UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA CURSO

DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

ESTÁGIO PROFISSIONAL

Título:

ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO DA LINHA EL15 DE MÉDIA TENSÃO NO TROÇO MARRACUENE – BOBOLE

Autor:

Gildo Paulino

Supervisor:

Engº. Manuel Telles

Co-Supervisor:

Engenheiro Fernando Santos

Maputo, Março de 2025

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

ESTÁGIO PROFISSIONAL

Título:

ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO DA LINHA EL15 DE MÉDIA TENSÃO NO TROÇO MARRACUENE – BOBOLE

Autor: Gildo

Paulino

Supervisor:

Engº. Manuel Telles

Co-Supervisor:

Engenheiro Fernando Santos

Trabalho de estágio profissional apresentado no Departamento de Engenharia Electrotécnica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito final para a conclusão do curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica.

Maputo, Março de 2025

UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA (PÓS – LABORAL)

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Gildo Paulino entregou no dia 12/03/2025 as 2 cópias do relatório do seu Estágio Profissional com referência: 2020ELEPPL01.

Intitulado: Análise das técnicas de manutenção da linha EL15 de média tensão no troço Marracuene – Bobole.

Maputo, _____ de _____ de 2025

Chefe da Secretaria

_____

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu Gildo Paulino, estudante do 5º nível do curso de Licenciatura em Engenharia Eléctrica na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria, sendo fruto dos conhecimentos adquiridos ao longo da minha formação, investigação pessoal e da orientação do supervisor. O conteúdo deste trabalho é original e todos os documentos consultados estão devidamente identificados na bibliografia.

Maputo, de de 2025

_____

(Gildo Paulino)

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de solução de problemas de oscilação e cortes frequentes de energia eléctrica provocados muitas das vezes por falta de manutenção que causam perdas monetárias por consequência de paragem dos grandes consumidores que se encontram ligados na linha EL 15 pertencente à SE Marracuene no troço Marracuene - Bobole.

O principal objectivo do trabalho é analisar aspectos construtivos da rede eléctrica, identificando deste modo possíveis anomalias presentes na referida rede, para posterior sugestão de uma correcção da manutenção a ser implementada na mesma.

No início apresenta-se a teoria referente às redes de distribuição de energia eléctrica, assim como suas características e, é apresentada a teoria referente à manutenção.

É apresentado no trabalho o historial da empresa EDM e o perfil da Delegação KaGuava, local de realização do estágio.

Por fim é apresentada a avalição económica do projecto.

Palavras-chave: Rede de distribuição, manutenção de linha EL15, Traçado de uma linha de MT

ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA i

RESUMO ii

LISTA DE ABREVIATURAS vi

LISTA DE SÍMBOLOS vi

LISTA DE FIGURAS vii

Lista de Tabelas vii

Lista de Fluxogramas viii

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO 1

1.1. Contextualização 1

1.2. Formulação do problema 1

1.3. Justificativa 2

1.4. Objectivos 2

1.4.1. Objectivo geral 2

1.4.2. Objectivos específicos 2

1.5. Metodologia 3

1.6. Estrutura do trabalho 3

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 4

2.1. Introdução 4

2.2. Redes de distribuição de energia eléctrica 4

2.2.1. Características principais das redes de distribuição 5

2.2.1.1. Modo de exploração das redes de distribuição 5

2.2.1.2. Topologia das redes de distribuição 6

2.2.2. Energia reactiva nas redes de distribuição 7

2.2.3. Perdas Técnicas 7

2.2.3.1. Reconfiguração da rede 8

2.2.3.2. Compensação local de energia reactiva 8

2.3. Controlo de tensão e de potência reactiva na rede 9
2.4. Qualidade de energia nas redes de distribuição 10
2.5. Construção das redes de distribuição de energia eléctrica 10
2.5.1. Fases do projecto de uma linha de MT 11
2.5.2. Aspectos a considerar no dimensionamento de uma linha de MT 12
2.5.3. Traçado de uma linha de MT 13
2.5.4. Cálculo eléctrico 13
2.5.5. Cálculo mecânico 14
2.5.6. Distância de colocação dos apoios 17
2.5.7. Armações 18
2.6. Manutenção das instalações eléctricas de média tensão 18
2.6.1. Conceito e objectivos de manutenção 19
2.6.2. Tipos de manutenção 20
2.6.2.1. Manutenção preventiva 20
2.6.2.2. Manutenção sistemática 21
2.6.2.3. Manutenção condicionada 21
2.6.2.4. Manutenção preditiva 22
2.6.2.5. Manutenção correctiva 22
2.5.2.6. Manutenção de urgência 23
2.6.3. Trabalhos realizados no âmbito da manutenção 23
2.6.3.1. Inspecção 23
2.6.3.2. Monitorização do funcionamento 23
2.6.3.3. Teste de funcionamento 24
2.6.3.4. Manutenção de rotina 24
2.6.3.5. Reparação 24

2.6.3.6. Melhoria 25
CAPÍTULO III – PANORAMA DA EMPRESA EDM 26
3.1. Breve historial da EDM 26
3.1.1. Surgimento da EDM 26
3.1.2. Desenvolvimento da EDM 26
3.1.3. Avanços e retrocessos 27
3.1.4. Nova gestão da Empresa 28
3.2. Descrição do local da realização do estágio 30
3.3. Medidas a serem tomadas para o melhoramento da linha 32
CAPÍTULO IV – DESCRIÇÃO DO MATERIAL 36
4.1. Tensão normalizada 36
4.2. Cabos 36
4.3. Apoios 36
4.4. Isoladores 37
4.5. Encastramento dos apoios no solo 37
4.6. Apoios de Reforços 37
4.7. Armações 38
4.8. Estimativa de custo 39
4.9. Proposta de manutenção 40
4.9.1. As cinco regras de ouro 40
4.9.2. Manutenção dos isoladores 41
4.9.3. Manutenção de apoios 41
9.4.4. Manutenção do PT 42
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 42
5.1. Conclusões 43

5.2. Recomendações .....
44 CAPÍTULO VI – BIBLIOGRAFIA.....
45
6.1. Bibliografia .....
45
ANEXOS .....
A
ANEXO 1: Valores da pressão dinâmica do vento ..... A- 1 -
ANEXO 2: Vãos máximos ..... A- 1
- ANEXO 3: Vão Óptimo ..... A- 1
- ANEXO 4: Flecha máxima ..... A- 2
-
PEÇAS DESENHADAS ..... A- 3 -

Desenho 001: Situação geográfica

Desenho 101: Diagrama da rede

Desenho 102: Linha do Ramal

Desenho 201: Desvio da linha

Desenho 202: Correcção da linha

Desenho 203: Configuração do novo trajecto

Desenho 204: Apoio de reforço simples

Desenho 205: Apoio de reforço com canadianas

Desenho 206: Apoio de reforço em pórtico

Desenho 301: Ligação à terra dos apoios

LISTA DE ABREVIATURAS

CDM – Cervejas de Moçambique

CODI – Comité de Distribuição de Energia Eléctrica

DNE – Direcção Nacional de Energia

DPA – Direcçaõ Provinvial de Agricultura

EDM – Electricidade de Moçambique

EDM-E.P. – Electricidade de Moçambique, Empresa Pública

EN1 – Estrada Nacional número 1

KV – Kilo-Volt

KVA – Kilo Volt Ampére

MT – Média Tensão

NF – Norma Francesa

OLTC – On load tap-changer

PT – Posto de Transformação

PTP – Posto de Transformação Privado

RSLEAT – Regulamento de Segurança de linhas Eléctricas de Alta Tensão

SE – Subestação

LISTA DE SÍMBOLOS

α_d - Coeficiente de dilatação térmica do cabo

m_1 - Coeficiente de sobrecarga para o Inverno m_2

- Coeficiente de sobrecarga para o Verão.

x - Deslocação segundo x também conhecido por vão

β - Coeficiente de redução f_{max} - Flecha máxima para postes em níveis diferentes

Y - Peso especifico dos condutores;

θ_1 - Temperatura de sobrecarga para o Inverno

σ - Tensão mecânica especifica d - Comprimento das cadeias de isoladores (m);

□$_2$- Temperatura de sobrecarga para o Verão

N_{ap} - Quantidade de apoios *f*:

flecha

L - Comprimento da linha l:

Vão óptimo

LISTA DE FIGURAS Figura 1: Diagrama típico de uma rede de distribuição, [8]..... **Error! Bookmark not defined.**
Figura 2: Vão em desnível..... 16
Figura 3: Diagrama dos tipos de manutenção..... 20
Figura 4: Ponte da linha EL 15..... 30
Figura 5: Postes em risco ao redor da cova do Roger´s..... 31
Figura 6: Isoladores rachados devio ao contornamento..... 32
Figura 7: Condutores atravessando residências, Autor (2020)..... 32
Figura 8: Falta de acesso e trajectória no mato, Autor (2020)..... 33
Figura 9: Intersecção da linha de 33 Kv com a de 66 Kv, Autor (2020)..... 33

Lista de Tabelas

Tabela 1: Distâncias mínimas adoptadas na EDM Distribuição..... 17
Tabela 2: Estimativa de custo..... 39

Lista de Fluxogramas

Fluxograma 1: Manutenção de isoladores, Autor (2020)..... 41
Fluxograma 2: Manutenção dos apoios, Autor (2020)..... 41
Fluxograma 3: Manutenção do PT..... 42

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O desenvolvimento populacional e o surgimento de novos consumidores no distrito de Marracuene têm vindo a aumentar o consumo de energia eléctrica, comprometendo a fiabilidade da linha de distribuição de 33 KV (EL15) no suprimento de potência aos seus clientes, como é o caso dos novos consumidores (Heineken e CDM). A manutenção nesta linha com o grau de qualidade desejado e sem interrupção no fornecimento de energia eléctrica a esses e outros consumidores é uma necessidade cada vez mais visível.

À medida que a demanda cresce e as cargas aumentam, a responsabilidade da concessionária de energia eléctrica (EDM) aumenta proporcionalmente e a mesma deve estar em constantes buscas por alternativas optimizadas, para garantir a fiabilidade no fornecimento da energia eléctrica.

Para garantir a boa qualidade para o consumidor final da energia eléctrica é indispensável que não haja variações de qualidade, ou que sejam minimizadas as interrupções no fornecimento, tendo por base uma boa política de manutenção.

O presente projecto visa estudar e analisar a possibilidade de Manutenção da linha eléctrica de média tensão (33KV) EL15, com vista a aumentar a fiabilidade e melhoramento da qualidade bem como, reduzir o número de interrupções no fornecimento de energia.

1.2. Formulação do problema

A linha de média tensão de 33kV (EL15) encontra-se actualmente propensa às avarias de naturezas diversa, que se podem estender desde a queima repentina de transformadores, corrosão de cabos até a própria falha de coordenação da protecção, deixando toda zona (Marracuene – Bobole) propensas a interrupções constantes no fornecimento do precioso recurso energético.

A manutenção desta linha poderá trazer avultados ganhos tanto para os consumidores da energia eléctrica, quanto para a própria concessionária que se têm visto forçada a investir avultadas quantidades monetárias na reparação de avarias.

