



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**CURSO: LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**  
**CADEIRA: ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**Tema: Projecto De Electrificação do Bairro Chamissava no Distrito Municipal  
Katembe**

**Autor:**

JOÃO, Ildo Ernesto

**Supervisores:**

Da UEM: Eng.º Ortígio Nhanombe

Da Empresa: Eng.º Rosário Reginaldo

**Coordenador: Msc. Anacleto Albino, Eng.º**

***Maputo, Maio de 2023***



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**CURSO: LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**  
**CADEIRA: ESTÁGIO PROFISSIONAL**

**Tema:**

**Projecto De Electrificação do Bairro Chamissava no Distrito Municipal Katembe**

**JOÃO, Ildo Ernesto**

Relatório de Estágio Profissional apresentado como requisito para obtenção do grau de licenciatura pelo programa de graduação em Engenharia Eléctrica do Departamento de Engenharia Electrotécnica da Universidade Eduardo Mondlane

**Supervisores:**

Da UEM: Eng<sup>o</sup> Ortígio Nhanombe

Da Empresa: Eng<sup>o</sup> Rosário Reginaldo

**Coordenador: Msc Anacleto Albino, Eng<sup>o</sup>**

Maputo, Maio de 2023



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**CURSO: LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA**

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

Declaro que o estudante João, Ildo Ernesto entregou no dia 25/05/2023 as 3 cópias do relatório do seu Estágio Profissional com referência: 2023ELEPD01 Intitulado Projecto de Electrificação do Bairro Chamissava no Distrito Municipal Katembe

Maputo, 26 de Maio de 2023

A chefe da Secretaria

---

(Arlete Cucu)



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

**GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: JOÃO, Ildo Ernesto

Referência do tema: 2023ELEPD01

Data: 25 de Maio de 2023

Título do tema: Projecto De Electrificação do Bairro Xamissava no Distrito Municipal  
 Katembe

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

2. Resumo	Classificação									
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 (máx: 45)</b>										

3. Argumentação	Classificação									
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 (máx: 30)</b>										

4. Apresentação e estilo da escrita	Classificação				
4.1. Legibilidade e organização do trabalho	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 lingua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação corrente, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal (máx: 20)</b>					

**Total de pontos (máx: 100)**

**Nota (= Total\*0.2)**

Assinatura do Supervisor: \_\_\_\_\_



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

**GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: JOÃO, Ildo Ernesto

Referência do tema: 2023ELEPD01

Data: 25 de Maio de 2023

Título do tema: Projecto De Electrificação do Bairro Chamissava no Distrito Municipal Katembe

1. Introdução	Classificação									
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 (máx: 10)</b>										

2. Organização e explanação	Classificação									
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.2. Metodologias	1	2	3	4						
2.3. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Conclusões e aplicação dos Resultados (Recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Secção 2 subtotal (máx: 25)</b>										

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

4. Defesa	Classificação									
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 (máx: 50)</b>										

**Total de pontos (máx: 100)**

**Nota (= Total\*0.2)**



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

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE**

(Auxiliar para o Supervisor)

Nome do estudante: João, Ildo Ernesto

Referência do tema: 2023ELEPD01

Data 25 de Maio de 2023

Título do tema: Projecto De Electrificação Do Bairro Chamissava No Distrito Municipal

Katembe

Indicador	Classificação				
<b>Atitude geral</b> (Manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
<b>Dedicação e comprometimento</b> (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
<b>Independência</b> (Realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
<b>Iniciativa</b> (Viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
<b>Flexibilidade</b> (Disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
<b>Sensibilidade</b> (Ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
<b>Criatividade</b> (Contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
<b>Total de pontos (máx: 35)</b>					

Valor do Classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 Valores)
	2	Suficiente (10 a 13 Valores)
	3	Bom (14 a 16 Valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 Valores)
	5	Excelente (19 a 20 Valores)

**Total de pontos (máx: 35)**

**Nota (= Total\*20/35)**

Assinatura do Supervisor: \_\_\_\_\_



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

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

**FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: João, Ildo Ernesto

Referência do tema: 2023ELEPD01

Data: 25 de Maio de 2023

Título do tema: Projecto De Electrificação Do Bairro Chamissava No Distrito Municipal

Katembe

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

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

<b>MEMBROS DO JURI:</b>	
O presidente	
O oponente	
Os Supervisores	

## DEDICATÓRIA

Aminha minha mãe Joana Francisco, pela educação, amor e carinho e em especial a minha esposa Aicida Machava pelo suporte até terminar a minha formação. Aos meus filhos Wesley e Kaleb que são uma benção para mim.



## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao glorioso e poderoso Deus, pela vida que eu tenho, pela graça e vitórias assim como pela motivação de continuar a lutar;

Aos meus Pais, pela educação que me deram desde a minha existência na terra e pelo apoio, moral e material ao longo de toda a minha vida estudantil, a minha esposa Aicida Admiração, aos meus filhos Wesley e Kaleb bem como aos meus irmãos que me proporcionaram momentos de alegria em meio a dificuldades na academia, o que me fortalece até aos dias de hoje.

Quero também prestar o meu mais sincero agradecimento ao meu supervisor, o Eng.º Ortígio Nhanombe, pela sua disponibilidade e profissionalismo, pelo seu rigor e ajuda prestada na produção deste trabalho.

A todos os docentes da Faculdade de Engenharia que contribuíram muito para o meu processo de aprendizagem.

A todos os meus colegas da Faculdade de Engenharia com destaque para os engenheiros. Dércio Nguenhene, Januário Mucuho e Lavomó Vinho por terem sido um suporte para mim, compartilhando momentos de alegria, discussões e sempre na partilha de conhecimentos.

À empresa Kety Kety Engenharia e Serviços, Lda por ter confiado em mim e ter disponibilizado uma vaga para o meu estágio profissional.

A todos os demais que colaboraram directa ou indirectamente e até deram um pouco de si para que eu pudesse concluir este projecto.

A todos digo: “DEUS VOS ABENÇÕE”.

“O temor do Senhor é o princípio da sabedoria; e o conhecimento do Santo é o entendimento.”

[PROVÉRBIOS 9:10]

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu Ildo Ernesto João, estudante do 5<sup>o</sup> nível do curso de Engenharia Eléctrica na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declaro por minha honra que este trabalho é da minha autoria e nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ela constitui o resultado do meu labor individual.

Maputo, 25 de Maio de 2023

---

(Ildo Ernesto João)

## RESUMO

No âmbito da realização do estágio profissional na empresa Kety Kety Engenharia e Serviços, desenvolveu-se este projecto com o tema “Electrificação do Bairro Chamissava no Distrito da Katembe”, cujo principal objectivo é de apresentar um projecto para electrificação do quarteirão 7 do referido bairro. Próximo a este quarteirão existe uma linha de média tensão de 33 kV, com origem na Subestação de Boane e como destino a Salamanga, é nesta linha que se propõe que sejam feitas duas derivações (T-OFF) para que posteriormente sejam executadas duas novas linhas com 825 metros e 500 metros de comprimento respectivamente para a electrificação do quarteirão.

Como solução para electrificação deste quarteirão, o presente projecto propõe a instalação de dois postos de transformação de 75 kVA cada com uma tensão nominal de 33/0,4KV, de modo a suprir a demanda total de 141,96KVA existente. Este projecto contém os procedimentos para desenvolver o dimensionamento de uma rede de distribuição de energia eléctrica em um bairro residencial, desde os cálculos eléctricos aos mecânicos assim como a disposição da estrutura que vai permitir a sustentação das linhas de transmissão de modo a fornecer energia à população de forma eficiente possível.

A médio prazo, recomenda-se que a EDM faça a interligação da rede com os outros quarteirões pertencentes ao bairro chamissava por forma a conferir alguma redundância dos postos de transformação à futura rede eléctrica do bairro chamissava.

**Palavras Chave:** Rede de distribuição de energia; Dimensionamento; Posto de transformação aéreo.

**Índice**

DEDICATÓRIA .....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	iv
RESUMO.....	v
LISTA DE SÍMBOLOS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xi
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.1. Formulação do Problema .....	2
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Objectivos.....	2
1.3.1. Objectivo Geral .....	2
1.3.2. Objectivos Específicos.....	2
1.4. Metodologia.....	3
1.5. Regulamentação à Utilizar.....	3
1.6. Estrutura do Trabalho.....	3
CAPÍTULO II – REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA .....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. PROJECTO DA EXPANSÃO DA REDE .....	5
2.2. REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA .....	5
2.2.1. REDE ELÉCTRICA PRIMÁRIA.....	5
2.2.2. REDE ELÉCTRICA SECUNDÁRIA.....	6
2.3. ELEMENTOS DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO .....	6
2.3.1. CONDUTORES ELÉCTRICOS.....	6
2.3.2. ISOLADORES.....	7
2.3.3. APOIOS .....	8
2.3.4. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO.....	8
2.3.5. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO.....	9
CÁPÍTULO III – LEVANTAMENTO DE DADOS .....	10
3. LEVANTAMENTO DE DADOS .....	10
3.1. LOCALIZAÇÃO DO BAIRO CHAMISSAVA .....	10

3.2.	MAPEAMENTO DO QUARTEIRÃO 7 NO BAIRRO CHAMISSAVA.....	10
3.3.	LEVANTAMENTO DE CARGA.....	11
3.4.	CÁLCULO DA POTÊNCIA TOTAL INSTALADA .....	11
CAPÍTULO IV – DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS E DOS POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO.....		14
4.	DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS E DOS POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO.....	14
4.1.	LINHA DE MÉDIA TENSÃO .....	14
4.1.1.	CONDUTORES .....	15
4.1.2.	SECÇÃO TRANSVERSAL DOS CONDUTORES DE MÉDIA TENSÃO.....	15
4.1.3.	CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA LINHA DE TRANSMISSÃO.....	17
4.2.	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO .....	20
4.2.1.	SELECÇÃO OU ESCOLHA DOS PÁRA-RAIOS .....	21
4.2.2.	SECCIONADOR-FUSÍVEL OU DROP-OUTS .....	21
4.2.3.	CABO DE BAIXA TENSÃO ENTRE O TRANSFORMADOR E O QUADRO DE BAIXA TENSÃO.....	22
4.2.4.	DISJUNTOR DE BAIXA TENSÃO .....	22
4.2.5.	SAIDAS.....	23
4.2.6.	COMANDO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	23
4.2.7.	SEGURANÇA .....	24
4.3.	LINHAS DE BAIXA TENSÃO .....	25
4.4.	CÁLCULO MECÂNICO DOS APOIOS.....	26
4.4.1.	CÁLCULO DO VÃO CRÍTICO .....	26
4.4.2.	CARGA APLICADA AOS APOIOS .....	28
4.4.3.	FLÉXA MÁXIMA .....	30
4.4.4.	ENCASTRAMENTO DOS APOIOS .....	32
4.4.5.	ESPIAMENTO .....	32
4.5.	CARACTERÍSTICAS DE MONTAGEM.....	33
4.5.1.	APOIOS .....	33
4.5.2.	ISOLADORES.....	33
4.5.3.	DISTÂNCIAS REGULAMENTARES, VÃO E FLECHA .....	34
4.5.4.	MONTAGEM DE ESPIAMENTO .....	34
4.5.5.	MONTAGEM DO TRANSFORMADOR NO APOIO .....	34

4.5.6. BARRAMENTO DE MÉDIA TENSÃO.....	34
4.5.7. QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO.....	34
4.6. ESPECIFICAÇÃO DO MATERIAL E ESTIVATIVA DE CUSTOS.....	35
CAPÍTULO V – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO.....	36
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO.....	36
5.1. CONCLUSÃO.....	36
5.2. RECOMENDAÇÃO.....	37
6. BIBLIOGRAFIA.....	38
ANEXOS.....	A
Anexo 1.1 Transformador em Pórtico de Madeira assente em base de alvenaria.....	A1.1
Anexo 2. Tabelas Técnicas.....	A2.2
Anexo 3 Característica do Transformador seleccionado.....	A3.4
Anexo 4 Características dos dispositivos de protecção.....	A4.5
Anexo 5 Factores de Correção.....	A5.6
Anexo 6 Capacidade de Condução dos Cabos VAV.....	A6.7
Anexo 7 Características dos Disjuntores.....	A7.8
Anexo 8 Capacidade dos fusíveis em função da secção do cabo.....	A8.9
Anexo 9 Características da Lâmpada Seleccionada (Autor).....	A9.10
Anexo 10 Especificações do cabo ABC.....	A10.12
Anexo 11 Mapas do Bairro Chamissava - Katembe.....	A11.14

## Índice de Ilustrações

### Figuras

Figura 1 a) Cabo de alumínio reforçado por aço; b) secção transversal do cabo. [13].....	7
Figura 2. Tipos de isoladores. a) isolador rígido a base de resina artificial [9]; b) estrutura de um isolador rígido [8]; c) isolador para acoplamento em cadeia [9]; d) estrutura do isolador para acoplamento em cadeia[8] .....	7
Figura 3 Pára-raio e Seccionador Fusível (3) .....	9
Figura 4 Mapeamento do quarteirão 7 - Bairro Chamissava (Autor) .....	10
Figura 5 Linhas de Média Tensão para alimentação dos Pts (Autor) .....	14
Figura 6 Circuito equivalente duma linha de transmissão curta (10) .....	17
Figura 7 Configuração do apoio de alinhamento de MT no projecto (7) .....	18
Figura 8 Esquema Eléctrico Simplificado de um Posto de Transformação (5) .....	20
Figura 9 Linhas de distribuição em baixa tensão por executar (Autor) .....	25
Figura 10 Representação da flexa de um vão .....	30
Figura 11 Medidas de Espiamento (4).....	32

### Tabelas

Tabela 1. Carga de Consumo no quarteirão 7 (Autor).....	11
Tabela 2 Cálculo da potencia instalada no quarteirão 7 no bairro chamissava (Autor) .....	13
Tabela 3 Características Técnicas dos Drop-outs (4).....	21
Tabela 4 Condições de montagem dos cabos de acordo com o ambiente do local (11)....	27
Tabela 5 Parâmetros dos Esforços mecânicos sobre os cabos (11).....	28



**LISTA DE SÍMBOLOS**

$P_{inst}$ :	Potência instalada activa (W)
$K_u$ :	Factor de utilização
$K_s$ :	Factor de simultaneidade
$P_{Total}$ :	Potência Total activa (W)
$S_{Total}$ :	Potência Aparente total (VA)
$\cos \varphi$ :	Factor de Potência
$\beta$ :	Factor de Expansão anual
$S_{nT}$ :	Potência Nominal do Transformador (VA)
$I_s$ :	Intensidade de corrente máxima de serviço da linha (A)
$\partial$ :	Densidade econômica
$S$ :	Secção nominal do condutor (mm <sup>2</sup> )
$R_\theta$ :	Resistência eléctrica a temperatura de operação ( $\Omega$ )
$R_{20^\circ C}$ :	Resistência eléctrica a 20 <sup>o</sup> C ( $\Omega$ )
$\alpha_{20^\circ C}$ :	Coefficiente de temperatura por grau Celcius
$\theta_{local}$ :	Temperatura de operação (°C)
$D_{mg}$ :	Diâmetro médio geométrico (mm)
$r_{mg}$ :	Raio médio geométrico (mm)
$f$ :	Frequência da rede (HZ)
$Z$ :	Impedância da Linha ( $\Omega$ )
$X$ :	Reactância da Linha ( $\Omega$ )
$\Delta P$ :	Perdas eléctricas (W)
$\Delta U$ :	Queda de Tensão (V)
$I_c$ :	Corrente Corrigida (A)
$I_n$ :	Corrente Nominal (A)
$U_n$ :	Tensão Nominal (V)
$\alpha$ :	Coefficiente de redução
$c$ :	Coefficiente de forma
$q$ :	Pressão dinâmica do vento
$d$ :	Diâmetro do condutor (mm)
$H_u$ :	Altura útil (m)

## LISTA DE ABREVIATURAS

EDM :	Electricidade de Moçambique
MT :	Média Tensão
BT :	Baixa Tensão
KV :	Quilovolt
KVA :	Quilo Volt Ampére
APC :	Alto Poder de Corte
GPS :	Sistema de Posicionamento Global
KW :	Quilowatt
AAAC :	Condutor de alumínio com liga de alumínio
ACSR :	Condutor de alumínio com aço reforçado
RSRDLAAT :	Regulamento de segurança das redes de distribuição das linhas aéreas de alta tensão
VDE :	Associação Alemã de Certificação electrotécnica
CEI :	Comissão Electrotécnica Internacional
RSRDBT :	Regulamento de segurança das redes de distribuição de Baixa Tensão

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

### 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

No âmbito do melhoramento e expansão da rede eléctrica nacional, surge a necessidade de apostar em projectos melhorados, isto é, que resolvam (ou minimizem) os problemas actuais e façam face aos que surgirão futuramente, com vista a garantir a qualidade e fidelidade no fornecimento da energia eléctrica.

