



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

**MELHORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO
DE ENERGIA ELÉCTRICA DE MÉDIA TENSÃO NO
BAIRRO DE MAXAQUENE D**

AUTOR:

Matavel, Emiliano

SUPERVISORES:

Da UEM : Mestre Anacleto Albino, Engº.

Da instituição: Manuel Ussene

Maputo, Dezembro de 2024



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

**MELHORAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE
ENERGIA ELÉCTRICA DE MÉDIA TENSÃO NO BAIRRO
DE MAXAQUENE D**

Autor:

Matavel, Emiliano

Supervisores:

Da UEM : Mestre Anacleto Albino, Engº.

Da instituição: Manuel Ussene

Maputo, Dezembro de 2024

DEDICATÓRIAS

Dedico este Relatório de Estágio Profissional a todos que influenciaram directa ou indirectamente na minha caminhada e, em especial, aos meus pais e irmãos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus pelo dom da vida e por ter permitido que eu tenha esta oportunidade de chegar até aqui.

Agradecer aos meus pais pelos fortes ensinamentos que me deram e por ajudarem a tornar possível a minha formação.

Agradeço ao meu supervisor, o mestre e engenheiro Albino Anacleto, por ter aceitado com toda a vontade me supervisionar e orientar durante a realização deste trabalho e pela disposição e motivação.

Também agradecer aos demais docentes do curso de Engenharia Eléctrica, pelos conhecimentos científicos transmitidos ao longo dessa trajectória estudantil.

E finalmente, agradeço a todos os meus familiares, amigos e colegas que estiveram ao meu lado, sempre me apoiando para a conclusão desta etapa.

EPÍGRAFE

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentado o impossível.”

(Max Weber)

RESUMO

Este presente trabalho apresenta uma sugestão de uma rede de distribuição de energia eléctrica de Média Tensão no bairro de Maxaquene D, cidade de Maputo, como parte do melhoramento da rede existente, com a finalidade de satisfazer as necessidades dos moradores do bairro. O projecto foi dimensionado com base nos conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Eléctrica na UEM e o aprendizado adquirido durante o estágio profissional na EDM.

Acompanhando o crescimento demográfico e a consequente evolução dos consumos, a rede de distribuição tem sido reforçada e modernizada. No presente trabalho irá se abordar a rede de distribuição primária e terá como objectivo dimensionar uma linha de média tensão com comprimento de 200 metros para alimentar um transformador de 250kVA e em seguida determinar todos os parâmetros e aspectos técnico-financeiros para a execução do projecto.

Com este estudo pretende-se determinar o melhor traçado possível, tanto para a linha assim como para a localização do PT e dos apoios, de modo a obter baixos custos e alta fiabilidade. O projecto propõe uma solução técnica e económica para o melhoramento da rede de distribuição de energia eléctrica na zona supracitada, que actualmente possui uma rede a funcionar acima do seu regime nominal.

A ilustração das posições e instalações de quase todos os elementos da nova rede é apresentada no mapa da nova rede do bairro, apresentada no anexo 1 deste trabalho.

Palavra-chave: Rede de distribuição de energia eléctrica de Média Tensão, Transformador, Projecto

ABSTRACT

This article presents a recommendation for a medium-voltage electricity distribution network in the Maxaquene D neighbourhood, Maputo city, as part of the improvement of the existing network, with the goal of satisfying the needs of the neighbourhood's residents. The project was dimensioned based on the knowledge acquired during the Electrical Engineering course at UEM and the learning acquired during the professional internship at EDM.

In line with demographic growth and the consequent increase in consumption, the distribution network has been reinforced and modernised. This work will focus on the primary distribution network and will aim to dimension a medium-voltage line with a length of 200 metres to feed a 250kVA transformer and subsequently determine all the parameters and technical-financial aspects for carrying out the project.

The aim of this study is to determine the best possible route, both for the line and for the location of the PT and supports, in order to achieve low costs and high reliability. The project proposes a technical and economic solution for improving the electricity distribution network in the aforementioned area, which currently has a network operating above its nominal capacity.

An illustration of the positions and installations of almost all the elements of the new network is shown on the map of the neighbourhood's new network, presented in Annex 1 of this work.

Keyword: Medium-voltage electricity distribution network, Transformer, Project

ÍNDICE

DEDICATÓRIAS	I
AGRADECIMENTOS	II
EPÍGRAFE	III
RESUMO	IV
ÍNDICE	VI
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XIV
Descrição e Enquadramento do Estudo	1
1.1. Introdução	1
1.2. Formulação do Problema	2
1.3. Justificativa	3
1.4. Objectivos	3
1.4.1. Objectivo geral	3
1.4.2. Objectivos específicos	3
1.5. Metodologia	3
Fundamentação Teórica	6
2.1. Generalidades sobre Sistema Eléctrico de Potência	6
2.2. Redes Eléctricas de Distribuição	6
2.2.1. Redes aéreas	7
2.2.2. Redes subterrâneas	8
2.3. Caracterização Genérica das Linhas de Distribuição	10
2.3.1. Linhas aéreas de MT e BT	10
2.4. Estrutura Topológica da Rede de Distribuição	14

2.4.1. Rede radial	15
2.4.2. Rede malhada	15
2.4.3. Rede em anel com exploração radial	16
2.5. Transformador de Distribuição	16
Dimensionamento do Projecto	18
3.1. Aspectos Gerais	18
3.2. Previsão de Carga	18
3.3. Dimensionamento do Posto de Transformação	21
3.4. Dimensionamento dos Cabos e Condutores	21
3.4.1. Critério da capacidade de condução da corrente	22
3.4.2. Critério da capacidade da corrente de curto-circuito	23
3.4.3. Critério dos limites de queda de tensão	24
3.5. Cálculo Mecânico	26
3.5.1. Tensão máxima de tracção	26
3.5.2. Especificação dos apoios (postes)	27
3.5.3. Determinação da flecha	28
3.5.4. Dimensionamento de isoladores	29
3.5.5. Distância entre condutores	30
3.5.6. Distância dos condutores ao solo	31
3.5.7. Distância dos condutores às árvores	32
3.6. Sistema de Aterramento	32
3.6.1. Terra de serviço	32
3.6.2. Terra de protecção	32
3.6.3. Eléctrodos de terra	33
3.6.4. Condutores de terra	33
3.7. Dispositivos de Protecção	33

3.7.1. Dimensionamento dos pára-raios	34
3.7.2. Dimensionamento dos <i>drop-outs</i>	34
3.8. Espias	35
3.9. Estimativa Orçamental	36
Conclusões e Recomendações	37
4.1. Conclusões	37
4.2. Recomendações	37
Referências Bibliográficas	39

LISTA DE SÍMBOLOS

AAAC: *All-Aluminum Alloy Conductors*

AutoCAD: *Autodesk Computer Aided Design*

BT: Baixa Tensão

CAL: Condutores de Alumínio Liga

EDM: Electricidade de Moçambique

MT: Média Tensão

PT: Posto de Transformação

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

SEP: Sistema Eléctrico de Potência

SE4: Subestação Eléctrica 4

SE5: Subestação Eléctrica 5

SE7: Subestação Eléctrica 7

UEM: Universidade Eduardo Mondlane

$\cos \varphi$ – Factor de potência

D – Distância

d – Comprimento das cadeias de isoladores susceptíveis de oscilarem transversalmente à linha

f_{max} – Flecha máxima

g – Aceleração de gravidade

H – Altura total do apoio

h_e – Altura de enterramento do apoio

I_{cc} – Corrente de curto-circuito admissível

I_n – Corrente nominal do lado do primário do transformador

I_s – Corrente de serviço

I_z – Máxima corrente admissível pelo condutor

K – Coeficiente que depende da natureza do condutor e das suas temperaturas ao início e final do curto-circuito

k – Coeficiente dependente da natureza dos condutores, cujo valor é de 0,6 para condutores de cobre, bronze, aço e alumínio-aço, e 0,7 para condutores de alumínio e de ligas de alumínio

l – Comprimento da linha

L_f – Linha de fuga mínima

L_{fe} – Linha de fuga específica

l_v – Comprimento do vão

n – Período de avaliação de crescimento de carga

P_A – Potência actual

P_C – Potência de carga total ou demanda total

P_p – Potência prevista

R' – Resistência do condutor por unidade de comprimento da linha

S – Secção geométrica do condutor

S_C – Demanda total aparente

S_n – Potência nominal do transformador

U_{CH} – Tensão de contornamento sob chuva

U_m – Tensão estipulada

V_L – Tensão de linha do lado do primário do transformador

t – Tempo de duração do curto-circuito

X' – Reactância do condutor por unidade de comprimento da linha

α – Factor de crescimento anual

ΔV – Queda de tensão

$\Delta V_{\%}$ – Queda percentual de tensão

λ – Densidade do material

σ_m – Tensão máxima de tracção

σ'_m – Tensão máxima de tracção específica

σ_R – Tensão de ruptura do condutor

ω – Peso específico do condutor

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Rede aérea de MT	8
Figura 2: Ligações a partir de rede subterrânea, construções dotadas de muro	9
Figura 3: Passagem de uma linha aérea de MT	11
Figura 4: Esquema de diferentes tipos de apoios	12
Figura 5: Isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio	13
Figura 6: Cabo de guarda e condutores em apoios de MT, sujeitos a defeito	14
Figura 7: Estrutura topológica da rede de energia eléctrica	16
Figura 8: Linha de transmissão curta	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Previsão de carga para a nova rede	
19	
Tabela 2: Vãos máximos	28
Tabela 3: Estimativa orçamental para a implementação do projecto	
36	

Capítulo 1

Descrição e Enquadramento do Estudo

1.1. Introdução

O mundo é movido a energia e a demanda por electricidade tem aumentado ao longo do tempo, tanto nas actividades diárias quanto na indústria. Portanto, é importante que os sistemas eléctricos de potência tenham a capacidade de fornecer energia eléctrica aos usuários, com qualidade adequada e no instante em que for solicitada, sem sobressaltos.

Os sistemas eléctricos de potência podem ser subdivididos em três grandes blocos:

- **Geração:** perfaz o papel de converter alguma forma de energia em electricidade.
- **Transporte:** tem o papel de transportar a electricidade dos centros de geração aos de consumo.
- **Distribuição:** desempenha o papel de distribuir a electricidade recebida do sistema de transporte aos consumidores.

O presente trabalho abrange apenas o bloco de Distribuição, especificamente de Média Tensão (Rede de Distribuição Primária), para o melhoramento do suprimento de energia eléctrica no bairro de Maxaquene D, na cidade de Maputo.

