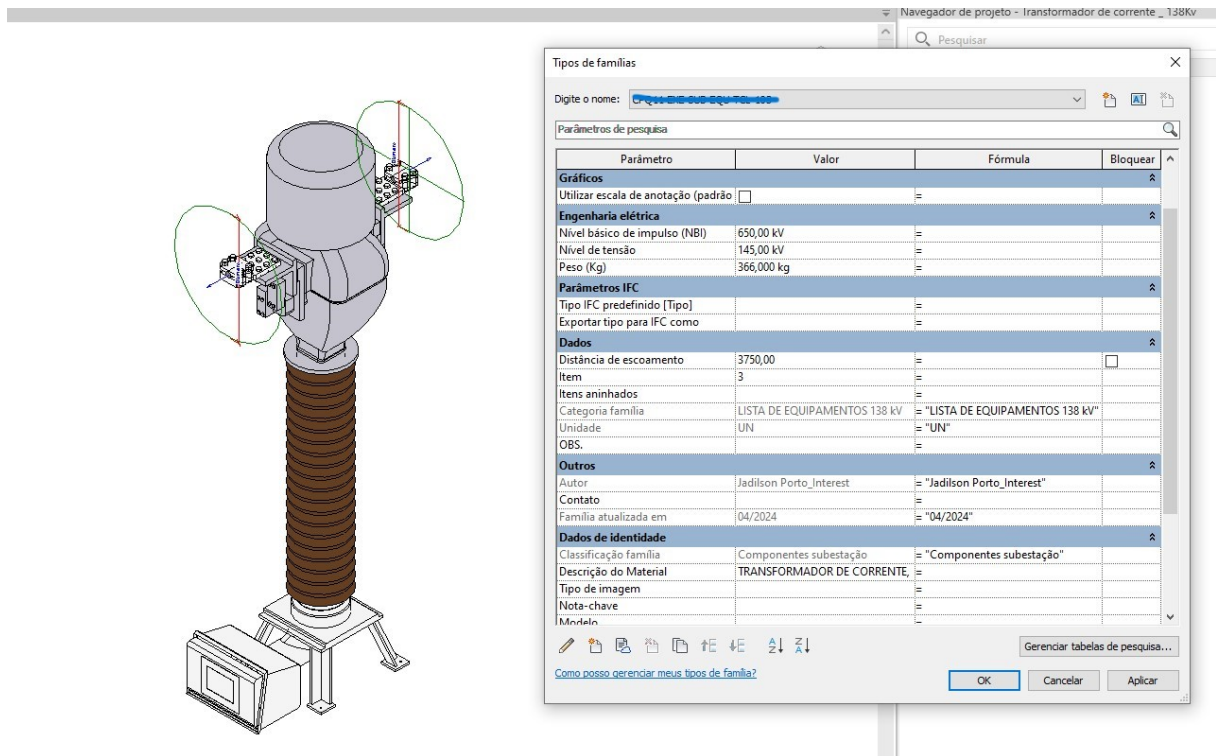
Fonte: Autor.

A particularidade dessa subestação é que ela tem uma configuração barra dupla com disjuntor e meio e nível de tensão de 138 kV.

Para iniciar a modelagem BIM é necessária toda a especificação de material de barramento, conectores, cabos, e principalmente, equipamentos. Tendo recebido todos os insumos dos equipamentos é possível iniciar sua modelagem.

O estagiário realizou a modelagem e parametrização do equipamento transformador de corrente

Figura 19 - Transformador de corrente 138 kV modelado em BIM.



Fonte: Autor.