1.3. Justificativa

A selecção deste tema é motivada pela importância de se ter o actual cenário de avarias parcialmente ultrapassado. Pelo que a manutenção desta linha poderá identificar os problemas na sua fase embrionária e corrigi-los em tempo útil, evitando deste modo futuros transtornos aos consumidores, bem como, a própria concessionária que preza pelo dever de aumentar sua eficiência energética.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

Analisar aspectos construtivos da rede eléctrica, identificando deste modo possíveis anomalias presentes na referida rede, para posterior sugestão de uma correcta manutenção a ser implementada na mesma.

1.4.2. Objectivos específicos

- Visualizar os aspectos construtivos e interpretar o projecto eléctrico da linha;
- Avaliar os estudos efectuados na elaboração do projecto;
- Analisar sugestões à manutenção da rede eléctrica e elaborar o relatório.

1.5. Metodologia

Para a realização do presente trabalho, será usada a seguinte metodologia:

- **Pesquisa Bibliográfica -** Em literatura de referência sobre o tema do presente trabalho, disponível electronicamente e no formato impresso;
- **Recolha de dados -** No Departamento de manutenção de redes da EDM, para obtenção dos dados referentes à política de manutenção da linha;
- **Observação directa:** Nessa metodologia será feita uma observação directa de todo trabalho de manutenção durante a realização do estágio.

1.6. Estrutura do trabalho

Para melhor expor o desenvolvimento do trabalho, dividiu-se o mesmo em seis capítulos começando do actual que é referente à introdução onde é descrito todo o resumo daquilo que será feito no trabalho.

No segundo capítulo são apresentados os fundamentos teóricos relacionados às redes de distribuição de energia eléctrica, assim como suas características e, é apresenta a teoria referente à manutenção.

O terceiro capítulo fala sobre o perfil da empresa Electricidade de Moçambique, Delegação Ka Guava, onde é apresentado o historial do surgimento EDM e, é apresentada uma breve descrição do local de realização do estágio.

No quarto capítulo será feito o traçado de uma linha de média tensão de 33 Kv,a proposta da manutenção e as estimativas de custo para o traçado da nova linha.

No quinto capítulo será apresentada conclusão e as recomendações tidas como primordiais.

O último capítulo representa a parte final do projecto onde será colocada a bibliografia consultada.

CAPÍTULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Introdução

Um sistema de energia eléctrica tem a função principal de fornecer energia com qualidade adequada e no instante em que for solicitada aos seus consumidores.

De acordo com [23], o sistema de energia eléctrica compreende três (3) subsistemas, respectivamente, o subsistema de produção, transporte e distribuição de energia eléctrica e, todos estes, devem garantir os seguintes requisitos:

- Controlar o equilíbrio entre potência activa e a potência reactiva consumida;
- Fornecer energia a um valor de custo reduzido, respeitando o ambiente;
- Satisfazer as normas que indicam os valores mínimos de fiabilidade e de estabilidade da tensão e da frequência.

Porém, no presente capítulo apresenta-se a revisão teórico-científico sobre o último subsistema, o de distribuição de energia eléctrica, com destaque a aspectos construtivos, funcionamento e parâmetros que determinam a qualidade de energia nas redes eléctricas.

2.2. Redes de distribuição de energia eléctrica

Segundo o decreto 42/2005 de 29 de Novembro, artigo 1 [11], no sistema eléctrico de Moçambique, a rede de distribuição de energia eléctrica é o conjunto de infraestruturas de interligação e de transformação de grandezas eléctricas (linhas eléctricas, subestações e outras instalações) que operam com tensão inferior a 66kV utilizadas para o fornecimento de energia eléctrica.

Desta forma, uma vez que a rede de média tensão em alusão neste estudo se integra nas redes de distribuição com tensão superior a 1kV, ao longo da abordagem do trabalho estas designações foram consideradas semelhantes.

2.2.1. Características principais das redes de distribuição

Antes de analisar uma rede é necessário saber distinguir os diferentes elementos que a constituem. Porém, caracterizar uma rede consiste em evidenciar as particularidades que definem a sua composição, configuração, utilização e operação [23][25][27].

As características fundamentais que explicam a forma e composição das redes de distribuição são: modo de exploração e topologia de rede [25].

2.2.1.1. Modo de exploração das redes de distribuição

O modo de exploração de uma rede constitui a forma, configuração da rede utilizada no processo de distribuição de energia eléctrica. Existem vários esquemas de rede mas destacam-se três tipos, a saber: anel (aberto ou fechado), radial e as malhadas [9][25] [40].

O esquema da rede radial é uma configuração de rede que segue distribuindo a energia eléctrica através de um único caminho/linha formando uma árvore para alimentar as cargas. Esta configuração de rede é comum em redes de distribuição de média e baixa tensão, devido à sua simplicidade e economia [25].

A configuração de rede em anel é um esquema que dispõe de pelo menos duas linhas de alimentação, que lhes possibilita a distribuição de energia aos consumidores através de dois ou mais caminhos eléctricos distintos [9][22]. Nas condições normais só opera apenas um dos caminhos e o outro destina-se alimentação dos consumidores em situações de defeito [22][41].

O esquema de redes emalhadas possui várias fontes de alimentação interligadas entre os barramentos das cargas, por isso, assegura maior segurança e fiabilidade, a sua desvantagem é de apresentar elevados custos e de ser complexo quanto ao sistema de protecções [20][25]

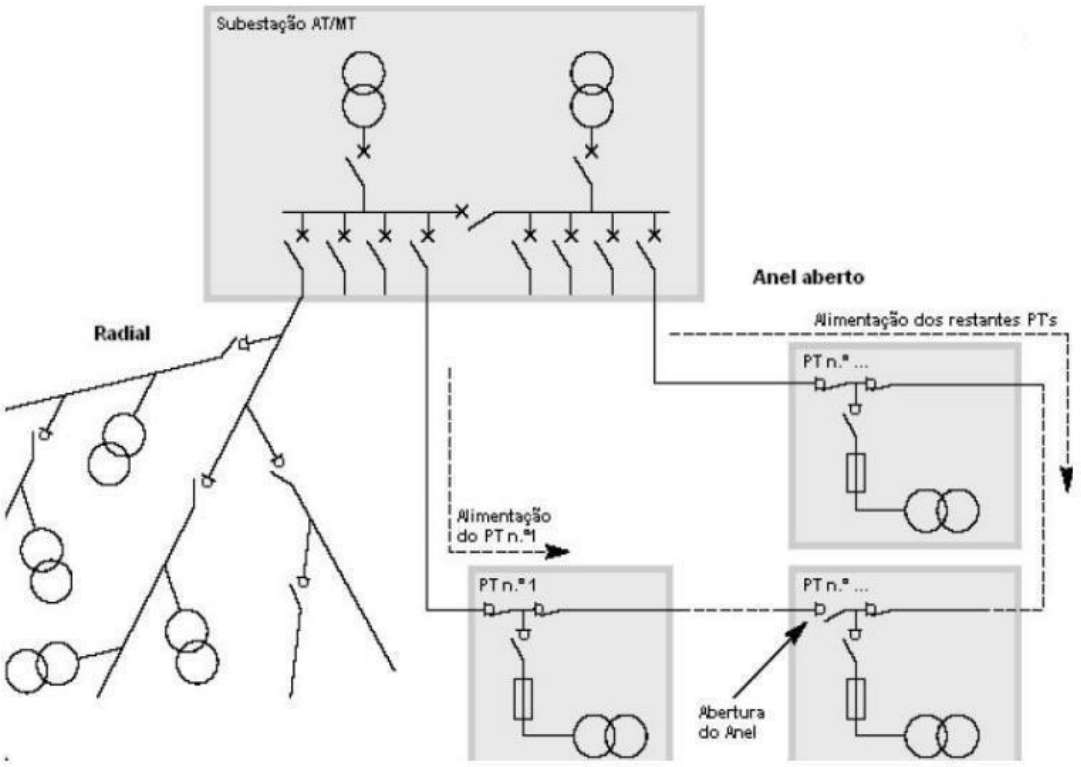


Figura 1: Diagrama típico de uma rede de distribuição, [8]

2.2.1.2. Topologia das redes de distribuição

A topologia de uma rede é a forma física ou construtiva pela qual, a rede encontrase executada [10]. As redes de distribuição, geralmente, são executadas de duas formas respectivamente, redes aéreas e redes subterrâneas.

As redes de distribuição aéreas, estão expostas e sujeitas às condições externas do sistema eléctrico como as forças da natureza, por isso, afirma-se que a sua fiabilidade depende de factores de ordem ambiental (temperatura, poluição, descargas atmosférica, etc), aspectos técnicos dos equipamentos, quedas de árvores, vandalismo, corrosão e poluição ambiental [8][20].

E, as redes de distribuição subterrâneas ou enterradas são constituídas por cabos enterrados directamente, em tubos ou valetas. Geralmente, os cabos aplicados nesta forma de instalação podem ser tripolares ou monopolares [7][8][20].

2.2.2. Energia reactiva nas redes de distribuição

Normalmente, as redes de distribuição demandam potência reactiva mais do que produzem [6]. Este facto, faz com que estas demandem níveis elevados de potência das redes de transmissão. Porém, de acordo com o grupo de trabalho da CODI (Comité de Distribuição de Energia Eléctrica) o aparecimento desse nível de potência reactiva é oriundo de factores como:

- Sobredimensionamento dos componentes da rede;
- Pobre compensação de energia reactiva;
- Localização dos dispositivos de compensação, e
- Elevada demanda de potência reactiva nas cargas, etc.

Porém, a falta de controlo da energia reactiva na rede favorece com que as linhas e alimentadores sejam percorridos por elevadas correntes, que provocam consequentemente quedas de tensão e perdas técnicas elevadas [1][39].

2.2.3. Perdas Técnicas

As perdas técnicas ou perdas próprias são transformações de energia que ocorrem ao longo do transporte e distribuição (efeito joule, coroa, correntes Foucault). [15][24] Em geral, estas manifestam-se sob forma de calor e apresentam-se nas formas activa e reactiva. As perdas activas resultam da resistência das linhas/cabos de distribuição e as perdas reactivas das reactâncias [17][30].

Nas redes de distribuição de energia, as perdas activas nas linhas tendem a ser maiores que reactivas assim que possuem uma alta razão (R/X) [1].

Deste modo, como as perdas técnicas são inerentes ao sistema e não podem ser eliminadas, têm-se buscado, acções para sua minimização [19][24]. Apresentam-se a seguir algumas práticas que permitem a minimização destas perdas.

2.2.3.1. Reconfiguração da rede

A reconfiguração da rede, é uma técnica que consiste na busca de troços óptimos através de manobras de chaves tal que se obtenha a redução da impedância total da rede [18][35][36][38].

Segundo Merlin & Back (1975) [26], o processo de reconfiguração da rede deve compreender a acções de manobra de abertura aleatórias, partindo do princípio que todas as chaves se encontram fechadas. Adicionalmente importa, que segundo estes autores que para cada ciclo de manobra de abertura deve ser calculado o fluxo de potência até que seja atingida a solução radial.

Porém, para os outros autores, a reconfiguração da rede deve ser, no entanto, um problema de programação linear [18][36].

No geral, a reconfiguração da rede é uma prática, simples e barata, mas tem inconveniente de exigir pessoal altamente qualificado para realizar as manobras e provocam efeitos transitórios. Por isso, recomendam-se o mínimo de manobras possíveis.