Uma das causas do subdesenvolvimento das regiões rurais em Moçambique é a falta de energia eléctrica, visto que na actualidade, a energia eléctrica é um factor crucial para a competitividade de todos os sectores industriais e de serviços. A electrificação rural em Moçambique é marcada pelos altos custos das redes de distribuição rural que inviabilizam a ligação à rede eléctrica nacional, contudo, há uma iniciativa do governo em expandir a energia eléctrica em todas as sedes distritais e localidades com o projecto energia para todos até 2030. Face a necessidade de electrificar o bairro Chamissava em Katembe surge a necessidade de desenvolver um projecto eléctrico para a sua implementação em particular no quarteirão 7. Tratando-se de um projecto de expansão da rede eléctrica para os novos bairros sendo na maioria deles, suburbanos e rurais, as redes eléctricas destinadas aos mesmos bairros são redes aéreas. Estas redes de distribuição de energia fazem parte de um sistema eléctrico nacional que além da distribuição apresentam como qualquer sistema completo as etapas da Geração; Transporte e Distribuição. O processo de distribuição de energia deve ser acompanhada por uma etapa muito importante que é o dimensionamento. O dimensionamento de um sistema de distribuição engloba a determinação dos parâmetros dos componentes que compõem esse sistema desde a potência nominal; Tensão nominal entre outros parâmetros eléctrico assim como os esforços mecânicos e a disposição dos elementos da linha.

Para que o projecto seja executado com segurança e eficácia observar-se-a com rigorosidade as prescrições das diversas normas técnicas aplicadas em redes de distribuição de baixa tensão.

### **1.1. Formulação do Problema**

Constitui uma conquista para a EDM o facto de conseguir abranger maior parte da zona urbana do país com a electrificação, mas ainda constitui um desafio a expansão da rede eléctrica em todos os distritos do país. Neste contexto surge a necessidade de desenvolver projectos para a electrificação do distrito de katembe concretamente no bairro chamissava.

### **1.2. Justificativa**

Os projectos de expansão de rede eléctrica devem contribuir em melhorar rede eléctrica já existente, e não o contrário, por isso deve-se ter atenção durante a concepção dos projectos. Deve-se garantir também que depois da execução, a rede funcione em condições normais, com carregamento admissível, e que tenha um tempo de vida útil elevado e que se adapte as condições futuras.

### **1.3. Objectivos**

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

- ❖ Projectar a Electrificação do Bairro Habitacional Chamissava no Distrito Katembe

#### **1.3.2. Objectivos Específicos**

- ❖ Descrever os passos necessários para à implantação de uma rede de distribuição de energia eléctrica;
- ❖ Fazer o levantamento da carga a alimentar;
- ❖ Definir os troços das linhas e os pontos de alocação dos postos de transformação;
- ❖ Dimensionar as linhas e os postos de transformação;
- ❖ Fazer a estimativa de custos.

#### 1.4. Metodologia

Para o desenvolvimento do projecto serão utilizadas as seguintes metodologias:

**Levantamento:** será na base de uma entrevista directa as pessoas relevantes no projecto para fins de coleta dos dados;

##### **Estratégias de recolha de dados**

Para a recolha de dados, deve-se coletar: dados técnicos relacionados com projectos de electrificação e expansão da rede eléctrica assim como dados geográficos do bairro;

**Pesquisa bibliográfica:** será feita uma busca em materiais, como livros, relatórios, artigos científicos, regulamentos vigentes para dimensionamento de redes eléctricas com vista a satisfazer os Objectivos da pesquisa.

#### 1.5. Regulamentação à Utilizar

- ❖ Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia eléctrica;
- ❖ Regulamento de Segurança de Subestações, Postos de Transformação e Seccionamento;
- ❖ Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Baixa Tensão;
- ❖ Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição e de Linhas Aéreas de Alta Tensão.

#### 1.6. Estrutura do Trabalho

Para melhorar a compreensão do trabalho, dividiu-se o mesmo em cinco capítulos, a saber:

##### **CAPÍTULO I**

No primeiro capítulo temos os aspectos gerais dos assuntos contemplados no projecto, respectivamente, a contextualização, a formulação do problema, a justificativa, a delimitação do tema, os objectivos do trabalho, a metodologia e a estrutura do trabalho, assim permitindo melhor esclarecimento no desenvolvimento do projecto, apresentando detalhes e pormenores do projecto em causa.

##### **CAPÍTULO II**

Aqui é apresentado a revisão bibliográfica ou a pesquisa de referencial teórico onde serão expostos os conceitos técnicos e científicos indispensáveis para a melhor percepção do presente projecto.

### **CAPÍTULO III**

Este capítulo consiste em situar o bairro e todas as linhas de média tensão existentes nas proximidades, depois proceder-se-a com levantamento da carga a alimentar e a definição dos troços das linhas de média e de baixa tensão.

### **CAPÍTULO IV**

Este capítulo apresenta os sistemas de dimensionamento das linhas e postos de transformação bem como as características de montagem de cada elemento e por último procede-se com a especificação do material a ser usado assim como a estimativa de custos.

### **CAPÍTULO V**

O quinto capítulo representa a parte final do projecto, onde serão descritas todas as conclusões bem como as recomendações para a segurança da rede assim como para o consumidor final.

## **CAPÍTULO II – REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA**

### **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1. PROJECTO DA EXPANSÃO DA REDE**

Um projecto de expansão de rede eléctrica tem como finalidade expandir a rede eléctrica, ou seja, garantir que mais populações, estabelecimentos e infra-estruturas tenham energia eléctrica. Consiste nas descrições, apresentação de cálculos e desenhos representativos de novas linhas de transmissão e/ou distribuição, postos de transformação, entre outros, com a finalidade de electrificar zonas sem energia eléctrica.

#### **2.2. REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA**

É todo o sistema eléctrico que permite a transferência de energia eléctrica desde as subestações até aos consumidores. Consiste de estruturas, utilidades, condutores e equipamentos eléctricos, aéreos ou subterrâneos, utilizados para a distribuição da energia eléctrica, operando em baixa, média e/ou alta tensão. Geralmente, as linhas são circuitos radiais e as redes são circuitos malhados ou interligados (CEMIG, 2014). A rede de distribuição está dividida em rede eléctrica primária (redes de distribuição em média tensão) e a rede eléctrica secundária (redes de distribuição em baixa tensão).

##### **2.2.1. REDE ELÉCTRICA PRIMÁRIA**

Compreende todo o troço do sistema eléctrico a operar com um valor de tensão superior a 1 kV volts e inferior (ou igual) a 66 kV dependendo das características e localização dos centros de consumo (EDM, 2006).

Em cada país existem valores de tensão padronizados para cada nível de tensão. O mesmo acontece em Moçambique, assim sendo, a distribuição em média tensão é feita a 6.6, 11, 22 ou 33 kV (EDM, 2006).

As linhas da rede eléctrica primária podem ser aéreas ou subterrâneas. As aéreas são normalmente em cabo nu, apoiadas em postes de betão, metálicos, ou de madeira, e os condutores estão suspensos ou apoiados por isoladores. Enquanto que as subterrâneas são feitas em cabo isolado com protecção contra esforços mecânicos.

## **2.2.2. REDE ELÉCTRICA SECUNDÁRIA**

Compreende todo o troço do sistema eléctrico a operar com um valor de tensão inferior a 1 kV e é destinada a alimentação das instalações de consumo, com excepção de algumas unidades industriais onde a alimentação é feita em média tensão. A rede de baixa tensão também pode ser aérea ou subterrânea, onde a aérea é feita em cabo torçado e normalmente compreende cinco (5) condutores, dos quais um é destinado a iluminação pública. As ligações às instalações podem ser feitas de forma aérea, vulgarmente chamada de baixada, ou de forma subterrânea, vulgarmente chamada de ramal.

## **2.3. ELEMENTOS DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

Existem vários elementos que fazem parte da rede de distribuição, dos quais destacam-se os apoios, isoladores, condutores, transformadores e dispositivos de protecção.

### **2.3.1. CONDUTORES ELÉCTRICOS**

Actualmente a maioria das linhas aéreas de média tensão utilizam condutores nus multifilares em alumínio-aço, escolhidos em detrimento dos condutores em cobre devido às inúmeras vantagens. Relativamente aos condutores em cobre, com resistência e perdas similares, verifica-se que os condutores em alumínio-aço apresentam as seguintes vantagens:

- ❖ Um maior diâmetro, o que permite reduzir o efeito de coroa;
- ❖ Uma maior resistência mecânica, o que os torna mais leves, permitindo reduzir as flechas, que desta forma possibilita a redução de altura dos apoios a empregar e aumentar os vãos reduzindo assim o número de apoios, isoladores e armações.

Os condutores em alumínio-aço são constituídos por uma alma em aço galvanizado, de um ou mais fios, envolvida por duas ou três camadas sucessivas de fios de alumínio todos eles enrolados em hélice. O simples facto de serem condutores multifilares já constitui uma vantagem em relação aos condutores unifilares pois os condutores multifilares são mais flexíveis, logo, mais fáceis de manobrar. Dado que a distribuição de energia eléctrica é feita em corrente alternada a passagem da corrente é assegurada exclusivamente pelo alumínio, que se encontra na superfície do condutor, enquanto que a resistência mecânica é fornecida exclusivamente pelo aço, situado no interior do condutor. [11]



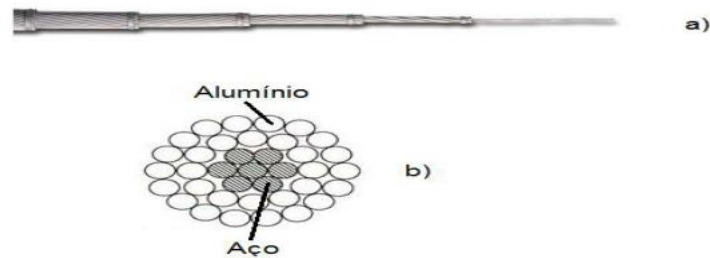


Figura 1 a) Cabo de alumínio reforçado por aço; b) secção transversal do cabo. [13]

### 2.3.2. ISOLADORES

Os isoladores são estruturas em vidro ou em cerâmica usados para sustentar os condutores e garantir o isolamento eléctrico entre os condutores e o apoio. Os isoladores podem ser rígidos ou em cadeia (Filipe, 2009). [7]

- ❖ Os isoladores rígidos – são constituídos por vários isoladores de campânula de porcelana ou vidro e por ferragens que as justapõe. Estes isoladores encontram-se rigidamente fixados na armação do apoio, garantindo por si só as condições de isolamento do condutor.

- ❖ Os isoladores para cadeias – são associados a outros idênticos em forma de cadeia, garantindo por si só as condições de isolamento do condutor. Os isoladores em cadeia, tal como os isoladores rígidos, são constituídos por vários isoladores de campânula ou vidro e por ferragens que as justapõe, podendo constituir cadeias de amarração ou cadeias de suspensão.

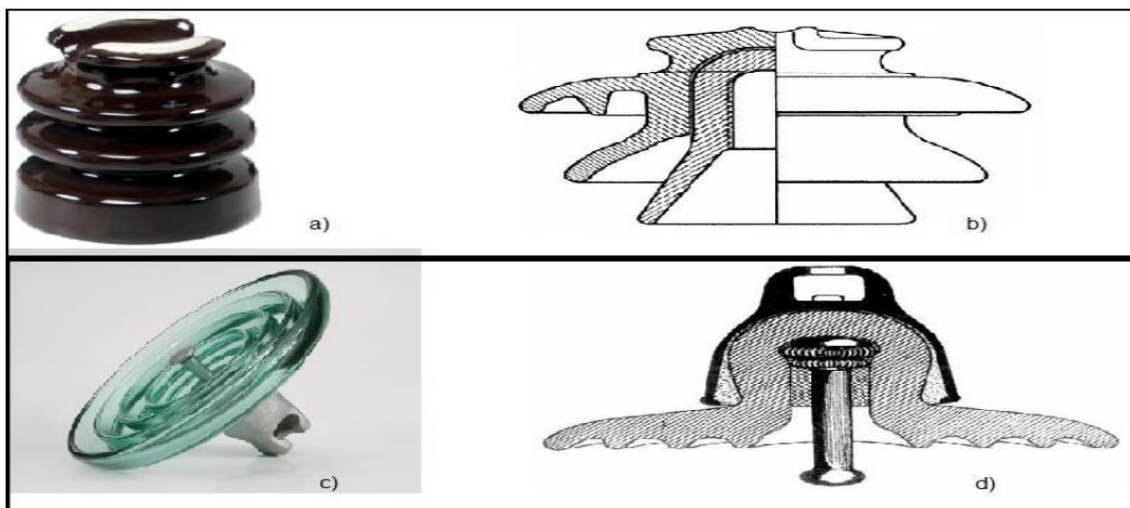


Figura 2. Tipos de isoladores. a) isolador rígido a base de resina artificial [9]; b) estrutura de um isolador rígido [8]; c) isolador para acoplamento em cadeia [9]; d) estrutura do isolador para acoplamento em cadeia[8]

### 2.3.3. APOIOS

Numa linha aérea um apoio não é constituído somente pelo poste, mas também pela sua respectiva fundação e ainda pelos elementos que suportam os condutores (armação e isoladores).[11]. Ou por outra, um apoio pode ser definido como um elemento de uma linha aérea que tem como função o suporte dos condutores, dos cabos de guarda, dos isoladores e outros acessórios [11].