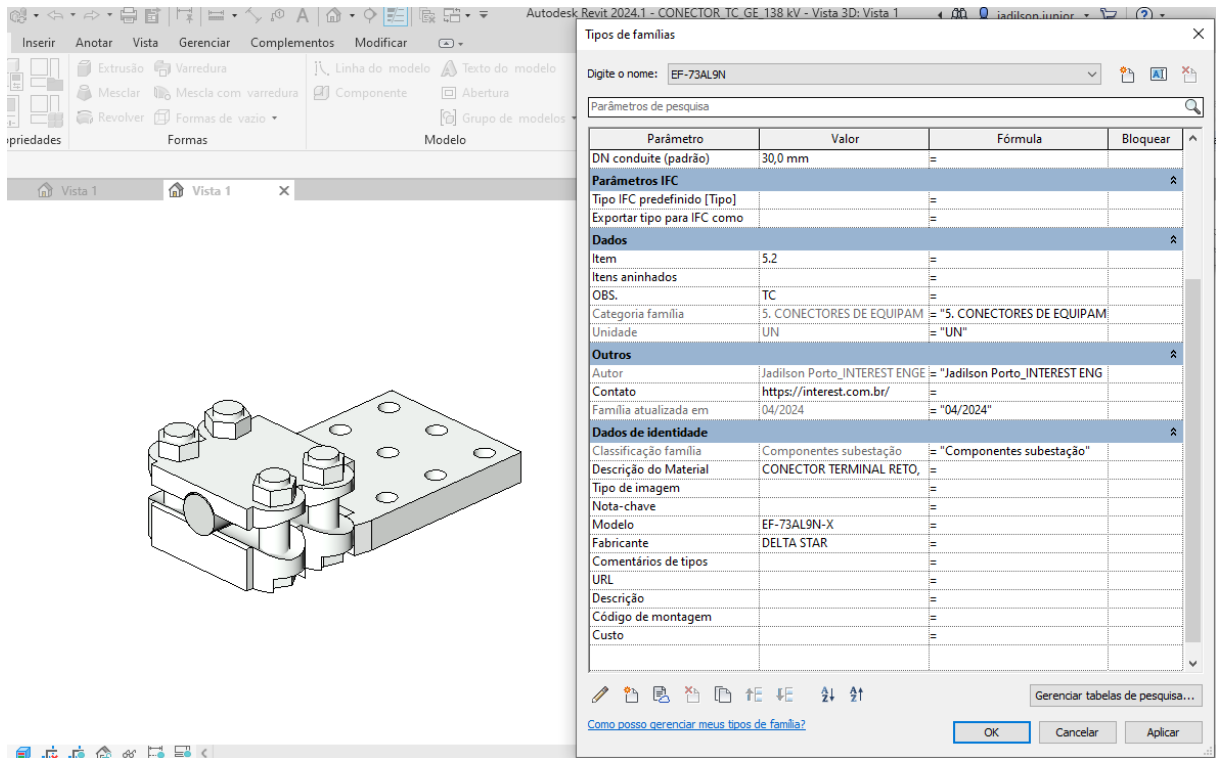
Como a modelagem BIM no Brasil ainda está em maturação, foi recebido o insumo de equipamento em PDF, o estagiário realizou toda modelagem e parametrização do equipamento.

Na modelagem BIM parametrizamos a família para que ela faça o processo de lista de material e contagem de forma automatizada, utilizando parâmetros compartilhados.

Esse transformador de corrente recebeu as informações de nível básico de impulso, nível de tensão, peso, distância de escoamento, descrição do material, fabricante, modelo... etc; toda informação que seja relevante precisa ser colocada ainda na criação da família do equipamento.

Para a modelagem em LOD (*Level of Detail*) 400 foi utilizado a coordenação de *softwares* BIM com o Inventor Professional, *software* utilizado para criação de peças mecânicas mais sofisticadas. Observa-se na Figura 19 que esse equipamento já recebeu em sua parametrização o conector utilizado para a conexão do mesmo com o cabo condutor. Esse conector é observado na Figura 20.

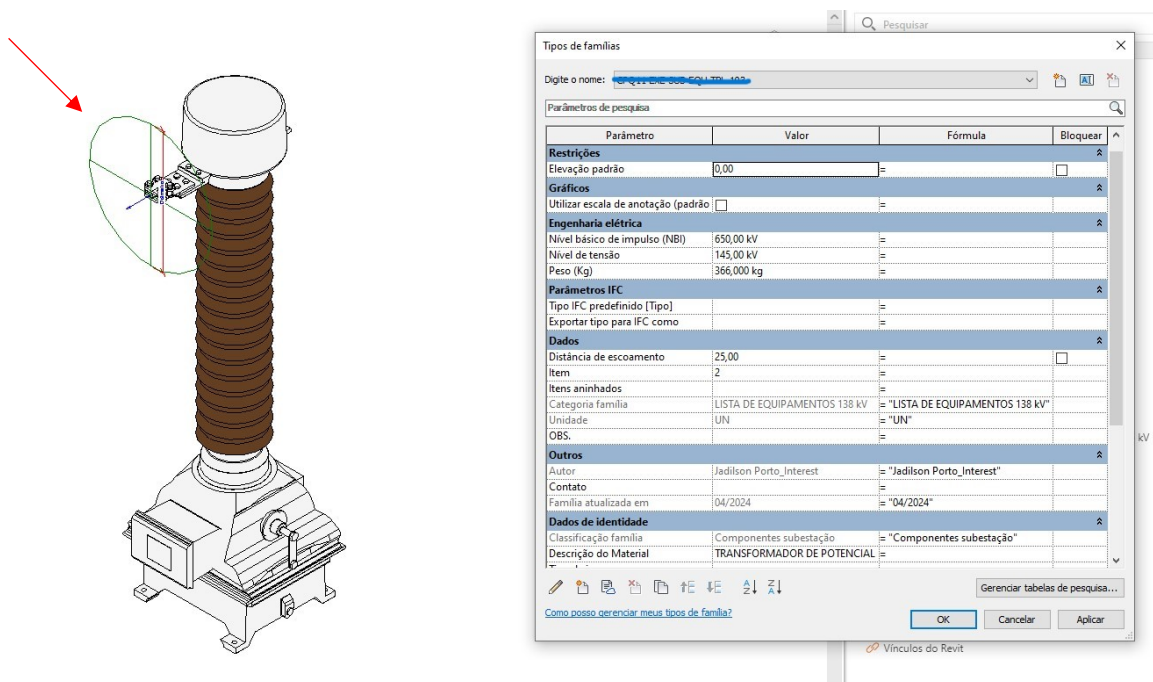
Figura 20 - Conector terminal reto. (chapa a cabo).



