



FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

**PROJECTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MACANDZA, DISTRITO DE
MARRACUENE.**

AUTOR:

Macaringue, Jorge Agostinho

SUPERVISORES:

Mestre Fernando Chachaia, eng.

Carlitos Choma, eng.

Maputo, Maio de 2025



FACULDADE DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA
ESTÁGIO PROFISSIONAL

**PROJECTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA
ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MACANDZA, DISTRITO DE
MARRACUENE.**

AUTOR:

Macaringue, Jorge Agostinho

SUPERVISORES:

Mestre Fernando Chachaia, eng.

Carlitos Choma, eng.

Maputo, Maio de 2025



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA (LABORAL)

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Jorge Agostinho Macaringue, estudante de Engenharia Eléctrica da Universidade Eduardo Mondlane, declaro que o presente trabalho é da minha autoria, elaborado sob a orientação do supervisor Mestre Fernando Chachaia, Eng. As informações contidas neste trabalho são originais, e as fontes consultadas estão devidamente citadas. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado anteriormente em outro curso ou instituição.

Maputo, Maio de 2025

Assinatura

(Jorge Agostinho Macaringue)

Dedicatória

Com um profundo e eterno carinho, dedico este trabalho à memória do meu pai, Raul Adriano Cossa, e do meu padrasto, Agostinho Manuelane Macaringue. As vossas recordações são um farol que me guia.

A si, minha mãe, Ivone Salvador Chavel, o meu agradecimento mais sincero. A sua motivação incansável e o seu apoio incondicional foram e continuam a ser o pilar que me impulsiona a perseguir os meus sonhos, dia após dia. Esta conquista é, em grande parte, fruto da sua força e amor.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, que detém todo o poder na terra e debaixo dela, pela saúde e vida que me foram concedidas. Expresso a minha profunda gratidão aos meus supervisores, Mestre Fernando Chachaia (supervisor da faculdade) e Engenheiro Carlitos Choma (supervisor da empresa), pela inestimável disponibilidade, atenção, apoio e orientação que foram cruciais para a concretização deste projecto. Um agradecimento especial é dirigido à Tia Miranda Zunguene, pelo apoio contínuo desde o meu primeiro ano de formação até ao presente momento. Reconheço e agradeço também a todos os colaboradores da empresa EDM, em particular aos da USC Macaneta (Unidade de Serviço ao Cliente de Macaneta), pela colaboração prestada. Por fim, o meu reconhecimento estende-se a todos os meus colegas e a todos os docentes da Faculdade de Engenharia, com um especial destaque para o departamento de Engenharia Electrotécnica.

RESUMO

Este relatório apresenta o projecto de uma rede de distribuição de energia eléctrica para o Bairro de Macandza, Distrito de Marracuene, desenvolvido no âmbito do estágio profissional do curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica. O aumento da demanda energética e a necessidade de expandir o acesso à electricidade nesta área motivaram a realização deste estudo. O principal objectivo foi dimensionar e especificar os componentes de uma rede de distribuição que garanta eficiência, fiabilidade e segurança no fornecimento de energia eléctrica à população, em conformidade com as normas técnicas da EDM. A metodologia adotada envolveu a recolha de dados demográficos e de consumo, o estudo das normas técnicas aplicáveis e a aplicação de cálculos de engenharia eléctrica para o dimensionamento de transformador, cabos, disjuntores, fusíveis e pára-raios. Foram também realizadas análises de quedas de tensão e de correntes de curto-circuito para assegurar a robustez do sistema. Para a execução deste projecto, foram utilizadas ferramentas como o software Microsoft Excel para os cálculos e o Power World Simulator (PWS) para simular o carregamento da linha, bem como a consulta de manuais técnicos da EDM e de literatura especializada em engenharia eléctrica. A rede projectada permitirá o acesso à energia eléctrica para a população do bairro, contribuindo significativamente para o desenvolvimento socioeconómico local e a melhoria da qualidade de vida dos seus habitantes.

Palavras-chave: Projecto de expansão de uma rede de distribuição, Linha de média tensão, Posto de transformação, condutores, rede distribuição em baixa tensão.

ABSTRACT

This paper details the project for the expansion of the medium voltage (MV) and low voltage (LV) electrical power distribution network for the Macandza Neighborhood, located in the Marracuene district, Mozambique. Motivated by repeated complaints from residents regarding the lack of electricity supply and aiming to meet the needs of potential future residents in the neighboring Tinguana 1 and 2 and Nandza neighborhoods, this proposal considers the electrification of 200 households. Through calculations based on the Regulation for the Safety of Electrical Energy Utilization Installations (RSIUEE), a predictable power of 1017 kVA was estimated, leading to the dimensioning of a 6x200 kVA transformer's substations, to be supplied by a 12.5 km long 33 kV (MV) line derived from the existing network. The MV line will use 150 mm² Mulberry (AAAC) conductor, supported by 209 poles. The LV network will be implemented with 4x50 mm² aluminum bundled conductor (ABC), with an extension of 2720 m and supported by 68 poles. This project aims to solve the lack of electricity in Macandza and prepare the infrastructure for the future development of the region.

Keywords: Power distribution network expansion project, Medium voltage line, Transformer substation, Conductors, Low voltage distribution network.

ÍNDICE

RESUMO	IV
ABSTRACT	V
LISTA DE SÍMBOLOS	X
CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1. Introdução	1
1.1. Formulação do Problema	2
1.2. Justificativa	2
1.3. Objectivos	3
1.3.1. Objectivo Geral	3
1.3.2. Objectivos específicos	3
1.4. Metodologia	3
1.5. Organização textual	4
CAPÍTULO II – REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA.....	5
2. GENERALIDADES	5
2.1 Rede Eléctrica	5
2.1. 2. Rede De Distribuição	6
2.1.3 Classificação Das Redes De Distribuição.....	7
2.1.3.1 Redes De Distribuição Primária.....	7
2.1.3.2 Redes De Distribuição Secundária	7
2.1.4.Topologia Das Redes De Distribuição	8
2.2. Elementos Constituentes Das Redes De Distribuição	10
2.2.1. Apoios.....	10
2.2.2. Condutores	14
2.2.3 Isoladores	16
2.3. Transformadores de Distribuição.....	18
2.4. Dispositivos de Protecção	19
2.4.1. Pára-raios	19
2.4.1 Drop-outs	20
2.5. Quadro Geral de Baixa Tensão	21
CAPÍTULO III – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	22

3. LEVANTAMENTO DE DADOS.....	22
3.1. LOCALIZAÇÃO DO BAIRRO MACANDZA	22
3.1.1. Alimentação ou ponto de derivação.....	23
3.2. DIMENSIONAMENTO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO PARA O BAIRRO DE MACANDZA.....	24
3.2.1. LEVANTAMENTO DE CARGA NO BAIRRO DE MACANDZA.....	24
3.2.1.1. Determinação da Potência a Instalar	24
3.2.1.2. Cálculo da área total das casas.....	24
3.2.1.3. Cálculo das potências ligadas as cargas	25
3.2.1.4. Potência ligada as casas	27
3.2.1.5. Cálculo da área total da escola.....	27
3.2.1.6. Cálculo da potência total da escola	28
3.2.1.7. Cálculo da potência de iluminação pública	28
3.2.1.8. Cálculo da potência aparente para o bairro de Macandza	28
3.3. Cálculo da Potência aparente com factor de acréscimo.....	28
3.3.1. Escolha do transformador padronizado	29
3.3.2. Dimensionamento dos Drop-outs	29
3.3.3. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE BAIXA TENSÃO	30
3.3.3.1. Dimensionamento do cabo de baixa tensão entre o transformador e o quadro de baixa tensão e as respetivas proteções do lado da baixa tensão.....	30
3.3.3.2. Cálculo do poder de corte do disjuntor geral	31
3.3.3.3. Cálculo da secção do cabo alimentador	32
3.3.3.4. Cálculo da corrente fictícia.....	32
3.3.3.5. Cálculo de corrente máxima nas condições reais.....	33
3.3.3.6. Protecção contra sobrecargas.....	33
3.3.3.7. Dimensionamento das Saídas	34
3.3.3.7.1. Protecção contra sobrecargas	34
3.3.3.7.2. Protecção contra sobrecargas	35
3.4. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO	35
3.4.1. CÁLCULO ELÉCTRICO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO.....	35
3.4.1. Pontos de seccionamentos.....	39
3.4.1.2. Simulação da rede usando o Power World Simulator.....	41

3.4.2. CÁLCULO MECÂNICO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO.....	41
3.4.2.1. CÁLCULO MECÂNICO DOS APOIOS	42
3.4.2.1.1. Cálculo do vão crítico de montagem.....	42
3.4.2.1.2. ENCASTRAMENTO DOS APOIOS DA RBT E RMT	44
3.4.2.1.3. DIMENSIONAMENTO DAS ESPIAS DA RBT E RMT.....	45
3.4.2.1.3. Traçado da Linha Média Tensão	46
CAPÍTULO IV: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICA DOS MATERIAIS.....	48
4.1 Especificações técnicas dos Materiais	48
4.1.1. Apoios.....	48
4.1.1.2. Isoladores	48
4.1.2. Posto de Transformação	48
4.1.3. Transformador de Potência	49
4.1. 4. Pórtico	49
4.1.5. Barramento de Média Tensão	49
4.1.5.1. Pará – Raios	49
4.1.5.2. Drop-Outs	50
4.1.6. Espiamento.....	50
4.1.7. Base de Alvenaria.....	50
4.1.8. Quadro Geral de Baixa Tensão	51
4.1.9. Rede de Baixa Tensão	51
4.1.10. Rede de Média tensão.....	51
4.1.11. Amarração da Linha de Média Tensão	51
4.1.12. Vedação.....	52
4.1.13 Terras	52
4.1.13.1. Terra de serviço.....	52
4.1.13 .2. Terra de protecção	52
4.1.13 .3. Condutores de terra.....	52
4.1.13 .4. Eléctrodos de terra	52
CAPÍTULO V: ESTIMATIVA DE CUSTO & VIABILIDADE ECONÓMICA DO PROJECTO.....	54
5.1. Estimativa de custos.....	54
5.2. Viabilidade Económica do Projecto	56

CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES.....	57
6.1. Conclusões.....	57
6.2. Recomendações.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

LISTA DE SÍMBOLOS

N	Número de anos previstos para o crescimento da carga
$\cos\theta$	Factor de potência
Fu	Factor de utilização
Fs	Factor de simultaneidade
H	Altura total do poste
h	Profundidade mínima de enterramento do poste
S_{ajust}	Potência aparente ajustada com factor de acréscimo
I_{adm}	Corrente máxima admissível
I_{cc}	Corrente de curto-circuito
P_{tom}	Potência total das tomadas
I_n	Corrente nominal da lâmpada de vapor de sódio
S_{clim}	Potência aparente de climatização
P_{ci}	Potência da casa i
P_{IPu}	Carga da iluminação pública em kW
P_{ilum}	Potência total de iluminação
S_{bairro}	Carga requerida pelo bairro
A_{total}	Área total
$S_{llu/Tug}$	Carga das instalações de iluminação e tomadas de uso geral
S_n	Potência nominal do transformador
A	Ampere
daN	Deca Newton
Hz	Hertz
Km	Quilómetro
KVA	Kilo Volt Ampere
mm	Milímetro

$\alpha_{\%}$	Taxa anual de crescimento da carga
S _{MAQ}	Potência prevista para Máquina de lavar
S _{COZ}	Potência prevista para cozinha
S _{AQ}	Potência prevista para aquecimento
DMG	Diâmetro Médio Geométrico
RMG	Raio Médio geométrico
EDM	Eletricidade de Moçambique
AAAC	All-Aluminum Alloy Conductors
ABC	Aerial Bundled Cables
IP	Iluminação Pública
MT	Média Tensão
PT	Posto de Transformação
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
RBT	Rede de Baixa Tensão
RMT	Rede de Média Tensão
RSICEE Entradas	Regulamento de Segurança de Instalações Coletivas de Edifícios e Entradas
RSIUEE Eléctrica	Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica
RSLEAT	Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão
RSRDEEBT	Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão
RSSPTS	Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão
TUG	Tomadas de Uso Geral

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do Sistema Eléctrico	6
Figura 2: Rede de distribuição primária.....	7
Figura 3: Redes de distribuição primária e secundária	8
Figura 4: Estrutura de rede radial.....	8
Figura 5: Estrutura de rede malhada.....	9
Figura 6: Estrutura de rede em anel.....	9
Figura 7: Apoios de Madeira	10
Figura 8: Ilustração de diferentes tipos de apoios.....	11
Figura 9: Apoio de derivação	12
Figura 10: Apoio de alinhamento	12
Figura 11: Apoio de ângulo	13
Figura 12: Apoio de fim de linha.....	14
Figura 13: Condutor de Alumínio de Aço Reforçado ACSR	14
Figura 14: Sistema sem neutro tensor	15
Figura 15: Sistema com neutro tensor	16
Figura 16: Isolador de pino em porcelana.....	16
Figura 17: Cadeia de isoladores de disco de vidro.	17
Figura 18: Isoladores de suporte.....	17
Figura 19: Isoladores de tensão (ou de esticamento)	17
Figura 20: Transformador em poste de betão	18
Figura 21: Transformador em pórtico de madeira	19
Figura 22: Transformador assente em base de alvenaria	19
Figura 23: Pára-raios.....	20
Figura 24: chave fusível	20
Figura 25: Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT)	33.
Figura 26: Mapa de localização geográfica da área de estudo	22
Figura 27: Circuito equivalente duma linha de transmissão curta	36
Figura 28: configuração da linha em esteira horizontal	36
Figura 29: seccionador do tipo Drop-out fuse link	40

Figura 30: Simulação da rede do projecto.....	41
Figura 31: Dimensionamento das Espias	45

CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO

1. Introdução

A electrificação de áreas urbanas e rurais é um dos principais desafios para o desenvolvimento sustentável de qualquer nação. A procura por energia eléctrica cresce exponencialmente, impulsionada pelo aumento da população, pela industrialização e pela busca por uma melhor qualidade de vida. No entanto, muitas regiões ainda enfrentam dificuldades significativas no acesso a esse recurso essencial, o que limita o desenvolvimento socioeconómico local e a melhoria das condições de vida.

O bairro de Macandza, localizado numa área de grande potencial, mas ainda desprovido de uma rede eléctrica, é um exemplo emblemático dessa realidade. Geograficamente, este bairro encontra-se delimitado a norte por Manhiça Sede e Calanga, a oeste por Maluana e pela localidade de Marracuene, a sul pela localidade de Marracuene e a leste pelo Oceano Índico. Com uma população de 3725 habitantes e uma escola que atende o primeiro e o segundo grau, Macandza enfrenta desafios diários relacionados com a falta de electricidade, que impactam negativamente a educação, a saúde e o desenvolvimento económico da comunidade.

Neste contexto, o presente projecto tem como objectivo principal expandir a rede de distribuição de energia eléctrica para o bairro de Macandza, visando não apenas atender à crescente procura dos seus habitantes, mas também promover a inclusão social e fomentar o desenvolvimento económico sustentável. A electrificação de Macandza representa uma oportunidade de transformação significativa, onde a energia eléctrica não será apenas uma comodidade, mas um catalisador para a melhoria da qualidade de vida, educação e acesso a serviços essenciais, impulsionando assim o progresso da comunidade e contribuindo para o desenvolvimento socioeconómico do país como um todo.

1.1. Formulação do Problema

O bairro de Macandza, com uma população de 3725 habitantes, encontra-se numa situação de vulnerabilidade devido à ausência total de uma rede de distribuição de energia eléctrica. Esta carência impede o acesso dos moradores a serviços básicos essenciais, como iluminação pública, abastecimento de água, comunicação, educação e saúde, que dependem directamente do fornecimento de energia. Além disso, a falta de electrificação limita o desenvolvimento económico do bairro, dificultando a criação de negócios, a geração de emprego e o crescimento económico sustentável. O problema agrava-se considerando o crescimento populacional da região, o que aumenta a demanda por infraestruturas e serviços adequados.

Perante os problemas apresentados acima, questiona-se o seguinte:

Como electrificar o bairro de Macandza para atender às necessidades atuais e futuras?

1.2. Justificativa

A implementação de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de Macandza é essencial para o desenvolvimento socioeconómico da região e para a melhoria da qualidade de vida dos seus habitantes. A rede de média tensão, com 12,5 km de extensão e 33 kV de tensão, será derivada da linha existente que termina no PT746R, por ser a mais próxima. A electrificação permitirá o acesso a serviços básicos fundamentais, como iluminação residencial, funcionamento de escolas e unidades de saúde, e melhoria na segurança pública.

A escolha deste tema também foi motivada pelas reclamações dos moradores de Macandza, que há anos clamam pela falta de energia eléctrica. A EDM visa, assim, responder aos anseios desta população, promovendo a inclusão energética e impulsionando o desenvolvimento económico local através da instalação de pequenas e médias empresas, aumento de oportunidades de emprego e sustentabilidade da comunidade.

1.3. Objectivos

1.3.1. Objectivo Geral

- ✓ Projectar uma rede de distribuição de energia eléctrica para o bairro de Macandza, distrito de Marracuene.

1.3.2. Objectivos específicos

- ✓ Fazer o levantamento das cargas a alimentar;
- ✓ Dimensionar o posto de transformação que irá alimentar o bairro;
- ✓ Dimensionar a rede de média tensão;
- ✓ Dimensionar a rede de baixa tensão;
- ✓ Fazer a estimativa de custo para o projecto.

1.4. Metodologia

Para a realização deste trabalho foi usada a seguinte metodologia:

- ✓ **Revisão Bibliográfica:** Realizar-se-á um estudo aprofundado da literatura técnica, incluindo manuais, normas e artigos científicos, para construir uma base teórica sólida sobre o tema.
- ✓ **Pesquisa de Campo:** Serão colectados dados in loco, como a distância do término da linha de Média tensão mais próxima até ao bairro alvo e o número de edificações, para dimensionar adequadamente a rede eléctrica e atender à demanda energética do bairro.
- ✓ **Simulação:** Será realizada uma simulação, através do PWS (Power World Simulator), do desempenho da rede em diferentes cenários de demanda.

1.5. Organização textual

O trabalho tem a seguinte estrutura:

- I. **Contextualização** – onde se fará a descrição geral do projecto, caracterização da zona, problematização, justificativa, descrição dos objectivos e apresentação da metodologia.
- II. **Revisão da bibliografia** – onde serão expostos os conceitos técnicos e científicos indispensáveis para a melhor percepção do presente projecto;
- III. **Memória descritiva e justificativa** – neste ponto serão mostrados os dados colhidos no bairro de Macandza, nomeadamente, ruas existentes e linha de média tensão próximas a zona e será acompanhado de um memorial de calculo, para se justificar o porquê da escolha de um determinado equipamento;
- IV. **Especificações técnicas** – neste ponto será feito um detalhamento preciso e específico dos requisitos técnicos, materiais e métodos de construção.
- V. **Estimativa de custo** – Onde serão apresentados os preços dos materiais necessários para execução do projecto;
- VI. **Conclusões, recomendações** – este ponto representa a parte final do projecto, onde serão descritas todas as conclusões bem como as recomendações

CAPÍTULO II – REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2. GENERALIDADES

O presente capítulo debruçar-se-á sobre o panorama teórico das redes de distribuição de energia eléctrica em média e baixa tensão, elementos cruciais para levar a electricidade desde as fontes de produção até aos utilizadores finais. Serão explorados os aspectos fundamentais que norteiam o planeamento e a expansão destas infraestruturas, desde a sua classificação com base em critérios como a tensão de serviço, a função primordial que desempenham e a sua arquitectura topológica, até aos processos e cálculos essenciais envolvidos nos projectos que visam otimizar e expandir estas redes vitais. A compreensão destes alicerces teóricos é fundamental para a análise e desenvolvimento eficaz de qualquer projecto no âmbito da distribuição de energia eléctrica.

