



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
M O N D L A N E

FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
TRABALHO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

PROJECTO DE UMA REDE DE MÉDIA E BAIXA TENSÃO
PARA O BAIRRO DE MUDISSA B, LOCALIZADO NO POSTO
ADMINISTRATIVO DE BELA VISTA, DISTRITO DE
MATUTUÍNE

Autor:

Cubi, Dércio Isafas

Supervisores:

Msc. Fernando Chachaia, Eng.º

Maputo, Novembro 2025



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
TRABALHO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

PROJECTO DE UMA REDE DE MÉDIA E BAIXA TENSÃO
PARA O BAIRRO DE MUDISSA B, LOCALIZADO NO POSTO
ADMINISTRATIVO DE BELA VISTA, DISTRITO DE
MATUTUÍNE

Autor:

Cubi, Dércio Isaías

Supervisores:

Msc. Fernando Chachaia, Eng.º

Maputo, Novembro 2025

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda a minha família, em especial à minha mãe, que, mesmo diante das adversidades, nunca deixou de acreditar em mim e prestou todo o tipo de apoio para a concretização deste sonho. É com profunda gratidão e muito amor que lhes dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar, antes de mais, o meu profundo agradecimento a Deus, pela dádiva da vida, pela saúde, pela força e pelo conhecimento que me concede a cada dia, permitindo-me superar desafios e concretizar os objectivos de cada etapa da minha vida.

À minha família, o meu obrigado do coração. Pelo amor incondicional, pelo apoio constante e pelo incentivo que nunca me faltou, vocês foram a base sólida sobre a qual pude construir este sonho.

Ao Eng.º Fernando Chachaia, pela disponibilidade e pelas valiosas dicas orientadoras. Aos demais docentes do Departamento de Engenharia Electrotécnica, agradeço a paciência, a dedicação e todos os ensinamentos transmitidos, que não só enriqueceram o meu percurso académico, como também me ajudaram a crescer enquanto pessoa.

Aos meus colegas e amigos, deixo a minha gratidão pelo companheirismo, pela motivação e pelas palavras de incentivo que tornaram esta jornada mais leve e memorável.

A todos os que, directa ou indirectamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo o meu sincero reconhecimento e gratidão.

RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo projectar de uma Rede de Distribuição de Média e Baixa Tensão para o Bairro de Mudissa B, situado no Posto Administrativo de Bela-Vista, Distrito de Matutuíne. A localidade caracteriza-se pela ausência de electrificação, condição que compromete o acesso a serviços essenciais, como iluminação pública, conservação de alimentos, actividades pedagógicas, serviços de saúde e o funcionamento do comércio local, afectando negativamente o desenvolvimento socioeconómico da comunidade.

Para responder a esta problemática, o relatório propõe a extensão da rede eléctrica ao bairro, contemplando uma abordagem metodológica que inclui: revisão bibliográfica, levantamento de dados para previsão de carga, dimensionamento das redes de Média e Baixa Tensão, selecção da solução técnica mais adequada com base em critérios de viabilidade económica e sustentabilidade, bem como a especificação dos materiais e a estimativa dos custos de implementação.

O estudo pretende conceber uma infraestrutura eléctrica eficiente, segura e tecnicamente robusta, contribuindo para a melhoria da qualidade do fornecimento de energia eléctrica e para o desenvolvimento social e económico da comunidade de Mudissa B.

Palavras-chave: Baixa Tensão; Energia Eléctrica; Média Tensão; Postos de Transformação; Redes de Distribuição

ABSTRACT

The present work aims to design a Medium and Low Voltage Distribution Network for the Mudissa B neighborhood, located in the Bela-Vista Administrative Post, Matutuíne District. The area is characterized by a lack of electrification, a condition that limits access to essential services such as public lighting, food preservation, educational activities, healthcare services, and the operation of local commerce, thereby negatively affecting the community's socioeconomic development.

To address this issue, the report proposes the extension of the electrical network to the neighborhood, adopting a methodological approach that includes: literature review, data collection for load forecasting, design and sizing of Medium and Low Voltage networks, selection of the most appropriate technical solution based on economic feasibility and sustainability criteria, as well as specification of materials and estimation of implementation costs.

The study aims to develop an efficient, safe, and technically robust electrical infrastructure, contributing to the improvement of electricity supply quality and to the social and economic development of the Mudissa B community.

Keywords: Low Voltage; Electrical Energy; Medium Voltage; Transformer Substations; Distribution Networks

INDICE

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Formulação do Problema.....	1
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Objectivos.....	2
1.4.1. Objectivo Principal.....	2
1.4.2. Objectivos específicos.....	2
1.5. Metodologia.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Electrificação Rural em Moçambique.....	4
2.2. Conceitos Fundamentais sobre Sistemas Eléctrico de Potência.....	4
2.3. Redes de Distribuição de Energia Eléctrica.....	5
2.3.1. Redes Aéreas.....	6
2.3.2. Redes Subterrâneas.....	7
2.4. Aspectos Fundamentais das Linhas de Distribuição.....	8
2.4.1. Redes Aérea de Média Tensão (MT) e Baixa Tensão (BT).....	8
2.4.2. Estrutura topológica de Rede de Distribuição.....	12
2.4.3. Posto de Transformação (PT).....	13
2.4.4. Características de uma Rede de Baixa Tensão.....	18
2.4.5. Construção da Rede Aérea de Baixa Tensão.....	21

3.	DIMENSIONAMENTO DE PROJECTO.....	25
3.1.	Localização e caracterização da área.....	25
3.2.	População e Demografia.....	25
3.3.	Infra-estrutura e Serviços Públicos.....	25
3.4.	Cálculo da Carga.....	26
3.4.1.	Cálculo da carga requerida nas casas.....	28
3.4.2.	Carga total das casas.....	33
3.4.3.	Cálculo da Potência requerida na Escola Primária.....	33
3.4.4.	Cálculo da potência das duas mercearias.....	34
3.4.5.	Cálculo da Potência das Electrobombas.....	35
3.4.6.	Cálculo da potência Iluminação Pública.....	35
3.4.7.	Potência do Sistema de Abastecimento de Água.....	35
3.4.8.	Carga total prevista no Bairro de Mudissa B.....	35
3.5.	Dimensionamento da Linha de Média Tensão.....	37
3.5.1.	Cálculo Eléctrico da Linha.....	37
3.5.2.	Determinação de secção dos condutores.....	37
3.5.3.	Verificação da Capacidade de curto Circuito.....	39
3.5.4.	Cálculo dos Parâmetros da linha.....	39
3.5.6.	Reactância da linha.....	40
3.5.7.	Impedância total da Linha.....	41
3.5.8.	Corrente de curto-circuito trifásica.....	41
3.5.9.	Verificação da condição de queda de tensão.....	42
3.5.10.	Cálculo Mecânico.....	43
3.5.11.	Verificação da flecha.....	43
3.5.12.	Cálculo da profundidade de encastramento do apoio.....	44
3.5.13.	Cálculo das espias.....	44
3.6.	Posto de Transformação.....	45
3.6.1.	Escolha do Transformador.....	45
3.6.2.	Cálculo da corrente e da potência de curto-circuito do Transformador....	46

3.6.3.	Protecção do Posto de Transformação.....	48
3.6.4.	Seleção do cabo alimentador do Quadro Geral de Baixa Tensão.....	50
3.6.5.	Seleção dos condutores das Saídas de Baixa Tensão.....	51
3.6.6.	Determinação das protecções do Secundário do PT.....	53
3.7.	Sistema de Aterramento e Segurança Eléctrica.....	54
3.7.1.	Estrutura e Separação das Terras.....	54
3.7.2.	Terra de Serviço.....	54
3.7.3.	Terra de Protecção.....	55
3.7.4.	Condutores de Terra.....	55
3.7.5.	Eléctrodos de Terra.....	55
3.8.	Proposta de Solução Técnica para a Electrificação da Área.....	56
3.9.	Especificação de técnica de Materiais.....	56
3.10.	Estimativa de Custos.....	57
3.10.1.	Fornecimento de materiais.....	57
3.10.2.	Custo Total do Projecto.....	58
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
4.1.	Conclusão.....	59
4.2.	Recomendações.....	59
5.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	61

LISTA DE SÍMBOLOS

HZ	Hertz
kA	Quilo Amperes
Kv	Quilo Volts
MVA	Mega Volts Amperes
HZ	Hertz
In	Intensidade de Corrente
A	Ampere
Sc	Potência de Carga
Sn	Potência Nominal
SNT	Potência Nominal do Transformador
mm	Milimetro
m	Metro
U	tensão
ΔU	Queda de Tensão
Hz	Hertz
L	Comprimento
ω	peso linear do condutor (N/m)
T	tracção no condutor (N)
ΔL	variação de comprimento (m)
ΔT	variação de temperatura (°C)
S_c	Potência de Carga (VA)
S_A	Potência Actual (VA)
α	Factor de Crescimento Annual
n	Período de avaliação de crescimento de carga (em anos)

ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ACSR	Condutor de Alumínio com Alma de Aço
ASEA	Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget (Companhia Eléctrica Sueca Geral)
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
EDM	Electricidade de Moçambique (EDM-EP)
FS	Factor de Simultaneidade
FUNAE	Fundo de Energia de Moçambique
In	Intensidade de Corrente nominal
kA	Quilo Amperes
kV	Quilo Volts
LA	Alumínio
MCCC	Método de Capacidade de Condução da Corrente
MT	Média Tensão
MVA	Mega Volts Amperes
ONAF	Óleo Natural, Ar Forçado
ONAN	Óleo Natural, Ar Natural
PS	Posto de Seccionamento
PT	Posto de Transformação
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RSIUEE	Regulamento Segurança Instalações de Utilização Energia Eléctrica
RSLEAT	Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão
RSRDEEBT	Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição Energia Eléctrica de Baixa Tensão
SE	Subestações Eléctricas
SEP	Sistemas Eléctrica de Potência
UEM	Universidade Eduardo Mondlane

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Rede de Distribuição aérea	7
Figura 2: Condutores enterrados em vala	8
Figura 3: Rede de Média Tensão	9
Figura 4: Condutor de Alumínio ACSR	10
Figura 5: Apoio de alinhamento	11
Figura 6: Apoio de derivação	11
Figura 7: Isolador Acoplável	12
Figura 8: Isolador não acoplável	12
Figura 9: Estrutura topológica da rede eléctrica	13
Figura 10: Esquema unifilar de um PT	14
Figura 11: Pará -raios de Distribuição montado em cruzeta	15
Figura 12: Chave fusível do Tipo pedestal	16
Figura 13: Transformador de Potência	17
Figura 14: Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)	18
Figura 15: Cabo em torçada	19
Figura 16: Pinça de Amarração	19
Figura 17: Pinça de Suspensão	20
Figura 18: Ligador de baixa tensão para cabo em torçada	21
Figura 19: Representação de uma Linha Curta	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões das casas do Tipo 1-Bairro de Mudissa B	28
Tabela 2: Dimensões dos compartimentos das casas do tipo 2	30
Tabela 3: Dimensões de compartimentos de uma casa do tipo 3.....	31
Tabela 4: Dimensões das componentes da escola	33
Tabela 5: Dimensões das mercearias	34
Tabela 6: Parametros da linha de MT	38
Tabela 7: Distância entre condutores.....	41
Tabela 8: Características do transformador	46
Tabela 9: Levantamento de Preços	57
Tabela 10: Todos os custos	Error! Bookmark not defined.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1. Introdução

No âmbito das iniciativas do Governo de Moçambique para o desenvolvimento socioeconómico do país, foi definido como um dos pilares estratégicos do sector de energia assegurar o acesso universal à energia eléctrica até ao ano de 2030. Nesta linha de actuação têm sido envidados esforços significativos com vista à electrificação progressiva das sedes dos Postos Administrativos em todo o território nacional.

Assim, esta iniciativa encontra-se actualmente numa fase avançada de implementação, estando em curso a expansão do acesso à energia eléctrica para as localidades que ainda não beneficiam deste serviço essencial, conforme o relatório de progresso dessa iniciativa governamental elaborado pela EDM. Entretanto, a electrificação destas zonas constitui um passo fundamental para a promoção do desenvolvimento local e fortalecimento da economia rural para a melhoria da qualidade de vida da população.

É neste contexto que se insere o presente projecto, cuja finalidade é elaborar um projecto da rede de media e baixa tensão para o Bairro de Mudissa B, localizado no Posto Administrativo de Bela-Vista, Distrito de Matutuíne, contribuindo deste modo para o alcance dos objectivos nacionais de acesso universal à electricidade.

1.2. Formulação do Problema

O acesso à energia eléctrica é um elemento essencial para o desenvolvimento socioeconómico e tecnológico de qualquer comunidade. No entanto, o Bairro de Mudissa B, no Posto Administrativo de Bela Vista, permanece sem ligação à rede eléctrica, o que compromete o funcionamento de infra-estruturas e serviços básicos.

A ausência de energia eléctrica afecta directamente a segurança pública, devido à falta de iluminação nas vias e espaços comuns, comprometendo também a conservação de produtos alimentares, a limitação de funcionamento das instituições de ensino e dos serviços de saúde. Além disso, limita a comunicação, o acesso à informação e a integração social das comunidades.

Perante a este cenário, coloca-se a seguinte questão:

De que forma pode ser assegurada expansão da rede eléctrica para o Bairro de Mudissa B de modo sustentável, tecnicamente viável e economicamente acessível com vista a sua electrificação?

1.3. Justificativa

O Bairro de Mudissa B localiza-se a aproximadamente 3 quilómetros do centro da Vila de Bela Vista, o que torna tecnicamente viável a expansão da rede eléctrica de Média e Baixa Tensão para a sua electrificação.

A energia eléctrica é um elemento essencial para o desenvolvimento social e económico de qualquer comunidade. A extensão da rede eléctrica ao Bairro de Mudissa B permitirá garantir o acesso à energia por parte da população local e, conseqüentemente, contribuir para a resolução de diversos problemas comunitários actualmente verificados devido à inexistência de fornecimento eléctrico.

Para além dos benefícios sociais, a electrificação do bairro permitirá impulsionar as actividades económicas locais, nomeadamente através da ligação de infra-estruturas comerciais onde se realizam feiras de comércio regulares, bem como do apoio à agricultura, mediante a utilização de bombas eléctricas para a irrigação dos campos agrícolas situados nas margens do rio Maputo.

Este trabalho representa igualmente uma oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos durante a formação académica, complementados pelos conhecimentos obtidos no estágio realizado na Electricidade de Moçambique, na Direcção de Electrificação e Projectos.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo Principal

Projectar uma rede eléctrica de Média e Baixa Tensão para o Bairro de Mudissa B, localizado no Posto Administrativo de Bela Vista, Distrito de Matutuine

1.4.2. Objectivos específicos

- Fazer a levantamento para previsão da carga;

- Dimensionar as redes eléctricas de Média e Baixa Tensão tendo em conta a carga prevista;
- Propor uma solução técnica mais adequada para a electrificação da área com base em critérios de viabilidade económica e sustentabilidade;
- Fazer a especificação dos materiais a serem usados no projecto;
- Efectuar a estimativa de custos.

1.5. Metodologia

Este trabalho adopta uma abordagem descritiva, técnica e aplicada, como método de pesquisa para este trabalho, que parte da análise de uma realidade específica, com vista a geração de conhecimentos e aplicação prática do problema específico das comunidades do Bairro de Mudissa B, que é a falta de energia eléctrica.

Para a materialização deste trabalho serão adoptadas as seguintes técnicas de pesquisa:

- **Revisão bibliográfica:** consistirá na consulta de manuais técnicos, catálogos electrónicos e físicos, normas e artigos científicos disponíveis em bases de dados e outras fontes digitais,
- **Pesquisa de campo:** envolverá a recolha de dados no terreno, nomeadamente sobre a população, número de construções, vias de acesso e distâncias relevantes. Esta fase inclui também a consulta de documentos técnicos e mapas fornecidos pela Electricidade de Moçambique (EDM) sobre a rede existente nas proximidades do bairro;
- **Elaboração do algoritmo de dimensionamento:** nesta etapa será efectuado o cálculo da carga eléctrica com base no número estimado de consumidores, nos perfis de consumo e na projecção do crescimento futuro da procura de energia.
- **Proposta de implementação:** com base nos dados obtidos e na análise técnica realizada, será elaborada uma proposta de expansão da rede eléctrica de Média e Baixa Tensão para o Bairro de Mudissa B, incluindo estimativas de materiais, traçado da rede eléctrica de média e baixa tensão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Electrificação Rural em Moçambique

O acesso à energia eléctrica é um factor determinante para o desenvolvimento económico e social. Em Moçambique, o Governo definiu como meta alcançar o acesso universal à energia até 2030, conforme estabelecido no Plano Nacional de Energia e no Programa “Energia para Todos”, implementado pela Electricidade de Moçambique (EDM) e pelo Fundo de Energia (FUNAE).