Fonte: Autor.

Esse tipo de condutor só pode ser conectado entre o equipamento transformador de corrente e cabo, no caso dessa subestação. Logo, ele foi atrelado a família do transformador de corrente e após isso ele foi parametrizado para receber conexão de condutor, essa parametrização é observada na Figura 21 destacada

Figura 21 - Transformador de potencial 138 kV modelado em BIM.

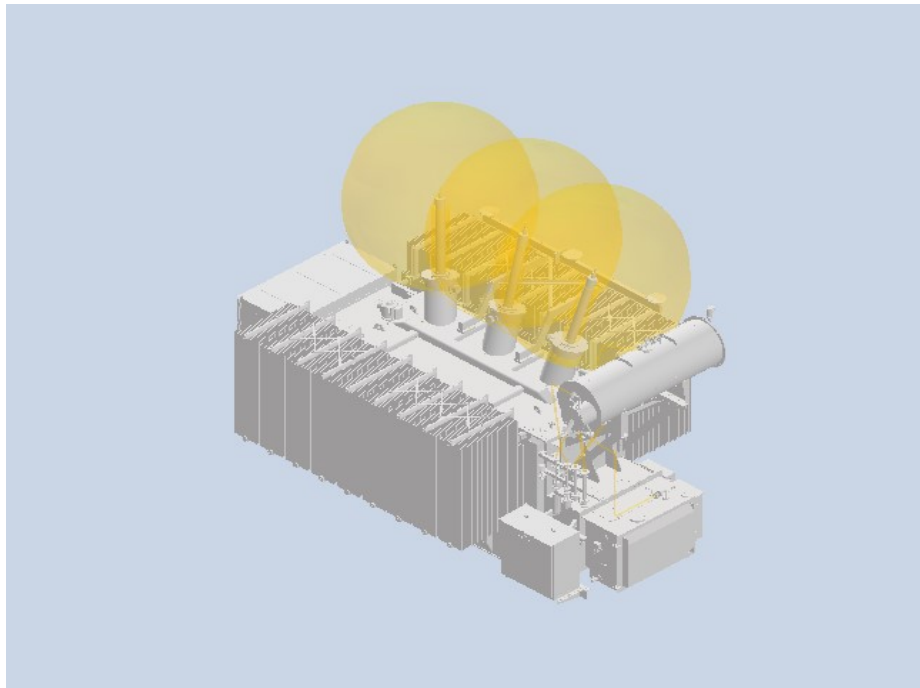


Fonte: Autor.

A modelagem do transformador de potencial se fez da mesma forma do transformador de corrente.

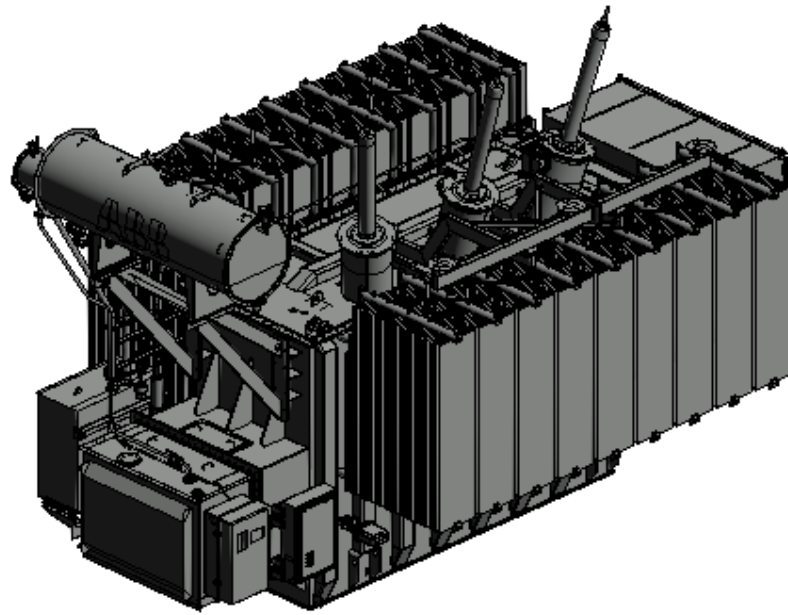
Para a implementação do transformador de potência no projeto foi realizado a coordenação BIM de *softwares*, pois o transformador recebido não estava em arquivo. rfa. Para realizar a coordenação é necessário conhecimento básico sobre o *software* Inventor Professional, podemos observar Figura 22 e 23 o transformador antes e depois da coordenação

Figura 22- Transformador de potência 60 MVA no Inventor Professional.



