

PROJETO DE SUBESTAÇÃO AÉREA DE 112,5 kVA UTILIZANDO METODOLOGIA BIM

Edberto Macêdo Chaves

Edberto.chaves@gmail.com

Prof. Me. Herick Talles Queiroz Lemos

Herick.lemos@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um template de subestação elétrica aérea utilizando o software Autodesk Revit, com base na metodologia BIM (Building Information Modeling) e atendendo aos critérios normativos da concessionária Neoenergia Pernambuco. O objetivo principal foi demonstrar como a aplicação da modelagem BIM pode otimizar a elaboração de projetos elétricos, promovendo maior precisão, padronização e integração multidisciplinar. A metodologia adotada incluiu o dimensionamento completo da subestação conforme as normas técnicas, a modelagem tridimensional dos componentes e a categorização das famílias no Revit. Como resultado, obteve-se uma biblioteca organizada por categorias funcionais e uma prancha final padronizada. Constatou-se que a aplicação da metodologia BIM em projetos de subestação simplificada aérea é viável e eficiente, proporcionando melhorias na documentação técnica, redução de retrabalho e maior qualidade nos processos de projeto.

Palavras-chave: Subestação Aérea. Revit. BIM. Template Elétrico.

ABSTRACT

This work presents the development of an single pole-mounted electrical substation template using Autodesk Revit software, based on the BIM (Building Information Modeling) methodology and complying with the technical standards of the Neoenergia Pernambuco utility. The main objective was to demonstrate how BIM modeling can optimize the development of electrical projects, promoting greater accuracy, standardization, and multidisciplinary integration. The methodology included the complete substation sizing based on standards, three-dimensional modeling of components, and categorization of families in Revit. As a result, an organized library by functional categories and a standardized final sheet. It was concluded that applying the BIM methodology to simplified substation projects is feasible and effective, providing improvements.

Keywords: Single Pole-mounted Substation. Revit. BIM. Electrical Template.

1 INTRODUÇÃO

Diante do cenário econômico e também energético, o Brasil é um país em desenvolvimento, o país cresce lentamente e isto está diretamente ligado ao setor de energia do país, o crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil ao longo dos últimos anos é a prova de que os três grandes setores que mais consomem energia elétrica estão se ampliando.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2024), empresa que subsidia as ações relacionadas ao planejamento energético e consolida as estatísticas energéticas nacionais por meio do Balanço Energético Nacional (BEN), o consumo de eletricidade do país aumentou 7,3% e 7,1% nos primeiro e segundo trimestres do ano de 2024 em relação ao mesmo período do ano anterior. As maiores variações foram no setor residencial que demonstrou valores próximos dos 10%, devido principalmente ao aumento de consumidores e temperaturas elevadas. Os setores comercial e industrial também seguem com aumento na casa dos 9% e 4% de variação em relação ao ano anterior.

Diante disso, o crescimento no consumo energético tem impulsionado a necessidade de expansão e modernização do Sistema Elétrico de Potência (SEP), afinal, os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia devem ser capazes de atender a alta demanda energética de um país de escala continental. Para isto, faz-se necessário, numerosos investimentos em infraestrutura e equipamentos elétricos que garantam a robustez e estabilidade do sistema elétrico.

Um dos elementos fundamentais do sistema elétrico de potência, são as subestações elétricas, elas são um conjunto de equipamentos capazes de transformar a tensão elétrica em níveis adequados para transmissão e distribuição de energia. Logo, cumprem um papel importantíssimo para o setor de energia, principalmente na distribuição de energia, onde, por exemplo, a energia é convertida de um nível de tensão média para baixa tensão, possibilitando o consumo nos comércios e residências. Dessa forma a demanda energética é atendida, há diversos equipamentos que garantem o fornecimento contínuo de energia elétrica.

Diante do crescimento da demanda energética e expansão do SEP observa-se um aumento significativo na demanda por subestações elétricas. Esse cenário traz consigo a complexidade de projetar e integrar esses sistemas ao SEP existente, demandando por profissionais experientes, capacitados e habilitados para desenvolver esse tipo de projeto.

Para desenvolver projetos subestações elétricas, faz-se necessário a utilização de ferramentas e metodologias que garantam precisão, eficiência e conformidade com padrões técnicos rigorosos. Um projeto elétrico é um artigo técnico que é constituído por folhas de desenho, memorial de cálculo, memorial descritivo, lista de materiais e outros, portanto cabe ao projetista definir a ferramenta e a metodologia a ser utilizada para elaborar o projeto.

Com a ascensão da metodologia Building Information Modeling (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção, é uma forma de gerir projetos de construção civil que utiliza ferramentas digitais para reunir e organizar todas as informações relacionadas a uma obra, a metodologia tem sido bastante utilizada em

projetos elétricos, sendo pela sua qualidade de modelagem por si tratarem de software tridimensional (3D), pela possibilidade de colaboração multidisciplinar, compatibilização softwares BIM, entre outras. Um dos programas que vem ganhando destaque nessa metodologia, é o Autodesk Revit, por ter a possibilidade de projetar projetos de qualquer disciplina e modelar as instalações de sistemas elétricos, mecânicos e hidráulicos embutidos. Isso demonstra o diferencial que o software tem em comparação com os softwares tradicionais de desenhos 2D.

Na engenharia elétrica, os métodos tradicionais de desenvolvimento de projetos enfrentam desafios significativos, como falta de padronização, dificuldades de integração entre disciplinas e suscetibilidade a erros durante as fases de projeto e execução. A aplicação da metodologia BIM tem emergido como uma alternativa promissora, trazendo benefícios como maior precisão, coordenação e eficiência. No entanto, ainda existe uma lacuna no uso dessa metodologia especificamente para projetos de subestações elétricas, o que levanta a questão central deste trabalho: como a modelagem de projetos elétricos utilizando o BIM pode agregar vantagens práticas e estratégicas ao setor de engenharia elétrica.

A crescente complexidade dos sistemas elétricos de potência e a expansão da geração distribuída demandam soluções mais eficientes e integradas para o planejamento e execução de projetos de engenharia elétrica. Nesse contexto, a aplicação da metodologia BIM apresenta-se como uma inovação estratégica, permitindo maior precisão, redução de retrabalhos e otimização dos processos projetuais. Este trabalho é relevante porque aborda a criação de um template no software Autodesk Revit, voltado especificamente para subestações elétricas simples, demonstrando na prática como o BIM pode responder aos desafios apontados e contribuir para a modernização do setor. Além disso, ao padronizar elementos e processos, o template proposto facilita a conformidade com normas técnicas e promove uma maior integração entre as disciplinas envolvidas, tornando-se uma ferramenta valiosa para profissionais e empresas de engenharia elétrica.

Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um template de uma subestação elétrica aérea utilizando o software Autodesk Revit, alinhado às normas técnicas estabelecidas pela concessionária de energia local. Com isso, busca-se evidenciar os benefícios da aplicação da metodologia BIM, como maior eficiência, precisão e integração nos projetos de engenharia elétrica. O template proposto pretende não apenas padronizar e otimizar os processos projetuais, mas também contribuir para a modernização e competitividade do setor, tornando a modelagem BIM uma ferramenta indispensável na elaboração de projetos elétricos.

Para alcançar o objetivo geral, pretende-se:

- Conceituar funções e tipos de subestações elétricas e sua importância.
- Introduzir e conceituar a modelagem BIM no Autodesk Revit.
- Dimensionamento dos componentes do projeto.
- Modelagem 3D das famílias no Revit.
- Montagem do template do projeto com as famílias criadas.
- Apresentação final das pranchas do projeto, entre outras documentações.

2 SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS

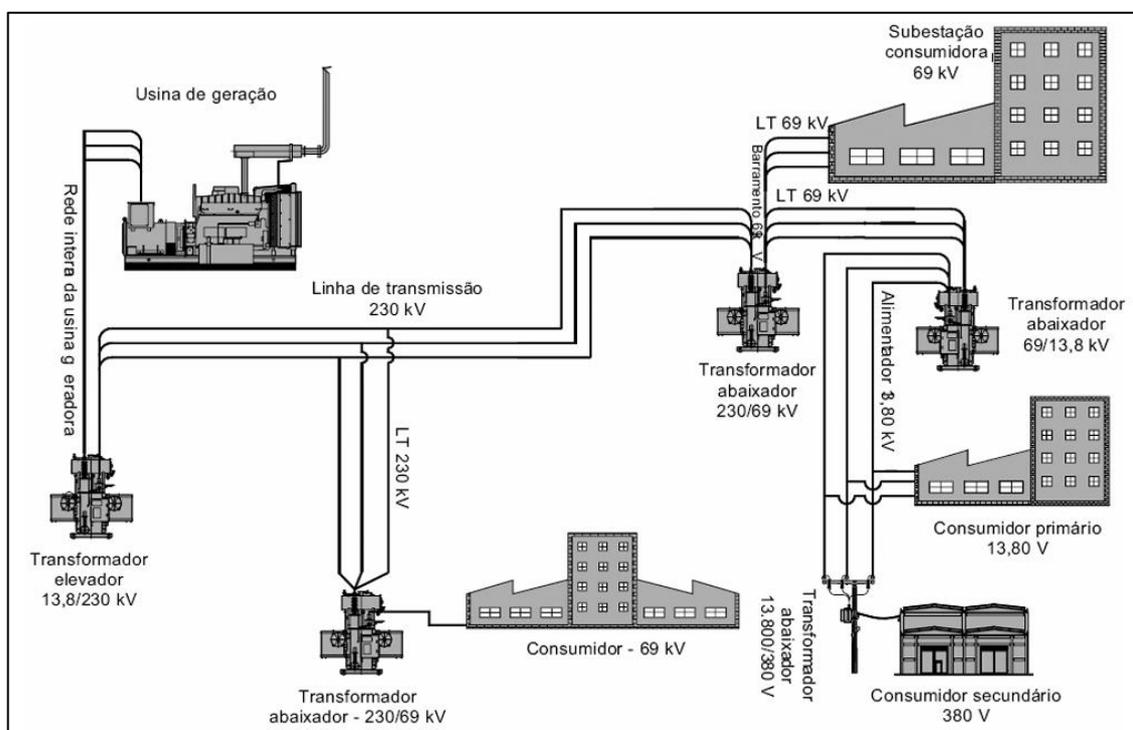
Segundo Barros e Gedra (2009), a subestação é composta por instalações elétricas e civis que abrigam os sistemas de medição, proteção e transformação de energia. Esses elementos devem ser projetados para atender às necessidades dos consumidores, garantindo flexibilidade para futuras alterações, facilidade de acesso para manutenções preventivas e corretivas, confiabilidade operacional e proteção eficaz para os equipamentos e para as pessoas envolvidas.