2.1 Rede Eléctrica

Uma rede eléctrica consiste numa malha interligada que assegura a distribuição da electricidade desde a central produtora até ao consumidor final, abrangendo habitações, estabelecimentos comerciais e unidades industriais.[1]

A concepção de redes eléctricas representa um desafio complexo, tanto no plano técnico como no social, sendo imperativo o cumprimento de normas, leis, regulamentos e portarias estabelecidas pela legislação vigente. Desta forma, este projecto observa o estipulado no Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão (RSRDEEBT) e no Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (RSSPTS). Garante-se, assim, a segurança e a qualidade do serviço, tanto na construção das linhas como durante o seu funcionamento, contribuindo para a mitigação dos impactos que possam advir para a sociedade.[12]

De acordo com as alíneas w) e d) do artigo 1.º do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão, uma rede de distribuição em BT

define-se como uma “instalação eléctrica (na qual o valor eficaz ou constante da tensão não ultrapassa, em corrente alternada, os 1000 V ou, em corrente contínua, os 1500 V) destinada à transmissão de energia eléctrica a partir de um posto de transformação ou de uma central geradora até às portinholas, sendo constituída por canalizações principais e ramais”. Os valores típicos para as redes de baixa tensão em Moçambique são de 380/220 V (trifásica e monofásica, respectivamente), conforme o número 5 do artigo 3.º do RSRDEEBT.[12]



Figura 1: Estrutura do Sistema Eléctrico [10]

2.1. 2. Rede De Distribuição

É a parte do sistema de potência destinado ao transporte de energia eléctrica, em média ou baixa tensão a partir do barramento secundário de uma subestação (onde termina a transmissão ou sub-transmissão), até os pontos de consumo.[1]

2.1.3 Classificação Das Redes De Distribuição

As redes de distribuição classificam-se em: redes de distribuição primária e secundária.

2.1.3.1 Redes De Distribuição Primária

As redes primárias são responsáveis por alimentar os transformadores de distribuição e/ou os pontos de entrega de energia sob a mesma tensão primária. Ou seja, as redes primárias operam em linhas de MT, superiores a 1 kV e são encarregadas de fornecer energia aos transformadores de distribuição que rebaixam essa energia para tensões menores, chamadas de secundárias. [1]



Figura 2: Rede de distribuição primária [1]

2.1.3.2 Redes De Distribuição Secundária

As redes secundárias são encarregadas pela distribuição da energia em baixa tensão por meio dos ramais de ligação. Essas redes secundárias são provenientes dos transformadores que recebem a energia em tensões primárias, ou seja, média tensão. [1]



Figura 3: Redes de distribuição primária e secundária [1]

2.1.4.Topologia Das Redes De Distribuição

A topologia das redes de distribuição de energia eléctrica descreve a forma como os seus componentes (linhas, subestações, transformadores, etc.) estão interligados. A escolha da topologia influencia directamente a fiabilidade, a eficiência e o custo do sistema.[2] Existem três topologias principais:

a) Radial

Nesta topologia, a energia flui de uma única fonte (subestação) para os consumidores através de diversos ramos, de forma semelhante à circulação sanguínea. Cada consumidor tem apenas um caminho de alimentação.[2]

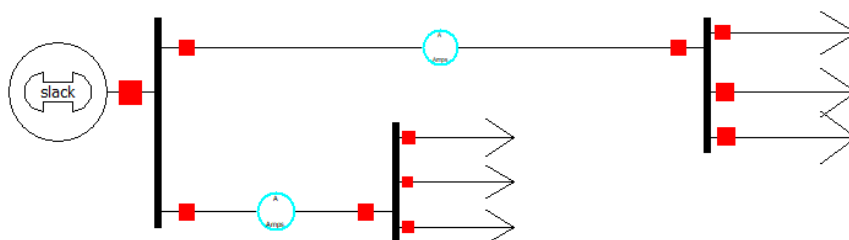


Figura 4: Estrutura de rede radial. (Fonte: Autor)

- ✓ Vantagens: É a topologia mais simples e geralmente a de menor custo inicial.
- ✓ Desvantagens: É menos fiável, pois uma falha na linha principal ou na subestação afecta todos os consumidores a jusante. Não oferece caminhos alternativos para o fornecimento de energia.[2]

b) Malhada (*Mesh Grid*)

Nesta topologia, os ramais de diferentes subestações são interconectados, criando múltiplos caminhos para a energia chegar aos consumidores.

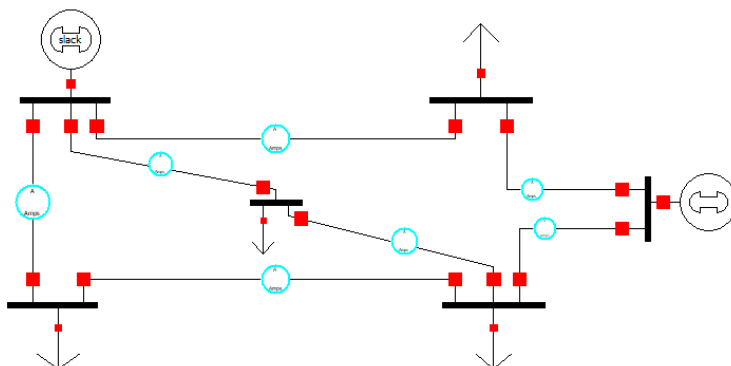


Figura 5: Estrutura de rede malhada . (Fonte: Autor)

- ✓ Vantagens: Oferece maior fiabilidade, pois se uma linha ou subestação falhar, a energia pode ser suprida por outros caminhos. Melhora a continuidade do serviço.
- ✓ Desvantagens: É mais complexa e cara de implementar e operar devido à maior quantidade de equipamentos de protecção e controlo necessários.

c) Em Anel (*Loop Grid*) com Exploração Radial

Esta topologia combina características das redes radial e malhada. Forma-se um anel fechado, mas a operação é tipicamente radial, com a energia a fluir numa direcção a partir de um ponto de alimentação no anel.

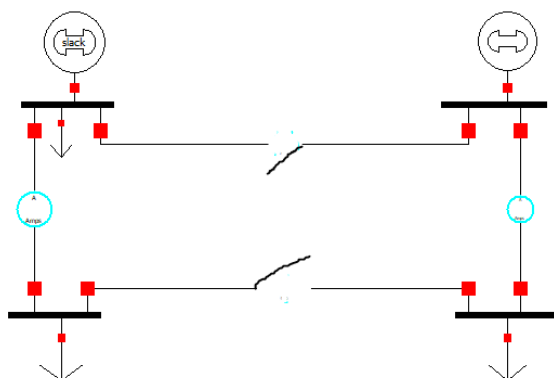


Figura 6: Estrutura de rede em anel. (Fonte: Autor)

- ✓ Vantagens: Oferece maior flexibilidade e melhor continuidade do fornecimento em comparação com a topologia radial. Em caso de falha num ponto, a alimentação pode ser redireccionada a partir de outra parte do anel.
- ✓ Desvantagens: O custo é mais elevado que o da rede radial devido à maior capacidade dos cabos e à necessidade de mais disjuntores e relés para permitir a reconfiguração.

2.2. Elementos Constituintes Das Redes De Distribuição

Os principais elementos das redes de distribuição são: apoios, condutores, isoladores, transformadores de distribuição e os dispositivos de protecção.

2.2.1. Apoios

Os postes, enquanto elementos cruciais na infraestrutura de distribuição de energia eléctrica, desempenham o papel fundamental de suportar fisicamente os condutores que transportam a corrente. A sua construção pode variar significativamente em termos de material, sendo comuns as estruturas metálicas, robustas e duradouras, os postes de betão armado, que oferecem boa resistência e estabilidade, e, em cenários particulares de redes de baixa tensão, a utilização de madeira, uma opção mais tradicional e económica em certas aplicações. De facto, na maioria das linhas de baixa tensão, os postes de betão ou de madeira são as soluções mais frequentemente encontradas.[2]



Figura 7: Apoios de Madeira (Fonte: Autor)

É importante salientar que uma linha eléctrica, desde o seu ponto de origem até ao seu destino, não é constituída por postes uniformes. Ao longo do seu percurso, existe uma diversidade de tipos de postes, cada um concebido e instalado para desempenhar uma função específica dentro do sistema. Esta diferenciação funcional pode estar relacionada com a necessidade de suportar diferentes níveis de tensão, de efetuar mudanças de direção na linha, de resistir a esforços mecânicos particulares em certos tramos ou de permitir a derivação para ramais de distribuição. Como se ilustra na Figura 8, a variedade de apoios é uma característica intrínseca ao design e à operacionalidade eficiente de uma rede eléctrica.[10]

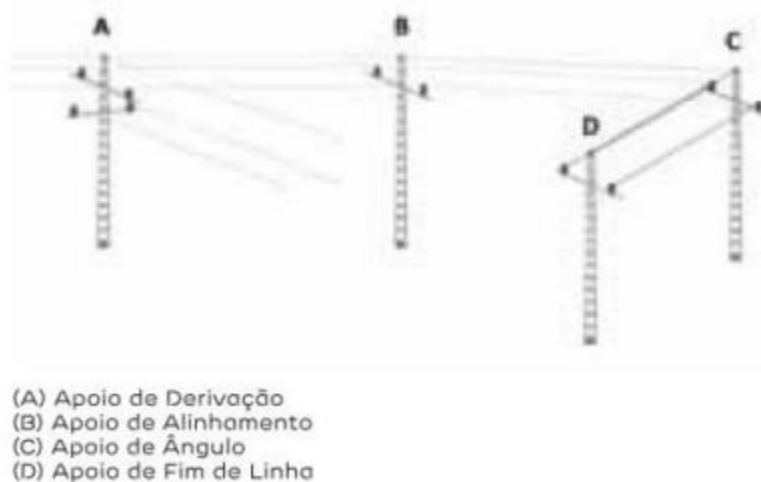


Figura 8: Ilustração de diferentes tipos de apoios [3]

a) Apoio de Derivação

Um apoio de derivação, como o próprio nome indica, é utilizado para permitir que uma ou mais linhas eléctricas secundárias se desviem da linha principal de distribuição. A linha principal pode ser vista como uma rua principal e as derivações como ruas secundárias que saem dela para servir diferentes áreas ou consumidores.

Estes apoios são projectados para suportar as tensões mecânicas adicionais resultantes da mudança de direção dos condutores e da fixação dos cabos das linhas derivadas. Geralmente, são mais robustos do que os apoios de alinhamento, pois precisam

acomodar mais isoladores, ferragens e, por vezes, equipamentos de protecção e seccionamento.[10]



Figura 9: Apoio de derivação. (Fonte: Autor)

b) Apoio de Alinhamento

Os apoios de alinhamento são os mais comuns numa rede de distribuição. A sua principal função é simplesmente manter os condutores à altura adequada do solo e separados entre si, seguindo o trajecto recto da linha. Estes apoios suportam principalmente as cargas verticais (peso dos cabos e eventuais cargas de gelo) e as cargas transversais (vento).

Podem ser postes de madeira, betão ou metálicos, dependendo das características da linha (tensão, número de condutores, condições ambientais) e dos custos. A sua estrutura é geralmente mais simples em comparação com os outros tipos de apoios.[10]

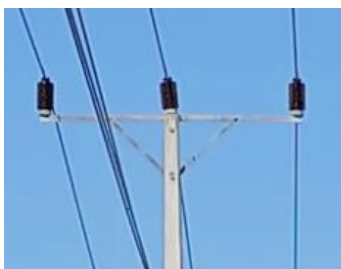


Figura 10: Apoio de alinhamento. (Fonte: Autor)

c) Apoio de Ângulo

Quando a linha de distribuição precisa mudar de direcção, utiliza-se um apoio de ângulo. A mudança de direcção introduz forças horizontais significativas nos condutores, que tendem a puxar o apoio na direcção da bissetriz do ângulo formado pela linha.

Os apoios de ângulo são, portanto, projectados para resistir a estas forças laterais, além das cargas verticais. A sua construção é reforçada, podendo incluir estais (cabos de aço fixados ao solo) para aumentar a sua estabilidade. O número e o tipo de isoladores e ferragens também são adequados para suportar as tensões adicionais.[5]

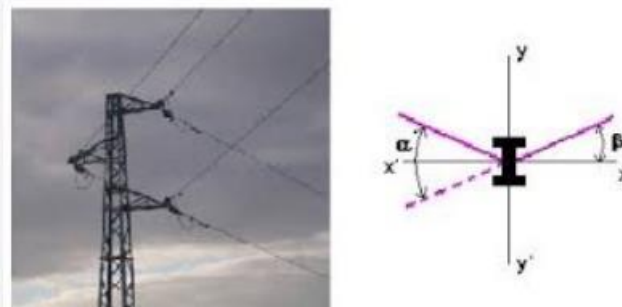


Figura 11: Apoio de ângulo [2]

d) Apoio de Fim de Linha

Um apoio de fim de linha marca o término de um troço de uma linha de distribuição. Neste ponto, todos os condutores são ancorados, exercendo uma tração longitudinal significativa sobre o apoio. É como se todos os cabos estivessem a "puxar" o poste na direcção oposta à linha.[8]

Estes apoios são os mais robustos de todos, pois precisam suportar a tensão total de todos os condutores da linha. São frequentemente utilizados apoios duplos (dois postes lado a lado ligados por travessas) ou apoios singelos com estais de ancoragem fortes e bem dimensionados para garantir a sua estabilidade e evitar o seu derrube.[5]

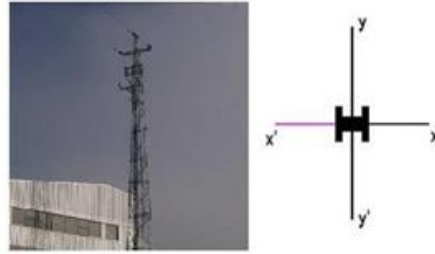


Figura 12: Apoio de fim de linha [2]

2.2.2. Condutores

Os condutores são responsáveis pela condução da energia eléctrica ao longo de uma linha de transmissão de energia.

Em sistemas de distribuição de energia eléctrica aérea, encontramos essencialmente duas categorias de cabos: os cabos protegidos, onde os condutores de alumínio são reunidos num conjunto compacto e isolado através de múltiplas camadas, sendo conhecidos como cabos multiplexados ou entrançados; e os cabos despidos, que não dispõem de qualquer revestimento isolante externo.[5]

No âmbito das linhas de energia de média tensão (MT), a opção recai frequentemente sobre condutores multifilares não isolados, fabricados em alumínio puro ou numa liga de alumínio e aço. Esta preferência relativamente aos condutores de cobre justifica-se pelas diversas mais-valias que oferecem, abrangendo tanto aspetos de ordem técnica quanto considerações de natureza económica.[8]

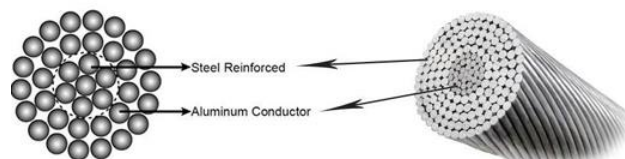


Figura 13: Condutor de Alumínio de Aço Reforçado ACSR [4]

Nas redes de distribuição aéreas de baixa tensão são usados condutores isolados agrupados em feixe (torçados) do tipo LXS ou XS. Existem dois sistemas com grande aplicação: Sistema sem neutro tensor e sistema com neutro tensor. [5]

a) Sistema sem neutro tensor

Um sistema sem neutro tensor, especialmente em redes aéreas de distribuição de baixa tensão, caracteriza-se por um feixe de condutores isolados, onde todos os condutores, incluindo o que desempenha a função de neutro, possuem a mesma secção transversal e são constituídos por alma multifilar, geralmente de alumínio.

Neste tipo de sistema, o esforço mecânico de tracção do cabo é suportado pelos próprios condutores principais (as fases e o neutro). A designação dos cabos utilizados neste sistema é habitualmente LXS ou XS, variando conforme a natureza da alma condutora (alumínio ou cobre, respectivamente), o tipo de material isolante e a aplicação específica.

Uma característica importante é que o condutor de fase "um" é frequentemente marcado com um "X", para além da indicação numérica da fase. Os condutores destinados à iluminação pública podem ser identificados com as marcações "IP1" e "IP2". O neutro, por sua vez, leva a identificação do fabricante.[2]



Figura 14: Sistema sem neutro tensor [4]

b) Sistema com neutro tensor

Em contraste, o sistema com neutro tensor, menos comum mas utilizado em alguns países como Espanha e França, apresenta uma configuração diferente. Neste sistema, os condutores de fase são cableados à volta de um condutor central que desempenha uma dupla função: eléctrica (como neutro) e mecânica (como fio tensor do conjunto).

O condutor neutro tensor é geralmente fabricado em Almelec (uma liga de Alumínio-Silício-Magnésio) e possui uma secção transversal maior, tipicamente de 54,6 mm² ou 80 mm², para suportar o esforço mecânico. Os condutores de fase são em alumínio multifilar, com diversas secções normalizadas.[2]

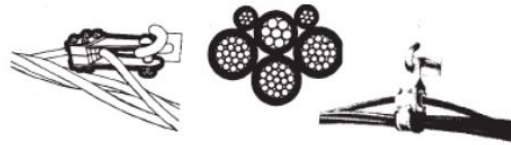


Figura 15: Sistema com neutro tensor [4]

2.2.3 Isoladores

Os isoladores são componentes cruciais em sistemas de energia eléctrica, desempenhando um duplo papel fundamental: suportar mecanicamente os condutores e isolar electricamente estes condutores das estruturas de suporte (como postes ou torres) e entre si. A sua correcta seleção e aplicação são essenciais para garantir a segurança, a fiabilidade e a eficiência das redes de distribuição de energia. [14]

Em redes de média tensão (MT), que tipicamente operam entre 1 kV e 69 kV (dependendo das normas e classificações regionais), os isoladores são submetidos a esforços eléctricos e mecânicos consideráveis. Os tipos mais comuns de isoladores utilizados em MT incluem:

- ✓ **Isoladores de pino:** Fixados directamente ao topo de um suporte, são adequados para tensões mais baixas dentro da faixa de MT e para linhas com menores esforços mecânicos.



Figura 16: Isolador de pino em porcelana [6]

- ✓ **Isoladores de disco (ou de suspensão):** Compostos por vários discos isolantes ligados em série, são utilizados para tensões mais elevadas e em linhas onde os esforços mecânicos são maiores. O número de discos pode ser ajustado de acordo com o nível de tensão da linha.[6]

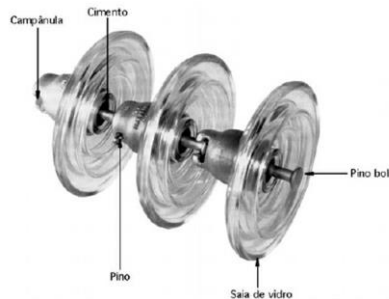


Figura 17: Cadeia de isoladores de disco de vidro.[6]

- ✓ **Isoladores de suporte (ou tipo pilar):** Caracterizados por um corpo único e robusto, são utilizados em subestações e em linhas onde é necessária uma maior rigidez mecânica.



Figura 18: Isoladores de suporte [7]

- ✓ **Isoladores de tensão (ou de esticamento):** Projectados para suportar a tensão mecânica em pontos de ancoragem ou em curvas acentuadas da linha



Figura 19: Isoladores de tensão (ou de esticamento) [7]

2.3. Transformadores de Distribuição

Com o intuito de transformar a tensão eléctrica de um patamar médio para um nível inferior, como por exemplo de 33 kV para 0,4 kV ou de 11 kV para 0,4 kV, utiliza-se o transformador de distribuição. Em áreas rurais, a forma de instalação destes transformadores varia consoante o seu peso e capacidade, sendo comum a sua montagem em bases de alvenaria, postes de madeira com estrutura de pórtico, ou ainda em postes de betão.[9]

- a) Transformador em poste de betão ou de madeira (Tipo B): Este tipo de transformador é instalado sobre uma estrutura metálica que se encontra fixada ao poste. É destinado ao fornecimento de energia a pequenos consumidores, com uma potência que não ultrapassa os 30 kVA. O quadro de baixa tensão é integrado no mesmo poste, posicionado a uma altura que permite o acesso directo a partir do solo.[9]



Figura 20: Transformador em poste de betão. (Fonte: Autor)

- b) Transformador em pórtico de madeira (Tipo M1) : Neste caso, o transformador é montado numa base que é fixada entre dois postes de madeira, formando um pórtico. É possível instalar transformadores com uma potência até 100 kVA nesta configuração.[9]



Figura 21: Transformador em pórtico de madeira. (Fonte: Autor).

- c) Transformador assente em base de alvenaria (Tipo M2): Esta solução é adequada para transformadores com uma potência superior a 100 kVA ou com um peso que excede os 1200 quilogramas. A base de alvenaria deve ser construída entre os postes do pórtico de chegada da média tensão e deve ter uma altura mínima de 2,5 metros em relação ao solo [9]



Figura 22: Transformador assente em base de alvenaria (Fonte: Autor)

2.4. Dispositivos de Protecção

2.4.1. Pára-raios

Os para-raios de média tensão são dispositivos essenciais para a protecção de sistemas eléctricos contra surtos de tensão causados por descargas atmosféricas (raios) ou manobras na rede. Eles atuam como um caminho alternativo para a corrente do raio, desviando-a para a terra e evitando danos aos equipamentos conectados à rede eléctrica.[8] (Ver na figura 23).