Fonte: o próprio autor

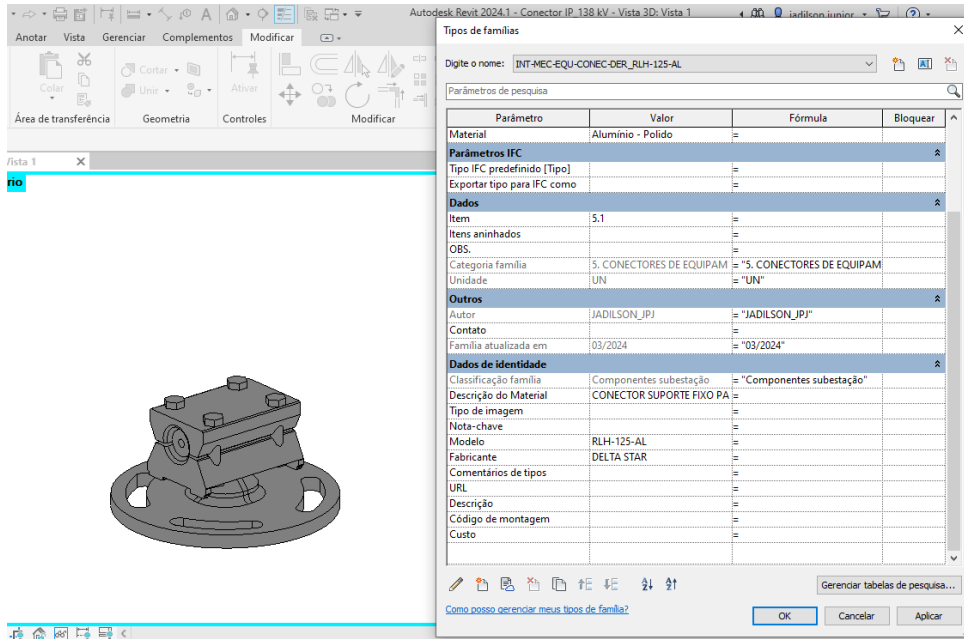
Figura 23 - Transformador de Potência 60 MVA no Revit.



Fonte: Autor.

Após a modelagem e parametrização dos equipamentos, é inicia-se a modelagem dos conectores. Na Figura 24 observa-se o conector suporte fixo para cabo especificado para uso em isolador de pedestal, modelado pelo estagiário.

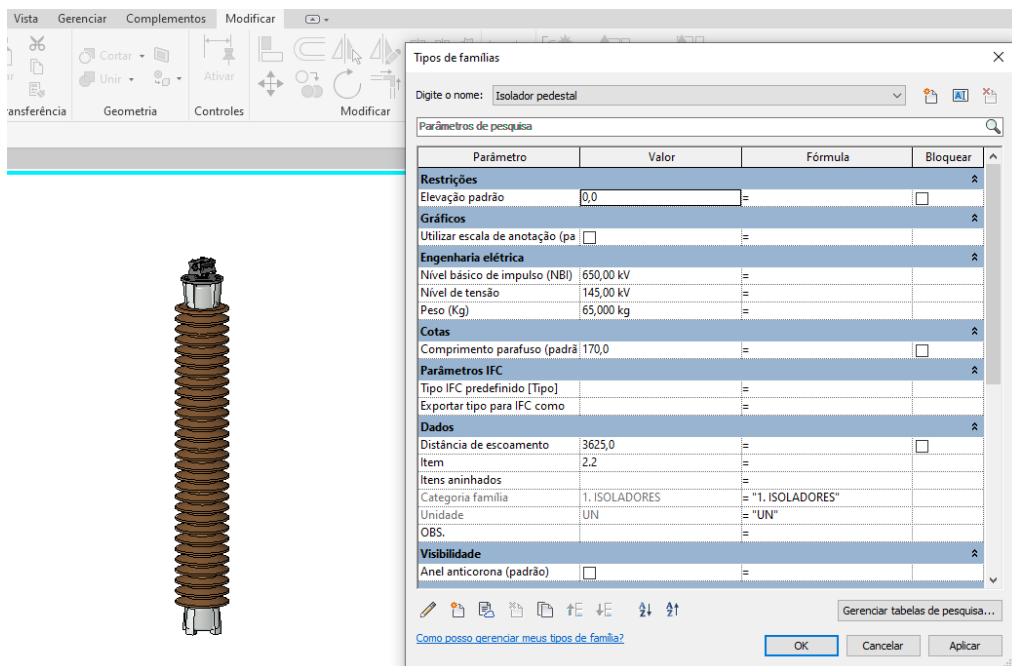
Figura 24 - Conector suporte para cabo.



Fonte: Autor.

