



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**RELATORIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**Titulo:**

**REDIMENSIONAMENTO DE LINHA DE 110 KV (CL3A) QUE INTERLIGA AS SUBESTAÇÕES DE MACIA E DZIMBENE NA PROVINCIA DE GAZA.**

**AUTOR:**

Erasmu Andrícimo Munguambe

**SUPERVISOR:**

Prof.Dr.Eng. Zacarias Chilengue

**Maputo, Maio de 2023**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**Título:**

**REDIMENSIONAMENTO DE LINHA DE 110 KV (CL3A) QUE INTERLIGA AS  
SUBESTAÇÕES DE MACIA E DZIMBENE NA PROVINCIA DE GAZA.**

**AUTOR:**

Erasmus Andrícimo Munguambe

**SUPERVISOR:**

Prof.Dr.Eng. Zacarias Chilengue

**Maputo, Novembro de 2022**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**CURSO: ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Declaro que o estudante Erasmo Andrícimo Munguambe entregou no dia 26/05/2023 as 3 cópias do relatório do seu estágio profissional com referência: 2023ELEPPL03.  
Intitulado: **REDIMENSIONAMENTO DE LINHA DE 110 KV (CL3A) QUE INTERLIGA AS SUESTAÇÕES DE MACIA E DZIMBENE NA PROVINCIA DE GAZA.**

Maputo, Maio de 23

A chefe da secretaria

---



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**Declaração de Honra**

Eu, Erasmo Andrícimo Munguambe, declaro que este relatório de Estágio Profissional nunca foi apresentado para obtenção de qualquer grau e que ela constitui o resultado do meu labor individual.

\_\_\_\_\_  
(Erasmo Andrícimo Munguambe)

26 / 05 / 2023

Data

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha esposa, meus filhos que em várias ocasiões necessitaram da minha atenção e não podia corresponder porque estava estudando. Dedico também aos meus pais e minha família no geral pelo apoio e suporte do dia-a-dia.

## **AGRADECIMENTO**

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus pela vida, saúde e a força assim como sabedoria que tem depositado em mim por forma a superar os desafios do dia-a-dia.

A minha família pelo incentivo e apoio que serviram de base para a concretização desta meta. A todos os meus colegas da faculdade que compartilhamos inúmeros desafios, mas com união e espírito de ajuda mútua conseguimos superar.

Aos meus Docentes que desde o primeiro dia que entrei na faculdade de forma incansável tem transmitido para além do conhecimento científico os valores nobres da vida.

Um agradecimento muito especial ao meu supervisor Prof.Dr.Eng. Zacarias Chilengue pela disponibilidade e paciência.

## RESUMO

O presente trabalho é resultado do problema detectado durante estágio profissional realizado na empresa EDM-DTSU que consiste na necessidade de aumento da capacidade de transporte de energia da linha CL3A da rede de transmissão sul que interliga as subestações de Dzimbene e Macia na provincia de Gaza. Para solucionar o problema fez se o levantamento da capacidade instalada assim como os carregamentos máximos registados na linha. Com base no carregamento determinou se a potencia a transportar seguida da determinação da corrente de serviço da linha. Com a corrente de serviço chegou se a conclusão de que a melhor alternativa entre fazer uma nova linha ou duplicar a secção da já existente é substituir o condutor Dove com capacidade de 500 A por condutor Lisbon que elevou a capacidade da linha para 1200 A. Com este aumento da capacidade confere-se uma fiabilidade do sistema de transmissão sul principalmente nas províncias de Gaza e Inhambane visto que a sua alimentação é garantida pela linha CL3 A.

**Palavra-chave:** Linhas Aéreas, Cálculo Eléctrico.

# ÍNDICE

Dedicatória .....	III
Agradecimento .....	IV
Resumo .....	V
Lista de abreviaturas .....	IX
Lista de símbolos.....	X
Lista de figuras .....	XI
Lista de tabelas .....	XII
1 Introdução .....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Formulação do problema.....	1
1.3. Justificativa .....	2
1.4. Objetivo Geral .....	2
1.5. Objetivo específico .....	2
1.6. Metodologia.....	3
2 Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Linhas aéreas de transporte de energia eléctrica.....	4
2.2. Elementos constituintes de linha aérea de transporte de energia.....	4
2.2.1. Cabos condutores e elementos de sustentação .....	5
2.2.2. Isoladores .....	10
2.2.3. Apoios ou estruturas das linhas de transmissão.....	12
2.2.4. Ferragens e acessórios .....	13
2.2.5. Equipamentos de corte e manobras.....	15
2.2.6. Equipamento de medida e proteção .....	18
2.3. Traçado de uma Linha Aérea .....	21
2.4. Cálculos das linhas aéreas de transporte.....	22
2.4.1. Cálculos mecânicos .....	22

Distâncias mínimas de segurança conformem R.S.L.E.T .....	22
Tracção máxima a aplicar no condutor.....	26
Flecha.....	26
2.4.2. Cálculo eléctrico.....	27
3. Discrições gerais da actual linha CL3A .....	32
3.1. Capacidade instalada nas SEs alimentadas a partir da CL3A.....	32
3.2. Pontas máximas registadas na linha CL3A de 2017 a 2022 .....	33
4. Redimensionamento da linha CL3A .....	35
4.1. Determinação da potência a transportar. ....	35
4.2. Tensão de transporte .....	35
4.3. Cálculo da corrente máxima de serviço.....	35
4.4. Escolha do condutor e a respectiva secção. ....	36
4.4.1. Determinação dos parâmetros do condutor .....	36
4.4.2. Verificação da queda de tensão.....	37
4.4.3. Perda de energia .....	37
4.4.4. Densidade de corrente.....	38
4.4.5. Verificação da capacidade de curto-circuito .....	38
4.5. Cálculo de dispositivos de corte e protecção .....	38
4.5.1. Dimensionamento de seccionadores e disjuntores.....	38
4.5.2. Dimensionamento de TPs, TIs e a impedância de ajuste do relé .....	39
4.6. Determinação de parâmetros mecânicos e de segurança .....	39
4.6.1. Tracção máxima a aplicar .....	39
4.6.2. Cálculo da flecha .....	40
4.6.3. Cálculo de distâncias de segurança. ....	40
5. Conclusao e Recomendacoes.....	42
5.1. Conclusão .....	42
5.2. Recomendações.....	42
6. Referencias Bibliograficas .....	43

## APÊNDICES

APÊNDICE 1: Diagrama ilustrativo das subestações alimentadas pela CI3A.....AP 1.1

APÊNDICE 2: Diagrama unifilar da subestação eléctrica de Dzimbene..... AP 2.2

APÊNDICE 3: Diagrama unifilar da subestação eléctrica de Macia ..... AP 3.3

## ANEXOS

ANEXO 4: Característica de condutor lisbon ..... A 4.4

ANEXO 5: Características dos condutores de alumínio ..... A 5.5

ANEXO 6: Dados da impedância característica do TR1 da SE Dzimbene ..... A 6.6

ANEXO 7: Algumas linhas da rede de transmissão sul (DTSU)..... A 7.7

ANEXO 8: Características de cabos eléctricos..... A 8.8

## LISTA DE ABREVIATURAS

AAAC - All Aluminium Alloy Conductor

ACCC- Aluminium Conductor Composite Core.

ACSR - Aluminium Cable Steel Reinforced

AGS - Armor Grip Suspension

AT - Alta Tensão

EDM - Electricidade de Moçambique

MAT - Muito Alta Tensão

OPWG - Optical Power Ground Wire

RSLEAT - Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão

SE11 - Subestação 11

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

TC - Transformadores de corrente

TT - Transformadores de tensão

LAT – Linha de alta tensão

## LISTA DE SÍMBOLOS

I – intensidade de Corrente eléctrica  
 $I_{cc}$  – corrente de curto circuito  
 $U_n$  – Tensão nominal  
S – Potência aparente  
s – Secção  
R – Resistência Ohmica  
 $R_{20^\circ}$  – Resistência Ohmica a 20 °C  
 $D_{mg}$  – Distância média geométrica  
 $R_{mg}$  – Raio médio geométrico  
 $D_{ab}$  – Distância entre a fase A e B  
r – Raio  
 $\emptyset$  –angulo de fase  
L – Indutância  
X – Reactância  
 $\Delta U$  - Queda de Tensão  
C - Capacitância  
B – Susceptância  
G – Condutância  
Y – Admitância  
Z – Impedância  
 $Z_{cc}$  – Impedância de curto-circuito  
 $P_R$  – Perdas de energia por efeito de Joule  
 $T_{max}$  – Tensão máxima  
 $\alpha$  – Coeficiente de dilatação linear  
T – Tracção  
 $f_{max}$  – Flecha máxima  
 $L_{cr}$  – Vão Crítico  
 $P_{transp}$  – Potência a transportar  
 $S_{inst}$  - Potência instalada  
 $\sigma$  – Densidade de corrente eléctrica

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: composição de condutor multifilar. ....	6
Figura 2: Condutor AAC .....	7
Figura 3: Condutor AAAC.....	7
Figura 4: Condutor ACSR.....	8
Figura 5: Condutor ACAR.....	9
Figure 6: Condutor ACCC.....	9
Figura 7: isoladores cerâmicos e de vidro a direita. ....	10
Figura 8: Isolador rígido a esquerda e isolador para acoplamento em cadeia .....	11
Figura 9: Pinça de suspensão .....	14
Figura 10: Pinça de amarração. ....	14
Figura 11: Dispositivo anti vibrador .....	15
Figura 12: Chave seccionador. Fonte:.....	16
Figura 13: Disjuntor de alta tensão a gás SF6.....	18
Figura 14: Para-raios.....	18
Figura 15: Transformador de potencial.....	19
Figura 16: Transformador de corrente .....	20
Figura 17: Relé de proteção. ....	21
Figura 18: geometria dos cabos de linha.....	25
Figura 19: esquema de ligação de rele de distância. ....	30
Figura 20: Diagrama de linha curta. ....	36

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Tipos de disjuntores.....	17
Tabela 2: Capacidades instaladas nas SEs .....	32
Tabela 3: Carregamentos máximos registados .....	33
Tabela 4: parâmetros de condutor Dove e Lisbon .....	41

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização

Economistas modernos para avaliarem o desenvolvimento de um país recorrem geralmente ao consumo per pita de energia eléctrica e o índice de crescimento desse consumo (RUBENS;1997) mas por vezes não é possível localizar as centrais de geração de energia aos grandes centros de consumo dai que surge a necessidade das linhas de transporte que assumem o papel de escoamento das potências produzidas nas centrais de geração para os grandes centros de consumo. É neste contexto que o presente trabalho irá debruçar sobre projecto de redimensionamento da linha aérea de 110 KV (CL3A) que interliga as subestações eléctricas de Dzimbene e Macia na província de Gaza por forma a corresponder positivamente á consumos cada vez crescentes resultantes de aparecimento de novas ligações rumo a acesso universal de energia eléctrica, meta do governo Moçambicano para 2030.

## 1.2. Formulação do problema

A linha CL3A é resultado da divisão da linha CL3 com 53 Km, construída em 1983 interligando as Subestações de Lionde e Macia. Esta linha CL3 foi feita em condutor DOVE com capacidade de 99 MVA suportado em torre treliça. Com a construção da subestação eléctrica (SE.) de Dzimbene a 5,3 Km da SE. Macia viu se a necessidade de Fracionar a linha CL3 (modo *in and out*), em CL3A (objecto em estudo) interligando SE's. Macia e Dzimbene e CL3B interligando SE's. Dzimbene e Lionde.

A SE. Dzimbene, ligado directanente a centrais GIGAWAT e CTRG em Ressano Garcia por meio da linha BL5 é uma subestação com uma potência instalada de 250 MVA. Mas sucede que a linha CL3A devido a sua menor capacidade (99 MVA) age como um limitante para o escoamento desta potência para a SE. Macia donde sai a linha CL2, que alimenta SE. Chicumbane. Da SE. Chicumbane parte a linha CL9 que alimenta a Móvel de Chongoene e SE. Lindela. Da SE. Lindela parte a CL10 que alimenta SE. Massinga. E da mesma SE. Macia, parte a linha CL1 que interliga as SE's Chinavane, Marracuene e chega até a SE. Infulene que é uma das maiores

subestações da região sul que comunica com a maior parte das subestações desta região. Em forma de resumo passando se pela linha CL3A pode se alimentar cargas das províncias Gaza, Inhambane e uma parte da província de Maputo conforme é ilustrado no desenho em apêndice 1

### **1.3. Justificativa**

Do que foi dito acima, é evidente a importância estratégica da linha CL3A visto que na indisponibilidade da CL1 garante se a continuidade de fornecimento de energia para as províncias de Gaza e Inhambane. Mas também na indisponibilidade da BL2 que é o alimentador principal da SE. Infulene, com a CL3A robustecida, no momento de contingência, por meio da CL1 pode se alimentar uma parte da carga da SE. Infulene.

Alimentando as subestações de distribuição das províncias de Gaza e Inhambane a partir da SE. Dzimbene reduzem se as perdas de energia tendo em conta a proximidade comparando com a alimentação a partir da SE. Infulene por meio da CL1.

### **1.4. Objetivo Geral**

- ❖ Redimensionar a linha CL3A que interliga as SE's Dzimbene e Macia na província de Gaza.

### **1.5. Objetivo específico**

- ❖ Apresentar breves descrições da actual linha CL3A;
- ❖ Fazer o levantamento da carga a ser conectada na linha CL3A;
- ❖ Identificar a melhor alternativa para aumento da capacidade da linha CL3A;
- ❖ Dimensionar os elementos constituintes da linha CL3A melhorada.