2.2.3.2. Compensação local de energia reactiva

A técnica de compensação local de energia reactiva consiste na injecção ou consumo de potência reactiva na rede, feita através de bancos controlados mecanicamente ou através de dispositivos estáticos [41]. Nessa técnica os bancos muitas vezes utilizados são instalados nas subestações e nos centros de consumos para controlarem a carga de energia reactiva em períodos de leve ou em períodos de carga pesada.

2.3. Controlo de tensão e de potência reactiva na rede

Conforme mencionado no primeiro item deste capítulo, uma das principais funções das redes é de manter a tensão estável e dentro dos limites aceitáveis durante todo tempo. O controlo da tensão da rede é conseguido através do controlo da produção e absorção de potência reactiva [39].

De acordo com Pinto (2015) [30], a regulação de tensão nas redes de distribuição pode ser feita através de um conjunto de meios, respectivamente, bancos de condensadores (shunt e série), reguladores de tensão, compensadores estáticos (D-FACTs2) e reguladores de carga (“On load tap-changer”). Destes meios, para as redes de média tensão destacam-se os bancos de condensadores, reguladores de tensão e reguladores de carga (OLTC).

Os dispositivos D-FACTs são compensadores estáticos da tecnologia mais recente e flexível para realizar controlo dinâmico da tensão e de potência reactiva nas redes de distribuição, porém, encontram-se difundidos mundialmente os seguintes: DSTATCOM, DVR, DSSC e DSI [2].

O regulador de carga (OLTC) é integrado aos transformadores para variar de forma automática a tensão através da alteração de níveis dos “tapes” a uma faixa de regulação de 10% [13][34].

O regulador de tensão é, no entanto, um autotransformador com níveis de “tapes” variáveis que controla mecanicamente a razão de transformação de forma manual ou automática [39]. Adicionalmente, é de referir que os reguladores de tensão são bastante eficazes para a conservação da tensão em cabos alimentadores de comprimento longo, assim que os bancos de condensadores têm limitações de potência a consumir ou injectar na rede.

No domínio, das redes de distribuição de média e baixa tensão dentre as formas apresentadas, geralmente, são utilizados os bancos de condensadores “shunt” para controlar o nível de potência reactiva na rede nos centros de consumo.

A compensação de potência nem sempre é viável para a manutenção da tensão na rede. O problema de compensação de energia é complexo, pois não existem critérios específicos para localizar ou instalar na rede os dispositivos de compensação, mas indicam que deve-se avaliar o factor de potência, a capacidade de transferência das linhas/cabos, o nível de carregamento dos alimentadores e perfil de tensão [15][18][34].

2.4. Qualidade de energia nas redes de distribuição

A qualidade de energia eléctrica é um assunto complexo, pois varia de acordo com as percepções de cada indivíduo, por isso é subjectiva [10][34].

Esses, desvios normalmente, ocorrem em várias partes do sistema eléctrico, desde as instalações de consumidores até rede do distribuidor de energia. As causas mais comuns são: harmónicas, perda de linhas, saída de gerador, curto-circuito nos sistemas eléctricos e operação de cargas com características não-lineares.

2.5. Construção das redes de distribuição de energia eléctrica

Os sistemas eléctricos de potência estão estruturados em quatro subsistemas: produção, transporte, distribuição e consumo. É no subsistema de distribuição que se centraliza a realização deste trabalho. A EDM, E.P., é detentora da licença de exploração da rede de distribuição de energia eléctrica em quase todas as regiões de Moçambique.

Pela regulamentação, classificam-se as redes de acordo com as tensões nominais da seguinte maneira [32]:

- Baixa Tensão: Redes com tensões nominais inferiores a 1 kV
  (110/220/380/500/660V);
- Média tensão: Redes com tensão até 66 kV (3/6/10/20/33/66 KV);
- Alta Tensão: Redes com tensão superior a 66 kV e inferior a 300 kV, por
  (110/220/275 KV);
- Muito Alta Tensão: Redes com tensão superior a 300 kV
  (330/380/400/500/750/1150KV).

As tensões normalizadas em Moçambique (Região Sul) para linhas de distribuição em média tensão são 11, 33 e 66 kv, dependendo das características e localização dos centros de consumo, sendo que na prática o nível de tensão de 66 kV enquadra-se nas redes de transporte.

Tendo na altura da sua criação, a Electricidade de Moçambique herdado um conjunto de redes com diferentes tensões, hoje já é visível o esforço feito no sentido da sua normalização, pois grande parte delas já foram convertidas para as tensões normalizadas e outras estão em vias disso. Porém, constata-se que os níveis de tensão de 22 KV permanecem em certas zonas devido à sua grande implantação, é o caso de algumas redes urbanas nas províncias de Manica e Sofala.

2.5.1. Fases do projecto de uma linha de MT

A elaboração de um projecto de uma Linha de MT carece de uma análise rigorosa do Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão [32] e das indicações presentes no Guia Técnico de Recomendações de Linhas Eléctricas de MT até 33 kV [31] para que sejam cumpridas todas as normas de segurança existentes. Para a realização de projecto é necessário seguir as seguintes etapas:

- Levantamento topográfico do local;
- Escolha do traçado da linha;
- Cálculo Eléctrico;
- Cálculo Mecânico;
- Escolha do material a utilizar.

A primeira fase do projecto, é o levantamento topográfico da região, pois só depois de se ter o perfil do terreno pode-se encontrar a melhor solução para o traçado da linha.

A segunda fase é a escolha do traçado da linha, sendo esta a mais longa, pois é necessário chegar a acordo com os proprietários dos terrenos, de modo a calcular o valor das indemnizações a pagar pela perda de rendimento da zona afectada. Muitas vezes não é possível acordar as verbas entre as partes, o que faz com que se escolha um trajecto diferente, ou que seja necessária a intervenção da Direcção provincial da Agricultura-DPA (este processo pode demorar anos).

Depois de ultrapassar os problemas burocráticos, com o acordo dos proprietários para a colocação dos apoios e da passagem dos condutores, efectua-se os cálculos eléctricos e mecânicos a fim de definir qual o material necessário a utilizar na

implementação do projecto. Com a escolha do material a utilizar (condutores, apoios e armações) é necessário verificar as distâncias regulamentares (distâncias ao solo, edifícios e entre condutores).

Após o correcto dimensionamento da linha, os dados são transportados para a DNE, que efectua o traçado do perfil da linha, bem como a planta.

2.5.2. Aspectos a considerar no dimensionamento de uma linha de MT

Na elaboração de um projecto de uma linha aérea de distribuição de MT, tem de se ter em consideração algumas condições de modo que o projecto seja licenciado pela DNE. Pode-se então, destacar algumas que são de extrema importância:

- Condições técnicas associadas aos limites impostos aos elementos que constituem uma linha de MT (quedas de tensão, perdas de energia, esforços aplicados aos apoios e níveis de aquecimento);
- Condições de segurança (distância entre condutores, distância dos condutores ao solo e aos edifícios);
- Condições económicas (minimização dos custos de construção escolhendo o melhor traçado);
- Condições patrimoniais e ambientais (respeitar o património cultural e paisagísticos, bem como a fauna e flora da região, minimizando os danos).

2.5.3. Traçado de uma linha de MT

Cabe ao projectista traçar o melhor trajecto, analisando os vários traçados possíveis, as vantagens e as desvantagens, de modo a minimizar os seus inconvenientes.

O ideal seria que o traçado de uma linha de média tensão fosse rectilíneo, paralelo às vias de comunicação, para que os inconvenientes, como travessias de estradas, casas e terrenos com muitos proprietários fossem reduzidos ao máximo.

As linhas devem ser projectadas de forma a eliminar todos os perigos previsíveis para as pessoas e materiais, e deverá respeitar o património cultural, estético e ambiental da paisagem, causando-lhe o menor dano (artigo nº 5 e 6 do RSLEAT) [11][32].

Para isso deve-se ter em conta o existente no terreno, e cumprir as distâncias de segurança mínimas impostas pelo regulamento. Nesse aspecto o regulamento especifica quais as distâncias mínimas (ao solo, às árvores, aos edifícios e aos mais diversos obstáculos).

2.5.4. Cálculo eléctrico

O cálculo eléctrico não foi alvo de atenção durante a realização deste trabalho, pois a tensão e a secção dos condutores a utilizar ser normalizada, a corrente de serviço e a queda de tensão são muito reduzidas para a capacidade suportada pelo condutor, pelo que a empresa na maioria das situações despreza este cálculo.

O cálculo eléctrico incide apenas no cálculo da intensidade da corrente de serviço, dos parâmetros das linhas, das quedas de tensão e das perdas de energia.

Actualmente em Moçambique, existem para a média tensão tensões normalizadas (11 e 33 kV) sendo que na área geográfica onde se realizou este projecto a tensão escolhida recaiu nos 33 kV.

Os cabos a usar na construção de linhas aéreas de média tensão serão de alumínio reforçados com fios de aço designados por “ACSR”.

As secções a usar serão:

- Cabo ACSR “SQUIRREL” com a secção de $24.43\ mm^2$;
- Cabo ACSR “FERRET” com a secção de $50\ mm^2$;
- Cabo ACSR “MINK” com a secção de $70\ mm^2$;

2.5.5. Cálculo mecânico

O cálculo mecânico de uma linha é parte fundamental do mesmo, pois permite assegurar as condições de segurança e de estabilidade da linha de MT. Este cálculo tem como objectivos:

- Determinar a tensão mecânica de montagem dos condutores;
- Escolher a altura dos apoios, para que as distâncias mínimas regulamentares sejam cumpridas;
- Escolha dos apoios;
- Escolher o tipo de armação, para que as distâncias mínimas entre condutores sejam respeitadas.

O cálculo mecânico é iniciado com a determinação da tensão de montagem dos condutores, para que sejam cumpridas todas as condições de segurança, independentemente do estado atmosférico verificado. Procede-se depois à escolha dos apoios de forma a verificar se as distâncias mínimas são cumpridas e se estes aguentam os esforços a que vão estar sujeitos. Por fim escolhe-se as armações a aplicar com o objectivo de respeitar as distâncias mínimas entre condutores.

a) Tensão de Montagem

A escolha da tensão de montagem da linha é extremamente importante, pois é dela que dependem o esforço que vai ser aplicado ao apoio e a flecha dos condutores. Quanto maior a tensão de montagem, maior será os esforços aplicados aos apoios e maior seria a distância entre os condutores e o solo, resultante da diminuição da flecha dos condutores.

O vento deve ser considerado actuando numa direcção horizontal e a força resultante da sua acção será considerada paralela à referida direcção. Assim:

$$F_{vento} = \frac{\square\square c\square q\square d}{10} \text{ [daN/m]} \qquad (2.1)$$

é o coeficiente de redução, igual a 0,60 nos condutores e cabos de guarda e igual a

1,0 nos apoios, travessas e isoladores. Os valores da pressão dinâmica do vento, *q*, em função da altura ao solo a que se encontra o elemento da linha sobre o qual se pretende calcular a acção do vento, são mostrados no ANEXO 1.

