



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

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Título:**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA  
O BAIRRO DE MUNGASSA, NO DISTRITO DA  
BEIRA, PROVÍNCIA DE SOFALA**

**AUTOR:**

Jone, Aime Sozinho Macabaça

**SUPERVISOR:**

Eng<sup>o</sup>. Fernando H. Chachaia, MSc

Maputo, Julho de 2022



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

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

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**Título:**

**DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE  
MUNGASSA, NO DISTRITO DA BEIRA, PROVÍNCIA DE  
SOFALA**

**Autor:**

Jone, Aime Sozinho Macabaça

**Supervisor:**

Engº. Fernando H. Chachaia, MSc

Maputo, Julho de 2022



ELECTRICIDADE  
DE MOÇAMBIQUE, E.P.

---

ÁREA DE SERVIÇO AO CLIENTE DA BEIRA

Para  
**Universidade Eduardo Mondlane**  
**Contacto do aluno: 846780746**

**Nossa Referência:**  
**471 /ASCB-RH/2021**  
**No. De Páginas: 1+1**

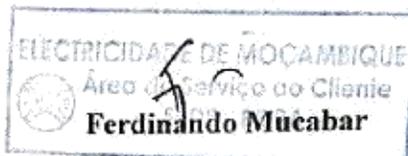
**Vossa Referência:**  
**29/03/2022**

**Contacto:**  
**Olga Senda**  
**846366039**

**Assunto: Pedido de Estagio**

Cumpre-nos informar a V. Excia que, em resposta ao pedido de estagio para o estudante **Aime Sozinho Macabeça Jone** curso **Engenharias Eletrónico** aceita realização do referido pedido de estagio no período de 90 dias, devendo o estudante apresentar-se no departamento de Manutenção .

Informamos, que o estudante deverá ser portador de **Apólice de seguros, Botas, Capacetes Uniforme, Mascara de proteção facial, e Álcool-Gel**. Igualmente informamos que o estagio não deverá implicar custo adicionais a empresa.  
Atenciosamente,



**Director**



ELECTRICIDADE  
DE MOÇAMBIQUE, E.P.

## ÁREA DE SERVIÇO AO CLIENTE DA BEIRA

PARA  
**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
Contacto do Aluno: 846780746

Nossa Referência:  
*7021* ASCB/RH/2022  
No. de Páginas: 1+0

Vossa Referência:

Data:  
11-07-2022

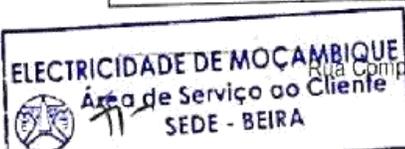
Contacto:  
Albino.Mutendi@edm.mz  
842074807

Assunto: Conclusão de Estágio.

Cumpre-se-nos informar a V.Excia de que recebemos a V/Carta, na qual solicitavam o estágio pré-profissional para o estudante finalista de curso de **Engenharia Eléctrica** de nome **Aime Sozinho Macabaça**, tendo obtido o seguinte aproveitamento:

Departamento	Actividades desenvolvidas	Aproveitamento		
		Suficiente	Bom	Muito Bom
Manutenção	Execução de Redes		X	
	Execução de Caixas		X	
	Montagem de rede de BT e/I.P		X	
	Inspecção e Manutenção de linha e a PTs/SEs		X	
	Manutenção e Reparação de equipamentos		X	
	Substituição/Aprumo de postes			X
	Montagens de PT Completo		X	
Operação	Medições de equipamentos eléctrico		X	
	Recepção/Encaminhamento de chamada			x
	Pesquisa de Avarias			X
	Manobras		X	
	Reparação de Avarias		X	
Comercial	Inspecção e Fiscalização		X	
	Novas ligações		X	
	Redução de Perdas		X	

Página 1 (2)

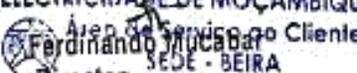


Companhia de Moçambique No. 382 • Caixa Postal No. 40 • Beira • Moçambique  
Tel. (+23) 3256175 • Fax. (+23) 326174 • www@edm.co.mz

Com energia construímos futuro

	Vistoria e Novas Ligações		X	
	Spliter mitel		X	
	Cabo coaxial		X	

Sobre o assunto, a EDM, E.P, tem a honra de informar a V.Excia de que o referido estudante terminou o seu estágio com êxito durante 90 dias efectivos, como inicialmente estava previsto, entre os dias 14 de Abril 2022 a 08 de Julho de 2022 conforme a tabela supracitada ilustra.

Atenciosamente,  
**ELECTRICIDADE DE MOÇAMBIQUE**  
 Área de Serviço ao Cliente  
 SEDE - BEIRA  
 Director  




**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
Curso de Engenharia Eléctrica

**TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPD03	Data	07/03/22
--------------------	-------------	------	----------

**1. TÍTULO DO TEMA**

Dimensionamento de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica para o Bairro de Mungassa, no Distrito da Beira, Província de Sofala

**2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER**

**2.1. Introdução**

Os sistemas eléctricos de potência têm a função de fornecer energia eléctrica aos usuários, com qualidade adequada, no instante em que for solicitada. Estes podem ser divididos em três grandes grupos:

Geração – que tem a função de converter alguma forma de energia em energia eléctrica.

Transmissão – que é responsável pelo transporte de energia eléctrica dos centros de produção aos centros de consumo.

Distribuição – que distribui a energia eléctrica recebida do sistema de transmissão aos grandes, médios e pequenos consumidores.

A EDM-Beira é uma empresa dedicada a prestação de serviços na área eléctrica, tendo como área de negócio a instalação e a manutenção de infraestruturas de distribuição de energia eléctrica de média e baixa tensão. Por isso o presente trabalho trata apenas da etapa de distribuição, especificamente no bairro de Mungassa, distrito da Beira, província de Sofala. Esta etapa é o passo final no fornecimento de energia eléctrica e tem como finalidade o rebaixamento da tensão oriunda do sistema de transmissão.

O sistema de distribuição é bem mais extenso e ramificado que o de transmissão, pois seu grande objectivo é entregar a energia ao consumidor final, sendo ele indústrias ou residências. A rede de distribuição primária transporta média tensão, atendendo grandes empresas e indústrias. Já a rede de distribuição secundária, após a rede primária passa por transformadores localizados em postes da rede eléctrica, transporta baixa tensão, para atender residências, pequenos comércios e iluminação pública.

## **2.2. Formulação do problema**

A energia eléctrica é um elemento muito importante nos dias actuais, pois ela proporciona o conforto, bem-estar e segurança para a sociedade.

Cada vez mais a energia eléctrica é fundamental para a sociedade pois estamos rodeados de equipamentos e dispositivos eléctricos ou electrónicos que contribuem para nossa qualidade de vida, como por exemplo, computador, televisão, climatizador, entre outros inúmeros aparelhos utilizados no quotidiano da sociedade actual.

Com o passar dos anos o avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de novos equipamentos que facilitam a vida do ser humano e ao mesmo tempo a tornam mais dependentes desses equipamentos. Praticamente todas as actividades realizadas pelo homem utiliza um aparelho que necessite de energia para o seu funcionamento e, caso não utilize energia para funcionar, possivelmente foi necessária energia para fabricá-los.

O bairro de Mungassa, situado no distrito da Beira, na província de Sofala, é uma zona económica em via de desenvolvimento, porém sem uma rede de distribuição de energia eléctrica para suprir as necessidades anteriormente referidas.

## **2.3. Justificativa**

Sendo que a energia eléctrica, actualmente, é de extrema importância para a sobrevivência e desenvolvimento da sociedade, torna-se, portanto, indispensável a predominância dela nos diversos pontos do país.

Por isso, este trabalho terá como justificativa contribuir para este desenvolvimento, dimensionando uma rede de distribuição para esse bairro, para que seja aplicada com a intenção de proporcionar melhorias na qualidade de vida e de trabalho nesse bairro, fornecendo um material sólido ao assunto.

Portanto, este projecto está inserido nos esforços que a empresa EDM encontra-se a realizar visando melhorar a qualidade de energia eléctrica que fornece aos seus clientes e também estender a rede eléctrica de distribuição em novas zonas habitacionais.

## **2.4. Objectivos**

### **2.4.1. Objectivo geral**

- Dimensionar uma rede eléctrica de distribuição para o bairro Mungassa, no distrito da Beira, na província de Sofala, com vista a melhorar a qualidade de fornecimento de energia, a fim de colocar à disposição dos novos moradores a potência eléctrica que poderá contratar à EDM, sem quaisquer inconvenientes.

### **2.4.2. Objectivos específicos**

- Calcular a potência a se instalar no transformador que irá alimentar o bairro;
- Dimensionar os cabos condutores que irão distribuir a energia aos consumidores;

- Dimensionar os dispositivos de protecção e os demais componentes da rede eléctrica;
- Fazer a estimativa de custo para o projecto.

## 2.5. Metodologia

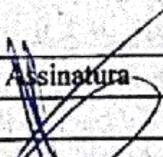
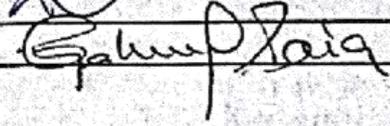
Para a elaboração deste projecto serão aplicadas duas metodologias:

- **Revisão bibliográfica:** tornar-se-á fundamental para a elaboração do projecto um estudo aprofundado acerca do tema, que consistirá em constantes leituras em manuais, regulamentos de Instalações Eléctricas, revistas, entre outros materiais já concluídos;
- **Pesquisa de campo:** consistirá em visitas ao bairro em que se pretende instalar a rede eléctrica, de modo a solicitar dados referentes ao comprimento das ruas para o posterior cálculo do número de postes e dos comprimentos dos vãos e dados referentes ao número e tipos de casas, de instituições públicas e de outros estabelecimentos do bairro, para que a partir destes se possa calcular a potência da rede de distribuição necessária para suprir a demanda.

## 3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

Bairro de Mungassa, no Distrito da Beira, Província de Sofala

## 4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Mestre Fernando H. Chachaia, Eng.	
Co-supervisor		
Da Instituição	Gabriel Paia	

Maputo, 28 de Abril de 2022

O estudante  
Aime Sozinho M. Jone  
 (Aime Sozinho Macabaça Jone)

O Director do Curso  
 \_\_\_\_\_  
 (Eng. Zefanias José Mabote)

O Chefe da Comissão Científica  
 \_\_\_\_\_  
 (Mestre José Nelson Guambe, Eng.)

## PLANO DE ACTIVIDADES

### Estágio Profissional

Tema: DIMENSIONAMENTO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA PARA O BAIRRO DE MUNGASSA, NO DISTRITO DA BEIRA, PROVÍNCIA DE SOFALA

Referência: 2022ELEPD03

Data: 07/03/22

Semana	Data	Data de encontro	Hora	Assunto
Semana 1	25/04-30/04	29/04/2022	14:00	Apresentação de TAT de EP
Semana 2	09/05-14/05	13/05/2022	14:00	Apresentação dos Capítulos I e II do Relatório de Estágio
Semana 3	13/06-18/06	17/06/2022	14:00	Apresentação das correções dos Capítulos I, II e apresentação dos Capítulos III, IV, V
Semana 4	20/06-25/06	24/06/2022	14:00	Apresentação das correções dos Capítulos III, IV, V
Semana 5	27/06-02/07	01/07/2022	14:00	Apresentação do Relatório Final revisado
Semana 5	27/06-02/07	02/07/2022	14:00	Entrega do Relatório Final
Supervisor: Mestre F. Chachaia, Eng.*		Assinatura: 		
Estudante: Aime Sozinho M. Jone		Assinatura: <u>Aime Sozinho M. Jone</u>		

Data:  
28/04/22

Nome do estudante:

Aime Sozinho M. Jone  
(Aime Sozinho Macabaça Jone)



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: Aime Sozinho Macabaça Jone

Referência do tema: 2022ELEPD03

Data: 07/03/22

Título do tema: Dimensionamento de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica para o Bairro de Mungassa, no Distrito da Beira, Província de Sofala

<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>										

<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.

**O supervisor**

(Eng.º Fernando H. Chachaia, MSc)



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE**  
(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Aime Sozinho Macabaça Jone

Referência do tema: 2022ELEPD03

Data: 07/03/22

Título do tema: Dimensionamento de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica para o Bairro de Mungassa, no Distrito da Beira, Província de Sofala

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
<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 (max: 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)

<b>Total de pontos (max: 35)</b>	
--------------------------------------	--

<b>Nota (=Total*20/35)</b>	
--------------------------------	--

**O supervisor**

---

(Eng<sup>o</sup> Fernando H. Chachaia, MSc)



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA (LABORAL)**

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

Declaro que o estudante Aime Sozinho Macabaça Jone entregou no dia 11/07/2022 as 3 cópias do relatório do seu Estágio Profissional com referência: 2022ELEPD03

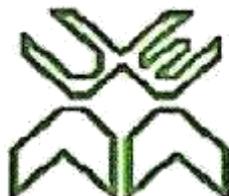
Intitulado: Dimensionamento de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica para o Bairro de Mungassa, no Distrito da Beira, Província de Sofala.

Maputo, aos 11 de Julho de 2022

A Chefe da Secretaria

---

(Arlete Chiconela)



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA (LABORAL)**

**DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Aime Sozinho Macabaça Jone, declaro que este Relatório de Estágio Profissional nunca foi apresentado para obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu labor individual.

Maputo, aos 11 de Julho de 2022

Aime Sozinho M. jone

(Aime Sozinho Macabaça Jone)

## **DEDICATÓRIAS**

Dedico este Relatório de Estágio Profissional a todos que influenciaram directa ou indirectamente na minha caminhada e, em especial, à minha mãe, Ana Taunde, por ter sido sempre o meu abrigo e o motivo pelo qual tenho me esforçado a lutar para orgulhá-la. Dedico também à minha namorada, aos meus irmãos, tios, primos e amigos pelo carinho e apoio moral ao longo da jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente endereçar um profundo sentimento de respeito e gratidão a Deus Pai Todo Poderoso e ao Seu Filho Único Nosso Senhor Jesus Cristo que é Deus com Ele na unidade do Espírito Santo, por ter me guiado sempre e ter me dado capacidades intelectuais que ditaram a minha trajectória académica.

Agradecer aos meus pais pelos fortes ensinamentos que me deram, pois estes por sua vez, fortaleceram-me e tornaram-me no Homem que hoje eu sou.

Agradeço ao meu supervisor, o mestre e engenheiro Fernando Hausse Chachaia, por ter aceite com toda a vontade me supervisionar e orientar durante a realização deste trabalho e por toda a paciência, disposição e motivação.

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

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

# EPÍGRAFE

*“Educação não  
transforma o mundo.  
Educação muda as  
pessoas. Pessoas mudam o  
mundo”.*

(Paulo Freire)

## RESUMO

Este presente trabalho apresenta uma sugestão de implementação de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de Mungassaa, distrito da Beira, em Sofala para a satisfação das necessidades dos moradores do bairro assim como para o desenvolvimento urbano do país. Este foi desenvolvido com base nos diversos conhecimentos adquiridos durante o curso de Engenharia Eléctrica na UEM juntamente com o aprendizado colhido durante o estágio profissional na EDM, na Área de Serviço ao Cliente da Beira (ASC-Beira).