Uso do conector em isolador de pedestal é observado na Figura 25

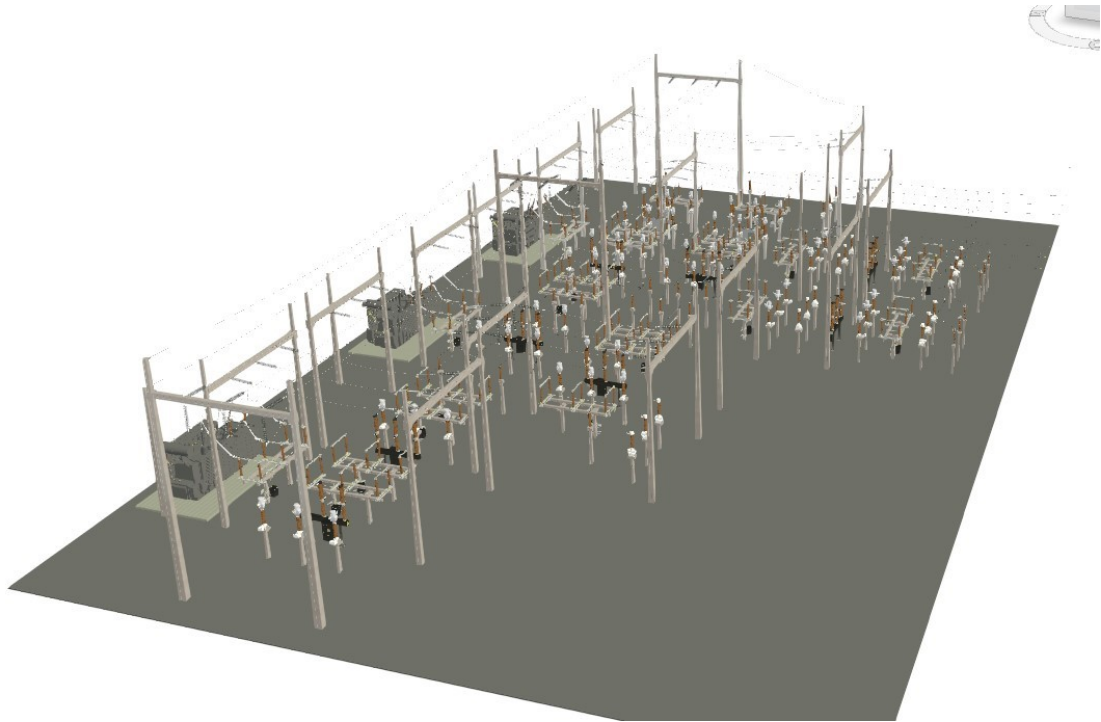
Figura 25 - Isolador de pedestal modelado e parametrizado.



Fonte: Equipe BIM Interest Engenharia.

A disposição dos equipamentos elétricos de pátio foi realizada após a modelagem de todos os equipamentos de pátio, observa-se nas figuras 26, 27 e 28 a disposição de equipamentos em BIM da subestação, seguindo a planta baixa;

Figura 26 - Projeto de subestação de 138 kV em BIM.



Fonte: Autor.

Figura 27 - Vista de câmera da subestação 138 kV em BIM.



Fonte: Autor.

Figura 28 – Vista de câmera 2 da subestação 138 kV em BIM.



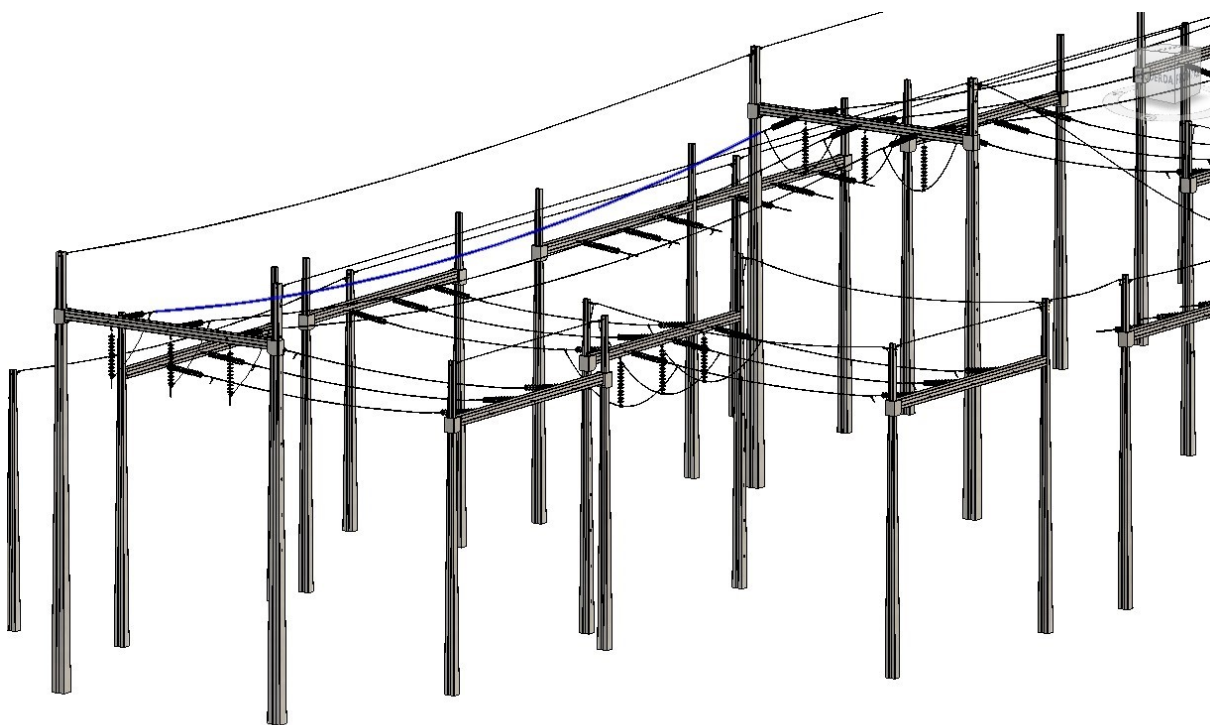
Fonte: Autor.