A electrificação rural tem sido concretizada através de projectos de extensão de rede de média e baixa tensão, sistemas fotovoltaicos e mini-redes híbridas, dependendo da localização e viabilidade técnica. Segundo dados da EDM (Plano Estratégico 2021–2030), a prioridade é garantir a ligação de todas as sedes distritais e administrativas, estendendo a rede às zonas suburbanas e rurais, como o Bairro de Mudissa B.

2.2. Conceitos Fundamentais sobre Sistemas Eléctrico de Potência

Segundo o Tiago (2020), Sistema Eléctrico de Potência (SEP) constitui a infra-estrutura fundamental para o fornecimento contínuo, seguro e fiável de energia eléctrica aos consumidores. Continuando o Tiago (2020) informa que o sistema eléctrico integra o conjunto de instalações e equipamentos destinados à produção, transporte, transformação e distribuição de energia eléctrica, assegurando que esta chegue aos utilizadores com níveis adequados de qualidade e segurança.

De acordo com o Tiago (2020) o SEP é, tradicionalmente, composto por quatro subsistemas principais:

- **Geração**, onde a energia eléctrica é produzida em centrais de diferentes naturezas (hidroeléctricas, térmicas, eólicas, solares, entre outras);
- **Transporte ou Transmissão**, responsável pelo escoamento da energia gerada, em alta e muito alta tensão, até aos centros de consumo ou subestações de distribuição;
- **Distribuição**, que garante o fornecimento em média e baixa tensão aos consumidores finais; e
- **Utilização**, correspondente ao consumo propriamente dito, abrangendo os diversos sectores de actividade;

Uma vez que o presente projecto se insere no subsistema relacionado com a distribuição de energia eléctrica, a revisão bibliográfica limitar-se-á à descrição e análise dos principais aspectos teóricos e técnicos associados à distribuição de energia eléctrica, conforme se apresenta a seguir.

2.3. Redes de Distribuição de Energia Eléctrica

De acordo com Ferreira (2018), as redes eléctricas de distribuição constituem o segmento do Sistema Eléctrico de Potência responsável por assegurar o fornecimento de energia eléctrica aos consumidores finais, em níveis de média e baixa tensão. Representam a parte do sistema mais próxima do consumidor e têm um papel determinante na qualidade de serviço, na eficiência energética e na continuidade do fornecimento.

De acordo com a Lei de Electricidade, Artigo 1 linha 6, a distribuição de energia eléctrica consiste na transmissão da energia com uma tensão abaixo de 66kV a partir das Subestações Eléctricas (SE) abaixadoras, dos Postos de Transformação (PT) ou Postos de Seccionamento (PS) as instalações que recebem e transmitem a corrente eléctrica aos consumidores

Segundo Carvalho (2010), as redes de distribuição são o conjunto de linhas, cabos, postos de transformação e equipamentos auxiliares que permitem transportar energia desde as subestações de alta tensão até aos pontos de consumo. Estas redes podem ser aéreas, subterrâneas ou mistas, consoante as características do meio, as condições ambientais e o enquadramento urbano.

De acordo com o Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Eléctrica de Baixa Tensão (RSRDEEBT), a concepção e exploração das redes devem obedecer a critérios de segurança, fiabilidade, continuidade e protecção ambiental, garantindo igualmente a protecção das pessoas e dos bens. Portanto, o mesmo regulamento estabelece que os níveis de tensão e estabelece requisitos técnicos mínimos para o dimensionamento, construção, ensaio e manutenção das infra-estruturas.

O Brito (2012) afirma que as redes de distribuição se organizam em três categorias principais a saber:

- **Redes de Média Tensão (MT):** normalmente entre 1 kV e 36 kV, responsáveis por alimentar os postos de transformação de baixa tensão e consumidores industriais;
- **Redes de Baixa Tensão (BT):** até 1 kV, destinadas a consumidores domésticos e comerciais;
- **Redes de Iluminação Pública,** associadas a serviços municipais ou públicos.

As redes de distribuição de energia eléctrica podem ser classificadas quanto ao modo de instalação em aéreas ou subterrâneas, conforme disposto no RSRDEEBT.

2.3.1. Redes Aéreas

De acordo com o Ferreira (2018), as redes aéreas constituem sistemas de distribuição de energia eléctrica em que os condutores são suspensos acima do solo, normalmente através de postes ou outros apoios estruturais. Estas redes destinam-se a transportar energia eléctrica desde os postos de transformação até aos consumidores finais, sendo uma solução mais económica e de instalação mais rápida quando comparada com redes subterrâneas (FERREIRA,2018).

Actualmente, as redes aéreas de baixa tensão utilizam cabos de alumínio isolado ou torcido, dado que os condutores isolados proporcionam maior segurança e apresentam menor incidência de avarias em condições atmosféricas adversas, quando comparados com os condutores não isolados (FERREIRA, 2018).



Figura 1 Rede de Distribuição aérea

Fonte: (www.scribd.com/document, 20 de Setembro de 2025)

2.3.2. Redes Subterrâneas

Segundo o Ferreira (2018), as redes subterrâneas constituem a forma mais segura de instalação de redes eléctricas, uma vez que os condutores são protegidos contra intempéries, contacto accidental e actos de vandalismo. Além disso, apresentam um impacto estético reduzido, em comparação com as redes aéreas, por se encontrarem instaladas em valas ou armários de distribuição. A sua principal desvantagem reside no custo significativamente mais elevado de instalação e manutenção, quando comparado com as redes aéreas (FERREIRA, 2018).

De acordo com o Ferreira (2018), os cabos eléctricos enterrados são constituídos por condutores isolados reunidos num invólucro comum protegido. A instalação deve ser realizada, sempre que possível, em passeios públicos, respeitando as distâncias de segurança em relação a outras infra-estruturas enterradas, como cabos de BT ou MT, telecomunicações, gás, água e saneamento (FILHO, 2013).

Conforme o Filho (2013), a instalação das redes subterrâneas pode ser efectuada de duas formas: os condutores da rede podem ser instalados directamente no solo das valas, ou podem ser instalados em tubos colocados nas valas. A figura 2 ilustra cabos enterrados em vala preparada no passeio.



Figura 2: Condutores enterrados em vala

Fonte: (<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/> , 20 de Setembro de 2025)

2.4. Aspectos Fundamentais das Linhas de Distribuição

2.4.1. Redes Aérea de Média Tensão (MT) e Baixa Tensão (BT)

Conforme o disposto do nº. 6 do Artigo 1 da Lei de Electricidade, a distribuição de energia eléctrica é a transmissão de energia eléctrica com uma tensão abaixo de 66 kV a partir das subestações abaixadoras, dos Postos de Transformação (PT) ou Postos de Seccionamento (PS) as instalações que recebem e transmitem a corrente eléctrica aos consumidores.

De acordo com o Manual de Montagem de Linhas da EDM (2006), a linhas de MT fazem a interligação das subestações abaixadoras com os consumidores e os níveis de tensão destas podem ser: 33 kV, 22 kV, 11 kV e 6.6 kV. Maioritariamente, a linhas de MT são de 33 kV.

Segundo o Ferreira (2018), as linhas aéreas de MT são constituídas pelos seguintes elementos:

- Condutores;
- Apoios;
- Isoladores;
- Cabos de guarda (linhas aéreas de MT)

A figura 3 abaixo ilustra uma linha de MT com uma derivação em um poste de betão.



Figura 3: Rede de Média Tensão

Fonte: (Autor)

2.4.1.1. Condutores

Os condutores são suportados por armações devidamente isoladas daqueles e montados sobre postes de betão (situação mais habitual e que será a analisada nesta obra) ou de aço reticulado, cuja função principal é manter os condutores separados e a uma altura conveniente do solo (Bolotinha, 2019).

De acordo com o Ferreira (2018) diz que existem diferentes tipos de condutores sendo eles:

- Condutor isolado: condutor revestido por uma ou várias camadas isolantes;
- Condutor nú: condutor sem isolamento exterior;
- Condutor unifilar: condutor constituído por um só fio;
- Condutor multifilar: condutor constituído por vários fios não isolados entre si.

Segundo o Ferreira (2018), destaca os tipos de condutores de alumínio mais usados:

- Condutores tipo LA (Alumínio nu com alma de aço), ex.: LA-50, LA-95, LA-120 mm².

Estes são condutores “*Aluminium Conductor Steel Reinforced*” (ACSR), constituídos por fios de alumínio dispostos em torno de uma alma de aço galvanizado, conferindo maior resistência mecânica e boa condutividade eléctrica.

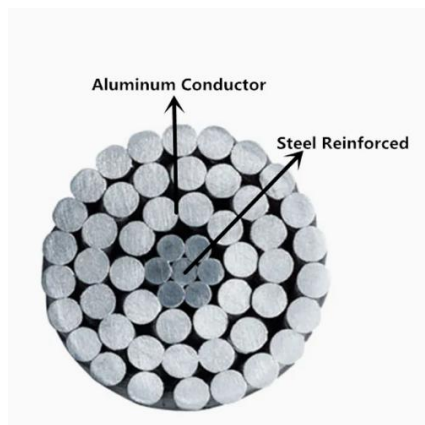


Figura 4: Condutor de Alumínio ACSR

Fonte: (BOLOTINHA, 2019)

O número de fios dos cabos de secção circular mais empregados nas redes aéreas é:

- Cabos com alma e uma camada de fios..... 7 fios;
- Cabos com alma e duas camadas de fios.....19 fios

As secções de cabos condutores ACSR predominantes e usados pela EDM são:

- Cabo ACSR “SQUIRREL” com a secção de 24,48 mm²;
- Cabo ACSR “FERRET” com a secção de 49,48 mm²;
- Cabo ACSR “MINK” com a secção de 73,71 mm²;

Critérios de selecção:

- Corrente máxima de operação e temperatura admissível;
- Comprimento da linha e perdas de tensão;
- Esforços mecânicos e condições de vento;
- Capacidade de expansão futura da carga.

2.4.1.2. Apoios (Postes)

Segundo Bolotinha (2019), os postes apoiam-se no terreno por meio de maciços de fundação, conseqüentemente, o conjunto formado pelo poste, maciço e armação denomina-se **apoio**.

Tipos de apoios

De acordo do Bolotinha (2019) os apoios, devido à posição que ocupam ao longo do traçado de uma rede, classificam-se da seguinte forma:

- **Apoios de alinhamento (figura 4):** servem somente para suportar os condutores e empregam-se em traçados rectos. Embora estejam sujeitos a esforços verticais, o seu dimensionamento é desnecessário para postes de betão. Deverão ser considerados os esforços transversais devido ao vento (BOLOTINHA,2019).
- **Apoios de ângulo (figura 5):** empregam-se para suportar os condutores nos vértices de ângulos que formam dois alinhamentos diferentes. Devem ser dimensionados para suportar esforços transversais devidos ao vento e os esforços transversais devido a tracção dos condutores (BOLOTINHA,2019).

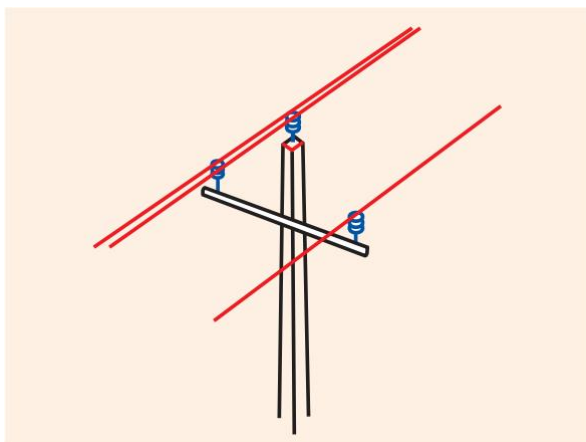


Figura 5: Apoio de alinhamento

Fonte: (Bolotinha 2019)

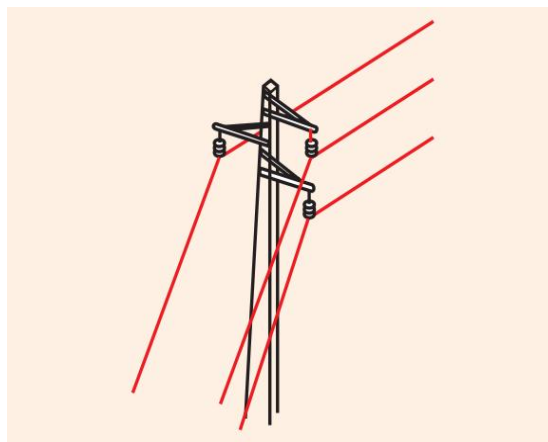


Figura 6: Apoio de derivação

Fonte: (Bolotinha 2019)

Os apoios de início e fim de linha são habitualmente em **pórtico** (BOLOTINHA, 2019).

2.4.1.3. Isoladores

Segundo Bolotinha (2019), nas linhas eléctricas aéreas os condutores, geralmente nus, necessitam de isoladores com boas propriedades dieléctricas para garantir o isolamento eléctrico entre os condutores em tensão e os apoios da linha.

Conforme o Bolotinha (2019), nas linhas de MT os condutores são fixados em isoladores rígidos ou isoladores acopláveis e não acopláveis, figuras 7 e 8, respectivamente, formando cadeias de isoladores, cadeias de suspensão e cadeias de amarração.

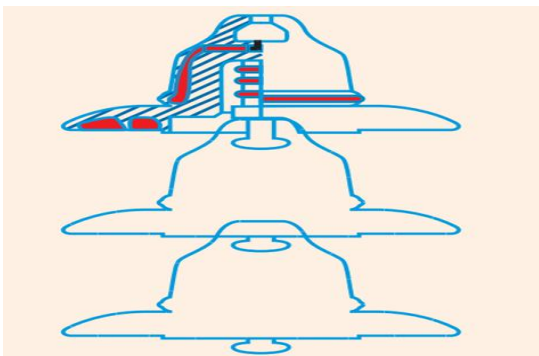


Figura 7: Isolador Acoplável

Fonte: (Bolotinha, 2019)

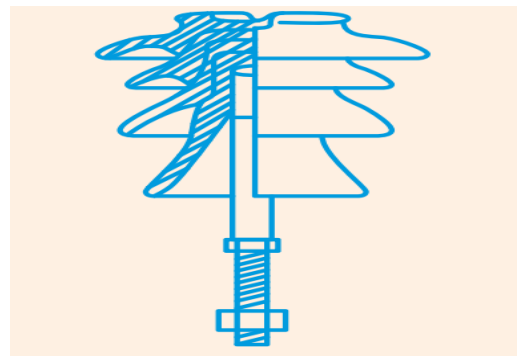


Figura 8: Isolador não acoplável

Fonte: (Bolotinha, 2019)

2.4.2. Estrutura topológica de Rede de Distribuição

A topologia de uma rede de distribuição refere-se à forma como os condutores, ramais e nós estão interligados para transportar energia eléctrica desde as subestações até os consumidores finais (FILHO, 2020).

A escolha da topologia influencia a confiabilidade, o custo e a manutenção da rede (FILHO, 2020).

De acordo com o Filho (2020), as estruturas topológicas comuns em SEP usam-se as seguintes:

a) Rede Radial

- Fluxo de energia unidireccional, partindo de uma subestação central para os consumidores;
- Simples e económica, mas uma falha em qualquer ponto interrompe o fornecimento de energia;
- Aplicação típica: zonas rurais e áreas de baixa densidade populacional.

b) Rede Malhada

- Os nós e ramais são interligados, permitindo múltiplos caminhos para a energia;
- Maior confiabilidade, pois permite realimentação em caso de falhas;
- Aplicação típica: áreas urbanas ou industriais de alta densidade.

c) Rede em Anel com Exploração Radial

- Combina características das redes radiais e malhadas;
- Funciona normalmente como radial, mas pode ser alimentada por ambos os lados em caso de falha;
- Aplicação típica: zonas urbanas de densidade média, oferecendo equilíbrio entre custo e confiabilidade.

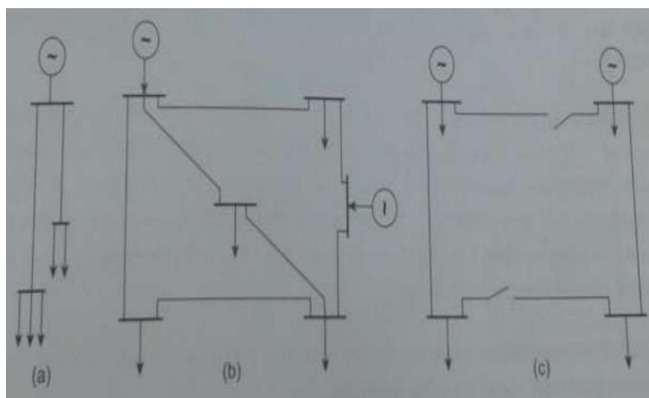


Figura 9: Estrutura topológica da rede eléctrica

Fonte: (FILHO,2013)

2.4.3. Posto de Transformação (PT)

Segundo o Filhos (2013), o *Posto de Transformação* ou simplesmente *PT* é uma instalação onde se procede a transformação da energia eléctrica de Média Tensão para Baixa Tensão, alimentando a rede de distribuição de baixa tensão.