Os apoios, de acordo com a sua aplicação, podem ser classificados em:

- ❖ Apoios de alinhamento – São usados em troços cujo o trajecto é uma linha recta, isto é, troço sem ângulos e derivações;
- ❖ Apoios de ângulo – São usados nos pontos onde a linha apresenta um desvio (ângulo);
- ❖ Apoios de derivação – Como o nome sugere, são usados para fazer derivações na Linha;
- ❖ Apoios de fim de linha – estes localizam-se no fim ou início da linha e tem capacidade de suportar os esforços que os condutores exercem de um só lado da linha;
- ❖ Apoio de Reforço – Apoio destinado a reforçar os esforços realizados por um outro apoio de modo a reduzir o impacto da acção da linha sobre o apoio principal.

### 2.3.4. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO

O transformador de distribuição tem como finalidade reduzir o nível de tensão, de média para baixa, por exemplo, de 33 kV para 0.4 kV, ou de 11 kV para 0.4 kV. Em zonas rurais, dependendo do seu peso (e potência), os transformadores são geralmente montados em base de alvenaria, ou postes pórticos de madeira, ou ainda em postes de betão (EDM, 2006).

- ❖ Transformador em poste de betão ou madeira – é montado sobre uma base metálica que é fixada ao poste. Destina-se a alimentar pequenos consumidores com uma potência não superior a 100 KVA. O quadro de baixa tensão é fixo no mesmo poste, a uma altura que permita o acesso directo do solo; (Desenho 3)
- ❖ Transformador em pórtico de madeira – é montada sobre uma base fixada entre dois postes de madeira. Pode-se montar neste pórtico transformadores com uma potência igual a 100 kVA;

❖ Transformador assente em base de alvenaria – apropriado para transformadores com potência acima de 100 kVA ou com um peso acima de 1200 quilograma. A base de alvenaria deve ser construída entre os postes do pórtico de chegada de média tensão e com uma altura não inferior a 2.5 metros do solo (EDM, 2006). [Anexo 1-1]

### 2.3.5. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Os dispositivos de protecção usados nas redes de distribuição são:

- ❖ Pára-raios – são destinados a protecção contra sobretensões de origem atmosférica;
- ❖ Seccionadores-Fusível – desempenham a função de um fusível e de um seccionador, pois protegem contra curto-circuitos e executam o corte visível da instalação;
- ❖ Disjuntor de baixa tensão – protege o transformador de todos os defeitos eléctricos da rede, principalmente as sobrecargas;
- ❖ Fusível APC de baixa tensão e de iluminação pública – protege as saídas do transformador contra sobreintensidades.

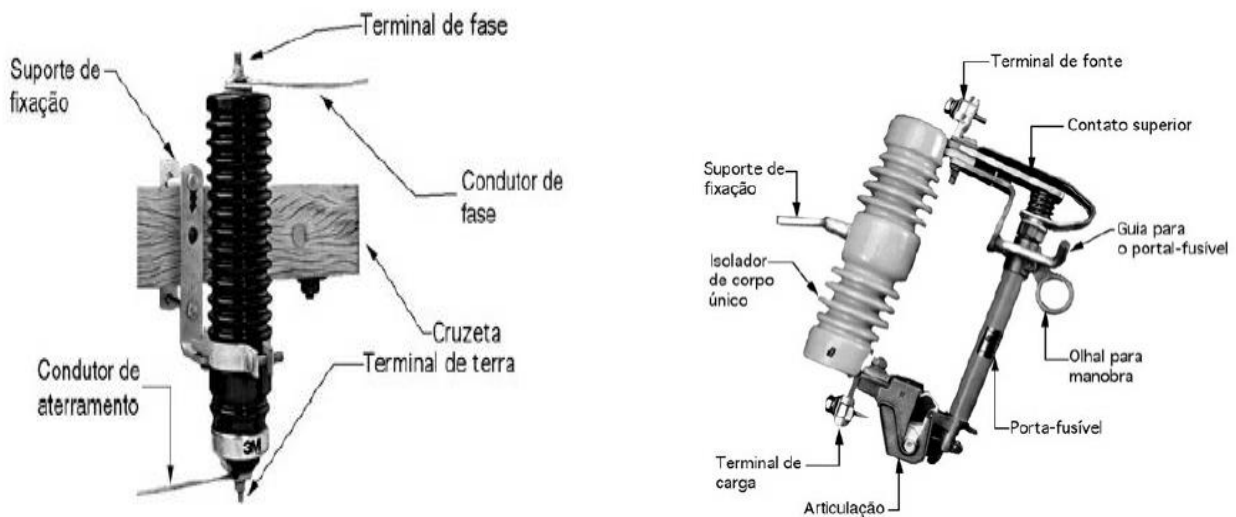


Figura 3 Pára-raio e Seccionador Fusível (3)

## CÁPÍTULO III – LEVANTAMENTO DE DADOS

### 3. LEVANTAMENTO DE DADOS

#### 3.1. LOCALIZAÇÃO DO BAIRRO CHAMISSAVA

O bairro Chamissava situa-se na cidade de Maputo, distrito municipal Katembe, a uma latitude de 26°1'30"S e longitude 32°32'0"E. Com base nas informações levantadas através de imagens via satélite no local e do levantamento topográfico, este bairro tem como limites a norte o bairro Guachení, a oeste o bairro Incassane a este é limitado pelos bairros Chali e Inguidé respectivamente. Os detalhes do mapa do Bairro estão indicados no anexo

#### 3.2. MAPEAMENTO DO QUARTEIRÃO 7 NO BAIRRO CHAMISSAVA

Com auxílio de um GPS, fez-se a marcação dos pontos onde começam e terminam todas as ruas do quarteirão 7. Posteriormente fez-se o levantamento dos pontos e a ligação dos mesmos por meio de linhas com auxílio de um computador.



Figura 4 Mapeamento do quarteirão 7 - Bairro Chamissava (Autor)

Como pode-se ver na figura 4, existe uma linha de média tensão de 33 kV, com origem na subestação de Boane e tem como destino a zona de salamanga, está será aproveitada para executar a derivação e alimentar os postos de transformação que serão instalados no local.

### 3.3. LEVANTAMENTO DE CARGA

O quarteirão faz parte do bairro habitacional chamissava e com base no levantamento feito, constatou-se que existem 75 residências, uma escola primária, uma igreja e um sistema de abastecimento de água. Para o cálculo da potência instalada foram tidas em consideração: Factores de correcção de potência: nomeadamente, factor de simultaneidade ( $K_s$ ) e factor de utilização ( $K_u$ ) segundo o anexo 2.1-2.

Tabela 1. Carga de Consumo no quarteirão 7 (Autor)

Tipo de Carga	Carga		
	Qtde.	P. Unitária (kW)	P.Total (kW)
Habitação tipo 2	75	5,52	414
Iluminação Pública	12	0,047	0,564
Administração	1	3,3	3,3
Escola Primária	1	3,3	3,3
Sistema de Distribuição de água	1	5,0	5,0

### 3.4. CÁLCULO DA POTÊNCIA TOTAL INSTALADA

Sob o ponto de vista de um bairro aceita-se uma potência instalada dos prédios, casas, etc. que nunca é completamente aproveitada. Este facto fornece a definição de um factor de utilização da potência instalada ( $K_u$ ), geralmente o factor de utilização de uma casa varia entre 0,4 a 0,6.

A potencia de um grupo de casas habitacionais, pode ser calculada pela equação 1.

$$P_C = n * P_{inst} * K_U * K_S \quad (1)$$

Onde:

$n$  – Número de casas;

$P_{inst}$  – Potência instalada da casa (KW);

$K_u$  – Factor de utilização;

$K_s$  – Factor de simultaneidade que depende de número de casas num ponto.

$$K_s = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Num bairro habitacional, par além de casas de habitação, existem outras instituições tais como: lojas, escolas, hospitais, etc. Estas instalações têm potências instaladas diferentes. Para estas instituições também existe um factor de simultaneidade ( $K_{s2}$ ), que é geralmente 0,85. Assim, a potência da instalação será:

$$P_{Total} = n * P_{inst} * K_U * K_S + K_{S2} * \sum_{i=1}^n P_{insti} * K_{ui} \quad (3)$$

Esta carga  $P_{Total}$  é que determina a potência dos transformadores. Para um bairro habitacional, considera-se um factor de potência de 0,8. Assim, a potência aparente será:

$$S_{Total} = \frac{P_{Total}}{\cos\varphi} \quad (4)$$

Onde:

$S_{Total}$  - Potência aparente do bairro habitacional (KVA);

$\cos\varphi$  - Factor de potência médio.

Depois do cálculo da potência total, por meio da equação 5 pode se determinar a potência da expansão ao longo do tempo (aumento de novas cargas no futuro)

$$S_{exp} = S_{T,inst} \times (1 + \beta)^n \quad (5)$$

Onde:  $\beta$  é o factor de expansão anual de carga, que geralmente varia de 7 à 9% para um período de 5 anos;

$n$  = é o numero de anos correspondente ao tempo de vida útil de instalação (de posto de transformação). Para este projecto será usado uma taxa de de crescimento de 8%.

A potência do transformador será tal que  $S_{nT} \geq S_{exp}$

Assim sendo, aplicando as equações 1 à 5, obteve-se resultados indicados na tabela 2.

Tabela 2 Cálculo da potencia instalada no quarteirão 7 no bairro chamissava (Autor)

<b>Tipo de Carga</b>	<b>QtDs</b>	<b>P<sub>Un(K)</sub></b>	<b>K<sub>U</sub></b>	<b>K<sub>S</sub></b>	<b>K<sub>S2</sub></b>	<b>P<sub>C</sub></b>	<b>P<sub>Insti</sub></b>	<b>P<sub>Total</sub></b>	<b>S<sub>Total</sub></b>	<b>S<sub>Exp</sub></b>
Habitação Tipo 2	75	5,52	0,6	0,29		72,04		81,12	101,4	141,96
Iluminação Pública	12	0,047	1		1		9,08			
Administração	1	3,3	0,5		0,85					
Escola Primária	1	3,3	0,75		0,85					
Sistema Distribuição de água	1	5	1		1					

Com base no resultado dos cálculos feitos acima, deverá ser instalada uma potência igual ou superior a 141,96KVA, de modo a suprir a demanda actual e futura. Assim sendo, o transformador a instalar será de 160KVA, mas tendo em conta o programa do governo de Moçambique intitulado energia para todos, os transformadores disponibilizados são de 75KVA, neste caso serão instalados dois postos de Transformação com a mesma capacidade totalizando uma potência de 150KVA, o suficiente para suprir a demanda actual e futura.

## CAPÍTULO IV – DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS E DOS POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

### 4. DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS E DOS POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

#### 4.1. LINHA DE MÉDIA TENSÃO

A partir do ponto de derivação, serão construídas duas linhas uma de 1 km e a outra de 0,8 km de comprimento. Estas linhas devem possuir características que possam facilitar a integração da rede eléctrica nacional, logo de acordo com o nível de tensão de entrada dos transformadores a serem utilizados estas linhas devem ter uma tensão de 33kV e capaz de suprir a potência solicitada pela carga na rede. É importante mencionar que a zona apresenta condições favoráveis, por ser uma zona plana, sem cursos de água, sem aglomerados habitacionais, sem linhas e cabos telefónicos, e ainda, sem linhas de transporte ou de distribuição de energia implantadas anteriormente. Necessitará apenas da poda de árvores de modo a garantir as distâncias regulamentares.

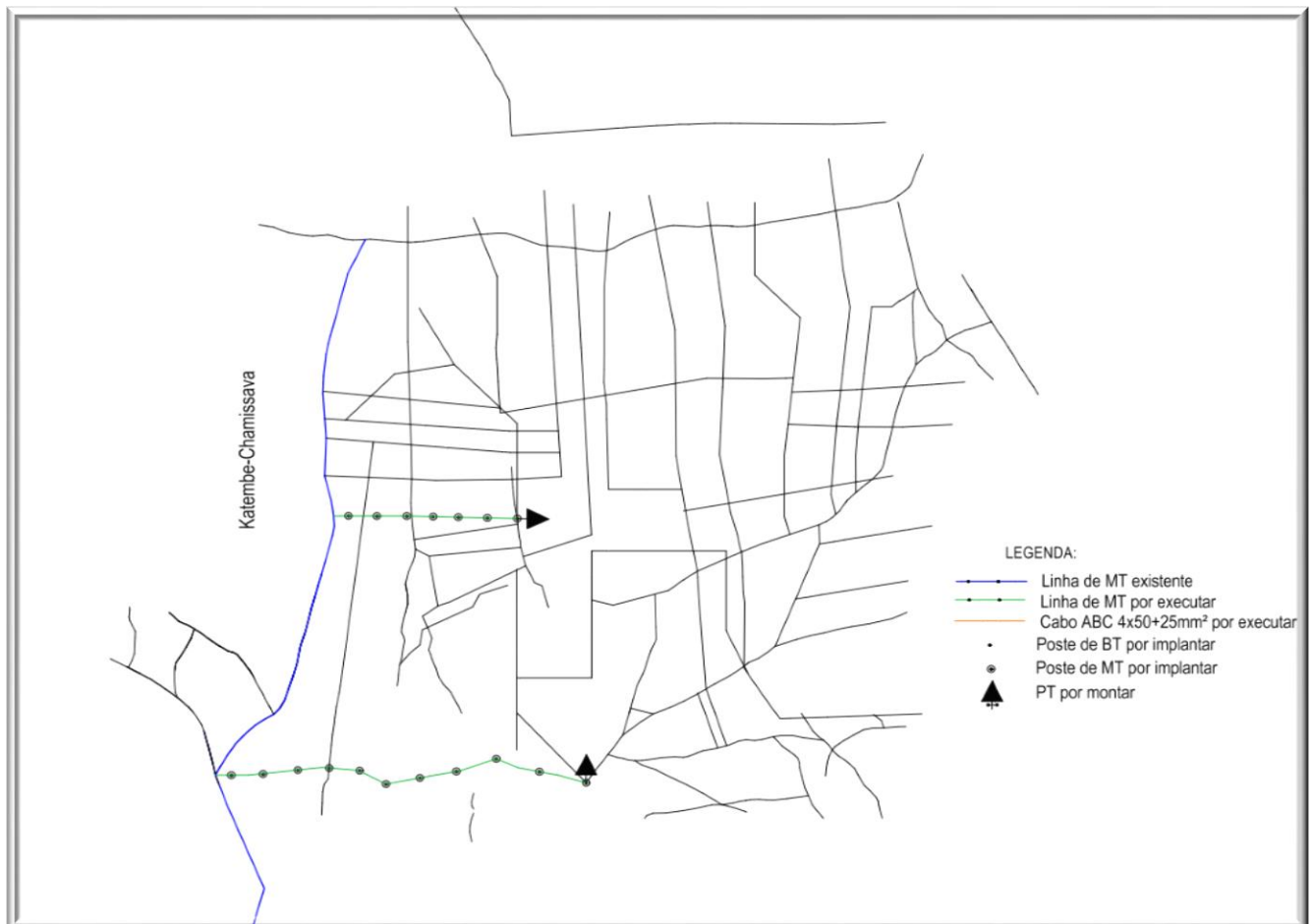


Figura 5 Linhas de Média Tensão para alimentação dos Pts (Autor)



#### 4.1.1. CONDUTORES

Serão usados condutores de alumínio com alma de Aço designados por AAAC(All Aluminium Alloy Conductor), pois apresentam maior resistência mecânica e igualmente maior resistência à corrosão. Os condutores mais usados são: AAAC – Pine (72mm<sup>2</sup>); Willow (90mm<sup>2</sup>); Mulberry (151mm<sup>2</sup>); Elm (211mm<sup>2</sup>) e Poplar (239mm<sup>2</sup>) ou ACSR (Aluminum Conductor Steel Reinforced) – Mink (74mm<sup>2</sup>); Racoon (92mm<sup>2</sup>); Leopard (148mm<sup>2</sup>); Wolf (195mm<sup>2</sup>) e Lynx (226mm<sup>2</sup>) (EDM, 2009). Para este projecto o cabo disponibilizado para a linha de média tensão é do tipo AAAC, com a secção de 150mm<sup>2</sup>, com os restantes parâmetros apresentado a baixo.