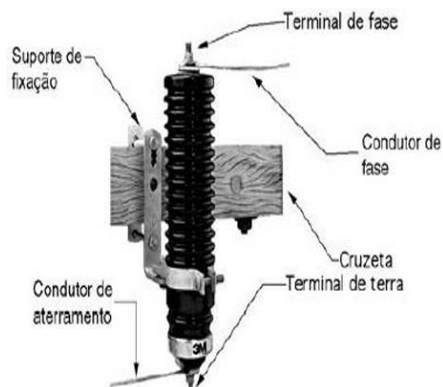


Figura 23: Pára-raios [6]

2.4.1 Drop-outs

A chave fusível de média tensão é um dispositivo de protecção essencial em sistemas eléctricos de distribuição. Ela actua como a primeira linha de defesa contra sobrecargas e curto-circuitos, garantindo a integridade da rede e a segurança das instalações. Composta por um contacto fixo, fixação, fusível/contacto móvel e isolador, a chave opera de forma rápida e eficiente, interrompendo a corrente eléctrica em caso de falhas. A sua importância reside na capacidade de isolar selectivamente o troço da rede onde ocorreu o defeito, minimizando os impactos em outras áreas do sistema. As chaves fusíveis de média tensão são projectadas para operar em tensões elevadas e são fabricadas com materiais de alta qualidade, garantindo durabilidade e fiabilidade em ambientes exigentes.[8]

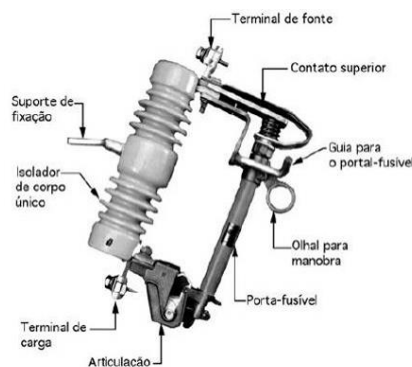


Figura 24: chave fusível [6]

2.5. Quadro Geral de Baixa Tensão

O Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) de um posto de transformação é um elemento central e vital, responsável por receber a energia eléctrica já transformada para baixa tensão e distribuí-la de forma segura e controlada para as diversas cargas e instalações a jusante. Actuando como o principal ponto de interface entre o posto de transformação e a rede de distribuição interna, o QGBT desempenha funções cruciais de protecção, seccionamento, controlo e medição da energia eléctrica. Tipicamente, um QGBT de posto de transformação inclui um invólucro robusto que alberga os seus componentes internos, um disjuntor geral de baixa tensão que protege todo o sistema a jusante contra sobrecargas e curto-circuitos, e diversos disjuntores de saída (ou divisionários) que alimentam os diferentes circuitos de utilização a observância das normas técnicas e a intervenção de profissionais qualificados para garantir o seu funcionamento adequado e a protecção das pessoas e dos equipamentos. [8]



Figura 25: Quadro geral de Baixa tensão. (Fonte: Autor)

CAPÍTULO III – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

3. LEVANTAMENTO DE DADOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DO BAIRRO MACANDZA

A presente memória descritiva e justificativa é referente ao projecto de uma rede de distribuição de energia eléctrica para o bairro de macandza, um bairro residencial localizado no distrito de Marracuene, no posto administrativo de Machubo, geograficamente, este bairro encontra-se delimitado ao norte por Manhiça Sede e Calanga, ao oeste por Maluana e pela localidade de Marracuene, ao sul pela localidade de Marracuene e a Leste pelo Oceano Índico. Este bairro não se beneficiando da rede eléctrica pública, foi identificada para se beneficiar deste serviço.

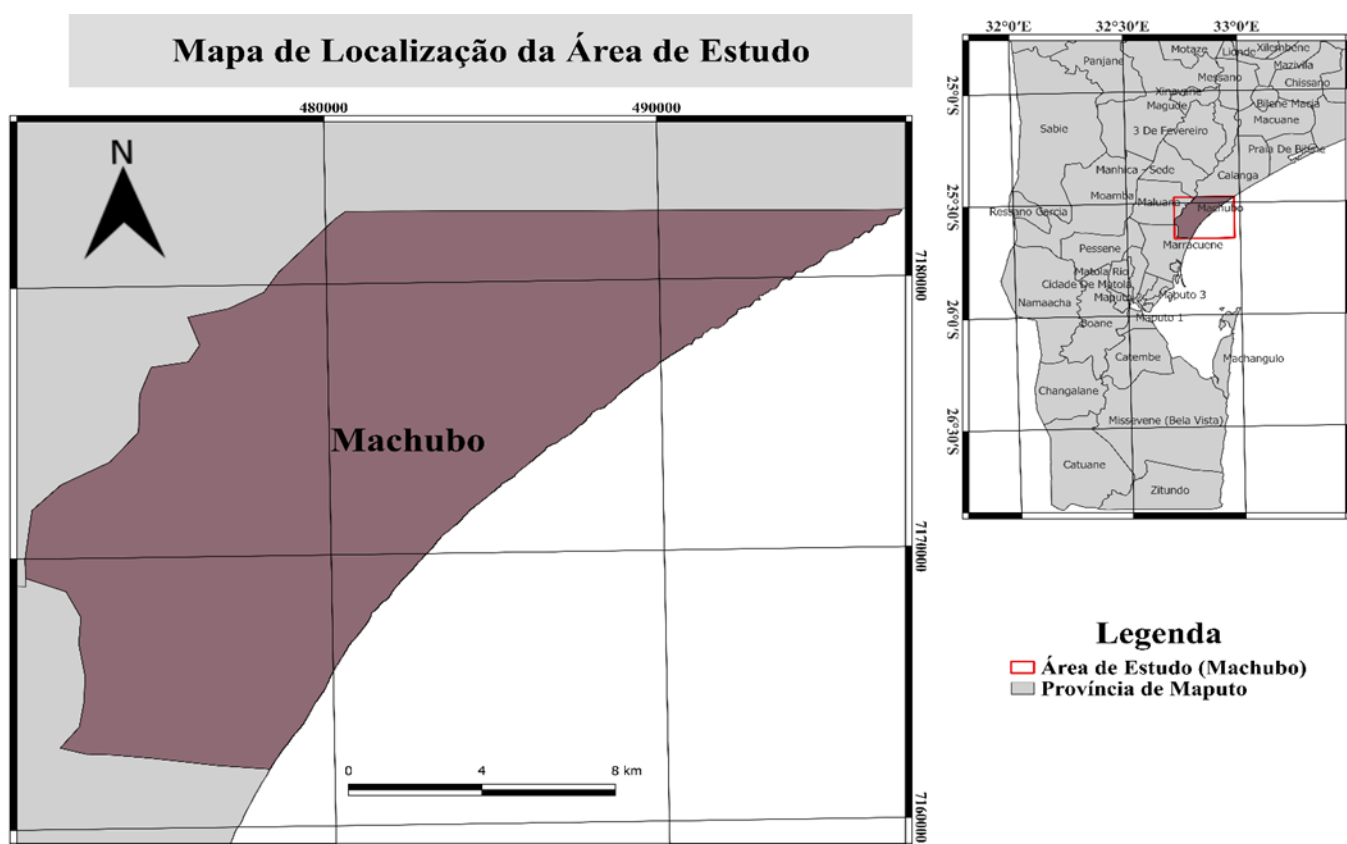


Figura 26: Mapa de localização geográfica da área de estudo [Fonte: GPS]

3.1.1. Alimentação ou ponto de derivação

Para o presente projecto de electrificação do bairro de Macandza, a identificação do ponto de alimentação assume um papel crucial. A infraestrutura de média tensão existente mais próxima, capaz de fornecer a energia necessária, é uma linha de 33kV. Esta linha tem a sua origem na Subestação de Marracuene, uma instalação com uma capacidade de 20MVA, estrategicamente situada no distrito de Marracuene, nas proximidades da unidade industrial da Riopelle têxteis.

A Subestação de Marracuene, por sua vez, é alimentada por uma linha de alta tensão de 66kV, designada DL 27, que provém da subestação de Infulene. Desta subestação de Marracuene emerge uma linha de média tensão de 33kV, denominada EL Macaneta. Esta linha percorre uma extensão considerável de 44Km até alcançar o posto administrativo de Machubo, culminando no transformador PT746R, com uma potência instalada de 50KVA.

É precisamente a partir deste ponto, do PT746R (ver no anexo 12), que se prevê a construção de uma nova linha de média tensão, com uma extensão de 12,5Km, que se estenderá até ao bairro de Macandza, concretizando assim a alimentação eléctrica desejada. Para esta nova linha, a EDM especificou a utilização de um condutor do tipo AAAC, caracterizado por uma secção transversal de 150 mm². Este código de condutor foi determinado como o mais adequado para as necessidades e especificações técnicas deste projecto de electrificação. A escolha deste condutor AAAC com a referida secção visa garantir a eficiência e a segurança no transporte da energia eléctrica até ao seu destino final em Macandza.

3.2. DIMENSIONAMENTO DO POSTO DE TRANSFORMAÇÃO PARA O BAIRRO DE MACANDZA

3.2.1. LEVANTAMENTO DE CARGA NO BAIRRO DE MACANDZA

O bairro de Macandza, com uma população de 3725 habitantes, comporta actualmente 200 casas habitadas (80 tipo 1, 60 tipo 2, 60 tipo 3) e uma escola denominada Escola Primária Completa 7 de Abril, que vai até à 10ª classe e possui 09 salas de aulas, uma secretaria e um gabinete do director. A presença de uma população significativa de 3725 habitantes num conjunto de 200 habitações e uma escola implica uma procura agregada de energia eléctrica que deverá ser cuidadosamente avaliada para garantir o fornecimento adequado às necessidades residenciais e da instituição de ensino. Para uma avaliação precisa, é crucial obter dados detalhados sobre o consumo médio de energia por habitação e da escola, considerando a densidade populacional e o potencial desenvolvimento de actividades comerciais no bairro.

3.2.1.1. Determinação da Potência a Instalar

Segundo o artigo 435 do Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de dezembro, 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.

3.2.1.2. Cálculo da área total das casas

Com o objectivo de determinar as áreas das casas dos tipos 1, 2 e 3 no bairro de Macandza, considerou-se as dimensões frequentemente aplicadas nos principais compartimentos de cada tipologia. A partir dos dados coletados, apresentados na tabela a seguir, foram calculadas as áreas totais, resultando em:

Tabela 1: Cálculo da área total das casas. (Fonte: Autor).

Compart.	Casa tipo 1			Casa tipo 2			Casa tipo 3		
	C(m)	L(m)	A (m ²)	C(m)	L(m)	A (m ²)	C(m)	L(m)	A (m ²)
sala	4,0	3,5	14,0	4,0	4,0	16,0	3,5	4,5	15,75
Quarto 1	4,0	3,0	12	3,5	3,2	11,2	4,0	3,5	14
Quarto 2	-	-	-	3,8	3	11,4	4,2	3,4	14,28
Quarto 3	-	-	-	-	-	-	3,0	3,5	10,5
cozinha	3	3		3,2	2,8	-	3	3	-
Casa de banho	2,5	2	-	2,0	3,0	-	2,9	2	-
Dispensa	-	-	-			-	-	-	-
Área total(m ²)	26			38,6			54,53		

3.2.1.3. Cálculo das potências ligadas as cargas

$$S_{Climatizacao} = A_{total} \times 80VA \quad (3.1)$$

$$S_{iluminacao/TUG} = A_{total} \times 25VA \quad (3.2)$$

Tabela 2: Cálculo das potências ligadas das casas. (Fonte: Autor)

Potência	Fórmula	Casa Tipo 1	Casa Tipo 2	Casa Tipo 3
S _{ILT} (kVA)	$S_{ILT} = 25 \times A_t \times F_u \times F_s$	0,585 kVA	0,869 kVA	1,058 kVA
S _{CL} (kVA)	$S_{CL} = 80 \times A_t \times F_u \times F_s$	-	1,853 kVA	1,428 kVA
S _{AQ} (kVA)	-	-	-	1,8 kVA
S _{coz} (kVA)	-	-	2,1 kVA	2,8 kVA
S _{MQL} (kVA)	-	-	-	2,475 kVA
S _{inst}	$S_{inst} = S_{ILT} + S_{CL} + S_{AQ} + S_{coz} + S_{MQL}$	0,585 kVA	4,822 kVA	9,561 kVA

Obs: Para os cálculos apresentados, diferentes tipos de casas foram analisados com base em suas instalações e nos factores de uso (F_u) e de simultaneidade (F_s) aplicados. Em casas do tipo 1, os cálculos se basearam apenas em instalações de iluminação e tomadas de uso geral (TUG), utilizando $F_u = 1$ e $F_s = 0,9$ para ambos. Para as casas do tipo 2, além da iluminação e TUG com os mesmos factores, foram incluídas instalações de climatização e de cozinha eléctrica. Para a climatização, foram considerados $F_u = 0,75$ e $F_s = 0,8$. Já para as cozinhas eléctricas em residências com três divisões principais, o RSIUEE recomenda uma potência mínima de 3 kVA, com $F_u = 1$ e $F_s = 0,7$. Por fim, as casas do tipo 3 incluíram iluminação, TUG, climatização, cozinha eléctrica, aquecimento e máquinas de lavar/secar. Os factores para iluminação, TUG e climatização foram os mesmos dos tipos anteriores. Para a cozinha eléctrica em casas com quatro divisões principais, o RSIUEE estabelece uma potência de 4 kVA, com $F_u = 1$ e $F_s = 0,7$. Para a máquina de lavar/secar, a potência mínima de 3,3 kVA foi considerada, com $F_u = 0,75$ e $F_s = 1$. Por último, para o aquecimento eléctrico em residências com 4 ou 5 divisões principais, a potência de 2 kVA foi adotada, com $F_u = 1$ e $F_s = 0,9$.

Exemplificação dos cálculos das potências previstas, baseado em casas tipo 2:

$$S_{ILT} = 25 \times A_t \times F_u \times F_s \quad (3.3)$$

$$S_{ILT} = 25 \text{ VA} \times (16 + 11,2 + 11,4) \times 1 \times 0,9 = 0,869 \text{ kVA}$$

$$S_{CL} = 80 \times A_t \times F_u \times F_s = 80 \text{ VA} \times (16 + 11,2 + 11,4) \times 0,75 \times 0,8 = 1,853 \text{ kVA}$$

$$S_{COZ} = S_p \times F_u \times F_s = 3 \text{ kVA} \times 1 \times 0,7 = 2,1 \text{ kVA}$$

$$S_{inst} = S_{ILT} + S_{CL} + S_{COZ} = 0,869 \text{ kVA} + 1,853 \text{ kVA} + 2,1 \text{ kVA} = 4,822 \text{ kVA}$$

3.2.1.4. Potência ligada as casas

Tabela 3: Potências ligadas das casas. (Fonte: Autor).

	N° de casas	Fórmula da potência ligada $S_{lig} = n \times S_{inst}$
Casa tipo 1	80	$S_{lig1} = 80 \times 0,585 \text{ kVA} = 46,8 \text{ kVA}$
Casa tipo 2	60	$S_{lig2} = 0,5 \times 60 \times 4,822 \text{ kVA} = 144,66 \text{ kVA}$
Casa tipo 3	60	$S_{lig3} = 0,5 \times 60 \times 9,561 \text{ kVA} = 286,83 \text{ kVA}$
Total	$S_{total} = S_{lig1} + S_{lig2} + S_{lig3} = 478,29 \text{ kVA}$	

Obs: Com base na realidade financeira do bairro de Macandza, onde a maioria dos moradores não tem condições de adquirir os equipamentos mais caros (máquinas de lavar, cozinha eléctrica e máquinas de aquecimento), foi aplicado um factor de correção de 0,5 nas potências das casas tipo 2 e tipo 3.

Essa medida visa evitar o superdimensionamento do transformador, alinhando a potência calculada com a carga real esperada, já que se prevê que apenas uma pequena parcela da população terá os equipamentos mencionados.

3.2.1.5. Cálculo da área total da escola

Tabela 4: Cálculo da área total da escola. (Fonte: Autor)

compartimento	Dimensão em (m)		Área	Área total (m^2)=N*A
	C(m)	L(m)	A (m^2)	
Sala de aula	6	5	30	$30 \times 9 = 270$
Secretaria	4	3	12	$12 \times 1 = 12$
Gab.diretor	3	3	9	$9 \times 1 = 9$
Total	-	-	-	291

3.2.1.6. Cálculo da potência total da escola

Cálculo da potência prevista para iluminação e tomadas

$$S_{ILT}(escola) = 25 \times A_t \times F_u \times F_s = 25 \times 291 \times 0,75 \times 0,85 = 4,638 \text{ kVA}$$

Cálculo da potência prevista para climatização

$$S_{CL}(escola) = 80 \times (A_G + A_C) \times F_u \times F_s = 80 \times (12 + 9) \times 1 \times 0,85 = 1,428 \text{ kVA}$$

$$S_{Total\ 2} = S_{ILT}(escola) + S_{CL}(escola) = 4,638 \text{ kVA} + 1,428 \text{ kVA} = 6,066 \text{ kVA}$$

3.2.1.7. Cálculo da potência de iluminação pública

Para esse projecto, para iluminação pública serão usadas lâmpadas com uma potência de 150 W com reactivos de 22 W, numa quantidade de 25 lâmpadas, conforme mostra o cálculo abaixo:

$$S_{IP} = \frac{n \times P_L \times F_u \times F_s}{\cos \alpha} = \frac{25 \times (150 + 22) \times 1 \times 0,85}{0,8} = 4,569 \text{ kVA}$$

3.2.1.8. Cálculo da potência aparente para o bairro de Macandza

$$S_{Bairro} = S_{Total\ 1} + S_{Total\ 2} + S_{IP} \quad (3.4)$$

$$S_{Bairro} = 4,569 \text{ kVA} + 6,066 \text{ kVA} + 478,29 \text{ kVA} = 488,925 \text{ kVA}$$

3.3. Cálculo da Potência aparente com factor de acréscimo

Permite saber qual será a potência a ser aplicada seguindo se a margem de crescimento populacional do bairro de Macandza considerando uma taxa de crescimento de 5% e uma projeção de crescimento para o horizonte de 15 anos.

$$S_{ajust} = S_{Bairro} \times \left(1 + \frac{\alpha\%}{100}\right)^n \quad (3.5)$$

$$S_{ajust} = 488,925 \times \left(1 + \frac{5}{100}\right)^{15} = 1016,44 \text{ kVA}$$

3.3.1. Escolha do transformador padronizado

Para o projecto foram disponibilizados transformadores com potência de 200 kVA. o número de transformadores necessários à instalar será:

$$n_{\text{Transf}} = \frac{S_{\text{ajust}}}{200 \text{ kVA}} = \frac{1016,44 \text{ kVA}}{200 \text{ kVA}} \approx 6 \text{ Transformadores}$$

Para este projecto, estão previstos 6 Postos de Transformação (PT's) para a distribuição de energia eléctrica. A alocação de cargas por PT é a seguinte:

PT1: Alimentará 25 casas.

PT2: Alimentará 45 casas.

PT3: Alimentará 30 casas.

PT4: Alimentará 35 casas.

PT5: Alimentará 30 casas.

PT6: Alimentará 35 casas.

A distribuição detalhada dos PT's, bem como o traçado das redes de média e baixa tensão, está representada nas peças desenhadas anexas.

Os PT's a serem instalados para o projecto serão do tipo M2, dada a potência do transformador (200 kVA) que é superior a 100 KVA, serão montados sobre bases de alvenaria, situadas entre os postes do pórtico de chegada da linha de media tensão. (ver no anexo 2).

3.3.2. Dimensionamento dos Drop-outs

Tendo em conta que a corrente nominal no primário do transformador será:

$$I_{n1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_{n1}} \quad (3.6)$$

Como a tensão nominal do transformador no primário é de 33 kV e a potência aparente do transformador é de 200 kVA, então obtém-se:

$$I_{n1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_{n1}} = \frac{200 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 33 \times 10^3} = 3.5A$$

De acordo com a tabela A5-5 dos calibres de links para drop-outs, deverá ser usado: Seccionador-Fusível AB-CHANCE.