## **1.6. Metodologia**

A elaboração deste relatório será baseada na pesquisa bibliográfica, pesquisa do campo que culminará com a análise quantitativa assim como qualitativa de dados por forma a construir uma explicação e um conjunto de procedimentos.

### **❖ Pesquisa bibliográfica:**

-Leitura de livros, artigos no sentido de reunir informações sobre linhas elétricas de transporte;

-Consulta de catálogos de fabricantes assim como guias técnicos e científicos para conhecer as especificações do material.

### **❖ Pesquisa do campo:**

-Recolha de todos os dados necessários no local de implementação do projecto.

-Far-se-á consulta ao Centro Nacional de Despacho (CND), entrevistas a técnicos de Electricidade de Moçambique (EDM).

### **❖ Análise de dados:**

-Far-se-á deduções, análise quantitativa assim como qualitativa de dados por forma a construir uma explicação e um conjunto de procedimentos que permitam tirarmos inferências válidas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.**

Para os serviços de transporte e distribuição de energia eléctrica sejam providenciados de forma mais económica possível, garantindo segurança, qualidade e continuidade adequada, é necessário uma estrutura física constituída pelas linhas de transporte e distribuição. Estas estruturas podem ser linhas aéreas ou condutores subterrâneos estendidos em vários quilómetros conforme a distância existente entre a geração e os centros de consumo. Para o presente trabalho o foco será apenas para linhas aéreas.

### **2.1. Linhas aéreas de transporte de energia eléctrica.**

Trata se de redes eléctricas em que os condutores são mantidos a uma altura conveniente do solo por meio de isoladores e apoios apropriados. As linhas aéreas são de instalação e conservação económica comparando com as subterrâneas, mas são suscetíveis á avarias não só por estarem sujeito a factores ambientais (descargas atmosféricas, poeiras, chuvas, ventos),mas também provocados por agentes estranhos (aves, arrames, ramos de arvores etc.) (RUBENS;1997)

### **2.2. Elementos constituintes de linha aérea de transporte de energia.**

Nos dias de hoje, o aumento de competitividade no mercado energético faz com que as empresas que atuam nesta área procurem sempre melhorar o seu desempenho, visto que o alcance das vantagens competitivas é um importante critério para a permanencia das empresas no activo. A escolha do material certo acompanhado com a otimização do custo conduz a melhoria do desempenho.

A construção de uma linha electrica de transporte (LET) é um projecto complexo a nível económico assim como técnico, devendo atender a determinadas normas, leis, regulamentos impostas pelas legislações, daí que os elementos a constituírem as linhas devem permitir o cumprimento desses requisitos normativos, técnicos e

económicos. Para melhorar a abordagem de elementos constituintes das linhas aéreas podem ser agrupados da seguinte forma:

- Cabos condutores e elementos de sustentação;
- Equipamentos de corte e manobras;
- Equipamentos de medida e proteção.

### **2.2.1. Cabos condutores e elementos de sustentação**

#### **Cabos condutores e cabos de guarda.**

Os cabos condutores constituem os elementos activos propriamente ditos da linhas de transmissão, devendo, portanto, possuir características especiais. A sua escolha adequada representa um problema de fundamental importância no dimensionamento das linhas pois, não só depende dela o bom desempenho das linhas, como também tem importantes implicações de natureza económica (RUBENS; 1997).

Condutores ideais para linhas aéreas de transmissão seriam aqueles que apresentassem as seguintes características: alta condutibilidade eléctrica, baixo custo, boa resistência mecânica, baixo peso específico e alta resistência á oxidação e á corrosão por agentes químicos poluentes (RUBENS; 1997).

Nas linhas aéreas de alta tensão (AT) normalmente é utilizado condutores nus sem revestimento, podendo ser homogéneos quando constituídos por um único metal (cobre ou alumínio) e heterogéneos quando composto por ligas de mais de um metal (Alumínio-aço). Mas também os condutores podem ser classificados em unifilares ou multifilares. Os condutores unifilares são de filamento único, geralmente com diâmetro menor e peso maior comparando com os multifilares, por sua vez os multifilares caracterizam se por terem diâmetro maior, menor peso e resistência mecânica superior devido a sua maleabilidade (flexível) comparando com unifilar, estas características fazem com que os condutores multifilares sejam os escolhidos para a transmissão de energia eléctrica em linhas aéreas (SUZANA; 2018).

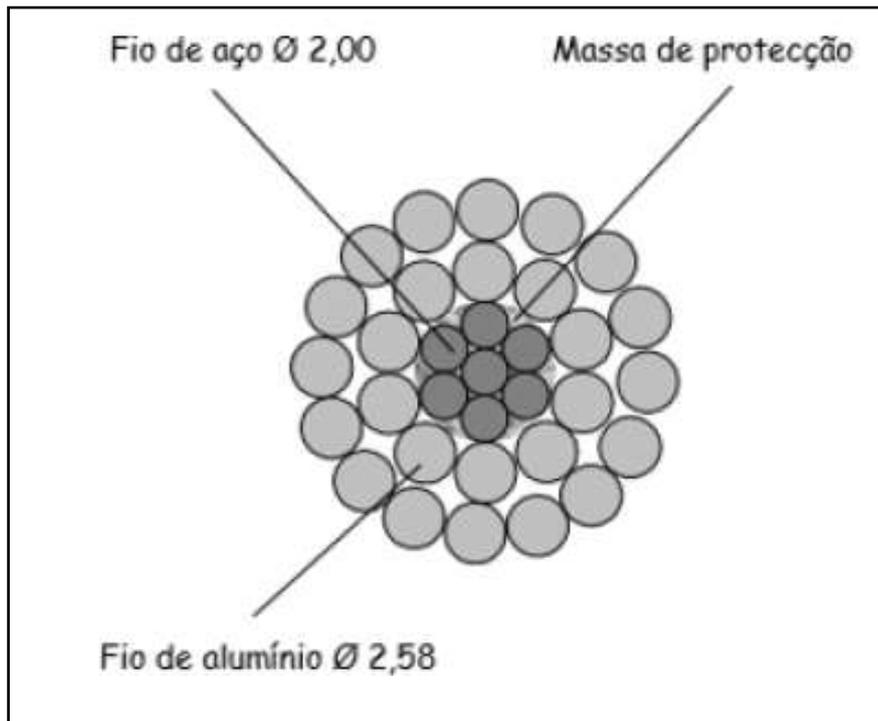


Figura 1: composição de condutor multifilar.

Fonte: (Suzana,2018)

## **Tipos de condutores usados no transporte de energia eléctrica em redes aéreas.**

São vários os condutores que assumem fielmente a tarefa de condução de energia eléctrica, no entanto serão estudados alguns, será também analisado algumas das suas características, tais como, corrente estipulada, a resistência eléctrica, as perdas de joule e as flechas admitidas.

- AAC – All Aluminium Conductor;
- AAAC – All Aluminium Alloy Conductor;
- ACSR – Aluminium Conductor Steel Reinforced;
- ACAR – Aluminium Conductor Alloy Reinforced;
- ACCC – Aluminium Conductor Composite Core.

### **Conductor AAC.**

O condutor AAC é constituído por fios de alumínio rígido dispostos em camadas, apresentando todos mesmo diâmetro nominal.

Normalmente é utilizado em zonas de poluição muito forte e em zonas costeiras que apresentem um alto nível de corrosão.

De um modo geral apresenta uma boa resistência á corrosão, boas características eléctricas é fácil de comprimir e o alumínio apresenta uma condutividade de 61% International Annealed Copper Stanadart (IACS).(SUZANA; 2018).



Figura 2:Condutor AAC

Fonte: (Suzana;2018)

### Condutor AAAC

O condutor AAAC é constituído por fios de liga de alumínio dispostos em camadas concêntricas, tendo todos mesmo diâmetro nominal. É de maior resistência mecânica comparando com o tipo AAC e maior resistência a corrosão que o tipo ACSR. A liga de alumínio possui uma capacidade de resistência á tensão superior á do alumínio AL1, e apresenta uma condutividade entre 52,5 e 53% de IACS.

(SUZANA; 2018).



Figura 3: Condutor AAAC.

Fonte: (Suzana;2018)

## Condutores ACSR

O condutor tipo ACSR é indicado para o transporte de energia em linhas aéreas com grandes quilómetros de extensão. Pode ser utilizado para proteção contra descargas atmosféricas para as linhas aéreas de muito alta tensão (MAT) e do parque exterior das subestações, isto é, ser usado como cabo de guarda.

É constituído por uma ou varias camadas de fios de alumínio com a disposição concêntrica em torno de um núcleo (alma de aço galvanizado de alta resistência). É possível variar a proporção relativa da área de secção transversal de alumínio e aço a fim de se obter a melhor relação entre a capacidade de transporte de corrente e a resistência mecânica para cada aplicação. (SUZANA; 2018).

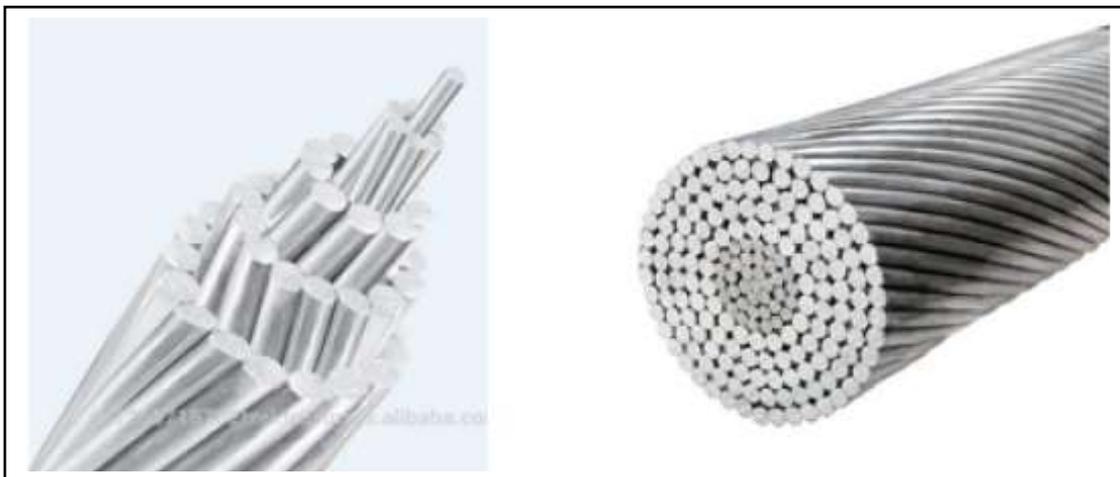


Figura 4: Condutor ACSR.

Fonte: (Suzana;2018)

## Condutor ACAR

O condutor ACAR é de alumínio com alma de liga reforçada é utilizada para proteção de linhas aéreas de MT, AT e MAT. É mais indicado o seu uso em linhas aéreas extensas localizados em ambientes contaminados ou corrosivos. É constituído por varias camadas de alumínio nu, dispostas em camadas concêntricas em torno de um núcleo da liga de alumínio. Para aplicação específica é possível variar a proporção da secção transversal do alumínio e da liga do alumínio do condutor.

Tem uma boa resistência à corrosão e a relação entre a força e o peso permite que seja utilizado em linhas de grande comprimento. (SUZANA; 2018).



Figura 5: Condutor ACAR.

Fonte: (Suzana;2018)

### Condutor ACCC

O condutor ACCC, apresenta um núcleo composto de fibra de carbono e de vidro, cujos componentes estão ligados por uma resina epoxy de alta temperatura. Os fios de alumínio são trapezoidais, o que torna estes condutores mais compactos. As fibras utilizadas no núcleo são 25% mais resistentes e 60% mais leves que o aço, originando uma diminuição do peso do núcleo. É utilizado em linhas de AT com necessidade de diminuição de flechas, com a possibilidade de operar a altas temperaturas quando comparado com outros condutores com mesmo peso e diâmetro. Geralmente, apresenta maior resistência a esforços mecânicos, menores perdas, maior capacidade de transporte. (SUZANA; 2018).



Figure 6: Condutor ACCC.

Fonte: (Suzana;2018).

Em anexo 5 é apresentado uma tabela resumo contendo algumas características elétricas e mecânicas dos condutores abordadas acima.

### 2.2.2. Isoladores

Os cabos são suportados pelos apoios através de isoladores, que, como o seu próprio nome indica, os mantem electricamente isolados dos mesmos. Devem resistir tanto às solicitações eléctricas, como às mecânicas que lhes são transmitidas pelos cabos condutores (RUBENS;1997).

A nível construtivo os isoladores são de materiais isolantes, tais como, cerâmica, vidro, porcelana vidrada, ou outros materiais não suscetíveis de degradação. A escolha dos isoladores deve ser feita tendo em conta o nível de poluição da zona onde a linha será implementada, já que este parâmetro agrava o perigo de contornamento, obrigando assim a um dimensionamento mais cuidadoso (SUZANA;2018).



Figura 7: isoladores cerâmicos e de vidro a direita.

Fonte: (Suzana;2018).

Os isoladores podem ser rígidos ou cadeia de isoladores. Embora sejam mais baratos os isoladores rígidos, tem vindo a usar se cada vez menos, pois no caso de se verificar um defeito no isolamento, é necessário substituir todo o isolador. Nas cadeias de isoladores, o mesmo não se verifica, uma vez que apenas é substituída a campânula que apresentou defeito. Outra desvantagem de utilizar isoladores rígidos,

é o fato destes apresentarem pouca fiabilidade, quando utilizados em zonas de vento (SUZANA;2018).