De acordo com o Filho (2013), um posto de transformação geralmente é constituído por três componentes: transformador de potência, equipamento de seccionamento e protecção, Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT).

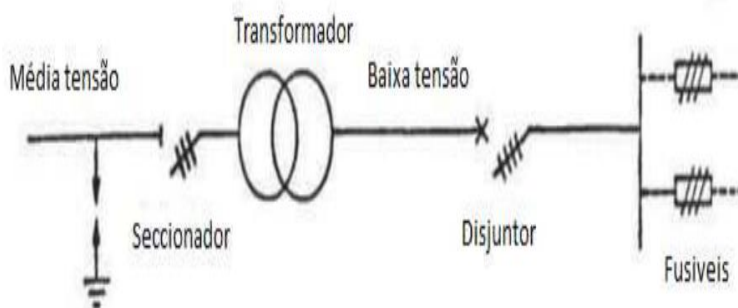


Figura 10: Esquema unifilar de um PT

Fonte: (FILHO, 2013)

2.4.3.1. Equipamento de Protecção e Seccionamento

2.4.3.1.1. Pará-raios

De acordo com o Filho (2013), o pára-raios é um dispositivo destinado à protecção dos sistemas eléctricos contra sobretensões transitórias, causadas por descargas atmosféricas ou manobras de chaveamento. Sua função principal é desviar para a terra as correntes de impulso, limitando a tensão que atinge equipamentos como transformadores e seccionadores (FILHO, 2013).

Segundo a norma IEC 60099-4, as principais características de um pára-raios são:

- *Tensão nominal (U_n):* tensão eficaz a 50/60 Hz que o equipamento suporta continuamente;
- *Tensão de operação contínua (U_c):* valor máximo de tensão aplicada permanentemente sem causar condução apreciável;
- *Corrente de descarga nominal (I_n):* corrente de impulso de referência (geralmente 5 kA ou 10 kA para redes de MT);
- *Nível de protecção (U_p):* valor máximo de tensão residual durante a condução da corrente de impulso;
- *Capacidade de energia dissipada:* energia que o pára-raios suporta sem degradação térmica

- *Tempo de resposta*: intervalo extremamente curto (na ordem de microssegundos) para conduzir a corrente à terra
- *Tensão disruptiva de impulso atmosférico*: maior valor de tensão atingida antes do centelhamento do pára-raios, quando a tensão de impulso atmosférico.

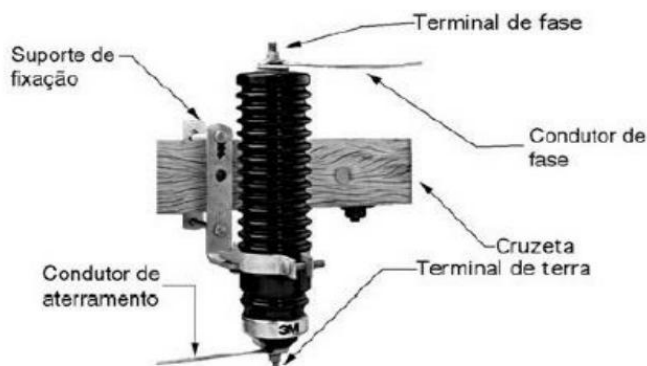


Figura 11: Pará -raios de Distribuição montado em cruzeta

Fonte: (FILHO,2013)

2.4.3.1.2. Chave Fusível (Drop-out)

De acordo com o Filho (2013), a chave fusível é um equipamento utilizado em redes de distribuição urbana, rural e pequenas subestações para proteger circuitos primários contra sobre correntes. Possui um elemento fusível que interrompe a corrente em situações de sobrecarga ou curto-circuito (FILHO,2013).

Características da Chave Fusível

- Protecção contra sobre correntes em circuitos primários;
- Aplicação em redes de distribuição urbana, rural e pequenas subestações;
- Actuação rápida e segura, evitando danos aos equipamentos e ao sistema eléctrico.

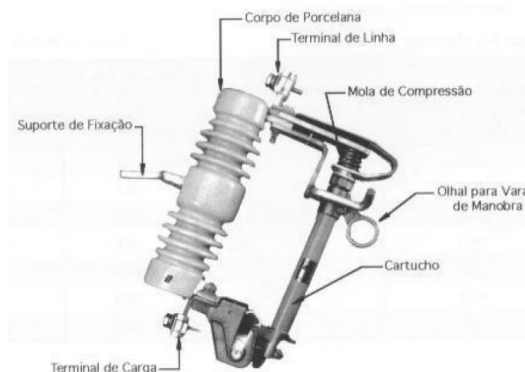


Figura 12: Chave fusível do Tipo pedestal

Fonte: (FILHO, 2013)

Dados Técnicos Específicos

Para o Filho (2013), o correcto dimensionamento e utilização de uma chave fusível, devem ser especificados, no mínimo, os seguintes dados:

- *Tensão nominal eficaz (kV)*: valor da tensão em que o fusível opera normalmente;
- *Corrente nominal (A)*: corrente máxima que o fusível pode conduzir continuamente sem actuar;
- *Frequência nominal (Hz)*: frequência para a qual o fusível foi projectado;
- *Capacidade de ruptura (kA)*: corrente máxima de curto-circuito que o fusível consegue interromper com segurança;
- *Tensão suportável de impulso (kV)*: tensão máxima de impulso que o fusível consegue suportar sem ruptura.

Estes parâmetros são essenciais para garantir a segurança, confiabilidade e eficiência do fusível na protecção dos circuitos eléctricos (FILHO, 2013).

2.4.3.2. Transformador de Potência

Conforme o Filho (2013), o transformador de potência é o elemento central do posto de transformação. A sua função é reduzir a tensão de média para baixa tensão, mantendo a frequência e a potência praticamente constantes.

É constituído essencialmente por um núcleo magnético e enrolamentos primário e secundário, imersos em óleo isolante que serve simultaneamente para isolamento eléctrico e arrefecimento (FILHO,2013).

De acordo com o Filho (2013), as características nominais mais comuns são: potência nominal (kVA ou MVA), tensão primária e secundária (ex.: 33/0,4 kV); frequência nominal (50 Hz); Tipo de ligação (ex.: Dyn11); Tipo de arrefecimento (ONAN, ONAF, etc.)

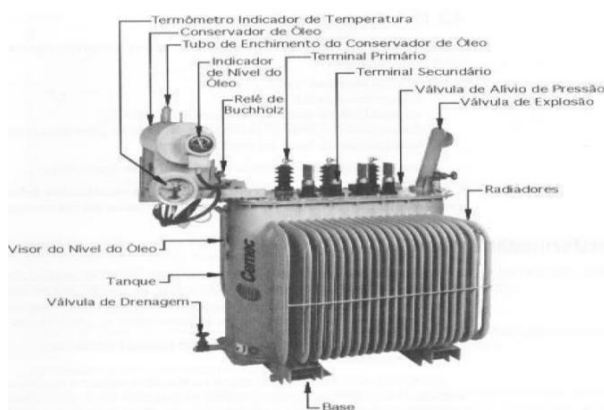


Figura 13: Transformador de Potência

Fonte (FILHO, 2020)

2.4.3.3. Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)

Segundo o Filho (2013), o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) genericamente compreende um conjunto de dispositivos de manobra associados a equipamentos de protecção, comando, medição e controle complementados por acessórios instalados internamente a um cubículo normalmente metálico dotado de estruturas de suporte.

Segundo o Filho (2013), a função do QGBT é proporcionar controlo e protecção aos circuitos do sistema de distribuição. O QGBT é o quadro responsável pelas saídas de cargas, equipado por fusíveis de alto poder de corte em todas as suas saídas, dependendo da configuração de PT. A figura 14 abaixo ilustra um QGBT.



Figura 14: Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)

Fonte: (FILHO,2013)

2.4.4. Características de uma Rede de Baixa Tensão

Segundo o Ferreira (2018), os componentes da rede aérea de baixa tensão compreendem - se essencialmente de cabos condutores, apoios e acessórios.

2.4.4.1. Características Gerais

- *Tensão nominal*: 400 (Sistema trifásicos), 230 V (sistema monofásico);
- *Frequência*: 50 Hz;
- *Níveis de corrente*: variam conforme a carga e extensão dos circuitos;

2.4.4.2. Cabos de torçada

Segundo o Ferreira (2018), os condutores dos cabos de torçada utilizados nas instalações de chegada, serão em cobre (cabo XS). Nas restantes situações, os condutores serão de alumínio (cabo LXS), isolados a polietileno reticulado de cor preta, de elevada resistência à desgaste por fricção e à degradação pela exposição aos raios ultravioletas. Os cabos de alumínio, em feixe (torçadas) normalizados, são as seguintes: LXS 2x16 mm²; LXS 4x16 mm²; LXS 4x25 mm²; LXS 4x50 mm²; LXS 4x70 mm²; LXS 4x95 mm², (FERREIRA,2018).

Segundo as normas de baixa tensão da EDM, os troços principais da rede de BT são constituídos em cabo LXS 4x70+16mm²



Figura 15: Cabo em torçada

Fonte: (FERREIRA, 2018)

2.4.4.1. Acessórios de fixação

2.4.4.1.1. Pinça de Amarração

As redes aéreas isoladas de baixa tensão utilizam acessórios como pinças de amarração e de suspensão, que devem ser dimensionados para suportar os esforços normais de funcionamento (MARTINS, 2022).

De acordo com Martins (2022), as pinças de amarração fixam o cabo ao poste, sendo usadas principalmente em apoios de ângulo e fim de linha, enquanto as pinças de suspensão apenas suportam o cabo, sendo aplicadas em apoios de alinhamento.



Figura 16: Pinça de Amarração

Fonte: (MARTINS, 2022)

2.4.4.1.2. Pinça de Suspensão

Segundo o Ferreira (2018), a pinça de suspensão é um acessório utilizado em redes aéreas de distribuição para sustentar os condutores nos apoios intermediários dos vãos. Ela permite a livre movimentação do cabo, reduzindo esforços mecânicos e vibrações, e mantém o isolamento eléctrico entre o condutor e o suporte (FERREIRA,2018).

Normalmente é fabricada em liga de alumínio, aço galvanizado ou material polimérico isolante, de acordo com o tipo e a secção do cabo.



Figura 17: Pinça de Suspensão

Fonte: (MARTINS,2022)

2.4.4.1.3. Ligadores

Conforme a Martins (2022), os ligadores para cabo torçado são acessórios usados para unir ou reparar condutores em redes aéreas de baixa tensão (tipos XS ou LXS), garantindo continuidade eléctrica e resistência mecânica. Podem ser parafusados, de cunha ou de compressão, fabricados em alumínio ou cobre estanhado, com isolamento apropriado para uso externo e exposição solar (MARTINS, 2022).



Figura 18: Ligador de baixa tensão para cabo em torçada

Fonte: (MARTINS, 2022)

2.4.5. Construção da Rede Aérea de Baixa Tensão

De acordo com o Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão (RSRDEEBT), a distância entre postes (também chamada vão) em redes aéreas de baixa tensão (BT) depende de vários factores:

- Tipo e secção dos condutores (peso e tracção admissível);
- Esforços mecânicos devido ao vento, temperatura e peso próprio;
- Condições do terreno (declive, obstáculos, acessos);
- Tipo de poste (betão, metálico ou madeira).

De forma geral, os valores usualmente adoptados são:

- Vãos normais: entre 35 m e 50 m;
- Vãos curtos: cerca de 25 m (em travessias, curvas ou zonas com ventos fortes);
- Vãos longos: até 60 m, apenas quando o terreno e o cálculo mecânico o permitirem.

Outras distâncias importantes:

- Altura mínima dos condutores ao solo: 5,5 m em vias públicas e 4,5 m em locais de acesso restrito

- Distância mínima entre condutores e fachadas: $\geq 1,0$ m;
- Distância entre fases (em cabos torçados): garantida pela própria construção do cabo;
- Distância de segurança a outras infra-estruturas (telecomunicações, vias férreas, edificações).

2.4.5.1. Implantação de apoios (postes)

Os postes da rede de baixa tensão sustentam os condutores e acessórios, podendo ser de metal, betão ou madeira, segundo o Bolotinha (2019). Os metálicos são fixados em maciços de betão, os de betão podem ser enterrados directamente e os de madeira são cravados ou fixados a suportes e tratados contra intempéries e pragas (BOLOTINHA,2019).

Conforme o Bolotinha (2019), em ramais longos, podem ser utilizados tensores ou espias para reduzir esforços mecânicos nos condutores. A escolha do tipo de poste depende da topografia, carga mecânica, durabilidade e custo, garantindo sempre estabilidade, segurança e conformidade normativa da rede

2.4.5.2. Profundidade de encastramento do poste

De acordo com o Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Eléctrica, a profundidade de encastramento deve assegurar a resistência necessária à inclinação e esforços transversais, podendo ser ajustada conforme as características do solo, do tipo de poste e das condições ambientais locais.

A profundidade para o encastramento de postes é determinada pela equação 1 abaixo:

$$h_0 = \frac{h}{10} + 0,5; \text{ (Equação 1)}$$

Onde:

- h : Altura do poste (m);
- h_0 : profundidade da cova (m).

2.4.5.3. Vãos e Flechas

De acordo com o RSRDEEBT (Decreto n.º 48/2007, de 22 de Outubro), nas linhas aéreas de distribuição de energia, o vão corresponde à distância horizontal entre dois apoios consecutivos, enquanto a flecha é a distância vertical entre o ponto mais baixo do condutor e a linha recta que une os pontos de fixação nos apoios.

O dimensionamento adequado de vãos e flechas é essencial para garantir a segurança mecânica, a distância eléctrica mínima e a durabilidade da linha, sendo estes parâmetros definidos em função de factores específicos de projecto:

- Tipo e peso do condutor;
- Condições climáticas (temperatura e vento);
- Altura dos apoios;
- Condições topográficas e de segurança eléctrica

2.4.5.4. Cálculo da Flecha

Segundo o Ferreira (2018), a flecha (f) de um condutor pode ser determinada aproximadamente pela equação seguinte: $f = \frac{\omega \times L^2}{8 \times T}$; (Equação 2)

Onde:

- f : flecha (m);
- ω : peso linear do condutor (N/m);
- L : comprimento do vão (m);
- T : tracção no condutor (N).

Esta equação assume o condutor como uma catenária aproximada por uma parábola, válida para vãos curtos e médios, típicos de redes de BT (FERREIRA,2018).

2.4.5.5. Cálculo da Tracção

Conforme o Ferreira (2018), a tracção (T) no condutor pode ser obtida a partir da mesma relação: $T = \frac{w \times L^2}{8 \times f}$; (Equação 3)

A tracção admissível deve respeitar os limites mecânicos do condutor, garantindo que não se ultrapasse a tensão de rotura (geralmente limitada a 25%–30% do limite de rotura do material), (FERREIRA, 2018).

2.4.5.6. Influência da Temperatura

Também, de acordo com RSRDEE, o condutor sofre dilatações e contracções com as variações de temperatura. Assim, a flecha aumenta no Verão e diminui no Inverno. Quando a linha é montada no Inverno, deve-se deixar uma flecha menor, prevendo o alongamento do condutor no Verão.

A variação do comprimento do condutor é dada por: $\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$, (Equação 4)

Onde:

- ΔL : variação de comprimento (m);
- α : coeficiente de dilatação linear do material ($1/^\circ\text{C}$);
- L : comprimento inicial do condutor (m);
- ΔT : variação de temperatura ($^\circ\text{C}$)

3. DIMENSIONAMENTO DE PROJECTO

3.1. Localização e caracterização da área

O Bairro Mudissa B está localizado na localidade de Missevene, Posto Administrativo de Bela Vista, no Distrito de Matutuíne, Província de Maputo, Moçambique.

A região situa-se a 3,0 km no Sul da vila de Bela Vista. É atravessado pela estrada Nacional N200, o que permite o transporte de materiais e o deslocamento das equipas técnicas envolvidas na implementação do projecto de electrificação.

As coordenadas geográficas aproximadas da área são:

- Latitude: -26°37'3.37"S;
- Longitude: 32°65'7.98"E

Conforme se observa na Figura A1-1 mapa ilustrando a localização do Bairro de Mudissa B, do Anexo 1.

3.2. População e Demografia

A população do bairro é estimada em volta de 800 habitantes, distribuídos em aproximadamente 160 famílias. A comunidade apresenta predominância de jovens e adultos economicamente activos, voltados principalmente para a agricultura de subsistência. As habitações são construção mista (alvenaria, chapas de zinco e caniço), organizadas de forma dispersa, com distâncias médias entre residências de 40 a 80 metros. Com a disponibilidade de energia eléctrica, será possível operar os meios de produção agrícola, visto que as electrobombas de irrigação poderão ser devidamente alimentadas, contribuindo assim para o aumento da produtividade agrícola.

3.3. Infra-estrutura e Serviços Públicos

O Bairro Mudissa B apresenta uma infra-estrutura básica ainda em fase de desenvolvimento, mas com potencial de crescimento significativo.