O bairro conta actualmente com 11 postos de transformação (inicialmente 12, porém 1 foi vandalizado), alimentados pelas subestações SE4, SE5 e SE7. A subestação SE4 é a principal subestação que alimenta a rede de Ka Maxaquene. A rede de Ka Maxaquene tem a configuração em anel.

A energia eléctrica neste bairro gerou uma dependência aos seus utilizadores de tal modo que a cada dia cresce o número de clientes que a precisam. Sendo assim, os clientes enfrentam a falta de qualidade de energia devido a elevadas sobrecargas e, é nesta ordem de ideias que o presente trabalho tem como finalidade abordar sobre o dimensionamento de uma nova rede de distribuição de Média Tensão assim como o seu posto de transformação, como estratégia para o melhoramento da qualidade no

suprimento de energia eléctrica no bairro de Maxaquene D, pois os postos de transformação actualmente existentes no bairro não estão sendo suficientes para suprir a demanda do bairro.

1.2. Formulação do Problema

A distribuição de energia eléctrica tem um papel preponderante no bem-estar e funcionamento da sociedade actual. As redes eléctricas apresentam-se, desde há longos anos, como um elemento fundamental no sistema de distribuição de energia. Portanto, é inquestionável a relevância do planeamento para a definição ou expansão das redes eléctricas.

Nos últimos anos, o número de consumidores de energia eléctrica no bairro de Maxaquene D aumentou significativamente e, isto agrava a sobrecarga dos postos de transformação e, conseqüentemente, originam fundição dos fusíveis. Além disso, as secções dos condutores não suportam a demanda devido ao número de clientes que cresceu de forma signifiante, tendo assim perdido as suas propriedades metálicas com o passar do tempo de vida útil. Este fenómeno põe em causa o conforto dos moradores deste bairro, assim como o funcionamento ininterrupto dos estabelecimentos industriais nele existentes, pois praticamente todas as actividades realizadas pelo homem utiliza um aparelho que necessite de energia para o seu funcionamento.

Portanto, o crescimento elevado do número de consumidores de energia eléctrica no bairro de Maxaquene D tem trazido grande impacto na rede eléctrica daquele bairro, causando fraca capacidade de fornecimento de electricidade e muitas perdas de tensão na saída dos transformadores, funcionando em condições não recomendáveis pelo fabricante. Sendo que os postos de transformação estão funcionando em regime de sobrecarga, a questão que surge é a seguinte: **Como melhorar a qualidade de energia eléctrica fornecida ao bairro de Maxaquene D, na Cidade de Maputo?**

1.3. Justificativa

Existem motivos sólidos e coerentes para a implantação de uma rede eléctrica de distribuição de Média Tensão. O aumento do número de consumidores exige uma contínua expansão e manutenção da rede eléctrica, de modo a garantir um serviço com os níveis de segurança e de qualidade exigidos. Portanto, este trabalho tem como justificativa a contribuição na melhoria de vida e de trabalho neste bairro, pelo melhoramento da rede de distribuição de energia eléctrica de Média Tensão existente no bairro.

O melhoramento da qualidade de energia eléctrica a ser fornecida pela EDM e a extensão da rede eléctrica para que se consiga suprir a demanda requerida pelo bairro de Maxaquene D, fazem parte dos esforços que a empresa se encontra a realizar. Logo, este projecto vai de mãos dadas com aquilo que são as visões e objectivos da empresa.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

- Melhorar a rede de distribuição de energia eléctrica de Média Tensão no Bairro de Maxaquene D.

1.4.2. Objectivos específicos

- Dimensionar o posto de transformação a ser instalado para a resolução do problema de sobrecargas no bairro;
- Escolher os cabos de Média Tensão que alimentarão o transformador a se instalar, os apoios dos cabos e os dispositivos de protecção da rede;
- Avaliar a viabilidade económica do projecto.

1.5. Metodologia

Para a elaboração deste trabalho serão aplicadas três (3) metodologias, que são: revisão

bibliográfica, pesquisa de campo e modelação computacional.

1.5.1. Revisão bibliográfica

Será feita uma pesquisa bibliográfica para o melhor domínio dos conteúdos a serem abordados, que consistirá numa pesquisa aprofundada e leitura de livros, revistas, artigos, catálogos do fabricante e conteúdos da internet.

O objectivo da revisão bibliográfica é permitir que os pesquisadores tenham domínio em análise de dados e manipulação de informações.

1.5.2. Pesquisa de campo

Sendo que a pesquisa consiste no melhoramento da rede de distribuição de energia eléctrica de Média Tensão no bairro de Maxaquene D, serão efectuadas visitas à rede de energia eléctrica existente no bairro de Maxaquene D e levantamento técnico dos dados necessários para a construção deste trabalho.

A pesquisa de campo será feita através de observação directa e entrevistas.

- **Observação directa**

Este método de colecta de dados baseia-se na colecta de informações através da observação sistemática de fenómenos, comportamentos ou eventos no ambiente natural ou em contextos específicos, sem intervenção ou manipulação por parte do observador. O método requer um sistema de pontuação bem definido, treinamento adequado dos observadores, supervisão durante a aplicação e procedimentos de verificação periódica para determinar a qualidade das medidas realizadas (BARBOSA, 2008). Usar-se-á este método durante as visitas à rede eléctrica e postos de transformação existentes para o desenvolvimento deste projecto.

- **Entrevista**

O método de entrevistas baseia-se em uma interacção directa e pessoal entre o entrevistador e o entrevistado, com o objectivo de colectar informações detalhadas, qualitativas e quantitativas. Este método é muito eficiente para obtenção de dados de uma forma profunda, não exigindo que o entrevistado saiba ler nem escrever e é muito

flexível, possibilitando o entrevistador esclarecer perguntas e sondar (MARCONI E LAKATOS, 2006). Também usar-se-á este método dentro da pesquisa de campo para o desenvolvimento deste trabalho.

1.5.3. Modelação computacional

A modelação computacional consistirá no uso do software *AutoCAD*, para elaboração dos esquemas e diagramas eléctricos da nova rede de Média Tensão por se instalar no bairro.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

2.1. Generalidades sobre Sistema Eléctrico de Potência

Um Sistema Eléctrico de Potências (SEP) é uma infra-estrutura complexa responsável pela geração, transmissão e distribuição de energia eléctrica. Ele é composto por diversos subsistemas e componentes que, em conjunto, garantem que a electricidade gerada nas usinas (como hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas, entre outras) chegue com segurança e eficiência aos consumidores finais, como indústrias, comércio e residências. Um SEP deve ser capaz de operar de forma confiável, eficiente e contínua, uma vez que a electricidade é essencial para praticamente todas as actividades modernas.

2.2. Redes Eléctricas de Distribuição

Rede eléctrica de distribuição é a rede que distribui a energia eléctrica recebida do sistema de transmissão aos grandes, médios e pequenos consumidores. A rede eléctrica está dividida em duas partes: primária e secundária.

A **rede eléctrica primária** é aquela que serve de distribuição funcionando em média tensão. Esta rede compreende todo o troço do sistema eléctrico a funcionar com valores de tensão superiores a 1kV e inferior ou igual a 66kV.

A **rede eléctrica secundária** é aquela que serve de distribuição funcionando em baixa tensão. Esta rede compreende todo o troço do sistema eléctrico a funcionar com valores de tensão inferior a 1kV e destinada a alimentar instalações de consumo, com excepção de algumas unidades industriais onde a alimentação é feita em MT subterrâneo de ramal.

As redes de média tensão (redes primárias) desempenham um papel crucial no sistema eléctrico, pois:

- Transportam energia eléctrica de maneira eficiente em áreas urbanas e rurais.

- Oferecem uma infra-estrutura robusta para garantir o fornecimento contínuo de electricidade;
- A média tensão ajuda a minimizar as perdas eléctricas durante a distribuição, comparado a sistemas de baixa tensão.

As redes de média tensão geralmente incluem transformadores, cabos, postes e dispositivos de protecção, como disjuntores e fusíveis, para garantir a segurança e a eficiência do sistema.

O projecto de redes eléctricas é um problema complexo, quer a nível técnico como a nível social, devendo cumprir determinadas normas, leis, regulamentos e portarias impostas por legislação. Desta forma, este projecto obedece ao disposto no Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão (RSLEAT) e no Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (RSSPTS). Está assim garantida a segurança e qualidade de serviço, tanto na construção de linhas, como depois quando estas estiverem em funcionamento, contribuindo assim para a redução dos impactos que poderá trazer à sociedade.

As redes de MT, no que concerne ao tipo construtivo, podem ser aéreas ou subterrâneas. As redes aéreas são utilizadas em zonas rurais e semiurbanas, enquanto as redes subterrâneas são usadas em zonas urbanas.

Economicamente, os condutores, elementos determinantes para o trânsito de energia, representam entre 20 e 40% do custo de uma linha, pelo que a sua selecção, alvo de critérios electromecânicos, é de fulcral importância. Assim, o cálculo eléctrico figura como uma das grandes fases do projecto de redes eléctricas, pois permite, por um lado, a determinação da secção mais económica para os condutores e, por outro, o cálculo de parâmetros tão importantes como a sua resistência eléctrica ou mesmo as perdas de energia atingidas.

2.2.1. Redes aéreas

Os condutores a empregar nas redes aéreas poderão ser constituídos por condutores nus multifilares (cabos nus) ou por cabos isolados.

As vantagens das redes aéreas devem-se ao facto de serem uma alternativa às redes

subterrâneas, cujo custo de instalação e manutenção é mais elevado. Porém, as redes subterrâneas apresentam uma maior fiabilidade, em relação às redes aéreas.



Figura 1: *Rede aérea de MT (Fonte: glengenhariaeletrica.com.br)*

Os condutores nus podem ser de cobre, de alumínio ou de suas ligas, ou de outros materiais que possuam características eléctricas e mecânicas adequadas e resistência às acções da intempérie.

Os condutores nus de aço não oxidável deverão ser protegidos contra a corrosão.

Nas linhas aéreas só é permitida a utilização de condutores nus sob forma de cabo.