3.3.3. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE BAIXA TENSÃO

3.3.3.1. Dimensionamento do cabo de baixa tensão entre o transformador e o quadro de baixa tensão e as respetivas proteções do lado da baixa tensão

Numa primeira fase será determinado o calibre do disjuntor geral, poder de corte, secção do cabo alimentador e a verificação das condições de protecção, primeiro é necessário calcular-se a corrente que circula no secundário, conforme a fórmula a abaixo:

$$I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_{n2}} \quad (3.7)$$

Onde:

- ✓ I_{n2} – Corrente nominal no secundário do transformador [A]
- ✓ S_n – Potência nominal do transformador [kVA]
- ✓ U_{n2} – Tensão nominal no secundário do transformador [V]

$$I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times U_{n2}} = \frac{200 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 288.68 A$$

Calculado a corrente nominal no secundário do transformador, consulta-se a tabela A6-6 do anexo 6, verifica-se que na tabela não tem os 288.68 A, assim sendo o calibre do disjuntor deverá ser de 315 A, valor imediatamente superior à 288.68 A, e deverá ser um disjuntor regulável, tendo em conta a carga considerada para o projecto deverá ser

regulado para 288.68 A. Em caso de haver aumento de carga poderá ser regulado para um valor que se adequa a carga em causa.

3.3.3.2. Cálculo do poder de corte do disjuntor geral

O poder de corte de um disjuntor é a corrente máxima de curto-circuito que o dispositivo é capaz de interromper sem se danificar. Em outras palavras, é a capacidade do disjuntor de lidar com uma sobrecarga eléctrica extrema e desconectar o circuito de forma segura.

$$I_{cc} \leq Pdc \quad (3.8)$$

Onde:

- ✓ I_{cc} – Corrente curto-circuito [KA]
- ✓ Pdc – Poder de corte do aparelho de proteção [KA]

$$I_{cc} = \frac{U_{n2}}{\sqrt{3} \times Z_{eq}} \quad (3.9)$$

$$Z_{eq} = Z_{Tr} + Z_R \quad (3.10)$$

$$Z_{TR} = \frac{U_{cc} \times U_{n2}^2}{S_n} \quad (3.11)$$

$$Z_R = \frac{\rho \times l^2}{s} \quad (3.12)$$

Através da consulta do catálogo dos TRANSFORMADORES de Moçambique SA do anexo 2, foi possível tirar uma tensão de curto-circuito de 4%, que será muito útil no cálculo do poder de corte do disjuntor, conforme mostram os seguintes cálculos:

$$Z_{TR} = \frac{U_{cc} \times U_{n2}^2}{100 \times S_n} = \frac{4 \times 400^2}{100 \times 200 \times 10^3} = 0,032 \, \Omega$$

$$Z_R = \frac{\rho \times l^2}{s} = \frac{0.0172 \times 10^2}{240} = 0,00716 \, \Omega$$

$$Z_{eq} = Z_{Tr} + Z_R = 0,032 + 0,00716 = 0,03916 \, \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_{n2}}{\sqrt{3} \times Z_{cc}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 0,03916} = 5,897 \, kA$$

$$5,897 \, kA \leq P_{dc}$$

O poder de corte do disjuntor deve ser igual ou superior à corrente de curto-circuito máxima, ou seja, o poder de corte deve ser igual ou superior a 5,897kA.

3.3.3.3. Cálculo da secção do cabo alimentador

Será utilizado um cabo de alimentação multicondutor de cobre, que será enterrado no solo juntamente com outros dois cabos. Este cabo terá um comprimento total de 10 m e estará sujeito a uma temperatura ambiente de 35°. Após consultar as tabelas de correção para agrupamento de cabos da tabela A7.1-7 e para temperaturas diferentes de 20 graus Celsius tabela A7.2-7, determinam-se os seguintes factores de correção: $\beta = 0,75$ (para o agrupamento de cabos) e $\gamma = 0,82$ (para a temperatura ambiente).

3.3.3.4. Cálculo da corrente fictícia

A corrente fictícia é um valor calculado que serve como base para a escolha de um condutor (cabo) adequado para uma determinada instalação eléctrica. Ela não representa uma corrente real que flui no circuito, mas sim um valor aumentado que leva em consideração diversos factores, como a temperatura ambiente, o agrupamento de condutores e outros, para garantir que o cabo escolhido seja capaz de suportar a corrente máxima que poderá passar por ele em condições reais de operação, sem superaquecer e causar problemas.

$$I_{fi} = \frac{I_s}{\beta \times \gamma} \quad (3.13)$$

$$I_{fi} = \frac{288,68}{0,82 \times 0,75} = 469,4 \, A$$

O cabo a ser utilizado será de cobre, tipo VAV. A seção nominal desse condutor foi determinada a partir da análise da tabela de cabos enterrados do anexo 8. Considerando um circuito trifásico com três condutores, a corrente fictícia calculada foi de 469,4 A. Para essa corrente, a tabela indica que a seção nominal de 240 mm² por condutor é adequada, pois garante que a corrente máxima admissível (I_{max}) do cabo, que é de 515 A, não seja excedida.

3.3.3.5. Cálculo de corrente máxima nas condições reais.

$$I_z = I_{max} \times \beta \times \gamma \quad (3.14)$$

$$I_z = 515 \times 0,75 \times 0,82 = 316,72A$$

O cálculo resultou em uma corrente máxima (I_z) de 316,72 A. Isso significa que, sob as condições consideradas (temperatura, outros factores), o sistema pode suportar uma corrente máxima de 316,72 A sem sobrecarregar os componentes.

3.3.3.6. Proteção contra sobrecargas

$$1^{\text{a}} \text{ Condição: } I_s \leq I_n \leq I_z \quad (3.15)$$

$$2^{\text{a}} \text{ Condição: } I_f \leq 1,45 \times I_z \quad (3.16)$$

Onde:

- ✓ I_s – Corrente de serviço [A]
- ✓ I_n – Corrente nominal do dispositivo de proteção [A]
- ✓ I_z – Corrente máxima admissível na canalização [A]
- ✓ I_f – Corrente convencional de funcionamento do dispositivo de proteção [A]

$$1^{\text{a}} \text{ Condição: } 288,68A \leq 315A \leq 316,72A \quad \text{verifica!}$$

$$2^{\text{a}} \text{ Condição: } 425A \leq 1,45 \times 316,72A \Rightarrow 425A \leq 459,25A \quad \text{verifica!}$$

Conforme os cálculos acima apresentados, a secção escolhida para o cabo alimentador é de 240mm^2 .

3.3.3.7. Dimensionamento das Saídas

Estão previstos 4 (quatro) saídas em cada PT, sendo 3 saídas principais e uma de reserva.

Desta forma, a corrente de serviço será dividida em 4 (quatro) circuitos parciais. Assim, para a determinação da corrente de serviço parcial, tem-se:

$$I_{sp} = \frac{I_s}{4} = \frac{288,68}{4} = 72,17 \text{ A}$$

Com esta intensidade de corrente do Anexo 6 (Tabela A6-6), escolhe-se para a protecção, fusíveis de 80 A.

Cálculo da corrente fictícia:

$$I_{fi} = \frac{I_s}{\beta \times \gamma} = \frac{72,17}{0,75 \times 0,82} = 117,35 \text{ A}$$

Para a corrente recorre-se ao Anexo 8 (Tabela A8-8) e escolhe-se a secção de 25mm^2 com uma corrente máxima admissível de 135 A.

Cálculo da corrente máxima admissível na canalização

$$I_z = I_{max} \times \beta \times \gamma = 135 \times 0,75 \times 0,82 = 83,025 \text{ A}$$

3.3.3.7.1. Protecção contra sobrecargas

1ª Condição: $72,17 \leq 80\text{A} \leq 83,025 \text{ A}$ verifica!

2ª Condição: $128\text{A} \leq 1,45 \times 83,025 \text{ A} \Rightarrow 128\text{A} \leq 120,39 \text{ A}$ não verifica!

Assim sendo escolhe-se a secção imediatamente superior, consultando Anexo 8 (Tabela A8-8) escolhe-se a secção de 35mm^2 com uma corrente máxima de 165 A.

Cálculo da corrente máxima admissível na canalização

$$I_z = I_{max} \times \beta \times \gamma = 165 \times 0,75 \times 0,82 = 101,475 \text{ A}$$

3.3.3.7.2. Protecção contra sobrecargas

1ª Condição: $72,17\text{A} \leq 80\text{A} \leq 101,475 \text{ A}$ verifica!

2ª Condição: $128 \text{ A} \leq 1,45 \times 101,475 \Rightarrow 128\text{A} \leq 147,14 \text{ A}$ verifica!

Conforme os cálculos acima apresentados, a secção escolhida para as saídas é de 35mm^2 .

A alimentação eléctrica, partindo do QGBT, será realizada através de um cabo condutor de cobre com secção transversal de 35mm^2 . A transição para a rede de distribuição aérea será efetuada no primeiro poste, utilizando ligadores bimetálicos de cobre-alumínio (Cu-Al) para garantir a compatibilidade entre os materiais condutores. A partir deste ponto, a distribuição para as divisões mencionadas será implementada com cabo de alumínio isolado ABC (Aerial Bundled Cable) com configuração quadripolar de $ABC 4 \times 50\text{mm}^2$. (ver no anexo 10)

3.4. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO

3.4.1. CÁLCULO ELÉCTRICO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO

Para o dimensionamento desta linha eléctrica, consideram-se as seguintes especificações e premissas: código do condutor AAAC mulberry com uma secção nominal de $151,85 \text{ mm}^2$ e uma resistência a 20°C de $0,2199 \Omega/\text{km}$, cujo o diâmetro do condutor é de $15,95 \text{ mm}$, com um coeficiente de temperatura igual a $\alpha = 0,00390^\circ\text{C}^{-1}$ e

temperatura de operação de 75°C; porém, para o dimensionamento, será considerada uma temperatura ambiente de 40°C, e a linha a ser construída terá uma extensão de 12,5 km, sendo classificada como uma linha curta por ter um comprimento inferior a 80 km. Segundo o manual de Glover J. Duncan, para uma linha curta, a admitância da linha é desprezível; portanto, os parâmetros da linha a serem calculados são a resistência série e a reactância série da linha, conforme mostra a figura abaixo. (ver no anexo 3)

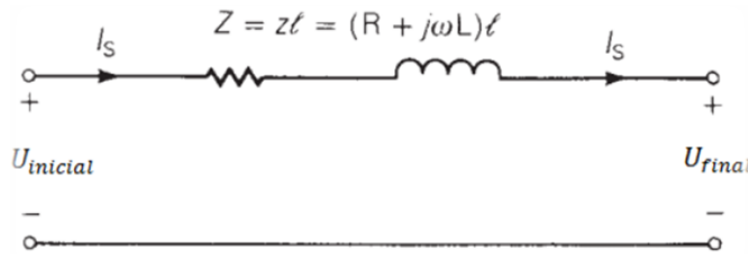


Figura 27: Circuito equivalente duma linha de transmissão curta [11]

Considerando uma configuração de linha em esteira horizontal, conforme ilustra a figura abaixo, determinam-se os parâmetros da linha com vista a avaliar a potência máxima a ser transportada, bem como as quedas de tensão. Dado o nível de tensão e em consulta a tabela A 1.1-1 do anexo 1, a distância entre as fases consecutivas a adotar é de 2 m.



Figura 28: configuração da linha em esteira horizontal (Fonte: Autor)

A resistência da linha em condições de funcionamento (temperatura superior à 20°C) será dada pela expressão:

$$R_{\theta} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha_{20^{\circ}C} (\alpha_{local} - 20^{\circ}C)] \quad (3.17)$$

Considerando as condições climáticas em Macandza para uma temperatura de 40°C
Obtém-se:

$$R_{40^{\circ}\text{C}} = 0.2199 \Omega/\text{km}[1 + 0.00390^{\circ}\text{C}^{-1}(40^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})]$$

$$R_{40^{\circ}\text{C}} = 0,2371\Omega/\text{km}$$

O diâmetro médio geométrico é obtido apartir da equação:

$$DMG = \sqrt[3]{D_{RS} \times D_{ST} \times D_{ST}} \quad (3.18)$$

$$DMG = \sqrt[3]{2m \times 2m \times 4m} = 2,5198m$$

O raio médio geométrico é obtido a partir da equação:

$$RMG = \frac{D_{ext}}{2} \times 0.7788 \quad (3.19)$$

$$RMG = \frac{15.95}{2} \times 0.7788 = 6.2109mm = 6,2109 \times 10^{-3}m$$

A reactância da linha é obtida a partir da equação:

$$X'L = 2\pi f \times 2 \times 10^{-7} \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \quad (3.20)$$

$$X'L = 2\pi \times 50 \times 2 \times 10^{-7} \ln\left(\frac{2.5198}{6.2109 \times 10^{-3}}\right)$$

$$X'L = 3.7734 \times 10^{-4} = 3,7734 \times 10^{-1}\Omega/\text{km}$$

$$Z'l = (R_{40^{\circ}\text{C}} + j X'L) \times l$$

$$\bar{Z}'l = (0.2371\Omega/\text{km} + j3.7734 \times 10^{-1}\Omega/\text{km}) \times 56,5\text{km}$$

$$\bar{Z} = 25,18\angle 57,86^{\circ} \Omega$$

O comprimento de 56,5 km resulta da soma entre o comprimento da linha que sai da subestação de Marracuene, que é de 44 km, e o comprimento da linha em projecto, que é de 12,5 km. Como a extensão longitudinal da linha é inferior a 80 km, os parâmetros constantes ABCD são determinados a partir da tabela A 1.2-1 disponível no anexo 1, Obtém-se:

$$\bar{A} = \bar{D} = 1pu, \bar{B} = \bar{Z} = 25,18 \angle 57,86^\circ \Omega \text{ e } \bar{C} = 0, S, \text{ onde } \theta_A = 0^\circ$$

A potência máxima suportada pela linha nas condições reais de funcionamento, se os limites térmicos e de queda de tensão não forem excedidos obtém-se a partir da expressão:

$$P_{Max} = \frac{0,95 \times V_s^2}{|Z(\Omega)|} \times \cos(\theta_Z - \delta) - A \times \frac{0,95 \times V_s^2}{|Z(\Omega)|} \times \cos(\theta_Z - \theta_A) \quad (3.21)$$

$$P_{Max} = \frac{0,95 \times (33 \times 10^3)^2}{25,18} \times \cos(57,86^\circ - 35^\circ) - 1 \times \frac{0,95 \times (33 \times 10^3)^2}{25,18} \times \cos(57,86^\circ - 0^\circ)$$

$$P_{Max} = 16MW$$

$$S_{Max} = \frac{P_{Max}}{\cos \theta} = \frac{16MW}{0,8} = 20MVA$$

Com o resultado encontrado conclui-se que é possível transportar a potência exigida pela carga ou visto que o valor da carga actual do bairro de Macandza é inferior à capacidade máxima da linha em projecto ou seja a linha em projecto suporta a potência instalada ($20MVA > 4765kVA + 1200 kVA$).

A intensidade de corrente máxima de serviço da linha é obtida apartir da equação 3.22.

$$I_s = \frac{S_n}{\sqrt{3}U_n} \quad (3.22)$$

$$I_s = \frac{1200}{\sqrt{3} \times 33} = 21 A$$

A queda de tensão máxima na linha e as perdas eléctricas de transmissão, são obtidas através da equação (3.23) e (3.24) respectivamente:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_s \times (R \times \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (3.23)$$

$$\Delta P = 3 \times R \times I_s^2 \quad (3.24)$$

$$\Delta P = 3 \times 13,40 \times (21)^2 = 17,73 \text{ k W}$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 10,93 \times (13,4 \times \cos(57,86^\circ) + 21,32 \sin(57,86^\circ))$$

$$\Delta U = 0,916 \text{ kV}$$

A queda de tensão percentual é determinada pela equação 22 :

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U} \times 100 \quad (3.25)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{0.916}{33} \times 100\% = 2,78\%$$

Como o RSRDLAAT exige que a queda de tensão seja inferior a 5% da tensão nominal, e tendo a queda de tensão calculada sido de 2,78 %, que por sua vez é menor que os 5%, conclui-se que o condutor AAAC (Mulberry) é adequado para o projecto da rede que vai ao bairro de Macandza.

3.4.1. Pontos de seccionamentos

Para este projecto, serão implementados 5 pontos de seccionamento equipados com corta-circuitos fusíveis do tipo "drop-out". Estes dispositivos oferecem dupla funcionalidade, permitindo, por um lado, o isolamento da linha para fins de manutenção e, por outro, a manobra da linha sob carga. Adicionalmente, proporcionam proteção automática à rede contra sobreintensidades resultantes de curtos-circuitos ou sobrecargas. Esta característica distingue-se dos seccionadores do tipo "sold link", cuja

atuação em condições anormais de funcionamento requer intervenção humana para o isolamento da rede.[14]

A subsequente etapa consistirá no dimensionamento dos elos fusíveis, considerando os seguintes critérios:

Para a protecção de ramal é necessário que a corrente nominal do elo fusível seja igual ou superior a 150% (cento e cinquenta) da corrente máxima da carga prevista em projecto, no ponto de instalação da chave fusível. [14]

$$I_{nef} = 1,5 \times I_n \quad (3.26)$$

$$I_{nef} = 1,5 \times 21 = 31,5 \text{ A}$$

A corrente nominal do elo fusível deve ser menor ou igual à quarte parte da corrente de curto-circuito no fase-terra mínimo no fim do trecho protegido pelo fusível [14]

$$I_{ccFTmin} \geq \frac{I_{nef}}{0,25} \quad (3.27)$$

$$I_{ccFTmin} \geq \frac{31,5}{0,25} \Rightarrow I_{ccFTmin} \geq 126 \text{ A}$$

Serão usados seccionadores do tipo Drop-out fuse link (ver a figura 29), com com 27 bases drop-outs e 12 links fusíveis de 32 A e 15 links fusíveis de 6 A.



Figura 29:seccionador do tipo Drop-out fuse link (Fonte: Autor)

3.4.1.2. Simulação da rede usando o Power World Simulator

Com vista a verificar o nível de carregamento da linha ou a capacidade de condução, será feita uma simulação usando o PowerWorld Simulator, considerando a carga total ligada à linha desde a saída da subestação de Marracuene (66/33 kV) e 20 MVA. A carga total antes do projecto totaliza 4765 kVA e, com o projecto, passa a ser de 5965 kVA. Com os parâmetros da linha anteriormente calculados, faz-se a seguinte simulação:

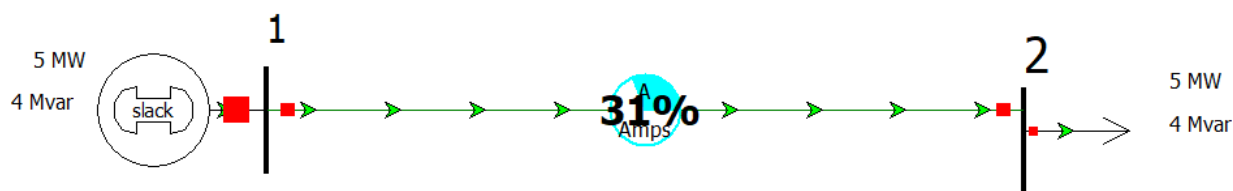


Figura 30: Simulação da rede do projecto. (Fonte: Autor)

Após a simulação, constatou-se que a linha de transmissão opera a 31% da sua capacidade máxima. Este resultado é considerado favorável, uma vez que os restantes 69% da capacidade instalada permanecem disponíveis para acomodar futuras expansões de carga.

3.4.2. CÁLCULO MECÂNICO DA REDE DE MÉDIA TENSÃO

A segurança na instalação dos condutores é primordial. Portanto, este cálculo visa estabelecer as condições operacionais seguras, definindo a tensão máxima de trabalho (tensão de segurança) através da aplicação de um coeficiente de segurança de 2,85 sobre a tensão de ruptura. Essa margem de segurança é crucial e será avaliada sob as condições de montagem mais críticas. De acordo com o RSLEAT, a tensão máxima de tração em condutores nus não pode ser superior ao resultado da divisão da sua tensão de ruptura por 2,85. Para o condutor AAAC Mulberry, cujas características de secção (s) (150 mm²) e tensão de ruptura (4763kgf) são derivadas do anexo 3, a carga de segurança (σ_α) e a tensão de segurança (t_0) serão expressas pelas seguintes equações:

$$\sigma_\alpha = \frac{T_R}{2,85} \quad (3.28)$$

e

$$t_0 = \frac{\sigma_\alpha}{s} \quad (3.29)$$

$$\sigma_{\alpha} = \frac{4763}{2,85} = 1671,23kg \quad ; \quad t_0 = \frac{1671,23}{150 \text{ mm}^2} = 11,141kg / \text{mm}^2$$

3.4.2.1. CÁLCULO MECÂNICO DOS APOIOS

3.4.2.1.1. Cálculo do vão crítico de montagem

Compreende-se por vão a distância existente entre dois suportes seguidos. O vão crítico, tendo em conta as condições de montagem mais desfavoráveis que possam ocorrer, é determinado pela equação (3.30), na qual:

- ✓ α_{cr} - representa o vão crítico em metros (m);
- ✓ t_0 - designa a carga de segurança (kg);
- ✓ θ_i -Temperatura na hipótese de inverno (15°C);
- ✓ F_v -corresponde ao peso aparente do condutor na situação de verão (vento máximo);
- ✓ F_i - indica o peso aparente do condutor na situação de inverno (vento reduzido);
- ✓ α_l -Coeficiente de dilatação linear ($23 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$);
- ✓ θ_v -é a temperatura na situação de verão (35°C).

$$\alpha_{cr} = t_0 \times \sqrt{\frac{24 \times \alpha_l \times (\theta_v - \theta_i)}{F_v^2 - F_i^2}} \quad (3.30)$$

$$F_l = \frac{\alpha \times C \times q \times d}{s} \quad (3.31)$$

$$F^2 = p_0^2 + F_l^2 \quad (3.32)$$

A intensidade da força que o vento exerce sobre este condutor é calculada através da equação (3.31), na qual:

- ✓ α _ representa o coeficiente de redução, com o valor de 0,6;
- ✓ c _ designa o coeficiente de forma, sendo igual a 1;
- ✓ q _ corresponde à pressão dinâmica do vento, expressa em kg/m²;
- ✓ d _ indica o diâmetro do condutor, em milímetros (mm);

- ✓ S representa a secção total do condutor, em milímetros quadrados (mm^2).