Actualmente, destacam-se as seguintes infra-estruturas e serviços:

- *Habitações*, incluindo construções modernas e rurais;
- *Igreja*, que constitui o principal ponto de referência e encontro da comunidade;

- *Rio Maputo*, a principal fonte de água para a comunidade. No entanto, a água desse rio não é adequada para o consumo humano, levando a população a recorrer a fornecedores privados, que vendem água transportada em tanques, o que encarece significativamente o custo de vida;
- *Sistemas de saneamento rudimentares*, baseados em fossas sépticas e latrinas;
- *Vias de acesso em terra batida*, que ligam o bairro à vila de Bela Vista, com condições de transitabilidade reduzidas durante a época chuvosa;
- *Ausência de rede eléctrica pública*, sendo a iluminação doméstica garantida por lanternas, velas e geradores portáteis.

Encontra-se prevista a construção de um mercado local, uma escola primária e um centro de saúde, o que reforça a necessidade de electrificação urgente. A introdução de energia eléctrica possibilitará o funcionamento adequado destes serviços e contribuirá para o bem-estar e o desenvolvimento social e económico da comunidade.

3.4. Cálculo da Carga

De acordo com o n.º.1 artigo n.º. 435 do Regulamento de Segurança das Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE) e de Instalações Colectivas de Edifícios e Entrada, potências mínimas a considerar no dimensionamento das instalações de utilização. As instalações de utilização a estabelecer em locais residenciais ou de uso profissional não deverão ser dimensionadas para potências inferiores às seguintes:

Locais destinados a habitação particular ou de uso profissional com habitação anexa:

- *Até seis divisões principais: 6,6 kVA;*
- *Mais de seis divisões principais: 6,6 kVA+30 VA/m² de cada divisão principal a mais;*

Locais de uso profissional sem habitação anexa: 30 VA/m², com o mínimo de 3,3 kVA.

Conforme o disposto n.º. 2 deste Artigo, as contagens do número de divisões principais apenas deverão ser consideradas as que tenham área superior a 4 m², excluídas as cozinhas, casas de banho e corredores.

Assim como o nº. 4 deste Artigo debruça que as instalações de utilização a estabelecer em locais residenciais de habitações unifamiliares em zonas rurais poderão ser dimensionadas para 50% dos valores indicados no nº.1.

No caso do projecto em concreto, tratando-se de uma zona rural irar-se-á considerar instalações monofásicas.

Associado ao nº.1 do Artigo nº.435, recomenda-se que as instalações de utilização a estabelecer em locais residenciais ou de uso profissional sejam dimensionadas com base nos valores mínimos seguintes:

- a) Para instalações de iluminação e tomadas para usos gerais: 25 VA/m²;
- b) Para instalações, fixas ou não, de climatização ambiente eléctrica: 80 VA/m²;
- c) Para instalações de máquinas de lavar: 3,3 kVA;
- d) Para instalações de cozinha eléctrica:
 - Até três divisões principais: 3 kVA;
 - Para quatro divisões principais: 4 kVA;
 - Para cinco divisões principais: 5 kVA;
 - Para mais de cinco divisões principais: 8 kVA;
- e) Para instalações de aquecimento eléctrico de água:
 - Até três divisões principais: 1,5 kVA;
 - Para quatro e cinco divisões principais: 2 kVA;
 - Para mais de cinco divisões principais: 3 kVA.

Alguns coeficientes que serão considerados na determinação da carga:

- Factor de Utilização (F_u), considera-se 0.4 a 0.6;
- Factor de Simultaneidade (F_s) em residências é determinado através da equação abaixo: $F_s = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}}$; (Equação 5)

Onde:

n - Número de casas com a potência ligada

Para a determinação da demanda total, foi utilizada a equação 3.1, acrescida de um factor de segurança de 25% da potência de carga estabelecida pela equação abaixo:

$$S_c = S_A \times (1 + k)^n; \text{ (Equação 6)}$$

Onde:

- S_c : Potência de Carga (VA);
- S_A : Potência actual (VA);
- k : Factor de crescimento de carga anual;
- n : Período de avaliação de crescimento de carga (em anos)

Adicionalmente, também é calculada a demanda de transmissão (VA) através da equação 7 abaixo: $S_t = 1,25 \times S_c$; (Equação 7)

Onde:

- S_t : Potência ou demanda de transmissão
- S_c : Potencia de Carga VA

Para as instituições públicas, o factor de simultaneidade é 0,85 e factor de utilização 0.7

3.4.1. Cálculo da carga requerida nas casas

Tratando se de uma zona rural, o projecto considera que todas as casas terão instalação monofásica.

Instalação nas Casas do Tipo 1: Geralmente, estas casas possuem um mínimo de duas divisões uma Sala e um quarto. A cozinha e a casa de banho encontram-se separadas.

Tabela 1: Dimensões das casas do Tipo 1-Bairro de Mudissa B

Compartimento	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m ²)
Sala	4	3	12
Quarto	3	3	9
Casa de Banho	2	1.5	3
Total			24

Fonte: (Autor)

Então, estas casas possuem 2 compartimentos principais que são a sala e o quarto. Geralmente as casas de banho na zona rural não são consideradas porque possuem uma área menor que 4 m² e são desanexas das casas principais. Assim sendo, para os 2 compartimentos poderemos considerar a carga mínima de 6,6 kVA, uma vez que o número de divisões esta abaixo de 6.

Consequentemente, para as casas do tipo 1 vamos considerar instalações tomadas de uso geral e iluminação. Por tanto, carga será calculada usando a equação seguinte:

$$S = S_o \times A_T; \text{ (Equação 8)}$$

Onde:

- S – Carga total de uma casa tipo 1;
- S_o – Carga por metro quadrado;
- A_T – Área total dos compartimentos considerados (m²)

Então, substituindo obtêm-se: $S_{AT1} = 25 \frac{VA}{m^2} \times 21m^2 = 525 VA$

Tendo este resultado, vai se achar a carga das 140 casas do tipo 1 no bairro. Entretanto, sabendo que a carga não estará em uso ao mesmo tempo, então vai se achar o factor de simultaneidade através da equação 5: $F_s = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{120}} = 0,27$

Considera-se que o factor de utilização é unitário ($F_u=0,6$), então aplicando a fórmula 9 abaixo, a demanda instalada para as casas do tipo 1 será:

$$S_{C.T1} = S_{AT1} \times F_s \times F_u \times n; \text{ (Equação 9)}$$

Onde:

- $S_{C.T1}$: Demanda instalada correspondente as casas do Tipo 1 (VA);
- $S_{A.T1}$: Carga actual de iluminação e tomadas de uma casa do tipo 1 (VA);
- F_s : Factor de Simultaneidade (Calculada);
- F_u : Factor de utilização (unitário)

Substituindo obtêm-se:

$$S_{C.T1} = 525 \times 0,27 \times 0,6 \times 120 = 10\,206 VA = 10,21 kVA$$

Instalação das Casas do Tipo 2: No total, contabilizam-se 35 casas do tipo 2. Estas habitações, situadas em zona rural, são constituídas por três compartimentos, nomeadamente uma sala e dois quartos de dimensões médias.

A cozinha e a instalação sanitária encontram-se em edificações anexas, separadas da estrutura principal da habitação.

Tabela 2: Dimensões dos compartimentos das casas do tipo 2

Compartimento	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m ²)
Sala	4	4,5	18
Quarto 1	3	3	9
Quarto 2	4	3	12
Cozinha	4	3	12
Total			51

Fonte: (Autor)

Aplicando a equação 8 acima vai-se determinar a carga de iluminação e tomadas da casa do tipo 2: $S_{ITT2} = 25 \frac{VA}{m^2} \times 39 m^2 = 975 VA$

Adicionalmente, nestas casas também se considera que será instalada a climatização. Deste modo, para o presente projecto vai se considerar que serão instalados dois aparelhos de ar condicionado, um na sala e outro no quarto principal. A potência mínima de climatização a se considerar é de 80 VA/m², então aplicando a fórmula 6, teremos carga de climatização da casa do tipo 2:

$$S_{CLT2} = S_{CL} \times A_T$$

$$S_{CLT2} = 80 \times (18+12)$$

$$S_{CLT2} = 2400 VA$$

Também se conta que a cozinha esta minimamente equipada de fogão eléctrico incluindo o sistema de refrigeração. Considerando que a casa tem no máximo três divisões então a carga da cozinha será de 3 kVA

Desta forma, calcula-se a previsão da carga de uma casa de tipo 2.

$$S_{AT2} = S_{ITT2} + S_{CLT2} + S_{COZ}$$

$$S_{AT2} = 975 + 2\,400 + 3\,000$$

$$S_{AT2} = 6\,375 \text{ VA}$$

Considera-se que o factor de utilização é unitário ($F_u=0,6$) e tendo $F_s= 0,34$, então aplicando a equação 8, a demanda instalada para as casas do tipo 2 será:

$$S_{C.T2} = S_{AT2} \times F_s \times F_u \times n,$$

$$S_{C.T2} = 6\,375 \times 0,34 \times 0,6 \times 35$$

$$S_{C.T2} = 45\,517,50 \text{ VA} = 45,52 \text{ kVA}$$

Olhando para este resultado, nota-se logo que a carga estimada através dos cálculos é maior que a carga mínima a que deve ser considerada de 6,6 kVA. Desta feita, vai se dimensionar a rede eléctrica de modo que corresponda a uma carga das casas do tipo 2 de 45,52 kVA.

Instalação das Casas do Tipo 3: Também se encontrou um total de 5 habitações a serem construídas no modelo de casas do tipo 3. As dimensões dessas habitações encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 3: Dimensões de compartimentos de uma casa do tipo 3

Compartimento	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m ²)
Sala de Jantar	4	3.5	14
Sala de Estar	4	3	12
Quarto 1	3	3.5	10.5
Quarto 2	3	3.5	10.5
Quarto 3 (Suite)	4	4.5	18
Casa de Banho Privado	2	3	6
Casa de Banho Geral	2	2.5	5
Cozinha	3	2.5	7.7
Varanda	3.5	1.5	5.25
Total			70.25

Fonte: (Autor)

Para as casas do tipo 3, considerar-se-ão circuitos de iluminação e de tomadas de uso geral, bem como instalações de climatização, instalações para cozinhas eléctricas, instalações de aquecimento e instalações destinadas a máquinas de lavar e/ou secar.

Assim, para os circuitos de iluminação e de tomadas de uso geral das duas salas, dos quartos e da varanda, aplicando a equação correspondente, obtém-se a seguinte carga:

$$S_{ITT3} = 25 \times 70,25 = 1,756.25 \text{ VA}$$

Nota: A carga das casas de banho e cozinha devido a sua natureza é calculada separadamente.

Para o caso de cozinha, tendo em conta que a casa do tipo 3 possui mais de cinco divisões principais, então considerar-se-á 8 kVA como carga mínima. $S_{Coz} = 8.000 \text{ VA}$

Para climatização, considerar-se-á um aparelho de AC na Sala, e nos dois outros quartos, então ter-se-á:

$$S_{CLT3} = 80 \times (18 + 14 + 10,5)$$

$$S_{CLT3} = 3\,400 \text{ VA}$$

A casa de banho será equipada de máquinas de lavar e aquecedor de água, então as potências mínimas consideradas serão 3,3 kVA e 3 kVA respectivamente.

Desta forma, considerando os factores de utilização de simultaneidade, a potência da máquina será a seguinte:

$$S_{Aq} = 3\,000 \text{ VA}$$

E para a máquina de lavar será:

$$S_{Maq} = 3,300 \text{ VA}$$

Desta forma calcula-se a potência actual em uma casa do tipo 3

$$S_{A.T3} = S_{CLT3} + S_{ITT3} + S_{Coz} + S_{Aq} + S_{Maq}$$

$$S_{A.T3} = 1\,785 + 8\,000 + 3\,400 + 3\,000 + 3\,300$$

$$S_{A.T3} = 19\,485 \text{ VA}$$

Considera-se que o factor de utilização é unitário ($F_u=0,6$) e tendo $F_s = 0,56$, então aplicando a equação 9, a demanda instalada para as casas do tipo 3 será:

$$S_{C.T3} = 19\,485 \times 0,6 \times 0,56 \times 5$$

$$S_{C.T3} = 32\,734,80 \text{ VA} = 32,73 \text{ kVA}$$

Olhando para o resultado, esta carga é muito maior que carga mínima considerada de 9,9 kVA, pelo que deveremos dimensionar a rede de baixa e media tensão de modo que corresponda a uma carga de **32,73 kVA**.

3.4.2. Carga total das casas

Para obter a carga total referentes as casas do tipo 1, tipo 2 e tipo 3 basta só somar as cargas obtidas para cada tipo de casa. Entretanto, deve-se considerar que com disponibilidade de energia eléctrica mais casas poderão ser construídas no bairro.

Desta forma, considerar-se uma taxa anual de 10%.

$$S_{C.casa} = S_{C.T1} + S_{C.T2} + S_{C.T3}$$

$$S_{C.casa} = 10,21 + 45,52 + 32,73 = 88,46 \text{ kVA}$$

3.4.3. Cálculo da Potência requerida na Escola Primária

A escola primária é constituída por oito salas de aula, uma secretaria e um gabinete do director. As dimensões dessas infraestruturas estão apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 4: Dimensões das componentes da escola

Compartimento	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m ²)
Salas de Aulas (8)	6	5	30*8=240
Secretaria	4	3	2
Gabinete do Director	3	3	9
Total			251

Fonte: (Autor)

Uma vez que se trata de um local público ou profissional, sem habitação anexa, o artigo nº 435, alínea “b”, do RSIUEE, estabelece a consideração de uma potência específica de 30 VA/m², com um valor mínimo de 3,3 kVA.

Então a potência referente a iluminação e tomadas de uso geral requerida pela escola será:

$$S_{A.E} = S_o \times A_t$$

$$S_{A.E} = 30 \frac{VA}{m^2} \times 251 m^2 = 7\,530 VA$$

Para as instituições públicas, o factor de simultaneidade é 0,85 e factor de utilização 0.7

Então a potência instalada na escola considerando os factores de simultaneidade e de utilização, será:

$$S_{C.E} = S_{A.E} \times F_U \times F_S$$

$$S_{C.E} = 7\,530 \times 0,7 \times 0,85 = 4\,480.35 VA = 4,48 kVA$$

Esta potência é maior que a potencia mínima considerada de 3,3 kVA, então terá que dimensionar as redes de modo que correspondam a potência de 4,48 kVA.

3.4.4. Cálculo da potência das duas mercearias

O bairro conta com duas mercearias cujas dimensões podem ser vistas na tabela abaixo:

Tabela 5: Dimensões das mercearias

Designação	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m ²)
Mercearia 1	6	4	24
Mercearia 2	5	4	20
Total			44

Fonte: (Autor)

A potência aparente das mercearias considerando que são públicas teremos:

$$S_{A.mer} = 30 \frac{VA}{m^2} \times 44 m^2$$

$$S_{A.mer} = 1,320 VA$$

Então a potência instalada nas mercearias considerando os factores de simultaneidade e de utilização, será:

$$S_{C.Merc} = S_{mer} \times F_U \times F_S$$

$$S_{C.Merc} = 1\,320 \times 0,7 \times 0,85 = 785.4 VA$$

$$S_{C.Merc} = 0,79 \text{ kVA}$$

3.4.5. Cálculo da Potência das Electrobombas

De acordo com o n.º 3 do Artigo 431 do RSIUEE, e considerando que estas máquinas operam com arranque direto, a potência mínima a considerar é de 5,5 kVA. Com a disponibilidade de energia elétrica, prevê-se que, pelo menos, seis associações agrícolas possam reativar as suas atividades. Assim, estima-se a aquisição de seis electrobombas para irrigação das machambas localizadas junto ao Rio Maputo.

Considerando que cada electrobomba possui uma potência média de 3,3 kVA, a demanda instalada total correspondente a estas máquinas será:

$$S_{C.EL} = 3\ 300 \times 0,7 \times 0,85 \times 6 = 11,781 \text{ VA} = 11,78 \text{ kVA}$$

3.4.6. Cálculo da potência Iluminação Pública

Prevê-se a instalação de pelo menos, 50 candeeiros de iluminação pública (IP) do tipo LED no bairro. Considerando que cada candeeiro LED possui uma potência de 187,5 VA, a carga total de IP será determinada por:

$$S_{C.IP} = 187,5 \times 0,7 \times 0,85 \times 50 = 5\ 578,13 \text{ VA}$$

$$S_{C.IP} = 5,58 \text{ kVA}$$

3.4.7. Potência do Sistema de Abastecimento de Água

Também esta prevista a instalação de um sistema de abastecimento de água, cuja a potencia prevista será de 3,3 kVA de cada bomba.

$$S_{C.Agua} = 3\ 300 \times 0,7 \times 0,85 \times 2 = 3\ 927 \text{ VA} = 3,93 \text{ kVA}$$

3.4.8. Carga total prevista no Bairro de Mudissa B

Então para determinar a carga total prevista no Bairro de Mudissa B irá se fazer o somatório das cargas parciais constituídas por carga das casas, escola, electrobomba, mercearia e iluminação publica.