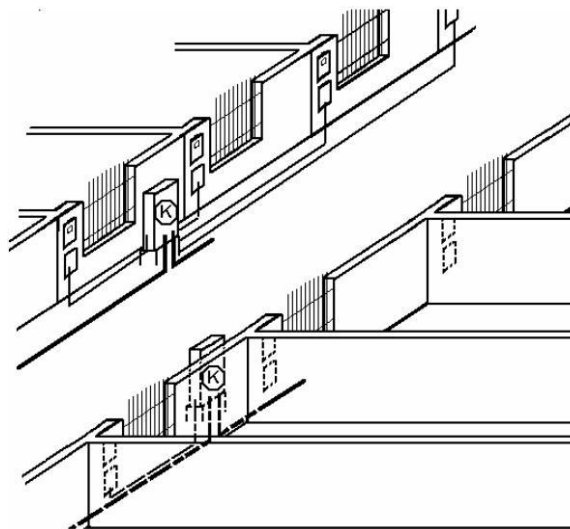
Os cabos isolados terão constituição adequada às solicitações eléctricas, mecânicas e químicas a que possam vir a estar sujeitos. Geralmente os três cabos (um por fase) são agrupados em feixe e suportados por um tensor constituído por cabo de aço envolvido por uma bainha isolante de material adequado.

2.2.2. Redes subterrâneas

Actualmente, as redes subterrâneas são utilizadas em meios urbanos e semiurbanos, é a

forma mais consensual de instalação das redes eléctricas, visto que são as redes esteticamente mais apreciadas, do que as redes aéreas, uma vez que estão colocadas em valas e armários. No entanto, tem a grande desvantagem de a sua instalação ser muito mais dispendiosa do que a instalação das redes aéreas.

A instalação das redes subterrâneas pode ser efectuada de duas formas: os condutores da rede podem ser instalados directamente no solo das valas, ou podem ser instalados em tubos colocados nas valas.



Legenda: **K**- Armário de distribuição

Figura 2: *Ligações a partir de rede subterrânea, construções dotadas de muro (Fonte: comum.rcaap.pt)*

Este tipo de redes tem a vantagem de não estar sujeito a perturbações por parte de elementos exteriores que ponham em causa o bom funcionamento da rede excepto quando existem danos provocados por escavações.

Os cabos utilizados nas linhas subterrâneas deverão ter isolamento adequado às características da rede, ser dotados de bainha metálica, blindagem ou armadura, ter resistência mecânica suficiente para suportar as acções a que possam estar submetidos e ser dotados de bainha exterior resistente à corrosão.

As secções das almas condutoras dos cabos deverão ser escolhidas tendo em conta as

correntes em regime permanente e as correntes de defeito previsíveis, bem como os materiais usados no isolamento dos cabos e os tempos de actuação das protecções.

Os restantes componentes de um cabo subterrâneo susceptíveis de ser percorridos por correntes de defeito deverão poder suportar essas correntes nas condições anteriormente referidas. Como os cabos, em parte do seu trajecto, podem ser instalados fora do solo, não basta considerar a acção da corrosão provocada pelo terreno, mas também a do meio ambiente existente fora do solo.

As caixas de cabos subterrâneos deverão garantir o isolamento e a estanqueidade dos cabos e assegurar a continuidade das suas armaduras, bainhas e blindagens metálicas, quando existam. Dispensa-se esta continuidade quando há contra-indicação por motivo de corrosão electrolítica e quando as caixas são especificamente concebidas para permitir a sua separação.

O estabelecimento das redes subterrâneas está limitado a caminhos públicos, uma vez que não podem existir travessias em propriedades privadas.

2.3. Caracterização Genérica das Linhas de Distribuição

2.3.1. Linhas aéreas de MT e BT

As linhas aéreas de Média e Baixa Tensão são constituídas pelos seguintes elementos:

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

A Figura 3 mostra a passagem de uma linha aérea de MT sobre um pórtico com dois apoios de betão.



Figura 3: *Passagem de uma linha aérea de MT (Fonte: comum.rcaap.pt)*

Condutores:

Os condutores definem-se como sendo elementos cuja função é conduzir a energia eléctrica, podendo ser constituídos por um fio, ou por um conjunto de fios que podem ser de cobre, alumínio e alumínio-aço. No entanto, existem diferentes tipos de condutores sendo eles:

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

Apoios:

Os apoios definem-se como sendo elementos cuja função é suportar os condutores, podendo ser de aço, betão armado ou madeira. Para os apoios de madeira recomenda-se, em especial, o pinho tratado, sendo de excluir madeiras que pelo seu comportamento possam prejudicar a exploração das linhas. Um outro aspecto importante é a altura dos apoios sendo esta variável, dependendo da topografia do terreno e dos obstáculos que a linha tenha a atravessar. Para isto, numa linha eléctrica, durante todo o seu percurso

existem diferentes tipos de apoios com funções diferentes, como se pode observar na Figura 4:

- **Apoio de derivação (A):** apoio onde se estabelecem uma ou mais derivações de linha;
- **Apoio de alinhamento (B):** apoio onde se estabelece que os dois vãos adjacentes estão no prolongamento um do outro;
- **Apoio de ângulo (C):** apoio situado num ângulo de linha originado por dois alinhamentos diferentes;
- **Apoio de fim de linha (D):** apoio capaz de suportar o esforço total dos condutores de um só lado da linha;
- **Apoio de reforço:** apoio que suporta esforços capaz de reduzir as consequências negativas, em caso de ruptura de um cabo ou condutor;
- **Apoio de travessia ou de cruzamento:** apoio que limita um vão ou cruzamento. Apoios utilizados para fazer cruzamentos de linhas.

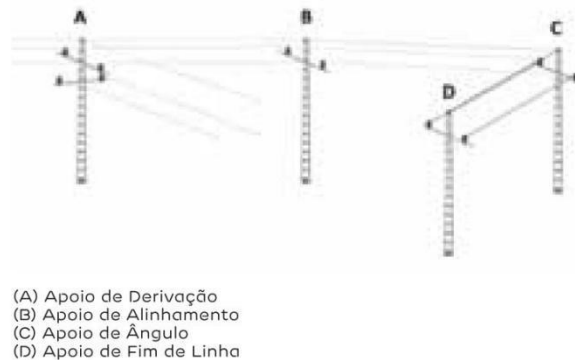


Figura 4: *Esquema de diferentes tipos de apoios (Fonte: comum.rcaap.pt)*

Isoladores:

Os isoladores definem-se como sendo elementos cuja função é evitar a passagem de corrente eléctrica do condutor para o apoio. Nas linhas de MT são aplicados dois a três isoladores (campânulas), enquanto nas linhas de BT é aplicado um isolador (campânula). Os isoladores podem ser inseridos em cadeia de amarração ou em cadeia de suspensão.

A Figura 5 apresenta vários isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio, com o

isolador central em cadeia de suspensão, para evitar que o arco toque no apoio.



Figura 5: *Isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio (Fonte: comum.rcaap.pt)*

Cabos de guarda:

Os cabos de guarda definem-se como sendo elementos cuja função é proteger e blindar os condutores às descargas atmosféricas (as quais deverão resistir), ao permitir transportar a maior parte da corrente, em caso de contacto accidental, reduzindo a corrente escoada para o solo através dos apoios. Os cabos de guarda são colocados acima dos condutores de uma linha aérea de MT e ligados à terra nos apoios (circuito de terra de protecção), terminando nas subestações extremas. Os cabos de guarda são igualmente utilizados para comunicações e telecomando, sendo para esse efeito utilizados condutores de alumínio, com fibra óptica no seu interior.

A Figura 6 expõe um cabo de guarda e condutores em apoios de MT, sujeitos a uma descarga eléctrica ou defeito e, deste modo, os respectivos apoios adjacentes à linha em defeito, a fazer a respectiva descarga eléctrica à terra pelos mesmos apoios, originando várias correntes de curto-circuito (I_{cc}). É possível verificar ainda que em linhas de MT onde não exista cabo de guarda, o defeito dispersa pelo vão do cabo condutor até aos apoios adjacentes, fazendo a descarga eléctrica à terra também pelos mesmos apoios, originando várias I_{cc} .

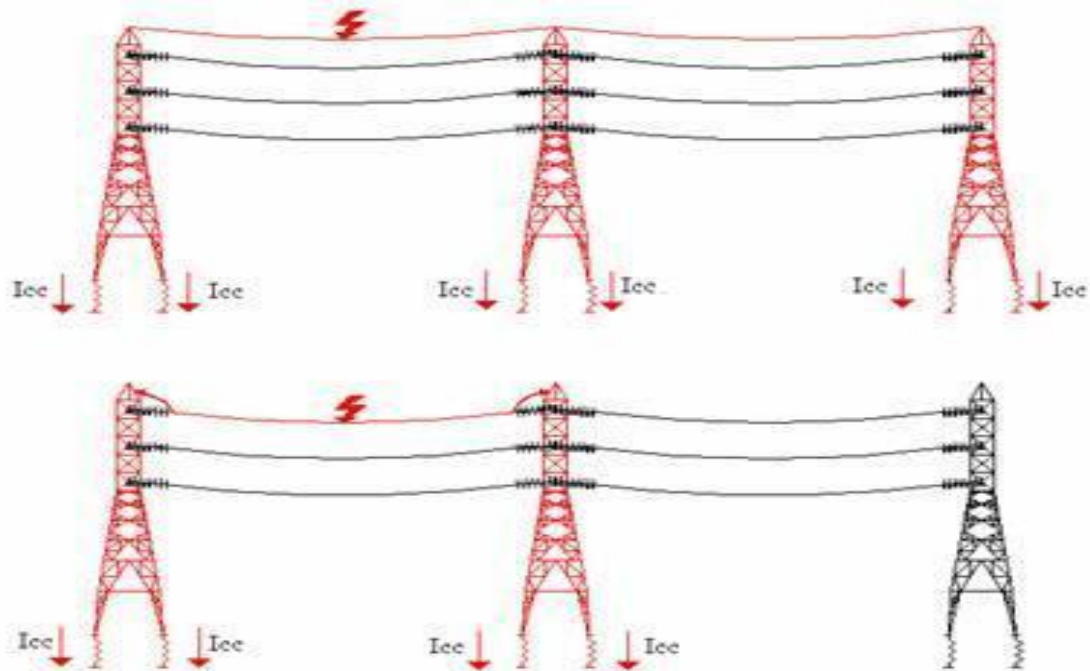


Figura 6: Cabo de guarda e condutores em apoios de MT, sujeitos a defeito (Fonte: comum.rcaap.pt)

2.4. Estrutura Topológica da Rede de Distribuição

A estrutura da rede é das principais características de uma rede de distribuição, isto porque numa situação de defeito, a rede de distribuição pode ter de ser configurada, com o propósito da interrupção de fornecimento de energia afectar o menor número de clientes, pelo menor tempo possível. A estrutura da rede deve assegurar a segurança das pessoas e bens e atingir um nível satisfatório de qualidade de serviço.

Como estruturas topológicas comuns em SEP usam-se as seguintes:

- Rede radial;
- Rede malhada;
- Rede em anel com exploração radial.