Adicionalmente, o peso aparente do condutor é determinado pela equação (3.32), onde:

- ✓ p_0 simboliza o peso próprio do condutor, que tem o valor de $3,46 \times 10^{-3} \text{ kg/mm}^2\text{m}$;
- ✓ F_l corresponde à força do vento que atua sobre o condutor.

$$F_l = \frac{0,6 \times 1,1 \times 75 \times 15,95}{150 \times 10^3} = 5,264 \times 10^{-3} \text{ kg/mm}^2\text{m};$$

$$F_v^2 = (3,46 \times 10^{-3})^2 + (5,264 \times 10^{-3})^2 = 3,953 \times 10^{-5} \text{ kg/mm}^2\text{m};$$

$$F_l = \frac{0,6 \times 1,1 \times 18,75 \times 15,95}{150 \times 10^3} = 1,316 \times 10^{-3} \text{ kg/mm}^2\text{m};$$

$$F_l^2 = (3,46 \times 10^{-3})^2 + (1,316 \times 10^{-3})^2 = 1,37 \times 10^{-5} \text{ kg/mm}^2\text{m};$$

$$\alpha_{cr} = 11,141 \times \sqrt{\frac{24 \times 23 \times 10^{-6} \times (35 - 15)}{3,953 \times 10^{-5} - 1,37 \times 10^{-5}}} = 230,32 \text{ m}$$

Segundo o artigo 38 do Regulamento, das redes de distribuição, os vãos não devem:

- ✓ Exceder 50 metros dentro de povoações ou aglomerados populacionais em zonas com consumidores não dispersos;
- ✓ Exceder 90 metros dentro de povoações ou aglomerados populacionais em zonas com consumidores dispersos;
- ✓ Exceder 90 metros fora de povoações ou aglomerados populacionais O que foi comprovado pelo cálculo efetuado sobre o vão crítico.

O vão a ser utilizado no projecto é de 80 metros, uma vez que este valor é inferior ao vão crítico calculado, que é de 230,32 metros. A escolha dos 80 metros baseou-se numa prática da EDM, que habitualmente empregam vãos de 80 metros nas linhas de média tensão, sendo os condutores AAAC os mais comuns nessas situações.

Como a extensão da rede do projecto é de 12,5 km e considerando vãos de 80 m obtém-se 209 postes para Média tensão.

3.4.2.1.2. ENCASTRAMENTO DOS APOIOS DA RBT E RMT

O encastramento dos apoios é um aspeto fundamental na construção e manutenção de linhas de distribuição de energia eléctrica. Permite garantir a estabilidade mecânica dos postes ou torres que suportam os condutores e outros equipamentos.

A profundidade de encastramento dos apoios é calculada através da equação (3.33).

$$H_e = 0,1H + \frac{1}{2} \quad (3.33)$$

Onde: H - Altura total do apoio, H_u - altura útil e H_e - Altura de encastramento mínimo do apoio.

Para MT serão usados postes de madeira com uma altura total de 12,25m, portanto, obtém-se:

$$H_e = 0,1 \times 12,25 + \frac{1}{2} = 1,725 \text{ m}$$

A altura útil do apoio acima do solo é $H_u = H - H_e = (12,25 - 1,725) = 10,525 \text{ m}$

Para BT serão usados postes de madeira com uma altura total de 9 m, portanto, obtém-se:

$$H_e = 0,1 \times 9 + \frac{1}{2} = 1,4 \text{ m}$$

A altura útil do apoio acima do solo é $H_u = H - H_e = (9 - 1,4) = 7,6 \text{ m}$

3.4.2.1.3. DIMENSIONAMENTO DAS ESPIAS DA RBT E RMT

A espia é dimensionada tendo a condição que diz que para uma boa estabilidade no apoio com espia, o ângulo que esta faz em relação a vertical não deve ser inferior 30° , por isso faz-se o cálculo respeitando a inequação 1, retirado apartir da figura 29.

$$\arctg \alpha \geq 0,6 \left(\frac{d}{h} \right) \quad (3.34)$$

A figura 29 indica o posicionamento de uma espia num apoio, com todas distâncias necessárias

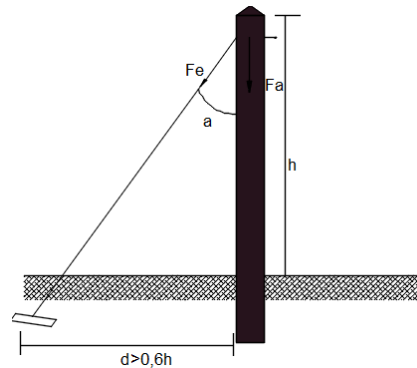


Figura 31: Dimensionamento das Espias (Fonte: Autor)

Para RMT com uma altura útil do apoio acima do solo de $10,525m$ sabendo que $d \geq 0,6h$, obtém-se:

$$\arctg \alpha \geq 0,6 \left(\frac{d}{h} \right) \Rightarrow d \geq \frac{h}{0,6} \tan \alpha \Rightarrow d \geq \frac{10,525}{0,6} \tan(30^\circ) \Rightarrow d \geq 10,128m$$

Condição: $d \geq 0,6h \Rightarrow d \geq 0,6 \times 10,525 = 6,077m$, como $10,128m > 6,077m$ então a condição é verificada, o que significa que a distancia “d” deverá obedecer a condição $d \geq 10,128m$.

Para RBT com uma altura útil do apoio acima do solo de $7,6m$ sabendo que $d \geq 0,6h$, obtém-se:

$$\arctg\alpha \geq 0,6 \left(\frac{d}{h}\right) \Rightarrow d \geq \frac{h}{0,6} \operatorname{tg}\alpha \Rightarrow d \geq \frac{7,6}{0,6} \operatorname{tg}(30^\circ) \Rightarrow d \geq 7,313m$$

Condição: $d \geq 0,6h \Rightarrow d \geq 0,6 \times 7,6 = 4,56m$, como $7,313m > 4,56m$ então a condição é verificada, o que significa que a distancia “d” deverá obedecer a condição $d \geq 7,313m$.

Para a rede de média tensão serão necessários 12 pontos de reforço ou espiaamentos, separados por uma distância de 1000 m.

3.4.2.1.3. Traçado da Linha Média Tensão

As linhas devem ser estabelecidas de modo a eliminar todo o perigo previsível para as pessoas e acautelar de danos os bens materiais, não devendo perturbar a livre e regular circulação nas vias públicas. (artigo nº 4 do RSLEAT).

Distância dos condutores ao solo (artigo 27º) :

$$D = 6 + 0,005 \times U_n \quad (m) \quad (3.35)$$

$$D = 6 + 0,005 \times 33 = 6,165m$$

Distância dos condutores às árvores (artigo 28º):

$$D = 2 + 0,0075 \times U_n \quad (m) \quad (3.36)$$

$$D = 2 + 0,0075 \times 33 = 2,2475m$$

D não deverá ser inferior a 2,5 metros.

Distância dos condutores a obstáculos diversos (artigo 30º)

$$D = 3 + 0,0075 \times U_n \quad (m) \quad (3.37)$$

$$D = 3 + 0,0075 \times 33 = 3,2475m$$

D não deverá ser inferior a 3 metros.

A infraestrutura de rede eléctrica a implementar atravessará um total de cinco zonas pantanosas. Duas destas zonas apresentam uma extensão de 1,1 km cada, enquanto as restantes três possuem extensões de 0,6 km, 0,3 km e 0,4 km, respetivamente. A extensão total da rede a ser instalada nas zonas pantanosas é de 3,5km.

Considerando vãos de 80 metros para a instalação de postes de betão, serão necessários 44 unidades. A distribuição destes postes pelas zonas pantanosas é a seguinte:

- ✓ Zona Pantanosa 1: 14 postes de betão
- ✓ Zona Pantanosa 5: 14 postes de betão
- ✓ Zona Pantanosa 2: 7 postes de betão
- ✓ Zona Pantanosa 3: 4 postes de betão
- ✓ Zona Pantanosa 4: 5 postes de betão

Para os restantes 9 km da rede, serão utilizados 113 postes de madeira.

Nota: A informação sobre os 9 km e os 113 postes de madeira não se refere às zonas pantanosas mencionadas anteriormente. Esta informação diz respeito a outra secção da rede.

CAPÍTULO IV: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICA DOS MATERIAIS

4.1 Especificações técnicas dos Materiais

4.1.1. Apoios

No presente projecto, serão utilizados suportes de madeira tratada e betão armado, selecionados em função das características geotécnicas do terreno, com prioridade para as zonas pantanosas onde se aplicará a solução em betão. As dimensões nominais dos suportes a serem aplicados são as seguintes:

- ✓ Média Tensão (MT): Comprimento total de 12,25 metros.
- ✓ Baixa Tensão (BT): Comprimento total de 9 metros

Condições de instalação (MT):

Altura condutores-solo.....	10m
Encastramento.....	1,80m
Distância topo-condutores.....	0,40m
Vão ótimo (MT).....	80m
Vão ótimo (BT).....	40m

4.1.1.2. Isoladores

Serão usados dois tipos de isoladores a saber: Isoladores de cadeia será do tipo HT 1110 e isoladores de passagem STV-36 KV 1116 mm.

4.1.2. Posto de Transformação

Os Postos de Transformação a serem estabelecidos serão do tipo exterior, onde o Transformador será montado sobre uma base de alvenaria, situada entre os postes do pórtico de chegada da linha de média tensão. Os postes serão de madeira tratada com 12,25 metros de altura. A altura da base da alvenaria será construída para que as peças acessíveis em tensão fiquem a uma altura superior a 2,5 metros do solo.

4.1.3. Transformador de Potência

Os Transformadores de Potência a instalar nestes PT's aéreos será da marca ASTOR (ver no anexo 10), para montagem exterior para climas tropicais, banhados a óleo, arrefecimento natural e com as seguintes características:

- ✓ Potência Nominal200 kVA
- ✓ Tensão Nominal no primário33kV
- ✓ Tensão Nominal no secundário400/231V
- ✓ Grupo de ligação..... Dyn11
- ✓ Frequência50Hz

4.1. 4. Pórtico

O pórtico será constituído por dois postes de eucalipto creosotado de 12,25 metros de altura, e com um diâmetro de 18 cm no topo e 23,25 cm na base. A profundidade do enterramento dos dois postes será de 2 metros, tendo sido colocado duas coroas de pedras grandes no início do meio superior da cova. A distância entre os dois postes será de 2,5 metros entre os eixos.

4.1.5. Barramento de Média Tensão

O barramento possui isoladores de apoio e passagem fixados em travessas de ferro. A primeira travessa superior acomoda 3 isoladores de fim de linha (horizontais) para a conexão da linha e 3 para-raios (ligados com a mesma seção do condutor) para proteção contra surtos atmosféricos. A terceira travessa fixa 3 Drop-Outs (33 kV) para proteção contra curto-circuitos e seccionamento visível. As segunda e quarta travessas fixam os isoladores de passagem.

4.1.5.1. Pará – Raios

Serão usados para-raios da marca ASEA do tipo XBE ou equivalente com as seguintes características técnicas:

- ✓ Tensão nominal.....33 kV
- ✓ Capacidade de corte.....10 kA

Neutro diretamente ligado à terra

4.1.5.2. Drop-Outs

Serão usados drop-outs de marca AB-CHANCE ou equivalente com as seguintes características técnicas:

- ✓ Tensão nominal..... 33 kV
- ✓ Link..... 6 A
- ✓ Capacidade de corte.....8 kA
- ✓ Tensão de choque..... 150 kA
- ✓ Distancia de fuga..... 432 mm

4.1.6. Espiamento

Terá duas espias montadas no lado oposto a chegada da linha, em cabo de aço, que estarão amaradas com seracabos ao ponto comum de fixação. A âncora será montada a 7 metros do ponto médio do pórtico, isto na horizontal e a fixação ao pórtico estará a uma altura de 10,2 metros, donde nestas espias serão montados isoladores de espia adequados à tensão mais elevada do Posto de Transformação. E também serão montados 12 pontos de reforço ou espiamento na rede de Média tensão a cada 1000 m.

4.1.7. Base de Alvenaria

Construção em alvenaria dimensionada para suportar um transformador de potência (>1200 kg). A estrutura superior integra quatro vigas armadas (Ø12 mm) sustentando uma placa com malha de ferro (Ø12 mm). A parte inferior aloja o QGBT, protegido por porta metálica dupla com fechadura, restringindo acesso não autorizado. (Ver no anexo11)

4.1.8. Quadro Geral de Baixa Tensão

O QGBT será instalado em alvenaria de suporte do transformador. Conterá cantoneiras fixadas na base, suportando bases de corta-circuitos APC (4 saídas). As saídas serão protegidas por um disjuntor de Baixa Tensão regulável (SACE SN-400), dimensionado em 315A (ajustável para 288.68A, conforme cálculo da corrente secundária do transformador e tabela A7-4). A regulação permitirá adaptação a futuras cargas.

4.1.9. Rede de Baixa Tensão

A rede de baixa tensão estende-se por 2720m a partir do PT's até os consumidores, e cada PT é composto por 4 saídas, sendo uma de reserva. Os cabos a usar nas redes Baixa Tensão é o torçado com secção de $50mm^2$ (ABC $4 \times 50mm^2$). A rede Baixa Tensão é constituída com por 68 postes.

4.1.10. Rede de Média tensão

A Rede Média tensão estende se por 12,5 km a partir do ponto de tomada da média tensão até o transformador. O condutor a ser usado na linha MT é o AAAC mulberry com uma secção nominal de $151,85mm^2$ e uma resistência a 20°C de $0,2199 \Omega/km$, a rede será constituída por 157 postes de 12,25m (44 de Betão e 113 de Madeira).

4.1.11. Amarração da Linha de Média Tensão

Os elementos que compõem a amarração são: as pinças de amarração, cadeias de isoladores, travessas de amarração e acessórios de montagem. A travessa de amarração deverá ser de um dos seguintes materiais:

- ✓ Perfil “L” 100x50x8 mm
- ✓ Cantoneira 90x90x9 mm
- ✓ Perfil UNP-10 100x50x6 mm (maior superfície na horizontal)

Os isoladores de cadeia terão três elementos para tensão de 33 KV. As pinças de amarração serão do tipo EA-5.

4.1.12. Vedação

Todas as instalações que possuam peças nuas em tensão a uma altura do solo inferior a 6 metros devem ser envolvidas por uma vedação que mantenha uma distância segura.

4.1.13 Terras

4.1.13.1. Terra de serviço

A terra de serviço será ligada ao neutro do transformador. Esta ligação deverá ser feita a partir do quadro geral de baixa tensão, através de um ligador amovível.

4.1.13 .2. Terra de protecção

A terra de protecção ligar-se-ão as massas da aparelhagem de média tensão, assim como todas as partes metálicas de suporte e fixação da aparelhagem incluindo cuba do transformador e o invólucro metálico do quadro geral de baixa tensão.

4.1.13 .3. Condutores de terra

Será usado cabo de cobre nu de $16mm^2$ de secção até o ligador amovível, situado na base do pórtico e cabo de $35mm^2$ de secção deste até o eléctrodo de terra no interior do solo.

4.1.13 .4. Eléctrodos de terra

Quer o eléctrodo da terra de serviço quer o da terra de protecção, serão constituídos por varões próprios para este fim, que são varões de cobre de 2m de comprimento e 16mm de diâmetro, enterrado verticalmente ao solo. Porém na sua falta podem ser substituídos por tubos de ferro galvanizados, interligados entre si por cabo de cobre de $35mm^2$ de secção.

Os eléctrodos deverão ser enterrados no solo a uma profundidade mínima de 0,8 m. Os elementos (hastes) que constituem o mesmo eléctrodo deverão distanciar-se uns dos outros 2 a 3 m. Neste projecto, será usado mais de uma haste no aterramento feito no

neutro do transformador (onde serão usadas 3 hastes ou varões) e, serão separados por uma distância de 3 m. O número de elementos (varões) por eléctrodo depende da resistência do solo. O objetivo é atingir uma resistência de terra inferior a 10 Ω .

Os eléctrodos da terra de serviço e da terra de protecção deverão distar entre si na horizontal de pelo menos 20 m para que sejam considerados de terras distintas. (ver no anexo A7.3-7)

CAPÍTULO V: ESTIMATIVA DE CUSTO & VIABILIDADE ECONÓMICA DO PROJECTO

5.1. Estimativa de custos

Tabela 5 - 1: Estimativa de custo do projecto. (Fonte: Autor).

ESTIMATIVA DE CUSTOS					
Data:				19/05/2025	
Obra:	PROJECTO DE UMAREDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIAE LÉCTRICAPARA O BAIRRO DE MACANDZA				
Local:	Bairro de Macandza, Distrito de Marracuene				
I. RMT & POSTO DE TRANSFORMAÇÃO					
ORD	Designação de Materiais	Unid	QTD	Custo unit. (MTs)	Custo Total (MTs)
2	Transformador 33kV-200kVA	un	6	580,000.00	3,480,000.00
3	Poste de madeira de 12,5m -	un	165	10,500.00	1,732,500.00
3	Poste de Betão B500	un	44	50,000.00	2,200,000.00
4	QGBT completo	m	6	225,000.00	1,350,000.00
5	Cadeias de isoladores HT	un	98	667.50	65,415.00
6	Pinça de amarração 72 Kn MT 36kV	un	78	908.75	70,726.50
9	Isoladores horizontais c/pomos	un	101	733.41	74,074.41
10	Perfil "U" de 100x50x8mm (3m)	un	21	3,626.63	76,159.19
11	Perfil "L" de 80x80x8mm (3m)	un	125	8,350.00	1,043,750.00
12	Para-raios 36 kV	un	18	11,100.00	199,800.00
13	Drop-outs 36 kv	un	27	9,041.34	244,116.18
15	Condutor nu do tipo AAAC 150,90mm²	m	37,500	122.98	4,611,000.00
16	Espia completa MT	un	38	3,208.08	121,907.04
17	Eléctrodos de terra	un	45	230.00	10,350.00
18	Unioes para electrodos	un	24	227.36	5,456.64
19	Condutor de cobre nu de 50mm²	m	150	440.42	66,063.00
20	Grampos de Terra	un	36	97.23	3,500.28
21	Terminais Al-150mm² Bimetálicos	un	39	0.00	0.00
22	Terminais de cobre 35mm²	un	3	112.60	337.80
24	Ligadores amovíveis	un	30	1,250.00	37,500.00
25	Parafusos M18x300x100	un	326	0.00	0.00
26	Parafusos M18x400x100	un	70	5,630.00	394,100.00
27	Maciço	un	6	36,500.00	219,000.00
28	Vedação	un	6	45,000.00	270,000.00
SUBTOTAL - I					16,275,756.04
SUBTOTAL - II					0.00

PROJECTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MACANDZA, DISTRITO DE MARRACUENE

Tabela 5 - 2: Estimativa de custo do projecto (continuação). (Fonte: Autor).