Desta feita aplicando a fórmula 8 abaixo, teremos:

$$S_{A.B} = S_{C.IP} + S_{C.casa} + S_{C.mer} + S_{C.E} + S_{C.EL} \quad (\text{Equação 10})$$

$$S_{A.B} = 5,58 \text{ kVA} + 140,03 \text{ kVA} + 0,79 \text{ kVA} + 4,48 \text{ kVA} + 11,78 \text{ kVA}$$

$$S_{A.B} = 5,58 + 140,03 + 0,79 + 4,48 + 11,78 = 115,02 \text{ kVA}$$

Assim, procede-se à determinação da demanda prevista, considerando um factor de crescimento anual da carga na rede, que segundo a EDM é de 7%. Para tal, calcula-se a potência de carga projectada para um horizonte de 5 anos.

Aplicando a Equação (11), tem-se: $S_{fut} = S_{Actual} \times (1 + k)^n$ (Equação 11)

Onde:

- S_{fut} : Potência prevista ou futura (VA);
- S_{Actual} : Potência Actual (VA);
- k : Factor de crescimento anual;
- n : Número de anos;

$$S_{fut} = 115,02 \times (1 + 0,07)^5 = 161,29 \text{ kVA}$$

De seguida, procede-se ao cálculo da potência, ou demanda, de transmissão, considerando uma margem de segurança de 25%, utilizando a Equação (12) apresentada abaixo: $S_{trans} = 1,25 \times S_{fut}$ (Equação 12)

Onde:

- S_{trans} : Demanda a transmitir (VA)
- S_{Fut} : Potência de Carga prevista (VA)

$$S_n = 1,25 \times 161,29 = 201,61 \text{ kVA}$$

3.5. Dimensionamento da Linha de Média Tensão

3.5.1. Cálculo Eléctrico da Linha

Considerando que o comprimento da linha é de 1.003 km, é possível assumir admitância nula, uma vez que este valor é significativamente inferior a 80 km, distância a partir da qual os efeitos de capacitância começam a ser relevantes em linhas de média tensão.

Dessa forma, a queda de tensão na linha será determinada apenas pela soma das contribuições:

- *Componente activa*: queda de tensão causada pela resistência da linha em função da corrente activa;
- *Componente reactiva*: queda de tensão causada pela reactância da linha, associada à corrente reactiva.

Com a potência de transmissão já definida, inicia-se o dimensionamento eléctrico da linha. As tensões padronizadas de média tensão consideradas são 6,6 kV, 11 kV, 22 kV e 33 kV.

Por se tratar de uma rede em zona rural e atendendo à necessidade de alimentar o bairro de Mudissa B, optou-se por uma rede aérea a 33 kV, escolha justificada por maior alcance entre centros de carga, menores perdas por transporte e menor necessidade de estruturas muito próximas quando comparada com tensões inferiores.

3.5.2. Determinação de secção dos condutores

Nesta fase, determina-se a corrente de serviço da linha, de forma que o condutor escolhido suporte os efeitos térmicos durante o funcionamento normal, segundo o Método de Capacidade de Condução de Corrente (MCCC). A secção do condutor deve ainda garantir que a queda de tensão ao longo da linha se mantenha dentro dos limites normativos. Por fim, o condutor seleccionado deve ser economicamente viável, oferecendo o menor custo possível entre as opções disponíveis, desde que atenda aos critérios técnicos estabelecidos. A corrente de serviço é determinada pela seguinte expressão: $I_s = \frac{S_{trans.}}{\sqrt{3} \times U_L}$; (Equação 13)

Onde:

- I_s : Corrente de serviço da linha;
- S_{trans} : Potência ou demanda a transmitir (kVA);
- U_L : Tensão composta (kV)

Neste caso teremos:

$$I_s = \frac{S_{trans}}{\sqrt{3} \times U_L} = \frac{201,61 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 33 \text{ kV}} = 3.53 \text{ A}$$

A densidade considerada económica é $\delta = 1,1 \text{ A/mm}^2$. A partir deste valor, determina-se a secção técnica, que é calculada segundo a Equação (13) apresentada abaixo:

$$A = \frac{I_s}{\delta}; \text{ (Equação 14)}$$

onde:

- A: Secção mínima do condutor a ser escolhido (mm^2);
- I_s : Corrente de Serviço (A)

$$A = \frac{3,53 \text{ A}}{1,1 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}} = 3,01 \text{ mm}^2$$

Com o resultado de $A = 3,01 \text{ mm}^2$, seria possível seleccionar o condutor ACSR Mole ($12,37 \text{ mm}^2$) conforme a IS 398 (Part II): 1996, Tabela A2-2, do Anexo 2. Contudo, como a concessionária utiliza normalmente o condutor ACSR Squirrel ($24,48 \text{ mm}^2$), optou-se por adoptá-lo neste projecto, garantindo compatibilidade com os padrões da rede.

Tabela 6: Parametros da linha de MT

Parâmetro	Unidade	Valor
Área nominal do condutor	mm^2	20
Área da Secção	mm^2	24,48
Resistência Quilométrica a 20° C	Ω/km	1,3940
Temperatura de Operação	$^{\circ}\text{C}$	37
Coeficiente de Temperatura	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	0.0039
Diâmetro	mm	6.33
Comprimento da Linha	km	1.003

Fonte: (Autor)

3.5.3. Verificação da Capacidade de curto Circuito

Em linhas aéreas com condutores de secções relativamente pequenas, a corrente de curto-circuito admissível é calculada considerando que o curto-circuito ocorre distante do gerador ou da subestação e que sua duração é curta.

Portanto, para o cálculo da corrente de curto-circuito foi utilizada a equação (15):

$$I_{CC.máx} = \frac{K}{\sqrt{t_{CC}}} * S; \text{ (Equação 15)}$$

Onde:

- $I_{CC.máx}$: Corrente de Curto Circuito máxima,
- K : Constante dependente do material do condutor $Cu \approx 115$ e $Al \approx 100$
- S : Secção do condutor

Considerando que o dispositivo de protecção actua 0,2 s após a ocorrência do curto-circuito, a corrente de curto-circuito admissível para condutores de secção 24,48 mm² pode ser estimada utilizando a fórmula adiabática:

$$I_{CC.máx} = \frac{100}{\sqrt{0,2}} * 24,48 = 5\,473,89 \text{ A} \approx 5,47 \text{ kA}$$

3.5.4. Cálculo dos Parâmetros da linha

Tratando-se de uma linha curta (menor que 80 km), foram determinadas apenas a impedância série, composta pela resistência e reactância indutiva, da linha aérea de alta tensão, sem considerar os cabos de guarda.

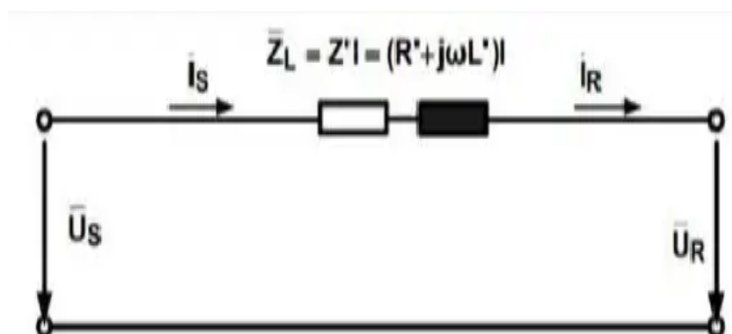


Figura 19: Representação de uma Linha Curta

Fonte: (Autor)

3.5.5. Resistência à temperatura de operação

A resistência por quilómetro (R_t) a uma temperatura diferente de 20 °C é calculada utilizando a Equação 16 apresentada a seguir:

$$R_t = R_o [1 + \alpha_t (t_f - t_o)]; \text{(Equação 16)}$$

Onde:

- R_t : Resistência Eléctrica a temperatura (Ω);
- R_o : Resistência quilométrica a 20° C, Ω/km ;
- k_t : Coeficiente de temperatura de condutor de alumínio, $^{\circ}\text{C}^{-1}$

Assim, substituindo os dados na equação 16 acima obtemos:

$$R_{37} = 1,394 [1 + 0,0039 (37 - 20)];$$

$$R_{37} = 1,4864 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Desta feita, a resistência total da linha será calculada através da fórmula:

$$R_{\theta} = R_{37} \times l_C; \text{(Equação 17)}$$

Dado que o comprimento do condutor poderá ser 1.15 vezes que comprimento da linha pois tem flechas nos vãos, então o comprimento total do condutor será:

$$l_C = 1.15 \times 1\,003 = 1\,153,45 \text{ m}$$

Então:

$$R_{\theta} = 1,4864 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 1,1534 \text{ km} = 1,7144\Omega$$

3.5.6. Reactância da linha

A reactância por quilometro e determinada através da expressão abaixo:

$$X_{\text{km}} = 6.28 \times 10^{-5} \ln \frac{D_{\text{mg}}}{r_{\text{mg}}}; \text{(Equação 18)}$$

Onde

- D_{mg} : distância média geométrica entre condutores;
- r_{mg} : raio médio geométrico do condutor

3.5.6.1. Distância entre Condutores

De acordo com a norma da EDM, a distância entre condutores é determinada com base no nível de tensão: para tensões até 30 kV, a distância deve ser entre 1,5 m e 2,0 m; para tensões entre 30 kV e 60 kV, a distância deve variar entre 2,0 m e 3,0 m. Portanto, neste projecto, adoptaram-se as seguintes distâncias entre os condutores:

Tabela 7: Distância entre condutores

Condutores	Distância (m)
Distância entre Fases R e S (D_{RS})	1,5
Distância entre Fases S e T (D_{ST})	1,5
Distância entre Fases R e T (D_{RT})	3,0

Fonte: (Autor)

$$D_{mg} = \sqrt[3]{D_{RS} \times D_{ST} \times D_{RT}} ; \text{(Equação 19)}$$

$$D_{mg} = \sqrt[3]{1,500 \times 1,500 \times 3,000} = 1\,889,88 \text{ mm} = 1,89\text{m}$$

$$r_{mg} = r \times e^{\frac{1}{4}} ; \text{(Equação 19)}$$

$$r_{mg} = \frac{6.33}{2} \times e^{\frac{1}{4}} = 2,4649 \text{ mm} = 2,46 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Então a reactância por quilometro é:

$$X_{km} = 6,28 \times 10^{-5} \ln \frac{1.89}{2.46 \times 10^{-3}} = 0,42 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Desta feita, a reactância total da linha será: $X_{Linha} = X_{km} \times 1,15 \times I_c$, (Equação 20)

$$X_{Linha} = 0,42 \times 1,15 \times 1,003 = 0,4844 \text{ } \Omega$$

3.5.7. Impedância total da Linha

Tendo os dados de R e X, então calculamos a impedância total.

$$Z_{total} = R + jX = 1,7144 + j0,4844, \text{ } \Omega$$

3.5.8. Corrente de curto-circuito trifásica

A magnitude da impedância total será: $Z_{total} = \sqrt{R^2 + X^2}$; (Equação 21)

$$Z_{total} = \sqrt{1,7144^2 + 0,4844^2} = 1,7815 \Omega$$

Então a capacidade de curto de circuito da linha será:

$$I_{CC.Linha} = \frac{Un}{\sqrt{3} * Z_{total}} = \frac{33\,000\,V}{\sqrt{3} * 1,7815} = 10\,694,67\,A \approx 10,69\,kA$$

Logo, a linha irá suportar a corrente de curto-circuito até aos 0,2 s, que é de 5,47 kA

3.5.9. Verificação da condição de queda de tensão

De seguida, vamos verificar se essa secção satisfaz o Critério dos Limites de Queda de Tensão.

Segundo este critério a queda de tensão não deve exceder 5% da tensão nominal.

Calculando a nossa queda através da equação 22 abaixo, teremos:

$$\Delta V_p = \frac{\sqrt{3} * L_{MT} * I_{ln}}{S * \sigma_{Al}}; \text{ e } \Delta V_{\%} = \frac{100 * \Delta V_p}{V_p} \text{ (Equação 22)}$$

Onde:

- ΔV_p : Queda de tensão primária entre fases medida, (V);
- $\Delta V_{\%}$: Queda de tensão primária medida, (%);
- L_{MT} : Comprimento da Linha de Média Tensão, (m);
- S : Secção geométrica do condutor (mm^2);
- σ_{Al} : Condutividade do alumínio (S.m/mm^2)

$$\Delta V_p = \frac{\sqrt{3} * 1003 * 3,53}{24,48 * \frac{1}{0,02826}} = 7,13\,V;$$

$$\Delta V_{\%} = \frac{100 * \Delta V_p}{V_p} = \frac{100 * 7,13}{33000} = 0,021\%$$

A secção do condutor seleccionada satisfaz os limites de queda de tensão estipulados; portanto, será utilizado condutor de alumínio com esta secção na linha de Média Tensão (MT), nomeadamente o Cabo ACSR *Squirrel* 24,48 mm^2 .

3.5.10. Cálculo Mecânico

Neste cálculo, avaliam-se as condições de instalação de todos os elementos da linha, incluindo condutores, isoladores, apoios e acessórios, considerando os cenários de montagem mais desfavoráveis para garantir segurança e estabilidade. No dimensionamento do condutor, determinam-se a carga admissível e a tensão de segurança com base nas propriedades mecânicas do cabo. Para este projeto, o condutor seleccionado (**Squirrel**) apresenta uma força de ruptura de: $F_R=7,60$ kN

A carga de segurança (σ_a) e a tensão de segurança (t_o) são dadas pelas expressões:

$$\sigma_a = \frac{F_R}{C_S}; \text{ (Equação 23)} \quad t_o = \frac{\sigma_a}{S}; \text{ (Equação 24)}$$

Onde:

- F_R : Força de ruptura (N)
- C_S : Coeficiente de segurança (=2,5; segundo IEC 60909 e Artigo n.º 24 do RSLEAT)
- S : Secção total do Condutor

Desta feita:

$$\sigma_a = \frac{F_R}{2.5} = 3,040 \text{ daN} \approx 310 \text{ kgf}, \text{ e } t_o = \frac{3\,040}{24,48} = 124,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \approx 12,4 \text{ daN/mm}^2$$

3.5.11. Verificação da flecha

A flecha máxima do cabo no vão entre apoios pode ser calculada pela expressão

$$\text{simplificada: } f = \frac{\omega * L^2}{8 * T}; \text{ (Equação 25)}$$

Sabendo que o comprimento do vão é de 80m e segundo o IS 398, o peso do condutor escolhido é de 85kg/km bem como tensão horizontal de 7,6kN, então a flecha será:

$$\omega = 85 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 0,85 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \text{ considerando } g=9,81 \text{ m/s}^2 \text{ então, } \omega=0,85 \times 9,81=0,834 \text{ N/m}$$

$$f = \frac{0,834 \times 80^2}{8 \times 7600} = 0,088 \text{ m}$$

Conclusão: O condutor *Squirrel* 24,48 mm², AAAC suporta os esforços previstos em operação, garantindo segurança mecânica e estabilidade da linha mesmo sob condições adversas.

As verificações de flecha e carga confirmam que os apoios e distâncias entre postes são compatíveis com as normas de instalação.

3.5.12. Cálculo da profundidade de encastramento do apoio

Para a linha de média tensão, a EDM geralmente utiliza postes de madeira com 12.25 m de altura. A profundidade de encastramento (P_e) é determinada pela expressão prática:

$$P_e = 0,5 + 0,1H; \text{ (Equação 26)}$$

Substituindo a altura do poste ($H=12.25\text{m}$):

$$P_e = 0,5 + 0,1 \times 12,25 = 1,725 \text{ m}$$

Desta forma, cada poste deve ser enterrado a 1.725 m, garantindo estabilidade e resistência às cargas mecânicas da linha.

3.5.13. Cálculo das espias

O cálculo da espia (E) consiste em determinar a distância entre a profundidade de encastramento do poste e o ponto onde será aberta a cova para o apoio. Esta distância é calculada obedecendo à seguinte expressão: $E = \frac{2 \times H_u}{3}$; (Equação 27)

Onde:

- E : comprimento da espia (m)
- H_u : altura da espia no poste, ou seja, o ponto onde a cabeça da espia é fixada (m)

Para este projecto: $H_u = 10,525 \text{ m}$

Substituindo: $E = \frac{2 \times H_u}{3} = 7,01 \text{ m}$

Portanto, a distância entre o encastramento do poste e o ponto de fixação da espia deverá ser de aproximadamente 7,01 m, garantindo a estabilidade estrutural do apoio e a correcta distribuição dos esforços mecânicos.

3.6. Posto de Transformação

Será instalado um novo posto de transformação (PT), composto por um transformador de média para baixa tensão, com relação de transformação 33/0,4 kV, que terá a função de alimentar as cargas de baixa tensão.