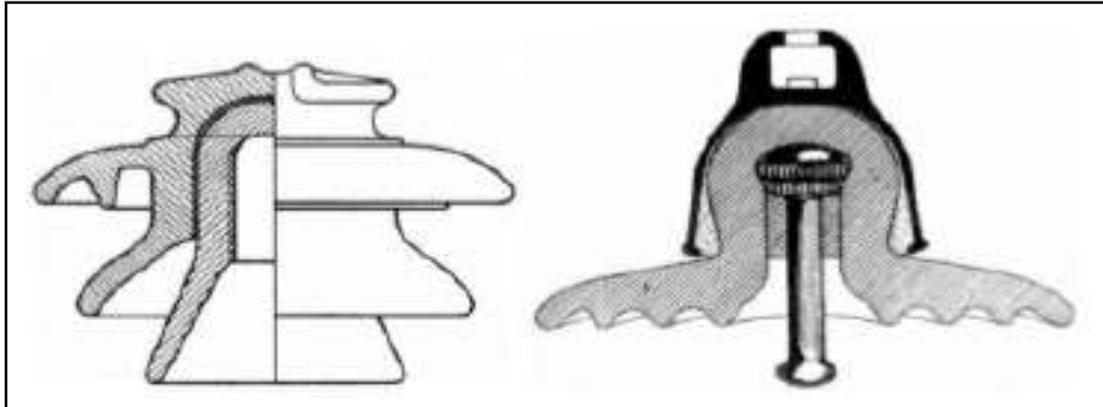


Figura 8: Isolador rígido a esquerda e isolador para acoplamento em cadeia

Fonte (Rubens;1997)

As cadeias são constituídas por diversos isoladores (campânula), alguns componentes metálicos, material ligante que as une e hastes de descarga (anéis de guarda) colocadas num ou noutra extremo da cadeia, ou em ambos, assegurando proteção contra possíveis arcos eléctricos, já que a corrente de descarga ao se dirigir pela superfície da cadeia pode a destruir. Estas hastes permitem também uma melhor repartição da potência pelos elementos da cadeia (SUZANA;2018).

São aplicados dois tipos de cadeias de isoladores nas linhas aéreas de transmissão, sendo elas, cadeias de suspensão e cadeias de amarração.

As cadeias de suspensão são dispostas na vertical, paralelas ao apoio e ligadas e ligadas ao braço deste, sendo que o condutor é suspenso na extremidade inferior. As cadeias de amarração fazem a ligação entre a cadeia e o apoio, praticamente na horizontal, sendo normalmente utilizados em apoios sujeitos a esforços elevados, como em apoios de angulo, fim de linha reforço e derivação. (RUBENS;1997).

Os isoladores devem ser dimensionados de modo a resistirem aos esforços mecânicos atuantes, isto é, a acção do vento sobre os próprios isoladores e aos esforços transmitido pelos condutores.

### **2.2.3. Apoios ou estruturas das linhas de transmissão**

As estruturas constituem os elementos de sustentação dos cabos das linhas de transmissão, as Suas formas e dimensões dependem de vários factores tais como: disposição dos condutores, distancia entre condutores, dimensões e forma do isolamento, flechas dos condutores, altura de segurança, função mecânica, formas de resistir, materiais estruturais e número de circuitos (RUBENS;1997).

Nas linhas aéreas de AT são geralmente utilizados apoios metálicos e apoios de betão. Estes últimos ocupam menos espaços que os metálicos, é daí onde resulta a preferência por parte dos proprietários dos terrenos onde se vai realizar a sua instalação.

Do ponto de vista económico, os apoios de betão apresentam a vantagem de serem mais baratos do que os apoios metálicos. Contudo, uma vez que não podem ser desmontados, o seu transporte para o terreno torna-se mais difícil do que o transporte dos metálicos, já que estes podem ser transportados por módulos, sendo depois montados no local de instalação (SUZANA;2018)

A altura dos apoios é variável, pois tem em conta a topografia do terreno, e os obstáculos a serem atravessados pela linha.

Os apoios, assim como os demais materiais, devem ser escolhidos obedecendo às condições impostas pelo R.S.L.E.A.T., como por exemplo garantindo a distância entre condutores, garantindo que os apoios suportem os esforços exercidos por condutores, cabo de guarda, isoladores entre outros.

Em linhas aéreas existem vários tipos de apoios, que apresentam funções diferentes, conforme os esforços a que estão sujeitos, a destacar:

- ✓ Apoio de alinhamento – apoio situado em troço retilíneo da linha;
- ✓ Apoio de ângulo – apoio situado num ângulo da linha;
- ✓ Apoio de derivação – apoio onde se estabelece uma ou mais derivações da linha;
- ✓ Apoio de reforço (alinhamento, angulo ou derivação) – apoio que suporta esforço de forma a ser capaz de reduzir os efeitos negativos em caso de roptura de um cabo condutor ou cabo de guarda;

- ✓ Apoio de fim de linha – apoio capaz de suportar a totalidade dos esforços transmitidos pelos condutores, cabos de guarda e restantes acessórios de um só lado da linha. (RUBENS;1997).

Cada apoio é sujeito a esforços com origem em vários factores a destacar:

Esforços longitudinais ( $F_x$ ) – correspondem às tensões exercidas pelos condutores e cabos de guarda.

## **Fundações**

A função dos maciços de fundação é a de transmitir ao solo os esforços resultantes de todas as solicitações exteriores que lhes são aplicadas, como é caso de, força de tracção, força devido a acção de vento, peso de apoios e de todos os componentes que lhes são associados (SUZANA;2018).

Os maciços de fundação devem ser dimensionados de forma adequada, de modo que, sob o efeito das solicitações máximas a que forem submetidos, não se verifiquem aumentos perigosos das flechas dos condutores, nem o possível derrubamento dos apoios.

Dentre vários critérios a serem observados no dimensionamento dos maciços para os apoios podem destacar os seguintes:

- ✓ Responsabilidade da linha na rede;
- ✓ Natureza do terreno;
- ✓ Função do apoio;
- ✓ Esforço envolvido;
- ✓ Altura do apoio.

### **2.2.4. Ferragens e acessórios**

Trata se de um conjunto de peças que devem suportar os cabos e liga-los às cadeias de isoladores e estas às estruturas. São normalmente feitos de ferro

maleável fundido e zincado a quente, e em alumínio, podendo destacar se os seguintes:

### **Pinças de suspensão**

As pinças de suspensão são, então, utilizadas em cadeias de suspensão. Com a utilização desta pinça, os condutores e cabos de guarda podem ser introduzidos no seu respectivo suporte, sem haver a necessidade de serem cortados, e serem, posteriormente, fixados à cadeia de isoladores. (RUBENS;1997).



*Figura 9: Pinça de suspensão*

*Fonte: (Suzana;2018).*

### **Pinça de amarração**

As pinças de amarração, como o próprio nome indica, são utilizadas em cadeias de amarração. Estas, ao contrário das outras, cortam os condutores e cabos de guarda, e prende os num dos lados do apoio, onde serão fixados à cadeia de isoladores. Uma vez que os condutores são cortados é necessário assegurar a sua continuidade eléctrica através de um troço de cabo, chamado de fiadores, que são ligados a cada pinça de amarração por patilhas adaptadas para o efeito. (RUBENS;1997).



*Figura 10: Pinça de amarração.*

*Fonte: (Suzana;2018).*

## Amortecedores de vibrações

Os cabos esticados de uma linha de transmissão, submetido à acção dos ventos de intensidades variáveis, vibram com frequências diversas. Em face dessas vibrações, os pontos de suspensão representam-nos onde se canaliza razoável energia, que submete os filamentos dos cabos a movimentos de flexão alternada, podendo levar à fadiga e conseqüente roptura. Quanto maior for a taxa de trabalho dos condutores, tanto maior serão os danos causados pelas virações. E estes efeitos nocivos das vibrações podem ser minimizados recorrendo se a essas armaduras anti vibradoras. (RUBENS;1997).

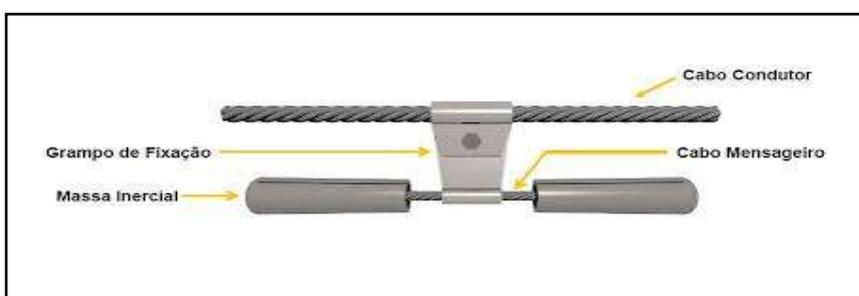


Figura 11: Dispositivo anti vibrador

Fonte: (Suzana;2018).

### 2.2.5. Equipamentos de corte e manobras.

#### Chave seccionador

Chaves seccionadoras são equipamentos de manobra sem carga utilizados em sistemas elétricos. São utilizados como dispositivos de garantir segurança para os técnicos trabalharem, visto que, estes para além garantirem uma distância segura de isolamento após interrupção das correntes pelos disjuntores, proporcionam um corte visível. (João Momed;2013)

Geralmente as chaves seccionadores usadas em subestações para níveis de tenção acima de 60KV são trifásicas e motorizadas com acionamento simultâneo nas três fases por meio de um comando único.



Figura 12: Chave seccionador. Fonte:

João Momed;2013

### **Disjuntor de alta tensão**

Disjuntor é um equipamento de sistema eléctrico destinado a interromper corrente eléctrica em um circuito nas condições normais ou de defeitos. O disjuntor deve ser capaz de energizar/desligar equipamentos, interromper correntes de carga e sobrecarga, corrente de curto-circuito e efectuar desligamento quando acionado por um elemento de protecção. O disjuntor deverá efectuar as suas tarefas de forma absolutamente confiável, isto é, interromper as correntes de falta tão rapidamente quanto possível de forma a limitar a um mínimo os possíveis danos causados aos equipamentos em casos de curto-circuito. (João Momed;2013)

Existem vários tipos de disjuntores de alta tensão, podendo serem classificados quanto ao meio de extinção de arco de modo seguinte:

- Disjuntores a sopro magnético;
- Ar comprimido;
- Óleo;
- Vácuo;
- Gás SF6.

Hoje em dia o gás SF6 é o meio mais usado para extinção de arco, sendo inclusive utilizado em subestações totalmente blindadas a SF6.

Tabela 1: Tipos de disjuntores

Fonte: João Momed;2013

Comparação dos disjuntores quanto á utilização	
Tipo de disjuntor	Característica
GVO (grande volume de óleo).	-Robusto e resistente; -Muita manutenção; -Utilizada em alta tensão
PVO (pequeno volume de óleo)	-Baixo custo; -Manutenção imediata apos interrupção de curto-circuito; -Não recomendado para circuitos que requerem número elevado de manobras; -Utilizado em media tensão.
Ar comprimido	-Robusto; -Manutenção complicada; -Utilizado em alta tensão; -Problema de estanqueidade do ar comprimido.
Vaco	-Segurança na operação; -Baixa manutenção; -Utilizado até 35 KV (media tensão) -Não requerem manutenção das molas.
SF6	-Meio de extinção de alta qualidade; -Baixa manutenção; -Tendência actual para disjuntor de alta tensão; -Necessidade permanente de monitoramento de gás.



Figura 13: Disjuntor de alta tensão a gás SF6.

Fonte: imagem captada na SE Infulene

## 2.2.6. Equipamento de medida e proteção

### Para-raios

Os para-raios são equipamentos destinados a proteger o sistema eléctrico contra sobre tensões transitórias de manobra ou aquelas provenientes de descargas atmosféricas (raios), ou seja, sobre tensão de curta duração. Os para-raios impedem que as sobretensões atinjam valores superiores àqueles para os quais os equipamentos foram projectados. Nas linhas aéreas de transmissão são primeiros elementos na entrada da subestação. (João Momed;2013)



Figura 14: Para-raios.

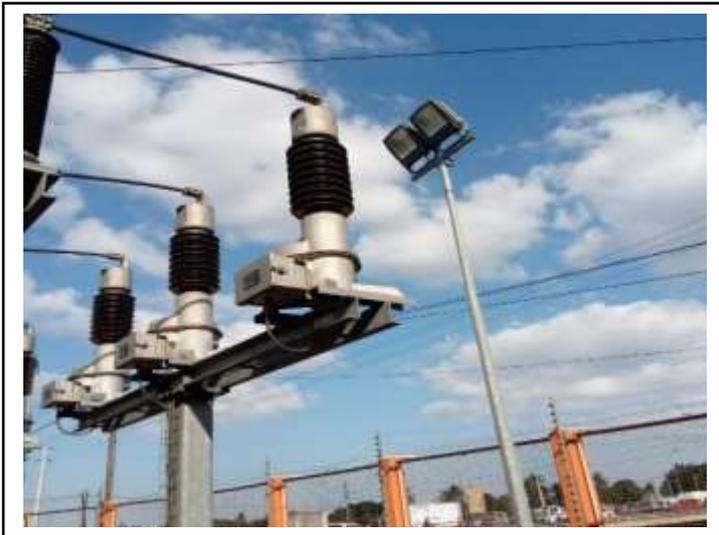
Fonte: manual de subestações

## **Transformadores de potencial.**

Transformador de potencial (TP) é um equipamento composto por dois circuitos, um denominado primário e outro secundário isolados eletricamente um do outro, porém acoplados magneticamente que são utilizados para reduzir a tensão a valores baixos com a seguinte finalidade: (João Momed;2013)

- Reproduzir com fidelidade a tensão do circuito primário no secundário;
- Isolar electricamente o circuito de potência;
- Promover segurança ao medir tensão;

Os transformadores de potencial promovem sinal de tensão para voltímetros, reles de tensão, bobinas de tensão de medidores de energia.