III. REDE DE BAIXA TEN SAO					
	Designação de Materiais	Un	QTD	Custo unit (MTs)	Custo Total (MTs)
1	Poste de madeira de 9m x0,14/0,16	un	68	6,750.00	459,000.00
2	Cabo torçado ABC 4X50+25mm²	m	2720	590.00	1,604,800.00
4	Pinças de amarração 4x50/95mm²	m	28	186.85	5,231.80
6	Pinças de suspensão 4x50/95mm²	un	48	122.88	5,898.24
8	Ferro de argola/espigão M16	un	68	372.50	25,330.00
9	Ligadores de garra PC2/MP3F	un	64	144.00	9,216.00
10	Es pia completa	un	20	3,208.08	64,161.60
SUBTOTAL - III					2,173,637.64
SUBTOTAL A - CUSTO TOTAL DE MATERIAIS (I+II+III)					18,449,393.68
B - MAO DE OBRA					
	Descrição	Qtd		Valor	Valor Total (MTs)
	Mao de Obra 10%	1	1	1,844,939.37	1,844,939.37
SUBTOTAL - B					1,844,939.37
C - TRAN SPORTE					
	Descrição	Qtd		Valor	Valor Total (MTs)
	Transporte 5%	1	1	922,469.68	922,469.68
	Aluguer de camioes, maquinas, etc (colocar valores reais)	1	1	4,500.00	4,500.00
	indisponibilidade	1	1	15,285.00	15,285.00
SUBTOTAL - C					942,254.68
RESUMO					
Soma (A+ B + C)					21,236,587.73
IVA 16%					3,397,854.04
TOTAL GERAL					24,634,441.77

5.2. Viabilidade Económica do Projecto

Tabela 6: Cálculos do PayBack (Fonte: Autor)

Residência	Receita Mensal (MT /mês)
	$R_M = n \times 7,5 \times E_{Consumida}$
Tipo 1	$R_M = 80 \times 7,5 \times 200 = 120000 \text{ MT /mês}$
Tipo 2	$R_M = 60 \times 7,5 \times 250 = 112500 \text{ MT /mês}$
Tipo 3	$R_M = 60 \times 7,5 \times 300 = 135000 \text{ MT /mês}$
Escola e IP	$R_M = 10 \times E_{Consumida}$
	$R_M = 10 \times 5000 = 50000$
Receita mensal total	$R_{MT} = 120000 + 112500 + 135000 + 50000 = 417500 \text{ MT /mês}$
Receita anual total	$R_{AT} = 12 \times 372500 = 5010000 \text{ MT}$
CUSTOS OPERACIONAIS ANUAIS	
Manutenção da Rede	$C_M = 5\% \times \text{Inves} = 0,05 \times 16,636,186.19 = 831,809.31 \text{ MT/ano}$
Perdas Técnicas	$P_T = 10\% \times R_{AT} = 0,1 \times 5010000 = 501,00 \text{ MT/ano}$
Total de custo de operação	$T_{Custo de operacao} = 831,809.31 + 501,000 = 1332809.31 \text{ MT/ano}$
FLUXO DE CAIXA ANUAL	
Lucro Operacional Anual	$L_{OA} = R_{AT} - T_{CO} = 5,010,000 - 1332809.31 = 3,677,190.69 \text{ MT}$
PAYBACK SIMPLES (TEMPO DE RETORNO)	
Payback = $\frac{\text{Investimento}}{\text{Lucro}} = \frac{24,634,441.77}{3,677,190.69} = 6,7 \text{ anos} = 6 \text{ anos e } 9 \text{ meses.}$	

Com base na recuperação do investimento em 6 anos e 9 meses, um período inferior ao horizonte populacional de 15 anos, e considerando a natureza estratégica e social dos projectos da EDM, o investimento de 24,634,441.77 Mt para electrificar o bairro de Macandza é considerado viável e recomendado.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

Este projecto de estágio, que visou o dimensionamento e o projecto de uma rede de distribuição de energia eléctrica para o bairro de Macandza (Marracuene), resultou na aplicação dos conhecimentos adquiridos durante a formação. Foram realizados levantamentos energéticos, bem como o dimensionamento do transformador e das redes de média e baixa tensão.

O projecto de electrificação do bairro de Macandza demonstra viabilidade económica para um investimento de 24,634,441.77 Mt. Apesar de os projectos da EDM não serem puramente comerciais, buscando um retorno financeiro rápido no sentido tradicional, mas sim investimentos estratégicos com uma forte componente social, a análise do *payback* reafirma a solidez desta iniciativa.

Com um *payback* calculado em 6 anos e 9 meses, o projecto consegue recuperar o capital investido num período que é inferior ao ciclo padrão de atualização da densidade populacional, que ocorre num intervalo de 15 - 20 anos. Este retorno relativamente rápido do investimento, alinhado à natureza estratégica e social da electrificação que contribui significativamente para o desenvolvimento socioeconómico e a melhoria da qualidade de vida dos moradores de Macandza — justifica plenamente o investimento. Conclui-se, portanto, que o projecto é viável.

6.2. Recomendações

Recomenda-se priorizar a redundância na alimentação da rede nos futuros projectos, considerando a topologia em anel e a interligação com a linha da Maragra, após análise de capacidade. Deve-se realizar um estudo de viabilidade detalhado para a expansão da rede aos bairros Nandza, Tinguana 1 e 2 e ao mercado de peixe, com levantamento de cargas e dimensionamento adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. INBRAEP - INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE (Brasil). O que são Redes Primárias de Distribuição?. Santa Catarina: Equipe INBRAEP, 6 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://inbraep.com.br/publicacoes/redes-primarias-de-distribuicao/>. Acesso em: 18 de abril de 2025;
- [2]. [Octávio Madureira, 2009] - Octávio Filipe das Neves Madureira, Redes de Distribuição de energia de Média Tensão, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Industrial Ramo Engenharia Eletrotécnica, Instituto politécnico de Bragança 2009, [Abril, 2025];
- [3]. EDP Distribuição, S.A. (2014). Obras de Construção, Reparação e Manutenção de Redes de Distribuição AT, MT e BT em Regime de Empreitada Contínua. Especificações e Condições Técnicas – ECT. [Abril, 2025];
- [4]. Solidal (2007), Guia técnico. Portugal
- [5]. André João Da Silva Soniva (2022), Melhoramento da rede de distribuição de energia eléctrica de baixa tensão no bairro george dimitrov, na cidade de maputo (pts-19r)_Estagio na EDM.
- [6]. 2005. MAMEDE FILHO, J. Manual de Equipamentos Elétricos
- [7]. www.germerisoladores.com
- [8]. EDM. (2006). Manual de Montagem de Linhas de Distribuição de Energia Elétrica;
- [9]. EDM. (2006). Postos de Transformação Rurais. Maputo;
- [10]. CEMIG. (2014). Projecto de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas. Minas Gerais;
- [11]. GLOVER J. Duncan, SARMA Mulukutla, OVERBYE Thomas. (2012). *Power System Analysis and Design*. United States: Cengage Learning;

- [12]. RSRDEEBT – “Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (1976)
- [13]. RSIUEE – “Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica”, Direcção Geral de Energia (1974)
- [14] POPINGA, L., & SCHEIDT, T. A. (2020). Estudo de coordenação e seletividade da rede de distribuição da permissionária CER EJ no Município de Leoberto Leal: O caso da localidade do Rio Antinha. Palhoça: Universidade do Sul de Santa Catarina.
- [15] RSLEAT – “Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão”, Direcção Geral de Energia (1993)

ANEXOS

Anexo 1: Distância entre condutores, parâmetros de uma linha curta e factores de utilização.

Tabela A 1.1-1: Distância entre condutores de fase em função do nível de tensão.

(Fonte: Manual de Fundamentos de Redes Electricas, pág. 226 – UEM)

Nível de Tensão [KV]	Distância entre condutores [m]
30	1,5-2,0
30 -60	2,0-3,0

Tabela A 1.2-1: Parâmetros de uma linha curta. (Fonte: Manual de Fundamentos de Redes Electricas, pág. 285 – UEM)

Parâmetro	$\bar{A} = \bar{D}$	$\bar{B}$	$\bar{C}$
Unidades	pu	Ω	S
Linha Curta (menos de 80 km)	1	$\bar{Z}$	0

Tabela A 1.3-1: Factores de utilização de instituições públicas. (Fonte: RTIEBT)

INSTITUIÇÃO PÚBLICA	FACTOR DE UTILIZAÇÃO
Hospital	0,65 – 0,75
Escola	0,60 – 0,75
Residências domiciliares rurais	0,75 – 1,00
Indústrias	0,75 – 0,85
Hotéis	0,65 – 0,75

PROJECTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MACANDZA, DISTRITO DE MARRACUENE

Anexo 2: Catálogo dos transformadores de distribuição

Tabela A1-2: Catálogo dos transformadores de distribuição. (Fonte: Catálogo da Transformadores de Moçambique.SA)



CATÁLOGO
Maputo | 2019

TRANSFORMADORES
de Moçambique SA



Transformadores de Distribuição 33/0,4-0,231kV - 50Hz

Item	Potência kVA	Tensão		Perdas (W)		Impedância (%)	Classe de Tensão (kV)	NIB (kV)
		Alta (kV)	Baixa (V)	Em Vazio	Carga			
TRIFÁSICOS								
1	25			145 - 160	620 - 650	4	36	170
2	50			170 - 210	1000 - 1060	4	36	170
3	100			300 - 320	1600 - 1750	4	36	170
4	160			430 - 495	2100 - 2275	4	36	170
5	200	33	400/231	500 - 575	2600 - 2750	4	36	170
6	250			590 - 685	3000 - 3385	4	36	170
7	315			750 - 845	3300 - 3385	4	36	170
8	500			1050 - 1060	5000 - 5300	6	36	170
9	630			1215 - 1350	6000 - 6250	6	36	170
MONOFÁSICOS								
1	16	33	231	90 - 120	350 - 380	4	36	170
2	25			95 - 120	415 - 450	4	36	170
3	32			100 - 125	600 - 630	4	36	170

Anexo 3: Características dos condutores com Liga de Alumínio (AAAC).

Tabela A3-3: Características dos condutores com Liga de Alumínio (AAAC). (Fonte: Eland cable)

OAK	36207	3692	8140	0.282	0.0859	384	307
-	36563	3729	8220	0.282	0.086	385	307
MULBERRY	46704	4763	10500	0.222	0.0676	448	356
ASH	53376	5443	12000	0.185	0.0565	501	398
ELM	62272	6350	14000	0.159	0.048	553	438
POPLAR	72058	7348	16200	0.14	0.0427	598	473
-	81398	8301	18300	0.124	0.0337	647	511
SYCAMORE	91184	9299	20500	0.111	0.0377	694	547
UPAS	104528	10659	23500	0.0925	0.0282	776	610
-	121875	12428	27400	0.0794	0.0242	854	669
YEW	138333	14107	31100	0.0698	0.0213	925	723

Densidade a 20 °C km/m ²	Resistividade máx. a 20 °C .mm ² /m	Coefficiente de temperatura por grau C a 20 °C	Coefficiente de dilatação linear por grau C	Módulo de Eletricidade Gpa
2,70	0,0293	0,00390	0,000023	68

PROJECTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MACANDZA, DISTRITO DE MARRACUENE

Anexo 4: Características dos condutores com Liga de Alumínio (AAAC)

Tabela A4-4: Características dos condutores com Liga de Alumínio (AAAC). (Fonte: Eland cable)

Denominação	Seção Transversal kcmil	mm ²	Formação Nº de Fios x Diâmetro N° x mm	Diâmetro Nominal do Condutor mm	Massa Nominal kg/km	Carga de Ruptura kN	Resistência Elétrica Máxima (CC) a 20°C ohm/km	Resistência Elétrica Máxima (CA / 60Hz) a 50°C ohm/km	Capacidade de Corrente (*) A
CHLORINE	67,8	34,36	7 x 2,50	7,50	94	8,18	0,8637	0,9649	163
CHROMIUM	62,0	41,58	7 x 2,75	8,25	113	9,91	0,7138	0,7975	184
FLUORINE	97,7	49,48	7 x 3,00	9,00	135	11,8	0,5998	0,6702	206
HELIUM	152,6	77,30	7 x 3,75	11,25	211	17,6	0,3839	0,4291	274
HYDROGEN	219,7	111,30	7 x 4,50	13,50	304	24,3	0,2666	0,2982	347
IODINE	244,8	124,00	7 x 4,75	14,25	339	27,1	0,2393	0,2677	372
-	300,0	151,85	19 x 3,19	15,95	417	36,06	0,1964	0,2199	424
KRYPTON	311,1	157,60	19 x 3,25	16,25	433	37,4	0,1892	0,2119	435
-	350,0	177,61	19 x 3,45	17,25	488	42,18	0,1679	0,1882	470

CODE	NOMINAL AREA mm ²	EQUIVALENT Cu AREA kg		STRANDING AND WIRE		NOMINAL OVERALL DIAMETER		TOTAL AREA		WEIGHT ¹	
		mm ²	inch ²	mm	inch	mm ²	inch ²	mm ²	inch ²	mm ²	lb/M ft
-	-	64.5	0.1	19/2.82	190111	14.1	0.555	118.8	0.1841	327.6	220.2
MULBERRY	-	80.6	0.125	19/3.18	19/1253	15.9	0.626	151.1	0.2342	416.7	280
ASH	-	96.8	0.15	19/3.48	19/1370	17.4	0.685	180.7	0.2801	498.1	334.8
ELM	-	113	0.175	19/3.76	19/1481	18.8	0.74	211	0.3271	582.1	391.2

Anexo 5: Calibres de links para drop-outs

Tabela A5-5: Calibres de links para drop-outs (Fonte: EDM,2006)

POTÊNCIA DO TRANSFORMA DOR (KVA)	TENSÕES (KV)							
	6.6		11		22		33	
	I_n	I_{lk}	I_n	I_{lk}	I_n	I_{lk}	I_n	I_{lk}
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	17.5	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

PROJECTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MACANDZA, DISTRITO DE MARRACUENE

Anexo 6: Características dos disjuntores e fusíveis de BT

Tabela A6-6: Características dos disjuntores e fusíveis de BT. (Fonte: FEUP).

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Fusíveis						Disjuntores			
In	Inf	If	Inf/In	If/In		In	Inf	If	Inf/In	If/In
2	3	4	1,5	2,0		2				
4	6	8	1,5	2,0		4				
6	9	11	1,5	1,8		6	6,3	8,1	1,050	1,35
8	12	15	1,5	1,9		8	8,4	10,8	1,050	1,35
10	15	19	1,5	1,9		10	10,5	13,5	1,050	1,35
12	17	21	1,4	1,8		12	12,6	16,2	1,050	1,35
16	22	28	1,4	1,8		16	16,8	21,6	1,050	1,35
20	28	35	1,4	1,8		20	21	27	1,050	1,35
25	35	44	1,4	1,8		25	26,3	33,8	1,052	1,35
32	42	51	1,3	1,6		32	33,6	43,8	1,050	1,37
40	52	64	1,3	1,6		40	42	54	1,050	1,35
50	65	80	1,3	1,6		50	53	68	1,060	1,36
63	82	101	1,3	1,6		63	66	85	1,048	1,35
80	104	128	1,3	1,6		80	84	108	1,050	1,35
100	130	160	1,3	1,6		100	105	135	1,050	1,35
125	150	200	1,2	1,6		125	131	169	1,048	1,35
160	192	256	1,2	1,6		160	168	216	1,050	1,35
200	240	320	1,2	1,6		200	210	270	1,050	1,35
250	300	400	1,2	1,6		250	263	338	1,052	1,35
315	378	504	1,2	1,6		315	331	425	1,051	1,35
400	480	640	1,2	1,6		400	420	540	1,050	1,35
500	650	800	1,3	1,6		500	525	675	1,050	1,35
630	756	1008	1,2	1,6		640	662	851	1,034	1,33
800	960	1280	1,2	1,6		800	849	1080	1,061	1,35
1000	1200	2000	1,2	2,0		1000	1050	1350	1,050	1,35
1250	1500		1,2			1250	1313	1688	1,050	1,35
1600	1920		1,2			1600	1680	2160	1,050	1,35
2000	2400		1,2			2000	2100	2700	1,050	1,35

Anexo 7: Factores de correção para cabos e malha de aterramento.

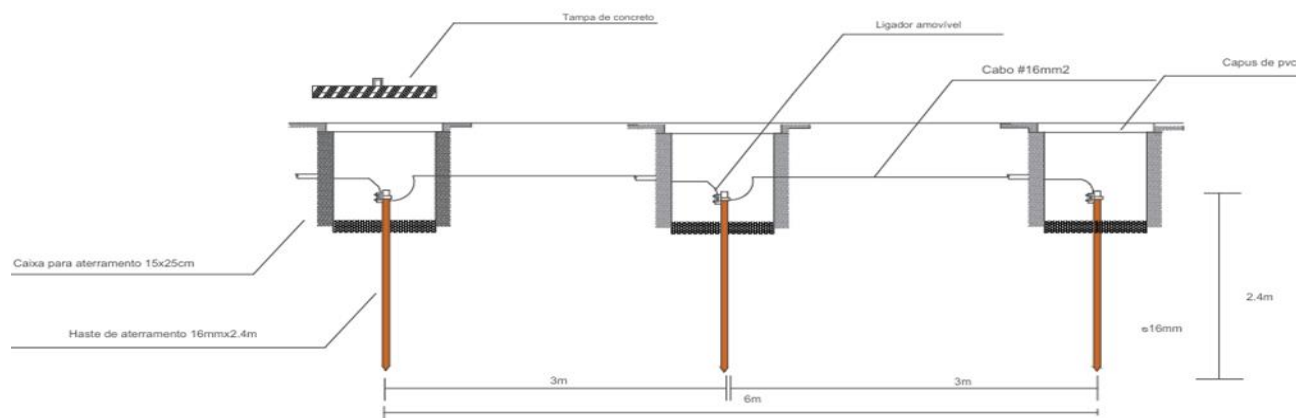
Tabela A7.1-7: Factores de correção para cabos instalados ao ar (β). (Fonte: RTIEBT)

TABELA 4		Factores de correcção para cabos multicondutores 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

Tabela A7.2-7: Factores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 20°C (γ). (Fonte: RTIEBT)

TABELA 7		Factores de correcção para temperaturas 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

Anexo 7.3-7: Malha de aterramento (Fonte: Autor)



PROJECTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MACANDZA, DISTRITO DE MARRACUENE

Anexo 8: Correntes admissíveis dos cabos eléctricos

Tabela A8-8: Correntes admissíveis dos cabos eléctricos (Fonte: Eurocabos)

Tabela I – (BT-CU-PVC)

Características Eléctricas dos Cabos: VV, VAV

Baixa Tensão – Condutor em Cobre - Revestimento em PVC

Secção Nominal mm ²	1 Condutor			2 Condutores (5)			3, 4 e 4+T Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U = V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$ (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U = V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U = V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$
0,5	-	12	-	-	10	-	-	9	-
0,75	-	15	-	-	13,5	-	-	12	-
1	-	18	-	-	14,5	34,800	-	13	30,100
1,5	34	23	20,200	30	19	23,300	25	17	20,200
2,5	45	31	12,400	40	26	14,300	35	24	12,400
4	60	42	7,770	50	35	8,940	45	31	7,740
6	75	52	5,220	65	44	6,000	60	42	5,190
10	105	74	3,140	90	61	3,600	80	57	3,120
16	135	96	2,020	120	83	2,300	110	79	1,990
25	180	127	1,310	155	110	1,480	135	96	1,280
35	225	158	0,963	185	132	1,080	165	114	0,946
50	260	184	0,734	220	158	0,822	190	132	0,718
70	345	242	0,533	280	198	0,589	245	171	0,520
95	410	290	0,406	335	237	0,443	295	206	0,393
120	485	343	0,340	380	268	0,368	340	237	0,326
150	550	387	0,299	435	308	0,313	390	272	0,279
185	630	444	0,250	490	343	0,265	445	312	0,238
240	740	523	0,210	570	400	0,218	515	360	0,198
300	855	602	0,183	640	448	0,188	590	413	0,172
400	1015	721	0,160	760	536	0,164	700	492	0,150
500	1170	822	0,140	-	-	-	-	-	-

Anexo 9: Transformador de potência da marca ASTOR e Transformador assente em Base de Alvenaria

Anexo 9.1-9: Transformador de potência da marca ASTOR. (Fonte: Autor)



Anexo 9.2-9: Transformador assente em Base de Alvenaria. (Fonte: Autor)



PROJECTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MACANDZA, DISTRITO DE MARRACUENE

Anexo 10: Correntes admissíveis dos cabos eléctricos e tensões nominais dos para-raios

Tabela A10.1-10: Correntes admissíveis dos cabos eléctricos (Fonte: Eurocabos)

Tabela V (BT-AL-XLPE)

Características Eléctricas dos Cabos: LXV e LSXV (a)