Durante o estágio estive afecto em dois (2) departamentos: Departamento de Manutenção de Redes (DMR) e Departamento de Estatística e Planeamento (DEP). No primeiro departamento, passei por três (3) sectores: Iluminação Pública (IP), Redes de Baixa Tensão (RBT) e Redes de Media Tensão (RMT). No entanto com a ajuda dos técnicos e engenheiros aprendi diversas coisas, tais como:

- Manutenção eléctrica de um transformador (substituição de parafusos e troca de óleo);
- Execução de baixadas, tanto de BT assim como de MT;
- Execução de caixas;
- Colocação de isoladores de passagem (isoladores horizontais STV) e de fim de linha (isoladores poliméricos);
- Aprumação de postes fazendo uso de espias;
- Montagem de candeeiros;
- Colocação de drop-outs, seccionadores, fusíveis e mais dispositivos de protecção.

Com base em tudo isso, no nosso projecto, fez-se o dimensionamento dos apoios que vão suportar a rede e o levantamento da carga solicitada pelo bairro para o posterior dimensionamento do transformador a ser instalado, dos condutores que serão montados na rede e das protecções para a segurança das pessoas, dos bens e dos aparelhos e equipamentos da rede.

A ilustração das posições e instalações de quase todos os elementos da rede é apresentada num mapa de electrificação do bairro, projectado através do uso da ferramenta AutoCAD.

Palavra-chave: rede de distribuição de energia eléctrica, transformador, condutores

# ÍNDICE

DEDICATÓRIAS.....	I
AGRADECIMENTOS.....	II
EPÍGRAFE .....	III
RESUMO .....	IV
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	VIII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE TABELAS .....	XIII
Descrição e Enquadramento do Estudo .....	1
1.1. Introdução .....	1
1.2. Formulação do Problema .....	2
1.3. Justificativa .....	2
1.4. Objectivos .....	3
1.4.1. Objectivo geral .....	3
1.4.2. Objectivos específicos .....	3
1.5. Metodologia .....	3
Fundamentação Teórica.....	4
2.1. Generalidade sobre Sistema Eléctrico de Potência .....	4
2.2. Redes Eléctricas de Distribuição.....	4
2.2.1. Redes aéreas.....	6
2.2.2. Redes subterrâneas.....	8
2.3. Caracterização Genérica das Linhas de Distribuição .....	9
2.3.1. Linhas aéreas de MT e BT.....	9
2.4. Estrutura Topológica da Rede de Distribuição.....	13
2.4.1. Rede radial .....	14
2.4.2. Rede malhada.....	14
2.4.3. Rede em anel com exploração radial.....	15
2.5. Armários de Distribuição.....	16
Dimensionamento do Projecto .....	18
3.1. Posicionamento e Dimensionamento dos Postes (Apoios) .....	18

3.1.1. Vãos e flechas.....	20
3.1.2. Diferentes tipos de apoios segundo suas funções.....	23
3.2. Cálculo da Carga Requerida.....	25
3.2.1. Cálculo da carga das casas.....	25
3.2.2. Cálculo da carga da iluminação pública .....	33
3.2.3. Cálculo da carga total solicitada pelo bairro de Mungassa.....	36
3.3. Posicionamento e Dimensionamento do Posto de Transformação.....	36
3.4. Sistema de Aterramento .....	37
3.4.1. Terra de serviço .....	37
3.4.2. Terra de protecção .....	39
3.4.3. Protecção contra contactos indirectos .....	39
3.4.4. Eléctrodos de terra .....	40
3.5. Dimensionamento dos Cabos e Condutores.....	41
3.5.1. Cabos de BT que irão distribuir energia aos consumidores.....	41
3.5.2. Cabos de BT entre o transformador e o quadro geral de baixa tensão.....	45
3.5.3. Condutores de MT.....	46
3.5.4. Condutores de terra .....	48
3.6. Dimensionamento dos Dispositivos de Protecção .....	48
3.6.1. Escolha dos para-raios .....	49
3.6.2. Escolha dos <i>drop-outs</i> .....	50
3.6.3. Escolha dos disjuntores de baixa tensão e seus respectivos relés.....	50
3.6.4. Escolha dos transformadores de corrente.....	51
3.7. Espias.....	51
3.8. Estimativa de Custo do Projecto .....	52
Conclusões e Recomendações .....	55
4.1. Conclusões .....	55
4.2. Recomendações .....	56
Referências Bibliográficas .....	57
Anexos .....	A

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAC: *All-Aluminum Alloy Conductors*

ABC: *Aerial Bundled Cables*

APC: Alto Poder de Corte

ASC: Área de Serviço ao Cliente

AutoCAD: *Autodesk Computer Aided Design*

BT: Baixa Tensão

CAL: Condutores de Alumínio Liga

DEEL: Departamento de Engenharia Electrotécnica

DEP: Departamento de Estatística e Planeamento

DMR: Departamento de Manutenção de Redes

EDM: Electricidade de Moçambique

IP: Iluminação Pública

MT: Média Tensão

PT: Posto de Transformação

PTS: Posto de Transformação e de Seccionamento

QGBT: Quadro Geral de Baixa Tensão

RBT: Rede de Baixa Tensão

RMT: Rede de Média Tensão

RSICEE: Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas

RSIUEE: Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica

RSLEAT: Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão

RSRDEEBT: Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão

RSSPTS: Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento

RTIEBT: Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão

SEP: Sistema Eléctrico de Potência

TUG: Tomadas de Uso Geral

TN: Terra-Neutro

TT: Terra-Terra

T1: Tipo 1

T2: Tipo 2

T3: Tipo 3

UEM: Universidade Eduardo Mondlane

## LISTA DE SÍMBOLOS

$C$ : coeficiente que depende da natureza do condutor e das suas temperaturas ao início e final do curto-circuito

$\cos\theta$ : factor de potência

$F_{\text{crescimento}}$ : factor de crescimento anual

$F_U$ : factor de utilização

$F_S$ : factor de simultaneidade

$H$ : altura total do poste

$h$ : profundidade mínima de enterramento do poste

$I_{\text{adm}}$ : corrente máxima admissível

$I_{\text{cc}}$ : corrente de curto-circuito

$I_n$ : corrente nominal da lâmpada de vapor de sódio

$I_p$ : corrente nominal no primário do transformador

$I_s$ : corrente nominal no secundário do transformador

$L$ : comprimento máximo do condutor entre dois aterramentos

$L_{MT}$ : comprimento da linha de Média Tensão

$P_n$ : potência nominal da lâmpada de vapor de sódio

$P_{IP}$ : carga da iluminação pública em kW

$S$ : secção geométrica dos condutores

$S'$ : carga a instalar desprezando os factores de utilização e simultaneidade

$S_{Aq}$ : carga das instalações de aquecimento

$S_{\text{bairro}}$ : carga requerida pelo bairro

$S_{\text{casas}}$ : carga de todas as casas

$S_{\text{casasT1}}$ : carga total das casas do tipo 1

$S_{\text{casasT2}}$ : carga total das casas do tipo 2

$S_{\text{casasT3}}$ : carga total das casas do tipo 3

$S_{\text{Cl}}$ : carga das instalações de climatização

$S_{\text{Coz}}$ : carga das instalações de cozinha

$S_{\text{insT1}}$ : carga a instalar em cada casa do tipo 1

$S_{\text{insT2}}$ : carga a instalar em cada casa do tipo 2

$S_{\text{insT3}}$ : carga a instalar em cada casa do tipo 3

$S_{\text{IT}}$ : carga das instalações de iluminação e tomadas de uso geral

$S_{\text{Maq}}$ : carga das instalações de máquinas de lavar e/ou secar

$S_n$ : potência nominal do transformador

$S_{\text{IP}}$ : carga da iluminação pública em kVA

$U_n$ : tensão nominal da lâmpada de vapor de sódio

$V_s$ : tensão nominal secundária entre duas fases

$V_p$ : tensão nominal primária entre duas fases

$t$ : tempo de duração do curto-circuito

$\Delta V_s$ : queda de tensão secundária entre fases medida em V

$\Delta V_p$ : queda de tensão primária entre fases medida em V

$\Delta V_{\%}$ : queda de tensão medida em %

$\sigma_{Al}$ : condutividade do alumínio

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rede aérea de BT em cabo torçado .....	6
Figura 2: Conductor torçado (1 – alma condutora em alumínio, 2 – isolamento em polietileno reticulado) .....	7
Figura 3: Ligação a clientes a partir de uma rede aérea.....	7
Figura 4: Ligações a partir de rede subterrânea, construções dotadas de muro.....	8
Figura 5: Ligação a clientes através de uma rede subterrânea.....	9
Figura 6: Passagem de uma linha aérea de MT .....	10
Figura 7: Esquema de diferentes tipos de apoios.....	11
Figura 8: Isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio .....	12
Figura 9: Cabo de guarda e condutores em apoios de MT, sujeitos a defeito .....	13
Figura 10: Estrutura topológica da rede de energia eléctrica .....	16
Figura 11: Ligação do neutro à terra para um armário de distribuição .....	17
Figura 8: Esquema eléctrico da ligação do transformador com os dispositivos de protecção.....	48

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões médias das casas do tipo 1 do bairro de Mungassa .....	27
Tabela 2: Dimensões médias das casas do tipo 2 do bairro de Mungassa .....	28
Tabela 3: Dimensões médias das casas do tipo 3 do bairro de Mungassa .....	30
Tabela 4: Orçamento da implementação do projecto .....	52

# Capítulo 1

## Descrição e Enquadramento do Estudo

### 1.1. Introdução

Os sistemas eléctricos de potência têm a função de fornecer energia eléctrica aos usuários, com qualidade adequada, no instante em que for solicitada. Estes podem ser divididos em três grandes grupos:

Geração – que tem a função de converter alguma forma de energia em energia eléctrica.

Transmissão – que é responsável pelo transporte de energia eléctrica dos centros de produção aos centros de consumo.

Distribuição – que distribui a energia eléctrica recebida do sistema de transmissão aos grandes, médios e pequenos consumidores.

A EDM-Beira é uma empresa dedicada a prestação de serviços na área eléctrica, tendo como área de negócio a instalação e a manutenção de infraestruturas de distribuição de energia eléctrica de média e baixa tensão. Por isso o presente trabalho trata apenas da etapa de distribuição, especificamente no bairro de Mungassa, distrito da Beira, província de Sofala. Esta etapa é o passo final no fornecimento de energia eléctrica e tem como finalidade o rebaixamento da tensão oriunda do sistema de transmissão.

O sistema de distribuição é bem mais extenso e ramificado que o de transmissão, pois seu grande objectivo é entregar a energia ao consumidor final, sendo ele indústrias ou residências. A rede de distribuição primária transporta média tensão, atendendo grandes empresas e indústrias. Já a rede de distribuição secundária, após a rede primária passa por transformadores localizados em postes da rede eléctrica, transporta baixa tensão, para atender residências, pequenos comércios e iluminação pública.

## **1.2. Formulação do Problema**

A energia eléctrica é um elemento muito importante nos dias actuais, pois ela proporciona o conforto, bem-estar e segurança para a sociedade.

Cada vez mais a energia eléctrica é fundamental para a sociedade pois estamos rodeados de equipamentos e dispositivos eléctricos ou electrónicos que contribuem para nossa qualidade de vida, como por exemplo, computador, televisão, climatizador, entre outros inúmeros aparelhos utilizados no quotidiano da sociedade actual. Com o passar dos anos o avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de novos equipamentos que facilitam a vida do ser humano e ao mesmo tempo a tornam mais dependentes desses equipamentos. Praticamente todas as actividades realizadas pelo homem utiliza um aparelho que necessite de energia para o seu funcionamento e, caso não utilize energia para funcionar, possivelmente foi necessária energia para fabricá-los.

O bairro de Mungassa, situado no distrito da Beira, na província de Sofala, é uma zona económica em via de desenvolvimento, porém sem uma rede de distribuição de energia eléctrica para suprir as necessidades anteriormente referidas.

## **1.3. Justificativa**

Sendo que a energia eléctrica, actualmente, é de extrema importância para a sobrevivência e desenvolvimento da sociedade, torna-se, portanto, indispensável a predominância dela nos diversos pontos do país. Por isso, este trabalho terá como justificativa contribuir para este desenvolvimento, dimensionando uma rede de distribuição para esse bairro, para que seja aplicada com a intenção de proporcionar melhorias na qualidade de vida e de trabalho nesse bairro, fornecendo um material sólido ao assunto.

Portanto, este projecto está inserido nos esforços que a empresa EDM encontra-se a realizar visando melhorar a qualidade de energia eléctrica que fornece aos seus clientes e também estender a rede eléctrica de distribuição em novas zonas habitacionais.

## 1.4. Objectivos

### 1.4.1. Objectivo geral

- Dimensionar uma rede eléctrica de distribuição para o bairro Mungassa, no distrito da Beira, na província de Sofala, com vista a melhorar a qualidade de fornecimento de energia, a fim de colocar à disposição dos novos moradores a potência eléctrica que poderá contratar à EDM, sem quaisquer inconvenientes.

### 1.4.2. Objectivos específicos

- Calcular a potência a se instalar no transformador que irá alimentar o bairro;
- Dimensionar os cabos condutores que irão distribuir a energia aos consumidores;
- Dimensionar os dispositivos de protecção e os demais componentes da rede eléctrica;
- Fazer a estimativa de custo para o projecto.

## 1.5. Metodologia

Para a elaboração deste projecto serão aplicadas duas metodologias:

- **Revisão bibliográfica:** tornar-se-á fundamental para a elaboração do projecto um estudo aprofundado acerca do tema, que consistirá em constantes leituras em manuais, regulamentos de Instalações Eléctricas, revistas, entre outros materiais já concluídos;
- **Pesquisa de campo:** consistirá em visitas ao bairro em que se pretende instalar a rede eléctrica, de modo a solicitar dados referentes ao comprimento das ruas para o posterior cálculo do número de postes e dos comprimentos dos vãos e dados referentes ao número e tipos de casas, de instituições públicas e de outros estabelecimentos do bairro, para que a partir destes se possa calcular a potência da rede de distribuição necessária para suprir a demanda.

# Capítulo 2

## Fundamentação Teórica

### 2.1. Generalidade sobre Sistema Eléctrico de Potência

Um SEP é um sistema interligado para distribuir electricidade dos produtores aos consumidores. É constituída de centrais de geração que produzem energia eléctrica, linhas de transmissão em alta tensão que transportam electricidade a partir das fontes distantes até aos centros de carga e as redes de distribuição que ligam consumidores individuais.

### 2.2. Redes Eléctricas de Distribuição

Rede eléctrica de distribuição é a rede que distribui a energia eléctrica recebida do sistema de transmissão aos grandes, médios e pequenos consumidores.

As redes eléctricas de Baixa Tensão (BT), comumente designadas de redes de distribuição em BT, são os elementos do sistema eléctrico que mais frequentemente estão sujeitos a modificações, seja pela necessidade de alimentação de novos clientes, planeamento a curto-prazo da rede ou ainda melhoramento da qualidade de serviço, trata-se de uma área de actuação em constante actualização.