3.6.1. Escolha do Transformador

O transformador escolhido deve satisfazer a condição 1: $S_{NT} \geq S_{trans}$ (Condição 1)

Onde

- S_{NT} : Potência Nominal do Transformador (kVA)
- S_{trans} : Demanda de transmissão (kVA)

250 kVA \geq 201,61 kVA Condição satisfeita

De acordo com o *Manual de Montagem de Postos de Transformação Rural* da EDM, as potências nominais padronizadas dos transformadores são de 50 kVA, 100 kVA, 160 kVA, 200 kVA, 250 kVA, 315 kVA, 500 kVA e 630 kVA. Estes transformadores estão disponíveis com relações de transformação de 6,6/0,4 kV, 11/0,4 kV, 22/0,4 kV e 33/0,4 kV.

Assim, tendo em conta as potências acima, escolhe-se um transformador com a capacidade de **250 kVA**, que é imediatamente superior a potencia de transmissão obtida. Também se verifica que o transformador estará a operar 80,64% da sua capacidade.

3.6.2. Cálculo da corrente e da potência de curto-circuito do Transformador

Durante curto-circuitos, registam-se correntes e potências elevadas nas linhas e transformadores, tornando essencial a avaliação destes parâmetros para a definição das protecções do sistema. A Tabela 8 apresenta as características do transformador, incluindo potência nominal, tensões do primário e secundário, neutro acessível em baixa tensão, refrigeração natural em óleo mineral, da marca **TECNEL**.

Tabela 8: Características do transformador

Potência Nominal	250 kVA
Tensão no Primário	33 kV
Tensão no Secundário (em Vazio)	400 V
Tensão de Curto – circuito	4.0 %
Grupo de Ligação	Dny11
Frequência	50 Hz

Fonte: (Manual Montagem de PT EDM, 2006)

No que se refere a corrente de curto-circuito do lado da MT, obtém-se:

$Z_{CC} = 4\%$ (requisito da EDM, constante nas especificações técnicas do ProEnergia)

Impedância de base no primário $Z_{Base} = \frac{U^2}{S}$; (Equação 28)

$$Z_{Base} = \frac{(33\,000)^2 V}{250\,000 VA} = 4\,436 \Omega$$

Impedância do transformador

$$Z = Z_{pu} * Z_{Base}; \text{ (Equação 29)}$$

$$Z = 0,04 * 4\,436 = 174,24 \Omega$$

A impedância de curto-circuito do transformador de 250 kVA, 33/0.4 kV, $Z\% = 4\%$ é: 174,24 Ω

Corrente de Curto-circuito no lado de MT: $I_{CC, MT} = \frac{U_L}{\sqrt{3} * Z}$; (Equação 30)

Substituindo:

$$I_{CC, MT} = \frac{33\,000}{\sqrt{3} \times 174,24} = 109,35 \text{ A}$$

$$S_{CC} = \sqrt{3} \times U_n \times I_{CC} = \sqrt{3} \times 33\,000 \times 109,25 \text{ A} = 6.25 \text{ MVA}$$

E do lado de BT, obtém-se:

$$I_{CC, BT} = I_{CC, MT} \times \frac{U_{L1}}{U_{L2}}; \text{ (Equação 31)}$$

$$\frac{U_{L1}}{U_{L2}} = \frac{33\,000}{400} = 82,5 \text{ A}$$

Então, a corrente de curto-circuito será:

$$I_{CC, BT} = 109,35 \times 82,5 \text{ A} = 9\,021,10 \text{ A} \approx 9,02 \text{ kA}$$

$Z_{CC} = 4\%$ (requisito da EDM, constante nas especificações técnicas do ProEnergia)

$$S_{CC} = \sqrt{3} \times U_n \times I_{CC} = \sqrt{3} \times 0,4 \times 9,02 \text{ kA} = 6,25 \text{ kVA}$$

Tensão de Curto – circuito no lado de MT

$$U_{CC(MT)} = Z\% \times U_{L1}; \text{ (Equação 32)}$$

$$U_{CC(MT)} = 0,04 \times 33\,000 = 1\,320 \text{ V}$$

Tensão de Curto – circuito no lado de BT

$$U_{CC(BT)} = Z\% \times U_{L2}; \text{ (Equação 33)}$$

$$U_{CC(BT)} = 0,04 \times 400 = 16 \text{ V}$$

3.6.3. Protecção do Posto de Transformação

3.6.3.1. Escolha de pára-raios

O novo PT será alimentado por um sistema de 33 kV, cujo nível de isolamento básico (BIL) é de 170 kV. Para a selecção adequada dos pára-raios, devem ser analisadas as seguintes grandezas eléctricas: $U_p = 1,1 \times U_n$; (Equação 34)

Onde:

U_p : Tensão do pára-raios em kV;

U_n : Tensão nominal da linha em kV.

$$U_p = 1,1 \times 33 = 36,3 \text{ kV}$$

Capacidade para suportar sobre tensões temporárias

Admitindo um sistema de terra eficiente, o factor de falha à terra (FFT) corresponde a 1,4. Assim a TOV será: $TOV_{max} = \frac{U_p}{\sqrt{3}} \times FFT$; (Equação 35)

Onde:

TOV_{max} : Capacidade para suportar a sobretensão temporária em kV;

FFT: Factor de Falha a Terra.

$$TOV_{max} = \frac{36,3}{\sqrt{3}} \times 1,4 = 29,34 \text{ kV}; \text{ (Equação 36)}$$

Tensão máxima de operação continua (MCOV)

$$MCOV = TOV \times 0,8; \text{ (Equação 37)}$$

$$MCOV = 29,34 \text{ kV} \times 0,8 = 23,47 \text{ kV}$$

Capacidade de absorção dos Pára-raios (A_p):

$$A_p = \frac{TOV_{max}}{MCOV}; \text{ (Equação 37)}$$

Onde: A_p – Absorção dos Pára-raios

$$A_p = \frac{29,34 \text{ kV}}{23,47 \text{ kV}} = 1,25 \text{ pu}$$

Tensão residual ou nível de protecção: $U_{res} = \frac{MCOV}{0,8} * 3,3$; (Equação 38)

Onde: U_{res} - Tensão residual (V): $U_{res} = \frac{23,47 \text{ kV}}{0,8} * 3,3 = 96,83 \text{ kV}$

Margem de Protecção do Pára – raios:

$$M_{PP} = \left(\frac{BIL}{U_{res}} - 1 \right) * 100\%; \text{ (Equação 39)}$$

Onde:

M_{PP} : Margem de protecção do pára-raios em percentagem (%);

BIL : Nivel de Isolamento básico em kV;

U_{res} : Tensão residual em kV.

$$M_{PP} = \left(\frac{170 \text{ kV}}{96,83 \text{ kV}} - 1 \right) * 100\% = 75,6 \%$$

Para o presente projecto, a tensão da rede é de 33 kV, com o neutro directamente ligado à terra. De acordo com a Tabela A3-3, do Anexo 2, seleccionam-se pára-raios da marca ASEA, tipo XBE, com tensão nominal de 33 kV, por serem os adequados para este nível de tensão e configuração do sistema.

3.6.3.2. Escolha de Rupto-fusível tripolar (Drop-Outs)

Sabendo que a corrente nominal no primário do transformador é de:

$$I_p = \frac{S_{NT}}{\sqrt{3} \times U_L} = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 33 \times 10^3} = 4,37 \text{ A}$$

Sabendo que a tensão nominal da linha de Média Tensão é 33 kV e que o transformador instalado possui potência de 250 kVA, pelo que neste projecto serão utilizados três

seccionadores fusíveis do tipo Drop-Out, modelo A-33, equipados com elo fusível de 6 A, conforme especificado na Tabela A4-4, do Anexo 4. Estes dispositivos apresentam poder de corte de 12,5 kA e distância de fuga de 75 mm/kV, garantindo adequado nível de isolamento e capacidade de interrupção para as condições da instalação.

3.6.4. Selecção do cabo alimentador do Quadro Geral de Baixa Tensão

A selecção do cabo alimentador do QGBT foi mediante ao regulamento que considera três condições necessárias de serem satisfeitas de modo a obter a secção do condutor ideal, sendo estas:

A secundário do transformador será: $I_{2n} = \frac{S_{NT}}{\sqrt{3} \times U_S}$; (Equação 39)

Onde:

- I_S : Corrente nominal no secundário (A)
- S_{NT} : Potência nominal do transformador (VA)
- U_S : tensão nominal no secundário do transformador, (V)

$$I_S = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 0,4} = 360,84 \text{ A}$$

Condição 2:

Deve verificar-se que $I_n \leq 1,45 \times I_z$,

onde a corrente admissível do cabo é dada por: $I_z = I_{max} \times \gamma \times \beta$,

Adoptaram-se os seguintes coeficientes de correcção:

- $\beta = 0,75$, relativo ao método de instalação ou agrupamento (Tabela A5-5, do Anexo 5).
- $\gamma = 0,95$, correspondente ao factor de temperatura ambiente (Tabela A6-6, do Anexo 5);

Substituindo os valores na expressão de capacidade de condução de corrente, obtém-se:

$$I_z = 360,84 \times 0,95 \times 0,75 = 257,1A;$$

$$I_n \leq 1,45 \times 257,01; 360,84 \leq 372,80 A$$

Com base no valor obtido para I_z , procedeu-se à selecção de um cabo de cobre com secção de 240 mm², cuja corrente máxima admissível é de 407 A, conforme a ABNT NBR 5410:2004, Tabela A7 – 7, do Anexo 7 referente as *Capacidades de condução de corrente* para os métodos de instalação de referência A1, A2, B1, B2, C e D.

3.6.4.1. Verificação da condição de queda de tensão

$\Delta U \leq 7\% \times U_s$; Verificação da queda de tensão (Condição 2)

A expressão para achar a queda de tensão por quilometro é a seguinte. $\Delta U_{1km} = \sqrt{3} \times I(R\cos\varphi + X\sin\varphi)$ (Equação 22)

De acordo com o IEC 60287, que define o método de cálculo da resistência e reactância por quilómetro a diferente temperatura, onde tem-se $R = 0,0125 \frac{\Omega}{km}$ e $X = 0,065 \frac{\Omega}{km}$

Então, com base nessa expressão, acha-se a queda de tensão para um condutor com 12 metros de comprimento:

$$\Delta U_{0,012km} = \sqrt{3} \times (0,0125 \times 0,8 + 0,065 \times 0,6) = 0,085 \frac{V}{A.km}$$

$$\Delta U = I_n \times \Delta U_{240mm^2} \times l = 360,84 \times 0,085 \times 0,012 = 0,37 V$$

$$0,37 \leq 7\% \times 230$$

Conclusão: A secção escolhida cumpre a corrente admissível e os limites de queda de tensão; portanto, o cabo foi seleccionado para alimentar o QGBT

3.6.5. Selecção dos condutores das Saídas de Baixa Tensão

Para o posto de transformação recentemente implantado, a distribuição da carga será realizada de forma equilibrada entre as três saídas do transformador, garantindo o balanceamento das fases e uma operação estável do sistema.

Considerando que o transformador possui uma potência nominal de 250 kVA, e que serão instaladas três saídas (ramal) de baixa tensão, a potência atribuída a cada saída é de aproximadamente:

$$S_{\text{ramal}} = \frac{250 \times 10^3}{3} = 83.33 \text{ kVA}$$

A linha de baixa tensão mais longa apresenta um comprimento de 400 m, e os condutores seleccionados são de alumínio torçado com isolamento em polietileno reticulado (XLPE), adequados para redes aéreas de baixa tensão pela sua leveza, resistência mecânica e térmica.

A corrente por saída é determinada pela seguinte expressão:

$$I_s = \frac{83.33 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 0.4} = 120,28 \text{ A}$$

Condição 2: $I_n \leq 1.45 \times I_z$, e $I_z = 120.28 \times 0,95 \times 0,75 = 85.70 \text{ A}$;

$$I_n \leq 1.45 \times 85.70; 120.28 \text{ A} \leq 124.27 \text{ A}$$

Com corrente nominal por saída de $I_n=120.28 \text{ A}$, determinada por interpolação nas tabelas de capacidade de condução de corrente (ABNT NBR 5410:2004, métodos A1–D), a secção preliminar seleccionada de 35 mm^2 revelou-se inadequada devido à não conformidade com a condição de queda de tensão admissível para o ramal mais longo de 400 m.

Procedeu-se ao cálculo da queda de tensão para várias secções e comprovou-se que a secção 150 mm^2 (AL, XLPE) satisfaz os requisitos normativos.

Assim, adopta-se para cada ramal a solução $4 \times 150 \text{ mm}^2 + 16 \text{ mm}^2$ (LXS), garantindo simultaneamente a capacidade térmica para I_n e a queda de tensão dentro do limite admissível.

3.6.6. Determinação das protecções do Secundário do PT

Estas protecções serão instaladas no interior do QGBT, sendo essencialmente constituídas por um disjuntor de corte geral e por fusíveis destinados à protecção das saídas dos ramais.

3.6.6.1. Corte Geral de Baixa Tensão

As principais condições para a selecção do disjuntor geral, considerando que este possui regulação térmica e magnética, são apresentadas no Quadro A8-8, do Anexo 8 e expressam-se da seguinte forma:

- $I_N = 1,05 \times I_S$ *Intensidade Convencional de não funcionamento*, (Condição 3)
- $I_N = 1,2 \times I_S$, *Intensidade convencional de funcionamento*, (Condição 4)

Onde:

I_S : Corrente de serviço (A)

$$I_N = 1,1 \times I_S = 1,05 \times 360,84 = 378,88 \text{ A,}$$

$$I_N = 1,3 \times I_S = 1,2 \times 360,84 = 433,01 \text{ A}$$

Assim, de acordo com os valores calculados e consultando o Quadro A9-9, do Anexo 9, selecciona-se um disjuntor de $I_N = 400 \text{ A}$ o qual se enquadra adequadamente entre as condições estabelecidas.

3.6.6.2. Determinação dos Fusíveis

Para a selecção dos fusíveis, adoptam-se as condições estabelecidas no Quadro A10-10, do Anexo 8, considerando que a corrente de serviço é superior a 25 A. Assim, aplicam-se os seguintes critérios:

- $I_N = 1,3 \times I_S$ *Intensidade Convencional de não funcionamento*, (Condição 5)
- $I_N = 1,6 \times I_S$, *Intensidade convencional de funcionamento* (Condição 6)

Sabendo que a corrente de serviço é: $I_S = 120,28 \text{ A}$;

Substituindo:

$$I_N = 1,3 \times I_S = 1,3 \times 120,28 A = 156,36 A,$$

$$I_N = 1,3 \times I_S = 1,6 \times 120,28 A = 192,45 A.$$

Consulta-se o Quadro A11 – 11, do Anexo 11, que apresenta os fusíveis disponíveis e suas respectivas capacidades nominais. Considerando a corrente de serviço $I_S = 120,28 A$ e os fatores de correção aplicados, seleciona-se um fusível com corrente nominal de **160 A**.

3.7. Sistema de Aterramento e Segurança Eléctrica

O sistema de aterramento é fundamental para garantir a segurança eléctrica de pessoas, equipamentos e instalações, prevenindo choques, curtos-circuitos e sobretensões.

Neste projecto, prevê-se a implementação de dois sistemas distintos: Terra de Serviço e Terra de Protecção, cada um com funções específicas e independentes.

3.7.1. Estrutura e Separação das Terras

Para assegurar a independência dos sistemas, os eléctrodos de Terra de Serviço e de Terra de Protecção devem manter uma separação mínima de 20 metros. Além disso, serão instaladas ligações amovíveis (links de terra) que possibilitam a medição periódica da resistência de cada terra, conforme as normas vigentes.

3.7.2. Terra de Serviço

A Terra de Serviço será conectada ao neutro do secundário do transformador, por meio do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), utilizando um ligador amovível no barramento principal. Esta configuração permite monitoramento e manutenção da terra de serviço sem interferir na protecção geral.

3.7.3. Terra de Protecção

A Terra de Protecção será destinada à interligação de todas as massas metálicas da instalação, incluindo:

- Equipamentos de Média Tensão;
- Estruturas e suportes metálicos;
- Cuba do transformador e invólucro metálico do QGBT.

Caso não seja possível instalar uma terra própria para os pára-raios, estes serão ligados directamente à Terra de Protecção, sem passar por outras massas metálicas, garantindo uma protecção directa e eficaz.

3.7.4. Condutores de Terra

Os condutores de cobre devem ser dimensionados para assegurar baixa resistência eléctrica e resistência mecânica adequada:

- 35 mm² do barramento até o ligador amovível na base do pórtico;
- 50 mm² do ligador até os eléctrodos enterrados.

No últimos 1 metro antes do solo e 0,5 metros dentro dele, os condutores devem ser protegidos mecanicamente por cantoneira ou tubo apropriado, com comprimento total de protecção de 1,5 metros.

3.7.5. Eléctrodos de Terra

Os eléctrodos de Terra de Serviço e de Protecção serão construídos preferencialmente com carrões próprios para aterramento, podendo, na falta destes, serem substituídos por tubos galvanizados de 2", interligados por cabo de cobre de 50 mm².

- Profundidade mínima de enterramento: 0,5 metros;
- Distância mínima entre elementos de um mesmo eléctrodo: 3 metros;
- O número de elementos será determinado de acordo com a resistividade do solo, de forma a garantir que a resistência total de terra seja inferior a 20 Ω , conforme os regulamentos na EDM.