*Figura 15: Transformador de potencial.*

*Fonte: imagem extraída na SE6 na cidade de Maputo*

## **Transformador de corrente**

O transformador de corrente (TI) tal como TP também é um equipamento composto por dois circuitos, um denominado primário e outro secundário isolados eletricamente um do outro, porém acoplados magneticamente. São utilizados para reduzir corrente a valores baixos (geralmente 1 A a 5 A) para a seguinte finalidade:

- Proporcionar segurança aos operadores;
- Isolar electricamente o circuito de potência dos instrumentos ou relés;

- Padronizar os valores de corrente nos relés e nos medidores;
- Promover corrente para medidores e relés de protecção.



Figura 16: Transformador de corrente

Fonte: imagem extraída na SE6 na cidade de Maputo

## **Relés.**

Os relés de Protecção devem possuir características tais que permitam distinguir com a maior segurança uma situação de defeito de uma condição normal de operação. De uma maneira geral, um relé de protecção deve apresentar as seguintes características:

-Operar com segurança nas condições de defeito para o qual foi projectado, devendo permanecer inoperante para qualquer outra situação;

-Deve possuir uma faixa de ajuste suficientemente ampla de forma a permitir selectividade entre os outros relés;

-Deve ser imune a ocorrência de transitórios de tensão e corrente proveniente de transformadores de medida (TC e TT), bem como da alimentação de corrente contínua. Isso se aplica principalmente a relés de alta velocidade, onde o tempo de operação é muito menor. (Aly Sicola;2008)



Figura 17: Relé de proteção.

Fonte: imagem extraída na SE6 na cidade de Maputo

### 2.3. Traçado de uma Linha Aérea

Em uma linha aérea de Alta Tensão, o traçado é escolhido após definição do nível de tensão e de quais os pontos que se pretendem ligar. A primeira fase passa por um trabalho de estudo do terreno e da sua envolvente de forma a perceber qual será o melhor traçado. Este trabalho de estudo, passa pela utilização de meios informáticos, de cartas militares e de uma prévia visita ao terreno antes de se começar a definir o traçado. Numa segunda fase, e já depois de se ter deslocado ao terreno, o projectista começa a definir o traçado da linha, cruzando as informações que obteve no terreno, com as cartas militares e as ferramentas informáticas que tem ao seu dispor. O traçado escolhido deverá sempre ser o mais recto possível de forma a reduzir ao máximo o comprimento da linha, reduzindo assim os custos de instalação, manutenção e exploração, devendo nesta fase, serem marcados os pontos onde é proibida a passagem da linha (SUZANA;2018). Dentre vários pontos proibidos destacam-se os seguintes:

- ✓ Recintos escolares e desportivos;
- ✓ Depósitos de combustíveis líquidos ou gasosos;
- ✓ Zonas militares;

- ✓ Zonas de servidão de aeródromos;
- ✓ Depósitos de explosivos;
- ✓ Pedreiras;
- ✓ Postos de extracção ou refinação de petróleo;
- ✓ Campos de antenas de comunicação e de radiodifusão.

## **2.4. Cálculos das linhas aéreas de transporte**

Os cálculos nas linhas de transporte podem ser subdivididos em Cálculos mecânicos e Cálculos Elétricos.

### **2.4.1. Cálculos mecânicos**

Uma linha aérea está sujeita a diferentes agentes, como é o caso das diversas condições atmosféricas, causadas sobre tudo pelas variações de temperatura e de vento.

A realização de cálculo mecânico dum projecto de linha aérea é de extrema importância na medida em que, permite que as condições de segurança e estabilidade da linha, tal como dos seus apoios sejam assegurados. Dentre vários cálculos a serem efectuados pode se destacar:

- Distância mínima de segurança conforme R.S.L.E.A.T
- Frechas e força de tensão mecânica suportada pelos cabos condutores;

### **Distâncias mínimas de segurança conformem R.S.L.E.T**

O regulamento de segurança de linhas eléctricas aéreas de transmissão define distâncias mínimas de protecção dos condutores das linhas de alta tensão, ao solo, as arvores, aos edifícios, às vias e outras linhas aéreas, entre outros obstáculos.

### **Distancia dos condutores ao solo**

Nas linhas aéreas, entre os condutores nus das mesmas e o solo, em condições de flecha máxima, desviados ou não pelo vento, deve existir uma distância  $D$ , em

metros nunca inferior a 6 metros. Tendo em conta o nível de tensão pode se recorrer a expressão 1 a seguir para a determinação.

$$D = 6 + 0,005U \quad (1)$$

Onde:

U-tensão nominal da linha em KV

D-distancia do solo ao condutor em metros (m)

### **Distancia dos condutores a objectos diversos.**

O R.S.L.E.A.T afirma que na vizinhança de obstáculos como terreno de declive muito acentuado, construções assim como árvores, nas condições de flecha máxima, entre os condutores nus das linhas, desviados ou não pelo vento, deverá existir uma distância de segurança D em metros, nunca inferior a 2,5 metros entre os condutores e esses obstáculos. Sendo que em função do nível de tensão pode ser determinado de acordo com equação 2.

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

Onde:

U-tensão nominal da linha em KV

D-distancia do solo ao condutor em metros (m)

### **Distancia entre condutores e os apoios**

A distância D entre os condutores nus e os apoios, não deverá ser inferior a 0,15 metros. Podendo ser determinado para duas situações possíveis a saber:

#### **Para condutores em repouso**

$$D = 1 + 0,0065U \quad (3)$$

#### **Para condutores fixos**

$$D = 0,0065U \quad (3.1)$$

Onde:

D – distância entre condutores entre condutores nus e os apoios em metro

U – tensão nominal em Kv

### **Distancia entre os condutores às estradas nacionais e municipais.**

Os condutores deveram manter em relação as auto estradas, em condições de flecha máxima uma distância D em metros não inferior a obtida pela equação 5

$$D = 6,3 + 0,015U \quad (4)$$

Onde:

D – distancia entre condutores nus e as estradas.

### **Distância entre linhas aéreas**

A distância mínima entre linhas de alta tensão em condutores nus, com outras linhas de alta ou baixa tensão e também com condutores nus, nas condições de flecha mais desfavorável, deve ser igual ou maior à distância D, determinada pela equação 6

$$D = 1,5 + 0,01U + 0,05L \quad (5)$$

Onde:

L – distancia entre o cruzamento e o apoio mais próximo da linha superior expressa em metros.

### **Distância entre condutores**

Os condutores são estabelecidos de maneira a não se aproximarem perigosamente, entre se atendendo as oscilações provocadas pelo vento, não devendo haver uma distância D, entre eles inferiores á determinada pela equação 3.

$$D = K + \sqrt{F + d} + \frac{U}{150} \quad (6)$$

Onde:

U - tensão nominal da linha em Kv;

F - flecha dos condutores em metro;

d - comprimento da cadeia de isoladores susceptíveis a oscilarem transversalmente á linha, em metros.

K – coeficiente que depende da natureza do condutor, sendo 0,7 para condutores de alumínio e aço;

D – distância entre condutores

### **Distância geométrica entre fases.**

Tomará se como base de determinação da distância geométrica entre fases a representação da linha dupla na figura 19 com a disposição simétrica a esquerda e antissimétrica a direita.

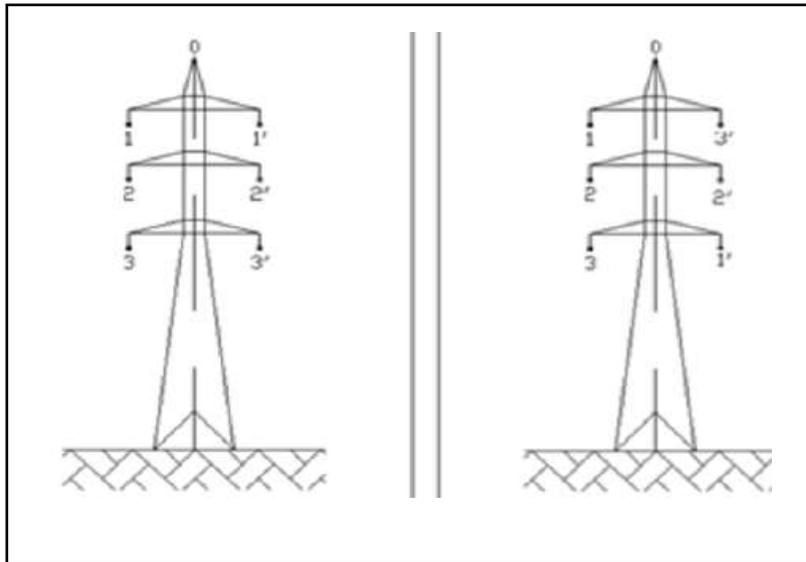


Figura 18: geometria dos cabos de linha

Fonte: (Suzana,2018)

A expressão da determinação da distância geométrica.

$$D_M = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{23} \times D_{13}} \quad (7)$$

Onde:

$D_M$  – distância media geométrica (em m);

$D_{12}$  – distância entre condutores 1 a 2 (em m);

$D_{13}$  – distância entre condutores 1 a 3 (em m);

$D_{23}$  – distancia entre condutores 2 a 3 (em m).

## Coeficiente de auto-indução

O coeficiente de auto-indução ( $L_k$ ) também designado indutância é um dos parâmetros que mais afecta o transporte de energia nas linhas. Esta indutância simboliza os campos magnéticos aquando da passagem. E para linhas duplas é determinado pela expressão:

$$L_k = 2 \times \left[ \frac{1}{4 \times n} + \log \left( \frac{D_M \times D_{M2}}{r_B \times D_{M1}} \right) \right] \times 10^{-4} \quad (8)$$

Onde:

$L_k$  – coeficiente de auto-indução (em H/Km);

$n$  – número de condutores por fase;

$D_M$ ,  $D_{M1}$  e  $D_{M2}$  – distância geométrica entre condutores;

$r_B$  – raio do cabo condutor (em mm).

## Tracção máxima a aplicar no condutor

O valor máximo de tracção a ser fixado é aquele a que os cabos estarão sujeitos quando se verificar as condições atmosféricas mais desfavoráveis e máxima pressão dinâmica do vento. De acordo com artigo 24 de R.S.L.E.A.T.

$$T_{segu} = \frac{T_{Ropt}}{2,5} \quad (9)$$

Onde:

$T_{segu}$  – Tensão de segurança do cabo.

$T_{Ropt}$  – Tensão de roptura do cabo

## Flecha

Vários factores deveram ter-se em conta na definição da flecha, ora vejamos:

Quanto maior for a flecha, embora o condutor será menos tracionado maior deverá ser a altura dos apoios mas também deverá ter se atenção com o movimento dos condutores em dias de ventos visto que estes não balanceiam sincronizadamente,

sendo eles de fases diferentes quando entrarem em contacto provocaram curto-circuito.

Quanto menor for a flecha, embora possa minimizar-se a altura dos apoios, corre-se o risco de roctura do condutor visto que este será sujeito a maior tração. Contudo pode ser determinado a flecha que tenha em conta os aspectos acima referenciados recorrendo a expressão:

$$F = \frac{P \times a^2}{8 \times T_{segu}} \quad (10)$$

Onde:

$a$  – O vão médio em Km;

$P$  – Peso de condutor em N

$T_{segu}$  – tensão de segurança de cao

#### **2.4.2. Cálculo eléctrico**

O cálculo eléctrico em linhas de transmissão tem como objectivo determinar a intensidade de corrente máxima admissível, as quedas de tendão e as perdas de energia.

A escolha dos condutores a utilizar em uma linha aérea depende da potência que pretende-se transportar.

#### **Determinação da potência a transportar.**

O ponto de partida para determinar a potência a ser transportada por uma linha de transmissão é a potência instalada que deverá ser corrigida pelos factores de evolução de carga e o tempo da vida útil previsto para a linha dimensionada, podendo se recorrer a seguinte expressão:

$$S_{transp} = S_{inst} \left(1 + \frac{\gamma}{100}\right)^n \quad (11)$$

Onde:

$\gamma$  – factor de evolução de carga. Que para a região sul de Moçambique considera se 3,25%;

$n$  – tempo de vida útil da linha, sendo que irá se considerar 20 anos.

$S_{transp}$  – potencia aparente a ser transportada (em MVA);

$S_{inst}$  – potencia aparente instalada (em MVA).

### **Intensidade de corrente eléctrica**

A intensidade de corrente a fluir na linha depende da tensão de serviço e da potência instalada na carga.

$$I = \frac{S_{transp}}{\sqrt{3} \times U_{transp}} \leftrightarrow I = \frac{P_{transp}}{\sqrt{3} \times U_{transp} \times \cos\varphi} \quad (12)$$

Onde:

$I$  – corrente eléctrica (em A);

$S_{transp}$  – potência aparente a transportar (em VA);

$P_{transp}$  – potência aparente a transportar (em VA);

$U_n$  – tensão eléctrica (em V);

$\cos\varphi$  – factor de potência (geralmente 0,9).

### **Perda de energia**

É importante que seja calculado as perdas de energia num dimensionamento, uma vez que se quer garantir alta fiabilidade no transporte de energia, dando também garantias ao consumidor. Tal facto só será conseguido minimizando as perdas. As perdas por efeito de joule podem ser determinados pela seguinte expressão:

$$P_R = n \times R \times I^2 \quad (13)$$

Onde:

$n$  – número de condutores da linha;

$I$  – corrente eléctrica (em A);

R – resistência eléctrica calculado por  $R_k \times L$  onde L é o comprimento da linha (em Km) e  $R_k$  resistência eléctrica do cabo condutor (em  $\Omega$ ).