5.3.2. Cadeias e cabos em BIM

As estruturas e cadeias de isolamento vista nas Figuras anteriores foram criadas em um modelo separado que se relacionam através do que chamamos de vínculos, que tem como função principal a troca de informações constante entre projetos.

Na figura 29 observa-se o vínculo de cadeias e cabos.

Figura 29 - Projeto de cadeias e cabos.



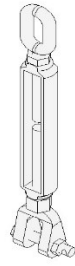
Fonte: Autor.

Para o projeto de cadeias de isoladores, são especificados basicamente 4 tipos de cadeias,

As cadeias de ancoragem com tensor com e sem derivação, e as cadeias de passagem com ou sem conector tiarticulado.

Todas as ferragens especificadas para o projeto de cadeias também foram modeladas em BIM, nas Figura 30, 31 e 31 observa-se algumas das ferragens que foram modeladas pelo estagiário.

Figura 30 - Tensor garfo-elo, em aço forjado.



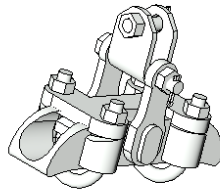
Fonte: Autor.

Figura 31 - Cocha-olhal, em aço galvanizado a fogo.



Fonte: Autor.

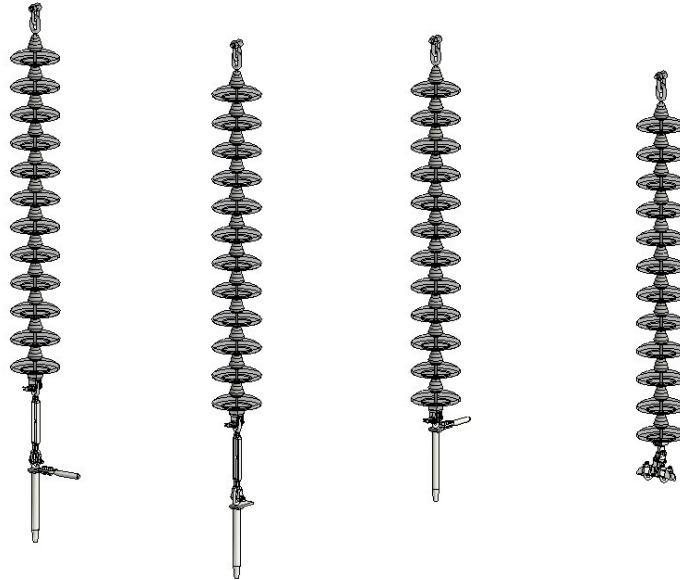
Figura 32 - Grampo de suspensão triarticulado.



Fonte: Autor.

Após a finalização da modelagem de ferragens e isoladores é possível montar as cadeias de isoladores, comumente chamadas de “pencas”

Figura 33 - Cadeia de isoladores da subestação 138 kV.



Fonte: Autor.

Toda a lista de material do projeto foi feita automatizada, isso se deve a parametrização dentro das famílias e o modelo de projeto, no BIM, foi criado tabelas de forma automática utilizando os parâmetros das famílias modeladas e inseridas no projeto. Isso torna a contagem de material extremamente eficiente e rápida, nas Figuras 34 e 35 observa-se exemplares de lista de ferragens e lista de material de barramento

Figura 34 - Lista de ferragens: Projeto de cadeias e cabos.