Secção nominal (S) .....	151,85 mm <sup>2</sup>
Resistência quilométrica a 20° C .....	0,2199 Ω/km
Diâmetro do condutor .....	15.95 mm <sup>2</sup>
Temperatura de operação .....	75° C
Coeficiente de temperatura (α).....	0.00390° C <sup>-1</sup>
Carga de ruptura .....	36,06 kN
Coeficiente de dilatação linear .....	23*10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>

#### 4.1.2. SECÇÃO TRANSVERSAL DOS CONDUTORES DE MÉDIA TENSÃO

A secção transversal dos condutores deverá ser tal que satisfaça as diferentes condições técnicas de funcionamento, isto é, o aquecimento em regime nominal e em curto-circuito, bem como as quedas de tensão, que devem estar abaixo dos limites máximo admissíveis. Para este projecto já tem definido o condutor e a respectiva secção que será usado, o Mulberry com 150mm<sup>2</sup>. Na determinação da secção do condutor eléctrico, é necessário que se encontre primeiramente a corrente que passa por este condutor, de modo que o condutor a escolher seja capaz de suportar os efeitos térmicos causados por esta corrente em condições de funcionamento normal (Método de capacidade de condução da corrente). E não obstante, o condutor escolhido também deve atender a questão de custo, ou seja, deve este ser de menor custo possível de entre os disponíveis no mercado, desde que se atendam os métodos anteriormente mencionados. Portanto, para a determinação da corrente de serviço, deve-se utilizar a equação (7);

- Intensidade de corrente máxima de serviço da linha

$$I_s = \frac{S_n}{\sqrt{3}xU_n} \quad (7)$$

$$I_s = \frac{75KVA}{\sqrt{3}x33KV} \Rightarrow I_s = 1,31A$$

Para determinar a secção técnica usa-se a expressão (8) conhecido o valor da densidade econômica corresponde a  $\partial(A/mm^2)$ .

$$S = \frac{I_s}{\partial} \quad (8)$$

Onde:

$I_s$  – Intensidade de corrente máxima de serviço da linha;

$\partial$  – Densidade econômica (A /mm<sup>2</sup>);

$S$  – Secção mínima do condutor a ser usado para conduzir a corrente (mm<sup>2</sup>);

De acordo com a tabela do anexo 2.2-2 extraído do catálogo da ELAND CABLE, pode se determinar o valor da densidade econômica sabendo que a condutividade de corrente do condutor seleccionado corresponde à 58,8%, então teremos:

$$\partial = \frac{0,588 * I_c}{S_{nom}} = \frac{0,588 * 424A}{151,84 mm^2} = 1,6 A/mm^2$$

$$S = \frac{I_s}{\partial} \Rightarrow S = \frac{1,31}{1,6} = 0,818mm^2$$

Este valor de secção obtido é muito baixo em relação à secção do condutor escolhido para ser utilizado no projeto, facto este que contribue para redução de quedas de tensão ao longo da linha assim como redução de perdas ao longo da mesma, o que poderá ser verificado apartir dos respectivos cálculos. Por outro lado, sendo que a secção do condutor igual a 0,818mm<sup>2</sup>, poderia se escolher a secção mínima nos condutores AAAC como por exemplo o Pine com 72mm<sup>2</sup>, mas a EDM usa mais o condutor Mulberry por este possuir maior capacidade de transmissão de potência e funcionamento satisfatório com o aumento de carga no futuro assim como menor perdas ao longo da linha.

### 4.1.3. CÁLCULO DOS PARÂMETROS DA LINHA DE TRANSMISSÃO

Para as linhas de comprimento menor que 80km, apenas a resistência e reactância em série são incluídas, isto é, a admitância da linha é desprezível (GLOVER J.Duncan, SARMA Mulukutla, OVERBYE Thomas, 2012).

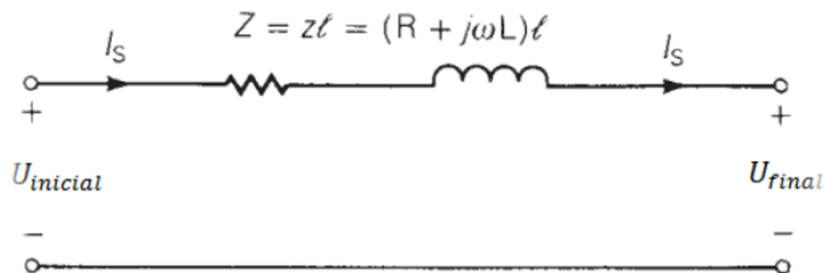


Figura 6 Circuito equivalente duma linha de transmissão curta (10)

#### ✓ Resistência eléctrica da linha

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

$$R_{\theta} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha_{20^{\circ}C} (\theta_{local} - 20)] \quad (9)$$

A resistência eléctrica do cabo Mulberry é de 0,2199 Ω/km, e o coeficiente de temperatura por grau C é igual a 0,00390 vide anexo 3-2 e Anexo 3-3 respectivamente.

Porém, considerou-se neste projecto, uma temperatura ambiente no local da instalação de  $\theta = 35^{\circ}C$ , sendo assim estes valores devem ser corrigidos para essa temperatura, para tal tem-se,

$$R_{\theta} = 0,2199 [1 + 0,00390 (35 - 20)]$$

$$R_{\theta} = 0,2328 \Omega/km$$

A resistência eléctrica em ohm será calculada pela equação 10:

$$R = R_{\theta} x l \quad (10)$$

Sabendo que serão construídas duas linhas uma de 1km e a outra de 0,8Km, assim sendo as resistências nas duas linhas terão os seus valores calculados pela equação 10,  $R_1 = 0,2328\Omega$  e  $R_2 = 0,18624\Omega$  respectivamente.

✓ **A reactância da linha:**

Determina-se a reactância da linha por km pela equação a seguir:

$$X = 4\pi \cdot 10^{-7} * f * \ln \frac{D_{mg}}{r_{mg}} \left( \frac{\Omega}{m} \right) \quad (11)$$

Nas linhas de média tensão temos a configuração em esteira horizontal e as distâncias apresentadas a seguir.

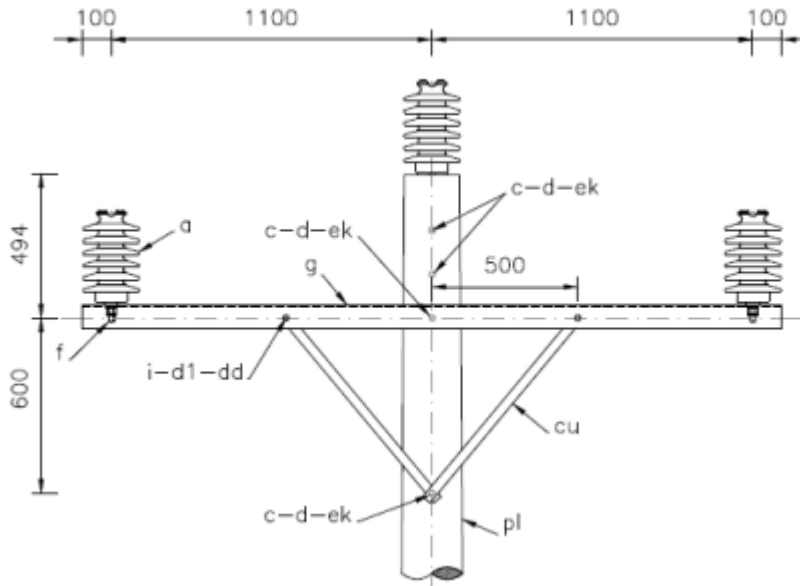


Figura 7 Configuração do apoio de alinhamento de MT no projecto (7)

Desta figura podemos concluir que:

$$D_{12} = \text{Distância entre a fase 1 e 2} = 1100\text{mm}$$

$$D_{23} = \text{Distância entre a fase 2 e 3} = 1100\text{mm}$$

$$D_{13} = \text{Distância entre a fase 1 e 3} = 2200\text{mm}$$

$$D_{mg} = \sqrt[3]{D_{12} * D_{23} * D_{13}} \quad (12)$$

$$r_{mg} = r * e^{-\frac{1}{4}} \quad (13)$$

Substituindo todos os dados nas expressões (12) e (13) de acordo a tabela do anexo 2.2-3 segundo o catálogo da “ELAND CABLE” temos:

$$D_{mg} = \sqrt[3]{1,1 * 1,1 * 2,2} \Rightarrow D_{mg} = 1385,91\text{mm}$$

$$r_{mg} = r * e^{-\frac{1}{4}} \Rightarrow r_{mg} = \frac{D}{2} * 0,7788 \Rightarrow r_{mg} = \frac{15,95}{2} * 0,7788 \Rightarrow r_{mg} = 6,21\text{mm}$$

Por fim, pode-se substituir na equação 11 os dados obtidos para encontrarmos as reactâncias das duas linhas:

$$X = 4\pi \cdot 10^{-7} * f * \ln \frac{D_{mg}}{r_{mg}} \left( \frac{\Omega}{m} \right)$$

$$X = 4\pi \cdot 10^{-7} * 50 * \ln \frac{1385,91}{6,21} \left( \frac{\Omega}{m} \right) \Rightarrow X = 3,396 * \frac{10^{-4}\Omega}{m} \Rightarrow X = 0,3396 \Omega/km$$

Tendo em conta que a linha 1 tem 1km de comprimento e a linha 2 tem 0,8km, e assumindo um incremento de 15% de comprimento em cada linha para satisfazer as flechas existentes ao longo dos vãos entre os apoios, as reactâncias tomarão os seguintes valores:

$$X_1 = 0,3396\Omega/km * 1,15km \Rightarrow X_1 = 0,39054\Omega$$

$$X_2 = 0,3396\Omega/km * 0,92km \Rightarrow X_2 = 0,3124\Omega$$

#### ✓ Impedância da linha

$$Z = R + jX \quad (14)$$

$$Z_1 = 0,2328 + j0,39054 \Omega \Rightarrow Z_1 = 0,4547 \angle 59^\circ \Omega$$

$$Z_2 = 0,18624 + j0,3124 \Omega \Rightarrow Z_2 = 0,364 \angle 59^\circ \Omega$$

#### ✓ Perdas eléctricas e queda de tensão na linha

As perdas de transmissão e a queda de tensão máxima da linha podem ser determinadas com base nas equações (15) e (16), respectivamente:

$$\Delta P = 3 \times R \times I_s^2 \quad (15)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \times I_s \times (R \times \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (16)$$

$$\Delta P_1 = 3 * 0,2328 * (1,31)^2 \Rightarrow \Delta P_1 = 1,198W$$

$$\Delta P_2 = 3 * 0,18624 * (1,31)^2 \Rightarrow \Delta P_2 = 0,9588W$$

$$\Delta U_1 = \sqrt{3} * 1,31 \times (0,2328 \times \cos 59 + 0,39054 \sin 59) \Rightarrow \Delta U_1 = 1,032V$$

$$\Delta U_2 = \sqrt{3} * 1,31 \times (0,18624 \times \cos 59 + 0,3124 \sin 59) \Rightarrow \Delta U_2 = 0,825V$$

O RSRDLAAT exige que a queda de tensão não ultrapasse 5% da tensão nominal (33kV), portanto, a queda de tensão determinada pela equação 16 pode ser convertida em percentagem através da equação 17 como segue:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U} \times 100 \quad (17)$$

Assim sendo a queda de tensão nas duas linhas em percentagem será de 0,00313% e 0,0025% respectivamente. Segundo os cálculos, a queda de tensão é inferior ao limite máximo admissível, assim sendo, o condutor Mulberry é adequado.

#### 4.2. POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

De acordo com o plano aprovado pela concencionária de energia eléctrica os transformadores que vem sendo utilizados nos projectos de proenergia são de 75kVA, assumindo que estes são colocados onde a densidade de carga é menor. Estes transformadores são instalados sobre um apoio, correspondendo ao posto de transformação do tipo M1; sendo que o peso deste transformador não deve ser superior 1200kg. Este transformador tem do lado do primário uma corrente igual a 1,31 A e no seu secundário uma corrente correspondente à 108,3A e corrente de curto circuito igual a 25 kA, segundo o anexo 4-3.

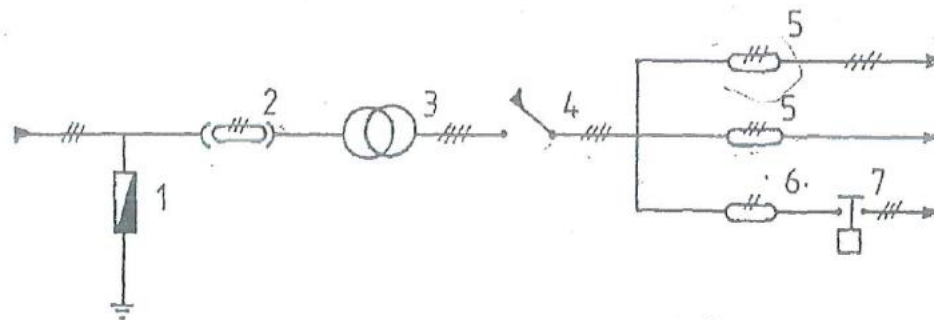


Figura 8 Esquema Eléctrico Simplificado de um Posto de Transformação (5)

onde:

- |   |                                   |   |                                  |
|---|-----------------------------------|---|----------------------------------|
| 1 | Pára-raios;                       | 5 | Fusíveis de baixa tensão;        |
| 2 | Seccionador-Fusível ou Drop-outs; | 6 | Fusíveis de iluminação pública;  |
| 3 | Transformador de potência MT/BT;  | 7 | Contactor da iluminação pública. |
| 4 | Disjuntor de baixa tensão;        |   |                                  |

#### 4.2.1. SELECÇÃO OU ESCOLHA DOS PÁRA-RAIOS

A tensão nominal dos pára-raios a instalar num posto de transformação deve ser em função do nível de tensão da rede assim como do seu regime do neutro, ou seja, se é isolado, se é ligado directamente à terra ou se é ligado à terra por intermédio de uma resistência ou bobina.