Para calcular o estado atmosférico mais desfavorável a que a linha aérea pode estar sujeita, é necessário calcular o vão crítico. O vão crítico é o vão relativo a uma dada tensão máxima, para o qual os condutores ficam sujeitos a essa tensão em ambos os estados, o de inverno e o de primavera. Esse valor pode ser calculado através da seguinte expressão:

$$L_{CR} = \square\square t_{max} \square 24 \sqrt{\square\square_{d2} \square (\square_{2\,2} - \square_{1})} \;, \qquad (2.2)$$

$$\square \qquad m_2 - m_1$$

b) Flecha máxima

Do principio todos os vãos estão em desnível. Este desnível é causado pelo terreno, pela altura dos apoios, pela profundidade de enterramento e pelos diferentes tipos de armações utilizadas, conforme ilustrado na figura abaixo

As alturas e profundidades de enterramento dos apoios são de 15 m e 2,0 m respetivamente. Normalmente, em caso de derivação, a armação desta está 1,5 metros abaixo da armação da linha, no mesmo apoio.

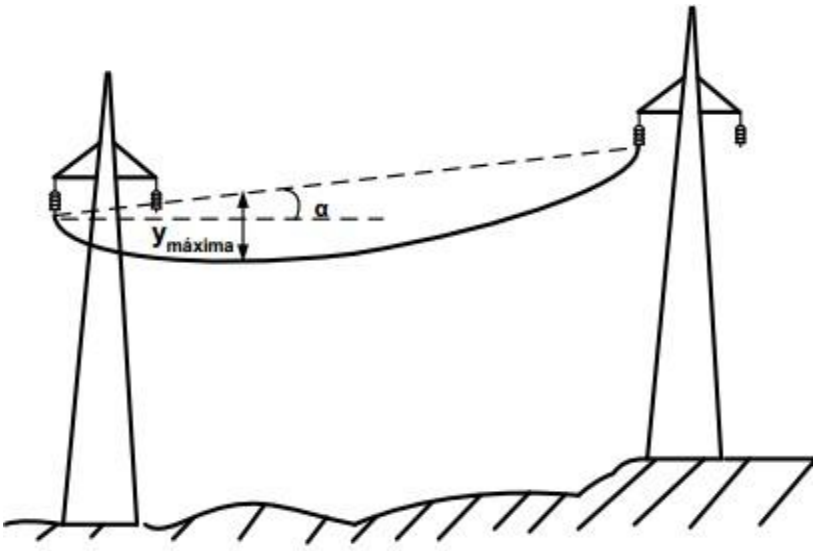


Figura 2: Vão em desnível

Assim: $f_{max} = \frac{1}{2} \frac{Y}{x}^2 \frac{1}{\cos}$ (2.3)

c) Esforços nos apoios

A verificação da estabilidade de um apoio consiste em calcular os esforços mecânicos a que este vai estar sujeito, escolhendo para isso o melhor apoio que suporta esses esforços. As solicitações que devem ser consideradas são as seguintes [24]:

- Sobrecarga do vento sobre o apoio, as armações, os condutores, os isoladores e os cabos de guarda;
- Tracções mecânicas exercidas pelos condutores das linhas principais e derivadas;
- Peso do próprio apoio, travessas, isoladores e condutores.

2.5.6. Distância de colocação dos apoios

O regulamento especifica quais as distâncias mínimas (ao solo, às árvores, aos edifícios e aos mais diversos obstáculos).

Assim para condutores nus temos de respeitar as seguintes distâncias:

- Distância dos condutores ao solo (artigo 27º): $D = 6{,}0 + 0{,}005 \square U_n$ (m), em que U_n é a tensão nominal da linha em Kilovolts (KV).
- Distância dos condutores às árvores (artigo 28º). $D = 2{,}0 + 0{,}0075 \square U_n$ (m), em que U_n é a tensão nominal da linha em Kilovolts (KV). Sendo que D não deverá ser inferior a 2,5 metros.

- Distância dos condutores aos edifícios (artigo 29º): $D = 3{,}0 + 0{,}0075 \square U_n$ (m), em que U_n é a tensão nominal da linha em Kilovolts (KV). Sendo que Dnão deverá ser inferior a 4,0 metros.
- Distância dos condutores a obstáculos diversos (artigo 30º): $D = 2{,}0 + 0{,}0075 \square U_n$ (m), em que U_n é a tensão nominal da linha em Kilovolts (KV). Sendo que Dnão deverá ser inferior a 3,0 metros.

De forma a criar padrões entre todos os projectistas a empresa optou por criar uma tabela própria (Tabela 2), que aumenta as distâncias dos condutores aos obstáculos e cumpre o regulamento.

Tabela 1: Distâncias mínimas adoptadas na EDM Distribuição

Distâncias dos Condutores...	Distânciasmínimas
... ao solo	7 metros
... aos restantes obstáculos (edifícios, árvores, etc.)	4 metros

Estas distâncias podem ser contornadas colocando apoios com alturas superiores. No entanto, e apesar de não ser esse o objectivo do projectista, pois com o aumento da altura dos apoios aumenta também o custo, deve-se adoptar alturas significativas (alturas ao solo entre 10 a 12 metros) pois assim permite a construção futura, evitando gastos com a modificação de uma linha.

2.5.7. Armações

O vento provoca oscilações nos condutores, por isso devem estar devidamente distanciados entre si. O regulamento de segurança (artigo 31º) refere que os condutores nus devem estar distantes o suficiente para que não se aproximem perigosamente, devendo mesmo estarem distanciados a uma distância superior a dada pela expressão.

$$D = 0{,}75 \times k \times \sqrt{f + d}$$

2.6. Manutenção das instalações eléctricas de média tensão

A manutenção das redes eléctricas é uma área específica da manutenção que actualmente não se encontra muito explorada. As entidades ligadas à Rede de Distribuição devem manter as suas instalações eléctricas em bom estado de funcionamento e de conservação, de modo a não causarem perturbações ao bom funcionamento da Rede de Distribuição [14].

Desta feita, as instalações eléctricas devem ser mantidas em bom estado de conservação, através da realização de um plano de manutenção eficaz [13], de acordo com as suas necessidades. Todos os defeitos ou anomalias detetados nas instalações e/ou nos equipamentos eléctricos ou no seu funcionamento, nas instalações que careçam de técnico responsável pela exploração devem ser comunicados ao técnico responsável pela exploração.

A manutenção das instalações eléctricas apenas deve ser realizada por técnicos devidamente capacitados para o efeito, devendo na realização das acções de manutenção, ser usadas medidas de segurança adequadas ao tipo de operações a realizar [28].

2.6.1. Conceito e objectivos de manutenção

A manutenção tem um sentido bastante mais vasto do que “conservação”, visto designar um conjunto de intervenções que concorrem para a protecção e defesa do nível da qualidade, não só do equipamento como do serviço em que está integrado e que dele depende.

Segundo a norma francesa NF X60-010 [3] a Manutenção é definida como “*o conjunto de acções que permitem manter ou repor um bem num estado específico ou em condições de assegurar um determinado serviço*”.

Pode assim, definir-se a manutenção como o conjunto das ações destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e instalações, garantindo que são intervencionadas nas oportunidades e com o alcance certo, de acordo com as boas práticas técnicas e exigências legais, de forma a evitar a perda de função ou redução do rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, e tudo a um custo global optimizado.

Manutenção é, portanto, a actividade que consiste em efectuar as operações de desempenho, inspecção, reparação, modificação, entre outras, que permitem conservar o potencial do material para assegurar a continuidade e a qualidade dos equipamentos. E ainda, para se poder considerar uma boa manutenção, há que assegurar estas operações de manutenção, mas a um custo adequado de modo a minimizar o custo global [5].

De forma resumida, podem definir-se como objectivos da manutenção:

- Manter os equipamentos num estado de funcionamento seguro e eficiente;
- Manter os equipamentos com uma disponibilidade adequada;
- Manter os equipamentos com uma fiabilidade adequada;
- Reduzir ao mínimo os custos totais, em coerência com os objectivos anteriores.

2.6.2. Tipos de manutenção

Os tipos de manutenção podem distinguir-se utilizando como critérios a causa da sua realização, o objectivo a que se pretende atingir com a sua realização e a forma como a manutenção é desencadeada.

Assim, distinguem-se os seguintes dois grandes tipos de manutenção: programada e não programada.

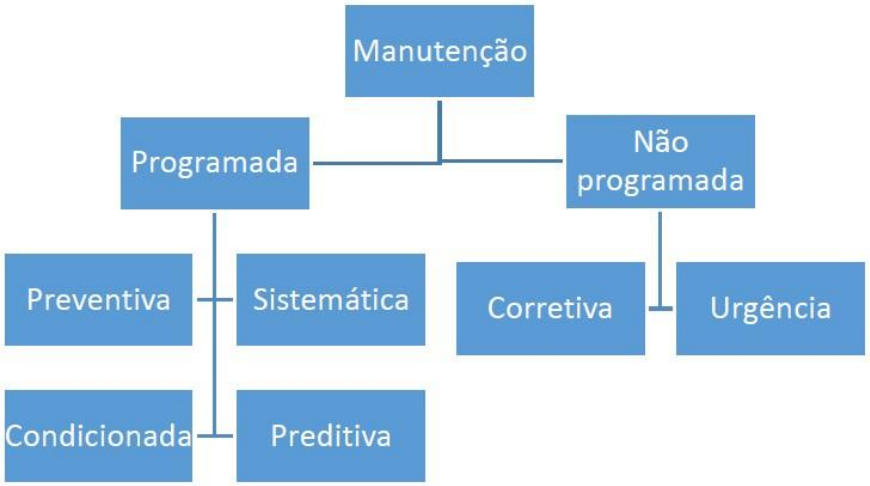


Figura 3: Diagrama dos tipos de manutenção

2.6.2.1. Manutenção preventiva

Segundo a EN13306 [29], a Manutenção preventiva define-se como: Manutenção efectuada a intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem.

A manutenção preventiva é realizada com o objectivo de evitar avarias, perda ou redução de função podendo-se executar de duas formas: sistemática e não sistemática.

2.6.2.2. Manutenção sistemática

Segundo a EN13306 [29], a Manutenção sistemática define-se como: Manutenção preventiva efectuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do bem.

A manutenção sistemática é uma manutenção programada onde não se realiza um diagnóstico prévio, sendo efectuada de acordo com uma periocidade preestabelecida.

As intervenções são baseadas nas informações do fabricante do equipamento, tendo em conta o contributo crítico do técnico face ao cenário real do equipamento, face às condições de funcionamento em que o equipamento se encontra a laborar.

2.6.2.3. Manutenção condicionada

Segundo a EN13306 [29], a Manutenção condicionada define-se como: Manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as acções daí decorrentes.

Quando as operações são executadas não em função de uma periodicidade préestabelecida, mas sim em função de um diagnóstico ou quando se faz o aproveitamento da imobilização do equipamento.

2.6.2.4. Manutenção preditiva

Segundo a EN13306 [29], a Manutenção preditiva define-se como: Manutenção condicionada efectuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem.

É uma forma de manutenção preventiva sistemática podendo ser executada com periodicidade quer fixa quer variável. Da análise dos resultados do diagnóstico pode resultar a necessidade de execução de qualquer operação.

Desta feita, sempre que um equipamento está imobilizado para execução de qualquer operação de manutenção, pode aproveitar-se para efectuar qualquer observação ou para antecipar a execução de uma operação, cuja data de execução seja próxima ou que interesse executar antes de um serviço longo.