São instalações fundamentais para o funcionamento dos sistemas de energia, pois têm como principal finalidade transformar e distribuir a energia elétrica de forma eficiente e segura. Neste capítulo, serão abordadas as funções e classificações gerais das subestações elétricas.

2.1 Funções e tipos de subestações

As subestações desempenham um papel crucial na interligação entre os diversos níveis de tensão presentes no sistema elétrico. Elas realizam transformações de tensão que permitem o transporte da energia elétrica em alta tensão por longas distâncias e sua posterior distribuição em níveis seguros e apropriados para os consumidores, a Figura 1 mostra todo o sistema de potência desde a geração a distribuição, destacando a importância das subestações, quanto à sua função na cadeia de suprimento de energia elétrica.

Figura 1 – Sistema de geração, transmissão e distribuição de energia.



Fonte: Mamede Filho, João (2021).

2.1.1 Funções

A subestação elevadora é a responsável por aumentar a tensão da energia elétrica logo após sua geração, nas usinas. Isso é necessário porque o transporte de energia em longas distâncias é mais eficiente em tensões elevadas, pois reduz as perdas por efeito Joule, que é a dissipação de calor nos condutores. Essa elevação de tensão ocorre com o uso de transformadores de potência, permitindo que a energia percorra centenas de quilômetros até os centros consumidores com mínima perda.

Já a subestação abaixadora atua no sentido inverso: reduz a tensão da energia elétrica recebida das linhas de transmissão para níveis adequados ao consumo em centros urbanos ou industriais. Essas subestações são posicionadas em pontos estratégicos do sistema e operam como uma ponte entre a rede de transmissão e a rede de distribuição, tornando a energia utilizável para os consumidores finais.

As subestações de transmissão, também chamadas de seccionadoras, são instaladas ao longo das linhas de transmissão e têm como principal função o seccionamento, controle e proteção dos circuitos. Elas não necessariamente alteram a tensão da energia, mas permitem o reencaminhamento do fluxo, a isolação de trechos para manutenção e a atuação de proteções em casos de falha. Estas subestações aumentam a confiabilidade do sistema elétrico e sua flexibilidade operacional.

Por fim, as subestações de distribuição realizam o rebaixamento final da tensão elétrica, transformando a energia proveniente da rede de média tensão em baixa tensão para ser entregue diretamente aos consumidores residenciais, comerciais e pequenas indústrias. Além de transformadores, estas subestações incluem dispositivos de proteção e manobra, garantindo segurança no fornecimento e possibilitando o controle local da rede de distribuição.

“Essas subestações normalmente pertencem às empresas de distribuição de energia elétrica e aos consumidores de médio porte. Normalmente, são subestações do tipo aérea instaladas em poste de concreto armado ou de ferro e são conectadas às redes de distribuição aéreas” (MAMEDE FILHO, 2021, p. 06).

2.1.2 Tipos de instalações

Segundo Mamede Filho (2017), a definição do tipo construtivo da subestação de média tensão está diretamente relacionada a diversos fatores específicos do local de instalação. Entre os mais relevantes, destacam-se a existência de ambientes agressivos, como áreas com elevada poluição industrial ou atmosfera salina, as regiões classificadas, que apresentam gases inflamáveis ou corrosivos, a proximidade com cargas concentradas, como motores de grande porte. E também as limitações físicas da área disponível para implantação da subestação. As principais instalações são as subestações simplificadas (abrigadas ou aéreas), plena (abrigada), ao tempo e compacta.

Figura 2 – Tipos de instalações de subestações elétricas.



Fonte: Própria, adaptada (2025).

Segundo Barros e Gedra (2009), as subestações simplificadas podem ser de uso interno (abrigada, de alvenaria), externo (ao tempo, plataforma ou poste único) ou blindado. A subestação aérea é caracterizada pela instalação dos equipamentos em estruturas metálicas ou de concreto expostas ao ar livre, geralmente montadas sobre postes ou em pátios cercados. Possui um único transformador trifásico com potência máxima de 300 kVA. A medição é efetuada na baixa tensão e a proteção geral das instalações, no lado de alta tensão, é feita por meio de fusível sem necessidade, portanto de disjuntor e relé. Essa configuração permite fácil visualização e acesso aos componentes, o que facilita a manutenção e inspeções periódicas. Contudo, está mais suscetível a danos provocados por intempéries e atos de vandalismo.

A subestação plena (abrigada), por sua vez, possui todos os seus equipamentos instalados dentro de edificações fechadas. Essa configuração proporciona maior proteção contra agentes climáticos, poeira, poluição e vandalismo, sendo bastante utilizada em ambientes industriais, comerciais ou urbanos com alta densidade construtiva. Por ocupar mais espaço interno e demandar maior infraestrutura, seu custo é geralmente superior ao das instalações aéreas. No entanto, oferece maior segurança operacional e favorece a organização do layout dos componentes.

A subestação ao tempo é uma variação da instalação aérea, mas com um enfoque mais industrial ou de alta potência. Nesse tipo, os equipamentos são instalados em pátios abertos e dimensionados para suportar diretamente as condições ambientais, como radiação solar, chuvas intensas e variações térmicas. É comum em subestações de alta e extra-alta tensão, onde o acesso e o espaçamento entre componentes são fundamentais para a dissipação de calor e segurança elétrica. Sua manutenção requer cuidados específicos com isolamentos e estruturas metálicas expostas.

Já a subestação compacta é uma solução moderna e pré-fabricada que concentra os principais equipamentos, como transformador, disjuntores, proteções e barramentos em um único invólucro metálico ou de alvenaria. Essas subestações são normalmente fornecidas em módulos prontos para instalação, o que reduz o tempo de implantação e o espaço físico necessário. São muito utilizadas em áreas com restrição de espaço, como prédios comerciais, shopping centers, hospitais e condomínios residenciais. Além disso, oferecem bom desempenho em termos de segurança e proteção contra o ambiente externo, embora sua manutenção possa ser mais limitada devido à compactação dos componentes.

A escolha entre esses tipos de instalação depende de fatores como o local disponível, o nível de tensão, os requisitos de segurança, os custos envolvidos e o perfil da carga a ser atendida. Assim, o correto dimensionamento e escolha do tipo de subestação são fundamentais para garantir eficiência, confiabilidade e durabilidade da instalação.

2.2 Projeto de subestações elétricas no padrão da concessionária local

Para elaboração e execução de projetos de subestações na área de concessão da *Neoenergia Pernambuco*, é imprescindível seguir integralmente as diretrizes estabelecidas na norma *DIS-NOR-036 – Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão de Distribuição à Edificação Individual (2022)*. Esta norma padroniza os critérios técnicos, requisitos de projeto e documentação necessários para garantir segurança, confiabilidade e conformidade das instalações.

2.2.1 Condições para o fornecimento

A utilização de subestações aéreas no padrão *Neoenergia Pernambuco* é recomendada para unidades consumidoras com carga instalada de a partir de 75 kW. Também se aplica a consumidores com equipamentos que gerem corrente de partida elevada ou provoquem perturbações na rede, por exemplo, motores elétricos trifásicos e máquinas de solda. A tensão nominal de operação do sistema de distribuição primária de média tensão da *Neoenergia Pernambuco* é 13,8 kV.

2.2.2 Critérios de submissão e apresentação do projeto

Os projetos devem ser elaborados por profissionais habilitados e apresentados à distribuidora em meio eletrônico. Devem incluir memorial descritivo, planta de situação, layout eletromecânico, diagrama unifilar, ART/TRT, dados do transformador e medições. Para instalações com transformador acima de 300 kVA de potência ou com medição em média tensão, é exigida a apresentação de ajustes de proteção, gráficos de seletividade e dados de curto-circuito, mas como não vem ao caso, não será abordado neste trabalho.

2.2.3 Critérios para subestações simplificadas

Neste trabalho, os requisitos para implementação de uma subestação aérea foram consultados na seção dos critérios de subestações simplificadas (subestação

simplificada aérea ou abrigada). Dessa forma, ao projetar a Subestação Aérea deve-se atender os seguintes tópicos:

- Medição deve ser no circuito secundário do transformador.
- Utilização de postes de concreto padronizados pelas normas brasileiras, com comprimento e resistência nominal compatível com o projeto.
- Mureta de alvenaria para fixação da caixa de medição e proteção.
- A caixa de medição deve situar-se em mureta exclusiva, junto à estrutura do transformador.
- Eletrodutos externos devem ser de ferro galvanizado e aterrados (PVC permitido em atmosferas agressivas).
- Cálculo estrutural dos postes deve constar na memória de cálculo do projeto.
- Eletroduto os bornes secundários do transformador e a caixa de medição deve ser aparente (não embutido).

Os projetos também devem apresentar as vistas de layout eletromecânico junto as plantas de situação, a norma estabelece as requisitos e distanciamentos mínimos exigidos para cada tipo de configuração de projeto, as subestações simplificadas aéreas podem ser montadas conforme as *Figuras 14 a 17 do Anexo III – Desenhos e estruturas da DIS-NOR-036 (2022)*. A configuração base deve ser definida considerando a tensão de fornecimento, a potência do transformador, o tipo de medição, entre outros fatores. Esses elementos impactam diretamente na montagem do projeto, influenciando o posicionamento dos componentes, os materiais especificados e a estrutura da instalação.

3 METODOLOGIA

Esta seção descreve os procedimentos técnicos adotados para o desenvolvimento e modelagem em BIM do projeto de uma subestação simplificada aérea. As etapas contemplam desde as definições iniciais do projeto, passando pelo dimensionamento e especificação dos principais elementos da instalação, até a modelagem 3D e a criação das famílias dos componentes no *Autodesk Revit*.