Baixa Tensão – Condutor em Alumínio - Revestimento em XLPE

Secção Nominal mm ²	1 Condutor			2 Condutores (5)			3, 4 e 4+T Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U = V / AKm$ $\cos \phi = 0,8$ (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U = V / AKm$ $\cos \phi = 0,8$	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U = V / AKm$ $\cos \phi = 0,8$
16	-	105	3,500	104	91	4,000	87	79	3,490
25	180	135	2,240	133	108	2,550	110	98	2,230
35	215	166	1,650	160	135	1,860	134	122	1,630
50	257	205	1,290	188	164	1,390	160	149	1,220
70	315	260	0,883	233	211	0,984	197	192	0,870
95	377	321	0,662	275	257	0,728	234	235	0,651
120	430	375	0,540	314	300	0,590	266	273	0,530
150	482	432	0,455	359	346	0,494	300	316	0,447
185	545	500	0,381	398	397	0,371	337	363	0,372
240	640	603	0,315	458	470	0,328	388	430	0,303
280	690	658	0,285	-	-	-	-	-	-
300	725	697	0,271	520	543	0,293	440	497	0,248
380	820	810	0,228	-	-	-	-	-	-
400	835	829	0,224	-	-	-	-	-	-
480	922	936	0,197	-	-	-	-	-	-
500	950	963	0,191	-	-	-	-	-	-
600	1005	1015	0,174	-	-	-	-	-	-
630	1035	1050	0,160	-	-	-	-	-	-
740	1150	1175	0,138	-	-	-	-	-	-

Tabela A10.2-10: Tensões nominais dos para-raios (Fonte: EDM,2006)

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
30	36	30
33	36	30

Anexo 11: Zonas pantanosas

Anexo 11.1-11: Zona pantanosa 1



(Fonte: Autor)

Anexo 11.2-11: Zona pantanosa 2



(Fonte: Autor)

Anexo 11.3-11: Zona pantanosa 3



(Fonte: Autor)

Anexo 11.4-12: Zona pantanosa 4



(Fonte: Autor)

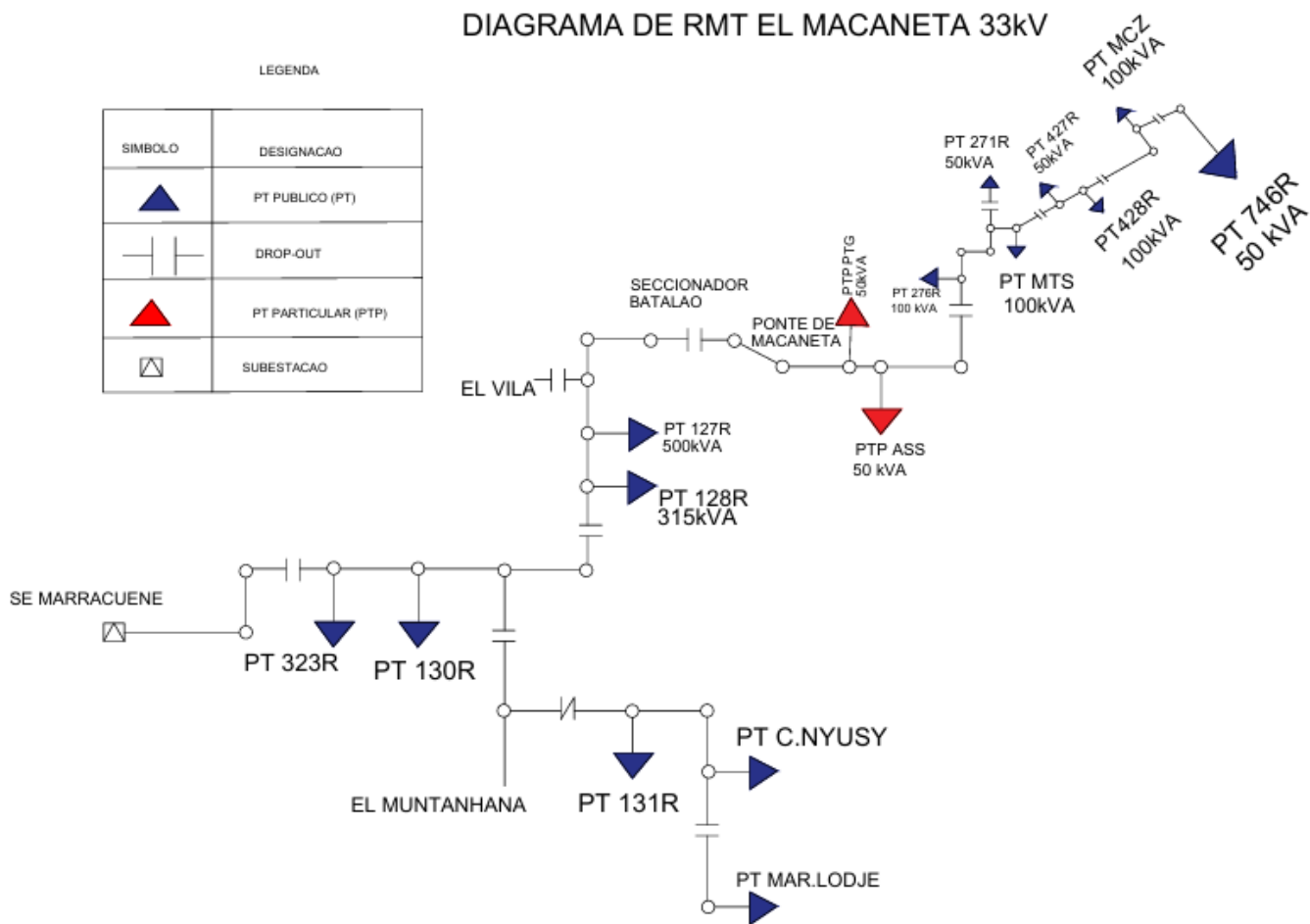
Anexo 11.5-12: Zona pantanosa 5



(Fonte: Autor)

Anexo 12

Anexo 12-13: Diagrama da RMT EL Macaneta 33kV



ANEXO 13: ACTA DO PRIMEIRO ENCONTRO

TABELA 13-14: ACTA DO PRIMEIRO ENCONTRO



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD13	Data:	17/02/2025
---------------------	-------------	-------	------------

1.AGENDA:

Apresentação do TAT de estágio profissional

2.PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Fernando Hausse Chachaia, Eng ^o .
Co-Supervisor	
Estudante	Jorge Agostinho Macaringue
Outros	

3.RESUMO DO ENCONTRO:

Correção do tema e metodologia

4.RECOMENDAÇÕES

Acrescentar as ferramentas necessárias para realização do trabalho
--

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	08/04/25
-----------------------------	----------

ANEXO 14: ACTA DO SEGUNDO ENCONTRO

TABELA 14-15: ACTA DO SEGUNDO ENCONTRO



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD13	Data:	17/02/2025
---------------------	-------------	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do TAT melhorado de estágio profissional

2.PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Fernando Hausse Chachaia, Eng ^o .
Co-Supervisor	
Estudante	Jorge Agostinho Macaringue
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Correção do TAT

4. RECOMENDAÇÕES

Clarificar a pergunta de pesquisa
Pode avançar com a parte teórica

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6.DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	25/04/25
----------------------------	----------

ANEXO 15: ACTA DO TERCEIRO ENCONTRO

TABELA 15-16: ACTA DO TERCEIRO ENCONTRO



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD13	Data:	17/02/2025
---------------------	-------------	-------	------------

1.AGENDA:

Apresentação do avanço da parte teórica

2.PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Fernando Hausse Chachaia, Eng ^o .
Estudante	Jorge Agostinho Macaringue

3.RESUMO DO ENCONTRO:

Enquadramento da fundamentação teórica
--

4.RECOMENDAÇÕES

Clarificar a pergunta de pesquisa
Pode avançar com a parte prática

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6.DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	16/05/25
----------------------------	----------

ANEXO 16: ACTA DO QUARTO ENCONTRO

TABELA 16-17: ACTA DO QUARTO ENCONTRO



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD13	Data:	17/02/2025
---------------------	-------------	-------	------------

1.AGENDA:

Apresentação da versão final do relatório

2.PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Fernando Hausse Chachaia, Eng ^o .
Estudante	Jorge Agostinho Macaringue

3.RESUMO DO ENCONTRO:

Supervisão da versão final do relatório

4.RECOMENDAÇÕES

Fazer o estudo de viabilidade económica do projecto
A parte do texto não pode exceder 60 páginas

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6.DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	
----------------------------	--

ANEXO 17: RELATÓRIO DO PROGRESSO

TABELA 17-18: RELATÓRIO DO PROGRESSO



FACULDADE DE ENGENHARIA

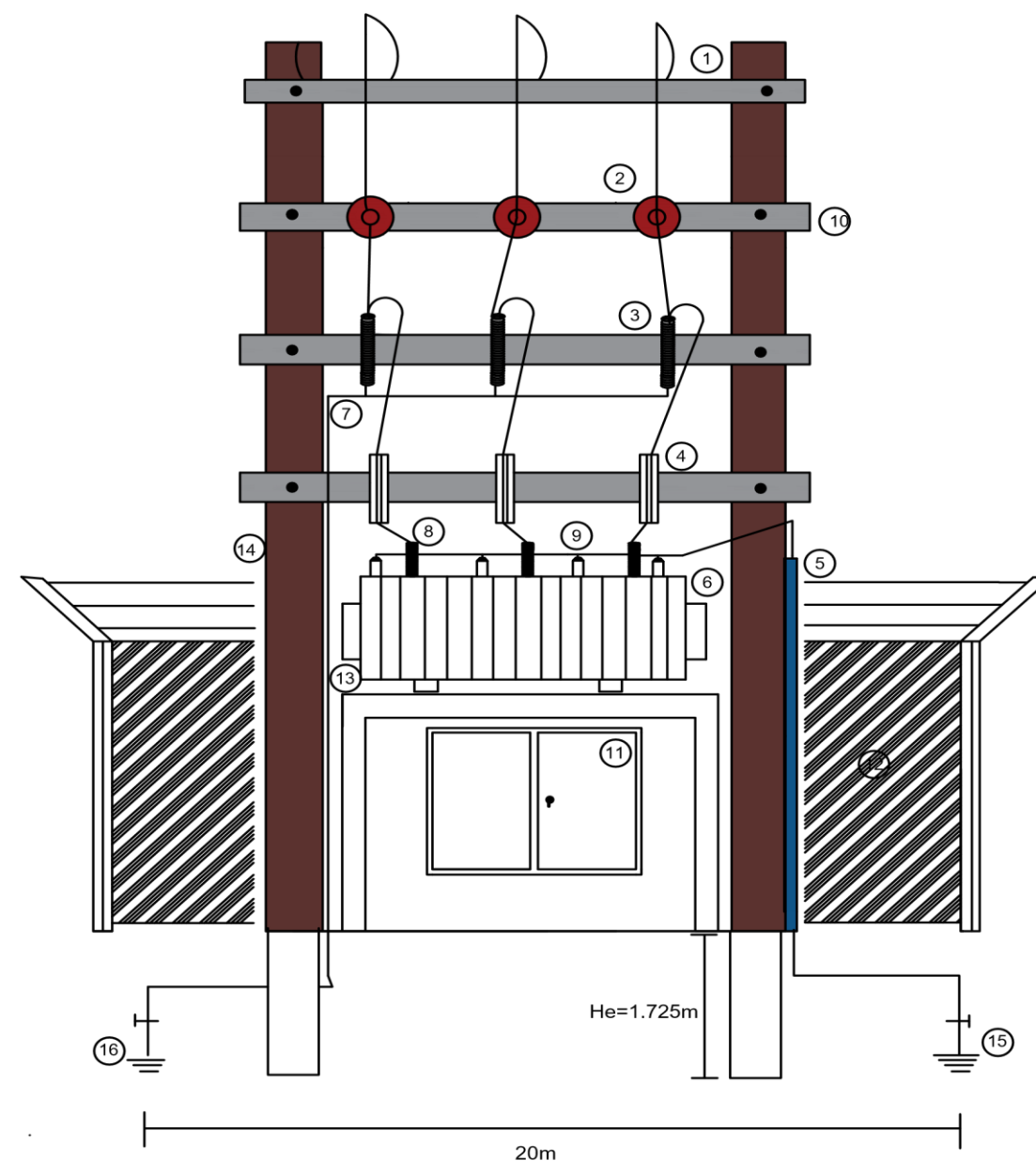
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

RELATÓRIO DO PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA:	2025ELEPD13
---------------------	-------------

ACT	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	21/03/25	20	Melhorar o tema	
	28/03/25	60	Melhorar a metodologia	
	01/04/25	100	Clarificar a pergunta de pesquisa	
2	08/04/25	30	Pode avançar com a parte teórica	
	15/04/25	77	Focar-se apenas em conceitos necessários	
	21/04/25	100	Melhorar a revisão Bibliográfica	
3	25/04/25	37	Pode avançar para parte prática	
	02/05/25	80	Rever o dimensionamento dos condutores	
	09/05/25	100	Pode fazer a especificação técnica dos materiais	
4	16/05/25	50	Fazer o estudo de viabilidade económica do projecto	
	27/05/25	80	Melhorar o resumo	

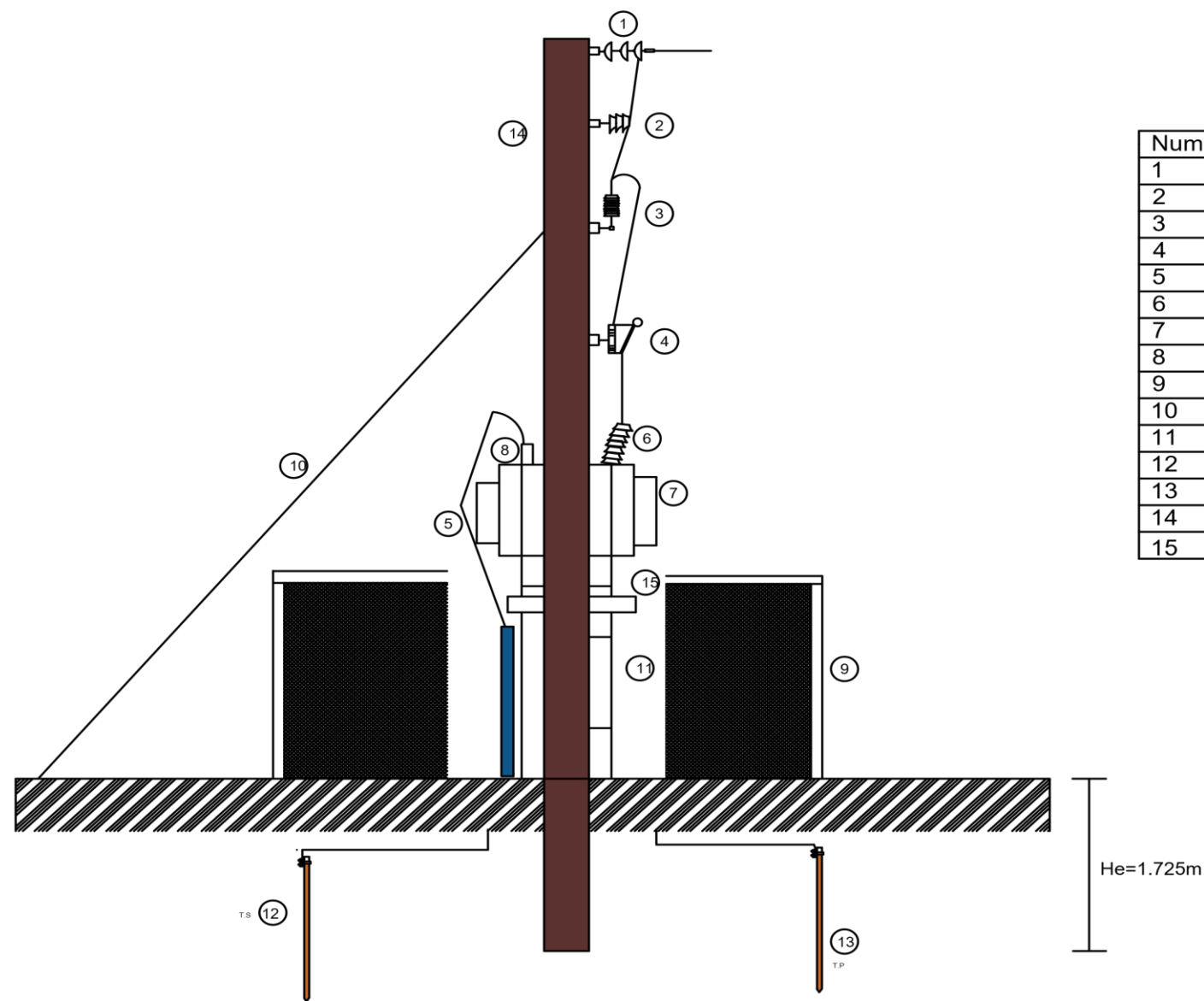
APÊNDICES



Num	Legenda
1	Isoladores de cadeia
2	Isoladores de passagem
3	Para-raios do tipo "XBE"
4	Drop-Outs
5	Cabo VAV de baixa tensão 240 mm2
6	Transformador de potência 200KVA 33/0.4KV
7	Condutor de aterramento
8	Buchas do primário do transformador
9	Buchas do secundário do transformador
10	Travessas de ferro
11	Quadro geral de baixa tensão QGBT
12	Cerca de proteção
13	Base de alvenaria
14	Postes de madeira de 12.25m
15	Terra de Serviço
16	Terra de proteção

Desenhou	Data	Apelido	Projecto de uma Rede de Distribuicao de energia electrica Para o Bairro de Macandza, Distrito de Marracuene	Estagio Profissional
Jorge	15.05	Macaringue		
Verificou	Data	Apelido		
Fernando		Chachaia		
1:1	Vista frontal do PT			UEM FE LENGEEL

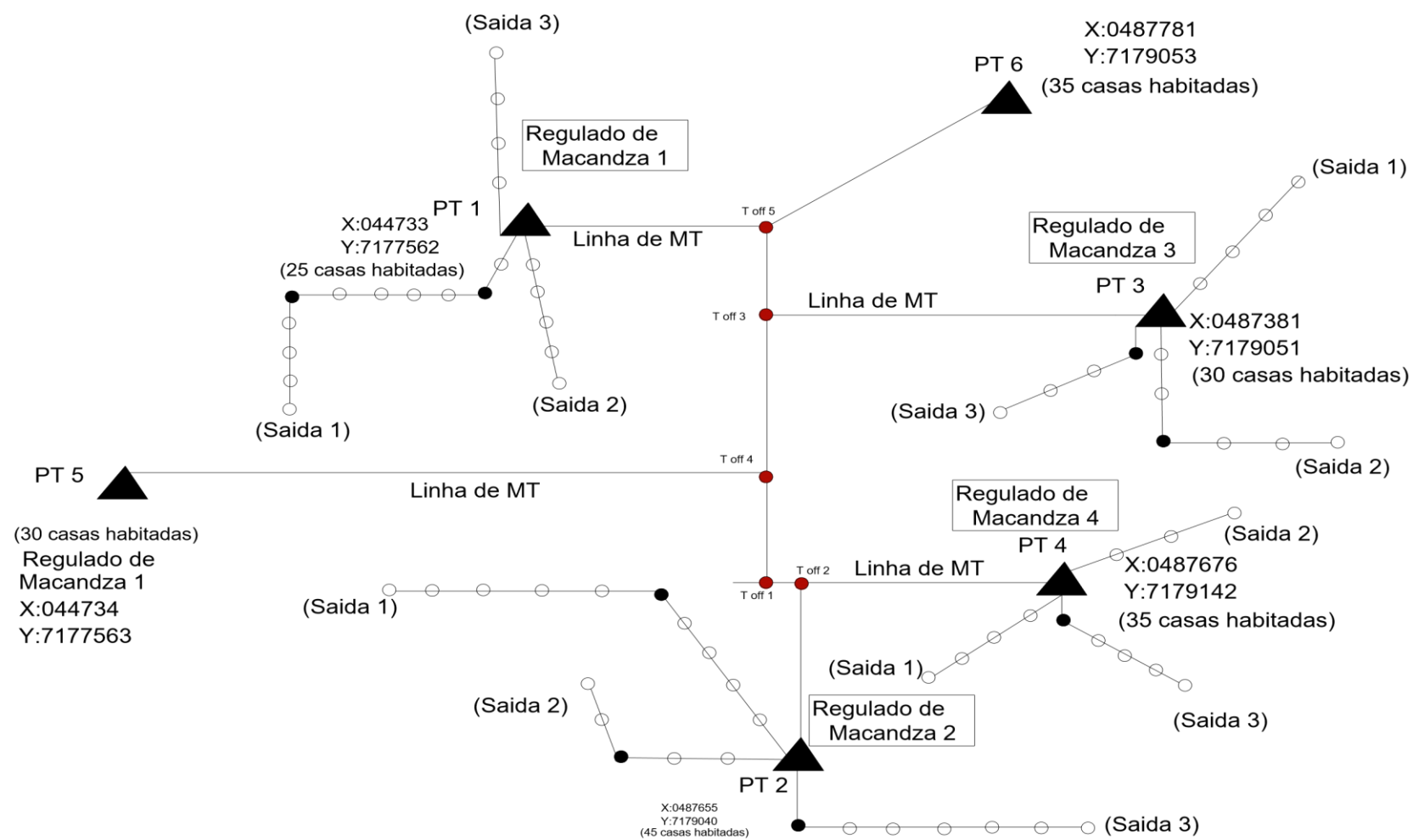
Figura AP 1-19: Vista frontal do PT projectado