2.6.2.5. Manutenção correctiva

Segundo a EN13306 [29], a Manutenção correctiva define-se como: Manutenção efectuada depois da detecção de uma avaria, e destinada a repor o bem num estado em que possa realizar uma função requerida.

A manutenção corretiva consiste na introdução de alterações nos sistemas, mas com o objectivo de melhorar a sua eficiência e a sua fiabilidade.

Estando os equipamentos a funcionar, podem-se executar “correcções” mesmo sem estarem avariados, facto que determina o carácter preventivo deste tipo de operação. Pelas suas características específicas, este padrão de manutenção é crucial na fase de arranque dos equipamentos (*commissioning*), já que é através das suas acções que são colocados os parâmetros de funcionamento certos.

2.5.2.6. Manutenção de urgência

Segundo a EN13306 [29], a Manutenção de urgência define-se como: Manutenção correctiva que é realizada imediatamente após a detecção de uma falha a fim de evitar consequências inaceitáveis.

A manutenção diz-se de urgência quando se repõe o sistema em funcionamento após se ter verificado uma rotura, desgaste ou desafinação excessiva a ponto de alterar drasticamente o funcionamento do sistema, situações designadas geralmente por avaria. Esta ação de preservação engloba a reparação de acidentes ocorridos e avarias (mecânica, eléctrica ou outra), resumindo-se à prestação de trabalhos imprevistos (ocasionais), cuja execução invoca fundamentalmente a capacidade técnica do executante, quer na execução quer, principalmente, na fase de deteção a partir da “queixa” do utente do equipamento.

2.6.3. Trabalhos realizados no âmbito da manutenção

2.6.3.1. Inspecção

A inspecção pode definir-se como (EN13306) [29] – *Controlo de conformidade realizado através de medição, observação, teste ou calibração de características significativas do bem.*

A inspeção das instalações eléctricas de distribuição contempla actividades como a leitura e registo de parâmetros de funcionamento de linhas, dropouts e outros dispositivos que se encontram inseridos na linha.

2.6.3.2. Monitorização do funcionamento

A monitorização do funcionamento pode definir-se como (EN13306) [29] – *Actividade realizada, manual ou automaticamente, com o objectivo de observar o estado real de um bem*.

Esta actividade é utilizada para avaliar a evolução dos parâmetros do bem no tempo, normalmente após uma intervenção de melhoria e/ou de correcção.

2.6.3.3. Teste de funcionamento

O teste de funcionamento pode definir-se como (EN13306) [29] – *Acções efectuadas depois da realização de manutenção para verificar se o bem está em condições de cumprir a função requerida.*

2.6.3.4. Manutenção de rotina

A manutenção de rotina pode definir-se como (EN13306) [29] – *Actividades elementares de manutenção, regulares ou repetitivas, que, geralmente, não exigem qualificações, autorização ou ferramentas especiais*.

Na manutenção de rotina são realizadas operações normalmente sistemáticas, de baixa complexidade que, são frequentemente realizadas pelos próprios operadores.

Neste tipo de manutenção inclui-se a limpeza e preservação dos espaços.

2.6.3.5. Reparação

Reparação pode definir-se como (EN13306) [29] – *Acções físicas realizadas para restabelecer a função requerida num bem avariado*.

O termo reparação aplica-se no contexto de uma avaria para descrever uma intervenção de manutenção correctiva.

2.6.3.6. Melhoria

Melhoria pode definir-se como (EN13306) [29] – *Conjunto de medidas de natureza técnica, administrativa e de gestão, destinadas a melhorar a segurança de funcionamento de um bem sem modificar a sua função requerida.*

A melhoria de uma rede de distribuição pressupõe a realização de um conjunto de acções, a fim de torna-la mais robusta e eficiente, sendo disso exemplo, nomeadamente, a incorporação de melhores acessos para manutenção, a montagem de aparelhagem para melhorar o controlo da condição de funcionamento, a introdução de sistemas de comando e controlo centralizado.

CAPÍTULO III – PANORAMA DA EMPRESA EDM

3.1. Breve historial da EDM[1]

3.1.1. Surgimento da EDM

A EDM como Empresa Estatal foi criada em 27 de Agosto de 1977, ha sensivelmente dois anos depois da independência de Moçambique. O seu objectivo era o estabelecimento e a exploração do serviço público de produção, Transporte e Distribuição de energia eléctrica.

Uma das primeiras tarefas foi a de agregar todos os centros de produção num corpo único, de modo a melhorar a satisfação das necessidades da energia eléctrica para o desenvolvimento da agricultura, indústria, serviços e consumo doméstico, nas condições difíceis da então.

A EDM herdou um patrimônio constituído por equipamento das mais variadas origens, modelos e tipos, em estado precário, e salvo raras excepções, sem aprovisionamento de peças sobressalentes necessárias e adequadas. Ao mesmo tempo, a competência e capacidade profissional eram limitadas e os poucos técnicos qualificados existentes começaram a abandonar a empresa.

3.1.2. Desenvolvimento da EDM

Em face disso, as acções imediatas da EDM visaram:

- A reposição do aprovisionamento adequado;
- A procura e recrutamento interno e externo de técnicos qualificados;
- A promoção de um maior número de acções de formação profissional, com apoio externo,

[1] O historial da empresa EDm foi retirado de ww.edm.co.mz/pt/website/na categoria de informação histórica.

- A execução de acções de formação básica nas várias centrais, coordenadas pelo Serviço de Formação da EDM,
- A mobilização de apoios externos no sentido de obtenção de apoio técnico e financeiro. Em simultâneo, e tendo em conta a inflação pelos custos de combustíveis líquidos, a EDM começou a explorar outras possibilidades de produção de energia eléctrica na base dos recursos hídricos existentes no País.

Neste âmbito, vários projectos foram criados visando a redução do uso de gasóleo e o estabelecimento de uma Rede Nacional de Transporte de Energia que permitisse maximizar o aproveitamento do potencial hídrico. A implementação destas aspirações foi severamente condicionada pela má situação sócio-política da altura.

3.1.3. Avanços e retrocessos

A instabilidade sócio-política e económica não permitiu a realização dos programas para a expansão da rede eléctrica nacional. O equipamento da EDM estava exposto às acções de destruição resultantes do conflito armado, e a Empresa teve que concentrar a alocação e reposição das infra-estruturas por forma a garantir o fornecimento de energia eléctrica a todo o custo, embora com baixo nível de fiabilidade.

Neste período que se estendeu por cerca de doze (12) anos, a Empresa foi agraciada com uma condecoração colectiva em reconhecimento dos seus feitos e aos esforços abnegados empreendidos pelos seus trabalhadores para manter os sistemas em funcionamento.

Na altura, o Estado prosseguiu na sua política fiscal, dentre outros serviços públicos, a disponibilização d electricidade para todo o povo a custo, muito baixo. Esta prática prevaleceu anos, onde a produção e distribuição da energia eléctrica foi realizada a custos que não eram recuperados a custo final ao consumidor. Como parte das consequências da combinação de vários factores adversos, a qualidade da energia fornecida baixou. O princípio da gestão empresarial baseada no lucro foi descurado a favor da intervenção centralizada na determinação dos preços.

A política tarifaria não reflectia os custos de investimento e muito menos os de exploração da Empresa, sendo estes, nalguns casos, suportados em pequena porção pelo Orçamento Geral do Estado, doadores e financiadores externos.

3.1.4. Nova gestão da Empresa

Foi dentro de contexto de Reestruturação da Economia do País que, em 1995, a EDM foi transformada em Empresa Pública, através de Decreto 28/95 de 17 de Julho, herdando um encargo do servido serviço da dívida associado a investimentos realizados e em curso de difícil retorno do capital.

A ***nova EDM*** (EDM-E.P.), passou a orientar e desenvolver a sua actividade tendo sempre em conta a melhoria da qualidade dos serviços ao cliente e a eficiente utilização da energia, promovendo assim a sua imagem.

A estrutura da EDM-E.P. organiza-se em quatro (4) funções de comando em que há responsabilidade funcional e controlo directo entre os Administradores e os seus Pelouros. Com esta estrutura pretende-se assegurar a autonomia e descentralização operacionais necessárias a um funcionamento dinâmico, permitindo, por outro lado, reduzir o peso operacional da função dos Administradores fazendo com que estes se ocupem com assuntos estratégicos dos negócios da Empresa.

Com a mudança do modo de gestão da Empresa, iniciou-se um trabalho de reorganização, tomando em consideração os principais problemas, preocupações e constrangimentos de cada momento, perspectivas e desafios bem como as orientações definidas para o sector eléctrico no quadro do plano quinquenal do Governo.

As atenções focalizaram-se na reabilitação das infra-estruturas danificadas durante a guerra, na melhoria da qualidade do serviço e na rentabilização económica e financeira da Empresa.

A este respeito salientam-se, entre outros, os seguintes objectivos estratégicos:

- A melhoria doa qualidade dos serviços aso clientes,

- A expansão da rede eléctrica doméstica e regional;
- O desenvolvimento institucional da EDM, em particular no concernente à criação de uma força de trabalho produtiva e motivada;
- A participação na exploração do potencial hídrico do País.

Para a satisfação desses objectivos foram lançadas as seguintes bases para a viabilização e a modernização da Empresa:

- A reestruturação institucional da Empresa, assente na promoção da competência, melhoria de gestão e desempenho;
- A criação de Direcções Regionais e Áreas Operacionais para tornar mais transparente as áreas, funções e responsabilidades, delegando maior autonomia de decisão;
- A criação de Departamentos Comerciais e a expansão do sistema de facturação em todas Áreas operacionais;
- Acções para tornar a EDM numa Empresa comercialmente viável, e para reduzir as perdas de energia ao longo do sistema de produção, transporte, facturação e cobranças.

Ao mesmo tempo, a EDM preparou-se para mais uma fase de expansão e consolidação, resultante, por um lado, do crescimento económico do País e, por outro lado, da aprovação da lei da Electricidade abrindo-se assim a possibilidade de concorrência no sector eléctrico nacional.

A melhoria do desempenho da Empresa passou pela concentração das suas actividades a nível do seu objecto social, estando as actividades que não se enquadram neste âmbito, estarem na perspectiva de serem exploradas em parceria com terceiros ou cedidas através da simples alienação ou contratos de gestão.

3.2. Descrição do local da realização do estágio

O estágio teve lugar na empresa EDM-EP, na Direcção Regional da Cidade de Maputo (DRCM), Delegação Ka-Guava.

A Delegação Ka-Guava centra-se nas Redes de Distribuição de Média e baixa Tensão, desenvolvendo as seguintes actividades:

- Manutenção de Redes;
- Novas Ligações;
- Operações (vulgo Piquete)

Recebe duas linhas (EK4 e EK5) que saiem da Subestação de Magoanine, recebe uma linha que sai da SE de Muntanhane (pertencente a Delegação Ka-Mavota) que alimenta o bairro com o mesmo nome, uma parte da Vila de Marracuene e a Vila Pitanga.

Além de depender dessas linhas, a Delegação Ka-Guava, tem duas Subestações (a SE Marracuene e SE 10, localizada em Zimpeto, bem perto da Ponte de Zimpeto).