### **Reactância eléctrica.**

Tanto a queda de tensão como a capacidade de transporte da linha são influenciadas pela reactância eléctrica.

A reactância eléctrica total ( $X_k$ ) da linha é determinada pela expressão seguinte:

$$X_k = L_k \times W \times L \quad (14)$$

Onde:

$X_k$  – reactância eléctrica (em  $\Omega$ );

W – velocidade angular (em rad/s);

L – comprimento da linha relativo a esses apoios (em Km);

$L_k$  – coeficiente de auto-indução (em H/Km).

### **Queda de tensão**

A queda de tensão depende de resistência e reactância eléctrica da linha.

Quanto maior for a distancia percorrida pela corrente eléctrica maior será comprimento do condutor, originando assim, maiores quedas de tensão. Para as linhas de transporte a queda de tensão deve ser inferior a 10%. E pode ser determinado pela seguinte expressão.

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos\theta + X_c \times \sin\theta) \quad 15$$

Onde:

I – corrente eléctrica (em A);

R – resistência eléctrica do condutor (em  $\Omega$ );

$X_c$  – reactância do condutor (em  $\Omega$ );

$\cos\theta$  – factor de potência (sem unidade);

## Relé de proteção

Para uma linha de transporte a 110KV estão previstos as seguintes proteções:

Main 1 – proteção de distância;

Main 1 – proteção de distância.

Sendo que o melhor é que o Main 1 e Main 2 sejam de fabricantes diferentes.

### Proteção de distância (código: 21)

A proteção de distância detecta defeitos entre fases ou fase-terra nas linhas de transporte. Ela é ligada a transformador de tensão e corrente que é escolhido com base na capacidade de transporte da linha. O esquema ilustrativo da sua ligação é conforme a figura 20

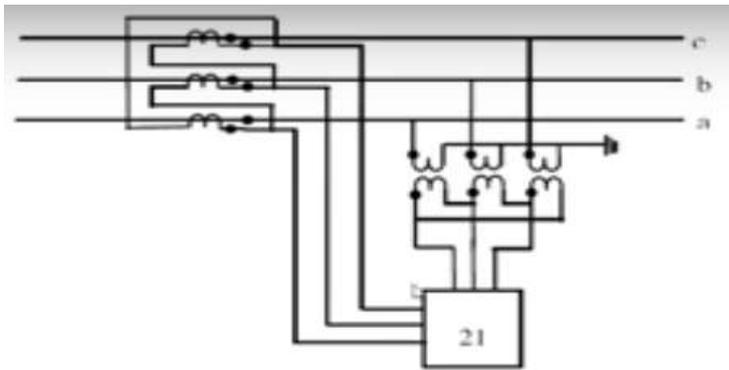


Figura 19: esquema de ligação de relé de distância.

Fonte:(Aly Sicola;2008)

### Discrição do funcionamento de relé de distância

Este relé actua em função da distância onde ocorre a falta, medida a partir da posição onde está o relé através do cálculo da impedância da medida, obtida por impedância por quilómetro da linha. Este relé recebe dados de entrada dos TP<sub>s</sub> e TI<sub>s</sub> para fazer comparação  $Z = V/I$

O relé de distância é muito usado na proteção de linhas de transmissão. A variação na geração de energia ao longo de tempo ou na configuração do sistema não afectam a impedância vista pelo relé pois as variações de tensão acompanham as variações de corrente no ponto onde está o relé.

O relé recebe o valor da impedância no primário indirectamente, isto é, mede a impedância secundária dos TPs e TIs mas por meio da relação de transformação consegue ter a informação da impedância do primário conforme ilustra a expressão:

$$Z_s = Z_p \times \frac{RT_c}{RT_p} \quad (16)$$

Onde:

$Z_s$  – Impedância no secundário;

$Z_p$  – Impedância no primário;

$RT_c$  – Relação de transformação de transformador de corrente;

$RT_p$  - Relação de transformação de transformador de corrente

### 3. DISCRIÇÕES GERAIS DA ACTUAL LINHA CL3A

A linha CL3A parte da subestação de Dzimbene e percorre 5,3Km até a subestação de Macia na província de Gaza. Esta linha foi feita em 1983 de condutor Dove cuja capacidade é de 99MVA é suportada por 12 torres metálicos sendo 5 torres de amarração e 7 de alinhamento e o vão medio entre os apoios é de 450m. A cadeia de isoladores é de vidro constituído por nove saias cada.

#### 3.1. Capacidade instalada nas SEs alimentadas a partir da CL3A

A linha CL3A interliga as subestações de Dzimbene com capacidade de 250 MVA, (estando como fonte) e subestação de Macia com capacidade instalada de 56 MVA mas por sua vez esta é ponto de entrega da linha CL2, que alimenta SE Chicumbane. Da SE Chicumbane parte a linha CL9 que alimenta a Móvel de Chongoene e SE Lindela. Da SE Lindela parte a CL10 que alimenta SE Massinga.

De uma forma sistemática a linha CL3A é responsável pela alimentação de toda a Província de Inhambane e uma parte da província de Gaza através da linha CL2 conforme pode ser visto no desenho ilustrativo desta configuração em apêndice 1. As subestações cuja alimentação depende da linha CL3A apresentam as seguintes capacidades instaladas:

*Tabela 2: Capacidades instaladas nas SEs*

*Fonte: EDM centro nacional de despacho*

SE	Transformador	Capacidade (MVA)	Observação
Macie	TR1	16	
	TR2	40	
Chicumbane	TR1	40	Instalado em 2021
	TR2	40	
Lindela	TR1	16	
	TR2	16	Instalado em 2021
Massinga	TR1	30	
Móvel de Chong.	TR1	35	
<b>Total</b>		<b>233</b>	

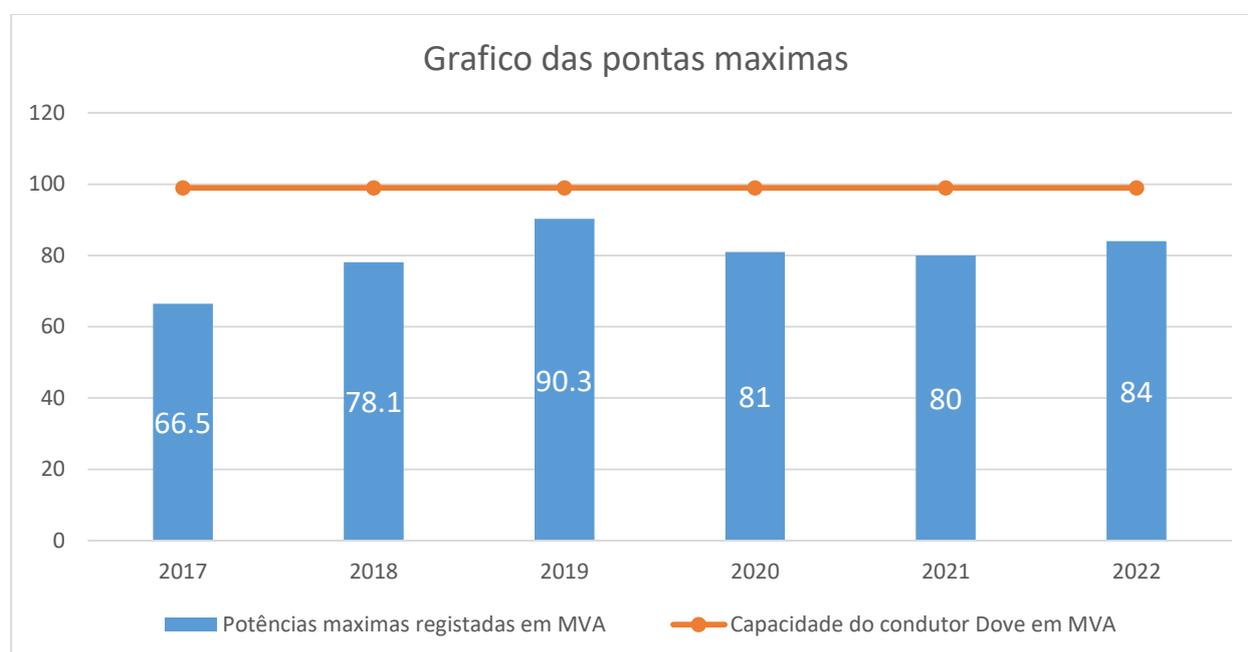
### 3.2. Pontas máximas registadas na linha CL3A de 2017 a 2022

De acordo com os registos de carregamento efectuados na sala de controlo da SE Dzimbene, nos últimos 6 anos as cargas máximas registadas na linha CL3A são de acordo com a tabela 4

Tabela 3: Carregamentos máximos registados

Fonte: registos de carga na SE Dzimbene

Potências máximas registadas na linha CL3A de 2017 a 2022.	
Ano	Potência em MW
2017	66,5
2018	78,1
2019	90,3
2020	81,0
2021	80
2022	84



Da tabela 3, referente a capacidade das subestações cuja alimentação passa pela CL3A está evidente que o somatório das respectivas cargas superam de longe a capacidade da CL3A, do ponto de vista dos carregamentos máximos registados nos

últimos 6 anos (tabela 4), esta linha já atingiu 91% da sua capacidade de transporte daí que resulta a necessidade de aumento da sua capacidade.

## 4. REDIMENSIONAMENTO DA LINHA CL3A

### 4.1. Determinação da potência a transportar.

A base para determinação da potência a transportar é a potência instalada, no presente trabalho, será tomado como base, a média aritmética das potências máximas registadas de 2017 a 2022 na linha CL3A fornecidas na tabela 4 logo:

$$P_{inst} = \frac{66,5 + 78,1 + 90,3 + 81,0 + 80,0 + 84,0}{6} \rightarrow P_{inst} = 79,98 \approx 80 \text{ MW}$$

Tendo a potencia instalada de 80 MVA, considerando o factor de evolução de carga ( $\gamma = 3,25\%$ ) e tempo mínimo de vida útil da linha estimado em 20 anos, recorrendo a expressão número 11 será determinada a potência a ser transportada.

$$S_{transp} = S_{inst} \left(1 + \frac{\gamma}{100}\right)^n \rightarrow S_{transp} = 80 \left(1 + \frac{3,25}{100}\right)^{20} \rightarrow S_{transp} = 151,6 \approx 152 \text{ MVA}$$

### 4.2. Tensão de transporte

Tendo em conta o valor da potência a ser transportada, o nível de tensão de transporte por forma a minimizar se as perdas neste processo deve satisfazer a seguinte condição.

$$U_{transp} \geq 0,25\sqrt{S_{trans}} \rightarrow U_{transp} \geq 0,25\sqrt{152000KVA} \rightarrow U_{transp} \geq 97,5 \text{ KV}$$

No sistema eléctrico nacional, a tensão de transporte imediatamente a seguir a condição exigida é de 110KV.

### 4.3. Cálculo da corrente máxima de serviço.

Tendo o valor da potência a transportar e tensão de transporte estão criadas as condições para determinar a corrente máxima de serviço recorrendo a expressão 11

$$I = \frac{S_{transp}}{\sqrt{3} \times U_{transp}} \rightarrow I = \frac{152 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 110 \times 10^3} \rightarrow I = 797,79 \approx 798 \text{ A}$$

#### 4.4. Escolha do condutor e a respectiva secção.

Após o cálculo da corrente de serviço tinha de ser decidido de que forma iria se transportar os 798 A sendo que a antiga linha em condutor Dove tinha apenas a capacidade de 500 A. Surgiram três soluções possíveis a destacar:

- Construir uma linha em paralelo a linha já existente com o mesmo condutor (Dove);
- Duplicar o condutor na linha já existente, isto é, em vez de ser um condutor por fase serem dois;
- Substituição do condutor Dove por condutor ACCC.

A solução escolhida foi a terceira, a de substituição do condutor Dove por condutor de alta temperatura ACCC, que permitirá manter a servitude existente, aproveitando os mesmos apoios poupando desta forma na mão-de-obra na realização de mачiços, fundações, transporte de material entre outros aspectos, substituindo-se apenas o condutor Dove por condutor ACCC designado por Lisbon cuja características eléctricas e mecânicas estão patentes na technical data sheet do mesmo em anexo.

##### 4.4.1. Determinação dos parâmetros do condutor

###### Diagrama da linha

Trata-se de uma linha curta (5,3Km) visto que o seu comprimento é menor de 80Km o modelo da sua representação será conforme a figura 21

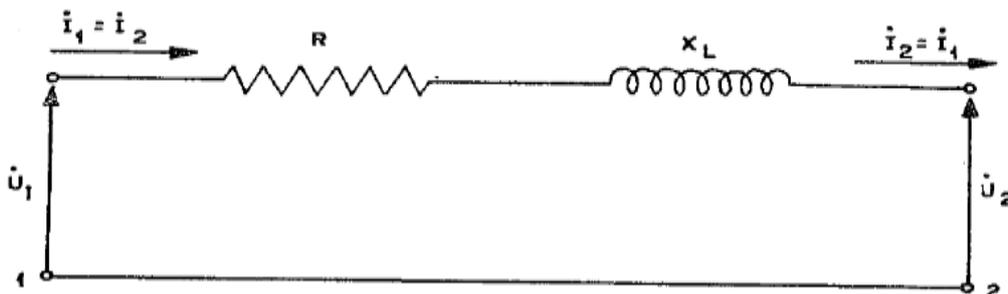


Figura 20: Diagrama de linha curta.