| <LISTA DE FERRAGENS> | | | |
|----------------------|--|-------|--------|
| A | B | C | D |
| ITEM | DESCRIÇÃO DO MATERIAL | UNID. | QUANT. |
| 1 | ISOLADOR DE DISCO TIPO CONCHA-BOLA, EM VIDRO TEMPERADO, ENGATE 16A, CARGA DE RUPTURA MÍNIMA 8000 kgf, DISTÂNCIA DE ESCOAMENTO 320 mm, DIÂMETRO 255 mm, PASSO 146 mm, PESO 4,0 kg | UN | 828 |
| 2 | MANILHA EM AÇO FORJADO GALVANIZADO A FOGO, CARGA DE RUPTURA 12000 kgf | UN | 69 |
| 3 | ELO-BOLA, EM AÇO FORJADO GALVANIZADO A FOGO, CARGA DE RUPTURA 12000 kgf. | UN | 63 |
| 4 | CONCHA-GARFO, EM AÇO FORJADO GALVANIZADO A FOGO, CARGA DE RUPTURA 12000 kgf. | UN | 6 |
| 5 | CONCHA-OLHAL, EM AÇO FORJADO GALVANIZADO A FOGO, CARGA DE RUPTURA 8000 kgf. | UN | 57 |
| 6 | TENSOR GARFO-ELO, EM AÇO FORJADO GALVANIZADO A FOGO, CARGA DE RUPTURA 12000 kgf. | UN | 33 |
| 7 | GRAMPO DE ANCORAGEM À COMPRESSÃO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, COM DERIVAÇÃO, PARA CABO CAA 336,4 MCM - LINNET. CARGA DE RUPTURA DE 100% DA CARGA DE RUPTURA DO CABO E CARGA DE ESCOR | UN | 30 |
| 8 | GRAMPO DE ANCORAGEM À COMPRESSÃO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, SEM DERIVAÇÃO, PARA CABO CAA 336,4 MCM - LINNET. CARGA DE RUPTURA DE 100% DA CARGA DE RUPTURA DO CABO E CARGA DE ESCOR | UN | 6 |
| 9 | GRAMPO DE SUSPENSÃO TRIARTICULADO, AÇO FORJADO GALVANIZADO A FOGO, CARGA DE RUPTURA 8000 kgf. | UN | 37 |
| 10 | PARAFUSO OLHAL, EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, Ø5/8"x18 mm DE ROSCA, CARGA DE RUPTURA 8000 kgf, FORNECIDO COM 2 ARRUELAS QUADRADAS E 2 PORCAS SEXTAVADAS. | UN | 23 |
| 11 | PARAFUSO OLHAL, EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, Ø5/8"x467 mm DE ROSCA, CARGA DE RUPTURA 8000 kgf, FORNECIDO COM 2 ARRUELAS QUADRADAS E 2 PORCAS SEXTAVADAS. | UN | 23 |
| 13 | PORCA-OLHAL, EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, Ø5/8", CARGA DE RUPTURA DE 8000 kgf. | UN | 23 |
| 14 | CONECTOR DERIVAÇÃO PARALELA, APARAFUSADO, EM LIGA DE BRONZE ESTANHADO, PARA CONEXÃO DE CABO DE COBRE NU DE 50 mm² A 150 mm². | UN | 98 |

Fonte: Autor.

Figura 35 - Exemplar de lista de material de barramento da subestação 138 kV

| PLANTA BAIXA EQUIPAMENTOS LISTA DE MATERIAL DE BARRAM... X | | | | |
|--|---|-------------------|-------|--------|
| <LISTA DE MATERIAL DE BARRAMENTO> | | | | |
| A | B | C | D | E |
| ITEM | DESCRIÇÃO DO MATERIAL | Descrição do mate | UNID. | QUANT. |
| | <varia> | | | 7473 |
| | | | | 18 |
| | CABINE DE CONTROLE E OPERAÇÃO | | | 10 |
| 1 | ISOLADORES | | | |
| 2.2 | COLUNA DE ISOLADOR DE PEDESTAL, MARROM, EM PORCELANA ALUMINOSA, TIPO NÚCLEO SÓLIDO COM ANEL EQUIPOTENCIAL, 550 kV, C.F. DA BASE 300 mm E DO TOPO 127 mm, ALTURA 4000 mm, DIST. ESCOAMENTO 1 | | UN | 15 |
| 3 | FERRAGENS PARA FIXAÇÃO DAS CADEIAS E CABOS PARA-RAIOS | | | |
| 3.1 | CADEIA DE SUSPENSÃO COM DERIVAÇÃO PARA UM CABO | | UN | 6 |
| 3.2 | CADEIA DE ANCORAGEM COM DERIVAÇÃO | | UN | 27 |
| 3.3 | CADEIA DE ANCORAGEM SEM DERIVAÇÃO | | UN | 30 |
| 3.4 | CADEIA DE SUSPENSÃO PASSANTE | | UN | 6 |
| 4 | CONECTORES DE BARRAMENTO | | | |
| 4.2 | CONECTOR DERIVAÇÃO T, CHAPA À CABO, TENSÃO 138 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA DOIS CABOS CAA, BITOLA 336,5 MCM, CÓDIGO LNNET. | | UN | 11 |
| 4.3 | CONECTOR DERIVAÇÃO PARALELA, PARA DOIS CABOS 336,4 LNNET | | UN | 8 |
| 4.5 | CONECTOR EMENDA 90°, TUBO A TUBO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, | | PC | 9 |
| 4.7 | CONECTOR EMENDA 45°, TUBO A TUBO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, | | PC | 18 |
| 5 | CONECTORES DE EQUIPAMENTOS | | | |
| 5.1 | CONECTOR TERMINAL RETO, CHAPA À CABO, TENSÃO 138 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA UM CABO CAA, BITOLA 336,4 MCM, CÓDIGO LNNET, À CHAPA 4 FUROS NEMA, ESPESSURA 9,5 mm. | | UN | 18 |
| 5.3 | CONECTOR TERMINAL RETO, CHAPA À CABO, TENSÃO 138 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA UM CABO CAA, BITOLA 336,5 MCM, CÓDIGO LNNET, À CHAPA 9 FUROS NEMA, ESPESSURA 22 mm | | UN | 108 |
| 5.4 | CONECTOR SUPORTE FIXO PARA CABO, TENSÃO 138 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA UM CABO CAA, BITOLA 336,4 MCM, CÓDIGO LNNET, À ISOLADOR DE PEDESTAL COM C.F. 127 mm | | UN | 15 |
| 5.5 | CONECTOR TERMINAL RETO, CHAPA À CABO, TENSÃO 138 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA UM CABO CAA, BITOLA 636 MCM, CÓDIGO LNNET, À CHAPA 4 FUROS NEMA, ESPESSURA 32 ± 2 mm. | | UN | 60 |
| 5.6 | CONECTOR TERMINAL CHAPA À TUBO EXPANSÃO RETO, TENSÃO 138 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA TUBO DE Ø2.1/2" IPS SCH 40, À CHAPA 4 FUROS NEMA, ESPESSURA 18 mm. | | UN | 9 |
| 5.9 | CONECTOR TERMINAL RETO, CHAPA À CABO, TENSÃO 138 kV, APARAFUSADO, EM LIGA DE ALUMÍNIO, PARA UM CABO CAA, BITOLA 336,5 MCM, CÓDIGO LNNET, À CHAPA 9 FUROS NEMA, ESPESSURA 22 mm | | UN | 9 |
| | CADEIAS E FIXAÇÃO | | | |
| | GRAMPO DE ANCORAGEM APARAFUSADO, EM AÇO GALVANIZADO A FOGO, PARA CABO DOTTEREL 176,9 MCM. | | UN | 50 |