A SE Marracuene tem 4 ramais de saída:

01. EL-Macaneta: alimenta directamente a Macaneta
02. EL-Guava: alimenta Guava
03. EL- Vila: Uma linha descongestionada que alimenta a vila de Marracuene
04. EL15: O objecto do estudo desse projecto

A EL15 apresenta dois Ramais, o Ramal dos 4 Postes de Mali e o ramal Bobole que é o objecto do estudo desse projecto cujo o troço sai da SE Marracuene até Bobole que se estende até à Multinacional Heineken, mostrado no desenho 101.

A EL 15 é uma linha de média tensão em 33 Kv cuja ponta máxima é de aproximadamente 2.5 MW e a sua fonte é a SE Marracuene que tem um transformador com uma capacidade de 20MVA. A capacidade da linha EL 15 é de 45 A correspondente a 2.572MVA.

Em termos de compensação descongestionou-se a carga da linha que vai a FACIM abrindo o seccionador que está perto do PT 250R e desta forma, foram afectados os seguintes Postos de Transformação:

- PT 249R 100 KVA

- PT 54R 160 KVA
- PTP 250 KVA
- PT 258R 315 KVA
- PT 263R 250 KVA
- PTP 145R 100 KVA
- PT 89R 315 KVA

Os Postos afectados passam a receber da SE10 dando um cumulativo de 1.49 MVA

Figura 4: Ponte da linha EL 15

O desenho 102 ilustra a LA – Ramal Bobole.

Os locais de intervenção, a, b, c e d estão descritos no ponto 3.3. e a legenda do diagrama se encontra no desenho 302.

Em suma, O estágio foi realizado no local acima citado na área de Manutenção e Operações.

Durante a realização do estágio foram verificadas várias interrupções na linha EL15, cuja a mesma careta de protecções adequadas para cada troço alimentado pela EL15, isoladores rachados que criam contornamento, falta de manutenção em alguns troços, falta de selectividade nas protecções dos transformadores na parte de média tensão assim como na baixa tensão que causa sempre o desligamento de toda linha a partir da subestação, interferindo desta forma, o fornecimento contínuo da energia para aqueles que são os grandes consumidores da EDM (como a nova fábrica das cervejas de Moçambique e Heineken), causando grandes perdas monetárias.

De acordo com os relatórios da EDM da mesma Delegação, constata-se na maioria das vezes há falta de manutenção em alguns troços devido à falta de acesso como é o caso do ramal que atravessa na nova CDM.

3.3. Medidas a serem tomadas para o melhoramento da linha

a) Desviar a linha na curva do Roger´s devido à cova feita durante a construção da estrada circular. Os apoios que se encontram ao redor dessa cova estão em risco.

Figura 5: Postes em risco ao redor da cova do Roger´s

A proposta do novo trajecto para o desvio se encontra no desenho 201

b) Fazer a manutenção para se verificar o estado dos isoladores

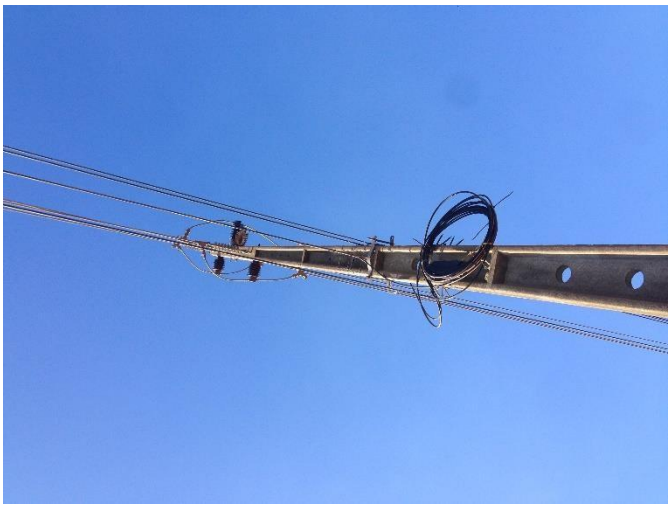


Figura 6: Isoladores rachados devio ao contornamento

c) Mudar a trajectória da linha por vários motivos como:

- Condutores passando por cima de residências em muitos locais impossibilitando desta forma o acesso.

Figura 7: Condutores atravessando residências, Autor (2024)

- Trajectória da linha nas matas a partir da nova CDM e condutores próximos às árvores.

Figura 8: Falta de acesso e trajectória no mato, Autor (2024)

A trajectória da linha CDM – Bobole se encontra no desenho 202

d) Enterrar Cabos cuja a linha de 33 Kv faz intersecção com a linha de 66 Kv. Em Pussulane tem em construção uma empresa e a linha de 33 Kv faz intersecção com a de 66 Kv e que a altura da linha de 33 Kv é muito inferior ao recomendado. Como ilustram as imagens abaixo.

Figura 9: Intersecção da linha de 33 Kv com a de 66 Kv, Autor (2025)

Muitos dos problemas encontrados na linha se resumem em falta de manutenção devido às dificuldades de acesso à linha principalmente a partir da nova CDM até Bobole.

Como solução para este problema, irá se construir uma nova linha que estará em paralelo com a EN1 a partir da fábrica da CDM até Bobole e propor as técnicas que devem ser doptadas para a munutenção.

A linha a ser construída terá uma extensão de 10.5 Km como ilustra o mapa do desenho 002.

CAPÍTULO IV – DESCRIÇÃO DO MATERIAL

4.1. Tensão normalizada

A tensão que se usa nas redes de distribuião na região de Marracuene é de 33 KV e que a mesma se encontra em uso na linha em estudo.

4.2. Cabos

Os cabos condutores a usar na construção de linhas aéreas de média tensão serão de alumínio reforçados com fios de aço designados por “ACSR”. E para este projecto será o Cabo ACSR “MINK” com a secção de $70mm^2$.

Sendo que a distância é de 10.5 km (CDM – Bobole), serão necessários 10.5 km de comprimento do cabo e mais 2.5 km do cabo para o desvio de Roger´s.

Para o bairro de Pussulane são necessários 45 metros cabo XLPE de $70mm^2$.

4.3. Apoios

Os apoios a usar são de eucalipto creosotado cujo nome é “EUCALYTUS SALIGNA”.

As dimensões dos apoios são:

Altura ..... 12,25; 15,00 e 18,00m. Diâmetro
do topo ..... 0,12 a 0,15m.

Atendendo ao comprimento total do apoio, à profundidade do encastramento do apoio no solo, a altura do solo a que os condutores devem ficar e também à distância do topo a que os condutores serão fixados nos postes, os vãos máximos permitidos, para os diferentes cabos e tipos de apoio, no caso do terreno ser plano e horizontal e de não haver quaisquer acidentes ou obstáculos encontram-se no ANEXO 2.

Contudo considerando as condições climatéricas do nosso país (temperaturas e velocidades dos ventos), onde serão implantadas estas linhas, os vãos óptimos de montagem em função do tipo de condutor a ser utilizado são os mostrados na segunda tabela do ANEXO 3.

No projecto em estudo serão usados apoios de 18 metros de altura sob um vão de 120 metros e, a quantidade dos apoios necessários é de:

$N_{ap} = \frac{L}{l} = \frac{10500}{120} = 87.5$ para o troço CDM – Bobole e $N_{ap} = \frac{L}{l} = \frac{2000}{120} = 16.7$

São necessários 105 apoios e, uma vez que serão também inclusos apoios de reforço são no total necessários mais 10 apoios totalizando 115.

4.4. Isoladores

Para montagem normal em alinhamento, tendo em conta as características tropicais das regiões onde a linha se vai desenvolver, foram adaptados na EDM isoladores rígidos de eixo vertical e cuja referência da ELECTRICAL LINE COMPONENTS (E.L.C.) para 33 KV é H.T. 1018

São necessários 342 isoladores incluindo 110 KITs de travessas metálicas horizontais para linhas de 33 Kv.

4.5. Encastramento dos apoios no solo

Os apoios serão implantados directamente no solo e atacados simplesmente com pedra solta e areia. Recomenda-se a colocação de uma coroa de pedras duras de dimensões convenientes (± 30 cm) na base do poste e outra no terço superior da escavação devendo a altura destas coroas ser aproximadamente igual ao diâmetro do poste (Desenho 301)

4.6. Apoios de Reforços

Tem sido prática na Electricidade de Moçambique a montagem de um apoio de reforço em cada 15 a 20 apoios de alinhamento.

Dos três tipos de apoios apresentados nos desenhos 204, 205 e 206, o mais aconselhável é o do tipo em pórtico (desenho 206), pois é sem dúvidas o mais robusto.

O apoio de reforço com um único poste, deve ser somente usado quando os esforços em jogo, no caso de danificação, forem reduzidos como é o caso das linhas com cabos SQUIRREL.

O apoio de reforço usando travessas (canadianas), deve ser evitado o seu uso, devido aos momentos torçores que gera no caso de avaria.

No seguinte projecto serão montados apoios de reforço em cada 15 apoios, significando que em todo troço da linha nova a ser construída serão visíveis 5 apoios de reforço.

Em cada apoio de reforço serão colocados seccionadores para manobras em caso de manutenção parcial.

Para além de seccionadores, serão colocados os dropouts em cada ramal que alimenta um PTP para evitar o corte de energia em todo troço enquanto a falha ocorreu num ponto específico.

A tabela do ANEXO 4 ilustra a flecha máxima que vai ser usada em função do vão e da temperatura.

4.7. Armações

O comprimento das cadeias de isoladores será considerado igual a 0, porque todos os vãos estão em amarração.

De acordo com a tabela do ANEXO 4, para um vão de 120 metros a flecha mínima é de 0.900 metros e a máxima é de 1.879 metros.

$$D_{min} = 0{,}75 \times 0.6 \times \sqrt{0.9 + 0} = 0.427\, m$$

$$D_{máx} = 0{,}75 \times 0.6 \times \sqrt{1.879 + 0} = 0.617\, m$$

$$D_{min} \leq D \leq D_{máx}$$

De acordo com o Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão (RSLEAT), a distância mínima entre dois condutores não pode ser inferior a 0,45m, portanto, a condição acima é satisfeita para D=0.45 metros.

4.8. Estimativa de custo

Tabela 2: Estimativa de custo

Nome:	Montagem de uma linha de média tensão				
	MATERIAL -A	**Local:**	**MARRACUENE**		
ORD	**DESIGNAÇÃO**	**UN**	**QTD**	**V. UNIT.(Mts)**	**V.TOTAL (Mts)**
	REDE DE MT				
1	Apoios de madeira de 15 metros	un	115	9,530.00	1,095,950.00
2	Isoladores H.T. 1018	un	345	650.00	224,250.00
3	KIT de ferragens horizontais	un	110	235.00	25,850.00
4	Condutor ACSR MINK 70 mm2	m	33000	350.00	11,550,000.00
5	Seccionadores	un	15	4,675.00	70,125.00
6	Cabo XLPE 70 mm2	m	45	2,750.00	123,750.00
	SUBTOTAL (1)				**13,089,925.00**

	VALAS E LANÇAMENTO DE CABOS	**UN**	**QTD**	**V. UNIT.(Mts)**	**V.TOTAL (Mts)**
ORD	Abertura e tapamento de vala para poste	un	115	1,500.00	172,500.00
1	Taxa municipal de ocupação de solo	m	0	-	0.00
2	Macico para portico	un	0	-	0.00
3	Taxa de fiscalizacao		30%		3,926,977.50
4					
	SUBTOTAL (2)				**4,099,477.50**
	TOTAL A = (1+2)				**17,189,402.50**

	MAO DE OBRA - B	QTD	H	SAL./HORA	V. TOTAL (Mts)
	Técnico Superior	1	160	1,702.59	272,414.08
1	Técnico	1	160	986.26	157,802.24
2	Oficiais	3	160	705.53	338,656.32
3	Electricistas	3	160	556.86	267,293.76
4	Auxiliares	3	160	330.99	158,875.82
5				**TOTAL - B**	**1,195,042.22**
6					
	TRANSPORTE - C	QTD	H	CUSTO/HORA	V. TOTAL (Mts)
7	Camião	1	120	1,200.00	144,000.00
8	Grua	1	72	1,750.00	126,000.00
9	Carrinha	1	120	450.00	54,000.00
	TOTAL - C				**324,000.00**

Soma (A + B + C)	18,708,444.72
ADMINISRTRAÇÃO (10%)	1,718,940.25
IVA (17%)	3,180,435.60
TOTAL	23,607,820.58

4.9. Proposta de manutenção

Muitas interrupções ao longo da linha são originadas devido à falta de manutenção, como foi observado durante a realização do estágio o caso de isoladores rachados, apoios inclinados, entre outros aspectos.