Assim sendo escolheu-se os pára-raios com as seguintes especificações:

Pára-raios ASEA, tipo XBE

Tensão nominal  $U_n = 36KV$ , vide anexo 5-4;

Capacidade de corte:  $I = 10 kA$

A ligação dos pára-raios a linha de média tensão, deverá ser feita com a mesma secção ( $150mm^2$ ) do condutor de linha de MT . E a ligação a terra, através dum condutor de cobre com secção mínima de  $16 mm^2$  , passando para  $35 mm^2$  quando penetrar a terra (EDM, 2006).

#### 4.2.2. SECCIONADOR-FUSÍVEL OU DROP-OUTS

Os drop-outs mais utilizados nas redes de EDM tem sido os da marca AB-CHANCE, e em função dos níveis de tensão da rede pode utilizar um dos tipos de base, cujas características a seguir são apresentadas:

Tabela 3 Características Técnicas dos Drop-outs (4)

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

O primeiro tipo aplica-se para as tensões de 6,6 e 11 KV, enquanto que o segundo se aplicará para as tensões de 22 e 33 KV, neste caso o segundo tipo é aplicado para este projecto. Tendo em conta que a corrente nominal do transformador é 1,3 A, segundo a equação 7 e pelo anexo 4.1-5, a corrente nominal do link (ILK) dos drop-outs será de 2 A, como mostrado no anexo 4.2-5.

### 4.2.3. CABO DE BAIXA TENSÃO ENTRE O TRANSFORMADOR E O QUADRO DE BAIXA TENSÃO

O cabo deverá ser do tipo VAV (ou NYBY) e deverá assegurar a ligação entre o transformador e o quadro de baixa tensão. Para o seu dimensionamento será tomada em conta a corrente nominal do transformador assim como a capacidade térmica do cabo em caso de curto circuito, visto que a sua protecção só é assegurada pelos Drop-outs no lado de média tensão. A corrente do transformador no lado de baixa tensão será dada pela equação 18:

$$I_{2n} = \frac{S_{nT}}{\sqrt{3} * U_{2n}} \quad (18)$$

Onde:

$S_{n,T}$  – é a potência nominal do transformador (KVA);

$I_{2n}$  – é a corrente nominal no secundário do Transformador (A);

$U_{2n}$  – é a tensão nominal no secundário do transformador (V)

$$I_{2n} = \frac{75KVA}{\sqrt{3} * 400V} \Rightarrow I_{2n} = 108,3A$$

Para uma temperatura de 35°C, o factor de correcção de temperatura é de 0,82, segundo a tabela do anexo 7-5, dos factores de correcção para temperaturas diferentes de 20°C, pelo que:

$$I_C = \frac{I_S}{\beta_{xy}} \Rightarrow I_C = \frac{108,3A}{0,82 \times 1} \Rightarrow I_C = 132,1A$$

Segundo a tabela do anexo 6-7 o condutor VAV a ser escolhido tem a seguinte secção: 4x50mm<sup>2</sup> com uma corrente máxima admissível de 150 A.

### 4.2.4. DISJUNTOR DE BAIXA TENSÃO

O Disjuntor de baixa tensão destina-se a proteger a instalação a sua jusante dos efeitos nocivos dos curto-circuitos e sobre-cargas. Para escolher o disjuntor adequado para um determinado posto de transformação, deve ter-se em conta a corrente nominal do próprio disjuntor assim como o valor da corrente nominal do relé a instalar nesse disjuntor. Com este objectivo deve-se confrontar estes valores com o valor nominal da corrente no secundário do transformador.



Sendo que o valor corrigido é de 132,1A, o disjuntor a seleccionar terá uma capacidade de 160A, que protege a instalação contra curto-circuitos e contra sobrecargas, segundo o anexo 7-8.

O disjuntor escolhido tem as seguintes características, vide o anexo 10-8:

Disjuntor SACE da Marca ABB

- 4 polos
- Tensão Nominal de isolamento:  $U_i = 1000 \text{ V}$
- Tensão Nominal:  $U_n = 690 \text{ V}$
- Corrente Nominal:  $I_n = 160 \text{ A}$
- Capacidade de Interrupção:  $I_{cu} = 65 \text{ KA}$

#### **4.2.5. SAIDAS**

Para as saídas deverão ser usados cabos VAV até o primeiro poste da rede de baixa tensão aéreo. A protecção da saída é feita por fusíveis de baixa tensão de alto poder de corte (APC), do tipo NH.

Cabo VAV:  $4 \times 50 \text{ mm}^2$  (Para Saídas gerais)

Fusível APC, Tipo NH:  $I_n = 100 \text{ A}$  (Saídas gerais), vide o anexo 8-9.

#### **4.2.6. COMANDO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

O comando será feito por célula fotoelétrica instalada junto a luminária segundo o anexo 9-10 com as seguintes especificações:

Tensão nominal:  $U_n = \text{AC}100\text{-}265 \text{ V} ; 50/60\text{HZ}$ ;

Potência Nominal:  $P_N = 47 \text{ W}$ .

A luminária a ser usada neste projecto tem as seguintes especificações:

- ✓ Potência: 47W;
- ✓ Cor da Luz: Branco Frio(6000K-6500K);
- ✓ Voltagem: Bivolt automático (85V-265V);
- ✓ Fluxo Luminoso: 10 000 Lúmens;
- ✓ Ângulo do feixe de luz:  $120^\circ$  graus;
- ✓ Vida útil: Superior a 50 000 horas;
- ✓ Material: Liga de alumínio tratado com pintura electrostática;
- ✓ Protecção: IP68 (Resistente à água e a Poeira).

#### 4.2.7. SEGURANÇA

Toda a instalação deverá ser executada de acordo com as normas de segurança em vigor em moçambique e nas melhores regras de arte. Especial atenção deverá ser posta as terras de protecção. No caso de falhas ou omissões da legislação local, serão utilizadas as normas relevantes da VDE ou da CEI. Para garantir a segurança do posto de transformação contra contactos directos e indirectos deverá ser feita: a terra de serviço e a terra de protecção.

##### ✓ Terra de Serviço

A terra de serviço será ligada o neutro do transformador. Esta ligação deverá ser feita a partir do quadro geral de baixa tensão, através dum ligador amovível (EDM, 2006).

##### ✓ Terra de Protecção

À terra de protecção ligar-se-ão as massas da aparelhagem de alta tensão, assim como todas as partes metálicas de suporte e fixação da aparelhagem, incluindo a cuba do transformador e o involucro metálico do quadro de baixa tensão (EDM, 2006).

Não havendo possibilidade de se executar uma terra própria para os pára-raios, estes também serão ligados à terra de protecção. A ligação dos pára-raios deve fazer-se directamente ao condutor principal da terra, e não por intermédio de qualquer outra massa metálica.

##### ✓ Condutores de terra

Utilizar-se-à cabo de cobre nú de  $16\text{mm}^2$  de secção até ao ligador amovível, situado na base do pórtico, e cabo de  $35\text{mm}^2$  de secção deste até ao eléctrodo de terra, no interior do solo. No último metro antes de penetrarem no solo e 0,5 metros dentro deste, os condutores de terra devem ser protegidos mecânicamente por uma cantoneira ou por um tubo adequado, com um comprimento de 1,5 metros (EDM, 2006).

##### ✓ Eléctrodos de Terra

Quer o eléctrodo da terra de protecção quer o da terra de serviço, serão constituídos por varões próprios para este fim, podendo na sua falta serem substituídos por tubos de ferro galvanizado de 2" (duas polegadas) interligados entre si por cabo de cobre de  $35\text{mm}^2$  de secção. Os electrodos deverão ser enterrados no solo a uma profundidade mínima de 0.8 metros. Os elementos que constituem o mesmo electrodo deverão distanciar-se uns dos outros 2 a 3 metros. O número de elementos por electrodo depende da resistência do solo. O objectivo a atingir é que a resistência de terra seja inferior a 20 ohms. Os eléctrodos da

terra de serviço e da terra de protecção deverão distar entre si na horizontal de pelo menos 20 metros para que possam ser considerados terras distintas.

### 4.3. LINHAS DE BAIXA TENSÃO

A rede de baixa tensão deverá alimentar todas as cargas existentes no quarteirão, incluindo a iluminação pública. O troço das linhas de distribuição em baixa tensão é mostrado na figura abaixo.

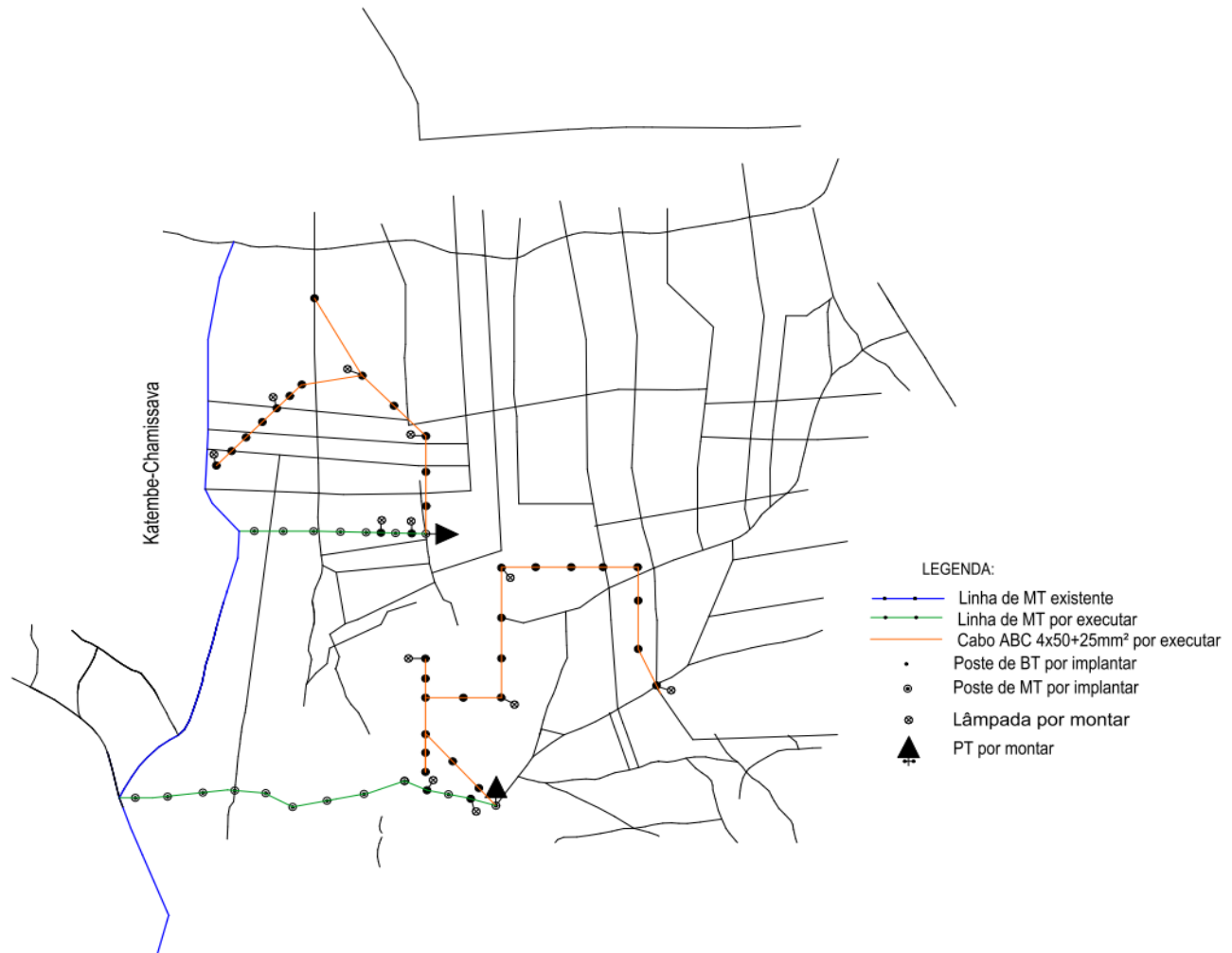


Figura 9 Linhas de distribuição em baixa tensão por executar (Autor)

Os cabos a utilizarr, deverão ser do tipo:

- ✓ VAV 4x50mm<sup>2</sup> destinadas a fazer a ligação da saída do quadro de baixa tensão e as linhas aéreas de distribuição.

## Cabos de distribuição

Os PT's irão disponibilizar duas (2) saídas, portanto a distribuição de energia será aérea desenvolvida sobre os postes de madeira tratada de 9 metros de comprimento, por meio de cabos torçados designados ABC (Aerial Bundled Cables) indicado abaixo, suspensos por pinças que garantem a sua resistência contra acções electrodinâmicas. As características do cabo ABC estão indicadas no anexo 13-11.

$$ABC \ 4 \times 50mm^2 + 1L25mm^2$$

### 4.4. CÁLCULO MECÂNICO DOS APOIOS

No cálculo mecânico é essencial para assegurar a estabilidade da linha e garantir que são cumpridas as exigências de segurança nas condições mais adversas. Para tal deverão ser dimensionados os apoios para as condições atmosféricas mais desfavoráveis e deverá ser determinada a sua altura de acordo com as distâncias de segurança estabelecidas pelas normas. Sendo assim, foram determinados os parâmetros que garantem a estabilidade das linhas e as distâncias mínimas de segurança. E nesta fase onde foram determinados os apoios a utilizar, vãos, flexas e a verificação da suportabilidade dos cabos quando submetidos a esforços mecânicos.

#### 4.4.1. CÁLCULO DO VÃO CRÍTICO

Denomina se vão a distância entre dois apoios consecutivos. O vão crítico considerando as condições mais desfavoráveis possíveis de montagem deve ser calculado apartir da seguinte expressão:

$$a_{cr} = t_0 * \sqrt{\frac{24 * \alpha_l * (\theta_v - \theta_i)}{F_v^2 - F_i^2}} \quad (19)$$

Onde:

$a_{cr}$  - O vão crítico (m);

$t_0$  - A Carga de segurança (kg/mm<sup>2</sup>);

$F_v$  - Peso aparente do condutor na hipótese de verão (vento máximo);

$F_i$  - Peso aparente do condutor na hipótese de inverno (vento reduzido);

$\theta_v$  - Temperatura na hipótese de verão (=35°C);

$\theta_i$  - Temperatura na hipótese de inverno (=15°C);

$\alpha_l$  - O Coeficiente de dilatação linear ( $=23 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );

O peso aparente do condutor é dado por:

$$F^2 = p_o^2 + F_1^2 \quad (20)$$

Sendo:

$P_o$  - Peso próprio do condutor ( $=3.46 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mm}^2\text{m}$ );

$F_1$  - Força do vento sobre o condutor.