3.8. Proposta de Solução Técnica para a Electrificação da Área

A solução de electrificação combina redes de Média Tensão e Baixa Tensão, alimentadas pela rede pública da EDM. Embora uma solução com geração fotovoltaica fosse preferível por motivos ambientais, os custos de implementação levaram à opção por ligação à rede existente.

A alimentação será tomada numa linha de MT situada a 1,003 km do centro da carga e dirigida ao posto de transformação local. A linha provém da Subestação Salamanga a Catembe, com potência aparente de 30 MVA. A partir do posto de transformação, a rede de MT servirá a distribuição primária e a rede de BT fará a distribuição final aos utilizadores.

3.9. Especificação técnicas de Materiais

Tabela 9: Especificações técnicas de materiais

Isolador Polimérico		
Material	Porcelana	
Nível Poluição	Alto; 31mm/kV	
Tensão Nominal (Un) (kV)	33	
Linha de Fuga (kV)	900	
Tensão Máxima Ruptura (V)	9	
Características Eléctricas	STV-35	
Isolador de Borracha Polimérico		
Material	Silicone	
Nível de Poluição a resistir	Alto, 31 mm/kV	
Tensão	36kV	
Tensão Nominal	33 kV	
Tensão Suportável de Impulso atmosférico	170	
Tensão Suportável de Frequência industrial	70	
Linha de Fuga nominal Mínimalevel III (mm)	900	
Linha de fuga nominal IV (mm)	1116	
Tensão mínima de Ruptura (kN)	70	
Travessas de Para postes de Alinhamento		
Descrição	Aço	
Comprimento da Travessa	3 000	
Distância entre o Isolador extremo e o Central	1,350	
Travessa não simétrica	200	
Postes de Madeira		
Comprimento	Diâmetro mínimo do Topo [mm]	Esforço mínimo de Ruptura 55 - 75 Mpa [kN]
9m	140 - 160	6.9

12.25m	180 - 200	10.1
Condutor		
Tipo de Condutor		AAAC Squirrel
Secção (mm ²)		24.48
Número de fios (AL)		6
Massa por unidade de comprimento (kg/km)		85
Carga de Ruptura		7.6
Resistência (20°C)		1.394
Capacidade Condução 75 °C		89
Capacidade Condução 85 °C		106

Fonte: (Autor)

3.10. Estimativa de Custos

3.10.1. Fornecimento de materiais

Tabela 10.1: Estimativa de Orçamento

Item	Designação	Unidade	Quantidade	Preço [MZN]	
				P. Unitário	P. Total
1	Postes de Madeira 12,25m	Un	15	8,210.00	123,150.00
2	Ganchos roscados M20	Un	9	89.00	801.00
3	Ganchos roscados M16	Un	9	55.00	495.00
4	Terminais Bimetálicos	Un	6	125.00	750.00
5	Terminais de Cobre	Un	4	160.00	640.00
6	Ferragem tipo L 80x80x8	Un	18	645.00	11,610.00
7	Ferragem tipo L 100x50x6mm-3m	Un	3	645.00	1,935.00
8	Ferragem tipo U 100x50x6mm-3m	Un	3	645.00	1,935.00
9	Cruzetas L 50x50x5m Com 3m	Un	18	867.00	15,606.00
10	Porcas M16	Un	60	257.00	15,420.00
11	Cabo LVAV 4 x 240mm ²	m	12	6,754.00	81,048.00
12	Quadro eléctrico com disjuntor de 400 A e 4 saídas	Un	1	17,560.00	17,560.00
13	Drop - outs 33kV	Un	3	6,570.00	19,710.00
14	Pára-raios XBE, 33kV	Un	3	3,445.00	10,335.00
15	Condutor <i>Squirrel</i> 24,48mm ²	m	3010	345.00	1,038,450.00
16	Condutor de Cobre <i>Nú</i> 35mm ²	m	50	2,356.00	117,800.00
17	Isoladores horizontais de passagem com pernos curtos	Un	54	3,546.00	191,484.00
18	Isoladores de cadeia de silicone 33kV	Un	6	975.00	5,850.00
19	Pinça de amarração do tipo pistola	Un	12	1,044.00	12,528.00

Tabela 10.2: Estimativa de Orçamento

20	Bola Gancho	Un	6	567.00	3,402.00
21	Eléctrodo de terra 2,4m xM16	Un	6	670.00	4,020.00
22	Abraçadeiras ER70C para eléctrodos de terra	Un	6	134.00	804.00
23	Condutor PBT /V/PVI 35mm ² (azul)	m	15	1,234.00	18,510.00
24	Ligadores paralelo de alumínio 16-120mm, 2 parafusos	Un	12	453.00	5,436.00
25	Ligador de cobre de garra 25-120mm	Un	12	345.00	4,140.00
26	Espia completa de MT	Un	8	4,567.00	36,536.00
27	Cabo de aço	m	150	245.00	36,750.00
28	Cabo de aço 3x3.35mm para aterramento dos postes MT	m	180	345.00	62,100.00
29	Tubo PVC 110mm x 3m	Un	3	970.00	2,910.00
30	Parafuso M20 x 350mm (perno roscado)	Un	45	230.00	10,350.00
31	Parafuso olhal M20 x 350mm	Un	15	225.00	3,375.00
32	Porca olhal M20 x 350mm	Un	3	235.00	705.00
33	Anilha de chapa M20	Un	60	43.00	2,580.00
34	Anilha de mola M20	Un	60	43.00	2,580.00
35	Ligador amovível tipo link	Un	3	3,452.00	10,356.00
36	Cinta metálica	Un	3	2,550.00	7,650.00
37	Maciço e vedação	Un	1	67,890.00	67,890.00
38	Cabo torçado	Un	1300	178.00	231,400.00
39	Poste de madeira 9m	Un	35	4,150.00	145,250.00
40	Ligadores	Un	18	7.00	126.00
41	Pinças de Suspensão	Un	35	110.00	3,850.00
42	Pinças de amarração	Un	12	157.00	1,884.00
43	Transformador de Potência 250kVA, 33/0,4kV	Un	1	674,650.00	674,650.00
				Total	3,004,361.00

Fonte: (Autor)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1. Conclusão

O desenvolvimento deste projecto permitiu aplicar de forma prática os conhecimentos teóricos adquiridos ao longo da formação académica, culminando na elaboração de um projecto de rede eléctrica de Média e Baixa Tensão para o Bairro de Mudissa B. Através da análise técnica e económica, foi possível dimensionar adequadamente os condutores, equipamentos e dispositivos de protecção, assegurando a conformidade com as normas Nacionais e Internacionais.

Os resultados obtidos demonstram que a electrificação do Bairro de Mudissa B é tecnicamente exequível e economicamente sustentável, representando um passo importante rumo ao objectivo nacional de acesso universal à energia até 2030. A implementação do projecto contribuirá directamente para o desenvolvimento local, promovendo o crescimento de pequenas actividades económicas, o fortalecimento dos serviços públicos e a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

Em termos gerais, o projecto revelou-se consistente do ponto de vista técnico e alinhado com as metas estratégicas do Governo de Moçambique, nomeadamente no âmbito do Programa Nacional de Energia para Todos. A concretização desta iniciativa reforçará a inclusão social e energética, impulsionando o desenvolvimento socioeconómico da região.

4.2. Recomendações

Com base na análise efectuada e nos resultados obtidos, recomenda-se que a execução do projecto seja realizada em estrita conformidade com as normas técnicas e de segurança eléctrica definidas pela EDM, garantindo a qualidade e a fiabilidade das infra-estruturas. É igualmente importante que sejam utilizados materiais certificados e condutores com secções normalizadas, de modo a assegurar a durabilidade e a eficiência do sistema.

Sugere-se ainda a implementação de um plano de manutenção preventiva, com o objectivo de minimizar interrupções no fornecimento e prolongar a vida útil dos equipamentos instalados. Recomenda-se também a capacitação técnica da população

local, especialmente no que diz respeito ao uso racional e seguro da energia eléctrica, contribuindo assim para a sustentabilidade do sistema a longo prazo.

Por fim, deve ser considerada a possibilidade de futuras expansões da rede, tendo em conta o crescimento populacional e o aumento gradual da procura de energia. Em fases posteriores, poderá igualmente ser avaliada a integração de fontes de energia renovável, reforçando a sustentabilidade e a autonomia energética da comunidade de Mudissa B.

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. BOLOTINHA, M. 2019 – Distribuição de Energia Eléctrica em Média e Baixa Tensão, 2ª Edição, Portugal;
- [2]. FILHO, J., MAMADE, D., - Protecções de Sistemas Eléctricos de Potência, 2ª Edição, Rio de Janeiro, Brasil
- [3]. Manual de Montagem de Linhas da EDM, Julho de 2006
- [4]. Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica, Decreto Lei no 740/74 de 26 de Dezembro, alterado pelo Dec. Lei no 303/76 de 26 de Abril e pelo Dec. Reg. No 77/90 de 12 de Março.
- [5]. Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão Decreto Lei n.º 57/2011
- [6]. Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica de Baixa Tensão, Decreto n.º 67/2011
- [7]. Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais da EDM, Julho de 2006
- [8] Manual de Procedimentos da Direcção de Electrificação e Projectos, EDM, 2024
- [9]. <https://www.google.com/>, 25 de Setembro de 2025

ANEXO 1 – MAPA LOCALIZAÇÃO DO BAIRRO DA MUDISSA B

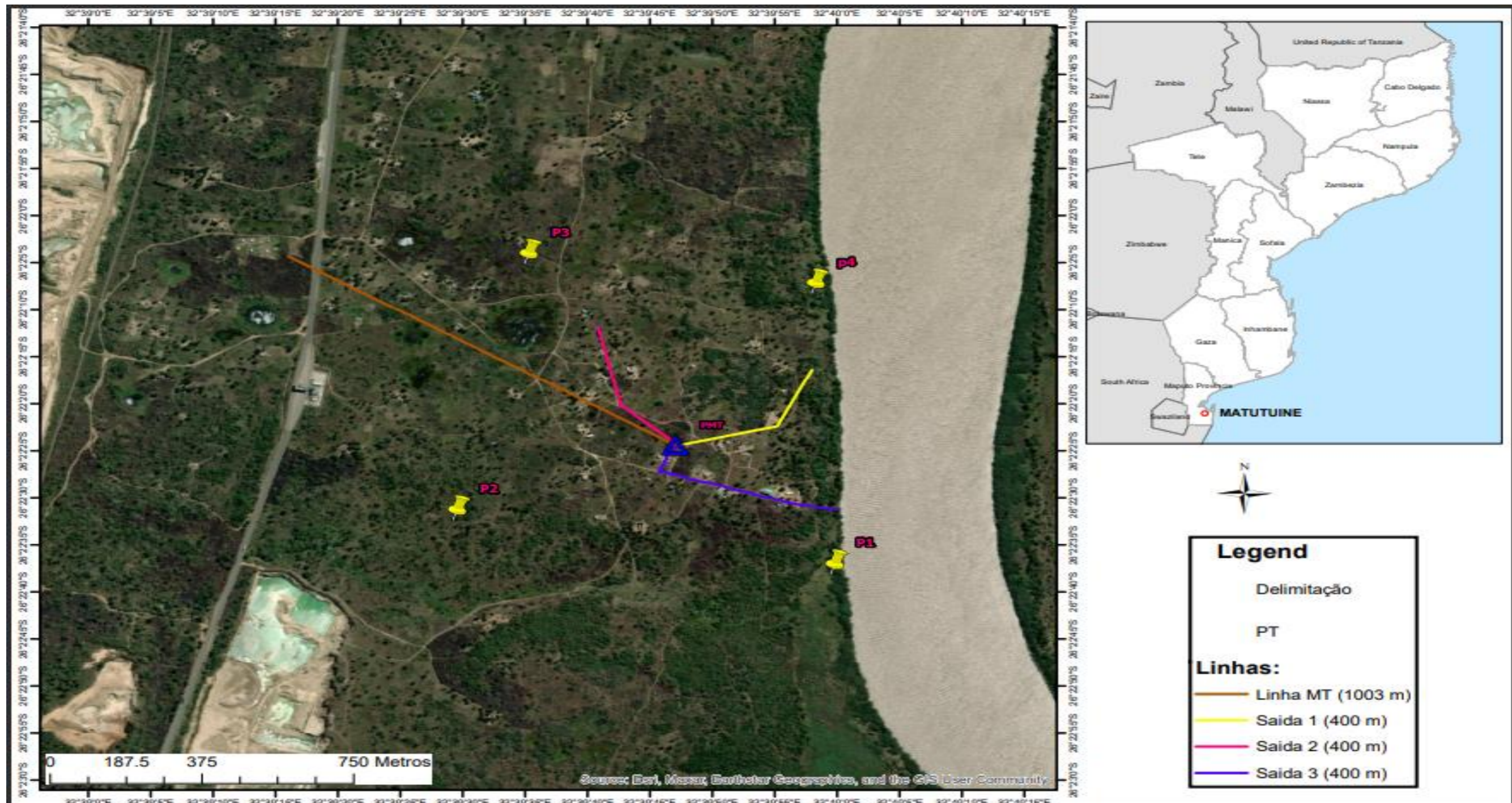


Figura A1-1: Mapa ilustrativo da localização do bairro da Mudissa B

Fonte: (www.google.com , 20 de Setembro de 2025)

ANEXO 2: CONDUTORES DE ALUMÍNIO

Tabela A2-2: Conductor ACSR de Alumínio

<p>LUMINO INDUSTRIAS Trabalhos: At P/O - Biprannapara, Complexo Jalan, PS Domjur, Howrah - 711411 Escritório: Acropolis - 12o Andar, 1858/1</p>											
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Condutores de Alumínio com Alma de Aço (ACSR) – IS 398 (Parte II): 1996

Designação	Área Nominal	Área da Secção Transversal (mm ²)	No. de Fios		No. de Fios		Diâmetro do Conductor Completo (mm)	Peso do Conductor (kg/km)	Resistência Nominal KN	Resistência CC 20 °C (Ω/km)	Capacidade de Corrente	
			AL	Aço	AL	Aço					#75 °C	#85 °C
			(m m)	(mm)	(mm)	(mm)					°C	°C
Mole	10	12.37	6	1	1.50	1.50	4.50	43	4.00	2.7800	59	69
	18	21.12	6	1	1.96	1.96	5.88	73	6.70	1.6180	81	97
Squirrel	20	24.48	6	1	2.11	2.11	6.33	85	7.60	1.3940	89	106
Weasel	30	36.88	6	1	2.59	2.59	7.77	128	11.10	0.5524	114	136
Rabbit	50	61.70	6	1	3.35	3.35	10.05	214	18.30	0.5524	155	186
Dog	80	91.97	6	1	4.09	4.09	12.27	319	26.90	0.3712	196	237
Racoon	100	118.50	6	1	4.72	1.57	14.15	394	32.40	0.2792	231	282
Wolf	150	194.90	6	1	2.59	2.59	18.13	726	67.30	0.1871	315	389
Panther	200	261.50	6	1	3.00	3.00	21.00	974	89.70	0.1390	374	465
Kundah	400	425.20	6	1	3.50	1.96	26.88	1281	88.80	0.0731	525	664
Zebra	420	484.50	6	1	3.18	3.18	28.62	1621	130.30	0.0687	546	693
Moose	520	597.00	6	1	3.53	3.53	31.77	1998	159.60	0.0560	612	783
Morculla	560	591.70	6	1	4.13	2.30	31.68	1781	120.20	0.0523	631	808

Fonte: (www.google.com, 25 de Setembro de 2025)

ANEXO 3: TENSÃO NOMINAL DOS PÁRA-RAIOS DO TIPO ASEA XBE

Tabela A3-3: Tensão nominal dos pára-raios

Tensão Nominal da Rede (KV)	Tensão Nominal dos Pára-raios "XBE"	
	Neutro isolado	Neutro à terra
6.6	7.2	6
11	12	12
22	24	24
33	36	33

Fonte: (Manual de Montagem de PT, EDM 2006)

ANEXO 4: CALIBRE DE FUSÍVEIS CONSOANTE A POTÊNCIA DO TRANSFORMADOR.