Num	Legenda
1	Cadeias de amarração
2	Isoladores de passagem
3	Para-raios do tipo "XBE"
4	Drop-Outs de 6A
5	Cabo VAV de baixa tensão 240 mm2
6	Buchas do primário do transformador
7	Transformador de potência 200kVA 33/0.4KV
8	Buchas do secundário do transformador
9	Cerca de proteção
10	Espias
11	Quadro geral de baixa tensão QGBT
12	Eléctrodo de terra de serviço
13	Eléctrodo de terra de proteção
14	Postes de madeira de 12.25m
15	Base de alvenaria

Desenhou	Data	Apelido	Projecto de uma Rede de Distribuicao de energia electrica Para o Bairro de Macandza, Distrito de Marracuene	Estagio Profissional
Jorge	15.05	Macaringue		
Verificou	Data	Apelido		UEM FE LENGEEL
Fernando		Chachaia		
1:1	Vista lateral do PT			

Figura AP 2-20: Vista lateral do PT projectado



PT n0	Saida Mais Longa Extensão	Postes
PT 1	400m	20
PT 2	400m	22
PT 3	240m	14
PT 4	200m	12
Total	-	68

LEGENDA-RBT por executar em Macandza	
	PT's por executar
	Cabo ABC 4x50 por executar

Desenhou	Data	Apelido	Projecto de uma Rede de Distribuicao de energia electrica Para o Bairro de Macandza, Distrito de Marracuene	Estagio Profissional							
Jorge	15.05	Macaringue									
Verificou	Data	Apelido									
Fernando		Chachaia									
1:1	RBT			UEM FE LENGEEL							

Figura AP 3-21:Rede de Baixa Tensão do projecto

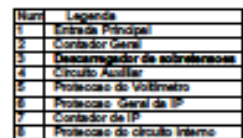
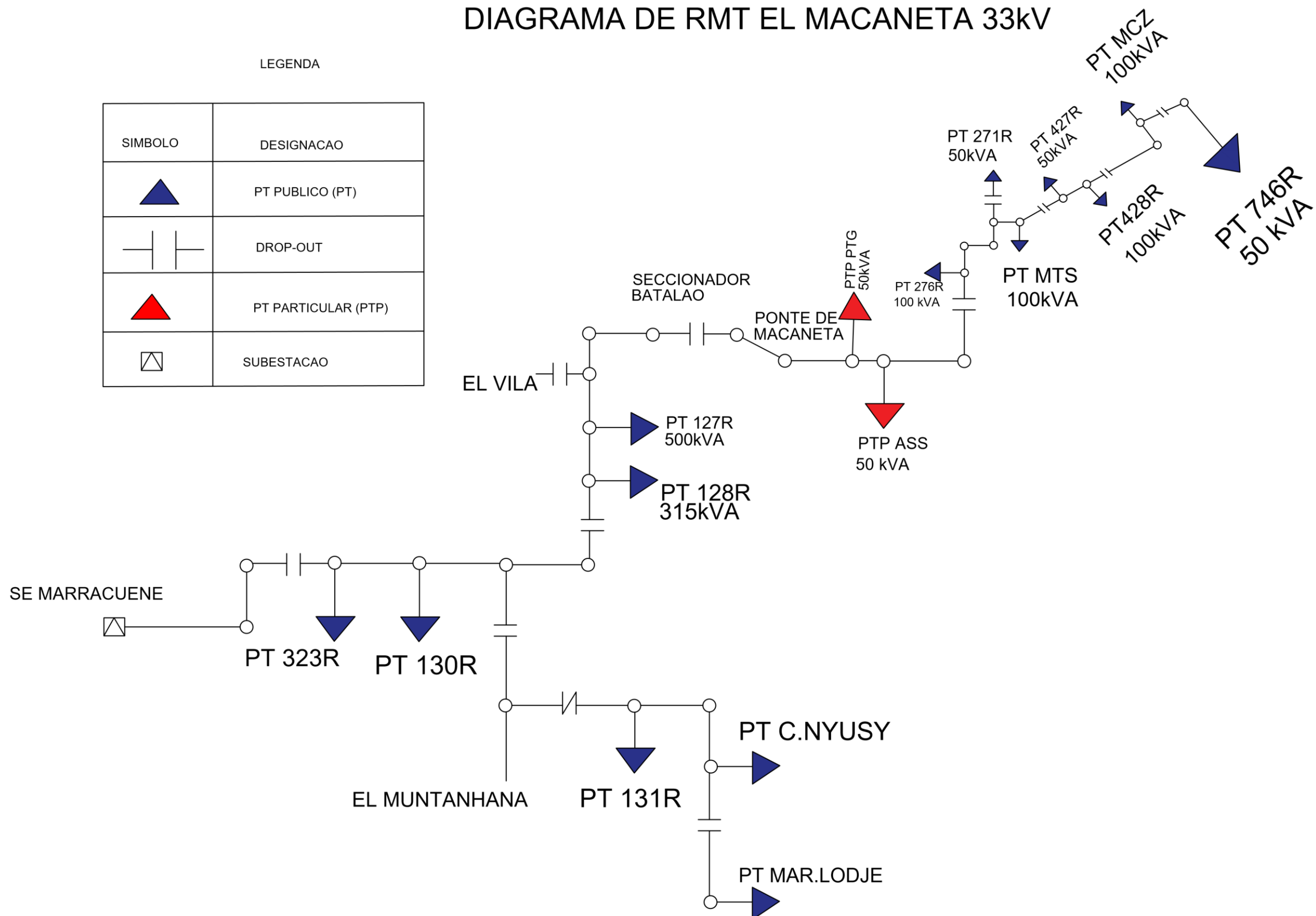
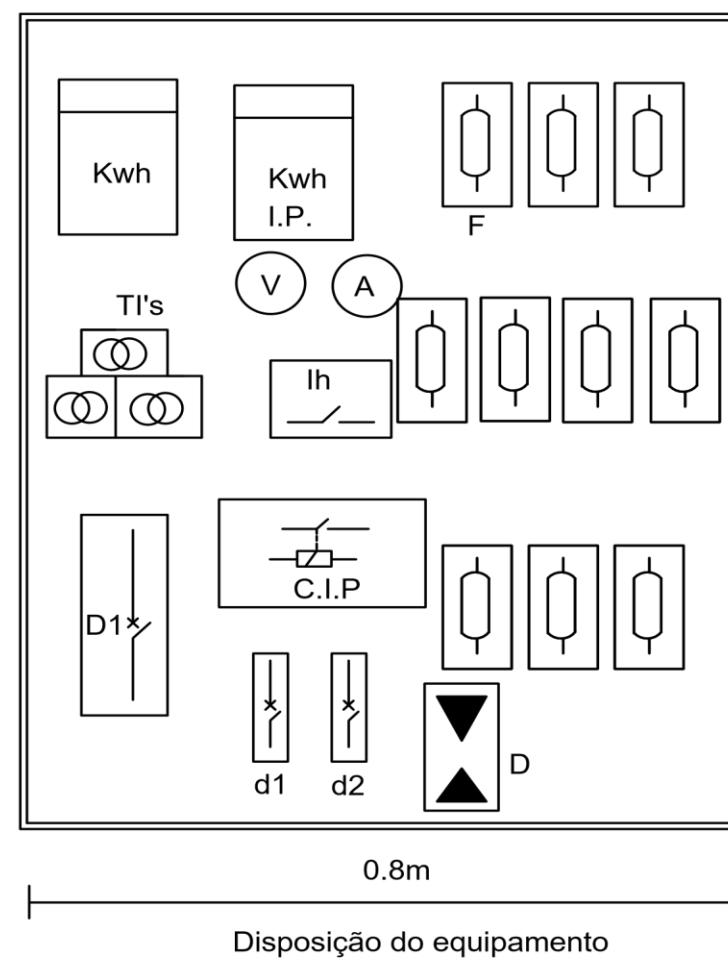
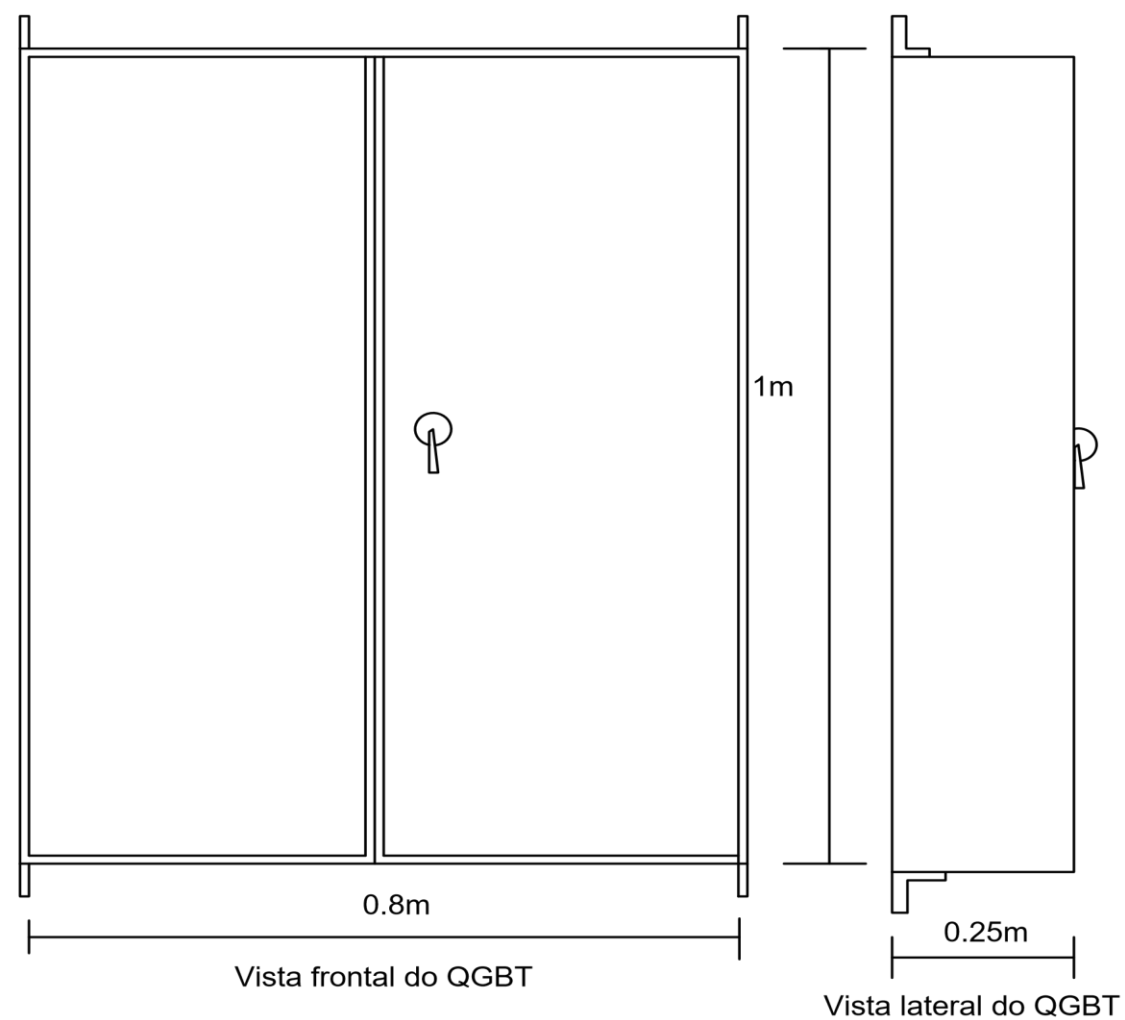
AP 4.22

DIAGRAMA DE RMT EL MACANETA 33kV

LEGENDA

SIMBOLO	DESIGNACAO
	PT PUBLICO (PT)
	DROP-OUT
	PT PARTICULAR (PTP)
	SUBESTACAO

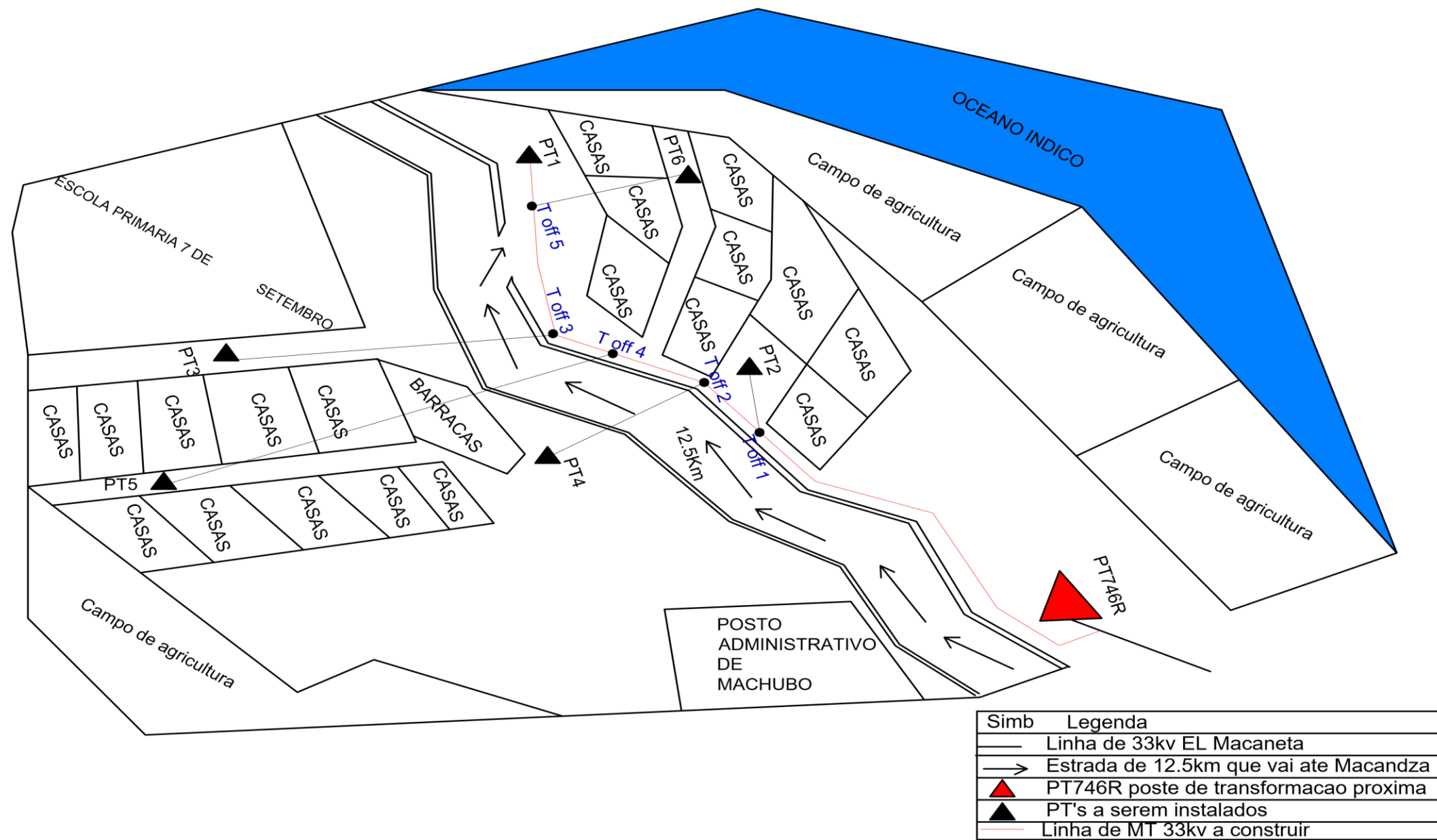




ITEM	Legenda
KWh	Contador de energia total
Kwh/IP	Contador de energia da IP
TI's	Transformadores de intensidade
D1	Disjuntor Geral
Ih	Interruptor horario
C.I.P	Contator para IP
d1	Disjuntor para saidas de IP
d2	Disjuntor para ensaio da IP
F	Fusivel APC para saidas do P.T
Ⓐ	Amperimetro
Ⓥ	voltmetro
D	Descarregador de sobretensoes

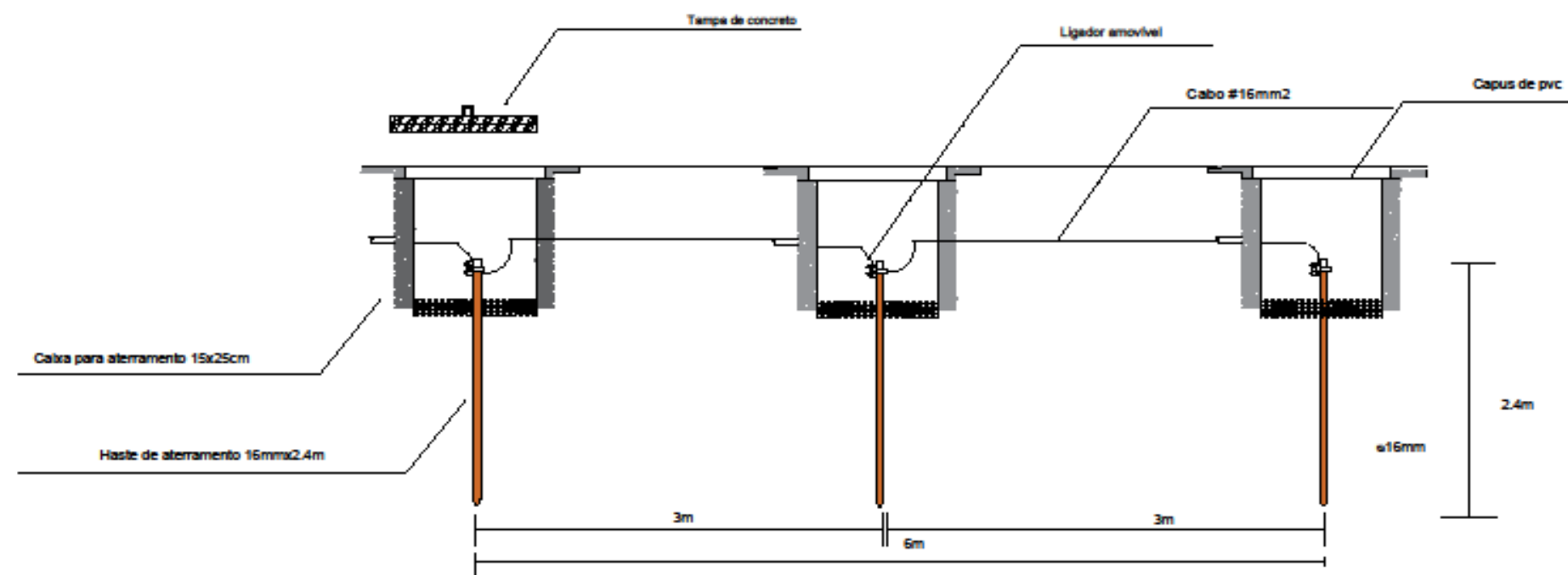
Desenhou	Data	Apelido	Projecto de uma Rede de Distribuicao de energia electrica Para o Bairro de Macandza, Distrito de Marracuene	Estagio Profissional
Jorge	15.05	Macaringue		
Verificou	Data	Apelido		
Fernando		Chachaia		
1:1	Disposição do QGBT			UEM FE LENGEEL

Figura AP 6-24: Disposição do QGBT



Desenhou	Data	Apelido	Projecto de uma Rede de Distribuicao de energia electrica Para o Bairro de Macandza, Distrito de Marracuene	Estagio Profissional						
Jorge	15.05	Macaringue								
Verificou	Data	Apelido								
Fernando		Chachaia								
1:1	Distribuição dos PT's			UEM FE LENGEEL						

Figura AP 7-25: Distribuição dos PT's



Desenhou	Data	Apellido	Projeto de uma Rede de Distribuição de energia eléctrica Para o Bairro de Macandze, Distrito de Maracueze	Estatgio Profissional
Jorge	15.05	Miceringue		
Verificou	Data	Apellido		
Fernando		Chachale		
1:1	Malha de aterramento			UEM FE LENGEEL

Figura AP 8-26: Malha de aterramento