Fonte: (Rubens;1997)

O fabricante do condutor Lisbom escolhido na sua technical data sheet em anexo 1 aparece com os parâmetros bases da linha já determinados sendo:

Resistência nominal quando percorrido por CA a uma temperatura de 180 °C, sendo esta a situação mais crítica possível ( $R_{[180^{\circ}C]} = 0,1461\Omega/Km$ );

Reactância indutiva ( $X_L = 0,222 \Omega/Km$ ).

Com valores da resistência e reactância da linha conhecidos tendo em conta o comprimento da linha (L= 5,3Km) a impedância da linha será:

$$Z_{linha} = L \times (R + iX_L) \rightarrow Z_{linha} = 5,3 \times (0,146 + 0,222i) \rightarrow Z_{linha} = (0,774 + 1,177i)$$

$$Z_{linha} = 1,41 \angle 56,6^{\circ} \Omega/Km ;$$

#### 4.4.2. Verificação da queda de tensão

De acordo com R.S.L.A.T, a queda de tensão deve ser menor que 5%.

Recorrendo a expressão 15 que determina a queda de tensão tem-se o seguinte:

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I \times (R \times \cos\theta + X_c \times \sin\theta) \rightarrow$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \times 798 \times (0,774 \times \cos 56,6^{\circ} + 1,177 \times \sin 56,6^{\circ}) \rightarrow \Delta U = 1,947KV;$$

$$\Delta U_{[\%]} = \frac{\Delta U}{U} \times 100\% \rightarrow \Delta U_{[\%]} = \frac{1,947}{110} \times 100\% \rightarrow \Delta U_{[\%]} = 1,77\%$$

A condição queda de tensão máxima está satisfeita visto que 1,77% é menor que 5%, que é a máxima aceite pelo regulamento.

#### 4.4.3. Perda de energia

Recorrendo a expressão 13 tem se o seguinte:

$$P_R = n \times R \times I^2 \rightarrow P_R = 1 \times 0,1461 \times 798^2 \rightarrow P_R = 93,1KW$$

Em termos percentuais a perda de energia pelo efeito de joule será:

$$P_{R[\%]} = \frac{P_R}{S_{transp} \times \cos\phi} \times 100\% \rightarrow P_{R[\%]} = \frac{0,0931}{152 \times 0,8} \times 100\% \rightarrow P_{R[\%]} = 0,076\%$$

#### 4.4.4. Densidade de corrente

Conhecendo o valor da corrente ( $I=798$  A) e a secção do condutor escolhido da família ACCC designado lisbon que de acordo com technical data sheet em anexo1  $S= 315\text{mm}^2$  a densidade de corrente será:

$$\sigma = \frac{I}{S} \rightarrow \sigma = \frac{798}{315} \rightarrow \sigma = 2,5 \text{ A/mm}^2$$

#### 4.4.5. Verificação da capacidade de curto-circuito

Corrente de curto-circuito no barramento de alimentação da CL3A na SE Dzimene (barramento de 110KV). Da chapa característica do transformador em anexo 3 temos os seguintes dados:  $S_{transf} = 250 \text{ MVA}$ ;  $U_{transf} = (275/ 110)\text{KV}$ ;  $Z_{[\%]}=12,24\%$ .

Logo:

$$I_{cc} = \frac{100 \times S_{transf}}{\sqrt{3} \times U_{transf} \times Z_{[\%]}} \rightarrow I_{cc} = \frac{100 \times 250000}{\sqrt{3} \times 110 \times 12,24} \rightarrow I_{cc} = 10,720\text{KA}$$

Corrente de curto-circuito máxima admissível ( $I_{cca}$ ) selecionado durante 5 segundos. Tratando-se de condutor lisbom de  $S = 315\text{mm}^2$  e  $C = 93$ ; (C é coeficiente que depende da natureza do condutor e das suas temperaturas ao inicio e final de curto circuito, sendo que para condutores de alumínio é 93) temos:

$$I_{cca} = S \times \frac{C}{\sqrt{t}} \rightarrow I_{cca} = 315 \times \frac{93}{\sqrt{5}} \rightarrow I_{cca} = 13,101\text{KA}$$

O condutor seleccionado passou neste teste, visto que admite dentro de intervalo de tempo razoável uma corrente de curto-circuito maior que a máxima provável no barramento de alimentação.

### 4.5. Cálculo de dispositivos de corte e proteção

#### 4.5.1. Dimensionamento de seccionadores e disjuntores.

A base para dimensionar disjuntor e seccionador é a corrente de serviço, sendo que ele deverá se deixar atravessar pela corrente de serviço sem se danificar, mas para

além de corrente de serviço estes equipamentos deveram suportar correntes de defeito por um tempo minimamente razoável sem se danificarem. As correntes nominais dos equipamentos de corte será dado pelo produto da corrente de serviço pelo factor de correção de 1,15 logo:

$$I_N > I_{serv} \times 1,15 \rightarrow I_N > 798 \times 1,15 \rightarrow I_N > 917A$$

#### 4.5.2. Dimensionamento de TPs, TIs e a impedância de ajuste do relé

Sendo tensão nominal da linha 110KV e a corrente de serviço 798A os paramentos dos equipamentos do sistema de proteção são os seguintes:

- Tensão nominal do VTs: 110KV/110V;
- Corrente nominal di TIs: 800/1 A.

#### Impedância de ajuste do relé

$$Z_s = Z_p \times \frac{RTI}{RTP}$$

Sendo:

$$Z_{linha} = Z_p = 1,41 \angle 56,6^0 \Omega/Km ;$$

$$RTI = \frac{800}{1} \rightarrow RTI = 800 \text{ e } RTP = \frac{110000}{110} \rightarrow RTP = 1000$$

$$Z_{ajust} = Z_s = 1,4 \times \frac{800}{1000} \rightarrow Z_{ajust} = 1,12\Omega$$

### 4.6. Determinação de parâmetros mecânicos e de segurança

#### 4.6.1. Tracção máxima a aplicar

Tendo em conta a tração de roptra do lisbon na technical data shit ( $T_R = 103,4KN$ ) da expressão

$$T_{segu} = \frac{T_R}{2,5} \rightarrow T_{segu} = \frac{103,4}{2,5} \rightarrow T_{segu} = 41,36KN$$

#### 4.6.2. Cálculo da flecha

Vários factores deveram ter-se em conta na definição da flecha, ora vejamos:

Quanto maior for a flecha, embora o condutor será menos tracionado maior deverá ser a altura dos apoios mas também deverá ter se atenção com o movimento dos condutores em dias de ventos visto que estes não balanceiam sincronizadamente, sendo eles de fases diferentes quando entrarem em contacto provocaram curto-circuito.

Quanto menor for a flecha, embora possa minimizar-se a altura dos apoios, corre se o risco de roptura do condutor visto que este será sujeito a maior tração. Contudo pode ser determinado a flecha que tenha em conta os aspectos acima referenciados recorrendo a expressão:

$$F = \frac{P \times a^2}{8 \times T_{segu}} \text{ Onde:}$$

$a$  – O vão médio cujo valor é 0,450 Km;

$P$  – Peso de condutor cujo valor é 9476 N.

$$\text{Logo: } F = \frac{P \times a^2}{8 \times T_{segu}} \rightarrow F = \frac{9476 \times 0,450^2}{8 \times 41,36} \rightarrow F = 5,7m$$

#### 4.6.3. Cálculo de distâncias de segurança.

Tendo em conta o R.S.L.E.A.T as distâncias devem ser as seguintes:

Distância mínima entre o condutor e o solo;

$$D \geq 6 + 0,05 \times U \rightarrow D \geq 6 + 0,005 \times 110 \rightarrow D \geq 6,55m.$$

Distância mínima entre os condutores e obstáculos diversos;

$$D \geq 2 + 0,005 \times V \rightarrow D \geq 2 + 0,005 \times 110 \rightarrow D \geq 2,55m.$$

Distância mínima entre condutores e os apoios;

$$D \geq 1 + 0,0065 \times V \rightarrow D \geq 1 + 0,0065 \times 110 \rightarrow D \geq 1,715m.$$

Distância mínima entre condutores e as estradas.

$$D \geq 6,3 + 0,015 \times V \rightarrow D \geq 2 + 0,015 \times 110 \rightarrow D \geq 7,95$$

Tabela 4: parâmetros de condutor Dove e Lisbon

<b>Quadro comparativo das características do condutor a ser substituído (ACSR-Dove) com o o condutor sugerido (ACCC-Lisbon)</b>			
<b>Parâmetro</b>	<b>Dove</b>	<b>Lisbon</b>	<b>Unidade</b>
$R_{[25\text{ }^{\circ}\text{C}]}$	0,1049	0,0918	$\Omega/\text{Km}$
$X_L$	0,3963	0,222	$\Omega/\text{Km}$
$I_{\text{max}}$	500	1227	A
S	320	355	$\text{mm}^2$
$T_{\text{max}}$	103	103,4	KN
m	1140	947,6	Kg/Km
Preço por metro	290	580	metical

## **5. CONCLUSAO E RECOMENDACOES**

### **5.1. Conclusão**

Para a solução do problema existiam três possibilidades uma passava pela execução de uma nova linha com a capacidade igual a da linha existente, mas isso implicaria identificar uma trajetória para a linha, novos apoios e os demais elementos constituintes da linha. A segunda solução seria a duplicação da secção do condutor Dove já existente, mas com a duplicação do condutor duplica se o peso também e seria necessário rever as estruturas de sustentação. A terceira solução de substituir o condutor Dove por lisbon mostrou se eficiente visto que, para além de maior capacidade de condução tem menor peso e também a sua menor resistência que varia muito pouco com aumento da temperatura minimiza a queda de tensão assim como as perdas de energia. As características do condutor Dove e Lisbon encontram-se resumidas na tabela 5.

Com a atualização da capacidade de transporte da linha CL3A, está sendo robustecido o sistema de transmissão da região sul, particularmente para as províncias de Gaza Inhambane por forma a atender de forma fiável o consumo de energia eléctrica cada vez crescente.

### **5.2. Recomendações**

Recomenda se um estudo semelhante nas linhas CL2 e CL9 para se aferir as capacidades das mesmas visto que sendo um sistema radial nada valerá o aumento da capacidade de CL3A se as linhas a jusante estiverem superadas as respectivas capacidades.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] FUCHS, Rubens Dário. **Transmissão de energia eléctrica**. Linhas aéreas. Volume1. Rio de janeiro: Editora SA, 1997

[2] FILHO, João Momed. **Manual de Equipamentos Eléctricos**. 4ª Edição: LTC 2013.

[3] ALVES, Suzana Rita. **Utilizacao de condutores de alta temperatura no reforço e reabilitação de redes de AT**. Tese de mestrado, Faculdade de Engenharia Universidade de Porto, 2018.

[4] SICOLA, Aly. **Curso de Certificação de Operadores**. Formação em relés de protecção. Maputo, 2008

# APÊNDICES

APÊNDICE 1: Diagrama ilustrativo das subestações alimentadas pela CI3A

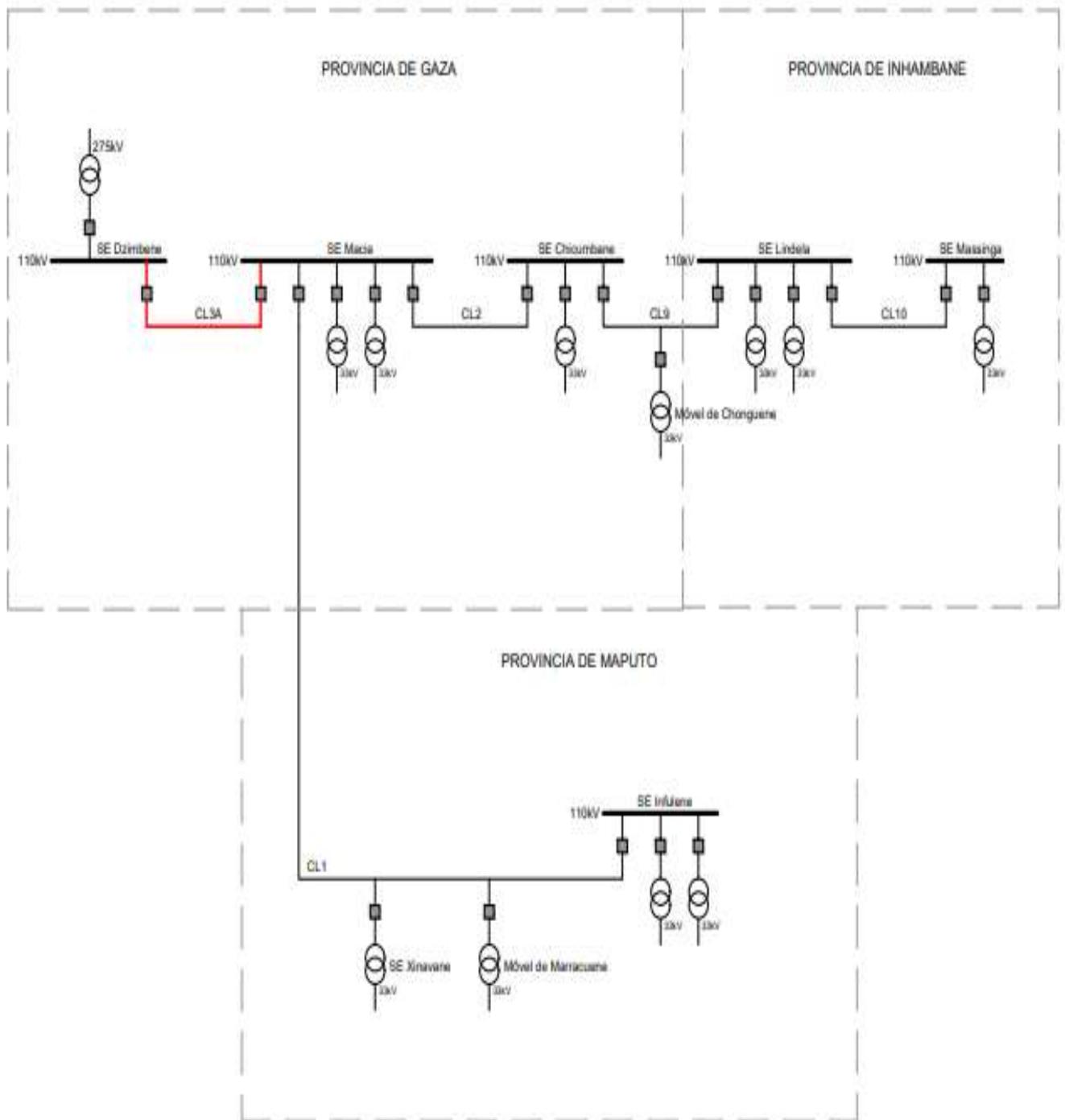


Figura AP1-1: Diagrama ilustrativo das subestações alimentadas pela CI3A

FONTE: (Autor, 2023)