2.4.1. Rede radial

A rede radial baseia-se a partir de um ponto de alimentação e por linhas que vão-se ramificando, sem jamais se encontrarem num ponto comum. Esta estrutura topológica apresenta a menor fiabilidade e também o menor custo inicial, sendo aplicada na distribuição. Se não houver produção de energia eléctrica por parte do cliente/consumidor, o sentido do trânsito de energia é do ponto de produção para a carga/consumo, ou seja, apenas num único sentido.

As protecções apresentam uma maior simplicidade de implementação, sendo o defeito alimentado e propagando-se apenas num único sentido e a partir de um único ponto, havendo deste modo maior facilidade de exploração. Este tipo de tipologia insere-se tradicionalmente numa zona rural e a energia transitada/vendida é menor, devido à baixa densidade de cargas, o que implica um retorno de investimento lento. Em caso de defeitos, uma zona da rede ficará fora de serviço, até que o defeito seja localizado, corrigido e o serviço seja reposto posteriormente.

2.4.2. Rede malhada

A rede malhada permite a alimentação de um mesmo ponto de rede, por mais que dois caminhos diferentes. A rede malhada apresenta uma topologia de maior fiabilidade em relação à rede radial, por apresentar várias configurações, que deverá tomar em caso de contingências dos equipamentos, com maior necessidade de investimento e manutenção, para as linhas devidamente dimensionadas. Este tipo de tipologia é aplicado, muitas vezes, em redes de transporte. A sua principal característica baseia-se no facto de ter uma protecção associada nos extremos de cada linha.

Com este tipo de rede todos os consumidores podem ser alimentados por várias linhas, sendo ligadas com o objectivo de constituírem malhas fechadas. Os geradores estão ligados de forma que o trânsito de energia até aos consumidores, pode-se fazer de diversos percursos. Todas as linhas da rede devem estar dimensionadas, de modo a transmitir a potência requerida, em caso de defeito de outra linha. Assim, a rede malhada tem uma grande fiabilidade, com um custo inicial mais elevado do que a rede radial, sendo usada obrigatoriamente em redes de transporte.

2.4.3. Rede em anel com exploração radial

A rede em anel com exploração radial permite a alimentação de um mesmo ponto de rede por dois caminhos diferentes, podendo ser explorada em regime de anel aberto. Este tipo de tipologia apresenta maior fiabilidade em relação à rede malhada e à rede radial, tendo um grande custo inicial e elevado custo de manutenção, para além de cuidados adicionais de protecções.

Esta é a estrutura topológica da rede de distribuição de MT mais comum em áreas urbanas com elevada densidade de carga, pelo que se utilizam interruptores normalmente abertos, os quais podem ser fechados em caso de indisponibilidade de um troço de linha, com o objectivo de garantir a continuidade de serviço. A Figura 7 apresenta a estrutura topológica da rede de energia eléctrica: a) rede radial; b) rede malhada; c) rede em anel com exploração radial.

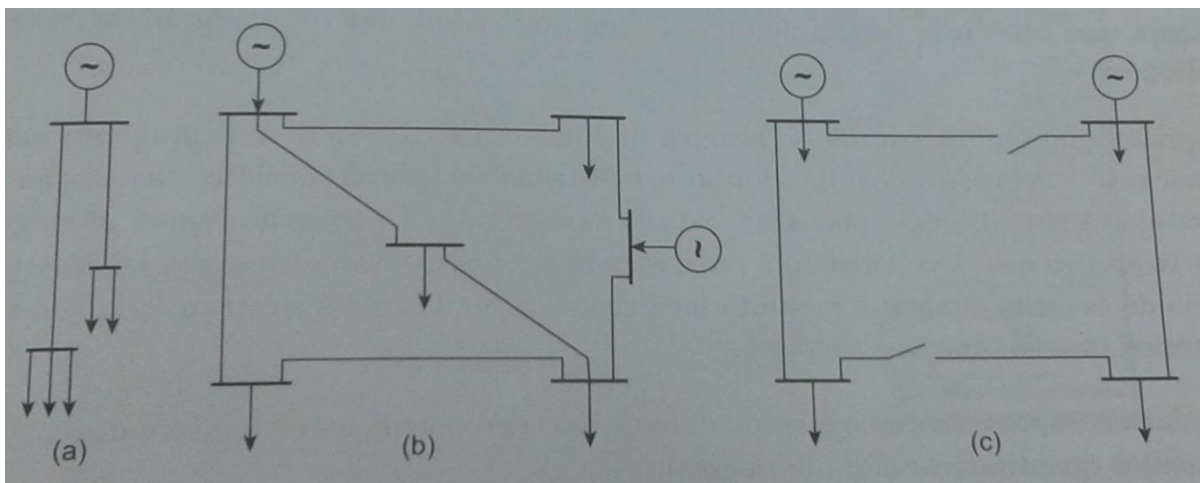


Figura 7: Estrutura topológica da rede de energia eléctrica (Fonte: comum.rcaap.pt)

2.5. Transformador de Distribuição

O transformador é um instrumento usado para registar ou mudar a energia eléctrica de um nível de tensão para outro, seja superior ou inferior, mantendo a frequência constante, por meio da acção de campo magnético. Ele também é relevante para o transporte da energia de um local para outro por conta da sua eficiência, transmissão e rapidez. Os postos de

transformação são inseridos nas redes próximos dos centros de consumo, em diferentes áreas geográficas e com exigências diversas: zonas rurais e urbanas, ou elevada densidade de carga, com média ou elevada exigência de qualidade de serviço, de domínio público ou privado.

Desta variedade de condicionantes resulta uma gama correspondente de soluções possíveis para a arquitectura dos postos de transformação. Deste modo, os postos de transformação, podem ser classificados quanto à instalação:

- **Transformador assente em base de alvenaria:** recomendado para transformadores com potência acima de 100kVA. A base de alvenaria deve ser construída entre os postes do pórtico de ceada de média tensão e com altura inferior a 2,5 metros do solo e com altura suficiente para acomodar o quadro geral de distribuição.
- **Transformador em pórtico de madeira:** é montado sobre uma base, fixada entre dois postes de madeira. Pode-se montar neste pórtico transformadores com uma potência igual ou inferior a 100kVA.
- **Transformador em poste de betão:** é montado sobre uma base metálica que é fixada ao poste de betão. Destina-se a alimentar pequenos consumidores com uma potência não superior a 30kVA.

Capítulo 3

Dimensionamento do Projecto

3.1. Aspectos Gerais

Para o dimensionamento de uma linha de média tensão deve-se obedecer critérios que para além de possibilitarem um bom desempenho do sistema, devem minimizar os riscos de acidente.

Desta forma, deverá ser observada a necessidade de uma maior segurança na utilização de materiais, equipamentos e protecção do pessoal envolvido nos trabalhos, bem como da população que está sendo servida. Portanto, recomenda-se que na elaboração de projectos sejam observados os critérios e as especificações referentes à previsão de carga, dimensionamento da rede primária e secundária, traçados de alimentadores e circuitos secundários, afastamentos ou distâncias mínimas entre os elementos da linha e, protecção e manobra.

Para tal, deve ser feito o cálculo eléctrico e mecânico. O cálculo eléctrico está relacionado com os parâmetros de transmissão de potência, tensão, correntes, queda de tensão, e outros, diferentemente do cálculo mecânico que está relacionado com os aspectos físicos, capacidade de suportar a linha, distâncias de segurança, entre outros.

3.2. Previsão de Carga

A previsão de carga caracteriza a determinação da demanda, e esta por sua vez, é tida como o passo inicial no processo de dimensionamento de uma linha de distribuição de energia eléctrica em média tensão. Porém, durante a previsão de carga também tem de se prever uma taxa de crescimento anual, considerando que daqui a alguns anos surgirão mais cargas no bairro.

Tabela 1: *Previsão de carga para a nova rede (Fonte: O Autor)*

Consumidor	Quantidade	Carga Unitária (kW)	Carga Total (kW)
Residência Tipo 1	8	0,9	7,2
Residência Tipo 2	13	3,0	39,0
Residência Tipo 3	10	6,8	68,0
Comercial	1	2,2	2,2
Iluminação Pública	10	0,3	3,0
Total			119,4

O bairro de Maxaquene D não contém muita área vazia e, com base neste ponto e com o histórico do bairro, a EDM convencionou uma taxa de crescimento de 5% na carga anual da rede.

Portanto, para a determinação da potência prevista será utilizada a equação (1), tendo assim:

$$P_p = P_A \times (1 + \alpha)^n \quad (1)$$

Onde:

P_p – Potência prevista (kW)

P_A – Potência actual (kW)

α – Factor de crescimento anual

n – Período de avaliação de crescimento de carga (em anos).

$$P_p = P_A \times (1 + \alpha)^n = 119,4 \times (1 + 0,05)^5 = 152,39kW$$

Para a determinação da demanda total será acrescido de um factor de segurança de 25% da potência prevista, como estabelece a equação (2):

$$P_C = 1,25 \times P_P \quad (2)$$

Onde:

P_C – Potência de carga total ou demanda total (kW).

Portanto:

$$P_C = 1,25 \times 152,39 = 190,49kW$$

Logo, a demanda total aparente é calculada conforme estabelece a equação (3):

$$S_C = \frac{P_C}{\cos \varphi} \quad (3)$$

Onde:

S_C – Demanda total aparente (kVA)

$\cos \varphi$ – Factor de potência.

Portanto:

$$S_C = \frac{190,49}{0,8} = 238,11kVA$$

Sendo assim, serão seleccionados transformadores com potência cuja soma não seja inferior a 238,11kVA.

3.3. Dimensionamento do Posto de Transformação

As potências dos PTs que o Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais da EDM contempla são de 30, 50, 100, 160, 200, 250 e 315kVA com os níveis de tensão 6,6/0,4; 11/0,4; 22/0,4 e 33/0,4 kV. O PT dessa lista que satisfaz a demanda requerida pelo bairro e apresenta potência imediatamente superior a 238,11kVA é o PT de 250kVA, então escolheremos este para alimentar o bairro do projecto em curso.

De acordo com a prática da EDM, existem três (3) tipos construtivos de postos de transformação (PTs) mais usuais, que foram vistos no número (2.5) deste projecto.

Para a nova rede, o PT será então do tipo M2 (com transformador assente em base de alvenaria), dada a potência do transformador (250kVA) e o seu peso (1150kg). Pode-se observar este valor de peso e as demais dimensões do transformador no anexo 3. A altura da base de alvenaria será calculada de forma que as partes acessíveis em tensão não fiquem a uma altura inferior a 2,5m do solo, que é a distância mínima regulamentar para instalações exteriores protegidas. O nível de tensão vai ser 33/0,4kV (nível de tensão usado nas subestações que alimentam a rede de Ka Maxaquene), ligando a nova linha de MT à linha existente que passa do Frangão e é alimentada pela subestação SE4.