O projecto de redes eléctricas é um problema complexo, quer a nível técnico como a nível social, devendo cumprir determinadas normas, leis, regulamentos e portarias impostas por legislação. Desta forma, este projecto obedece ao disposto no Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão (RSRDEEBT) e no Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de

Seccionamento (RSSPTS). Está assim garantida a segurança e qualidade de serviço, tanto na construção de linhas, como depois quando estas estiverem em funcionamento, contribuindo assim para a redução dos impactos que poderá trazer à sociedade.

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

A rede de distribuição de energia eléctrica de BT é composta por uma grande diversidade de elementos, onde cada um apresenta um objectivo específico que vai desde a canalização, passando pela aparelhagem de protecção.

As redes de distribuição de BT são normalmente constituídas por cinco condutores, onde quatro destinam-se à distribuição de energia e o quinto condutor, de secção mais reduzida em relação aos restantes, é reservado à iluminação pública.

De acordo com *w)* e *dd)* do artigo 1 do Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão, uma rede de distribuição em BT é uma “instalação eléctrica (em que o valor eficaz ou constante da tensão não exceda em corrente alternada 1000V ou em corrente contínua 1500V) destinada à transmissão de energia eléctrica a partir de um posto de transformação ou de uma central geradora até às portinholas, constituída por canalizações principais e ramais”.

Os valores típicos para as redes de baixa tensão em Moçambique são 380/220 V (trifásica e monofásica, respetivamente), segundo o número 5 do artigo 3 do RSRDEEBT.

### 2.2.1. Redes aéreas

Para as redes aéreas, muitas das vezes são utilizados cabos isolados com condutores de alumínio, agrupados em feixe cablado, denominados cabos torçados, apoiados em postes.

As vantagens das redes aéreas devem-se ao facto de serem uma alternativa às redes subterrâneas, cujo custo de instalação e manutenção é mais elevado. Porém, as redes subterrâneas apresentam uma maior fiabilidade, em relação às redes aéreas.



Figura 1: Rede aérea de BT em cabo torçado (Fonte: comum.rcaap.pt)

#### **Cabos em Torçada:**

Os traçados principais das redes BT são implementados através do uso dos condutores em torçada de alumínio, onde as secções dos condutores variam consoante a carga associada ao circuito e a distância das cargas a alimentar. As secções normalizadas são: LXS 4x25+16mm<sup>2</sup>, LXS 4x50+16mm<sup>2</sup>, LXS 4x70+16mm<sup>2</sup> e LXS 4x95+16mm<sup>2</sup>.



Figura 2: Condutor torçado (1 – alma condutora em alumínio, 2 – isolamento em polietileno reticulado) (Fonte: comum.rcaap.pt)

### **Ligação a clientes através da rede aérea:**

Este tipo de ligação tem a vantagem de ter custos de implementação mais baixos, mas apresenta a desvantagem de estar exposta a agentes externos (fenómenos climatéricos, queda de árvores, etc.) que põem em causa o bom funcionamento da rede. A Figura 3 representa a ligação a clientes a partir de uma rede aérea.

Este tipo de ligação à rede é realizado à vista, a altura regulamentar, através de condutores aéreos suportados em apoios de rede designados por postes, obedecendo a regras técnicas construtivas, a materiais normalizados e a normativos de segurança.

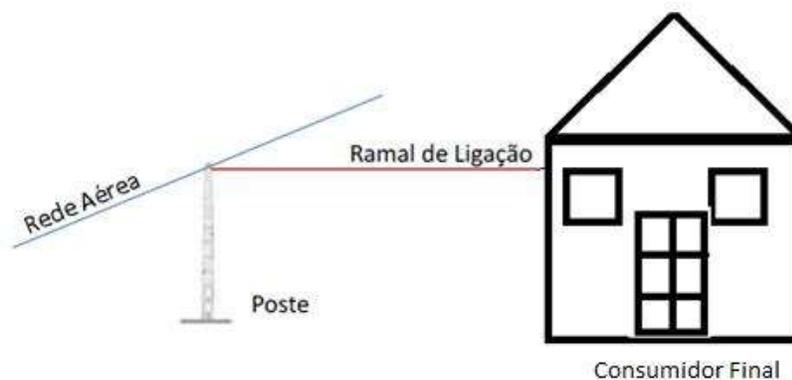


Figura 3: Ligação a clientes a partir de uma rede aérea (Fonte: comum.rcaap.pt)

### 2.2.2. Redes subterrâneas

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

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

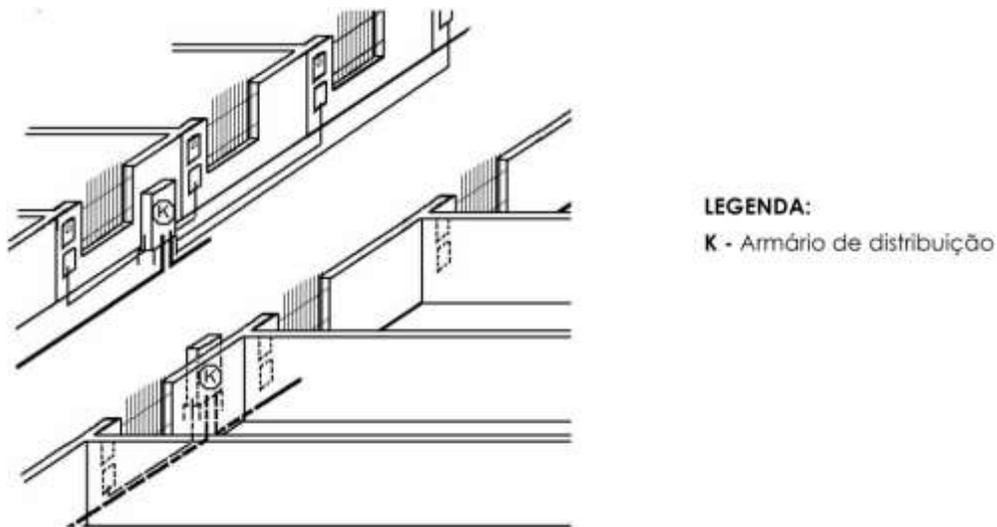


Figura 4: *Ligações a partir de rede subterrânea, construções dotadas de muro (Fonte: [comum.rcaap.pt](http://comum.rcaap.pt))*

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

O estabelecimento das redes subterrâneas está limitado a caminhos públicos, uma vez que não podem existir travessias em propriedades privadas. A Figura 5 representa uma ligação a clientes através de uma rede subterrânea.

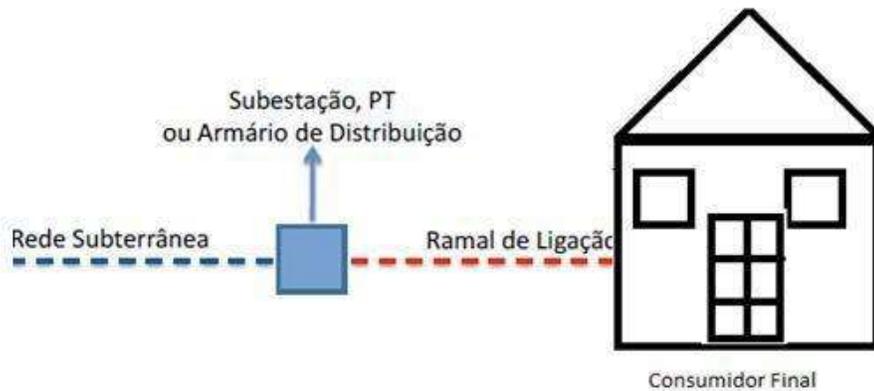


Figura 5: *Ligação a clientes através de uma rede subterrânea (Fonte: comum.rcaap.pt)*

## 2.3. Caracterização Genérica das Linhas de Distribuição

### 2.3.1. Linhas aéreas de MT e BT

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

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

A Figura 6 mostra a passagem de uma linha aérea de MT sobre um pórtico com dois apoios de betão.



Figura 6: *Passagem de uma linha aérea de MT (Fonte: comum.rcaap.pt)*

### **Condutores:**

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

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

### **Apoios (postes):**

Os apoios definem-se como sendo elementos cuja função é suportar os condutores, podendo ser metálicos, de betão armado ou de madeira. Regra geral, os apoios de BT são de betão ou em madeira. Um outro aspeto importante é a altura dos apoios sendo esta

variável, dependendo da topografia do terreno e dos obstáculos que a linha tenha a atravessar. Para isto, numa linha eléctrica, durante todo o seu percurso existem diferentes tipos de apoios com funções diferentes, como se pode observar na Figura 7:

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

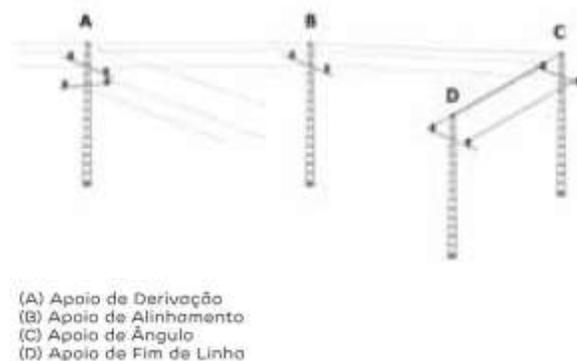


Figura 7: Esquema de diferentes tipos de apoios (Fonte: [comum.rcaap.pt](http://comum.rcaap.pt))

### **Isoladores:**

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

A Figura 8 apresenta vários isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio, com o isolador central em cadeia de suspensão, para evitar que o arco toque no apoio.



Figura 8: *Isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio (Fonte: comum.rcaap.pt)*

### **Cabos de guarda:**

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

A Figura 9 expõe um cabo de guarda e condutores em apoios de MT, sujeitos a uma descarga eléctrica ou defeito e, deste modo, os respectivos apoios adjacentes à linha em defeito, a fazer a respectiva descarga eléctrica à terra pelos mesmos apoios, originando várias correntes de curto-circuito (I<sub>cc</sub>). É possível verificar ainda que em linhas de MT onde não exista cabo de guarda, o defeito dispersa pelo vão do cabo condutor até aos apoios adjacentes, fazendo a descarga eléctrica à terra também pelos mesmos apoios, originando várias I<sub>cc</sub>.

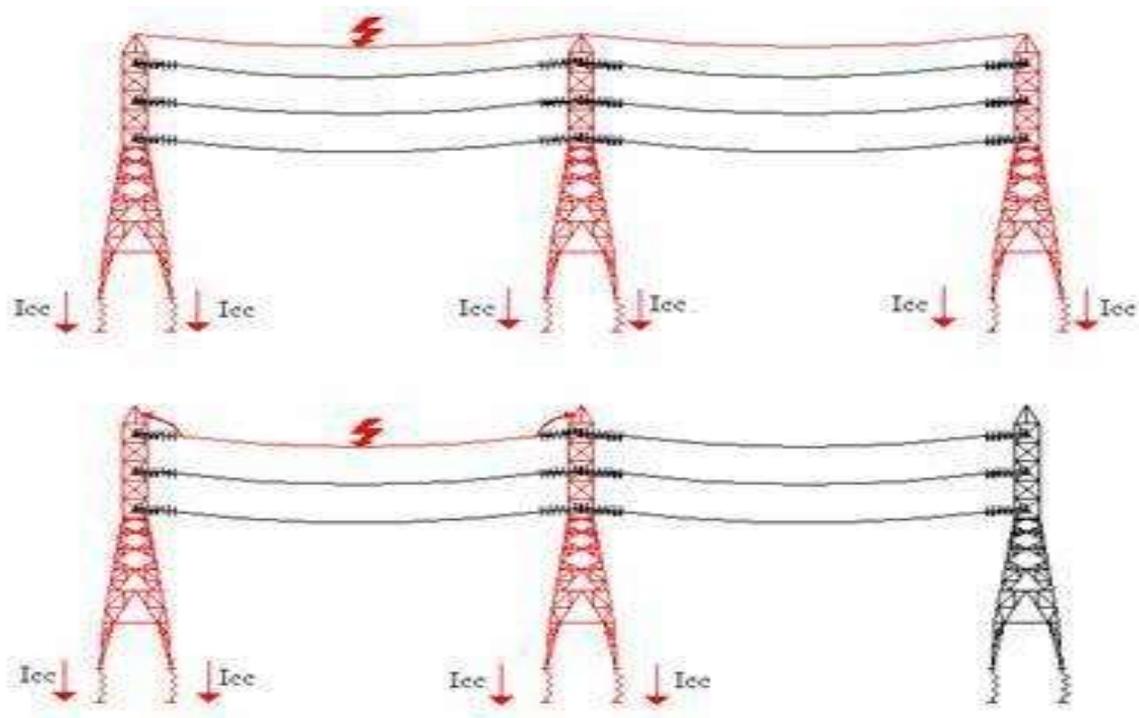


Figura 9: Cabo de guarda e condutores em apoios de MT, sujeitos a defeito  
(Fonte: [comum.rcaap.pt](http://comum.rcaap.pt))

## 2.4. Estrutura Topológica da Rede de Distribuição

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

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

- Rede radial;
- Rede malhada;

- Rede em anel com exploração radial.

#### **2.4.1. Rede radial**

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

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

#### **2.4.2. Rede malhada**

A rede malhada permite a alimentação de um mesmo ponto de rede, por mais que dois caminhos diferentes. A rede malhada apresenta uma topologia de maior fiabilidade em relação à rede radial, por apresentar várias configurações, que deverá tomar em caso de contingências dos equipamentos, com maior necessidade de investimento e manutenção, para as linhas devidamente dimensionadas. Este tipo de tipologia é aplicado, muitas

vezes, em redes de transporte. A sua principal característica baseia-se no facto de ter uma protecção associada nos extremos de cada linha.

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

### **2.4.3. Rede em anel com exploração radial**

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

Esta é a estrutura topológica da rede de distribuição de MT mais comum em áreas urbanas com elevada densidade de carga, pelo que se utilizam interruptores normalmente abertos, os quais podem ser fechados em caso de indisponibilidade de um troço de linha, com o objetivo de garantir a continuidade de serviço. A Figura 10 apresenta a estrutura topológica da rede de energia eléctrica: a) rede radial; b) rede malhada; c) rede em anel com exploração radial.