3.1 Dimensionamento do projeto

3.1.1 Premissas de projeto

Para o desenvolvimento do projeto, foram adotados os requisitos da norma *DIS-NOR-036 (2022)*, que estabelece os critérios para o fornecimento de energia elétrica em média tensão a edificações. O estudo considera uma edificação fictícia, inspirada em um condomínio residencial com 64 apartamentos. A instalação elétrica do condomínio foi dimensionada conforme a *ABNT NBR 5410 (2004)* atendendo aos critérios mínimos de previsão de cargas, fatores de dimensionamentos de circuitos, queda de tensão, seletividade e segurança, entre outros. A unidade consumidora será trifásica, com carga instalada total de 93,72 kVA.

3.1.2 Etapas de dimensionamento

3.1.2.1 Dimensionamento do Transformador de Potência

O transformador de potência foi determinado com base na demanda da unidade total da edificação, foi realizada a determinação da demanda dos apartamentos pelo método da área útil, expresso pela norma *DIS-NOR-053 - Fornecimento de Energia Elétrica à Edificações com Múltiplas Unidades Consumidoras até 34,5 kV (2022)*, e a demanda das áreas de serviço do condomínio foi calculada baseando-se no método da carga instalada, demonstrado na *DIS-NOR-030 - Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição a Edificações Individuais (2024)*.

Tabela 01 – Demanda total da edificação.

DEMANDA TOTAL DOS APARTAMENTOS RESIDENCIAIS (MÉTODO ÁREA ÚTIL)		
Dados iniciais		Demanda Residencial Final [kVA]
Nº Aptos	64	66,02
Demanda do AP em função da área útil [Kva]	1,26	
Fator de coincidência	68,23%	
Demanda dos Apartamentos [kVA]	55,02	
Fator de segurança	1,20	
DEMANDA DE SERVIÇO DO CONDOMÍNIO (MÉTODO CARGA INSTALADA)		
Descrição	Carga [kW]	Demanda [kVA]
Pavilhão	10,20	2,45
Guarita	7,70	7,40
Iluminação interna dos blocos	10,00	9,75
Iluminação externa	33,75	8,10
TOTAL	61,65	27,70
Demanda total [kVA]		93,72

Fonte: Própria (2025).

Os métodos, cálculos e fatores de demanda obtidos, constam nas normas mencionadas no parágrafo anterior. Foi determinado, portanto, um transformador de potência de 112,5 kVA de potência nominal, que irá operar com uma demanda de 83% de sua capacidade nominal em tensões primária e secundária de 13,8kV e 380V, respectivamente. As demais especificações constam no APÊNDICE A.

3.1.2.2 Dimensionamento do Poste da Subestação

A escolha do poste da subestação aérea com transformador de potência dimensionado no item anterior tem como base e referência a *Tabela 11* –

Dimensionamento de Postes para Instalação de Transformadores da DIS-NOR-036. Conforme a Tabela citada, os postes de concreto para instalação de transformadores de até 112,5 kVA em rede primária de 13,8 kV, devem ter as seguintes cargas nominais: 400 daN (decaNewton) para poste circular e 600 daN para poste DT (Duplo T), Altura de 11 metros, vide *Tabela 1 – Postes de Concreto Seção Duplo T da DIS-ETE-011 - Postes de Concreto Armado para Redes de Distribuição (2019).*

3.1.2.3 Dimensionamento do Ramal de Conexão Aéreo

Os cabos do Ramal de Conexão Aéreo, anteriormente denominado de Ramal de entrega, formado pelos cabos que saem do ponto de derivação da rede até Ponto de Entrega (PDE). Os cabos foram determinados seguindo a *Tabela 9 – Dimensionamento dos Condutores do Ramal de Conexão Aéreo da DIS-NOR-036.* Para 13,8 kV e 112,5 kVA, em Rede Compacta, seguindo a *DIS-NOR-013 - Projeto de Rede de Distribuição Aérea Compacta (2023)*, temos: Cabo de Alumínio Protegido de 35 mm².

3.1.2.4 Definição da Proteção Primária (Média Tensão)

A proteção contra sobrecorrente será assegurada através de 3 chaves fusíveis de 15kV, base de corrente nominal de 300 A, Porta fusível de 100 A e Capacidade de interrupção de 10 kA, conforme a *Tabela 8 – Chave Fusível da DIS-NOR-036*, o Elo Fusível foi dimensionado conforme corrente nominal do transformador no lado da rede primária, os cálculos demonstrados na Equação (1) informam que o Elo Fusível deve ser o 5H (Corrente Nominal/Curva de interrupção). O que confirma com o Elo Fusível recomendado pela distribuidora para proteção primária dos transformadores de rede de distribuição, conforme a *Tabela 1 - Elos Fusíveis para Transformadores Padronizados para Rede de Distribuição Neoenergia Nordeste da DIS-NOR-012 - Critérios para Elaboração de Projetos de Rede de Distribuição Aérea (2022).*

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{FF}} = \frac{112,5 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 13,8 \text{ kVA}} = 4,7066... \cong 4,71 \text{ A} \quad (1)$$

Onde:

I_n = Corrente Nominal. S = Potência do transformador (kVA); V_{FF} = Tensão de Linha (Fase-Fase).

A proteção contra surtos e sobretensões é realizada através dos Para-raios, localizados no ponto de conexão segundo a norma, devem ser tipo válvula com desligador automático, de óxido de zinco (ZnO) sem centelhador, com corpo e suporte em material polimérico, com as seguintes características: Tensão nominal: 12 kVef; Máxima tensão de operação contínua (Mcov): 10,2 kVef; Corrente nominal de descarga: 10 kA. Conforme o item 7.24.1 da *DIS-NOR-036.*

3.1.2.5 Definição da Proteção Secundária (Baixa Tensão)

A proteção contra sobrecorrente no lado de Baixa Tensão (380 V), no circuito secundário do transformador, foi determinada baseada na corrente nominal do Trafo. Onde foi utilizado basicamente a mesma equação utilizada anteriormente para a o cálculo do elo fusível, porém, com os valores de referência do secundário do transformador.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{FF}} = \frac{112,5 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V}} = 170,926 \cong 171 \text{ A} \quad (2)$$

Logo, deve-se prever um disjuntor de 175 A, o que bate com o valor tabelado recomendado pela norma, na *Tabela 14 – Dimensionamento do Ramal de Entrada Referente a BT para Consumidores Primários até 300 kVA* da *DIS-NOR-036*. É solicitado também, a capacidade de interrupção de no mínimo 30kA em 240 Vac. Sendo necessário rever o valor a depender do nível de curto no ponto.

3.1.2.6 Dimensionamento do Ramal de Entrada em Baixa Tensão

A *Tabela 14 – Dimensionamento do Ramal de Entrada Referente a BT para Consumidores Primários até 300 kVA* da *DIS-NOR-036*, apresenta os valores já calculados de Disjuntor, cabos e eletrodutos para Subestações simplificadas. Desta forma, o ramal de BT tem a seguinte especificação para Trafo 13,8/0,38 kV, 112,5 kVA: Cabos 3x95(70) mm² em Isolação PVC 70° C e 3x70(35) mm² em Isolação EPR/XLPE 90°C, foi optado por cabo de cobre com isolação EPR/XLPE, por sua confiabilidade, robustez e capacidade de condução aprimorada, mesmo em temperaturas maiores. Para ler 3x95(70) mm²: 3 cabos de Fase de 95mm² e 1 Cabo de Neutro de 70mm². O eletroduto de aço permitido deve ser de no mínimo 40mm, conforme a norma. Os cabos indicados na *Tabela 14* tem sua capacidade de condução referente a 3 condutores unipolares carregados, instalados em eletroduto aparente sobre parede e temperatura ambiente de 30°C, de acordo com o método de referência de instalação B1 da *NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão*.

3.1.2.7 Dimensionamento do Sistema de Aterramento

Conforme a *DIS-NOR-036*, o sistema de aterramento deve ser executado de acordo com o item 7.33.10 da própria norma, No subitem 7.33.10.7, a norma determina o seguinte: “Em subestação aérea, o sistema de aterramento adotado é feito por no mínimo 4 hastes interligadas por meio cabo de cobre nu de seção mínima de 50 mm² ou aço cobreado 2 AWG, conforme *NBR 15751 - Sistemas de Aterramento de Subestações*.”

3.1.2.8 Definição do Sistema de Medição de Energia Elétrica

De acordo com o item 7.11.1, da *DIS-NOR-036*, o sistema de medição em subestação aérea (Simplificada) deve ser instalado no circuito secundário dos transformadores de forma direta ou indireta com três transformadores de corrente, medidor e chave de aferição, de acordo com as características da SE. Esses componentes devem ser instalados em uma mureta de alvenaria, junto ao poste do Transformador.

Foi realizado o dimensionamento seguindo o pedido da norma no item 7.11.5, logo, uma consulta ao *Quadro 1 - Tipos dos Medidores Utilizados em Subestações Simplificadas* foi realizada, e, portanto, verificou-se que para a subestação desse trabalho, os Transformadores de corrente (TC) devem ter relação de transformação de 200/5, e o Medidor a ser utilizado será um Multifásico (3 Fases) para tensão 220/380 V, 2,5/10 A, 3 Elementos de medição. E a Quadro de medição e proteção normatizado para esse tipo de sistema de medição é o tipo F4, indicado para Medição Indireta em BT para Uso Externo, conforme a norma *DIS-ETE-145 - Caixas para Medição de Energia Elétrica de Unidades Consumidoras, da Neoenergia (2022)*.

3.1.3 Especificação técnica dos componentes

3.1.3.1 Especificação dos componentes dimensionados

O **Apêndice A** apresenta a Tabela de Especificação dos Componentes Dimensionados, contendo as principais informações técnicas dos elementos que compõem a subestação simplificada projetada. A seleção dos componentes foi realizada com base nas exigências normativas da *DIS-NOR-036* da Neoenergia Pernambuco.