Para este tipo de PT, deverá ser construída uma vedação adequada em sua volta, que impeça a aproximação de pessoas da instalação, até uma determinada distância de segurança. Para determinação das dimensões da vedação, segundo o regulamento, a distância mínima entre a projecção horizontal das peças em tensão e a vedação deve ser de 2m (para 33kV), devendo a sua altura mínima ser de 1,8m.

3.4. Dimensionamento dos Cabos e Condutores

Para o dimensionamento dos condutores eléctricos, deve-se primeiramente encontrar-se a corrente que passa por este condutor, de modo que o condutor a escolher seja capaz de suportar os efeitos térmicos causados por esta corrente em condições de funcionamento normal, e também esta deve ter secção suficiente para não causar quedas de tensões que possam extrapolar os limites estabelecidos pelas normas nacionais e internacionais. E,

finalmente, também tem de se observar a questão de custo, devendo o condutor escolhido ser de menor custo possível dentre os disponíveis comercialmente, desde que atenda aos métodos anteriormente mencionados. Portanto, para a determinação da corrente de serviço e da corrente nominal do transformador, deve-se utilizar as equações (4) e (5), respectivamente.

$$I_s = \frac{S_c}{\sqrt{3} \times V_L} \quad (4)$$

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times V_L} \quad (5)$$

Onde:

S_n – Potência nominal do transformador (kVA)

I_n – Corrente nominal do lado do primário do transformador (A)

I_s – Corrente de serviço (A)

V_L – Tensão de linha do lado do primário do transformador (kV).

Portanto:

$$I_s = \frac{238,11}{\sqrt{3} \times 33} = 4,17A$$

$$I_n = \frac{250}{\sqrt{3} \times 33} = 4,37A$$

3.4.1. Critério da capacidade de condução da corrente

O cabo ou condutor deve possuir uma corrente admissível (capacidade de condução da corrente) não inferior a corrente nominal do transformador, e esta por sua vez, não deve ser inferior a corrente de serviço que o cabo deverá conduzir. O sistema de inequações (6) ilustra a expressão matemática deste enunciado.

$$I_Z \geq I_n \geq I_S \quad (6)$$

Onde:

I_Z – Máxima corrente admissível pelo condutor (A).

Sendo que a corrente nominal resultou em 4,37A, o cabo escolhido deve ter uma corrente admissível não inferior a este valor.

Para linhas de Média Tensão, a EDM usa condutores nus de alumínio denominados CAL (Condutores de Alumínio Liga) ou, em inglês, AAAC (*All-Aluminum Alloy Conductors*).

Por esses condutores serem nus, fixar-se-ão três (3) isoladores (um para cada fase) em cada barramento de Média Tensão dos apoios da linha.

De acordo com o Catálogo da Nexans, no anexo 4, vê-se que para a corrente nominal $I_n = 4,37A$, pode-se usar o condutor Akron que tem pelo Critério da Ampacidade, uma secção nominal $S = 15,5mm^2$ e suporta até uma corrente $I_Z = 120A$. Temo-se também a resistência e a reactância indutiva por unidades de comprimento, que são $R' = 2,5725\Omega/km$ e $X' = 0,4754\Omega/km$, respectivamente.

3.4.2. Critério da capacidade da corrente de curto-circuito

O curto-circuito no sistema eléctrico é analisado em dois casos, sendo o primeiro ocorrido próximo do gerador e o segundo longe do gerador. O caso mais comum em redes de distribuição é quando o curto-circuito ocorre longe do gerador. Em linhas aéreas com condutores de secções não muito elevadas, o cálculo da corrente de curto-circuito admissível é dado admitindo situação de curto-circuito longe do gerador e uma pequena duração.

Portanto, para o cálculo da corrente de curto-circuito será utilizada a equação (7):

$$I_{cc} = K \times \frac{S}{\sqrt{t}} \quad (7)$$

Onde:

I_{cc} – Corrente de curto-circuito admissível (A)

t – Tempo de duração do curto-circuito (s)

S – Secção geométrica do condutor (mm^2)

K – Coeficiente que depende da natureza do condutor e das suas temperaturas ao início e final do curto-circuito ($A \times \frac{s^{1/2}}{\text{mm}^2}$).

Para condutores AAAC, o valor do coeficiente K é igual a $98As^{1/2}/\text{mm}^2$. Sendo assim, considerando uma duração média do curto-circuito de meio segundo, o condutor pode suportar em regime de curto-circuito correntes com intensidades até:

$$I_{cc} = 98 \times \frac{15,5}{\sqrt{0,5}} = 2.148,19A = 2,15kA$$

Como vê-se, neste regime, o condutor pode suportar até 515 vezes a corrente de serviço, então a protecção contra os curto-circuitos é garantida.

3.4.3. Critério dos limites de queda de tensão

Para linhas de transmissão curtas, isto é, linhas com comprimento até 80km, apenas considera-se a resistência e a reactância série, sendo a admitância paralela desprezada. A figura abaixo ilustra o diagrama de uma linha de transmissão curta.

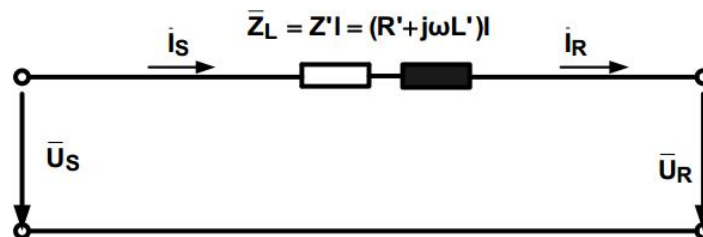


Figura 8: Linha de transmissão curta (Fonte: Power System Analysis and Design)

A linha deste projecto de melhoramento terá um comprimento de 0,2km. Por ser uma linha curta, então nesta secção será considerada apenas a impedância série (resistência e reactância indutiva) de uma linha de transmissão aérea.

Segundo este critério dos limites de queda de tensão, esta não deve exceder 5% da tensão nominal.

A queda de tensão máxima da linha pode ser determinada com base na equação (8) abaixo:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_S \times l \times (R' \cos \varphi + X' \sin \varphi) \quad (8)$$

Onde:

ΔV – Queda de tensão (V)

l – Comprimento da linha (km)

R' – Resistência do condutor por unidade de comprimento da linha (Ω/km)

X' – Reactância do condutor por unidade de comprimento da linha (Ω/km).

Portanto, tem-se:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 4,17 \times 0,2 \times (2,5725 \times 0,8 + 0,4754 \times 0,6) = 3,38V$$

Para se ter a queda de tensão percentual, usa-se a equação (9):

$$\Delta V_{\%} = \frac{100 \times \Delta V}{V_L} \quad (9)$$

Onde:

$\Delta V_{\%}$ – Queda percentual de tensão (%).

Portanto:

$$\Delta V_{\%} = \frac{100 \times 3,38}{33000} = 0,01\%$$

Nota-se, portanto, que se o condutor tiver esta secção também vai satisfazer o critério dos limites da queda de tensão. Sendo assim, usar-se-á na nova linha MT os condutores AAAC 3×15,5mm² (cabos Akron).

3.5. Cálculo Mecânico

O cálculo mecânico determina os parâmetros que garantem a estabilidade das linhas e as distâncias mínimas de segurança. Esta fase é onde são determinados os apoios a utilizar, vãos, flechas e é feita a verificação da suportabilidade dos cabos quando submetidos a esforços.

3.5.1. Tensão máxima de tracção

Devido a mudanças das condições atmosféricas, acção do vento, peso dos próprios cabos e outros factores, as linhas são sujeitas a esforços de tracção, que tendem a tentar romper o cabo. Sendo assim, a linha deve ser estabelecida para suportar esses esforços.

O valor da tal tracção representa o quociente entre a força máxima de tracção e a secção efectiva do condutor numa situação de condições atmosféricas mais desfavoráveis e a máxima pressão do vento, portanto, esta tensão pode ser determinada com base na equação (10).

$$\sigma_m = \frac{\sigma_R}{2,5} \quad (10)$$

Onde:

σ_m – Tensão máxima de tracção (daN)

σ_R – Tensão de ruptura do condutor (daN).

O cabo escolhido é do tipo Ferret com tensão de ruptura de 1470daN, portanto:

$$\sigma_m = \frac{1470}{2,5} = 588daN$$

A tensão de tracção específica é dada por:

$$\sigma'_m = \frac{\sigma_m}{S} \quad (11)$$

Onde:

σ'_m – Tensão máxima de tracção específica (daN).

Para este projecto, tem-se:

$$\sigma'_m = \frac{588}{15,5} = 37,94daN/mm^2$$

3.5.2. Especificação dos apoios (postes)

Uma linha aérea, precisa de um conjunto de postes para suspender e assegurar os cabos e acessórios durante o percurso da linha. Para tal, e para manter uma distância segura entre os condutores e o solo, serão aplicados no projecto apoios de madeira tratada de 12,25m, diâmetro de topo entre 12 e 15cm e de base de 25cm.

Para esse tipo de apoio, a EDM usa uma altura de encastramento de 1,8m, conforme determinado a seguir pela equação (12).

$$h_e = 0,1H + 0,5 \quad (12)$$

Onde:

h_e – Altura de enterramento do apoio (m)

H – Altura total do apoio (m).

Portanto:

$$h_e = 0,1H + 0,5 = 0,1 \times 12,25 + 0,5 = 1,725 \approx 1,8m$$

3.5.3. Determinação da flecha

A flecha deve permitir que se garanta as distâncias mínimas entre o solo e a linha.

Segundo o Manual de Montagem de Linhas Eléctricas da EDM, o cabo AAAC comungado com o apoio escolhido deve apresentar um vão máximo de 130 metros, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 2: Vãos máximos (Fonte: Manual de Montagem de Linhas Eléctricas da EDM)

VÃOS MÁXIMOS				
		TIPO DE APOIO (altura; m)		
CABOS	VÃO (m)	12,25	15	18
	SQUIRREL	120	160	210
	FERRET	130	180	220
	MINK	150	210	240

Portanto, para este projecto serão utilizados dois (2) vãos de 70m e um (1) vão de 60m. Portanto, pode-se concluir que o projecto vai incluir três (3) vãos e, conseqüentemente, três (3) apoios (um apoio no final de cada vão). No início do primeiro vão, onde far-se-á a derivação da linha, já existe lá um apoio, não contar-se-á este como parte do projecto.