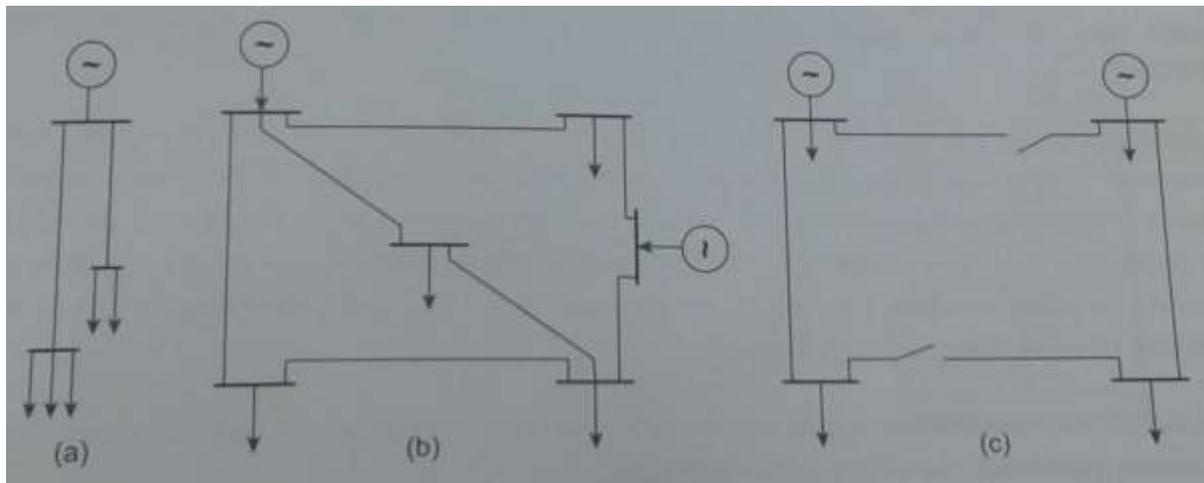


Figura 10: *Estrutura topológica da rede de energia eléctrica (Fonte: comum.rcaap.pt)*

## 2.5. Armários de Distribuição

Os armários de distribuição são usados como ponto de saída de alimentação das redes subterrâneas e a sua função é proteger e alimentar os circuitos da rede eléctrica que possuem. Estes possuem barramentos de cobre, onde são fixos os triblocos, onde são colocados os fusíveis para protecção dos circuitos de alimentação.

Para fazer as ligações entre armários de distribuição, a saída de um armário terá de ser equipada com triblocos e a entrada do armário seguinte terá de ser equipada com recurso a ligação a triblocos equipados com barras condutoras em vez de fusíveis, ou através da ligação a triblocos equipados com fusíveis.

Os armários serão ligados à terra através de condutores de terra ligados aos eléctrodos de terra (estes podem ser varetas de cobre enterradas, condutor em serpentina de cobre nu enterrado ou chapa de cobre nu enterrada). Todas as massas deverão ser ligadas ao

neutro e este à terra. Caso a rede existente não o permita, a ligação à terra das massas será independente da ligação do neutro.

O neutro deve ser ligado à terra em todos os armários de distribuição. A ligação do barramento de neutro dos armários de distribuição (com marcação PEN) ao eléctrodo de terra de protecção, deve ser realizada com recurso a cabo VV 1G35 mm<sup>2</sup>, com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela. A fixação e a ligação das tranças de cobre às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas.

A Figura 11 mostra um esquema de um armário de distribuição e uma imagem do mesmo, onde se visualiza a ligação do neutro à terra.

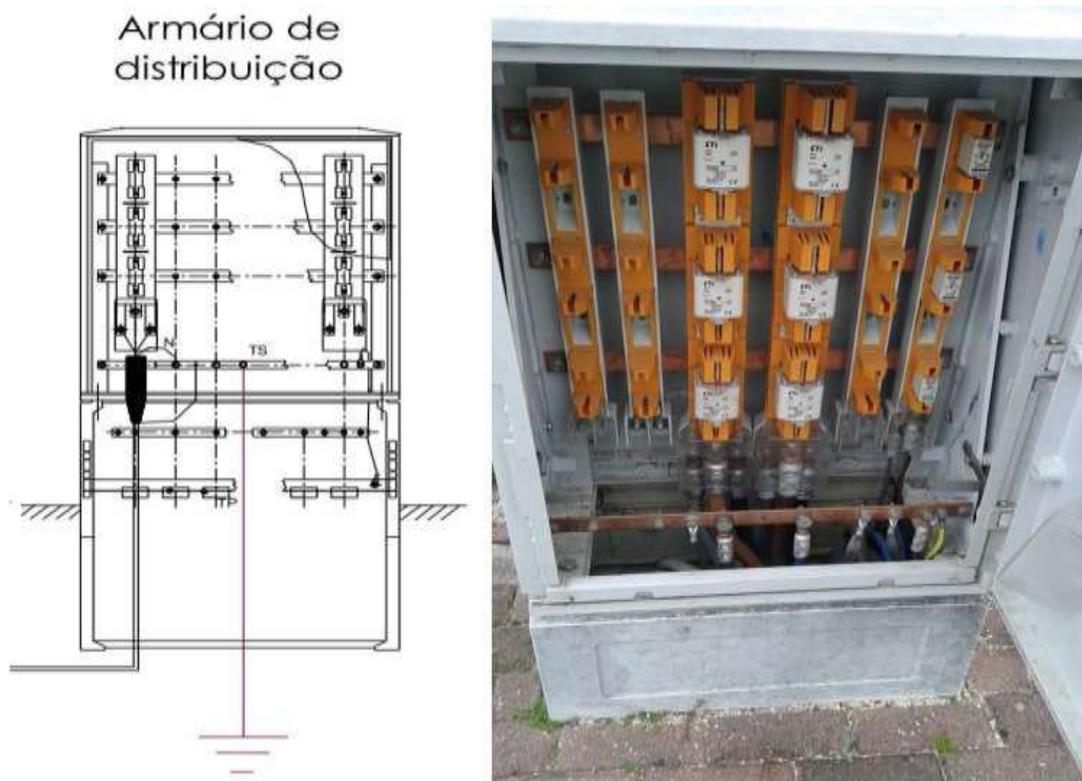


Figura 11: *Ligação do neutro à terra para um armário de distribuição (Fonte: comum.rcaap.pt)*

## Capítulo 3

### Dimensionamento do Projecto

#### 3.1. Posicionamento e Dimensionamento dos Postes (Apoios)

De acordo com o Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão (RSRDEEBT), os postes devem ser de aço, de betão armado ou pré-esforçado, de madeira ou de outros materiais de resistência mecânica adequada aprovados pelo Ministério da Energia. Os postes de madeira podem ser de pinho (*Pinus pinaster ail*) ou eucalipto tratado, sendo de excluir madeiras que, pelo seu comportamento, possam prejudicar a exploração das redes de distribuição.

Para as condições locais e ambientais do bairro de Mungassa, seria eficaz o uso de postes de betão armado e/ou de aço, pois há excessiva predominância de humidade em vários pontos do bairro, o que poderá contribuir para a deterioração dos postes de madeira. Porém os postes de madeira serão mais viáveis sob o ponto de vista económico do projecto porque eles são muito menos dispendiosos relativamente aos outros, e mais, eles apresentam maior facilidade de transporte devido os seus menores pesos, e por esses motivos optou-se pelos postes de madeira.

E também é possível proteger-se os apoios de madeira contra o apodrecimento embebendo todo o poste em óleo de alcatrão e pintando a parte inferior, até cerca de 30 cm acima do solo, com alcatrão ou qualquer induto contra bolor. Para aumentar a duração dos postes também se pode injectar sulfato de sódio ou creosote por perfurações laterais, a fim de substituir a seiva da madeira.

O castanho e outras madeiras duras, que também servem para postes, não necessitam tratamento contra a deterioração.

O topo do poste deve ser talhado em ponta ou em cavalete que pode pintar-se ou cobrir-se com carapuçó, para evitar a infiltração de água na madeira.

Para o nosso projecto, implantaremos os postes directamente no solo e, para este caso, de acordo com o regulamento, a profundidade mínima de enterramento em metros deverá ser igual a  $0,1H+0,5$ , sendo  $H$  a altura total do poste.

De acordo com o artigo 73 do RSRDEEBT, nas travessias aéreas de estradas, ruas ou caminhos, públicos ou particulares, com trânsito de veículos automóveis ou de tracção animal, a distância dos condutores ao solo não deve ser inferior a 6 m e, nas travessias aéreas de autoestradas, a distância referida anteriormente não deve ser inferior a 7 m. Para o nosso projecto, trata-se do primeiro caso, ou seja, a distância mínima é 6 m.

Usaremos, na Rede de Baixa Tensão (RBT), postes de 9 m. Segundo a fórmula supracitada, para esta altura teremos uma profundidade mínima de  $h = 0,1 \times 9 + 0,5 = 1,4$  m, porém para não estar muito no limite vamos usar uma profundidade 1,5 m, deixando um comprimento de  $9-1,5=7,5$  m acima do solo. Já na Rede de Média Tensão (RMT), usaremos postes de 12,25 m, o que nos conduz a uma profundidade mínima de enterramento igual a  $h = 0,1 \times 12,25 + 0,5 = 1,725$  m. Usaremos deste modo uma profundidade de 2 m, tendo assim uma altura do poste acima do solo de  $12,25-2=10,25$  m.

Os postes de madeira são, em regra, implantados directamente no solo, atacados simplesmente com pedra solta, recomendando-se a colocação de uma coroa de pedras duras de dimensões convenientes na base do poste e de outra no terço superior da escavação, devendo a altura destas coroas ser aproximadamente igual ao diâmetro do

poste. No caso de postes implantados em terreno particularmente mole, pode ser necessário colocar mais de 2 coroas de pedras ou adoptar outros meios destinados a evitar que as pressões sobre as pedras e o fundo da escavação ultrapassem o limite admissível. Os postes de madeira podem ser fixados a bases de betão, as quais devem sobressair um pouco do solo e ter uma forma que facilite o escoamento da água, devendo a fixação do poste na respectiva base ser feita de modo a manter o poste afastado do solo, com o fim de preservar a madeira da humidade do solo e da acumulação das águas. O encastramento de postes de madeira directamente em maciços de betão pode fazer-se desde que a distância entre a parte superior do maciço e a superfície do solo não seja inferior a 0,5 m.

### 3.1.1. Vãos e flechas

Designa-se por **vão** (ou comprimento de vão) de uma linha aérea, a distância entre dois apoios vizinhos. **Flecha** é a distância vertical entre o ponto mais baixo do condutor e a recta que passa pelos pontos de apoio.

Os vãos e flechas são calculados tendo em conta os esforços que as linhas terão de suportar, por forma a não se exceder certo valor de tracção. Quanto maior for o vão e menor a flecha, maior será o esforço de tracção de linha. É claro que as flechas também não se podem deixar demasiadamente grandes, para que não ocasionem contactos entre os condutores em dias de grande ventania.

No cálculo de flechas é preciso ter em conta que os condutores alongam ou encurtam com o aumento ou diminuição de temperatura, respectivamente. Assim, se a linha for montada no inverno será deixada com menor flecha, atendendo a que alongará no verão.

Do artigo 38 do Regulamento, nas redes de distribuição, os vãos não devem, em regra, exceder os valores seguintes:

- Dentro de povoações ou aglomerados populacionais em zonas com consumidores não dispersos: 50 m;
- Dentro de povoações ou aglomerados populacionais em zonas com consumidores dispersos: 90 m;
- Fora de povoações ou aglomerados populacionais: 90 m.

Para este projecto, na rede de Baixa Tensão (BT) foram considerados vãos de 40 m, com excepção dos seguintes:

- Vãos entre os postes 1 e 2 (17,67 m) e 2 e 3 (25,16 m), pois deviam ter esses comprimentos para facilitar a derivação da linha que passa pela rua 2;
- Vão entre os postes 7 e 8 (26,32 m), para facilitar a derivação da linha que passa pela rua 6;
- Vão entre os postes 10 e 11 (21,95 m), para facilitar a derivação da linha que passa pela rua 5;
- Vão entre os postes 13 e 14 (20,24 m), para facilitar a ramificação da linha que passa pela rua 4;
- Vão entre os postes 17 e 18 (45 m), pois se considerássemos 40 m, a ramificação da linha que passa pela rua 3, passaria antes cobrindo uma parte do quarteirão 5. Então preferiu-se exceder os 40 m, porém considerando um comprimento ainda dentro das normas ( $45 \leq 50$ ). Utilizando este vão, a ramificação da linha que passa pela rua 3 ainda cobre uma parte do quarteirão 5, mas não há como fazer melhor porque se excedêssemos esse comprimento para um valor acima de 50 m, o dimensionamento ficaria fora das normas, e se excedêssemos para um comprimento abaixo de 50 m, o poste 18 estaria na entrada da rua 3 impedindo a

passagem livre de pessoas e veículos. Então optou-se em 45 m, até porque a parte do quarteirão que a linha vai cobrir será muito pequena;

- Vão entre os postes 18 e 19 (45 m), pois se considerássemos vão de 40 m, o poste 19, que é o último apoio da rua 2, ficaria muito distante da extremidade da rua 2 correspondente a este apoio;
- Vão entre os postes 23 e 24 (30 m), pois é o comprimento que sobra da rua 3, começando com a marcação a partir do poste 20;
- Vão entre os postes 35 e 36 (27,8 m), pois é o que sobra do primeiro troço da rua 5, começando com a marcação a partir do poste 11;
- Vão entre os postes 37 e 38 (45 m), pois se considerássemos vão de 40 m, o poste 38, que é o último apoio da rua 5, ficaria muito distante da extremidade dessa rua correspondente a este poste;
- Vão entre os postes 3 e 49 (34,88 m), para facilitar a derivação da linha que passa pela rua 12;
- Vão entre os postes 55 e 56 (37,1 m), para facilitar a ramificação da linha que passa pela rua 7;
- Vão entre os postes 61 e 62 (35,07 m), para facilitar a ramificação da linha que passa pela rua 8;
- Vão entre os postes 65 e 66 (29 m), para facilitar a derivação da linha que passa pela rua 9;
- Vão entre os postes 69 e 70 (34,1 m), pois é o que sobra da rua 8, começando com a marcação a partir do poste 66.

Na rede de Média Tensão (MT) foram considerados vãos de 80 m, com exceção apenas do último vão, com a contagem partindo de onde encontra-se instalado o transformador de potência. Fez-se o seccionamento da nossa linha de MT no PTS do

Instituto Politécnico Médio Profissional Missão Educar, que dista 1010 m (aproximadamente 1 km) do nosso PT, na direcção da rua 1.

Dividindo o comprimento total da linha pelo comprimento de cada vão, temos:

$1010/80 = 12,625$ . Isto leva-nos a concluir que teremos, na rede de média tensão (MT) um total de 13 vãos, dos quais os 12 primeiros serão vãos de 80 m e o último será um vão de  $1010 - 12 \times 80 = 50$  m. O número de postes da linha de média tensão (MT) será igual a 15, onde 2 estarão exactamente no local onde o PT será instalado e os restantes 13 estarão em cada final de um vão.

### 3.1.2. Diferentes tipos de apoios segundo suas funções

Os apoios não se classificam apenas segundo o material construtivo (de madeira, de betão ou metálico), mas também segundo as suas funções:

- Apoio de derivação: apoio onde se estabelecem uma ou mais derivações de linha. No nosso projecto, temos para esse caso os apoios 3, 8, 11, 14, 18, 49, 56, 62, 66, 70 e o último apoio da linha de MT. Nestes usaremos estruturas do tipo DT1.
- Apoio de alinhamento: apoio onde se estabelece que os dois vãos adjacentes estão no prolongamento um do outro. No nosso projecto, na rede de BT, temos os apoios de 4 a 7, apoios 9, 10, 12, 13, de 15 a 17, de 21 a 23, de 25 a 32, apoios 34, 35, 37, de 39 a 47, de 50 a 55, apoios 57, 58, 60, 61, 63, 65, 67, 69, 71, 74, 75 e de 77 a 80; e na rede de MT teremos 12 apoios, ou seja, todos com excepção dos dois primeiros e do último. Nestes postes usaremos estruturas do tipo DS1.