No seguinte trabalho são propostas as manutenções dos isoladores, apoios e PT´s.

Muitos acidentes e/ou mortes que acontecem na EDM durante a manutenção sao originados por excesso de confiança, ou seja, por não cumprimento das cinco regras de ouro.

4.9.1. As cinco regras de ouro

Os acidentes de oriegm eléctrica são responsáveis por muitas lesões corporais, causando dor e sofrimento, não só ao trabalhador acidentado mas também aso seus familiares directos.

Os acidentes podem causar perdas ou penalizações financeirasà empresa devido às interrupções no fornecimento de energia e aos custos associados à assistência médica e medicamentosa ao trabalhador acidentado.

Para evitar que os acidentes eléctricos aonteçam, após avaliar a natureza do trabalho a realizar e seleccionar as ferramentas e equipamentos adequados, as seguintes regras devem ser *OBRIGATORIAMENTE* observadas:

A. **Efectuar o corte visível**: Isolar a área de trabalho de todas possíveis fontes de tensão através da abertura e encravamento (na posição aberto) dos respectivos disjuntores e seccionadores;

B. **Bloquear**: Encravar na posição aberto os disjuntores e seccionadores;

C. **Verificar a ausência de tensão**: Quer na origem (fonte de tensão) quer no local de trabalho em cada uma das fases da rede ou equipamento eléctrico envolvido;

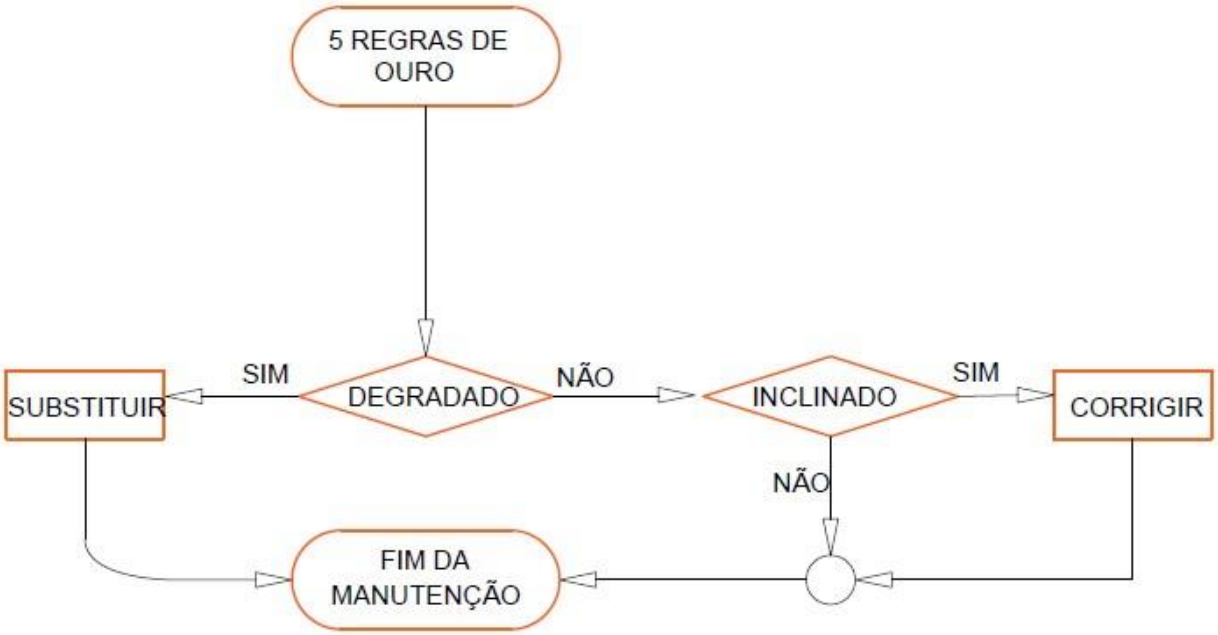
D. **Establecer ligações à terra e em curto-circuito**: aplicar curto-circuitadores a aterrar a rede ou equipamento objecto de intervensão na origem (fonte de tensão) e no local de trabalho;

E. **Delimitar a zona de trabalho**: Delimitar e sinalizar convenientemente a área ou zona onde decorrem os trabalhos, impedindo o acesso indevido às zonas com perigo.

4.9.2. Manutenção dos isoladores

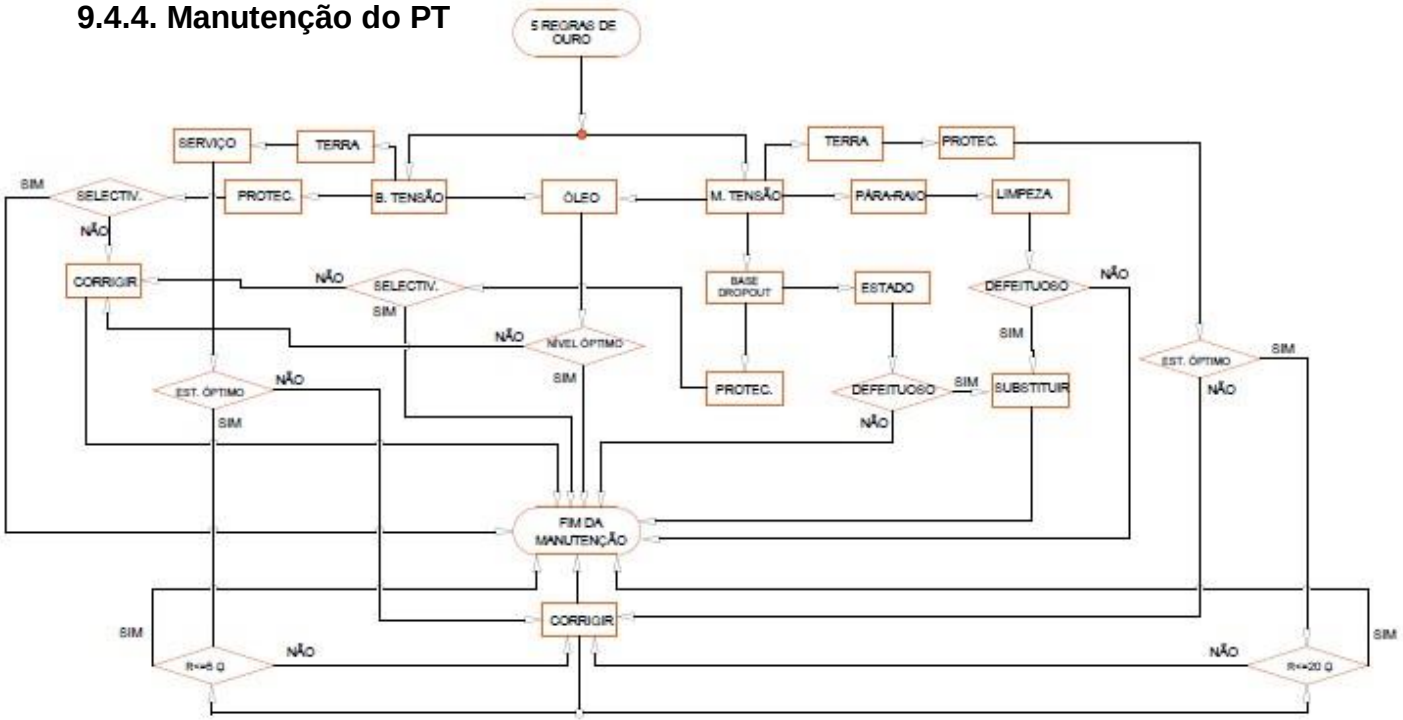
Fluxograma 1: Manutenção de isoladores, Autor (2020)

4.9.3. Manutenção de apoios



Fluxograma 2: Manutenção dos apoios, Autor (2020)

9.4.4. Manutenção do PT



Fluxograma 3: Manutenção do PT

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Terminado o projecto e com base na metodologia proposta, foi possível atingir o objectivo geral deste trabalho.

A pesquisa de revisão bibliográfica deu base para todos os outros objectivos a serem alcançados. Descreveu de forma resumida a caracterização de uma rede eléctrica de média tensão que começou do conceito até à decisão final que culminou com a proposta de construção de uma nova linha no trajecto em que o acesso é quase impossível e, posteriormente foi também proposta a manutenção da linha.

Com a construção da nova linha será feita de forma razoável a manutenção uma vez que a linha estará em paralelo com a estrada. Em cada 15 apoios na nova linha a ser construída serão colocados seccionadores para permitir manobras simples impedindo ainterrupção completa da linha em caso de novas ligações e/ou mesmo manuetnção parcial.

Nos ramais que se encontram ligados PTP´s serão colocados Dropout´s para permitirem o corte parcial em caso de surto num dados ramal.

O transformador de 315 KVA que se encontra na Heineken é usado para serviços auxiliares e, actualmente, a nova fábrica de CDM não usa a energia da linha EL15, a carga de produção é alimentada a partir da subestação móvel como alternativa enquanto se aguarda a construção da subestação de Matalane. O transformador que lá se encontra é da empresa SS Construções.

Nas manutenções serão seguidos os ***trabalhos realizados no âmbito de manutenção***.

5.2. Recomendações

A construção da nova linha na rede de EL 15 no troço Bobole-Nova CDM não resolve todos os problemas de oscilação e de cortes frequentes de energia eléctrica, visto que, para além da deficiente manutenção, há mais outras causas que provocam o desligamento contante da linha

Como em todo trabalho de pesquisa, este não teve a pretensão de preencher todas lacunas existentes, muitas ainda persistem e devem ser seguidas para aprimorar as técnicas de mitigação de problemas de energia eléctrica e outros problemas que afectam de forma negativa o rendimento da linha.

Nesse sentido, recomenda-se à CDM para que nos estudos futuros, entre os vários que possam contribuir para a construção do conhecimento sobre o tema, um aprofundamento no monitoramento dos sistemas com vista a levantar índices de ocorrência de problemas relacionados com a oscilação de energia, de modo a se obter resultados satisfatórios como enumeração dos apoios para fácil localização em caso de qualquer problema indicado nas propostas de manutenção de isoladores e de apoios.