APÊNDICE 2: Diagrama unifilar da subestação eléctrica de Dzimbene

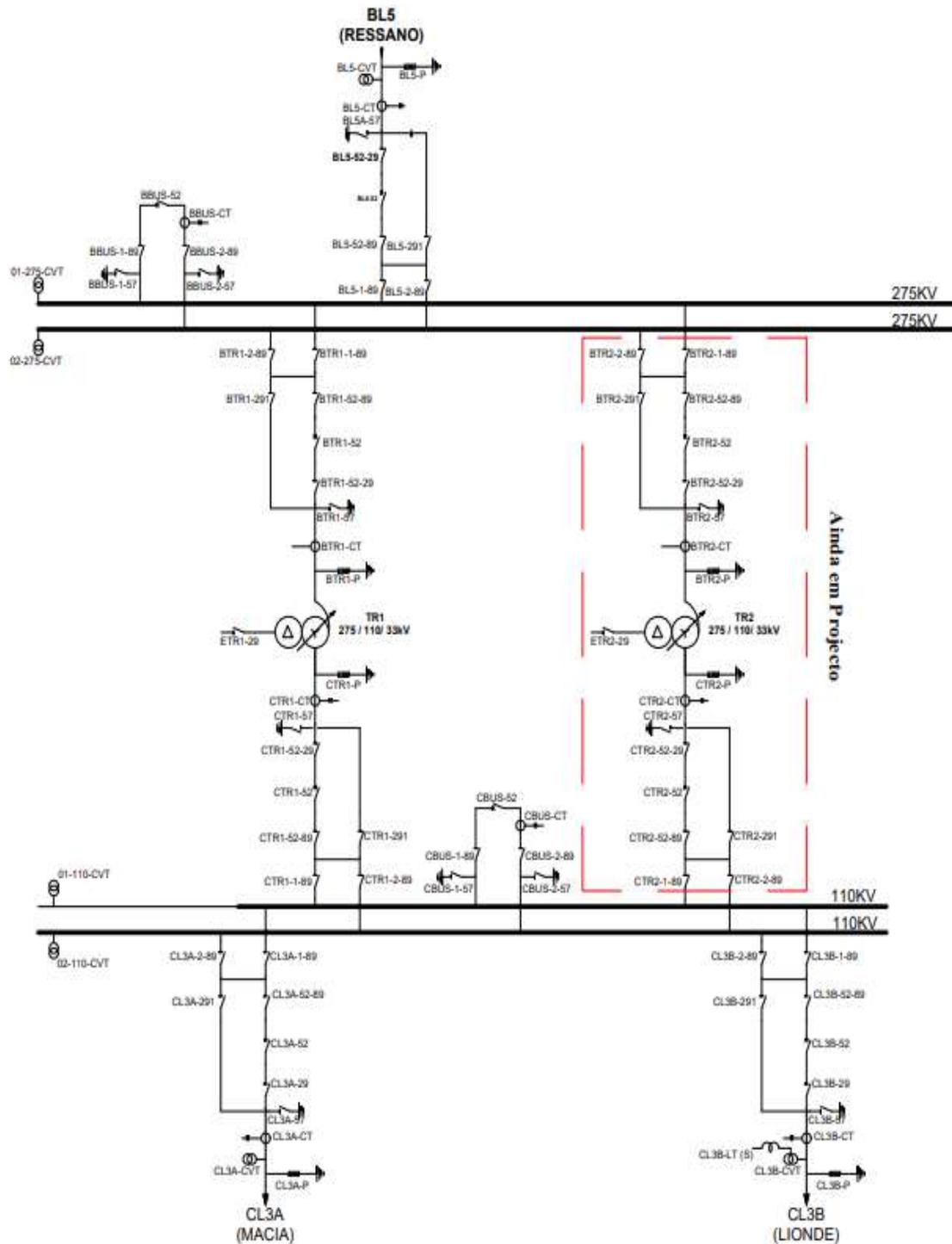


Figura AP2-2: Diagrama unifilar da subestação eléctrica de Dzimbene

Fonte: EDM, departamento de subestações

APÊNDICE 3: Diagrama unifilar da subestação eléctrica de Macia

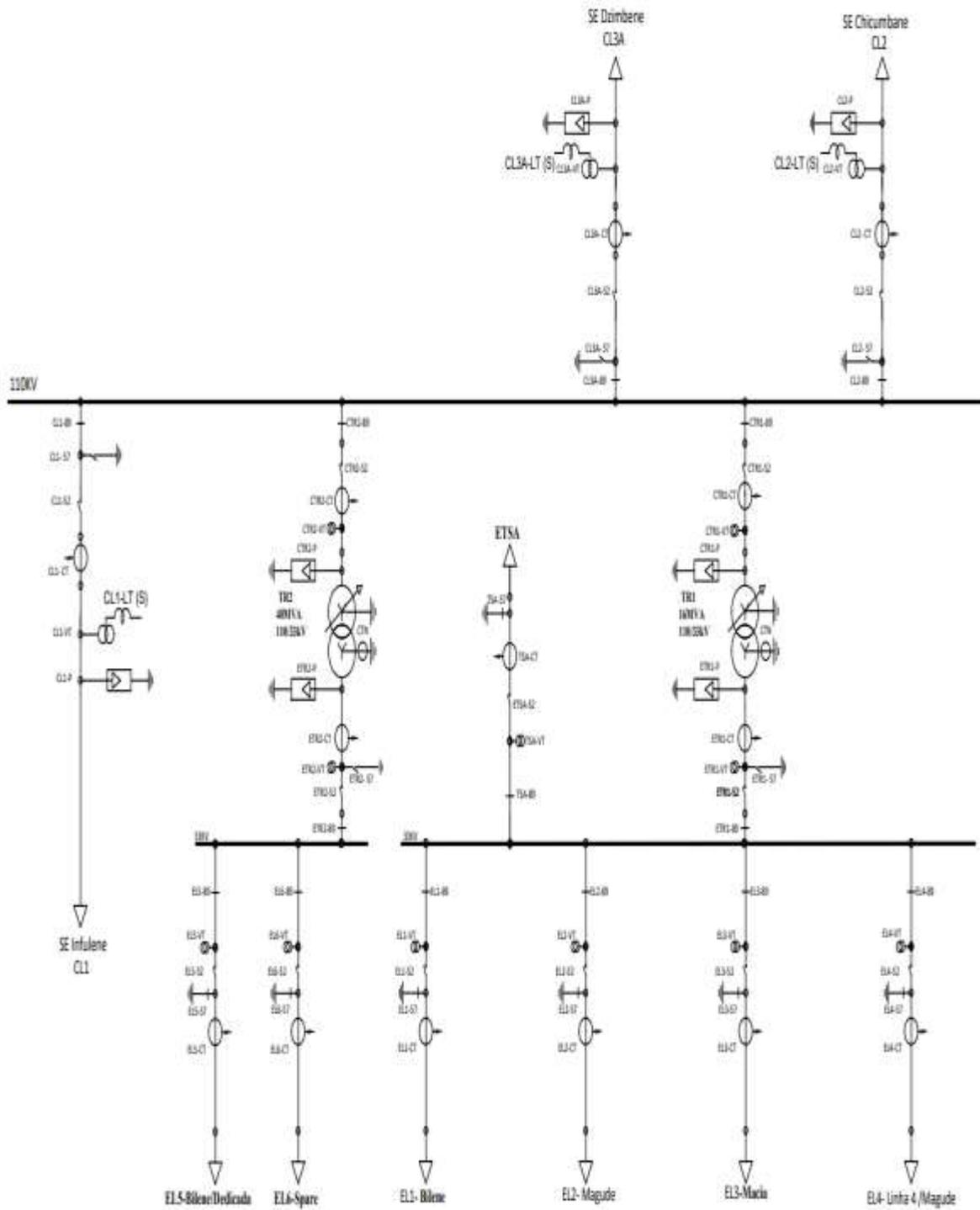


Figura AP3-3: Diagrama unifilar da subestação eléctrica de Macia

Fonte: EDM, departamento de subestações

# **ANEXOS**

HIGH TEMPERATURE LOW SAG CONDUCTORS			
TECHNICAL DATA SHEET			
<b>Aluminium Conductor Composite Core</b>	CODE NAME		ACCC <sup>®</sup> Lisbon
	STANDARD		ASTM B 857 / B 609 or EN 50540
	<b>Mechanical Specifications</b>		
	Nominal Aluminum Cross-Sectional Area	mm <sup>2</sup>	315,5
	Nominal Diameter of Composite Core	mm	7,11
	Nominal Cross-Sectional Area of Core	mm <sup>2</sup>	39,7
	Overall Diameter of Conductor	mm	21,79
	Nominal Cross-Sectional Area of the Conductor	mm <sup>2</sup>	355,2
	Ultimate Tensile Strength of Conductor	kN	103,4
	Rate Strength of Core - 313ksi (2158 MPa)	kN	85,7
	Core Nominal Mass per Unit Length	kg/km	76
	Conductor Nominal Mass per Unit Length	kg/km	947,6
	Aluminum Nominal Mass per Unit Length	kg/km	871,6
	Maximum Continuous Operating Temperature of Conductor	°C	180
	Maximum Allowable Emergency Temperature of Conductor	°C	200
	Coefficient of Linear Expansion Above Thermal Kneepoint	/°C	1,61E-06
	Coefficient of Linear Expansion Below Thermal Kneepoint	/°C	1,88E-05
	Final Modulus of Elasticity Above Thermal Kneepoint	Gpa	112,3
	Final Modulus of Elasticity Below Thermal Kneepoint	GPa	64,1
	<b>Stranding Configuration</b>		
No. of Layers	pcs.	2	
No. of Trapezoidal Wires in First Layer	pcs.	6	
No. of Trapezoidal Wires in Second Layer	pcs.	10	
<b>Electrical Specifications</b>			
Nominal Resistivity of Aluminum at 20°C, DC 63% IACS	Ω/km	0,0887	
Temperature Coefficient of Resistance	/°C	0,00403	
Frequency	Hz	50	
AC Nominal Resistance at 25°C	Ω/km	0,0910	
AC Nominal Resistance at 75°C	Ω/km	0,1088	
AC Nominal Resistance at 180°C	Ω/km	0,1461	
AC Current Rating at Given Temp.	@ 100°C & 50 Hz @ 180°C & 50 Hz	Amperes	
		823	
		1227	
GMR (estimated)	m	0,009	
Inductive Reactance	Ω/km	0,222	
Capacitive Reactance	MΩ-km	0,191	
ACCC <sup>®</sup> is produced with 1350 O-tempered aluminum			
ACCC <sup>®</sup> exhibit lay length (ratios) that conform to ASTM B 857 or EN 50540			
Minimum tensile strength of annealed aluminum conform to ASTM B 609 and EN 50540			
Conditions: 0,61 m/s (2 ft/s) wind, 0 m (0 ft) elevation, 0,5 emis., 0,5 absorp. 40°C ambient temp., 1033 W/m <sup>2</sup> (96 W/ft <sup>2</sup> ) sun radiation			
EMTA KABLO SANAYI VE TİCARET A.Ş. İstasyon Mahallesi İbipişa Caddesi No:4 34940 Tuzla, İstanbul/TURKEY Tel: +90 216 446 66 06 / Fax: +90 216 446 43 93 sales@emtaconductor.com		www.emtaaccc.com www.emtaconductor.com	
		 	
Manufactured under licence by <b>CTC GLOBAL</b>			



**EMTA KABLO SANAYI ve TİCARET A.Ş.**  
Kadirli Organize Sanayi Bölgesi 1. Cadde  
No: 15 Kadınıköyü  
Tel: 0330 392 58 05 (Fax) Faks: 0328 739 23 08  
Kadın V.D.: 334 060 2150  
Tic. Sic. No: 2313 Meris No: 0-3340-5021-8000014