- Apoio de ângulo: apoio situado num ângulo de linha originado por dois alinhamentos diferentes. Para o nosso projecto, temos os apoios 2, 20, 36 e 73. Estes apoios, por sua vez, podem ser de ângulo pequeno (quando o menor ângulo formado pelos dois alinhamentos adjacentes ao poste está entre  $0^\circ$  e  $10^\circ$ ), de ângulo médio (quando o menor ângulo formado pelos dois alinhamentos adjacentes ao apoio está entre  $10^\circ$  e  $60^\circ$ ) e de ângulo acentuado (quando o menor ângulo formado pelos dois alinhamentos adjacentes ao poste está entre  $60^\circ$  e  $90^\circ$ ). Para o primeiro caso usaremos estruturas do tipo DL1 e no nosso projecto temos o apoio 73 (de  $3^\circ$ ); para o segundo caso usaremos estruturas do tipo DA1 e no projecto temos os apoios 2 (de  $38^\circ$ ) e 20 (de  $18^\circ$ ); e para o terceiro caso usaremos estruturas do tipo DA2 e no nosso projecto temos o apoio 36 (de  $77^\circ$ ).
- Apoio de fim de linha: apoio capaz de suportar o esforço total dos condutores de um só lado da linha. No nosso projecto, temos os apoios 1, 19, 24, 33, 38, 48, 59, 64, 68, 72, 76, 81 e os dois primeiros apoios da linha MT. Nestes apoios usaremos estruturas do tipo DE1.

Então, para a execução desse projecto, precisamos de 11 apoios de derivação (10 na RBT e 1 na RMT), 67 apoios de alinhamento (55 na RBT e 12 na RMT), 4 apoios de ângulo (todos na RBT) e 14 apoios de fim de linha (12 na RBT e 2 na RMT), o que corresponde a 96 apoios no total (81 na RBT e 15 na RMT).

Na RBT, para o suporte dos cabos condutores, usaremos pinças de amarração em todos os postes de estruturas DA1, DA2, DE1 e DT1, precisando assim de 25 pinças de amarração, e pinças de suspensão nos postes de estruturas DL1 e DS1, precisando assim de 56 pinças de suspensão. E para o suporte dessas pinças usaremos os ganchos M16.

Na RMT usaremos isoladores polimétricos nos apoios de estruturas do tipo DE1 e DT1, precisando assim de 6 isoladores polimétricos (3 na estrutura DT1 e 3 nas duas estruturas DE1 que estão localizadas uma junta da outra, partilhando assim os mesmos isoladores) e usaremos isoladores horizontais STV nas estruturas DS1, precisando assim de 36 isoladores horizontais.

Podemos verificar todas as disposições dos apoios de BT, assim como os comprimentos dos vãos, no mapa de electrificação do bairro, desenhado no *AutoCAD Electrical 2022*, que se encontra no anexo 1.

## **3.2. Cálculo da Carga Requerida**

### **3.2.1. Cálculo da carga das casas**

Segundo o comentário 1 do artigo 435 do Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica (RSIUEE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 740/74, de 26 de Dezembro, recomenda-se que as instalações de utilização a estabelecer em locais residenciais ou de uso profissional sejam dimensionadas com base nos valores mínimos seguintes:

- a) para instalações de iluminação e tomadas para usos gerais: 25 VA/m<sup>2</sup>;
- b) para instalações, fixas ou não, de climatização ambiente eléctrica: 80 VA/m<sup>2</sup>.

Segundo o disposto em 803.2.4.3.1 das Regras Técnicas PARTE 5 / Secção 51 (Edição de 2000), para o cálculo das instalações colectivas e entradas, não devem ser consideradas, para as instalações eléctricas (de utilização) em locais de habitação, potências nominais inferiores às seguintes:

- 3,45 kVA, em monofásico (15 A, em 230 V), em locais de 1 compartimento;
- 6,9 kVA, em monofásico (30 A, em 230 V), em locais de 2 a 6 compartimentos;
- 10,35 kVA, em monofásico (45 A, em 230 V), em locais com mais de 6 compartimentos.

No caso de instalações com receptores trifásicos, as alimentações devem ser trifásicas e o valor mínimo das potências a considerar no dimensionamento deve ser: 10,35 kVA, em trifásico (15 A, em 400V).

Considerando uma de 380/220 V, os valores das potências mínimas a considerar no dimensionamento serão:

- 3,3 kVA, em monofásico (15 A), em locais de 1 compartimento;
- 6,6 kVA, em monofásico (30 A), em locais de 2 a 6 compartimentos;
- 9,9 kVA, em monofásico (45 A), em locais com mais de 6 compartimentos;
- 9,9 kVA, em trifásico (15 A), para instalações com receptores trifásicos.

De chamar a atenção que na contagem de compartimentos apenas devem ser considerados os que tenham área superior a 4 m<sup>2</sup>, excluídas as cozinhas, as casas de banho e os corredores (esta nota também está patente no número 2 do artigo 435 do RSIUEE).

Para o nosso projecto, consideraremos instalações monofásicas em todas as casas.

## Casas T1:

Considerando que cada casa do tipo 1 no bairro de Mungassa tenha, em média, um quarto, uma sala e uma casa de banho com as seguintes dimensões:

Tabela 1: *Dimensões médias das casas do tipo 1 do bairro de Mungassa (Fonte: O autor)*

Compartimento	Utilização	Comprimento (m)	Largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )
1	Sala	3	2	6
2	Quarto	3	2	6
3	WC	2	1,5	3
	<b>Total</b>			<b>15</b>

Então elas possuem 2 compartimentos principais (o 1 e o 2); o compartimento 3 é excluído, primeiro por apresentar uma área de 3 m<sup>2</sup> (menor que 4 m<sup>2</sup>), segundo por ser casa de banho. Portanto, para esse número de compartimentos, vamos considerar uma carga mínima de 6,6 kVA.

Para casas do tipo 1 apenas consideraremos instalações de iluminação e tomadas de uso geral (TUGs). Sendo assim, temos a seguinte carga:  $S' = 25 \times (6 + 6) = 300 \text{ VA}$

Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência a instalar:  $S_{insT1} = S' \times F_U \times F_S = 300 \times 1 \times 0,9 = 270 \text{ VA}$

O bairro tem 34 casas tipo 1 (8 no quarteirão 1, 6 no quarteirão 2, 6 no quarteirão 3, 3 no quarteirão 4, 1 no quarteirão 6, 1 no quarteirão 8, 4 no quarteirão 10 e 5 no quarteirão 11), logo:

$$S_{\text{casasT1}} = 34 \times 270 = 9180 \text{ VA} = 9,18 \text{ kVA}.$$

Esta carga é maior que a carga mínima a que deve se considerar (6,6 kVA), então vamos dimensionar a rede de modo que atenda uma carga referente a casas tipo 1 de 9,18 kVA.

### **Casas T2:**

Considerando que cada casa do tipo 2 no bairro tenha, em média, os seguintes compartimentos com as seguintes dimensões:

Tabela 2: *Dimensões médias das casas do tipo 2 do bairro de Mungassa (Fonte: O autor)*

<b>Compartimento</b>	<b>Utilização</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
1	Sala	3	3	9
2	Quarto 1	3	2	6
3	Quarto 2	3	2	6
4	Cozinha	2,5	2	5
5	WC	2	1,5	3
	<b>Total</b>			<b>29</b>

Então elas possuem 3 compartimentos principais (o 1, o 2 e o 3). O compartimento 5 é excluído, primeiro por apresentar uma área menor que  $4 \text{ m}^2$ , segundo por ser WC. Já o compartimento 4, embora apresente área maior do que  $4 \text{ m}^2$ , ele é excluído por ser cozinha. Portanto, para esse número de compartimentos principais (3), também vamos considerar uma carga mínima de 6,6 kVA.

Para casas do tipo 2 não só consideraremos instalações de iluminação e tomadas de uso geral (TUGs), mas também instalações de climatização e instalações para cozinhas eléctricas.

Sendo assim, para circuitos de iluminação e de tomadas teremos a seguinte potência:  $S' = 25 \times (9 + 6 + 6) = 525 \text{ VA}$ . Considerando factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência instalada:  $S_{IT} = S' \times F_U \times F_S = 525 \times 1 \times 0,9 = 472,5 \text{ VA}$ .

Para circuitos de climatização, consideraremos que temos um aparelho de ar-condicionado na sala e um no quarto principal, deste modo, teremos a seguinte carga:  $S' = 80 \times (9 + 6) = 1200 \text{ VA}$ . Considerando factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência a instalar:  $S_{Cl} = S' \times F_U \times F_S = 1200 \times 0,75 \times 0,8 = 720 \text{ VA}$ .

A potência a se considerar para uma cozinha eléctrica em habitações até 3 divisões (T2) é de:  $S' = 3 \text{ kVA} = 3000 \text{ VA}$ . Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência a instalar:  $S_{Coz} = S' \times F_U \times F_S = 3000 \times 1 \times 0,7 = 2100 \text{ VA}$ .

Então a potência total a instalar vai ser igual a:  $S_{inst2} = S_{IT} + S_{Cl} + S_{Coz} = 3292,5 \text{ VA}$ .

Olhando para a realidade financeira do bairro, pequena parte das casas (menos da metade) é que terá todos os equipamentos acima considerados nos cálculos, pois estes equipamentos exigem elevados custos para a sua aquisição. E no universo das casas que tiverem, uma outra pequena parte é que vai fazer o uso constante destes, pois isto requer elevados custos de energia. Considerando esses aspectos, para não termos desnecessariamente um transformador muito grande e com isso um elevado custo no

orçamento do projecto, como projectista adoptei um factor multiplicativo de 0,5 ao cálculo da carga total requerida pelas casas desse tipo. Sendo assim, o bairro possui 47 casas tipo 2 (6 no quarteirão 1, 7 no quarteirão 2, 7 no quarteirão 3, 4 no quarteirão 4, 2 no quarteirão 5, 9 no quarteirão 7, 3 no quarteirão 8, 3 no quarteirão 9, 4 no quarteirão 10 e 2 no quarteirão 11), logo, a carga requerida por esse conjunto vai ser:

$$S_{\text{casasT2}} = 0,5 \times 47 \times 3292,5 = 77373,75 \text{ VA} = 77,37 \text{ kVA}.$$

Esta carga é maior que a carga mínima a que deve ser considerada (6,6 kVA), então vamos dimensionar a rede de modo que atenda uma carga referente a casas do tipo 2 de 77,37 kVA.

### **Casas T3:**

Considerando que cada casa do tipo 3 no bairro tenha, em média, os seguintes compartimentos com as seguintes dimensões:

Tabela 3: *Dimensões médias das casas do tipo 3 do bairro de Mungassa (Fonte: O autor)*

<b>Compartimento</b>	<b>Utilização</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
1	Sala de estar	3	2,5	7,5
2	Sala de jantar	3	2	6
3	Quarto 1	3	2	6
4	Quarto 2	3	2	6
5	Quarto 3	3	2	6

6	Suíte	3	2,5	7,5
7	WC-suíte	2	1,5	3
8	WC	2	1,5	3
9	Cozinha	2,5	2	5
10	Varanda	4	2	8
	<b>Total</b>			<b>58</b>

Então elas possuem 7 compartimentos principais (compartimentos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 10); os compartimentos 7, 8 e 9 serão excluídos por razões já conhecidas. Portanto, para esse número de compartimentos principais (7), consideraremos uma carga mínima igual a 9,9 kVA.

Para casas do tipo 3 consideraremos instalações de iluminação e TUG, instalações de climatização, instalações para cozinhas eléctricas, instalações de aquecimento e instalações para máquinas de lavar e/ou secar.

Sendo assim, para circuitos de iluminação e de tomadas teremos a seguinte potência:  $S' = 25 \times (7,5 + 6 + 6 + 6 + 6 + 7,5 + 8) = 1175 \text{ VA}$ . Considerando, de seguida, os factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência por ser instalada:  $S_{IT} = S' \times F_U \times F_S = 1175 \times 1 \times 0,9 = 1057,5 \text{ VA}$ .

Para climatização, consideraremos um ar-condicionado na sala de estar e um no quarto suíte, tendo a seguinte carga:  $S' = 80 \times (7,5 + 7,5) = 1200 \text{ VA}$ . Considerando factores de utilização e de simultaneidade, teremos a seguinte potência instalada:

$$S_{Cl} = S' \times F_U \times F_S = 1200 \times 0,75 \times 0,8 = 720 \text{ VA}$$

A potência unitária a se considerar para cozinha eléctrica em habitações com mais de 5 divisões é:  $S' = 8 \text{ kVA} = 8000 \text{ VA}$ . Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte carga:  $S_{Coz} = S' \times F_U \times F_S = 8000 \times 1 \times 0,7 = 5600 \text{ VA}$ .

A potência unitária que se considera para uma máquina de lavar e/ou secar é igual a  $S' = 3,3 \text{ kVA} = 3300 \text{ VA}$ . Considerando os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência:  $S_{Maq} = S' \times F_U \times F_S = 3300 \times 0,75 \times 1 = 2475 \text{ VA}$ .

Em habitações com 5 ou mais compartimentos, para o aquecimento eléctrico de água, considera-se uma potência unitária de 3 kVA. Considerando 1 chuveiro eléctrico no WC geral, temos então uma carga de  $S' = 3 \text{ kVA} = 6000 \text{ VA}$ . Considerando agora os factores de utilização e de simultaneidade, temos a seguinte potência:  $S_{Aq} = S' \times F_U \times F_S = 3000 \times 1 \times 0,9 = 2700 \text{ VA}$ .

Então a potência total a instalar é:  $S_{insT3} = S_{IT} + S_{Cl} + S_{Coz} + S_{Maq} + S_{Aq} = 12552,5 \text{ VA}$ .

Analisando a realidade financeira do bairro, muito pequena parte das casas (menos da metade) é que terá todos os equipamentos considerados nos cálculos acima, porque estes equipamentos exigem elevados custos para a sua aquisição ou compra. E no universo das casas que tiverem, uma outra pequena parte é que vai utilizar frequentemente estes equipamentos, pois isto requer elevados custos de energia. Considerando esses pontos, para não termos desnecessariamente um transformador de grande potência e consequentemente um elevado custo no orçamento, como projectista adoptei um factor multiplicativo de 0,4 ao cálculo da carga requerida por esse conjunto de casas. Sendo que o bairro possui 36 casas tipo 3 (6 no quarteirão 1, 7 no quarteirão 2, 11 no quarteirão 3, 4 no quarteirão 4, 1 no quarteirão 5, 2 no quarteirão 6, 1 no quarteirão 8, 1 no quarteirão 9 e 3 no quarteirão 11), a carga requerida por esse conjunto de casas vai ser:

$$S_{casasT3} = 0,4 \times 36 \times 12552,5 = 180756 \text{ VA} = 180,76 \text{ kVA}.$$

Esta carga é maior que a carga mínima considerada (9,9 kVA), então vamos dimensionar a rede de modo que atenda uma carga de 180,76 kVA referente a casas do tipo 3.