Fonte: Autor.

6. CONCLUSÃO

A integração entre teoria e prática é fundamental para a formação do profissional competente. As áreas de conhecimento que abrangem toda área eletromecânica são muitas, entretanto, no que diz respeito a áreas de disciplinas que foram abordadas no curso, cito exemplos: Instalações elétricas, Equipamentos elétricos, Sistemas elétricos, Proteção e Operação de Sistemas, essas disciplinas foram fundamentais e bastante utilizadas na aplicação prática.

No que diz respeito a experiência de estágio em si, a logística de moradia em um novo estado, com novas culturas e novos comportamentos foram fundamentais para o crescimento do estagiário, outro ponto importante é a maturidade, resultante da logística do curso de só liberar estágio após a conclusão de disciplinas, isso também possibilita a moradia fora abrangendo o nível de possibilidades e oportunidades.

No tocante a ferramentas como: ZWCAD, Revit, Inventor, TecAt, DiaLux, Excel, Word, todas elas foram utilizadas durante o estágio, e resalto a importância do entendimento sobre a modelagem BIM e o *software* Revit, pois o mercado já está requisitando o conhecimento dessa nova forma de realizar projetos.

Referente a disciplinas que o estagiário sentiu falta durante o estágio, foi o conhecimento do mercado de engenharia elétrica, como é um mercado muito abrangente acredito que deveria ser dado a importância de abordar esse assunto no curso de graduação através de disciplina específica, abrangendo conhecimento sobre Leilões, Mercado de aquisição, projetos, licitações... etc.

As habilidades não técnicas aprimoradas durante o estágio, que são consequência da convivência em equipe, resalto a identificação de problemas, cooperação, e principalmente a comunicação assertiva.

Portanto, a disciplina de estágio é fundamental no aprimoramento do estudante, principalmente na desenvoltura de projetos, leitura de documentos, catálogos, lista de matérias, documentos da ONS e ANEEL, em cada projeto elaborado aplicou-se conhecimentos teóricos das disciplinas citadas acima e se adquiriu novos conhecimentos práticos, favorecendo assim, as habilidades técnicas e não técnicas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15751: Sistema de aterramento de subestações – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT , 2009.

COLABORAÇÃO E INTEGRAÇÃO BIM – Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: CBIC, 2016.

CREDER, H. *Instalações Elétricas*. 15. Ed. Rio de Janeiro: LTC 2007.

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA CHESF. **301-CHESF-ET-PJ-EM: Projetos eletromecânicos de subestações**. Recife, Agosto 2022.

FRONTIN. S. *Equipamentos de Alta Tensão – prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas*. Brasília. Teixeira, 2013.

FUNDAMENTOS BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: CBIC, 2016.

FLUXOS DE TRABALHO BIM – Parte 4: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: CBIC, 2016.

IMPLEMENTAÇÃO BIM - Parte 2: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/ Câmara Brasileira da Indústria da Construção. - Brasília: CBIC, 2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Requisitos mínimos para subestações e seus equipamentos**. Brasil: ANEEL, 2021.

ANEXOS

ANEXO A: Planta Baixa arranjo físico

- LEGENDAS:
- - EIXO DA ABERTURA
 - - CAMO PAVIMENTAÇÃO
 - ==== - VA PAVIMENTAÇÃO
 - - VA S/O PAVIMENTAÇÃO
 - - ALUMINACÃO
 - - VIDRO
 - - FERRO
 - - CONCRETO DE LITE 12, CONCRETO BRANCO 20/25/28/32
 - - ESQUADRIAS INDICADAS EM 01/01/11

| TABELA DE DESIGNAÇÃO ELÉTRICA | | | |
|-------------------------------|-------------|--------------|--|
| TIPO | REG-400 (V) | REG-1000 (V) | |
| 200 W | 6,30 | 4,10 | |

| BARRAMENTOS | |
|---------------|-------------------------------|
| BTM | CONCRETO |
| 200 W | 4,00 x 1,015 M - 1000 W |
| RESERVATÓRIOS | 1,00 x 1,70 M - 200 W - 200 W |