**CONDUCTOR DATA SHEET**  
**ALUMINUM CONDUCTORS STEEL REINFORCED ( ACSR )**



ASTM SIZES

Code Name	Area			Equivalent copper area		Stranding and wire diameter		Approx. overall diameter	Weight			Rated Strength	Maximum dc resistance at 20 °C	
	Aluminium	Steel	Total	AWG of MCM	mm <sup>2</sup>	Aluminium	Steel		Aluminium	Steel	Total			
	AWG of MCM	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>			mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	kg/km	kg/km	kN	Ω /km
PELICAN	477	242.30	13.46	255.80	300	152.26	18/4.14	1/4.14	20.70	668.0	105	773	52.30	0.1186
FLICKER	477	241.60	31.40	273.00	300	152.26	24/3.58	7/2.39	21.49	669.0	245	914	76.78	0.1195
HAWK	477	241.60	39.49	281.10	300	152.26	26/3.44	7/2.68	21.80	669.0	306	975	86.73	0.1195
HEN	477	241.30	56.30	297.60	300	152.26	30/3.20	7/3.20	22.40	670.0	440	1110	105.16	0.1200
OSPREY	556.5	282.50	15.69	298.20	350	172	18/4.47	1/4.47	22.35	779.0	122	901	60.52	0.1017
PARAKEET	556.5	282.30	36.60	318.90	350	172	24/3.87	7/2.58	23.22	783.0	286	1069	88.29	0.1023
DOVE	556.5	282.60	45.92	328.50	350	172	26/3.72	7/2.89	23.55	783.0	359	1142	101.10	0.1022
EAGLE	556.5	282.10	65.82	347.90	350	172	30/3.46	7/3.46	24.21	784.0	515	1298	122.90	0.1026
PEACOCK	605	306.10	39.78	345.90	381	187	24/4.03	7/2.69	24.20	849.0	311	1160	95.86	0.0943
SQUAB	605	305.80	49.81	355.60	381	187	26/3.87	7/3.01	24.51	848.0	389	1237	109.60	0.0944
WOODDUCK	605	307.10	71.65	378.80	381	187	30/3.61	7/3.61	25.25	853.0	560	1413	129.00	0.0943
TEAL	605	307.10	69.62	376.70	381	187	30/3.61	19/2.16	25.24	853.0	545	1398	136.10	0.0943
KINGBIRD	636	323.00	17.95	341.00	400	197	18/4.78	1/4.78	23.90	891.0	140	1031	69.72	0.0890
ROOK	636	323.10	41.88	365.00	400	197	24/4.14	7/2.76	24.84	896.0	327	1223	101.00	0.0894
GROSBEAK	636	321.80	52.49	374.30	400	197	26/3.97	7/3.09	25.15	892.0	410	1302	111.90	0.0897
SCOTER	636	322.60	75.26	397.90	400	197	30/3.70	7/3.70	25.90	897.0	588	1485	135.50	0.0897
EGRET	636	322.60	73.54	396.10	400	197	30/3.70	19/2.22	25.90	897.0	576	1473	140.60	0.0897

Activate  
Co-0897Setti

ANEXO 6: Dados da impedância característica do TR1 da SE Dzimbene  
 Tabela A6-6: Dados da impedância característica do TR1 da SE Dzimbene

RATED FREQUENCY		50Hz	
COOLING METHOD		ONAN/ONAF/OFAF	
TEMPERATURE RISE			
OIL		50°C	
WINDING		55°C	
% IMPEDANCE			
HV -XV	12.24	%	AT 250MVA
HV -YV	49.64	%	
XV -YV	35.02	%	

ANEXO 7: Algumas linhas da rede de transmissão sul (DTSU).

Tabela A7-7: Algumas linhas da rede de transmissão sul (DTSU)

Linhas da Divisão de Transporte Sul											
BARRAMENTO	BARRAMENTO	CÓDIGO Antigo	U	L	ANO	CONDUTOR	R <sub>030</sub>	X <sub>+-</sub>	B <sub>+-</sub>	S <sub>máx</sub>	TIPO CABO
INICIAL	FINAL		[kV]	[km]			[Ω/km]	[Ω/km]	[10 <sup>-6</sup> Ω/km]	[MVA]	GUARDA/CPGW
Amout	Maputo	AL2**	400	49.9	1998	3xTem	0.0249	0.2750	3.4773	1293	
Edwelene	Maputo	AL3**	400	58.1	1998	3xTem	0.0249	0.2750	3.4773	1293	
SE Matola	Infulene	BL1	275	16	2000	2xBEAR	0.0667	0.3285	3.5472	479	CPGW
Ressano Garcia	Infulene	BL2	275	76	1972	2xBEAR	0.0667	0.3285	3.5472	479	CPGW
Komatipoort	Ressano Garcia	BL4	275	9	1973	2xBEAR	0.0667	0.3285	3.5472	479	CPGW
Ressano Garcia	Ndzimbene	BL5	275	140	2017	2xBEAR	0.0667	0.3285	3.5472	479	CPGW
SE Maputo	Matola	BL3	275	16	2004	2xBEAR	0.0667	0.3285	3.5472	479	CPGW
Motraco	Maputo 275	BL6	275	0.1	2020	AAAC	0.0318	0.4000	2.8000	475	CPGW
Motraco	Mozal	ca**	132	10.5	1998	3xTem	0.0249	0.2750	3.4773	1293	
Infulene	Macia	CL1	110	125.0	1983	DOVE	0.1049	0.3963	2.9154	99	CPGW
Macia	Chicumbane	CL2	110	49.0	1983	DOVE	0.1049	0.3963	2.9154	99	Não tem
Macia	Dzimbene	CL3A	110	47.7	1983	DOVE	0.1049	0.3963	2.9154	99	Não tem
Dzimbene	Lionde	CL3B	110	5.3	1983	DOVE	0.1049	0.3963	2.9154	99	Não tem
Infulene	Comumana	CL4	110	92.0	1984	DOVE	0.1049	0.3963	2.9154	99	Não tem
Comumana	Komatipoort	CL5	110	40.0	1990	DOVE	0.1049	0.3963	2.9154	99	cabo de guarda
Lionde	Kuvaringa	CL6	110	28.5	2015	DOVE	0.104907	0.396288	2.91544	99	CPGW
Kuvaringa	Mapai	CL7	110	231.0	2015	DOVE	0.104907	0.396288	2.91544	99	CPGW

Tabela A8-8: Características de cabos eléctricos

Quadro comparativo de condutores para as correntes: 400 A, 600 A e 1200 A.							
Tipo de condutor	Designação	Corrente Máxima Em (A)	Secção (mm <sup>2</sup> )	Resistência Eléctrica em (ohm/Km)	T.max em (da N/mm <sup>2</sup> )	Flecha em (m)	Perdas em (Kw/Km)
Para corrente de 400 A							
AAC	HORNET	470	157,60	0,1823	5,3	10,30	87,50
AAAC	ASH	485	180,70	0,1830	9,4	8	87,84
ACSR	PARTRIDG E 160	490	156,90	0,2146	10,3	7,72	103,01
Para corrente de 600 A							
AAC	SPIDER	615	237,6	0,1210	5,12	10,08	130,68
AAAC	ASTER 288	655	288,30	0,1154	10,40	7,62	124,63
ACSR	BEAR 326	680	326,10	0,1093	10,73	7,41	118,04
ACAR	500-ASTM B-524 Standard	700	252,9	0,1189	5,62	9,93	128,4
ACCC	HLSINKI	813	158,8	0,1824	13,90	9,90	196,99
Para corrente de 1200 A							
AAC	SPIDER (2X)	615	237,6	0,06050	5,12	10,08	130,68
AAAC	ASTER 288 (2X)	655	288,30	0,05770	10,40	7,62	124,63
ACSR	BEAR 326 (2X)	680	326,10	0,05465	10,73	7,41	118,04
ACAR	500-ASTM B-524 Standard (2X)	700	252,9	0,05945	5,62	9,93	128,4
ACCC	AMSTERDA M	1355	418,4	0,1824	0,1824	9,36	256,82

ANEXO 9: Acta de encontros.

A 9.1.1-9 Acta de encontros.



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL03	DATA:	24/03/23
--------------------	--------------	-------	----------

**1. AGENDA:**

Apresentação do TAT e discursão em torno do tema

**2. PRESENÇAS**

Supervisor	Prof.Doct.Eng. Zacarias Chilengue
Co-Supervisor	
Estudante	Erasmu Andricimo Munguambe
Outros	

**3. RESUMO DO ENCONTRO**

Está tudo bem com o tema
Necessidade de Correção dos objetivos específicos e metodologia

ANEXO 9: Acta de encontros.

A 9.1.2-10 Acta de encontros.

#### 4. RECOMENDAÇÕES

Melhorar objectivos específicos e metodologia

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	26/03/2023
-----------------------------	------------

ANEXO 9: Acta de encontros.

A 9.2.1-11 Acta de encontros.



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL03	DATA:	26/03/2023
--------------------	--------------	-------	------------

**7. AGENDA:**

Apresentação das retificações sugeridas no tema e objetivos

**8. PRESENÇAS**

Supervisor	Prof.Doct.Eng. Zacarias Chilengue
Co-Supervisor	
Estudante	Erasmu Andrícimo Munguambe
Outros	

**9. RESUMO DO ENCONTRO**

Verificação e Validação do TAT

ANEXO 9: Acta de encontros.

A 9.2.2-12 Acta de encontros.

## 10. RECOMENDAÇÕES

Olhar sempre pelo custo económico e benefícios que advém do projeto

11. OBSERVAÇÕES	
-----------------	--

12. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	24/04/2023
------------------------------	------------

ANEXO 9: Acta de encontros.

A 9.3.1-13 Acta de encontros.



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL03	DATA:	01/05/2023
--------------------	--------------	-------	------------

**13. AGENDA:**

Revisão bibliográfica, Resultados, Análises e discussão

**14. PRESENÇAS**

Supervisor	Prof.Doct.Eng. Zacarias Chilengue
Co-Supervisor	
Estudante	Erasmu Andrícimo Munguambe
Outros	

**15. RESUMO DO ENCONTRO**

Apreciação geral de todo o trabalho feito

ANEXO 9: Acta de encontros.

A 9.3.2-14 Acta de encontros.

## 16. RECOMENDAÇÕES

Fazer citações
Fazer índice de figuras
Retificar alguns aspetos relacionados com a escrita
Melhorar o resumo
Melhorar a conclusão

17. OBSERVAÇÕES	
-----------------	--

18. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	20/05/2023
------------------------------	------------

ANEXO 9: Acta de encontros.

A 9.4.1-15 Acta de encontros.



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL03	DATA:	20/05/2023
--------------------	--------------	-------	------------

**19. AGENDA:**

Verificação final do relatório

**20. PRESENÇAS**

Supervisor	Prof.Doct.Eng. Zacarias Chilengue
Co-Supervisor	
Estudante	Erasmu Andrícimo Munguambe
Outros	

**21. RESUMO DO ENCONTRO**


ANEXO 9: Acta de encontros.

A 9.4.2-16 Acta de encontros.

## 22. RECOMENDAÇÕES


23. OBSERVAÇÕES	
-----------------	--

24. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	
------------------------------	--

ANEXO 10: Relatório de progresso.

A 10-17 Relatório de progresso.



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**RELATÓRIO DE PROGRESSO**

REFERÊNCIA DO TEMA:	2023ELEPPL03
---------------------	--------------

ACTV	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	24/03/23	60	Melhorar a introdução.	
	26/03/23	100	Pode avançar para bibliografia	
2	01/04/23	40	Selecionar os conceitos chaves	
	20/04/23	100	Pode avançar para parte prática	
3	5/05/23	80	Revisar os cálculos sobre a estimativa de carregamento	
	15/05/23	100	Melhorar as análises	
4	20/05/23	90	Melhorar a conclusão e Resumo do trabalho	

ANEXO 11: Guia de avaliação do relatório escrito.

A 11.1.1-18 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: Erasmo Andrícimo Munguambe

Referência do tema: 2023ELEPPL03 Data: 26/ 04/ 2023

Título do tema: REDIMENSIONAMENTO DE LINHA DE 110 KV (CL3A) QUE INTERLIGA AS SUBESTAÇÕES DE MACIA E DZIMBENE NA PROVINCIA DE GAZA.

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

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
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
<b>Secção 2 subtotal (max: 45)</b>										

ANEXO 11: Guia de avaliação do relatório escrito.

A 11.1.2-19 Guia de avaliação do relatório escrito.

<b>3. Argumentação</b>										
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					
<b>Secção 3 subtotal (max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
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
<b>Secção 4 subtotal (max: 20)</b>					

<b>Total de pontos (max: 100)</b>	
-----------------------------------	--

<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
--------------------------	--

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 12: Guia de avaliação da apresentação oral e defesa.

A 12.1.1-20 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: Erasmo Andrícimo Munguambe

Referência do tema: 2023ELEPPL03 Data: 26/ 04/ 2023

Título do tema: REDIMENSIONAMENTO DE LINHA DE 110 KV (CL3A) QUE INTERLIGA AS SUBESTAÇÕES DE MACIA E DZIMBENE NA PROVINCIA DE GAZA.

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

<b>2. Organização e explanação</b>										
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		
<b>Secção 2 subtotal (max: 25)</b>										

ANEXO 12: Guia de avaliação da apresentação oral e defesa

A 12.1.2-21 Guia de avaliação da apresentação oral e defesa.

<b>3. Estilo da apresentação</b>										
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					
<b>Secção 3 subtotal (max: 15)</b>										

<b>4. Defesa</b>										
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
<b>Secção 3 subtotal (max: 50)</b>										

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
---------------------------------------	--	--------------------------	--

ANEXO 13: Ficha de avaliação global.

A 13-22 Ficha de avaliação global.



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: Erasmo Andrícimo Munguambe

Referência do tema: 2023ELEPPL03 Data: 26/ 04/ 2023

Título do tema: REDIMENSIONAMENTO DE LINHA DE 110 KV (CL3A) QUE INTERLIGA AS SUBESTAÇÕES DE MACIA E DZIMBENE NA PROVINCIA DE GAZA.

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

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL <math>= (N1 * A + N2 * B) / 100</math></b>	
---	--

**OS MEMBROS DO JURI:**

	<b>ASSINATURAS</b>
O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

Maputo, 26 de 04 de 2023