A equação (13) permite a determinação da flecha máxima de uma linha eléctrica.

$$f_{max} = \frac{l_v^2 \times \omega}{8 \times \sigma_m} \quad (13)$$

Onde:

f_{max} – Flecha máxima (m)

l_v – Comprimento do vão (m)

ω – Peso específico do condutor (daN/m).

O peso específico do condutor, por sua vez, em N/m calcula-se com base na equação (14):

$$\omega = \lambda \times S \times g \quad (14)$$

Onde:

λ – Densidade do material (kg/m³)

S – Secção geométrica do condutor (m²)

g – Aceleração de gravidade (9,81m/s²).

Sendo o cabo AAAC de alumínio-liga, pode-se considerar a sua densidade igual a densidade do alumínio (2700kg/m³). Portanto:

$$\omega = 2700 \times 15,5 \times 10^{-6} \times 9,81 = 0,41N/m$$

$$\omega = 0,041daN/m$$

$$f_{max} = \frac{70^2 \times 0,041}{8 \times 588} = 0,043m$$

3.5.4. Dimensionamento de isoladores

Os isoladores escolhidos nesse projecto deverão suportar tanto os esforços eléctricos como mecânicos da linha. Os isoladores serão do tipo cerâmico ou de vidro, portanto, será necessário determinar-se alguns parâmetros importantes destes, nomeadamente:

➤ Comprimento mínimo da linha de fuga:

$$L_f = L_{fe} \times U_m \quad (15)$$

Onde:

L_f – Linha de fuga mínima (mm)

L_{fe} – Linha de fuga específica (mm/kV)

U_m – Tensão estipulada (kV).

Aplicada a equação (15), constata-se que:

$$L_f = 16 \times 36 = 576mm$$

➤ Tensão mínima de contornamento sob chuva:

$$U_{CH} = 2,45 \times U_m \quad (16)$$

Onde:

U_{CH} – Tensão de contornamento sob chuva (kV).

Portanto:

$$U_{CH} = 2,45 \times 36 = 88,2kV$$

3.5.5. Distância entre condutores

De acordo com o RSLEAT no seu artigo 31º, os condutores nus serão estabelecidos por forma a não poderem aproximar-se perigosamente, atendendo às oscilações provocadas pelo vento, não devendo, entre eles, observar-se uma distância D, em metros, inferior à dada pelas expressões:

$$D = 0,75 \times k \times \sqrt{f_{max} + d} + \frac{V_L}{200} \quad (17)$$

$$D = k \times \sqrt{f_{max} + d} + \frac{V_L}{150} \quad (18)$$

Onde:

d – Comprimento das cadeias de isoladores susceptíveis de oscilarem transversalmente à linha (m)

k – Coeficiente dependente da natureza dos condutores, cujo valor é de 0,6 para condutores de cobre, bronze, aço e alumínio-aço, e 0,7 para condutores de alumínio e de ligas de alumínio.

A equação (17) é aplicável a linhas de 2ª classe e a equação (18) é aplicável a linhas de 3ª classe. Sendo que a linha a ser projectada se classifica como sendo de 2ª classe, usaremos a equação (17), e visto que o cabo é AAAC (condutor de ligas de alumínio) considerar-se-á o valor de k igual a 0,7. Sendo assim:

$$D = 0,75 \times 0,7 \times \sqrt{0,043 + 0,576} + \frac{33}{200} = 0,578m$$

Pode-se então considerar uma distância entre condutores consecutivos de 0,6 metros.

3.5.6. Distância dos condutores ao solo

Segundo o artigo 27º do RSLEAT, deverá observar-se, entre os condutores nus das linhas e o solo, nas condições de flecha máxima, desviados pelo vento ou não, uma distância D , em metros, não inferior à dada pela expressão:

$$D = 6 + \frac{V_L}{200} \quad (19)$$

Sendo assim:

$$D = 6 + \frac{33}{200} = 6,125m$$

Considerar-se-á, então, uma distância mínima dos condutores ao solo de 6,2 metros.

3.5.7. Distância dos condutores às árvores

Segundo o RSLEAT, no seu 28º, entre os condutores nus das linhas, nas condições de flecha máxima, desviados ou não pelo vento, e as árvores deverá observar-se uma distância D , em metros, não inferior à dada pela equação abaixo:

$$D = 2 + 0,0075V_L \quad (20)$$

Logo:

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

Podia-se logo considerar uma distância mínima de 2,3m, porém, está regulamentado no mesmo artigo que, se da equação (20) resultar um valor menor que 2,5m tem de se considerar uma distância mínima de 2,5 metros, e assim vai se proceder para a nova rede.

3.6. Sistema de Aterramento

3.6.1. Terra de serviço

À terra de serviço será ligado o neutro do secundário do transformador (ligado em estrela).

3.6.2. Terra de protecção

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

Os pára-raios também serão ligados à terra de protecção. A ligação dos pára-raios deve fazer-se directamente ao condutor principal de terra e não por intermédio de qualquer outra massa metálica.

Também faremos aterramento das cruzetas e travessas em todos os apoios, pois os isoladores com o passar do tempo podem rachar-se devido a acção da natureza (ventos,

descargas atmosféricas, etc.) ou dos efeitos electrodinâmicos da corrente eléctrica, e se isso acontece eles deixam de exercer a sua função que é impedir a passagem da corrente do condutor ao apoio, ocasionando deste modo um perigo à segurança de pessoas, animais e bens. Tendo então um condutor de terra, vai escoar a corrente ao solo, evitando que este grande risco ocorra.

3.6.3. Eléctrodos de terra

Tanto o eléctrodo da terra de serviço assim como 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 35mm² de secção.

Os eléctrodos deverão ser enterrados no solo a uma profundidade mínima de 0,8m. Os elementos (hastes) que constituem o mesmo eléctrodo deverão distanciar-se uns dos outros 2 a 3m. Neste projecto, apenas usar-se-á mais de uma (1) haste no aterramento feito no neutro do transformador e, vai se optar por separá-las entre si em 3m. O número de elementos (varões) por eléctrodo depende da resistência do solo. O objectivo é atingir uma resistência de terra inferior a 20Ω.

Os eléctrodos da terra de serviço e da terra de protecção deverão distar entre si na horizontal de pelo menos 20m para que sejam considerados de terras distintas.

3.6.4. Condutores de terra

Utilizar-se-á cabo de cobre nu de 35mm² de secção desde a massa metálica até o eléctrodo de terra.

3.7. Dispositivos de Protecção

Do lado do primário do transformador, a protecção será garantida por pára-raios e seccionadores-fusíveis, vulgos *drop-outs*.

Os pára-raios destinam-se à protecção contra as sobretensões de origem atmosférica. Eles desviam a corrente gerada pelas sobretensões para a terra, impedindo que danifiquem os equipamentos conectados. Os pára-raios actuam em fracções de segundo e voltam ao estado de isolamento após a passagem da sobretensão.

Os *drop-outs* fazem a protecção contra os curto-circuitos e também executam o corte visível da instalação, desempenhando assim estes de uma única vez as funções dos seccionadores tradicionais e base de fusíveis. Eles, também conhecidos por rupto-fusíveis tripolares, consistem em um suporte isolante e um elo fusível, que se funde quando ocorre uma sobrecorrente.

3.7.1. Dimensionamento dos pára-raios

A tensão nominal dos pára-raios a instalar num PT deve ser em função do nível de tensão da rede assim como do seu regime do neutro. A capacidade dos pára-raios a instalar é no geral de 10kA e assim será neste projecto. Consultando a tabela no anexo 5, para o nível de tensão da nova rede, usar-se-ão então pára-raios da marca ASEA, modelo XBE com tensão nominal de operação de 36kV.

3.7.2. Dimensionamento dos *drop-outs*

Consultando a tabela do anexo 6, pode-se usar qualquer *drop-out* com tensão de fabrico de 27kV, tensão nominal entre 26 e 35kV, corrente nominal 100A, capacidade de corte de 8kA, tensão de choque 150kV e distância de fuga de 432mm.

Escolher-se-á também o calibre dos elementos fusíveis dos *drop-outs*, consultando o anexo 7. Para o caso em estudo, ter-se-á um *link* (elementos fusíveis dos *drop-outs*) de calibre de 10A para uma tensão nominal no primário do transformador de 4,4A.

Usar-se-ão, neste projecto, seis (6) *drop-outs*: três no poste em que está instalado o nosso transformador de potência (Poste 3) e três no Poste 1, localizado na intersecção entre a Rua 1º de Maio e a Rua Central, onde far-se-á a derivação da linha de MT, conforme vê-se no mapa da nova rede do bairro no anexo 1 deste trabalho.

3.8. Espias

As espias são cabos que são amarrados ao alto dos postes para mantê-los em equilíbrio estático.

Os postes de ângulo (médio e acentuado), de derivação e de fim de linha ficam muito sujeitos a forças mecânicas da rede que tendem a incliná-los para dentro da rede, por isso, é importante o uso de espias nestes tipos de postes. Sendo assim, neste projecto precisaremos de duas (2) espias: uma (1) na estrutura DT1 (Ponto de derivação da linha) e uma (1) na estrutura DE1 (Poste 3).

As espias são constituídas por base de espia, âncora, arame galvanizado ou um cabo de aço adequado e isolador de espia (isolador de retenção).

Os isoladores de espia são escolhidos de acordo com a tensão mais elevada da linha. O ponto de fixação das espias deve situar-se quase no topo do poste e na horizontal deve distar a um comprimento igual ou pouco superior a metade da altura total do poste.