Tabela A4-4: Calibre de Link Fusíveis dos Drop-outs

Potência do Transformador (KVA)	Tensões (KV)							
	6,6		11		22		33	
	In	ILK	In	ILK	In	ILK	In	ILK
30	2,6	3	1,6	2	0,8	1	0,5	1
50	4,4	6	2,6	3	1,3	2	0,9	1
100	8,7	10	5,2	6	2,6	3	1,8	2
160	14	15	8,4	10	4,2	6	2,8	3
200	15,5	20	10,5	12	5,3	6	3,5	6
250	21,9	25	13,1	15	6,6	8	4,4	6
315	28	30	16,5	20	8,3	10	5,5	6

Fonte: (Manual de Montagem de PTs, EDM 2006)

ANEXO 5: FACTORES DE CORRECÇÃO (β)

Tabela A5-5: Cabos multicondutores de cobre enterrados (β)

NÚMERO DE CABOS COM PEQUENO AFASTAMENTO	2	3	4	5	6	8	10
Multiplicar os valores das tabelas 1 a 3 por	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,62	0,60

Fonte: (ABNT NBR 5410: 2004)

ANEXO 6: FACTORES DE CORRECÇÃO (γ)

Tabela A6-6: Temperatura ambientes diferentes de 20° C (γ)

TEMPERATURA AMBIENTE °C		5	10	15	20	25	30	35
Multiplicar os valores das tabelas 1 a 3 por	Tensão nominal até 4,8/7,2 kV inclusive	1,15	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82
	Tensão nominal 7,2/12 kV	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76

Fonte: (ABNT NBR 5410: 2004)

ANEXO 7: CONDUTORES XLPE DE Cu

Tabela A7-7: Condutores XLPE de Cu

Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1014	908	923	826	1332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

Fonte: (ABNT NBR 5410:2004)

ANEXO 8: CARACTERÍSTICAS DOS DISJUNTORES

Quadro A8- 8: Características dos disjuntores

Características dos disjuntores
(artº 134 – comentários 3)

Intensidade nominal (I_N)	Intensidade convencional de não funcionamento	Intensidade convencional de funcionamento
Disjuntores sem regulação	$1,1 I_N$	$1,3 I_N$
Disjuntores com regulação	$1,05 I_N$	$1,2 I_N$

Nota – para os disjuntores com regulação, I é a corrente de regulação dos relés, variável. em geral. entre $0,65 I_N$ e I_N .

Fonte: (ABNT NBR 5410:2004)

ANEXO 9: CARACTERÍSTICAS DOS DISJUNTORES

Quadro A9- 9: Características dos Disjuntores

Características dos disjuntores (artº 134 – comentários 3)

Intensidade nominal (I_N) (A)	Intensidade convencional de não funcionamento (A)	Intensidade convencional de funcionamento (A)
6	7	8
10	11	13
15	16,5	19,5
20	22	26
25	27,5	32,5
30	33	39
40	44	52
50	55	65
60	66	78
80	88	104
100	110	130
125	137	162
150	165	195
200	220	260

Fonte: (ABNT NBR 5410:2004)

ANEXO 10: CARACTERÍSTICAS DOS CORTA-CIRCUITOS FUSÍVEIS

Quadro A10-10: Características dos corta-circuitos fusíveis

(artº 134 – comentários 2)

Intensidade nominal (I_N)	Intensidade convencional de não fusão	Intensidade convencional de fusão
Igual ou inferior a 6 ^A	1,5 I_N	2,1 I_N
Superior a 6A e igual ou inferior a 10A	1,5 I_N	1,9 I_N
Superior a 10A e igual ou inferior a 25A	1,4 I_N	1,75 I_N
Superior a 25 ^A	1,3 I_N	1,6 I_N

Fonte: (ABNT NBR 5410:2004)

ANEXO 11: CARACTERÍSTICAS DOS CORTA-CIRCUITOS FUSÍVEIS

Quadro A11-11: Características dos corta-circuitos fusíveis

(artº 134 – comentários 2)

Intensidade nominal (I_N) (A)	Intensidade convencional de não fusão (A)	Intensidade convencional de fusão (A)	Intensidade nominal (I_N) (A)	Intensidade convencional de não fusão (A)	Intensidade convencional de fusão (A)
2	3	4	50	65	80
4	6	8	60	78	96
6	9	13	63	82	101
8	12	16	80	104	128
10	15	19	100	130	160
12	17	21	125	162	200
15	21	26	160	208	256
16	22	28	200	260	320
20	28	35	250	325	400
25	35	44	315	410	504
30	39	48	400	520	640
32	41	51	500	650	800
40	52	64	630	820	1008

Fonte: (ABNT NBR 5410:2004)

ANEXO 12: ESQUEMA ELÉCTRICO DE PT

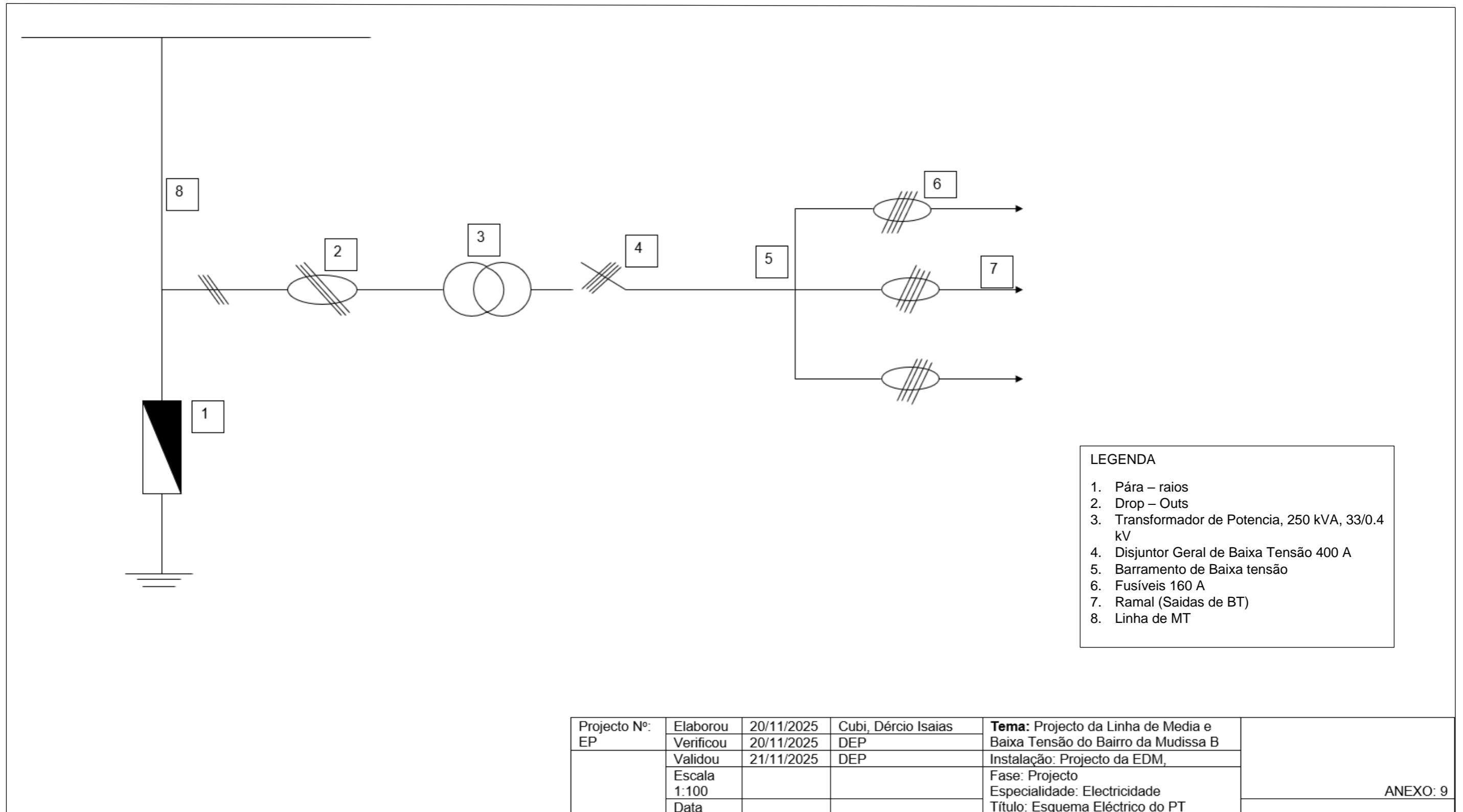
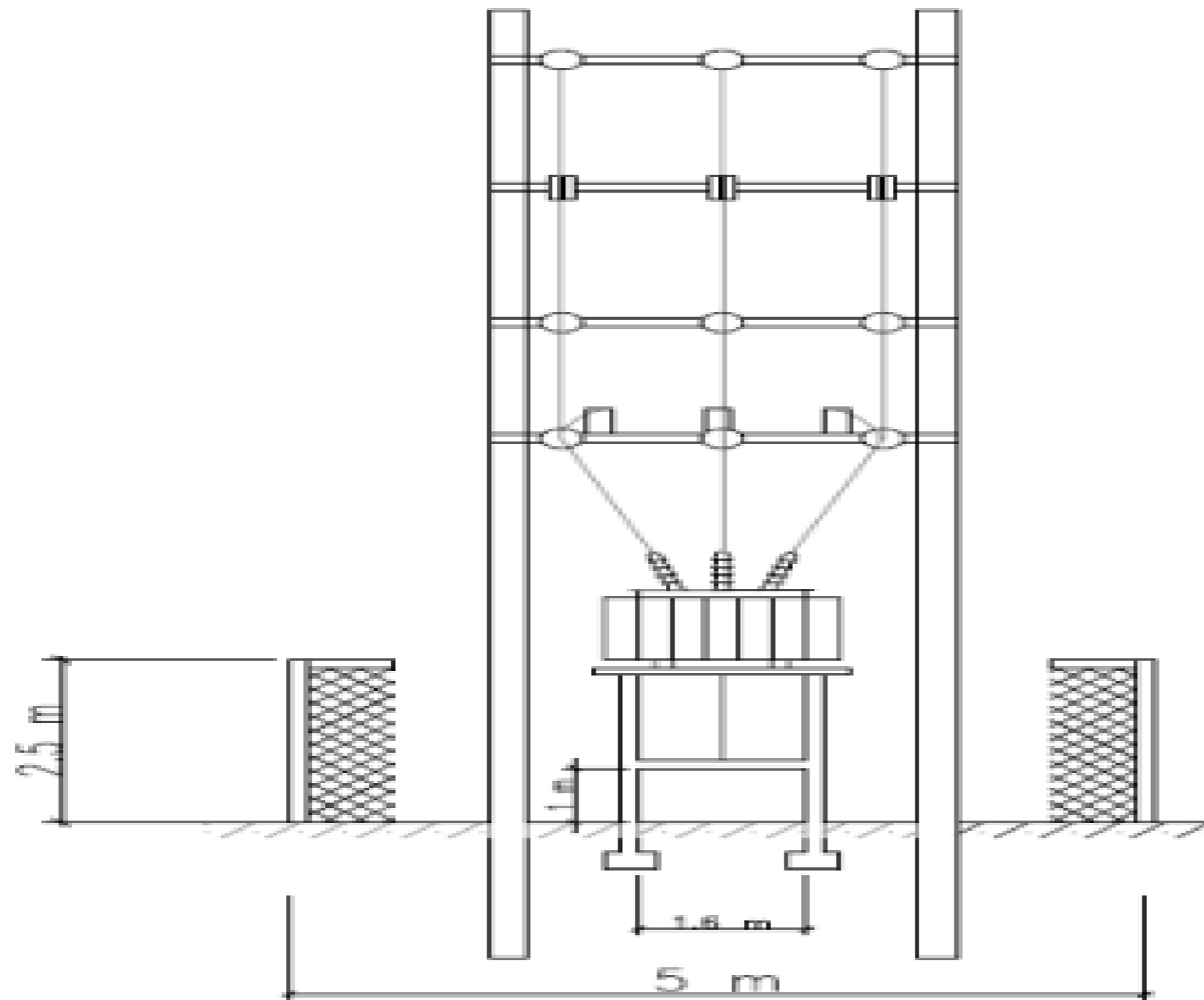


Figura A12-12: Diagrama unifilar da rede de média e baixa tensão

Fonte: (Autor)

ANEXO 13: DESENHO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO



Projecto Nº: EP	Elaborou	20/11/2025	Cubi, Dércio Isaias	Tema: Projecto da Linha de Media e Baixa Tensão do Bairro da Mudissa B	
	Verificou	20/11/2025	DEP		
	Validou	21/11/2025	DEP	Instalação: Projecto da EDM,	
	Escala			Fase: Projecto	
	Data			Especialidade: Electricidade	
				Título: Desenho do PT	ANEXO: 10

Figura A13 – 13: Desenho do Posto de Transformação

Fonte: (Autor)

ACTAS DE ENCONTROS

ANEXO 14: ACTA DE ENCONTRO

Tabela A14-14: Acta do Encontro do dia 27/07/2025



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTRO

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL33	Data:	27/07 /2025
---------------------	--------------	-------	-------------

1 AGENDA:

Apresentação do TAT Melhorado

2 PRESENCAS

Supervisor	Msc. Fernando Chaichaia, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Cubi, Dércio Isaias
Outros	

3 RESUMO DO ENCONTRO:

No dia 05/08/2025, pelas 10h00 realizou-se um encontro onde o estudante apresentou o TAT ao Supervisor.

4 RECOMENDAÇÕES:

<ul style="list-style-type: none">Correcção da Metodologia
--

5 OBERVAÇÕES

f) OBSERVAÇÕES	
DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	04/08/2025

Fonte: (Autor)

ANEXO 15: ACTA DE ENCONTRO

Tabela A15-15: Acta do Encontro do dia 27/08/2025



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL33	Data:	04/08/2025
---------------------	--------------	-------	------------

1 AGENDA:

Apresentação do progresso do trabalho (Revisão bibliográfica)

2 PRESENCAS

Supervisor	Msc. Fernando Chaichaia, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Cubi, Dércio Isaias
Outros	

3 RESUMO DO ENCONTRO:

Análise das fontes literárias utilizadas no relatório e organização sistemática dos conteúdos apresentados
--

4 RECOMENDAÇÕES:

Verificar a metodologia aplicável à elaboração de citações conforme o Regulamento de Culminação

5 OBERVAÇÕES

b) OBSERVAÇÕES	
c) DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	15/09/2025

Fonte: (Autor)

ANEXO 16: ACTA DE ENCONTRO

Tabela A16-16: Acta do Encontro do dia 15/09/2025



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL33	Data:	15/09 /2025
---------------------	--------------	-------	-------------

1 AGENDA:

Apresentação do progresso do trabalho resultados de levantamento da carga

2 PRESENCAS

Supervisor	Msc. Fernando Chaichaia, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Cubi, Dércio Isaias
Outros	

3 RESUMO DO ENCONTRO:

Verificação do conteúdo

4 RECOMENDAÇÕES:

Apresentar passo a passo os cálculos a realizados; enumerar as expressões matemáticas

5 OBERVAÇÕES

d) OBSERVAÇÕES	
e) DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	15/10/2025

Fonte: (Autor)

ANEXO 17: ACTA DE ENCONTRO

Tabela A17-17: Acta do Encontro do dia 15/10/2025



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL33	Data:	15/10/2025
---------------------	--------------	-------	------------

1 AGENDA:

Apresentação do progresso – Cálculos e organização do trabalho
--

2 PRESENÇAS

Supervisor	Msc. Fernando Chaichaia, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Cubi, Dércio Isaias
Outros	

3 RESUMO DO ENCONTRO:

Verificação do conteúdo

4 RECOMENDAÇÕES:

Indicar as fontes onde foram tiradas tabelas dos anexos

5 OBERVAÇÕES

b) OBSERVAÇÕES	
----------------	--

c) DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	29/10/2025
-----------------------------	------------

Fonte: (Autor)

ANEXO 18: RELATÓRIO DE PROGRESSO DAS ACTIVIDADES

Tabela A18.1-18: Relatório de progresso das Actividade



FACULDADE DE ENGENHARIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Relatório de Progresso

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPPL33	Data:	27/07 /2025
---------------------	--------------	-------	-------------

ACTIVIDADES PLANIFICADAS

ACTIVIDADE	PRAZO PREVISTO
1. Termo de Atribuição do TAT de Estágio Profissional	27/07/2025
2. Revisão Bibliografica	16/09/2025
3. Desenvolvimento (Resultados, Analise e Discussão)	30/10/2025
4. Organização do Trabalho	13/11/2025
5. Verificação final do Relatório	20/11/2025

CONTROLE DE EXECUÇÃO

ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	27/07/2025	25%	Revisão do problema	
	14/08/2025	70%	Revisão da Metodologia de pesquisa	
	19/08/2025	70%	Verificar estruturação do trabalho	
2	08/09/2025	100%	Avançar com revisão bibliográfica	
	15/09/2025	90%	Resumir os conceitos	
	22/09/2025	100%	Incluir as fórmulas	
3	28/09/2025	100%	Avançar com os próximos passos	
	15/10/2025	90%	Rever os cálculos e a selecção dos equipamentos	

Fonte: (Autor)

ANEXO 18: RELATÓRIO DE PROGRESSO DAS ACTIVIDADES

Tabela A18.2-19: Relatório de progresso das Actividade



FACULDADE DE ENGENHARIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Relatório de Progresso

	17/10/2025	50%	Efectuar a especificação dos materiais	
7	20/10/2025	60%	Rever a conclusão e recomendações	
	14/11/2025	70%	Rever a organização dos relatórios	
	18/11/2025	100%	Imprimir e trazer o relatório para assinatura	
3. INDICAÇÃO TENTATIVA DA CONCLUSÃO DO EP (ao 4º encontro)				21/11/2025

Fonte: (Autor)