Pode – se calcular a força do vento ( $F_1$ ) que este condutor suporta, com a expressão 21:

$$F_1 = \frac{\alpha_1 * c * q * d}{S} \text{ (Kg/mm}^2 * \text{m)} \quad (21)$$

Sendo que:

$\alpha$  - Coeficiente de redução ( $=0.6$ , segundo o RSRDLAAT);

$c$  - Coeficiente de forma ( $=1.1$  [ver tabela 5]);

$q$  - Pressão dinâmica do vento ( $\text{kg/m}^2$ );

$d$  - Diâmetro do condutor (mm)

$S$  - Secção total do condutor ( $\text{mm}^2$ )

A seguir apresenta-se de forma resumida as condições de montagem que serão consideradas para o cálculo do vão crítico:

Tabela 4 Condições de montagem dos cabos de acordo com o ambiente do local (11)

Hipótese de vento máximo no verão	Hipótese de vento reduzido no inverno	Condições de flecha maxima	Condições de flecha minima
$\theta_v = 35^\circ\text{C}$ $q_v = 75 \text{ kg/m}^2$	$\theta_i = 15^\circ\text{C}$ $q_i = 18.75 \text{ kg/m}^2$	$\theta_m = 60^\circ\text{C}$	$\theta_m = 15^\circ\text{C}$

É importante notar que o condutor a ser escolhido poderá funcionar instalado em regiões com temperatura ambiente de  $40^\circ\text{C}$  conforme especifica o catálogo “ELAND CABLE”.

Tendo em conta os dados a cima, obtem se os valores apresentados na tabela 5:

Tabela 5 Parâmetros dos Esforços mecânicos sobre os cabos (11)

Hipótese	$\alpha$	C	Q(kg/m <sup>2</sup> )	F <sub>1</sub> (kg/mm <sup>2</sup> m)	F(kg/mm <sup>2</sup> m)
Vento máximo(Verão)	0,6	1,1	75	5,25 * 10 <sup>-3</sup>	F <sub>V</sub> = 11,48 * 10 <sup>-3</sup>
Vento reduzido(inverno)	0,6	1,1	18,75	1,32 * 10 <sup>-3</sup>	5,49 * 10 <sup>-3</sup>

Substituindo todos os dados na expressão (19) temos  $a_{cr} = 92,1m$

O vão de montagem a considerar deverá ser inferior ao vão crítico, sendo assim, o vão de montagem que será usado não vai exceder 90m. Pois de acordo com o artigo 38 do Regulamento, das redes de distribuição, os vãos não devem:

- ✓ Exceder 50 metros dentro de povoações ou aglomerados populacionais em zonas com consumidores não dispersos;
- ✓ Exceder 90 metros dentro de povoações ou aglomerados populacionais em zonas com consumidores dispersos;
- ✓ Exceder 90 metros fora de povoações ou aglomerados populacionais,

O que foi comprovado pelo cálculo efetuado sobre o vão crítico.

#### 4.4.2. CARGA APLICADA AOS APOIOS

Os apoios a serem utilizados ao longo da linha devem apresentar características adequadas para que possa suportar a carga que os condutores sobre eles suspensos irão impor. Segundo o RSRDLAAT, a carga máxima aplicada a 0.6 metros do topo do apoio tem que ser de 437 Kg para apoios de 0.12 m até ao topo, e 665 Kg para apoios com 0.15 m até ao topo.

A força útil aplicada a 0.60 metros do topo do apoio, devido a acção das solicitações regulamentares é determinada por meio da expressão (22):

$$F_U = \frac{F_v(3H_U - h_1 - h_2 - h_3) + F_a(3H_U - h_1 - h_2 - h_3)}{H_U - 0,6} \quad (22)$$

Onde:

F<sub>v</sub> – Forças devidas ao vento máximo e;

F<sub>a</sub> – Força mínima sobre um isolador

h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub> e h<sub>3</sub> – Distâncias dos condutores ao topo do apoio;

H<sub>U</sub> – Altura do apoio fora do solo.

A acção do vento máximo será dada pela expressão 23:

$$F_V = \alpha * c * q_v * d * a \quad (23)$$

Sendo que:

$F_v$  - A acção do vento máximo ( Kg );

$\alpha$  - O coeficiente de redução do vento máximo (= 0,6);

$c$  - O coeficiente de forma do vento máximo (= 1,1);

$q_v$  - A pressão dinâmica do vento máximo (= 75 Kg/ m<sup>2</sup>);

$d$  - O diâmetro total do condutor (= 15.9\*10<sup>-3</sup> m);

$a$  - O comprimento do vão (= 80 m).

Substituindo todos dados na expressão (23) obtem-se:

$$F_V = 0,6 * 1,1 * 75 * 15,8 * 10^{-3} * 80 \Rightarrow F_V = 62,6Kg$$

Neste caso à acção do vento mínimo será dada pela expressão 24:

$$F_a = \alpha * c * q_i * S \Rightarrow F_a = \alpha * c * q_i * \frac{\pi d^4}{4} \quad (24)$$

Sendo que:

$F_a$  - é a acção do vento mínimo (Kg);

$S$  - é a secção do isolador batida pelo vento (=  $\pi d^2/4$ );

$d$  - é o diâmetro do isolador (para o isolador do projeto  $d = 0.1$  m);

$q_i$  - é a pressão dinâmica do vento mínimo(= 8.75 Kg/m<sup>2</sup>);

Neste caso a acção do vento mínimo será:

$$F_a = 0,6 * 1,1 * 18,75 * \frac{3,14 * 0,1^2}{4} = 0,097Kg$$

A altura útil dos apoios ou fora do solo é dada por:

$$H_U = H - P_e \quad (25)$$

$$P_e = 0,1 * H + 0,5 \Rightarrow P_e = 0,1 * 12,25 + 0,5 \Rightarrow P_e = 1,725m$$

$$H_U = 12,25 - 1,725 \Rightarrow H_U = 10,525m$$

A distância dos condutores ao topo do poste é dada pela expressão (26):

$$d = 0,1 + \frac{U_n}{150} \Rightarrow \quad (26) \quad d = 0,1 + \frac{33}{150} \Rightarrow d = 0,32m$$

Uma vez que se trata de uma linha horizontal temos que:  $h_1=h_2=h_3=0,32m$ , e com estes dados temos:

$$F_u = \frac{62,6 * (3 * 10,525 - 3 * 0,32) + 0,097 * (3 * 10,525 - 3 * 0,32)}{10,525 - 0,6} = 193,4kg$$

#### 4.4.3. FLÉXA MÁXIMA

Flecha máxima é a distância compreendida entre o ponto mais baixo da curvatura dum condutor pendurado e a linha imaginária que liga dois pontos consecutivos de fixação do mesmo entre dois apoios.

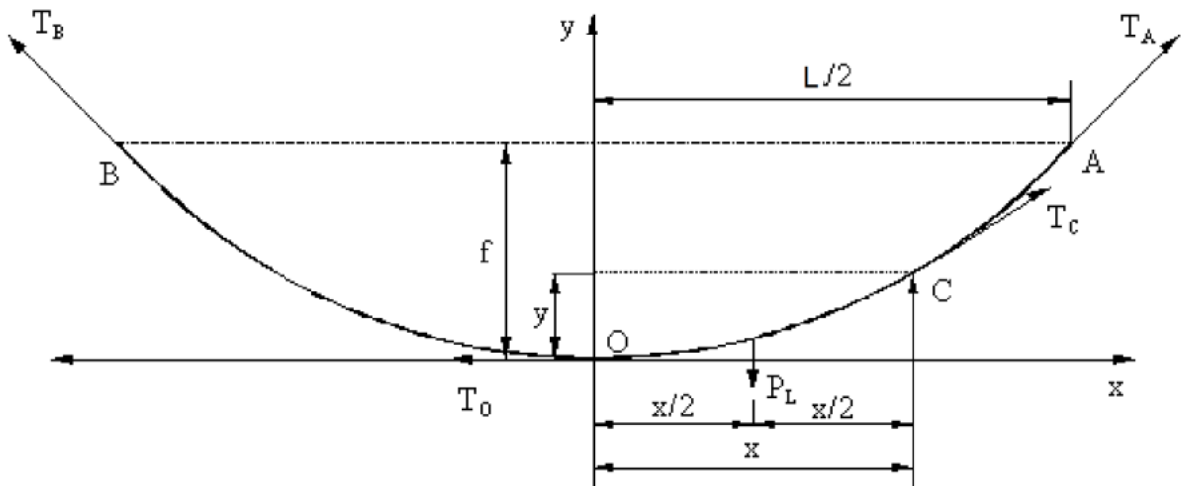


Figura 10 Representação da flexa de um vão

Considera-se um trecho do cabo OC que terá um peso próprio  $P_L$  aplicado no ponto médio. O Trecho estará submetido as tensões  $T_o$  e  $T_c$ .

O momento no ponto C é dado por:

$$P_L * \frac{X}{2} = T_o * Y \quad (27)$$

Portanto, o valor de Y será:

$$Y = \frac{P_L * X}{2 * T_o} \quad (27.1)$$

Considerando P como pesom unitário do condutor, o peso total no trecho OC será:

$$P_L = P * X \quad (27.2)$$

Substituindo a equação 27.2 na equação 27.1 teremos:

$$\frac{P * X^2}{2 * T_o} \quad (27.3)$$



Agora, considerando o ponto A como extremidade em vez C:

$$y = f \quad X = \frac{L}{2} \quad (27.4)$$

Substituindo, verifica-se que a flexa do vão é dada pela expressão:

$$f_m = \frac{P * L^2}{8 * T_0} \quad (27.5)$$

Assim sendo, para o cálculo da flexa máxima, deve-se conhecer antes a tensão que o cabo estará sujeito, por meio da equação 28 de mudança de estado:

1º. Tensão que o cabo estará sujeito ( $t_0$ )

$$C_3 = t_0^3 + t_0^2(C_1 + C_2) \quad (28)$$

Onde:

$$C_1 = \alpha * E(\theta_m - \theta_v) - T_{max} \Rightarrow C_1 = 23 * 10^{-6} * 59,7 * 10^3 * (50 - 25) - 42,29 = -42,29 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

$$C_2 = \frac{L^2 * P_v^2 * E}{24 * T_{max}^2} = \frac{80^2 * (8,8 * 10^{-3})^2 * 59,7 * 10^3}{24 * 42,29} = 29,2 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

$$C_3 = \frac{L^2 * P^2 * E}{24} = \frac{80^2 * (3,48 * 10^{-3})^2 * 59,7 * 10^3}{24} = 192,8 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

Onde:

$\alpha$  – Coeficiente de dilatação térmica

E – Módulo de elasticidade do condutor

$\theta_m$  – Temperatura de montagem

$\theta_v$  – Temperatura na hipótese de Verão

P – Peso do condutor

$P_v$  – Peso aparente do condutor

$T_{max}$  – Tensão máxima admissível

L - Comprimento do vão óptimo

$t_0$  - é a tensão de montagem

Substituindo os valores obtidos na equação 28 temos:

$$C_3 = t_0^3 + t_0^2(C_1 + C_2) \Rightarrow 192,8 = t_0^3 + t_0^2(-42,29 + 29,2) \Rightarrow t_0 = 14,065 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

E por fim, a flexa máxima será:

$$f_m = \frac{P * L^2}{8 * T_0} \Rightarrow f_m = \frac{0,48 * 10^{-3} * 80^2}{8 * 14,065} \Rightarrow f_m = 0,20 \text{ m}$$

#### 4.4.4. ENCASTRAMENTO DOS APOIOS

O cálculo da profundidade de encastramento é dada pela equação 29:  $P_e = 0.5 + 0.1H$

Onde:

H é a altura total do poste, cujo valor é 12.25 m.

$$P_e = 0.5 + 0.1 \times 12.25 = 1.725m$$

#### 4.4.5. ESPIAMENTO

A altura útil do apoio, definida como altura do solo ao topo é calculada com base na equação 25:

$$H_u = H - P_e = 12.25 - 1.725 = 10.525m$$

A distância entre o ponto de encastramento da espia e o ponto de encastramento do apoio

é dada pela expressão 30:  $d_e = \frac{2}{3} H_u = \frac{2}{3} \times 10.525 = 7.0m$

No dimensionamento das espias deve-se ter em conta que o ângulo que a espia faz com a vertical não pode ser inferior a 30°C.

A figura a baixo mostra as medidas adoptadas pela EDM para espiamento.

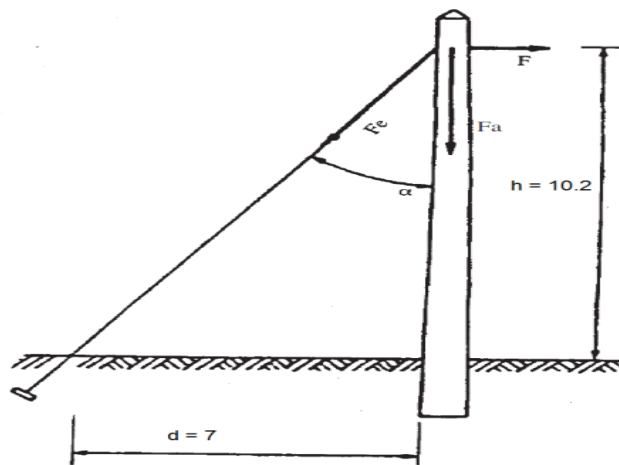


Figura 11 Medidas de Espiamento (4)

A tensão máxima que será suportada pela espia será dada pela equação 31:

$$F_e = \frac{F}{\text{Sen} \alpha} \Rightarrow F_e = \frac{3F}{\text{sen} \left( \arctg \frac{d}{h} \right)} \Rightarrow F_e = \frac{3 * 870}{\text{sen} \left( \arctg \frac{7}{10,2} \right)} = 4613Kg$$

Onde: F – Tensão máxima suportada pelo cabo;  $\alpha$  – É o ângulo formado pelo apoio e a espia

## 4.5. CARACTERÍSTICAS DE MONTAGEM

As características de montagem apresentadas neste projecto assim como as peças desenhadas em anexo estão em conformidade com as normas e práticas estabelecidas pela EDM no que diz respeito a montagem de linhas de distribuição e montagem de postos de transformação.

### 4.5.1. APOIOS

Uma linha aérea é composta por um conjunto de apoios para suspender os cabos, onde estes deverão ser equipados por alguns acessórios, tais, como, isoladores, amarrações e outros para assegurar os cabos.

Segundo a EDM, 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.

Portanto, para manter uma distância segura entre os condutores e o solo, serão aplicados no projecto apoios de madeira tratada de 12,25m, diâmetro de topo entre 0,12 a 0,15m e de base de 0,25m.

Durante a sua colocação, deve-se observar algumas condições, como:

- ✓ A altura do solo a que os condutores devem ficar: 10.00m;
- ✓ A profundidade do encastramento: 1.80;
- ✓ A distância do topo a que os condutores serão fixados nos postes: 0.40m;
- ✓ Vão óptimo (Para condutor Mulberry): 80m

### 4.5.2. ISOLADORES

Para montagem normal em alinhamento nas linhas de 33 kV, serão adaptados isoladores rígidos de eixo vertical designado HT-1018, mas também podem ser utilizados de outros fabricantes como STV – 35 e ALH – 35 ambos de eixo horizontal.