A tabela consolida de forma clara as características construtivas, elétricas e mecânicas de dispositivos essenciais, como transformador, disjuntor, chave fusível, para-raios, cabos, sistema de aterramento e medição. Essa organização tem como finalidade facilitar a verificação e conformidade técnica dos componentes dimensionados.

3.1.3.2 Lista de materiais completa

Para que o projeto da subestação aérea esteja devidamente completo e apto para execução, é necessário considerar, além dos componentes essenciais dimensionados nas etapas anteriores, uma série de materiais complementares que compõem a estrutura física e os elementos de montagem da instalação. Com base nos layouts de referência disponibilizados pela própria concessionária, como o apresentado na *Figura 16 – Posto de Transformação em Poste 13,8 kV (Medição Indireta)* da *DIS-NOR-036*, são identificados diversos itens adicionais fundamentais. Entre eles, destacam-se: estruturas metálicas de rede, suportes para transformador, cruzetas, ancoragens com isoladores de suspensão, conectores terminais, parafusos, abraçadeiras, suportes para chaves fusíveis, além de condutores de

interligação e acessórios de conexão. A relação completa desses materiais encontra-se no **Apêndice B – Relação de Materiais**.

3.2 AutoDesk Revit MEP

3.2.1 Visão geral do programa

O Revit é um software desenvolvido pela Autodesk voltado para a modelagem 3D de construções e infraestrutura, sendo amplamente utilizado no setor da engenharia civil. Sua versão especializada, o Revit MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing), oferece recursos específicos para as disciplinas de mecânica, elétrica e hidráulica, o que tem contribuído para sua crescente adoção no mercado de projetos. No contexto deste trabalho, o Revit MEP foi utilizado como ferramenta principal para a representação gráfica e tridimensional da subestação.

O uso do Revit MEP possibilita não apenas a criação de vistas 2D e 3D, mas também o gerenciamento de parâmetros físicos, elétricos e funcionais dos componentes, garantindo maior controle e confiabilidade na documentação técnica. Além disso, o modelo facilita a identificação de interferências, o planejamento de instalações, e o uso de informações para manutenção futura.

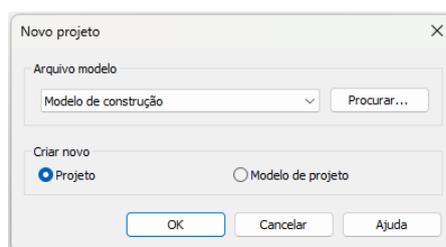
3.2.3 Conceitos fundamentais

Entre os principais conceitos aplicados estão, primordialmente o projeto, que consiste em um arquivo de trabalho, de extensão *.rvt*, onde o modelo escolhido é usado para criar a geometria, inserir famílias e modelar todo conteúdo do projeto.

Os modelos ou templates, de extensão *.rte*, funcionam como pontos de partida padronizados para criação de novos projetos, ele define estilos de linha, unidades de medida, estilos de texto, configurações de exibição e outros parâmetros. Além de ser carregados com famílias específicas para determinada área, como no caso deste trabalho, em que o template desenvolvido é específico para elétrica, porém com famílias complementares, visto que o modelo de elétrica básico do Revit não engloba os elementos de uma subestação.

No ambiente gráfico do Revit, ao clicar em Novo projeto, ver Figura 3, temos as opções de criar um projeto ou Modelo de projeto, tendo as opções de modelos como ponto de partida do projeto ou template, nas seguintes categorias: Construção, arquitetura, estrutural, mecânico, sistemas, elétrico e hidráulica.

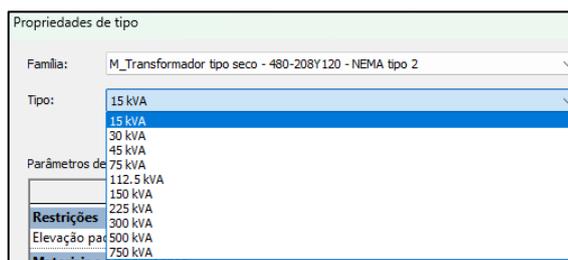
Figura 3 – Janela de Novo projeto na interface do AutoDesk Revit.



Fonte: Própria (2025).

As famílias, de extensão *.rfa*, que são os elementos parametrizados como transformadores, eletrodutos, caixas de medição, etc.; Outro conceito importante é que famílias podem ter um ou mais tipos, os tipos representam variações dentro de uma mesma família, por exemplo, potências diferentes de um mesmo modelo de transformador como apresenta a Figura 4, que mostra as propriedades de uma família de um transformador trifásico, extraído do modelo elétrico básico do Revit.

Figura 4 – Janela de Propriedades de tipo de uma família de transformador.



Fonte: Própria (2025).

3.3 Desenvolvimento do template no Revit

O primeiro passo para a construção do template (modelo), que serviu como base para o desenvolvimento do projeto da subestação simplificada aérea, foi a modelagem das famílias. Inicialmente, foi realizada a identificação dos elementos que não estavam disponíveis nas bibliotecas padrão do software e que, portanto, exigiam modelagem própria. Considerando que este tipo de projeto envolve alguns componentes muito específicos da engenharia elétrica, os quais não estão contemplados nas famílias padrão do modelo elétrico do software, foi necessário desenvolver todos os componentes do projeto.

3.3.1 Procedimentos de criação de famílias

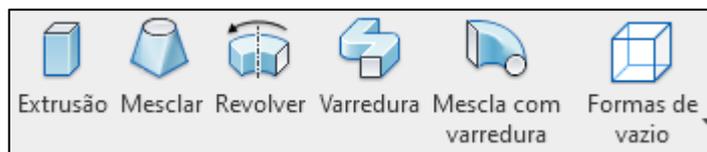
Ao iniciar a criação de uma nova família no Autodesk Revit, foi necessário selecionar um arquivo de modelo de família (*.rft*), que contém configurações e categorias pré-definidas, otimizando a criação de determinados tipos de elementos. Como o objetivo deste trabalho foi modelar os equipamentos de forma tridimensional e em escala real, optou-se pela utilização do modelo Métrico Genérico, adequado para geometrias em unidades métricas. Com base nesse modelo e utilizando as ferramentas descritas a seguir, foi possível construir todas as famílias representativas dos componentes utilizados no projeto, listados no **Apêndice B – Relação de Materiais**.

3.3.1.1 Ferramentas básicas

Durante o processo de modelagem das famílias, foram empregadas as ferramentas básicas disponíveis no ambiente de criação do Revit. Entre elas, destacaram-se os planos de referência, utilizados para definir os limites e o

alinhamento das geometrias, as cotas, que permitiram controlar as dimensões dos elementos; e os tipos de formas sólidas e vazadas (extrusão, revolução, varredura e mistura), aplicadas na construção das geometrias 3D, ver Figura 5.

Figura 5 – Ferramentas de criação de formas geométricas do AutoDesk Revit.



Fonte: Própria (2025).

3.3.1.2 Metodologia de criação de famílias

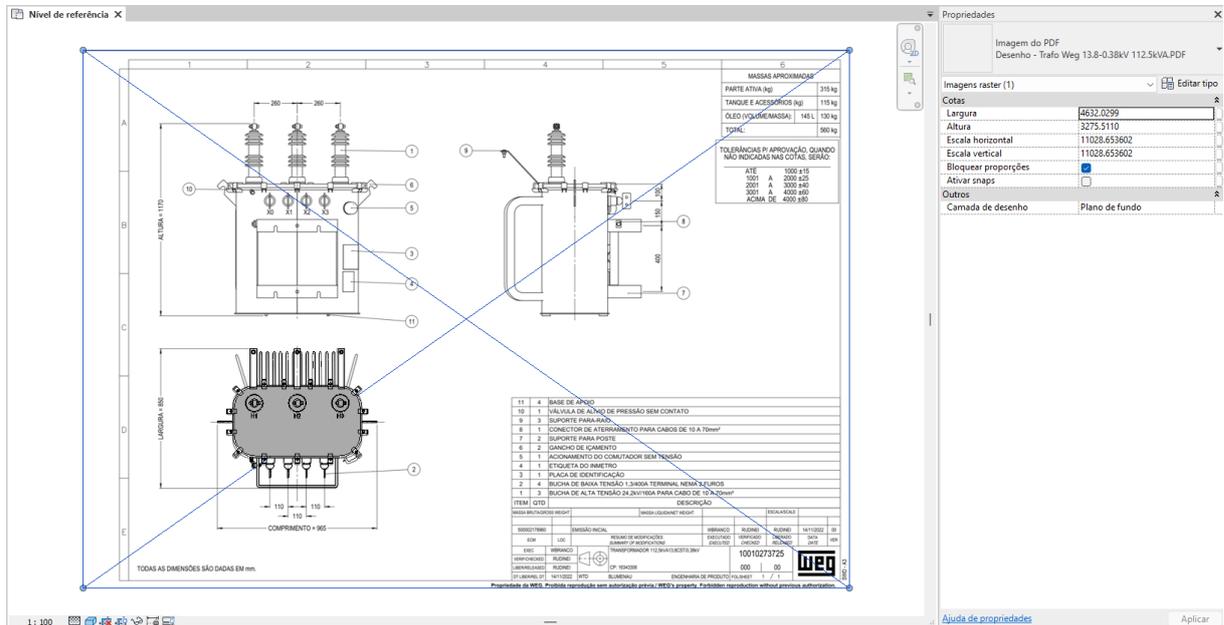
Para o desenvolvimento das famílias, foi necessário, primordialmente, fazer o levantamento o do componente a ser modelado, reunir o máximo de informações possíveis, de forma que tudo esteja coerente com o projeto. Neste caso, já temos a relação dos componentes dimensionados no **Apêndice A** e os materiais gerais que se encontram no **Apêndice B**, as informações contidas na lista são de grande importância para dar o passo inicial rumo a elaboração das famílias. Pode-se tomar como exemplo o Transformador de potência, consultando o Apêndice A, temos que o equipamento possui as seguintes características: *Trifásico; Tensão primária/secundária: 13,8kV / 380V; Frequência: 60 Hz; Grupo de ligação: Dyn1; Potência nominal: 112,5 kVA;*

A partir dos dados iniciais da família, deve-se obter informações técnicas sobre a construção e dimensões desse equipamento ou material, isso pode ser obtido em catálogos técnicos, datasheets (folhas de dados), folhas de desenho e normas aplicáveis, a fim de garantir a fidelidade dimensional e funcional das famílias.