### **Todas as casas:**

Para ter a carga total requerida pelas casas do bairro, basta somar as cargas calculadas para cada tipo de casa. Porém, logicamente, há que considerar que daqui a alguns anos surgirão mais cargas no bairro, até porque é muito importante aqui fazer essa previsão visto que no bairro ainda contém muita área vazia (quase metade da área já preenchida), então com base neste ponto e com o histórico dado do bairro, como projectista, convencionei uma taxa de crescimento anual de 10% no cálculo da carga total das casas, tendo assim:

$$S_{casas} = F_{crescimento} \times (S_{casasT1} + S_{casasT2} + S_{casasT3}) = 1,25(9,18 + 77,37 + 180,76) = 1,1 \times 267,31$$

$$S_{casas} = 294,04 \approx 294 \text{ kVA}$$

### **3.2.2. Cálculo da carga da iluminação pública**

Actualmente o consumo da energia eléctrica devido a iluminação artificial é bastante representativo. Assim são desenvolvidas pesquisas na área de fontes de iluminação mais eficientes do que as lâmpadas incandescentes, como as lâmpadas de vapor de sódio, que são em média 8 vezes mais económicas e têm vida útil 10 vezes maior que as incandescentes. São utilizadas na iluminação de parques, ruas, rodovias e faixadas de prédios e monumentos. Dadas estas vantagens e aplicações, optei por usar lâmpadas de vapor de sódio à alta pressão no projecto em questão, para a iluminação pública do bairro de Mungassa.

Porém, essas lâmpadas apresentam uma variação negativa de impedância necessitando de dispositivos que limitam a passagem de corrente para evitar danos às mesmas e que gerem altas tensões para o seu ligamento. Estes dispositivos são os

reactores electrónicos, que para além destas funções, aumentam a vida útil das lâmpadas, a economia de energia e eficácia luminosa.

No anexo 2 temos uma tabela de lâmpadas de vapor de sódio à alta pressão e as perdas máximas nos seus respectivos reactores. Para o nosso projecto vamos usar lâmpadas de 250 W com reactores de 30 W na rua 1 e lâmpadas de 150 W com reactores de 22 W nas restantes.

As lâmpadas da rua 1 devem ser de maior potência porque essa rua possui maior largura que as demais e, por ser a rua principal, deve-se prever num futuro breve a construção de uma estrada alcatroada no percurso dela, o que trará maior tráfego de peões e veículos.

Na rua 1 temos os postes 1, 2 e 3 e os postes de 49 a 59. Então no total temos 14 postes, que corresponde a potência de  $14 \times (250 + 30) = 3920$  W.

Nas restantes ruas temos:

- 16 postes na rua 2 (P4 a P19);
- 5 postes na rua 3 (P20 a P24);
- 9 postes na rua 4 (P25 a P33);
- 5 postes na rua 5 (P34 a P38);
- 10 postes na rua 6 (P39 a P48);
- 5 postes na rua 7 (P60 a P64);
- 4 postes na rua 8 (P65, P66, P69 e P70);
- 2 postes na rua 9 (P67 e P68);

- 2 postes na rua 10 (P71 e P72);
- 4 postes na rua 11 (P73 a P76);
- 5 postes na rua 12 (P77 a P81).

Então no total temos 67 postes (esse número podia também ser achado pela diferença entre o número total de postes da RBT e o número de postes da rua 1, isto é, fazendo a operação  $81-14=67$ ) que corresponde a uma potência de  $67 \times (150+22)=11524$  W.

Teremos então como potência total da iluminação pública:  $P_{IP}=3,92+11,52=15,44$  kW.

A ficha técnica da Osrom das lâmpadas de 70 W, fornece-nos os seguintes dados eléctricos:  $P_n=70$  W,  $U_n=90$  V e  $I_n=0,97$  A. Podemos então calcular o seu factor de potência médio da seguinte maneira:

$$\cos\theta = \frac{P_n}{U_n I_n} = \frac{70}{90 \times 0,97} = 0,8$$

Considerando o mesmo factor de potência para as lâmpadas de 250 W, teremos então a carga da iluminação pública, em kVA:

$$S_{IP} = \frac{P_{IP}}{\cos\theta} = \frac{15,44}{0,8} = 19,3 \text{ kVA} \approx 19 \text{ kVA}$$

### 3.2.3. Cálculo da carga total solicitada pelo bairro de Mungassa

Obviamente, para termos a carga total requerida por este bairro, é necessário e suficiente acharmos a soma de todas as cargas calculadas anteriormente. Com isso, teremos:

$$S_{\text{bairro}} = S_{\text{casas}} + S_{IP}$$

$$S_{\text{bairro}} = 294 + 19$$

$$S_{\text{bairro}} = 313 \text{ kVA}$$

### 3.3. Posicionamento e Dimensionamento do Posto de Transformação

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

De acordo com a prática da EDM, existem 3 tipos construtivos de postos de transformação (PTs) mais usuais:

- PTs em poste de betão (Tipo B): destina-se fundamentalmente a alimentar pequenos consumidores com uma potência até 30 kVA;
- PTs em pórtico de madeira (Tipo M1): para consumidores com potência até 100 kVA;
- PTs assentes em base de alvenaria (Tipo M2): transformadores com peso superior a 1200 kg, ou no geral, com potência superior a 100 kVA.

Para o nosso caso, o PT será então do tipo M2, dada a potência do nosso transformador (315 kVA) e o seu peso (1300 kg). Pode-se observar este valor de peso e as demais dimensões do transformador no anexo 3. A altura da base de alvenaria foi calculada de forma que as partes acessíveis em tensão não fiquem a uma altura inferior a 2,5 m do solo, que é a distância mínima regulamentar para instalações exteriores protegidas. O nosso nível de tensão vai ser 22/0,4 kV (nível de tensão mais usado em Manica e Sofala), ligando então a nossa linha de MT à linha FL4 a partir do Posto de Transformação e Seccionamento do Instituto Politécnico Médio Profissional Missão Educar, que dista aproximadamente 1 km do poste 1, na direcção da rua 1. Note que o nosso transformador será montado no poste 1, como é mostrado no mapa de electrificação do bairro.

Para este tipo de PT, deverá ser construída uma vedação adequada em sua volta, que impeça a aproximação de pessoas da instalação, até uma determinada distância de segurança. Para determinação das dimensões da vedação, segundo o regulamento, a distância mínima entre a projecção horizontal das peças em tensão e a vedação deve ser de 2 m (para 22 kV), devendo a sua altura mínima ser de 1,8 m.

O quadro de baixa tensão será alojado na parte inferior da base de cimento que suporta o transformador, ficando assim igualmente protegido contra a intempérie.

### **3.4. Sistema de Aterramento**

#### **3.4.1. Terra de serviço**

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

Do artigo 13 do RSRDEEBT, as redes de distribuição devem funcionar com o neutro directamente ligado à terra.

A ligação do neutro à terra referida deve ser feita nos postos de transformação ou nas centrais geradoras, nas condições fixadas no Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento (RSSPTS). E além da ligação à terra prevista, devem ser efectuadas ligações à terra do neutro das redes de distribuição nos pontos singulares da rede (tais como de derivação de canalizações principais e de concentração de ramais) e em cada canalização principal, de forma que não haja troços superiores a 300 m sem que o neutro se encontre ligado à terra. Por questões de maior segurança ainda, a EDM recomenda uma distância máxima de 250 m e, considerando este critério de distância, para além do aterramento no transformador (no poste 1), também podemos ter aterramentos nos postes:

- 8 (que se distancia de P1 a 229,15 m);
- 15 (que dista a 242,19 m de P8);
- 29 (que dista de P15 a 240 m);
- 36 (que se distancia a 209,75 m de P8);
- 43 (localizado a 200 m de P8);
- 53 (localizado a 240,71 m de P1);
- 62 (que dista a 232,17 m de P53).

Assim como o nosso mapa ilustra, nos postes 19, 24, 33, 38, 48, 59, 64, 68, 72, 76 e 81 também vão existir aterramentos por estes serem postes de fim de linha de baixa tensão.

### **3.4.2. Terra de protecção**

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

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

Na RMT faremos aterramento das massas metálicas (geralmente cruzetas e travessas) em todos os apoios, pois os isoladores com o passar do tempo podem rachar-se devido a acção da natureza (ventos, descargas atmosféricas, etc) ou dos efeitos electrodinâmicos da corrente eléctrica, e se isso acontece eles deixam de exercer a sua função que é impedir a passagem da corrente do condutor ao apoio, ocasionando deste modo um perigo à segurança de pessoas, animais e bens. Tendo então um condutor de terra, vai escoar a corrente ao solo, evitando que este grande risco ocorra.

### **3.4.3. Protecção contra contactos indirectos**

Para que se assegure a protecção contra contactos indirectos devem ser tomadas as seguintes medidas: o neutro da rede de distribuição deve ser directamente ligado à terra e as massas das redes de distribuição devem ser ligadas ao neutro. O sistema de aterramento conseguido com a realização dessas medidas é chamado de Sistema TN.

No sistema TN, quando uma massa fica ocasionalmente sob tensão, é estabelecida uma malha de defeito e uma corrente de defeito que fará actuar uma protecção contra sobreintensidades.

Quando uma rede de distribuição alimenta instalações de utilização em que é adoptado o sistema de protecção TN (massas das instalações de utilização ligadas ao neutro), o condutor neutro da rede de distribuição deve ter secção superior. No caso geral, para as instalações de utilização é adoptado o sistema TT.

#### **3.4.4. Eléctrodos de terra**

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

Os eléctrodos deverão ser enterrados no solo a uma profundidade mínima de 0,8 m. Os elementos (hastes) que constituem o mesmo eléctrodo deverão distanciar-se uns dos outros 2 a 3 m. No nosso projecto, apenas usámos mais de uma haste no aterramento feito no neutro do transformador (onde utilizámos 3 hastes ou varões) e, optámos por separá-las entre si em 3 m. O número de elementos (varões) por eléctrodo depende da resistência do solo. O objectivo é atingir uma resistência de terra inferior a 20  $\Omega$ .

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

### 3.5. Dimensionamento dos Cabos e Condutores

Para o dimensionamento dos cabos e condutores, temos de calcular primeiro a corrente nominal de serviço, que será:

$$I_s = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times V_s} = \frac{315000}{\sqrt{3} \times 400} = 454,7 \text{ A} \quad (\text{Do lado do secundário do transformador, ou seja, RBT})$$

$$I_p = \frac{S_n}{\sqrt{3} \times V_p} = \frac{315000}{\sqrt{3} \times 22000} = 8,3 \text{ A} \quad (\text{Do lado do primário do transformador, ou seja, RMT})$$

Onde:

$I_s$  – é a corrente nominal secundária em A

$I_p$  – é a corrente nominal primária em A

$V_s$  – é a tensão nominal secundária entre duas fases em V

$V_p$  – é a tensão nominal primária entre duas fases em V

$S_n$  – é a potência aparente nominal do transformador em VA

#### 3.5.1. Cabos de BT que irão distribuir energia aos consumidores

Nas canalizações principais das redes de distribuição podem ser utilizados condutores nus, condutores isolados ou cabos, de acordo com o artigo 17 do RSRDEEBT. Na nossa rede de BT, escolheremos condutores isolados pelas seguintes vantagens:

- Melhora a estética (é menos poluente visualmente);
- Dificulta o furto (roubo), pois evita os ganchos pelo facto de ser isolado;

- Aumenta a segurança contra o choque eléctrico;
- Aumenta a vida útil do transformador, pois por ser isolado há diminuição de curto-circuitos na rede, evitando gastos desnecessários.

O cobre possui maior condutividade que o alumínio, porém, este último não deixa de ser um bom condutor e, pelo facto de o alumínio ser mais leve e mais barato que o cobre, o escolhemos para a distribuição de energia eléctrica aos consumidores. Se seleccionássemos condutores de cobre, não só teríamos desvantagens sob ponto de vista económico, mas também sob o ponto de vista de continuidade de serviço da rede, visto que correríamos bastante o risco de furtos dos condutores.

Visto que os barramentos do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) são de cobre, então usaremos uniões bimetálicas (Cu-Al) à sua saída.

Dentre os condutores de alumínio isolados, escolhemos os Cabos Aéreos em Torçada, frequentemente denominados condutores aéreos em torçada ou simplesmente ABC (*Aerial Bundled Cables*) do tipo LXS, que são cabos para alimentação por linhas aéreas de baixa tensão, assim designados por combinarem vários cabos unipolares. Com aplicações que incluem a distribuição temporária de energia à iluminação pública e cabos de serviço poste a poste secundários, são condutores leves de alumínio entrançado, tanto unipolares como multipolares. Esses cabos têm isolamento em polietileno reticulado (XLPE) oferecendo assim uma temperatura máxima para serviço contínuo de 90°C, temperatura limite de sobrecarga de 130°C e temperatura limite de curto-circuito de 250°C.

De acordo com o Catálogo da Alcobre para esses cabos, presente no anexo 4, vemos que os cabos de maior secção fabricados são os de 95 mm<sup>2</sup>, que suportam até uma corrente  $I_{adm}=230$  A. Logo, para a nossa corrente  $I_s=454,7$  A, teremos de usar dois cabos de 95 mm<sup>2</sup> tendo assim uma corrente máxima admissível de 460 A e só assim teremos a

satisfação do Critério da Capacidade de Condução de Corrente (ou simplesmente, Ampacidade).

De seguida, vamos verificar se essa secção satisfaz o Critério do Limite de Queda de Tensão. Segundo este critério a queda de tensão não deve ser superior a 5% da tensão nominal. Calculando a nossa queda, temos:

$$\Delta V_s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_s}{S \times \sigma_{Al}} = \frac{\sqrt{3} \times 250 \times 454,7}{2 \times 95 \times 36} = 28,79 \text{ V}$$

$$\Delta V_{\%} = \frac{100 \times \Delta V_s}{V_s} = \frac{100 \times 28,79}{400} = 7,2 \%$$

Logo, esta secção não vai satisfazer a este critério. Sendo assim, podemos usar 3 cabos dessa secção ao invés de 2, tendo então:

$$\Delta V_s = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_s}{S \times \sigma_{Al}} = \frac{\sqrt{3} \times 250 \times 454,7}{3 \times 95 \times 36} = 19,19 \text{ V}$$

$$\Delta V_{\%} = \frac{100 \times \Delta V_s}{V_s} = \frac{100 \times 19,19}{400} = 4,8 \%$$

Onde:

$\Delta V_s$  – é a queda de tensão secundária entre fases medida em V

$\Delta V_{\%}$  – é a queda de tensão secundária medida em %

$L$  – é o comprimento máximo do condutor entre dois aterramentos medido em m

$S$  – é a secção geométrica do condutor em  $\text{mm}^2$

$\sigma_{Al}$  – é a condutividade do alumínio em  $\text{S.m/mm}^2$  (No S.I este valor corresponde a  $3,6 \times 10^7 \text{ S/m}$ )

Com o valor encontrado, nota-se que se usarmos 3 condutores por fase, o cabo também vai satisfazer o Critério do Limite da Queda de Tensão.