Nos apoios de ângulos, de fim assim como de início da linha as amarrações serão feitas por meio de cadeias de isoladores.

#### **4.5.3. DISTÂNCIAS REGULAMENTARES, VÃO E FLECHA**

Para garantir as condições de segurança e de estabilidade das linhas, as distâncias do vão e flecha máxima devem ser: 80 metros e 0,20 metros, respectivamente. As distâncias regulamentares estão em conformidade com o RSRDLAAT, sendo que:

- ✓ A distância dos condutores ao solo não deve ser inferior a 6.2 metros;
- ✓ A distância dos condutores aos edifícios não deve ser inferior a 4 metros;
- ✓ A distância entre condutores não deve ser inferior a 0.6 metros;
- ✓ A distância dos condutores às árvores não deve ser inferior a 2.5 metros;
- ✓ A distância entre condutores e os apoios não deve ser inferior a 0.3 metros.
- ✓ A distância dos condutores aos obstáculos diversos não deve ser inferior a 3 metros;

#### **4.5.4. MONTAGEM DE ESPIAMENTO**

Será necessário uma espia montada no lado oposto a chegada da linha, executada em arame galvanizado, ou em cabo de aço adequado. O ponto de fixação no apoio deve situar-se a 10,2 metros de altura enquanto na horizontal deve distar a 7 metros deste.

#### **4.5.5. MONTAGEM DO TRANSFORMADOR NO APOIO**

O transformador será colocado numa base em ferro "U" ou em uma travessa galvanizada a uma altura não inferior a 4 metros no apoio de chegada do ramal de MT. O apoio de chegada será uma madeira tratada de 12,25m com diâmetro de 0,15m e de base de 0,25m.

#### **4.5.6. BARRAMENTO DE MÉDIA TENSÃO**

O barramento de MT será constituído por: 3 pará-raios do tipo XBE 36KV; 3 drop-otus  $U_n = 33KV$ ,  $ILK = 8KA$ . O isolador de passagem de barramento será do tipo HT-1018 (33KV) ou equivalente. Os barramentos serão de igual secção do condutor da baixada de alimentação do transformador e estarão separados a uma distância mínima de 368mm entre si e entre qualquer outro componente de instalação.

#### **4.5.7. QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO**

O quadro geral de baixa tensão estará alojado dentro duma caixa metálica galvanizada, de preferência pintada, com uma porta na sua parte frontal. Este armário será fixo no apoio de fim de linha como mostrado no desenho 3. E imperioso afixar-se uma placa com a inscrição "PERIGO DE MORTE" na parte exterior da porta.

#### 4.6. ESPECIFICAÇÃO DO MATERIAL E ESTIMATIVA DE CUSTOS

Os custos apresentados nas tabelas abaixo estão em metical.

Item	Material	Uni	Qtd	Custo/Uni	Custo Total
1	Postes de Madeira 12,25m	Uni	18	8.240,35	148326,3
2	Postes de Madeira 9m	Uni	37	6.180,26	228669,62
3	Transformador 75Kva	Uni	2	352.425,36	704850,72
4	Cabo AAAC Mulberry 150mm <sup>2</sup>	m	3000	210,48/metro	631440
5	Cabo ABC 4x50+25mm <sup>2</sup>	m	2500	548,85/metro	1372125
6	Cabo VAV 4x50mm <sup>2</sup>	m	50	1.395,37	69768,5
7	Espia completa MT	uni	6	12.432,93	74597,58
8	Espia complete BT	Uni	14	5.525,74	77360,36
9	Escora	Uni	5	4.125	20625
10	Travessas tipo A Galvanizada	Uni	15	7.741,32	116119,8
11	Travessas tipo L Galvanizada	Uni	4	5.443,20	21772,8
12	Pinças de suspensão	Uni	22	1.115,84	24548,48
13	Pinças de Amaração	Uni	20	1.115,84	22316,8
14	Para raios 36kV; 10KA Poliméricos	Uni	6	18.480	110880
15	Isoladores Horizontais HT-1018 (22-33kV)	Uni	42	1.659,78	69710,76
16	Drop – Out de 36KV I <sub>cor</sub> te 8kA	Uni	6	18.480	110880
17	Quadro Geral de BT com Disjuntor R	Uni	2	52.400	104800
18	Candeeiro LED(IP) 48W	Uni	12	7.798	93576
19	Terras completas de serviço e protecção	Kit	2	1.612,81	3225,62
20	Parafusos M14X30 e Porcas M14	Uni	39	580	22620
21	Parafusos M16X300 e Porcas M16	Uni	10	630	6300
22	Parafuso Rabo de Porco e Porca M16	Uni	70	630	44100
23	Parafusos com olhal e anilhas quadradas	Uni	119	420	49980
24	Fusíveis APC NH01	Uni	3	5000	15000
25	Ligadores PC1, PC2 e End Caps	Uni	15	525	7875
26	Filaças Mulberry	Uni	90	315	28350
27	<b>Custo Total de Material</b>				<b>4164818,34</b>
28	<b>Custo de Mão-de-Obra</b>				<b>6.000.000,00</b>
29	<b>Total de Material e Despesas</b>				<b>10.179.818,34</b>

## **CAPUTÍTULO V – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO**

### **5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÃO**

#### **5.1. CONCLUSÃO**

A realização desse projecto vai constituir um ganho para os moradores do bairro chamissava e em particular os residentes do quarteirão 7, porque eles passarão a ter energia eléctrica nas suas residencias assim como na via pública. Na elaboração deste projecto forão observadas todas as normas vigentes na EDM e alguns dos regulamentos utilizados em Moçambique, como o RSRDLAAT e RSRDEEBT. E assim sendo este projecto pode ser aprovado e implementado, pois durante a sua construção e operação estarão garantidas as condições de segurança e de funcionamento normal da rede eléctrica. Serão instalados dois transformadores trifásicos de 75KVA cada com uma tensão nominal de 33/0,4KV, que são suficientes para suprir a demanda de 141,96KVA, os ramais de MT serão feitos pelo condutor Mulberry com uma secção de 150 mm<sup>2</sup> e na BT será utilizado o condutor ABC com uma seção de 4x50 + 25 mm<sup>2</sup>. O barramento de MT será constituído por 3 pará-raios de 36KV e 3 drop-outs de 33KV, com uma corrente nominal 100A e uma capacidade de corte de 8KA. O Barramento de BT será composto por um Disjuntor de 160 amperes e as saidas serão cosntituídas por fusíveis APC de 100 amperes cada. A aprovação e utilização dos apoios de madeira tanto para a distribuição assim como nos postos de transformação, tornará o projecto economicamente viável, apesar de ser importante avaliar o tipo de solo de cada região de implantação desta rede de modo a permitir a integridade dos apoios de madeira. Para poder implementar a solução proposta neste trabalho, a EDM deverá investir cerca de 10 milhões e duzentos meticais.

## **5.2. RECOMENDAÇÃO**

De forma a salvaguardar a qualidade das instalações projectadas, e de acordo com os RSRDLAAT e RSRDEEBT, dever-se-á mencionar que as Instalações Eléctricas deverão ser objecto de verificação e ensaios. A verificação servirá para garantir a operacionalidade e o correcto funcionamento da instalação, antes da sua entrada em exploração. Recomenda-se o cumprimento de todas as condições descritas ao longo do projecto, caso seja implementado, pois é disso que depende o bom funcionamento da rede.

A médio prazo, recomenda-se que a EDM faça a interligação da rede com os outros quarteirões pertencentes ao bairro chamissava por forma a conferir alguma redundância dos postos de transformação à futura rede eléctrica do bairro.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1]. Aterramento Eléctrico, 5ª Edição Modificada e Amplicada, Florianópolis-SC, 2002  
Geraldo Kindermann e Jorge Mario Campagnolo;
- [2]. CITT. (n.d.). Calculo Mecánico: Flechas y Tensiones. In C. d. Tecnologia, Desenho de Linhas de Transmissão (p. 4). Universidade Don Bosco;
- [3]. CEMIG. (2014). Projecto de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas. Minas Gerais;
- [4]. EDM. (2006). Manual de Montagem de Linhas de Distribuição de Energia Eléctrica;
- [5]. EDM. (2006). Postos de Transformação Rurais. Maputo;
- [6]. EDM. (2006). Selecção de Tabelas e Diagramas. Maputo;
- [7]. Filipe, M. O. (2009). Linhas Aéreas de Média Tensão. Brasil;
- [8]. GALVÃO, Cláudio D. de Brito Sousa. 2010 - Redes Eléctricas De Média E Baixa Tensão, Dissertação para Mestrado integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Energia;
- [9]. GERMER ISOLADORES (2023, 06/04/2023 AS 9:00h):  
[http://www.germerisoladores.com.br/Produtos.asp?de\\_Familia=isoladores%20de%20pino](http://www.germerisoladores.com.br/Produtos.asp?de_Familia=isoladores%20de%20pino)
- [10]. GLOVER J. Duncan, SARMA Mulukutla, OVERBYE Thomas. (2012). Power System Analysis and Design. United States: Cengage Learning;
- [11]. MADUEIRA, Octávio. 2009 – Construção Linha Aérea De Média Tensão Que Liga O Parque Eólico De Rendeiro Á Subestação De Pinhal Novo, 1 a edição;
- [12]. Protecção de Sistemas Eléctricos de Potência, Vol. 1, Florianópolis-SC, 1999. Geraldo Kindermann;
- [13]. Quintas & Quintas S.A. (2023, 06/04/2023). Cabos eléctricos nus.  
Available: [http://www.quintascondutores.pt/port/produtos/cn/cond\\_aluminio\\_acsr.htm](http://www.quintascondutores.pt/port/produtos/cn/cond_aluminio_acsr.htm);
- [14]. RSRDLAAT. (2011). Regulamento De Segurança Das Redes De Distribuição Das Linhas Aéreas De Alta Tensão; Maputo: Imprensa Nacional de Moçambique, E.P;
- [15]. SOLIDAL. (n.d.). Guia Técnico de Cabos Eléctricos 2007;
- [16]. <https://www.elandcables.com/cables/aluminium-conductors-aaac-acsr>;
- [17]. <https://www.alcobre.pt/cabos/torçados>;



# ANEXOS

### Anexo 1.1 Transformador em Pórtico de Madeira assente em base de alvenaria

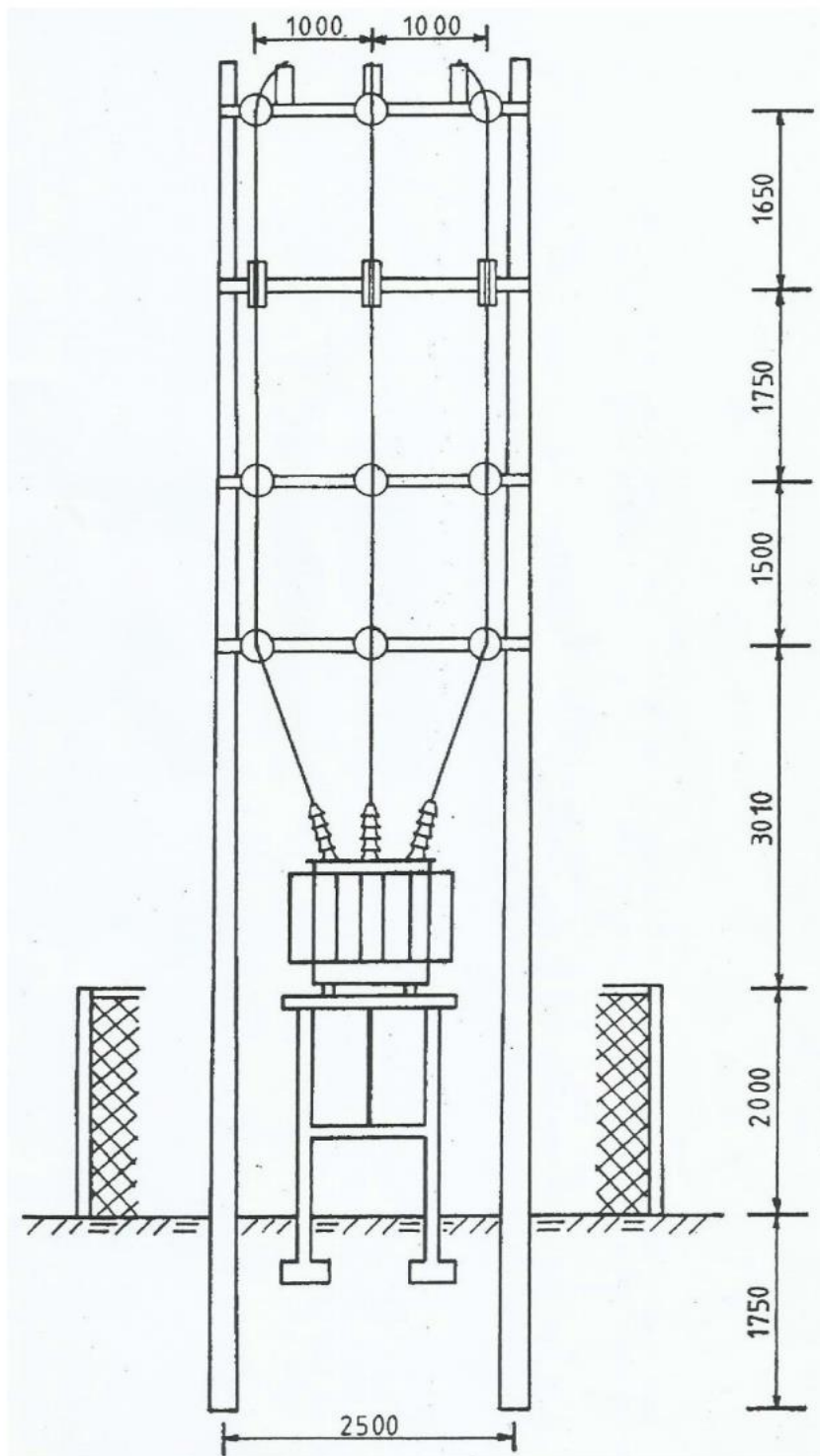


Figura anexo1-1 Vista Frontal de um Posto de Transformação

## Anexo 2. Tabelas Técnicas

Tabela Anexo 2.1-2 Factores de Utilização das Instituições Públicas

Instituições Pública	Ku
Escola	0,75
Jardim Infantil	0,75
Administração	0,5
Restaurante	0,75
Supermercado	0,9
Talho	0,5
Loja de Mercadorias Industriais	0,75
Cabeleireiro	0,6
Correio	0,8
Policlínica	0,3
Lavandaria	0,95
Lojas Desconhecidas	0,75
Iluminação Pública	1

Tabela Anexo 2.2 - 2 Características dos condutores com Liga de Alumínio (AAAC)