Com as características do transformador de potência definidas, foi possível realizar a pesquisa e identificar um modelo compatível com as especificações do projeto, entre os principais fabricantes disponíveis no mercado. Neste trabalho, optou-se pela marca WEG, amplamente reconhecida e consolidada no setor de engenharia elétrica, cujo modelo selecionado atendia plenamente aos requisitos nominais do transformador dimensionado. A folha de desenho do transformador foi obtida diretamente no site do fabricante, correspondente ao modelo específico utilizado neste projeto.

Com base nisso, foi possível prosseguir para a criação do arquivo da família e iniciar a modelagem. Para isso, acessou-se o menu inicial do Revit e selecionou-se a opção *Nova Família*, utilizando o modelo *Métrico Genérico*, conforme já descrito no início deste capítulo. A partir dessa etapa, a modelagem foi iniciada. Uma técnica simples para iniciar, foi a inserção do próprio PDF da folha de desenho no plano do nível de referência da família, é necessário ajustar a escala. Esse recurso serviu como base para o croqui inicial, permitindo verificar se as dimensões estavam fiéis as do equipamento real, para visualizar este método, veja a Figura a seguir.

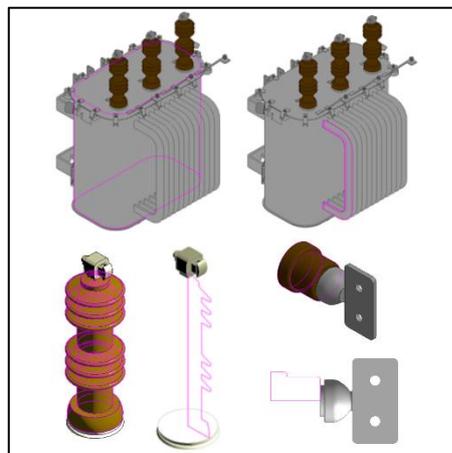
Figura 6 – Folha de desenho do equipamento inserido no plano de referência da família em desenvolvimento no AutoDesk Revit.



Fonte: Própria (2025).

Na sequência, foi necessário identificar quais ferramentas do Revit seriam mais adequadas para modelar cada parte do equipamento. Tomando como exemplo o transformador, observou-se que a ferramenta *extrusão* era a mais indicada para a criação do tanque principal, onde se localiza o núcleo e os enrolamentos. Os radiadores foram modelados por meio da ferramenta de *varredura*, enquanto as buchas de alta e baixa tensão foram construídas com a ferramenta *revolução* (revolve) e seus terminais com extrusões simples. Veja a Figura a seguir.

Figura 7 – Exemplos das ferramentas utilizadas para construção da família do transformador no AutoDesk Revit.

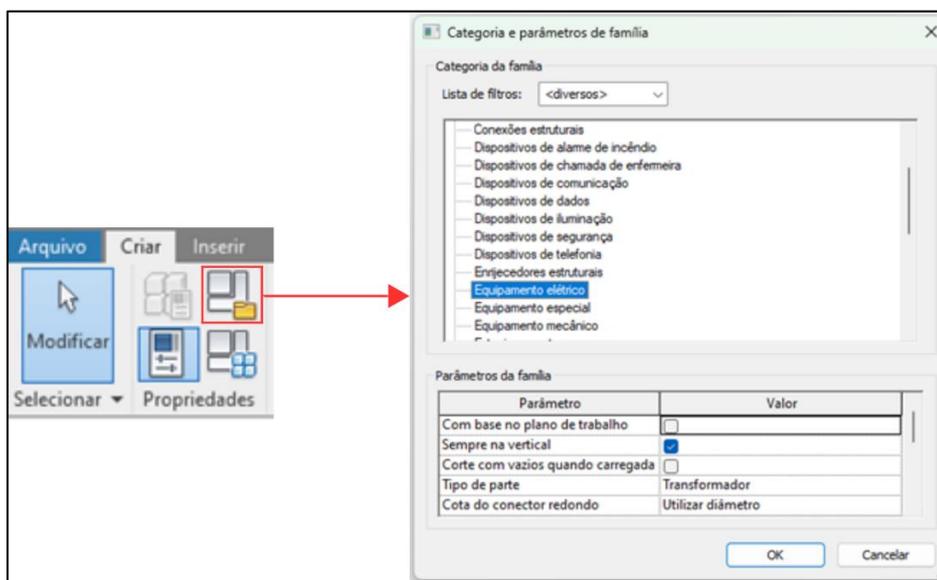


Fonte: Própria (2025).

Contudo, observou-se que cada equipamento ou família modelada possui suas particularidades geométricas. Por isso, é necessário analisar o esboço com atenção para definir qual ferramenta é mais adequada. Para objetos com geometria simples em formato de cubo, a *extrusão* é a ferramenta mais indicada. Elementos com geometria que percorre um trajeto contínuo, com um início e um fim definidos, podem ser construídos com *varredura*. Caso essa forma inicial varie para outra ao longo do caminho, é possível utilizar a *varredura com mescla*. Já para objetos cilíndricos ou simétricos em torno de um eixo, a ferramenta mais apropriada é a *revolução*.

Após as modelagens, foram atribuídos materiais às superfícies dos objetos para fins de organização visual, os materiais podem ser visualizados em *Materiais* na guia *Gerenciar*, a biblioteca do Revit possui inúmeros tipos de materiais e diversas variações de acabamentos. Também foi realizada a categorização das famílias, foram inseridas nas categorias apropriadas, como "Equipamento Elétrico", "Equipamento Especial", "Equipamento Mecânico", "Modelos Genéricos" entre outros, conforme o tipo de elemento representado, isso ajuda na inserção da família nos projetos, e a realçar os objetos de uma mesma categoria em uma vista específica daquela área. Ao clicar no item *Categoria e parâmetros de família* na interface do Revit, área destacada na Figura a seguir, é aberto a janela de configuração de categoria da família, no exemplo em questão, o transformador foi categorizado para a família Equipamento Elétrico, assim como o Painel metálico para medição e proteção, Chave fusível, Para-Raios e outros.

Figura 8 – Configuração de categoria e parâmetros de família no Revit.



Fonte: Própria (2025).

Por fim, as famílias foram nomeadas de forma padronizada, facilitando sua identificação. Todas foram salvas em uma biblioteca específica do projeto e

organizadas conforme o tipo de componente, contribuindo para a consistência e rastreabilidade do modelo geral.

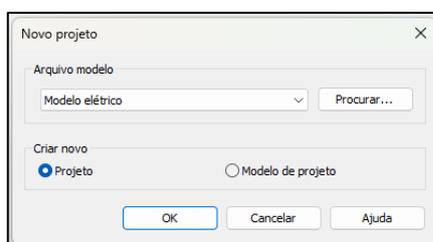
3.3.2 Procedimentos de criação do Template do Projeto

A etapa a seguir descreve os procedimentos adotados para a configuração inicial, desenvolvimento e montagem geral do projeto.

3.3.2.1 Configuração do Template do projeto e Carregamento das Famílias

Para o início da configuração do template no Revit, foi selecionada a opção Novo Projeto na tela inicial do software (Figura 9). A partir dessa ação, foi criado um novo arquivo utilizando o Modelo Elétrico padrão disponibilizado pelo próprio Revit. Esse template foi escolhido por apresentar configurações pré-definidas voltadas para a disciplina elétrica, incluindo categorias específicas, estilos de objetos, simbologias técnicas e ajustes gráficos adequados ao desenvolvimento do projeto.

Figura 9 – Configuração ao criar o Template na janela “Novo projeto” do Revit.

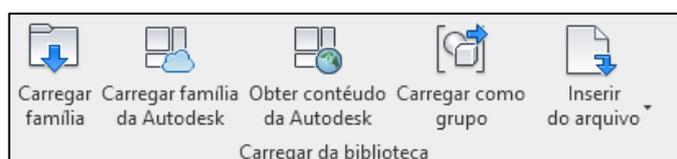


Fonte: Própria (2025).

Após a abertura do arquivo do template, foram realizados os carregamentos das famílias previamente desenvolvidas e salvas em arquivos com extensão *.rfa*. O carregamento consiste na ação de importar os arquivos das famílias para o modelo de projeto com extensão *.rvt*, de forma permanente.

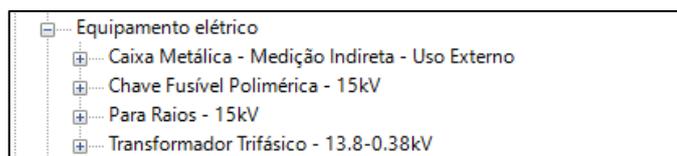
Esse processo foi feito manualmente, com o arquivo do projeto aberto. A partir do menu *Inserir*, selecionou-se a opção *Carregar Família*, conforme ilustrado na Figura 10. Em seguida, foram escolhidos os arquivos correspondentes às famílias criadas. Após o carregamento, as famílias passaram a estar disponíveis para inserção no modelo, podendo ser acessadas diretamente pelo *Navegador de Projeto* (Figura 11) ou por meio dos menus de *Inserir Equipamentos*.

Figura 10 – Carregamento de famílias desenvolvidas no projeto.



Fonte: Própria (2025).

Figura 11 – Carregamento de famílias desenvolvidas no projeto pelo navegador de projeto.



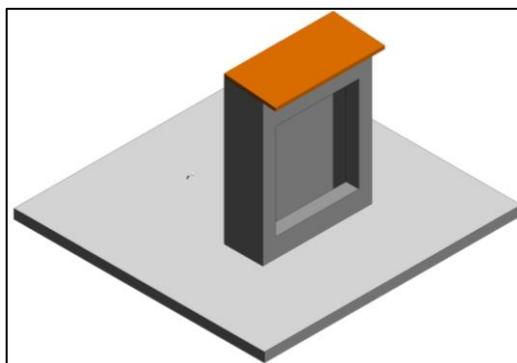
Fonte: Própria (2025).