E finalmente, verificando o Critério da Capacidade de Condução da Corrente de Curto-Circuito, temos:

$$I_{cc} = S \times \frac{C}{\sqrt{t}}$$

Onde:

$I_{cc}$  – é a corrente de curto-circuito admissível em A

$t$  – é o tempo de duração do curto-circuito em s

$C$  – é um coeficiente que depende da natureza do condutor e das suas temperaturas ao início e final do curto-circuito, medido em  $\text{A} \times \frac{\text{s}^{1/2}}{\text{mm}^2}$

Para condutores de alumínio com isolamento em XLPE ou EPR, o valor do coeficiente  $C$  é igual a 93. Sendo assim, considerando uma duração média do curto-circuito de meio segundo, o nosso condutor pode suportar em regime de curto-circuito correntes com intensidades até:

$$I_{cc} = 3 \times 95 \times \frac{93}{\sqrt{0,5}} = 37483,7 A = 37,48 kA$$

Como vemos, neste regime, o condutor pode suportar até um pouco mais de 82 vezes a corrente nominal, então a protecção contra os curto-circuitos é garantida.

Satisfazendo os três critérios, escolheremos então 3 cabos ABC com secção geométrica de 95 mm<sup>2</sup>. Os cabos ABC têm condutores de fase como condutor neutro (ambos de alumínio entrançado de classe 2), sendo a identificação do núcleo proporcionada por nervuras no isolamento. Sendo assim os nossos cabos serão do tipo LXS 3(4×95+16) mm<sup>2</sup>. A secção de 16 mm<sup>2</sup> corresponde ao condutor de fase de iluminação pública.

### **3.5.2. Cabos de BT entre o transformador e o quadro geral de baixa tensão**

Os barramentos do QGBT são de cobre, aqui os cabos possuem pequenos comprimentos (pois estão apenas entre o transformador e o quadro) e não corremos muitos riscos de furtos de cabos por esses estarem numa zona restrita. Com base nesses aspectos, podemos então, sem problemas, escolher os condutores de cobre.

Usaremos assim os cabos do tipo VAV, que são condutores de cobre isolados em cloreto de polivinilo (PVC), oferecendo assim uma temperatura máxima para serviço contínuo de 70°C, temperatura limite de sobrecarga de 100°C e temperatura limite de curto-circuito de 160°C.

Esses cabos possuem mesmas secções normalizadas em função das correntes nominais no secundário do transformador que os cabos NYBY, que também são

condutores de cobre com isolamento em PVC. Sendo assim, de acordo com a tabela desses cabos patente no anexo 5, para o transformador de 315 kVA ( $I_s=454,7$  A), os nossos cabos serão do tipo VAV 2(3×95+50) mm<sup>2</sup>.

### 3.5.3. Condutores de MT

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

Por esses condutores serem nus, fixaremos 3 isoladores (1 para cada fase) em cada barramento de média tensão dos apoios da linha.

De acordo com o Catálogo da Nexans, no anexo 6, vimos que para a nossa corrente nominal primária  $I_p=8,3$  A, podemos usar o condutor Akron que tem pelo Critério da Ampacidade, uma secção nominal de 15,5 mm<sup>2</sup> (não verdadeira) e suporta até uma corrente  $I_{adm}=120$  A. Temos também a resistência e a reactância por unidades de comprimento, que são 2,1611 e 0,4754 Ω/km, respectivamente. A verdadeira secção do condutor Akron é de 13,3 mm<sup>2</sup>, como podemos observar no catálogo da Eland Cables no anexo 7.

De seguida, vamos verificar se essa secção satisfaz o Critério dos Limites de Queda de Tensão. Segundo este critério a queda de tensão não deve exceder 5% da tensão nominal. Calculando a nossa queda, teremos:

$$\Delta V_{\%} = \frac{\sqrt{3} \times L_{MT} \times I_p \times (R \cos \theta + X \sin \theta)}{10 \times V_p} = \frac{\sqrt{3} \times 1010 \times 8,3(2,1611 \times 0,8 + 0,4754 \times 0,6)}{10 \times 22000}$$

$$\Delta V_{\%} = 0,133 \%$$

Ou, aplicando as mesmas fórmulas que em 3.5.1, temos:

$$\Delta V_p = \frac{\sqrt{3} \times L_{MT} \times I_p}{S \times \sigma_{Al}} = \frac{\sqrt{3} \times 1010 \times 8,3}{13,3 \times 36} = 30,33 \text{ V}$$

$$\Delta V_{\%} = \frac{100 \times \Delta V_p}{V_p} = \frac{100 \times 30,33}{22000} = 0,138 \%$$

Onde:

$\Delta V_p$  – é a queda de tensão primária entre fases medida em V

$\Delta V_{\%}$  – é a queda de tensão primária medida em %

$L_{MT}$  – é o comprimento da linha de Média Tensão em m

$S$  – é a secção geométrica do condutor em mm<sup>2</sup>

$\sigma_{Al}$  – é a condutividade do alumínio em S.m/mm<sup>2</sup>

Com o valor encontrado, nota-se que se o condutor tiver esta secção vai satisfazer o Critério dos Limites da Queda de Tensão. Sendo assim, usaremos na nossa linha MT os condutores AAAC 3×15,5 mm<sup>2</sup> (cabos Akron).

### 3.5.4. Condutores de terra

Na rede de BT utilizar-se-á cabo de cobre nu de 16 mm<sup>2</sup> de secção até ao ligador amovível, situado na base do pórtico, e cabo de 35 mm<sup>2</sup> 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 mecanicamente por uma cantoneira ou por um tubo adequado, com um comprimento de 1,5 m.

Na rede de MT utilizar-se-á cabo de cobre nu de 35 mm<sup>2</sup> de secção desde a massa metálica até o eléctrodo de terra.

### 3.6. Dimensionamento dos Dispositivos de Protecção

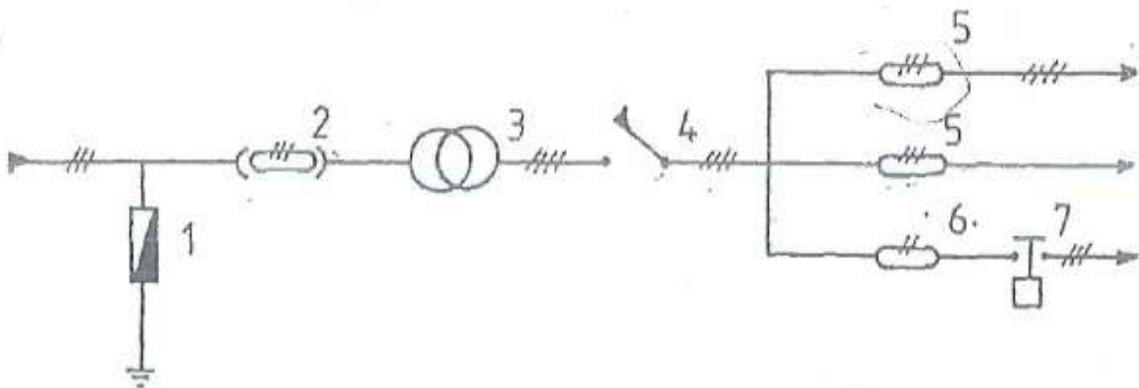


Figura 12: Esquema eléctrico da ligação do transformador com os dispositivos de protecção (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais da EDM)

Onde:

1 – Para-raios

2 – *Drop-outs*

3 – Transformador de potência MT/BT

4 – Disjuntor de BT

5 – Fusíveis APC de BT

6 – Fusíveis da iluminação pública

7 – Contactador da iluminação pública

Os para-raios destinam-se à protecção contra as sobretensões de origem atmosférica.

Os *drop-outs* fazem a protecção contra os curto-circuitos e também executam o corte visível da instalação, desempenhando assim estes de uma única vez as funções dos seccionadores tradicionais e base de fusíveis.

O disjuntor de baixa tensão protege o transformador de todos os efeitos da rede à sua jusante. Ele garante a protecção do transformador das sobrecargas.

A protecção individual das saídas de BT é feita por fusíveis de Alto Poder de Corte (APC).

### **3.6.1. Escolha dos para-raios**

A tensão nominal dos para-raios a instalar num PT deve ser em função do nível de tensão da rede assim como do seu regime do neutro. A capacidade dos para-raios a instalar é no geral de 10 kA e assim será no nosso projecto. Consultando a tabela no

anexo 8, para o nosso nível de tensão da rede, usaremos então para-raios da marca ASEA, tipo XBE com tensão nominal de 24 kV.

### **3.6.2. Escolha dos *drop-outs***

Consultando a tabela do anexo 9, poderemos usar qualquer drop-out com tensão de fabrico de 27 kV, tensão nominal entre 26 e 35 kV, corrente nominal 100 A, capacidade de corte de 8 kA, tensão de choque 150 kV e distância de fuga de 432 mm.

Escolheremos também o calibre dos elementos fusíveis dos drop-outs, consultando o anexo 10. Para o nosso caso, teremos um *LINK* (elementos fusíveis dos drop-outs) de calibre de 10 A para uma tensão nominal no primário do transformador de 8,3 A.

Usaremos 6 drop-outs: 3 no poste em que está instalado o nosso transformador de potência e 3 no primeiro poste após o transformador do Instituto Politécnico Médio Profissional Missão Educar, ou seja, onde fazemos a derivação da nossa linha de MT.

### **3.6.3. Escolha dos disjuntores de baixa tensão e seus respectivos relés**

Usaremos relés regulados do tipo R-630 e disjuntores da marca SACE do tipo SN-630 com tensão de fabrico de 660 V e poder de corte simétrico a 400 V variado de 15 a 50 kA (ver anexo 11).

### 3.6.4. Escolha dos transformadores de corrente

Da tabela do anexo 12, vemos que serão montados na nossa rede três transformadores de intensidade (um em cada fase) de 500/5 para a tensão nominal de 400 V, classe de precisão 1, corrente secundária de 5 A e potência entre 0,5 e 1,5 VA.

### 3.7. Espias

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

Os postes de ângulo (médio e acentuado), de derivação e de fim de linha ficam muito sujeitos a forças mecânicas da rede que tendem a incliná-los para dentro da rede, por isso, é importante o uso de espias nestes tipos de postes. Sendo assim, no nosso projecto precisaremos de 28 espias (2 nas estruturas DA1, 1 na estrutura DA2, 11 nas estruturas DT1 e 14 nas estruturas DE1).

As espias são constituídas por uma:

- Base de espia;
- Âncora;
- Arame galvanizado ou um cabo de aço adequado;
- Isolador de espia (isolador de retenção).

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

### 3.8. Estimativa de Custo do Projecto

Tabela 4: Orçamento da implementação do projecto (Fonte: O autor)

Material	Produto	Preço unitário (MT)	Quantidade	Preço total (MT)
	Postes de madeira de 9 m	10 621,45	81	860 337,45
	Postes de madeira de 12,25 m	15 439,00	15	231 585,00
	Transformador de potência de 315 kVA	790 776,90	1	790 776,90
	Cabos ABC do tipo LXS 3(4×95+16)mm <sup>2</sup>	1 682,4 por metro	3200 metros	5 383 680,00
	Condutores Akron do tipo AAAC 3×15,5mm <sup>2</sup>	151,48 por metro	1010 metros	152 994,80
	Cabos VAV 2(3×95+50)mm <sup>2</sup>	7890,72 por metro	20 metros	157 814,40
	Quadro Geral de Baixa Tensão	168 500,00	1	168 500,00
	Terras de serviço e de protecção	10 845,00 por kit	34	368 730,00
	Espia completa de BT	10 500,00	25	262 500,00
	Espia completa de MT	12 500,00	3	37 500,00
	Lâmpada de 250 W com a armadura Sox e o seu respectivo braço	15 049,80	14	210 697,20

Lâmpada de 150 W com a armadura Sox e o seu respectivo braço	12 470,50	67	835 523,50
Travessas	5 148,17	14	72 074,38
Cruzetas	777,01		20 202,26
Base de alvenaria para assentar o transformador	95 000,00	1	95 000,00
Ganchos M16	214,25	81	17 354,25
Ganchos M20	345,15	15	5 177,25
Pinças de amarração	1 056,12	25	26 403,00
Pinças de suspensão	207,80	56	11 636,80
Para-raios com as respectivas ferragens	7 376,54	3	22 129,62
Isoladores polimétricos de 22 kV com seus acessórios	2 932,39	6	17 594,34
Isoladores horizontais STV de 22-33 kV com seus acessórios	2 337,04	36	84 133,44
Ligadores PC3	225,00	10	2250,00
Contactador Schneider	16 801,54	1	16 801,54
Fotocélula Night Magic	2 971,63	1	2 971,63

	Drop-outs com seus acessórios	7 685,25	6	46 111,5
	<b>Custo total do material</b>			<b>9 900 479,26</b>
<b>Mão-de-obra</b>	Montagem dos equipamentos			130 581,48
	Instalações eléctricas			284 854,50
	Projecto e fiscalização			569 684,26
	Transporte			50 000,00
	Despesas gerais			60 000,00
	Imprevistos			100 000,00
	<b>Custo total de mão-de-obra</b>			<b>1 195 120,24</b>
<b>Orçamento</b>				<b>11 095 599,5</b>

# Capítulo 4

## Conclusões e Recomendações

### 4.1. Conclusões

Sempre depois de um determinado estudo, há uma conclusão por ser tirada, por isso daquilo que foi o meu Relatório de Estágio Profissional que consistiu no dimensionamento de uma rede de distribuição de energia eléctrica incluindo a linha de Média Tensão para suprir as necessidades do bairro de Mungassa, no distrito de Beira, minuciosamente conclui que este projecto é de grande complexidade dada a extensão territorial deste bairro, necessitando então de um fundo de investimento capital considerável.

Para a implementação desta rede, necessitamos dum transformador de elevada potência e cabos de grande porte.

A rede dotará de um sistema de protecção seguro e eficaz, pois foi dimensionada com cautela uma variedade de dispositivos de protecção e um sistema de aterramento eficiente para a segurança de pessoas e dos equipamentos eléctricos da rede. A rede também vai incluir, obrigatoriamente, para-raios para a protecção contra sobretensões originadas pelas descargas atmosféricas que são comumente observadas dadas as condições climáticas dessa região. Assim, conclui-se que as instalações eléctricas dessa rede de distribuição vão funcionar nas melhores condições e sem sobressaltos.

A fim de diminuir os custos para a sua instalação, seleccionamos os postes de madeira como apoios, sendo estes dimensionados de acordo com a topografia do terreno do bairro de Mungassa e os obstáculos que a linha tenha a atravessar. Os regulamentos

recomendam vãos máximos de 50 m na RBT e 90 m na RMT, com isso, dimensionamos a nossa rede aérea de distribuição tomando como base vãos de 40 m na RBT e 80 m na RMT, dados os esforços transversais e longitudinais que se fazem sentir no bairro assim como as secções dos cabos eléctricos dimensionados.