3.9. Estimativa Orçamental

Tabela 3: *Estimativa orçamental para a implementação do projecto (Fonte: O Autor)*

Item	Designação	Un.	Qtd.	Custo Unitário (MZN)	Custo Total (MZN)
1	Transformador de 250kVA	Un	1	493,335.45	493,335.45
2	Poste de madeira de 12,25m	Un	3	10,500.00	31,500.00
3	Condutor AAAC de 15,5mm ²	m	600	186.71	112,026.00
4	Ferragem perfil U de 80x50x8mm	Un	2	8,350.00	16,700.00
5	Perno roscados M20 de 1m	Un	6	351.15	2,106.90
6	Isolador de passagem	Un	3	2,245.00	6,735.00
7	Isolador de cadeia	Un	6	1,871.91	11,231.46
8	Perfil tipo L	Un	11	8,350.00	91,850.00
9	Terminal bimetálico	Un	44	392.40	17,265.60
10	Prego de formato em V	Un	15	8.55	128.25
11	Pinça de amarração	Un	6	906.75	5,440.50
12	Gancho M16	Un	24	325.00	7,800.00
13	Gancho M20	Un	22	33.00	726.00
14	Cabo de aço	m	40	1,408.88	56,355.20
15	Ligador paralelo	Un	24	311.90	7,485.60
16	Espia completa de MT	Un	2	7,712.81	15,425.62
17	União para para eléctrodo de terra	Un	12	733.41	8,800.92
18	Armário de 400A	Un	1	219,500.00	219,500.00
19	Base de fusível NH00 (amovíveis)	Un	2	150.34	300.68
20	Tubo PVC 110mm ²	Un	2	244.45	488.90
21	Condutor nu de cobre de 35mm ²	m	70	380.00	26,600.00
22	Eléctrodo de terra	Un	24	1,150.00	27,600.00
23	Grampo	Un	12	185.00	2,220.00
24	Anilha de mola M20	Un	20	8.20	164.00
25	Porca M20	Un	20	33.02	660.40
26	Anilha de chapa M20	Un	20	7.49	149.80
27	Cabo LVAV 4x240mm ²	m	15	1,557.01	23,355.15
28	Cabo LVAV 4x150mm ²	m	60	1,097.67	65,860.20
29	Pára-raio com as respectivas ferragens	Un	2	8,350.00	16,700.00
30	Seccionador-fusível com seus acessórios	Un	6	9,041.34	54,248.04
31	Base de alvenaria para assentamento do transformador	Un	1	100,000.00	100,000.00
32	Mão-de-obra (10%)	Vg	1	142,275.97	142,275.97
33	Transporte (5%)	Vg	1	71,137.98	71,137.98
				SUBTOTAL	1,636,173.62
				IVA (16%)	261,787.78
				TOTAL	1,897,961.40

Capítulo 4

Conclusões e Recomendações

4.1. Conclusões

Sempre depois de uma dada investigação, tem de haver uma determinada conclusão. Portanto, deste Relatório de Estágio Profissional que consistiu no melhoramento da rede de distribuição de energia eléctrica de Média Tensão no bairro de Maxaquene D, na cidade de Maputo, conclui-se que esta rede poderá suprir a demanda requerida e dotará de um sistema de protecção seguro e eficaz, pois foi dimensionada com cautela o posto de transformação, os cabos condutores, uma variedade de dispositivos de protecção e um sistema de aterramento eficiente para a segurança de pessoas e dos equipamentos eléctricos da rede.

Os apoios foram dimensionados de acordo com a topografia do terreno do bairro de Maxaquene D e os obstáculos que a linha tenha a atravessar, e o cálculo mecânico foi efectuado de modo que a rede suporte todos os esforços transversais e longitudinais que se fazem sentir no bairro assim como as secções dos cabos eléctricos dimensionados.

Para a implementação da nova rede de melhoramento, estima-se um orçamento de 1.897.961,40MZN. Assim, conclui-se que os objectivos deste trabalho foram devidamente alcançados, pois as instalações eléctricas dessa rede de distribuição vão funcionar nas melhores condições, sem sobressaltos e não necessitando de um investimento inicial muito elevado.

4.2. Recomendações

Finda a elaboração do projecto de dimensionamento de rede eléctrica de Média Tensão para o bairro de Maxaquene D, na cidade de Maputo, recomenda-se a consulta a outras fontes para melhor solidificação do tema.

E, ainda para futuros estudos, recomenda-se que sejam realizadas simulações para estimar as possíveis alterações no funcionamento dos equipamentos, especialmente na protecção, o que levaria a uma actuação indevida na rede, podendo causar um acidente eléctrico.

Atendendo a evolução tecnológica, é de aceitar que em obras sejam colocados equipamentos diferentes dos projectados e descritos desde que tenham características equivalentes. Também se recomenda que se mantenham fechadas as portas dos quadros eléctricos e que se proíba expressamente a intervenção de pessoas estranhas, que não se permita uso de materiais avariados, que se conserve todas as protecções devidamente calibradas, se verifique regularmente que as ligações de terra estejam em funcionamento eficaz, as fases não estejam sobrecarregadas, os suportes de isoladores e todas as ferragens estejam em conformidade. Estas verificações podem ser feitas por meio de uma inspecção periódica mensal ou trimestral.

Capítulo 5

Referências Bibliográficas

1. AMARAL, A. 2001 - **Metodologia Científica. Teoria e Prática Investigativa**, 2ª ed., Porto Editora
2. EDM. 1988 - **Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais**, Direcção de Engenharia de Redes
3. GLOVER, J. D., SARMA, M. S., OVERBYE, T. J. 2008 – **Power Systems Analysis and Design**, 4ª ed., Pacific Grove, CA: Wadsworth/Thomson Learning
4. KINDERMAN, G., CAMPAGNOLO, J. M. 1995 – **Aterramento Eléctrico**, 3ª ed., Sagra-D.C. Luzzatto Editores, Porto Alegre
5. MAMEDE FILHO, J., MAMEDE, D. R. 2011 – **Protecção de Sistemas Eléctricos de Potência**, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda.
6. Regras Técnicas Parte 5/ Secção 51, Direcção Geral da Energia (2000)
7. RSLEAT – “Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão”, Direcção Geral de Energia (1993)
8. RSRDEEBT – “Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (1976)
9. RSSPTS – “Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento”, Direcção Geral de Energia (1976)
10. RTIEBT – “Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (2005)

11. www.comum.rcaap.pt, 24 de Setembro de 2024

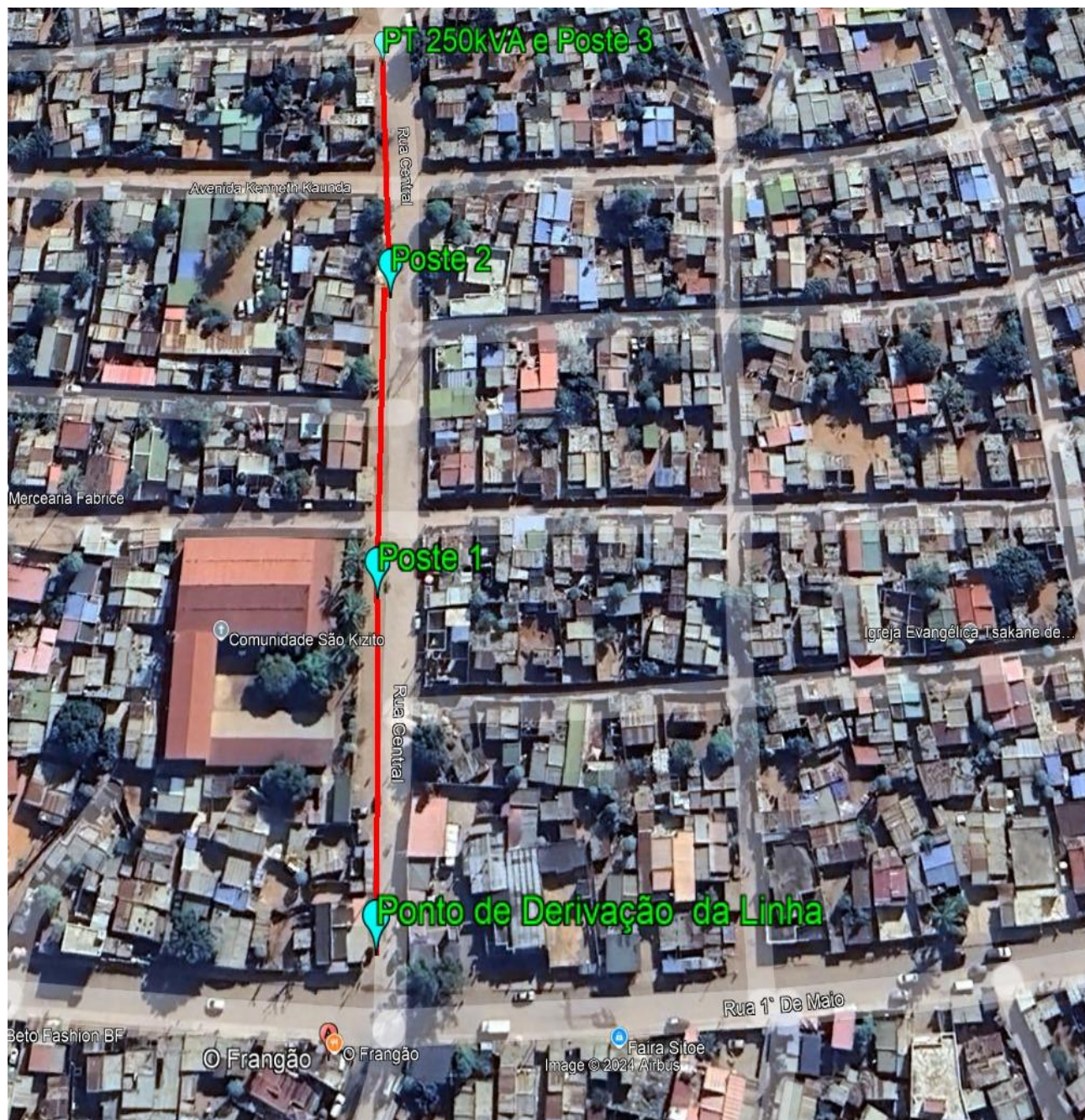
12. www.glengenhariaeletrica.com.br, 13 de Outubro de 2024

13. www.nexans.com, 07 de Novembro de 2024

ANEXOS

ANEXO 1

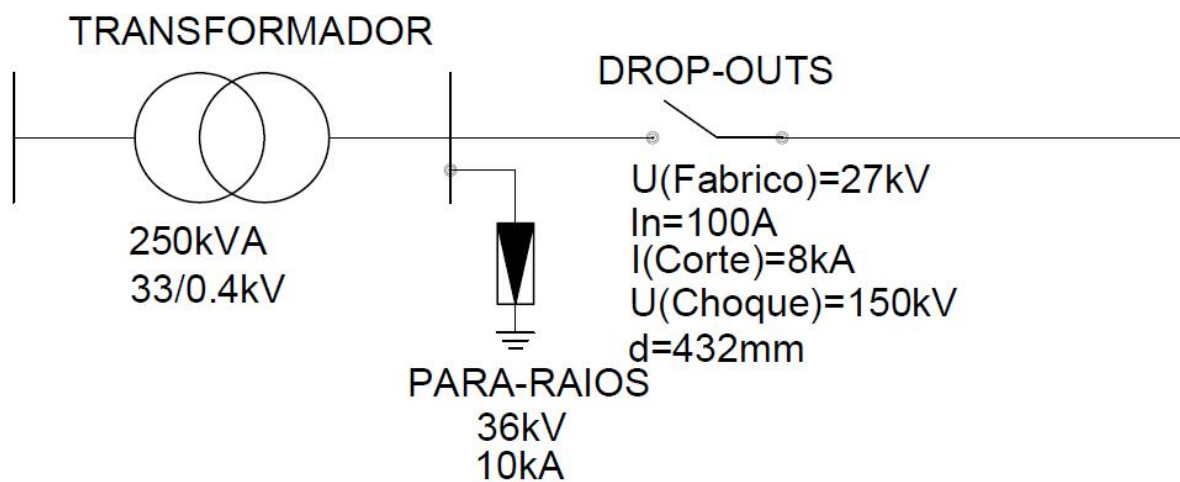
Figura A1.1: Mapa da nova rede do bairro de Maxaquene D