3.3.2.2 Modelagem da alvenaria da SE aérea

O passo seguinte foi realizado considerando o contexto geral do template da subestação aérea. Para que a montagem e o posicionamento dos componentes ocorressem de forma adequada, foi necessário desenvolver um projeto base do tipo *construtivo/arquitetônico*, que posteriormente foi vinculado ao projeto principal. Esse modelo de apoio serviu como referência para o posicionamento correto dos equipamentos, conforme o layout eletromecânico definido na norma *DIS-NOR-036*.

Foi criado um piso com dimensões de 4 x 4 metros, valor suficiente para acomodar as hastes de aterramento espaçadas a 3 metros entre si. Com base nas exigências normativas, foi modelada uma mureta destinada à instalação da caixa de medição e proteção junto ao poste do transformador. Utilizando a ferramenta Parede do Revit, a mureta foi criada com 2,2 metros de altura, na base frontal do telhado e uma abertura de 1,5 x 1,3 metros, posicionada a 0,3 metros do chão, de modo a garantir que a altura do piso ao topo da caixa metálica (modelo tipo F4) ficasse próxima de 1,8 metros.

Figura 12 – Projeto da alvenaria da Subestação Aérea com modelo arquitetônico.



Fonte: Própria (2025).

Com a mureta e o piso da área de instalação devidamente modelados, o projeto principal ficou preparado para o início da montagem. A partir da vinculação desse arquivo base ao Template do projeto, processo que pode ser efetuado em *Vínculo do Revit* no menu *Inserir*, foi possível dar continuidade à composição da subestação como um todo, garantindo o posicionamento adequado dos elementos conforme o layout previsto.

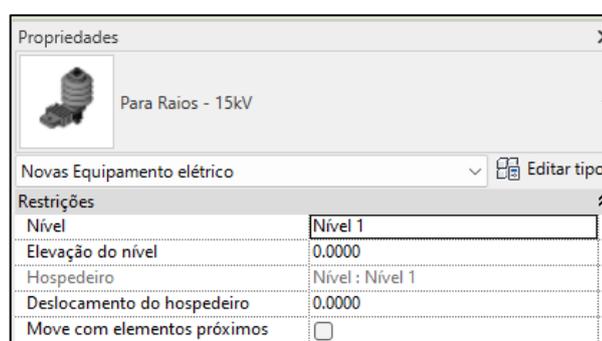
3.3.2.3 Posicionamento das famílias no Template do Projeto

Após o carregamento das famílias no arquivo principal, iniciou-se o processo de posicionamento dos componentes no modelo da subestação. A inserção foi realizada com base no layout eletromecânico definido pela norma *DIS-NOR-036*

onde mostra a *Figura 16 – Posto de Transformação em Poste 13,8 kV (Medição Indireta)*, utilizando como referência o vínculo do arquivo com a mureta e o piso previamente modelados. Os elementos foram alocados diretamente a partir do navegador de projeto.

Com o Navegador de Projeto e a planta de piso abertos na janela de trabalho, a inserção das famílias no modelo foi realizada arrastando os elementos diretamente do navegador para a área de desenho, posicionando-os conforme os espaçamentos mínimos exigidos pelo layout de referência da norma *DIS-NOR-036*. Antes da inserção, recomendou-se ajustar a elevação do objeto em relação ao seu plano hospedeiro, de modo a evitar desalinhamentos. Durante o posicionamento, a janela de propriedades permaneceu ativa, possibilitando a edição dos parâmetros de Nível e Elevação do componente, conforme ilustrado na *Figura 13*.

Figura 13 – Inserção de família e configuração de elevação em relação ao Nível.



Fonte: Própria (2025).

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da modelagem em BIM da subestação simplificada aérea, com foco na organização e funcionalidade da biblioteca de famílias desenvolvidas. As famílias foram criadas com base nas necessidades do projeto elétrico e estrutural, considerando as exigências normativas e as características dos componentes dimensionados na metodologia.

Além da construção geométrica, buscou-se garantir o correto enquadramento das famílias nas categorias adequadas do Revit, o que proporcionou melhor controle da visibilidade, organização do navegador de projeto, compatibilidade com templates de vista e automatização de filtros gráficos. A seguir, são apresentadas as categorias adotadas, bem como a relação e descrição das famílias criadas para cada uma delas.

4.1 Apresentação da Biblioteca

A biblioteca desenvolvida neste trabalho foi organizada a partir da categorização funcional das famílias no Autodesk Revit, com o objetivo de otimizar o desempenho do modelo e facilitar a navegação entre os elementos da subestação. As categorias atribuídas às famílias foram selecionadas de acordo com a função de cada

componente dentro da instalação, o que permitiu aplicar filtros de vista, templates específicos e organização hierárquica no navegador de projeto.

Essa categorização técnica também foi importante para o posicionamento correto dos elementos no ambiente de modelagem, respeitando os planos de trabalho, os níveis e a associação entre disciplinas. A seguir, são detalhadas as principais famílias desenvolvidas, organizadas nas categorias: Equipamento Mecânico, Equipamento Elétrico e Equipamento Especial.

4.1.1 Famílias categorizadas como Equipamento Mecânico

As famílias enquadradas como Equipamento Mecânico correspondem aos elementos estruturais e de suporte mecânico da subestação, incluindo o poste, as estruturas de rede e os acessórios de fixação e ancoragem. Esses componentes foram fundamentais para representar a infraestrutura de sustentação do transformador e dos dispositivos instalados em média tensão.

O poste modelado seguiu as dimensões definidas no item 3.1.2.2 da metodologia, enquanto a estrutura de rede foi baseada no padrão da Rede Compacta conforme a norma *DIS-NOR-013*, utilizando a estrutura CE3, indicada para fim de rede em instalações com transformadores de consumidores.

Famílias desenvolvidas para esta categoria:

- Poste de concreto DT 11 m 600 daN
- Cruzeta de concreto

Estrutura CE3 (família pai):

- Braço C para rede compacta
- Cantoneira auxiliar para Braço C – 65x65x900 mm
- Parafusos M16 (quadrado e abaulado, com diferentes comprimentos)
- Olhal para Parafuso M16 – 5000 daN
- Manilha torcida 16 mm – 5000 daN

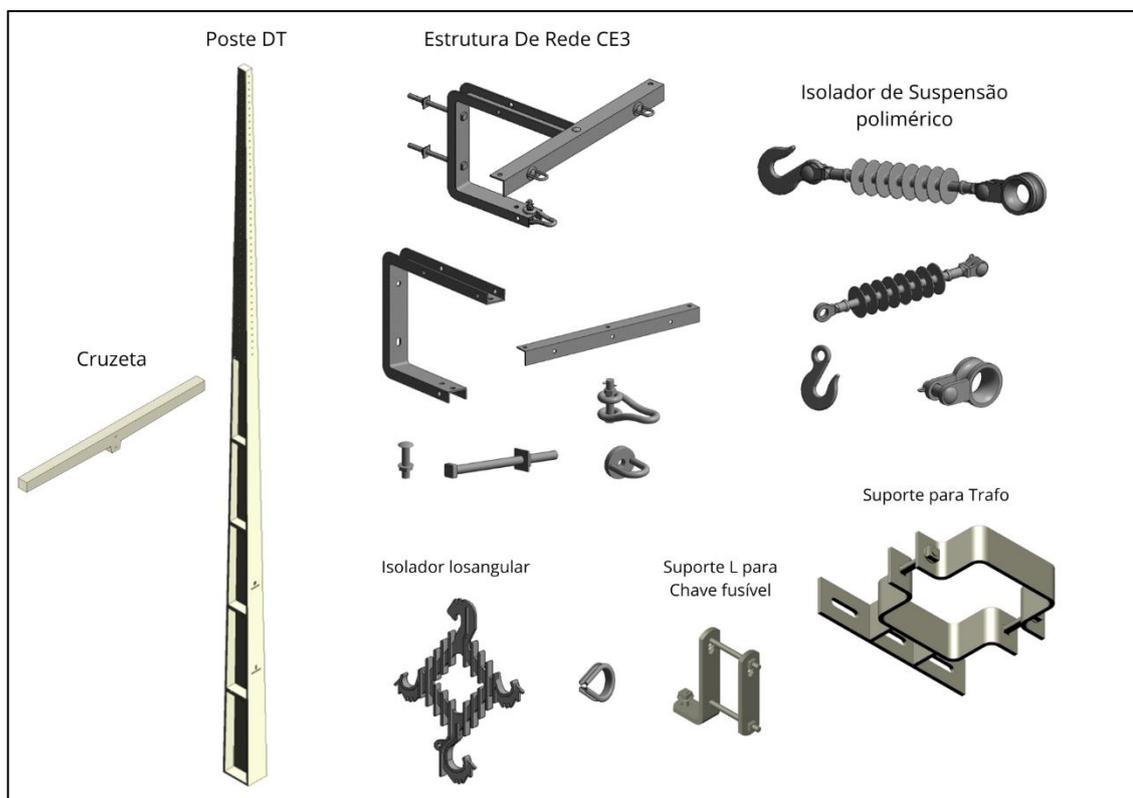
Isolador de Suspensão 15kV (família pai):

- Gancho para isolador de suspensão polimérico
- Isolador de suspensão polimérico – 50 kN
- Manilha sapatilha – 50 kN

Outros componentes mecânicos:

- Isolador espaçador losangular – 15 kV
- Sapatilha para cabo 9,5 mm (para cabo mensageiro)
- Suporte para transformador em poste DT
- Suporte L para chave fusível

Figura 14 – Famílias desenvolvidas para categoria Equipamento Mecânico.



Fonte: Própria (2025).