Recomenda-se ainda que deve haver atualização das séries dos módulos de visualização das grandezas principais da rede (tensão e potência) porque em todas linhas pertecentes a SE Marracuene não existe nenhuma EL 3.

CAPÍTULO VI – BIBLIOGRAFIA

6.1. Bibliografia

[1] ABB. 2013. Reactive Power Compensation.

[2] ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 10, No 7. p. 28612866.

[3] Association Française de Normalisation (AFNOR), (1984), Norme AFNOR NF X60-010, 1984, La Plaine Saint-Denis

[4] Cabelte – http://www.cabelte.pt, 25 de Maio de 2020.

[5] CABRAL, J.P. (2013), Organização e Gestão de Equipamentos, Instalações e Edifícios, Lisboa: Lidel – Edições Técnicas, Lda

[6] CESPEDES. R. G. January 1990.New Method for the analysis of distribution system." IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 5, No. 1, p. 391-396.

[7] CHIANG, H.; HSIAO, X. 1991. A decoupled load flow method for distribution power networks: algorithms, analysis and convergence study. Electrical Power & Energy Systems, pp. 130-148.

[8] COELHO, Bruno M. 2012 Classificação das tipologias de rede da EDP

[9] CROCE, Pierre. 2013. Evolution of Low Voltage Network. Master degree thesis in Power Systems. Stockholm-Sweden.

[10] CYRILLO, I. 2011. Estabelecimento de Metas de Qualidade na Distribuição de Energia Eléctrica por Optimização da Rede e do Nível Tarifário. Dissertação de Mestrado. São Paulo.

[11] DECRETO n° 42/2005 de 29 de Outubro. Normas referentes a Planificação, Construção, Posse, Manutenção, Operação de Instalações de Produção, Transporte e Distribuição de energia eléctrica. Suplemento do Boletim da República – I Série Número 47.

[12] ebah. (2016). Plano de Manutenção de um Posto de Transformação. [Online]. http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhD-cAH/plano-manutencaoposto-transformacao. [Julho, 2020].

[13] EDM (Direcção da Rede de Transporte). 2011. Caracterização e Qualidade Técnica da Rede Nacional de Transporte. Maputo.

[14] FARINHA, J.M.T. (2011), A Tecnologia e as Ferramentas de Gestão de Manutenção, Lisboa, Monitor

[15] FELBER, Luís A. 2010. Regulação de Tensão nas subestações de Distribuição de Energia Eléctrica. Universidade Federal de Itaújuba, Minas Gerais.

[16] Ferreira, José Rui; "*Linhas de Transmissão*", FEUP, 2004.

[17] FIDALGO, J. Nuno; AKILIMALI, J. Sumaili, Abril 2010. Análise e Selecção de Intervenções para Redução das Perdas nas Redes de Distribuição - Análise de perdas em redes MT, Projecto ASIRP, INESC Porto.

[18] FRAGOAS, Alexandre G. 2008. Estudo de caso do uso de Bancos de condensadores em uma rede de distribuição primária – indicativos da sua viabilidade económica, Universidade São Paulo, São Carlos.

[19] GLOVER, J. D., SARMA, M. S., OVERBYE, T. S. 2012. Power System Analysis and Design. 5a edição, Editora Cengage Learning.

[20] HAQUE, M. H. April 2000. A General Load Flow method for Distribution System. Electric Power System Researches, Vol. 54, No. 1, p. 47-54.

[21] IEEE Std 519-1992, IEEE Recommend practices and Recommend Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical in Power Systems. New York, USA.

[22] KAGAN, N. OLIVEIRA, C. B; ROBBA, E. J. 2005. Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Eléctrica. 1ª ed. São Paulo: Editora Edigard Blucher, pp.6-20.

[23] KUNDUR, Prabha, 1994.Power System Stability and Control, Mc Graw Hill.

[24] Leite, Hélder; "*Elaboração de Projectos de Linhas Aéreas de Distribuição de Energia*", FEUP 2008.

[25] McDONALD, J. D., et. al. Distribution System, Substations and Integrations Distributed Generations. Atlanta, USA.

[26] MERLIN, A.; BACK, H. September 1975. Search for a Minimal-Loss Operating Spanning Tree Configuration in an Urban Power Distribution System. In Proceedings of the 1975 Fifth Power Systems Computer Conference, Cambridge, UK; pp. 1–18.

[27] MONTICELLI, A.; GARCIA, A. 2003. Introdução a Sistemas de Energia Eléctrica. Campinas: Editora da Unicamp.

[28] Morais, F.A. (2007), Estrutura Empresarial em Portugal – Conferência Internacional sobre PME´s: Consultado no dia 20 de Maio de 2020 em http://www.ctoc.pt/fotos/editor2/Estrutura Empresarial.pdf

[29] NP EN13306: 2010 – Terminologia da Manutenção, Instituto Português de Qualidade, Portugal

[30] PINTO, Leandro A. 2015. Viabilidade Económica da Implantação de Compensadores Série Dinâmicos em redes de distribuição de energia eléctrica, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

[31] Recomendações para Linhas Aéreas de Média Tensão até 35 kV, Direcção Geral de Energia, Edição 1986.

[32] Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão, Direcção Geral de Energia. Lisboa, Abril de 1993.

[33] *Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão*, Direcção Geral de Energia. Lisboa, Junho de 1993.

[34] SANKARAN, C. 2002. Power Quality. CRC LLC Press. Boca Raton. United States.

[35] SCHMIDT, H. P.; IDA, N.; et al. August 2005. Fast reconfiguration of distribution systems considering loss minimization. IEEE Trans. Power System, Vol. 20, no. 3, pp.1311–1319.

[36] SITI, M.W.; NICOLAE, D.V.; JIMOH, A.; et al. Oct 2007. Reconfiguration and Load Balancing in the LV and MV Distribution Networks for Optimal Performance IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 22, No. 4.

[37] Solidal; "*Condutores Eléctricos - Catalogo*", Quintas & Quintas, Condutores eléctricos, SA.

[38] SURESHKUMAR, K.; VIJAYAKUMAR, P. 2015. Distribution Network

[39] WAN, Ferry A. V. 2008.Voltage Control and Voltage Stability of Power Distribution System sin the Presence of Distributed Generation. Doctor Philosophy. Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.

[40] WILLIS, L. 1997. Power Distribution Planning Reference Book, Text, editorial Marcel Dekker,

[41] ZIMMERMAN, Ray D. 1995. Comprehensive Distribution Power Flow:

ANEXOS

A

ANEXO 1: Valores da pressão dinâmica do vento

Altura acima do solo (m)	Pressão dinâmica (Pa)	
	Vento máximo habitual	Vento reduzido
Até 30	750	300
De 30 a 50	900	360
Acima de 50	1050	420

ANEXO 2: Vãos máximos

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

ANEXO 3: Vão Óptimo

CABOS	SQUIRREL	FERRET	MINK
Vão óptimo (m)	76	101	120

ANEXO 4: Flecha máxima

Vãos \ T.m	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
50	0,102	0,109	0,118	0,129	0,141	0,159	0,174	0,196	0,222	0,256	0,296
55	0,123	0,133	0,144	0,156	0,171	0,189	0,210	0,236	0,268	0,306	0,352
60	0,148	0,159	0,172	0,187	0,204	0,226	0,251	0,281	0,317	0,361	0,411
65	0,174	0,187	0,202	0,220	0,241	0,256	0,294	0,329	0,370	0,419	0,475
70	0,203	0,218	0,236	0,256	0,280	0,308	0,342	0,381	0,427	0,481	0,542
75	0,234	0,252	0,272	0,296	0,323	0,355	0,393	0,437	0,488	0,547	0,612
80	0,275	0,296	0,320	0,348	0,381	0,419	0,464	0,515	0,574	0,640	0,712
85	0,322	0,347	0,377	0,410	0,450	0,495	0,547	0,607	0,674	0,747	0,826
90	0,375	0,406	0,441	0,481	0,528	0,581	0,642	0,709	0,784	0,864	0,949
95	0,437	0,473	0,515	0,562	0,617	0,679	0,748	0,824	0,905	0,992	1,081
100	0,507	0,550	0,599	0,655	0,718	0,788	0,865	0,949	1,038	1,129	1,223
105	0,587	0,638	0,695	0,759	0,831	0,910	0,995	1,086	1,180	1,277	1,374
110	0,678	0,737	0,804	0,877	0,958	1,045	1,137	1,234	1,333	1,433	1,534
115	0,782	0,850	0,936	1,008	1,077	1,192	1,291	1,393	1,496	1,599	1,702
120	0,900	0,977	1,062	1,153	1,250	1,352	1,456	1,562	1,668	1,774	1,879
125	1,032	1,119	1,213	1,312	1,416	1,523	1,632	1,741	1,850	1,958	2,065
130	1,180	1,278	1,378	1,484	1,594	1,705	1,818	1,930	2,041	2,151	2,259
135	1,344	1,448	1,557	1,669	1,783	1,898	2,013	2,128	2,240	2,352	2,461
140	1,522	1,634	1,749	1,866	1,984	2,102	2,219	2,335	2,449	2,651	2,671
145	1,716	1,833	1,953	2,074	2,194	2,314	2,433	2,550	2,666	2,779	2,890
150	1,923	2,045	2,169	2,292	2,415	2,537	2,657	2,775	2,891	3,005	3,116
155	2,143	2,269	2,395	2,521	2,645	2,768	2,889	3,007	3,124	3,238	3,351
160	2,375	2,504	2,632	2,759	2,884	3,008	3,129	3,249	3,366	3,481	3,593
165	2,628	2,749	2,879	3,006	3,133	3,257	3,378	3,378	3,615	3,731	3,844
170	2,872	3,004	3,134	3,263	3,389	3,514	3,636	3,756	3,873	3,989	4,102
175	3,135	3,268	3,399	3,528	3,654	3,779	3,901	4,021	4,139	4,255	4,369
180	3,408	3,541	3,672	3,801	3,928	4,052	4,175	4,295	4,413	4,522	4,643
185	3,690	3,823	3,954	4,083	4,210	4,334	4,456	4,577	4,695	4,811	4,925
190	3,980	4,113	4,244	4,373	4,499	4,624	4,746	4,866	4,984	5,101	5,215

T.m - Temperatura de Montagem

PEÇAS DESENHADAS

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante:Gildo Paulino

Referência do tema:2020ELEPPL01

Data: ___/___/2025

Título do tema:Análise das técnicas de manutenção da linha EL15 de média tensão no troço Marracuene – Bobole.

1. Resumo					
1.1.Apresentação dos pontos chaves 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)										

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.

O supervisor

_____

Maputo, ____ de Março de 2025

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Gildo Paulino

Referência do tema: 2020ELEPPL01

Data: ___/___/2025

Título do tema: Análise das técnicas de manutenção da linha EL15 de média tensão no troço Marracuene – Bobole.

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)										

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 audiovisuais	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)**	

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL Nome do estudante: Gildo Paulino

Referência do tema:2020ELEPPL01

Data: ___/___/2025

Título do tema: Análise das técnicas de manutenção da linha EL15 de média tensão no troço Marracuene – Bobole.

Membros do júri	**Assinatura**
Membro 1 (O presidente)	
Membro 2	
Membro 3	

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

CLASSIFICAÇÃO FINAL =(N1*A+N2*B) /100	

Maputo, _____ de _____ de 2025