Anexo 1-1: Mapa da nova rede do bairro de Maxaquene D (Fonte: O Autor)

ANEXO 2

Figura A2.2: Diagrama unifilar do transformador e suas protecções de MT



Anexo 2-2: Diagrama unifilar do transformador e suas protecções de MT (Fonte: O Autor)

ANEXO 3 Tabela A3-3: Dimensões e pesos normalizados dos transformadores

M. PORTUGAL J. TELLES Engenheiros		TRANSFORMADORES Dimensões e pesos normalizados			4 – APARELHAGEM		
					4.	1	
FONTE: De acordo com as normas DIN 42500/42501/42511 – Alemanha							
As principais dimensões e pesos dos transformadores de distribuição em média tensão (ϕ), imersos em óleo, são indicados no quadro abaixo.							
Nº	POTÊNCIA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	ENTRE-RODÍZIOS	PESOS	
	(KVA) $\phi\phi$					l (mm)	b (mm)
1	(50)	950	750	1500	520	480	120
2	(75)	1000	750	1550		580	140
3	100	1200	800	1600		650	150
4	(125)	1200	800	1650		750	180
5	160	1350	900	1700		880	200
6	(200)	1350	900	1750		1000	250
7	250	1500	950			1150	280
8	(315)	1650	1000	1850	670	1300	350
9	400	1850	1030	1960		1600	420
10	(500)	1850	1030	1960		1800	450
11	630	1850	1030	1960		2100	500
12	(800)	2000	1250	2300		2600	600
13	1000	2050	1300	2450	820	3100	700
14	(1250)	2150	1350	2600		3400	780
15	1600	2200	1400	2650		4100	970
ϕ - Estas dimensões aplicam-se só até 20 KV.							
$\phi\phi$ - Deve ser dada preferência aos valores sem parênteses							

ANEXO 4

Tabela A4-4: Dados técnicos dos Condutores de Alumínio Liga

AAAC – Condutor de liga de Alumínio

• Formações equivalentes aproximadas aos cabos de alumínio nu com Alma de aço

Condutor	Bitola (MCM)	Seção transversal (mm²)	Formação do condutor		Diâmetro nominal condutor (mm)	Peso nominal (kg/km)	Carga de ruptura (kgf)	Resistência elétrica (ohm/km)		Raio médio geométrico (m)	Reatância		Ampacidade (A)
			Nº de fios	Diâmetro (mm)				CC 20°C	CA-60 Hz 75°C		Indutiva (ohm/km)	Capacitiva (Mohm.km)	
Akron	30,58	15,50	7	1,679	5,04	42,5	502	2,1611	2,5725	0,00183	0,4754	0,2856	120
Alton	48,69	24,66	7	2,118	6,35	67,7	799	1,3584	1,6156	0,00230	0,4580	0,2746	161
Ames	77,47	39,25	7	2,672	8,02	107,7	1272	0,8534	1,0191	0,00291	0,4404	0,2635	215
Azuza	123,3	62,48	7	3,371	10,11	171,4	1939	0,5361	0,6388	0,00367	0,4229	0,2524	288
Anaheim	155,4	78,64	7	3,782	11,35	215,8	2440	0,4260	0,5071	0,00412	0,4142	0,2469	333
Amherst	195,7	99,16	7	4,247	12,74	272,1	3077	0,3378	0,4027	0,00462	0,4055	0,2414	384
Alliance	246,9	125,09	7	4,770	14,31	343,2	3882	0,2678	0,3194	0,00519	0,3967	0,2358	445
Butte	312,8	158,49	19	3,259	16,30	434,9	4765	0,2114	0,2523	0,00618	0,3836	0,2296	517
Canton	394,5	199,90	19	3,660	18,30	548,5	6009	0,1676	0,2001	0,00693	0,3749	0,2241	599
Cairo	465,4	235,79	19	3,975	19,88	647,0	7088	0,1421	0,1696	0,00753	0,3687	0,2201	664
Darien	559,5	283,54	19	4,359	21,80	778,0	8524	0,1181	0,1417	0,00826	0,3617	0,2157	744
Elgin	652,5	330,62	19	4,707	23,54	907,2	9939	0,1013	0,1218	0,00892	0,3559	0,2121	819
Flint	740,8	375,36	37	3,594	25,16	1029,9	11041	0,0892	0,1075	0,00966	0,3499	0,2089	887
Greeley	927,2	469,85	37	4,021	28,15	1289,2	13821	0,0713	0,0864	0,01081	0,3414	0,2035	1018

ANEXO 5

Tabela A5-5: Tensões nominais dos pára-raios

TENSÃO NOMINAL DA REDE (KV)	Tensão nominal dos Pára-raios "XBE"	
	Neutro isolado	Neutro à terra
6,6	7,2	6
11	12	12
22	24	24
30	36	30
33	36	30

ANEXO 6

Tabela A6-6: Características nominais dos drop-outs

Tensão de fabrico	Tensão nominal (KV)	Corrente nominal (A)	Capaci. corte (KA)	Tensão choque (KV)	Distânci. fuga (mm)
15,5	até 14	100	10	95	216
27,0	26 - 35	100	8	150	432

O primeiro tipo aplicar-se-á para as tensões de 6,6 e 11 KV , enquanto que o segundo se aplicará para as tensões de 22 e 33 KV .

ANEXO 7

Tabela A7-7: Calibre de links para drop-outs

Potência do transformador (KVA)	Tensões (KV)							
	6,6		11		22		33	
	In	ILK	In	ILK	In	ILK	In	ILK
30	2,6	3	1,6	2	0,8	1	0,5	1
50	4,4	6	2,6	3	1,3	2	0,9	1
100	8,7	10	5,2	6	2,6	3	1,8	2
160	14	15	8,4	10	4,2	6	2,8	3
200	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

ANEXO 8

Tabela A8.1-8: Acta Nº 1



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELEPD11
---------------------	-------------

Data:	19/02/24
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do TAT de Estágio Profissional.

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Albino Anacleto, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Emiliano Matavel
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Correcção da introdução e da formulação do problema.

Tabela A8.2-9: Acta Nº 1

4. RECOMENDAÇÕES:

Ler mais sobre como formular um problema de pesquisa.
Acrescentar a introdução.

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	03/06/24
-----------------------------	----------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELEPD11
---------------------	-------------

Data:	19/02/24
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do TAT de Estágio Profissional corrigido e actualizado.

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Albino Anacleto, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Emiliano Matavel
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Discussão e aprovação pelo supervisor do TAT de Estágio Profissional actualizado.

Tabela A8-8: Acta N^o 1

4. RECOMENDAÇÕES:

Avançar para a parte da Fundamentação Teórica do trabalho.

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	18/10/24
-----------------------------	----------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELEPD11
---------------------	-------------

Data:	19/02/24
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do avanço do trabalho acerca da Fundamentação Teórica.

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Albino Anacleto, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Emiliano Matavel
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Avaliação de todos os aspectos que fazem parte da Fundamentação Teórica.

Tabela A8-8: Acta N^o 1

4. RECOMENDAÇÕES:

Avançar para o dimensionamento do projecto e concluir o trabalho.

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	13/12/24
-----------------------------	----------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2024ELEPD11
---------------------	-------------

Data:	19/02/24
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do relatório final.

2. PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Albino Anacleto, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Emiliano Matavel
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Tabela A8-8: Acta N^o 1

4. RECOMENDAÇÕES:

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

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

ANEXO 9

Tabela A9-16: Relatório de progresso



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

RELATÓRIO DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA:		2024ELEPD11		
ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	09/05/24	60	Acrescentar a introdução.	
	16/05/22	90	Melhorar a formulação do problema.	
	03/06/22	100	Avançar com a parte da Fundamentação Teórica.	
2	13/07/24	50	Definir os conceitos necessários.	
	10/09/24	70	Rever os aspectos estruturais e organizacionais.	
	18/10/24	100	Avançar para a parte de desenvolvimento do trabalho.	
3	30/10/24	30	Prever a demanda a suprir e dimensionar o PT.	
	17/11/24	80	Dimensionar os condutores eléctricos e apresentar o cálculo mecânico.	
	25/11/24	100	Avançar para a finalização do trabalho.	
4	03/12/22	40	Respeitar as regras de referências bibliográficas.	
	10/12/24	100	Colocar todos os anexos necessários.	

ANEXO 10

Tabela A10-17: GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Emiliano Matavel

Referência do tema: 2024ELEPD11

Data: 19/02/24

Título do tema: Melhoria da Rede de Distribuição de Energia Eléctrica de Média Tensão no Bairro de Maxaquene D

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chave no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

Tabela A10.2-18: GUIA DE
AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO
ESCRITO

3. Argumentação

3. 1.Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2.Rigor	1	2	3	4	5					
3.3.Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4.Relação objectivos/ métodos/resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5.Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										
4. Apresentação e estilo da escrita										
4.1. Legibilidade e organização						1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas						1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)						1	2	3	4	5
4.4.Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)						1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)										

Total de pontos (max: 100)	
---------------------------------------	--

Nota (=Total*0,2)	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 11

Tabela A11.1-19: GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Emiliano Matavel

Referência do tema: 2024ELEPD11

Data: 19/02/24

Título do tema: Melhoramento da Rede de Distribuição de Energia Eléctrica de Média Tensão no Bairro de Maxaquene D

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (max: 25)										

Tabela A11.2-20: GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

ANEXO 12

Tabela A12-21: FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Emiliano Matavel

Referência do tema: 2024ELEPD11
19/02/24

Data:

Título do tema: Melhoramento da Rede de Distribuição de Energia Eléctrica
de Média Tensão no Bairro de Maxaquene D

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $= (N1 \cdot A + N2 \cdot B) / 100$

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

A12.21