4.1.2 Famílias categorizadas como Equipamento Elétrico

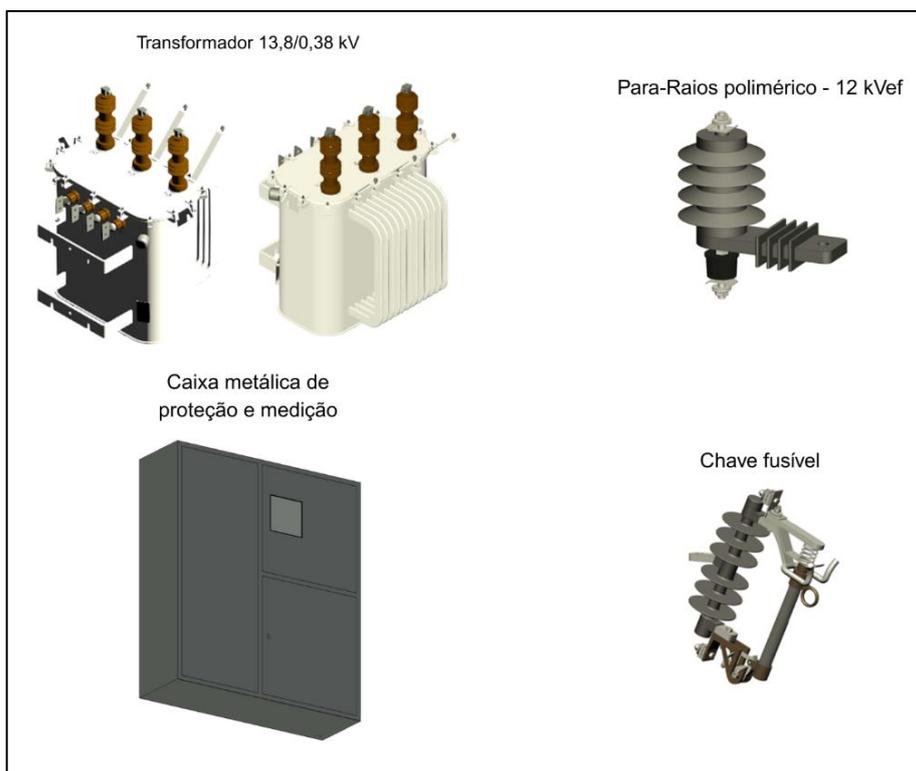
As famílias classificadas como Equipamento Elétrico representam os principais dispositivos operacionais da subestação, responsáveis pela transformação da tensão, proteção e medição da energia elétrica. Essas famílias foram modeladas com base nas dimensões reais de equipamentos amplamente utilizados no setor, conforme catálogos técnicos e referências normativas.

A correta categorização desses elementos como “Equipamento Elétrico” no Revit facilitou a visualização em plantas específicas da disciplina elétrica, bem como o controle de interferências e o uso de simbologias compatíveis com os padrões técnicos da plataforma.

Famílias desenvolvidas para esta categoria:

- Transformador 13,8/0,38 kV – 112,5 kVA
- Chave fusível – 15 kV / 300 A
- Para-raios polimérico – 12 kVef
- Caixa metálica para medição e proteção – Tipo F4

Figura 15 – Famílias desenvolvidas para categoria Equipamento Mecânico.



Fonte: Própria (2025).

4.1.3 Famílias categorizadas como Equipamento Especial

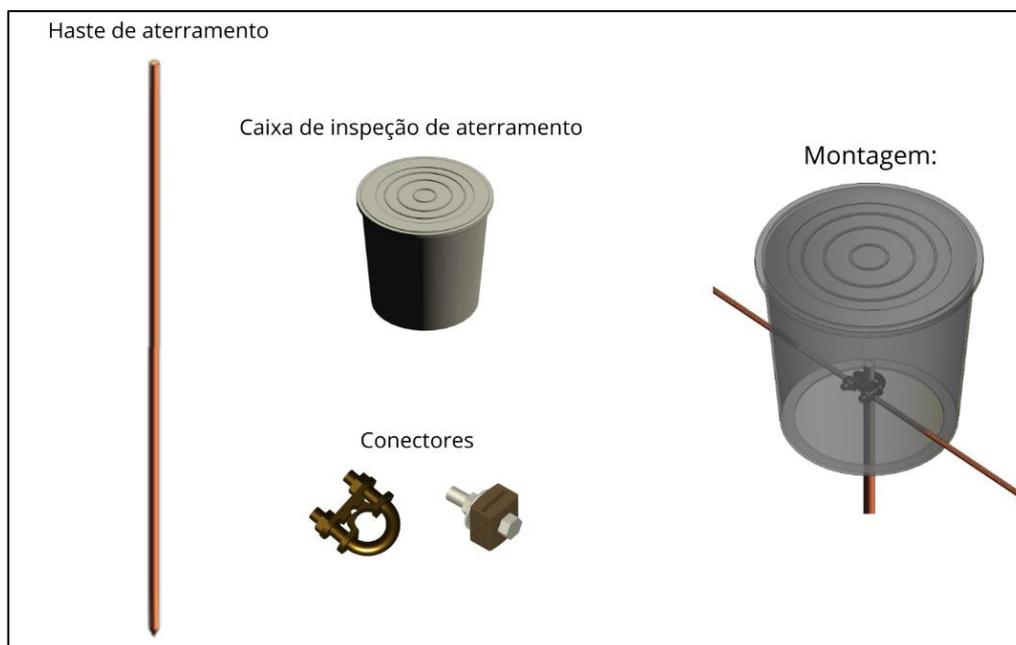
A categoria Equipamento Especial foi atribuída aos componentes do sistema de aterramento da subestação, bem como aos cabos e conexões associados a essa função. Embora esses elementos também façam parte da instalação elétrica, sua função específica de proteção e equipotencialização justificou o uso de uma categoria distinta no Revit.

Essa decisão técnica permitiu aplicar filtros de vista exclusivos para as malhas de aterramento e realizar testes visuais de compatibilidade e interferência com maior clareza, sobretudo nas vistas em corte e nas isométricas.

Famílias desenvolvidas para esta categoria:

- Cabo de cobre nu – 50 mm²
- Haste de aterramento copperweld – Ø5/8" x 2,4 m
- Caixa de inspeção para aterramento – PVC 300 x 300 mm
- Conectores, exemplos: GTDU – haste x cabo, Conector derivação tipo paralelo e outros conectores diversos.
- Conectores diversos.

Figura 16 – Famílias desenvolvidas para categoria Equipamento Mecânico.



Fonte: Própria (2025).

4.2 Vistas e Prancha final do projeto

Este item apresenta as vistas técnicas extraídas do modelo BIM da subestação, configuradas para garantir a representação precisa dos elementos e atender aos critérios mínimos de um projeto eletromecânico. As vistas foram organizadas conforme as boas práticas de modelagem e detalhamento no Autodesk Revit, utilizando níveis de detalhamento adequados e padrões gráficos coerentes com os objetivos do projeto. Ao final, é apresentada a prancha final do projeto, disponível no **Apêndice C – Projeto de Subestação Aérea de 112,5 kVA**.

4.2.1 Vistas geradas e configurações aplicadas

Foram criadas as **vistas superior, frontal e lateral**, consideradas essenciais para a documentação de um projeto eletromecânico de subestação. Essas vistas foram extraídas a partir do *modelo de coordenação*, com todas as categorias e famílias visíveis, permitindo a visualização integrada entre os componentes mecânicos, elétricos, especiais e estruturais.

As vistas foram configuradas no nível de *detalhe “Alto”* e com estilo visual *“Realista”*, a fim de garantir a máxima qualidade gráfica e clareza na representação dos elementos. Nas vistas principais, foram inseridas as cotas técnicas obrigatórias, contemplando:

- Distância entre a estrutura de rede e o solo;

- Altura da saída de baixa tensão;
- Espaçamento entre as chaves fusíveis;
- Espaçamento entre as hastes de aterramento;
- Altura do topo da caixa metálica em relação ao piso;
- Outras dimensões relevantes para a execução e fiscalização da obra.

Vistas específicas, como a da malha de aterramento, exigiram o uso de *filtros de visualização e sobreposição de gráficos* para destacar apenas os elementos do sistema de aterramento, proporcionando maior clareza técnica.

Além das vistas ortogonais, foi adicionada uma vista 3D isométrica com o objetivo de fornecer uma concepção visual mais ampla e intuitiva do projeto. Essa vista facilitou a compreensão geral da montagem, destacando a disposição dos componentes, os pontos de conexão entre os sistemas e o contexto espacial da área de instalação.

4.2.2 Prancha final do projeto (Apêndice C)

A prancha final foi elaborada no formato A1, com carimbo técnico conforme a norma da ABNT NBR 10068 - *Folha de desenho - Leiute e dimensões (1987)*, garantindo padronização na apresentação dos desenhos. As vistas principais superior, frontal, lateral e isométrica 3D foram posicionadas na parte superior da folha, proporcionando uma leitura sequencial da estrutura da subestação.

Na parte inferior, foram incluídos detalhes adicionais, como:

- O diagrama unifilar, com as informações técnicas dos equipamentos utilizados;
- A legenda dos itens numerados nas vistas, relacionando os componentes com suas respectivas famílias e funções no projeto.

Essa prancha consolida graficamente os resultados do trabalho e pode ser utilizada como base de documentação técnica em projetos reais de subestação simplificada aérea.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um template para subestação elétrica aérea utilizando a plataforma Autodesk Revit, com base na metodologia BIM e alinhado às exigências normativas da concessionária Neoenergia Pernambuco. A partir da contextualização sobre a crescente demanda energética e a importância das subestações no Sistema Elétrico de Potência (SEP), demonstrou-se a relevância da aplicação de ferramentas modernas de projeto, como o BIM, para garantir maior eficiência, padronização e integração multidisciplinar.

A metodologia adotada contemplou o dimensionamento completo da subestação com base na norma *DIS-NOR-036*, envolvendo cálculo de demanda, escolha e especificação dos componentes, bem como o desenvolvimento e categorização das famílias no Revit. As etapas foram organizadas de forma sistemática, partindo da definição das premissas do projeto até a criação das vistas e montagem da prancha final. Todo o processo foi fundamentado em dados técnicos, normas e catálogos de fabricantes, garantindo a fidelidade das representações e a conformidade com os critérios exigidos.