Denominação	Seção Transversal kcmil	Seção Transversal mm <sup>2</sup>	Formação Nº de Fios x Diâmetro Nº x mm	Diâmetro Nominal do Condutor mm	Massa Nominal kg/km	Carga de Ruptura kN	Resistência Elétrica Máxima (CC) a 20°C ohm/km	Resistência Elétrica Máxima (CA / 60Hz) a 50°C ohm/km	Capacidade de Corrente (*) A
CHLORINE	67,8	34,36	7 x 2,50	7,50	94	8,18	0,8637	0,9649	163
CHROMIUM	82,0	41,58	7 x 2,75	8,25	113	9,91	0,7138	0,7975	184
FLUORINE	97,7	49,48	7 x 3,00	9,00	135	11,8	0,5998	0,6702	206
HELIUM	152,6	77,30	7 x 3,75	11,25	211	17,6	0,3839	0,4291	274
HYDROGEN	219,7	111,30	7 x 4,50	13,50	304	24,3	0,2666	0,2982	347
IODINE	244,8	124,00	7 x 4,75	14,25	339	27,1	0,2393	0,2677	372
-	300,0	151,85	19 x 3,19	15,95	417	36,06	0,1964	0,2199	424
KRYPTON	311,1	157,60	19 x 3,25	16,25	433	37,4	0,1892	0,2119	435
-	350,0	177,61	19 x 3,45	17,25	488	42,18	0,1679	0,1882	470

CODE	NOMINAL AREA mm <sup>2</sup>	EQUIVALENT Cu AREA kg		STRANDING AND WIRE		NOMINAL OVERALL DIAMETER		TOTAL AREA		WEIGHT <sup>1</sup>	
		mm <sup>2</sup>	inch <sup>2</sup>	mm	inch	mm <sup>2</sup>	inch <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	inch <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	lb/M ft
-	-	64.5	0.1	19/2.82	190111	14.1	0.555	118.8	0.1841	327.6	220.2
MULBERRY	-	80.6	0.125	19/3.18	19/1253	15.9	0.626	151.1	0.2342	416.7	280
ASH	-	96.8	0.15	19/3.48	19/1370	17.4	0.685	180.7	0.2801	498.1	334.8
ELM	-	113	0.175	19/3.76	19/1481	18.8	0.74	211	0.3271	582.1	391.2
POPLAR	-	129	0.2	37/2.87	37/1129	20.09	0.791	239	0.3705	658.8	442.7
-	-	145	0.225	37/3.05	37/1202	21.35	0.841	270.8	0.4197	746.7	501.8
SYCAMORE	-	161	0.25	37/3.23	37/0.1271	22.61	0.89	303	0.4697	834.9	561.1
UPAS	-	194	0.3	37/3.53	37/1390	24.71	0.973	362.1	0.5613	998.6	671.1
-	-	226	0.35	37/3.81	370500	26.47	1.05	421.8	0.6538	1163	781.5
YEW	-	258	0.4	37/4.06	370600	28.42	1.119	479.9	0.7439	1323	889.2

## Tabela Anexo 2.2 - 3 Características dos condutores com Liga de Alumínio (AAAC)

**British Sizes**

CODE	N	RATED STRENGTH <sup>1</sup> kgF	LBS FORCE	MAXIMUM DC RESISTANCE AT 20°C <sup>2</sup>		CURRENT RATING <sup>3</sup>	
				ohms/km	ohms/1000ft	Temperate Amps	Tropical Amps
-	3714	379	835	2.87	0.873	90	73
BOX	5960	608	1340	1.79	0.544	121	98
ACACIA	7606	776	1710	1.4	0.426	140	114
ALMOND	9563	975	2150	1.11	0.339	162	131
CEDA	11253	1148	2530	0.944	0.288	180	145
-	13433	1370	3020	0.794	0.242	200	162
FIR	15168	1547	3410	0.7	0.213	217	175
HAZEL	18993	1937	4270	0.559	0.17	250	201
PINE	21840	2227	4910	0.467	0.142	279	224
-	25576	2608	5750	0.398	0.121	309	247
WILLOW	27355	2790	6150	0.373	0.114	322	258
-	29401	2998	6610	0.347	0.106	337	270
-	33093	3375	7440	0.308	0.0938	336	290
OAK	36207	3692	8140	0.282	0.0859	384	307
-	36563	3729	8220	0.282	0.086	385	307
MULBERRY	46704	4763	10500	0.222	0.0676	448	356
ASH	53376	5443	12000	0.185	0.0565	501	398
ELM	62272	6350	14000	0.159	0.048	553	438
POPLAR	72058	7348	16200	0.14	0.0427	598	473
-	81398	8301	18300	0.124	0.0337	647	511
SYCAMORE	91184	9299	20500	0.111	0.0377	694	547
UPAS	104528	10659	23500	0.0925	0.0282	776	610
-	121875	12428	27400	0.0794	0.0242	854	669
YEW	138333	14107	31100	0.0698	0.0213	925	723

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

### Anexo 3 Característica do Transformador seleccionado

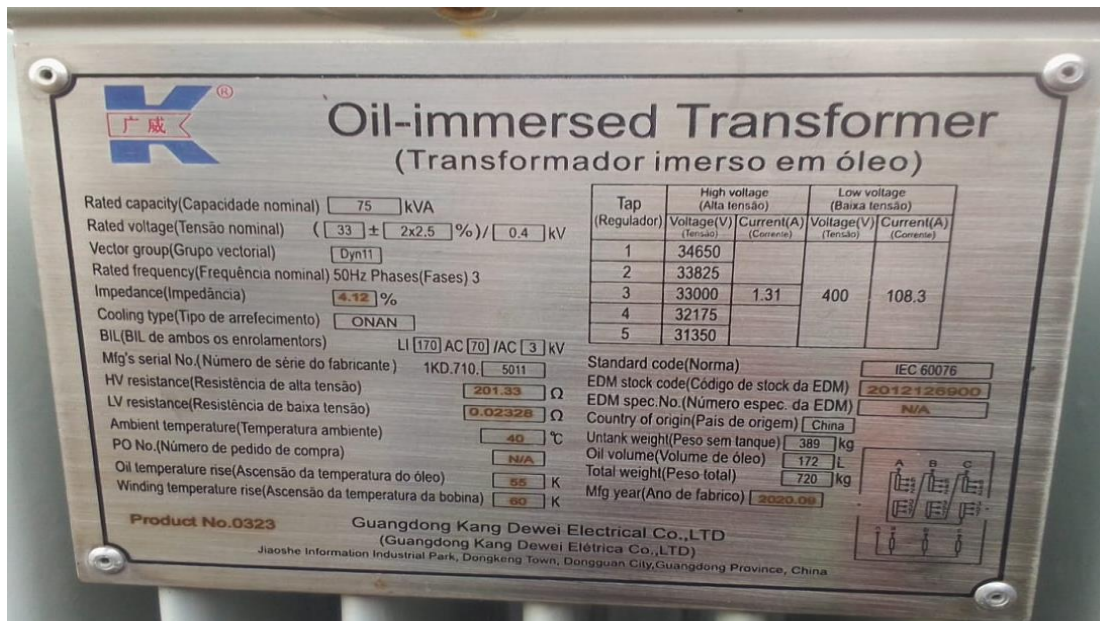


Figura Anexo 3-4 Chapa de característica do Transformador à Instalar

### Anexo 4 Características dos dispositivos de protecção

Tabela Anexo 4.1- 5 Tensões Nominais dos Pára-raios

TENSÕES NOMINAIS DOS PÁRA-RAIOS

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

Tabela Anexo 4.2-5 Calibre de Links dos Drop-outs ou Seccionadores fusíveis

ALIBRE DE LINKS PARA DROP-OUTS

Tensões ( KV )							
6,6		11		22		33	
In	ILK	In	ILK	In	ILK	In	ILK
2,6	3	1,6	2	0,8	1	0,5	1
4,4	6	2,6	3	1,3	2	0,9	1
8,7	10	5,2	6	2,6	3	1,8	2
14	15	8,4	10	4,2	6	2,8	3
17,5	20	10,5	12	5,3	6	3,5	6
21,9	25	13,1	15	6,6	8	4,4	6
28	30	16,5	20	8,3	10	5,5	6



**Anexo 6 Capacidade de Condução dos Cabos VAV**

Tabela Anexo 6-7 capacidade de condução do cabo VAV

CONDUTOR	SECÇÃO NOMINAL mm <sup>2</sup>	CABOS INSTALADOS AO AR			CABOS ENTERRADOS		
		1 condutor	2 condutores	3 e 4 condutores	1 condutor	2 condutores	3 e 4 condutores
COBRE	1,5	27	22	20	34	30	25
	2,5	36	30	28	45	40	35
	4	48	40	36	60	50	45
	6	60	50	48	75	65	60
	10	85	70	65	105	90	80
	16	115	95	90	140	120	110
	25	145	125	110	180	155	135
	35	175	150	130	220	185	165
	50	205	180	150	260	220	190
	70	260	225	195	325	280	245
	95	310	270	235	390	335	295
	120	355	305	270	445	380	340
	150	400	350	310	500	435	390
	185	440	390	355	550	490	445
	240	500	455	410	625	570	515
	300	555	510	470	695	640	590
	400	630	610	560	785	760	700
500	685	—	—	855	—	—	
ALUMÍNIO	16	90	75	70	115	95	90
	25	115	100	90	145	125	110
	35	140	120	105	170	150	130
	50	165	150	125	210	180	155
	70	210	180	155	260	225	195
	95	250	215	190	310	270	235
	120	285	245	215	355	305	270
	150	320	280	250	400	350	310
	185	350	310	285	440	390	355
	240	400	365	330	500	455	410
	280	430	—	—	540	—	—
	300	445	410	375	555	510	470
	380	495	—	—	620	—	—
400	505	490	450	630	610	560	
480	535	—	—	670	—	—	
500	550	—	—	685	—	—	



## Anexo 7 Características dos Disjuntores

Tabela Anexo 7.1-8 Correntes nominais dos disjuntores

Intensidade nominal In (A)	Intensidade convencional de não fusão Inf (A)	Intensidade convencional de fusão If (A)
2	-	-
4	-	-
6	6,3	8,1
8	8,4	10,8
12	10,5	13,5
16	12,5	16,2
20	16,8	21,6
25	21	27
32	26,3	33,8
40	33,6	43,2
50	42	54
60	53	68
63	66	85
80	84	108
100	105	135
125	131	169
160	168	216
200	210	270
250	263	338
315	331	425
400	420	540
500	525	675
630	662	851
800	840	1080
1000	1050	1350
1250	1313	1688
1600	1680	2160
2000	2100	2700
2500	2625	3375



Figura Anexo 7.2-8 Disjuntor seleccionado para à instalação

**Anexo 8 Capacidade dos fusíveis em função da secção do cabo**

Tabela Anexo 8-9 Calibre dos fusíveis em função da secção do cabo NYBY ou torçado

Secção cabo NYBY mm2	Corrente admissível (A)	Calibre fusível (A)	Corrente não fusão (A)	Correspondência com linhas aéreas
4x16	43	25	45	-
4x10	60	35	59	-
4x16	80	50	77	GNAT
3x25+16	106	63	100	LADY BIRD
3x25+25	131	80	130	FLY
3x50+35	159	100	170	GRASS
				HOPER
3x70+50	202	125	200	WASP
3x90+50	244	160	260	-
3x120+75	282	200	320	-

## Anexo 9 Características da Lâmpada Seleccionada (Autor)



Figura Anexo 9.1-10 Especificações da luminária seleccionada



Figura Anexo 9.2-11

## Anexo 10 Especificações do cabo ABC

Tabela Anexo 10.1-12 Especificação do Cabo aéreo torçado

# CABOS AÉREOS TORÇADOS

CABOS AÉREOS

**ALCOBRE**  
A MEMBER OF HENG TONG GROUP

# ABC Aerial Bundled Cables

TENSÃO ESTIPULADA  $U_0/U$  0,6/1 kV

ALUMÍNIO • XLPE

ET 145:01-2020



### NORMAS:

#### CONSTRUTIVAS

SANS 1418 parte 1 e 2

#### CONSTRUÇÃO:

##### 1. CONDUTOR

AL Alumínio classe 2, norma IEC 60228

Al Alloy 54,6 mm<sup>2</sup> (quando aplicável)

##### 2. ISOLAÇÃO

XLPE Polietileno reticulado

#### APLICAÇÃO GERAL:

Cabo para distribuição de energia de Baixa Tensão.

Condutores isolados reunidos em hélice, cableamento para a esquerda (S).

Instalação ao ar em linhas aéreas estendidas entre apoios e linhas assentes em fachadas.

Excelente resistência a agentes externos. Não adequado para instalação directamente enterrada.

#### CARACTERÍSTICAS GERAIS:

Tensão nominal de ensaio	4 kV a.c. (5 min.)
Temperatura nominal máxima	+90 °C
Temperatura do condutor em curto-circuito	250 °C (t ≤ 5s)
Esforço máximo de tração (N)	sobre os condutores 30 x Secção mm <sup>2</sup>



Tabela Anexo10.2-13 Características Técnicas do Cabo aéreo torçado

## ABC Aerial Bundled Cables

### CABOS AÉREOS



#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ELÉTRICAS

Código Alcobre	Nº. Cond. x Seção Nominal nc x mm <sup>2</sup>	Diâmetro exterior aprox. mm	Peso aprox. kg/km	Raio mínimo de curvatura mm	Intensidade máx. ao Ar 40 °C	Queda de Tensão Cos φ= 0,8
					A	V/A.km
14501601	AL 10/2	13,2	98	180	55	4,289
14501901	AL 16/2	14,6	135	215	81	3,489
14502001	AL 25/2	20,5	200	300	109	2,226
14521251	AL 35/3+16A+54,6N	30,7	705	440	120	1,632
14521301	AL 35/3+25A+54,6N	33,4	740	450	120	1,632
14521801	AL 50/3+54,6N	30,3	735	440	150	1,229
14521901	AL 50/3+16A+54,6N	32,7	800	500	150	1,229
14522101	AL 50/3+2x16A+54,6N	36,7	890	540	150	1,229
14522001	AL 50/3+25A+54,6N	33,4	840	510	150	1,229
14522801	AL 70/3+16A+54,6N	37,9	1.035	560	190	0,860
14523101	AL 70/3+2x16A+54,6N	43,9	1.120	650	190	0,860
14523001	AL 70/3+25A+54,6N	39,9	1.070	590	190	0,860
14524001	AL 95/3+54,6N	36,7	1.185	540	230	0,652
14524501	AL 95/3+2x16A+54,6N	48,4	1.345	720	230	0,652
14525001	AL 95/3+25A+54,6N	43,9	1.285	650	230	0,652
14527001	AL 120/3+25A+54,6N	47,7	1.492	710	273	0,504
14528001	AL 150/3+2x16A+54,6N	57,1	1.795	850	305	0,446
14528501	AL 150/3+2x95	52,6	2.080	770	305	0,446
14501941	AL 16/4	20,3	266	300	81	3,489
14502501	AL 25/4	24,2	404	360	109	2,226
14522111	AL 50/4+25A	34,3	795	515	150	1,229
14522901	AL 70/4+25A	42,5	1.104	580	190	0,860
14526001	AL 95/4+25A	44,3	1.410	640	230	0,652
14525101	AL 95/4+2x16A	48,4	1.419	720	230	0,652
14563501	AL 120/4	43,2	1.562	640	273	0,504
14527101	AL 120/4+2x16A	52,6	1.695	780	273	0,504