Como principal resultado, foi construída uma biblioteca de famílias parametrizadas e organizadas por categorias funcionais, o que facilitou a montagem do modelo e a aplicação de filtros gráficos, proporcionando uma visualização clara e eficiente do projeto. O template desenvolvido viabiliza a padronização de projetos semelhantes, reduz retrabalho e torna-se uma ferramenta estratégica para projetistas e engenheiros que atuam com subestações simplificadas. A prancha final apresenta, de forma consolidada, todos os elementos do projeto, servindo como documentação técnica válida para estudos, aprovações e futuras implantações.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre a metodologia BIM e os requisitos técnicos de subestações simplificadas é plenamente viável e vantajosa, abrindo espaço para sua aplicação em escala maior no setor de engenharia elétrica, especialmente em ambientes que buscam maior qualidade e precisão nos processos de projeto e execução.

6 REFERÊNCIAS

- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Boletim Trimestral de Consumo de Eletricidade**: ANO V, Número 18, 2º trimestre de 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2024.
- BARROS, B. F. de; GEDRA, R. L. **Cabine primária: subestações de alta tensão de consumidor**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2009.
- FILHO, João Mamede. **Subestações de alta tensão**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
- FILHO, João Mamede. **Instalações elétricas industriais**: de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- NEOENERGIA PERNAMBUCO. **Fornecimento de energia elétrica em média tensão de distribuição à edificação individual**. Recife: Neoenergia, 2022.
- NEOENERGIA PERNAMBUCO. **Fornecimento de energia elétrica a edificações com múltiplas unidades consumidoras até 34,5 kV**. Recife: Neoenergia, 2022.
- NEOENERGIA PERNAMBUCO. **Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição a edificações individuais**. Recife: Neoenergia, 2024.
- NEOENERGIA PERNAMBUCO. **Postes de concreto armado para redes de distribuição**. Recife: Neoenergia, 2019.
- NEOENERGIA PERNAMBUCO. **Projeto de rede de distribuição aérea compacta**. Recife: Neoenergia, 2023.
- NEOENERGIA PERNAMBUCO. **Critérios para elaboração de projetos de rede de distribuição aérea**. Recife: Neoenergia, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2004**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, ABNT, 2004.
- NEOENERGIA PERNAMBUCO. **Caixas para medição de energia elétrica de unidades consumidoras**. Recife: Neoenergia, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10068:1987**: desenho técnico: requisitos para apresentação em folhas de desenho. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

APÊNDICE A – TABELA DE ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DIMENSIONADOS

ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DIMENSIONADOS		
Componente	Características	Especificações
Transformador de Potência	Transformador para instalação ao tempo, Refrigeração ONAN (Oléo natural, Ar Natural).	Trifásico; Tensão primária/secundária: 13,8kV / 380V; Frequência: 60 Hz; Grupo de ligação: Dyn1; Potência nominal: 112,5 kVA;
Poste da Subestação	Poste de Concreto, Duplo T (DT),	Carga nominal: 600 daN, Altura: 11 m;
Chave fusível	Base tipo C, com corpo em material polimérico.	Tensão máxima de operação: 15 kV; Corrente nominal: 300 A; capacidade de interrupção simétrica/assimétrica: 7,1/10 kA; tensão suportável de impulso (NBI): 110 kV.
Porta fusível	Porta-fusível tipo cartucho, em material termofixo resistente à radiação UV.	Corrente nominal: 100 A; capacidade de interrupção assimétrica: 10 kA.
Elo fusível	Elemento de corte em liga de prata	Elo 5H (Corrente Nominal/Curva de interrupção).
Para-raios	Tipo válvula com desligador automático, de óxido de zinco (ZnO) sem centelhador, com corpo e suporte em material polimérico.	Tensão nominal: 12 kVef; Máxima tensão de operação contínua (Mcov): 10,2 kVef; Corrente nominal de descarga: 10 kA.
Disjuntor	Disjuntor caixa moldada tripolar	Disjuntor 175 A, capacidade de interrupção mínima: 30 kA em 240 Vac.
Sistema de Aterramento	Hastes copperweld, núcleo de aço carbono com revestimento de cobre eletrolítico; Cabos de Fios de cobre nu, com alta condutividade elétrica, Classe 2, Têmpera mole.	4x hastes de aterramento tipo copperweld (alta camada) de Ø5/8" x 2,4m + Cabo de cobre nu 50 mm ² + Conector grampo GTDU C-H 5/8".
Sistema de Medição	Transformadores de corrente encapsulados em resina epóxi; medidor digital.	Caixa Metálica para Medição Indireta em BT para Uso Externo (F4); TCs: 200/5; Medidor trifásico 220/380V, 2,5/10 A, 3 elementos.
Cabos do Ramal de Conexão Aéreo	15kV, Condutor com encordoamento Classe 2, 7 fios, Isolação em XLPE / 90°C e cobertura em PVC ST2.	Três Cabo de Alumínio Protegido - 3x35mm ² .
Cabos do Ramal de Entrada (BT)	1 kV, Condutor com encordoamento Classe 2, Cobre (Cu) com isolamento EPR/XLPE 90°C;	Cabos de Cobre - 3x70(35)mm ² , Três cabos de 70mm ² para os condutores de fase e 1 cabo de 35mm ² para o condutor de neutro.
Eletroduto do Ramal de Entrada (BT)	Eletroduto rígido de aço, Tipo médio, Acabamento galvanizado à fogo (imersão a quente);	Diâmetro nominal de Ø2" ou Ø50mm, parede de 0,90mm.

Fonte: Própria (2025).

APÊNDICE B – RELAÇÃO DE MATERIAIS

RELAÇÃO DE MATERIAIS				
Item	Quantidade	Unidade	Família	Categoria no Revit
1	4,00	Pç	Amarração de Cabos - Alça Pré-formada 7.9mm ²	Equipamento mecânico
2	3,00	Pç	Amarração de Eletroduto - Aço Zincado - D2.1mm	Equipamento mecânico
3	1,00	Pç	Arruela para eletroduto D20mm	Conexões do conduite
4	2,00	Pç	Arruela para eletroduto D50mm	Conexões do conduite
5	1,00	Pç	Bucha para eletroduto D20mm	Conexões do conduite
6	2,00	Pç	Bucha para eletroduto D50mm	Conexões do conduite
7	1,00	Pç	Cabeçote de Entrada de Energia	Equipamento especial
8	25,00	m	Cabo de Cobre Nu - 50mm ²	Equipamento especial
9	20,00	m	Cabo Mensageiro - Cabo de Aço 9.5mm ²	Equipamento mecânico
10	5,00	m	Cabo Protegido XLPE 15kV 10mm ²	Equipamento especial
11	12,00	m	Cabo Protegido XLPE 15kV 35mm ²	Equipamento especial
12	8,00	m	Cabos de Cobre 35mm ² , 1kV, Classe 2, isolamento EPR/XLPE 90°C, cor azul.	Equipamento especial
13	24,00	m	Cabos de Cobre 70mm ² , 1kV, Classe 2, isolamento EPR/XLPE 90°C, cor preta.	Equipamento especial
14	4,00	Pç	Caixa de inspeção de aterramento, de PVC 300mm	Equipamento especial
15	1,00	Pç	Caixa Metálica - Medição Indireta - Uso Externo	Equipamento elétrico
16	3,00	Pç	Chave Fusível Polimérica - 15kV	Equipamento elétrico
17	1,00	Pç	Conector de Derivação - Tipo Cunha	Equipamento especial
18	3,00	Pç	Conector de Derivação - Tipo Cunha com Estribo	Equipamento especial
19	1,00	Pç	Conector de Derivação - Tipo Paralelo - Bronze	Equipamento especial
20	5,00	Pç	Conector GTDU - Haste x Cabo	Equipamento especial
21	1,00	Pç	Conjunto de Estrutura CE3 - Fim de Rede - 15kV	Equipamento mecânico
22	1,00	Pç	Cruzeta de Concreto - Duplo T	Equipamento especial
23	4,00	Pç	Curva 90 - Eletroduto de Aço Galvanizado - Ø50mm	Conexões do conduite
24	1,00	Pç	Disjuntor 175 A, capacidade de interrupção mínima: 30 kA em 240 Vac.	Equipamento elétrico
25	6,00	m	Eletroduto Rígido de Aço Galvanizado - Ø50mm	Equipamento elétrico
26	3,00	Pç	Elo fusível 5H	Equipamento elétrico
27	1,00	Pç	Espaçador Losangular - Rede Compacta - 15kV	Equipamento especial
28	3,00	Pç	Grampo Linha Viva	Equipamento especial
29	4,00	Pç	Haste de Aterramento - Cobreada - Circular 16x2400mm	Equipamento especial
30	8,00	Pç	Luva roscável - Eletroduto de Aço Galvanizado - Ø50mm	Conexões do conduite
31	1,00	Pç	Medidor trifásico 220/380V, 2,5/10 A, 3 elementos.	Equipamento elétrico
32	1,00	Pç	Olhal para Parafuso - M16	Equipamento mecânico
33	3,00	Pç	Para Raios - 15kV	Equipamento elétrico

34	5,00	Pç	Parafuso - Quadrado - M16	Equipamento mecânico
35	3,00	Pç	Porta fusível 100 A, 10 kA.	Equipamento elétrico
36	1,00	Pç	Poste de Concreto - Duplo T - 11m - 600daN	Equipamento elétrico
37	1,00	Pç	Sapatilha para Cabo - 9.5mm ²	Equipamento mecânico
38	2,00	Pç	Suporte de Equipamentos - Poste de Concreto - Duplo T	Equipamento mecânico
39	3,00	Pç	Suporte L para Chave Fusível	Equipamento mecânico
40	7,00	Pç	Terminal Olhal - Para Condutores de 70mm ²	Equipamento especial
41	1,00	Pç	Terminal Sapata de Pressão - 16mm ²	Equipamento especial
42	1,00	Pç	Transformador Trifásico - 13.8-0.38kV, 112,5 kVA.	Equipamento elétrico

Fonte: Própria (2025).

APÊNDICE C – SUBESTAÇÃO ELÉTRICA AÉREA DE 112,5 KVA