## **4.2. Recomendações**

Findo o projecto de dimensionamento de rede eléctrica de distribuição para o bairro de Mungassa, no distrito de Beira e província de Sofala, recomenda-se a consulta a outras fontes para melhor solidificação do assunto, pois a falta de vivenciamento prático com alguns equipamentos que foram dimensionados, em certos pontos pode comprometer a exactidão da informação.

Recomenda-se também uma boa avaliação dos factores de simultaneidade e de utilização para o dimensionamento da carga que será solicitada pelos utentes, com vista a reduzir o a potência nominal do transformador a ser instalado e, conseqüentemente, ter menos custo de implementação do projecto.

Atendendo a evolução tecnológica, é de aceitar que em obras sejam colocados equipamentos e materiais diferentes dos agora projectados e descritos desde que tenham características equivalentes. Também se recomenda que se mantenham fechadas as portas dos quadros eléctricos e que se proíba expressamente a intervenção de pessoas estranhas, que não se permita uso de materiais avariados, que se conserve todas as protecções devidamente calibradas e que se verifique regularmente que as ligações de terra estejam em funcionamento eficaz.

## Capítulo 5

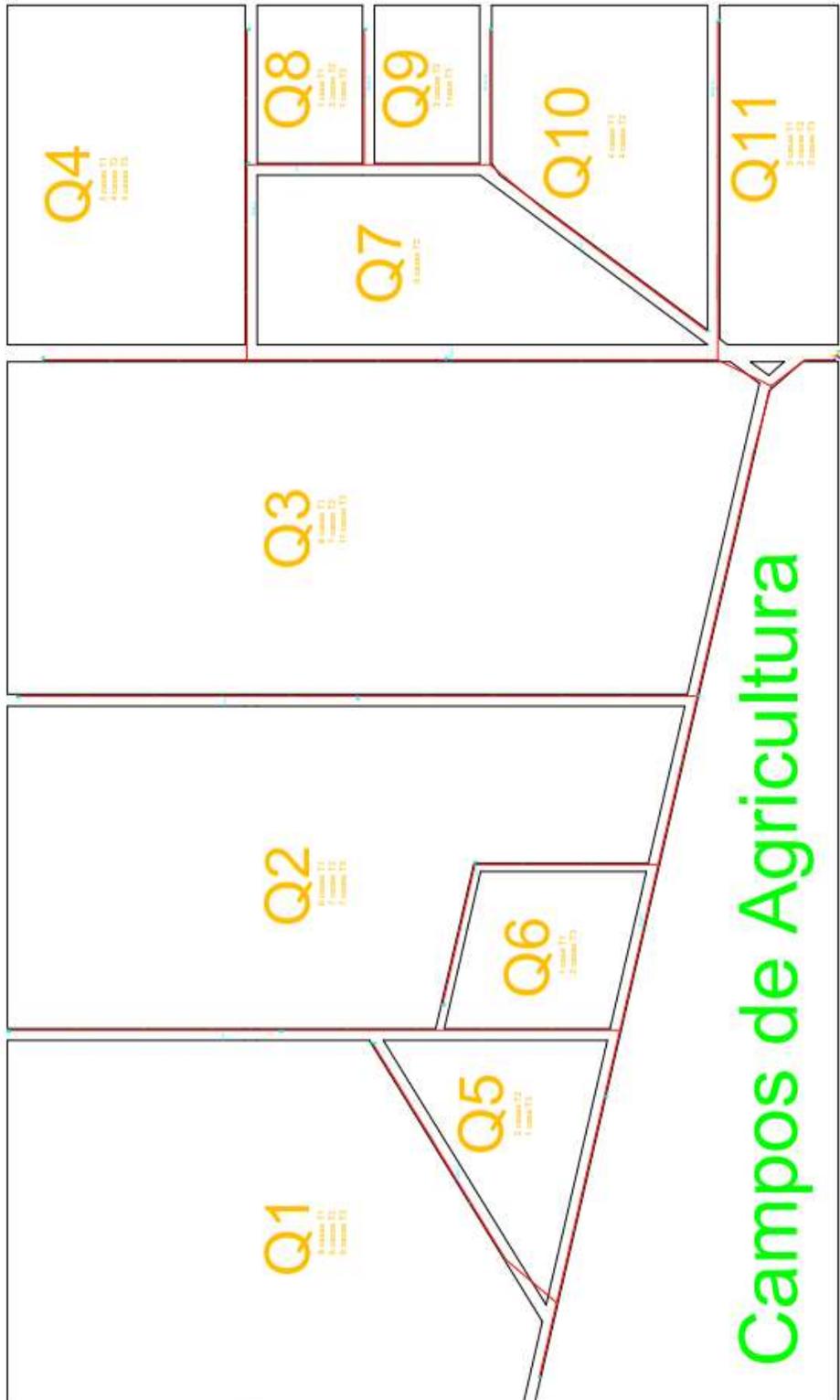
### Referências Bibliográficas

1. EDM. 1988 - **Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais**, Direcção de Engenharia de Redes
2. KINDERMAN, G., CAMPAGNOLO, J. M. 1995 – **Aterramento Eléctrico**, 3ª ed., Sagra-D.C. Luzzatto Editores, Porto Alegre
3. Regras Técnicas Parte 5/ Secção 51, Direcção Geral da Energia (2000)
4. RSICEE – “Regulamento de Segurança de Instalações Colectivas de Edifícios e Entradas”, Direcção Geral de Energia (1974)
5. RSIUEE – “Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica”, Direcção Geral de Energia (1974)
6. RSLEAT – “Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão”, Direcção Geral de Energia (1993)
7. RSRDEEBT – “Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (1976)

8. RSSPTS – “Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento”, Direcção Geral de Energia (1976)
  
9. RTIEBT – “Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (2005)
  
10. [www.alcobre.pt](http://www.alcobre.pt), 12 de Junho de 2022
  
11. [www.comum.rcaap.pt](http://www.comum.rcaap.pt), 11 de Maio de 2022
  
12. [www.elandcables.com](http://www.elandcables.com), 12 de Junho de 2022
  
13. [www.nexans.com](http://www.nexans.com), 14 de Junho de 2022
  
14. [www.osram.pt](http://www.osram.pt), 27 de Maio de 2022.

# ANEXOS

## ANEXO 1



Anexo 1-1: Mapa de electrificação do bairro de Mungassa (Fonte: O autor)

## ANEXO 2

Anexo 2-2: Perda máxima dos reactores (Fonte: ABNT e CE – 2014)

Potência nominal da lâmpada (W)	Perda máxima (W) ABNT	Perda máxima (%) ABNT	Eficiência mínima ABNT	Eficiência mínima CE (2012)	Eficiência mínima CE (2017)
50	12	24,0%	76,0%	75%	85%
70	14	20,0%	80,0%	75%	87%
100	17	17,0%	83,0%	80%	87%
150	22	14,7%	85,3%	85%	90%
250	30	12,0%	88,0%	85%	90%
400	38	9,5%	90,5%	85%	90%
1000	90	9,0%	91,0%	90%	92%

## ANEXO 3

Anexo 3-3: Dimensões e pesos normalizados dos transformadores (Fonte: Manual de Instalações Eléctricas II fornecido por Eng.º Telles)

M. PORTUGAL J. TELLES Engenheiros		TRANSFORMADORES Dimensões e pesos normalizados				4 - APARELHAGEM	
FONTE: De acordo com as normas DIN 42500/42501/42511 - Alemanha						4.	1
As principais dimensões e pesos dos transformadores de distribuição em média tensão (§), imersos em óleo, são indicados no quadro abaixo.							
No	POTÊNCIA	COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA	ENTRE-RO- DIZIOS	PESOS	
	(kVA)§§	l (mm)	b (mm)	h (mm)	e (mm)	TOTAL (Kg)	DO ÓLEO (Kg)
1	(50)	950	750	1 500		480	120
2	(75)	1 000	750	1 550		580	140
3	100	1 200	800	1 600		650	150
4	(125)	1 200	800	1 650	520	750	180
5	160	1 350	900	1 700		880	200
6	(200)	1 350	900	1 750		1 000	250
7	250	1 500	950			1 150	280
8	(315)	1 650	1 000	1 850		1 300	350
9	400	1 850	1 030	1 960		1 600	420
10	(500)	1 850	1 030	1 960	670	1 800	450
11	630	1 850	1 030	1 960		2 100	500
12	(800)	2 000	1 250	2 300		2 600	600
13	1 000	2 050	1 300	2 450		3 100	700
14	(1 250)	2 150	1 350	2 600	820	3 400	780
15	1 600	2 200	1 400	2 850		4 100	970
§ - Estas dimensões aplicam-se só até 20 kV. §§ - Deve ser dada preferência aos valores em parêntesis.							

## ANEXO 4

Anexo 4-4: Secções normalizadas dos cabos LXS (Fonte: Catálogo da Alcobre)

**LXS**  
CABOS AÉREOS

**ALCOBRE**  
A MEMBER OF HENGTONG GROUP

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E ELÉTRICAS						
Código Alcobre	N.º Cond. x Secção Nominal <small>nc x mm<sup>2</sup></small>	Diâmetro exterior aprox. <small>mm</small>	Peso aprox. <small>kg/km</small>	Raio mínimo de curvatura <small>mm</small>	Intensidade máx.	Queda de Tensão <small>Cos φ= 0,8</small> <small>V/A.km</small>
					<small>ao Ar 40 °C</small> A	
14101001	*2x16	15,0	136	70	85	3,489
14101501	3x16	16,0	204	70	75	3,489
14102001	*4x16	18,0	272	70	75	3,489
14102501	5x16	21,0	325	84	75	3,489
14113501	4x25	18,5	407	85	97	2,226
14114001	*4x25+16	19,0	475	85	100	2,226
14114501	4x25+2x16	21,0	527	88	100	2,226
14123501	4x35	24,7	549	95	120	1,632
14124001	4x35+16	26,0	612	100	120	1,632
14124501	4x35+2x16	28,0	677	135	120	1,632
14133501	4x50	29,5	714	130	150	1,229
14134001	*4x50+16	30,5	782	135	150	1,229
14134501	4x50+2x16	32,0	782	135	150	1,229
14143001	4x70	31,0	892	150	190	0,860
14144001	* 4x70+16	33,0	1.090	160	190	0,860
14145501	4x70+2x16	35,0	1.090	160	190	0,860
14150001	*4x95+16	39,0	1.404	170	230	0,652

\* Produtos certificados pela EDP- *Electricidade de Portugal*.

• Outras construções sob consulta.

## ANEXO 5

Anexo 5-5: Secções normalizadas dos cabos VAV a utilizar (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais)

Potência transformador ( KVA )	Corrente secundária (A)	Secção (mm <sup>2</sup> ) <sup>c</sup>	Corrente admissível (A)
30	43,3	4x16	80
50	72,2	3x25+16	106
100	144,3	3x50+35	159
160	230,1	3x93+50	244
200	288,7	3x150+75	324
250	360,8	3x185+95	371
315	454,7	2(3x95+50)	2x244

## ANEXO 6

Anexo 6-6: *Dados técnicos dos Condutores de Alumínio Liga (Fonte: Catálogo da Nexans)*

### AAAC - All Aluminium Alloy Conductor

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

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

## ANEXO 7

Anexo 7-7: Seções nominais dos CAL (Fonte: Catálogo da Eland Cables)

### ASTM Sizes Metric Units

CODE	SIZE KCM	NOMINAL SIZE mm <sup>2</sup>	STRANDING	DIAMETER inches		WEIGHT 1' lbs/1000ft	RATED STRENGTH <sup>1</sup> kg	RESISTANCE <sup>2</sup> ohms/1000ft		CURRENT RATING <sup>4</sup> Amps	SIZE mm <sup>2</sup>	ACSR WITH EQUIV DIAM. STRANDING alt/alt
				Individual Wires	Total			DC at 20°C	AC at 75°C			
AKRON	30.58	15.5	7	1.879	5.04	42.7	503	2.16	2.57	107	13.3	6/1
ALTON	48.69	24.67	7	2.118	6.36	68	798	1.36	1.62	143	21.15	6/1
AMES	77.47	39.25	7	2.672	8.02	108.2	1270	0.853	1.02	191	33.63	6/1
AZUSA	123.3	62.48	7	3.371	10.11	172.2	2023	0.536	0.639	256	53.31	6/1
ANAHEIM	155.4	78.74	7	3.786	11.35	217.1	2445	0.425	0.509	296	67.44	6/1
AMHERST	195.7	99.16	7	4.247	12.74	273.3	3080	0.338	0.403	342	85.03	6/1
ALLIANCE	248.9	125.1	7	4.77	14.31	344.9	3883	0.268	0.319	395	107.22	6/1
BUTTE	312.8	158.5	19	3.259	16.29	436.9	4989	0.211	0.252	460	135.19	26/7
CANTON	394.5	199.9	19	3.66	18.3	551.1	6033	0.168	0.2	532	170.46	26/7
CAIRO	465.4	235.8	19	3.975	19.88	650	7076	0.142	0.17	590	201.42	26/7
DARIEN	559.5	283.5	19	4.359	21.79	781.5	8527	0.118	0.142	663	241.7	26/7
ELGIN	652.4	330.6	19	4.707	23.53	911.3	9934	0.101	0.122	729	281.98	26/7
FLINT	740.8	375.4	37	3.594	25.16	1035	11068	0.0892	0.107	790	322.27	26/7
GREELY	927.2	469.8	37	4.021	28.15	1295	13834	0.0713	0.0863	908	402.83	26/7

## ANEXO 8

Anexo 8-8: Tensões nominais dos para-raios (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais)

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

## ANEXO 9

Anexo 9-9: *Características nominais dos drop-outs (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais)*

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

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

## ANEXO 10

Anexo 10-10: Calibre de links para drop-outs (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais)

Potência do transformador (KVA)	Tensões ( KV )							
	6,6		11		22		33	
	In	ILK	In	ILK	In	ILK	In	ILK
30	2,6	3	1,6	2	0,8	1	0,5	1
50	4,4	6	2,6	3	1,3	2	0,9	1
100	8,7	10	5,2	6	2,6	3	1,8	2
160	14	15	8,4	10	4,2	6	2,8	3
200	17,5	20	10,5	12	5,3	6	3,5	6
250	21,9	25	13,1	15	6,6	8	4,4	6
315	28	30	16,5	20	8,3	10	5,5	6

## ANEXO 11

Anexo 11-11: Escolha dos disjuntores e relés (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais)

Potência transformador (KVA)	Corrente secundária (A)	Tipo disjuntor "SACE"	Tipo relé	Observações
30	43,3	SN - 125	R-50	-
50	72,2	SN - 125	R-80	-
100	144,3	SN - 250	R-200	-
160	230,9	SN - 250	R-250	-
200	288,9	SN - 400	R-400	deve ser regulado
250	360,8	SN - 400	R-400	"
315	454,7	SN - 630	R-630	"

## ANEXO 12

Anexo 12-12: Escolha dos TIs (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais)

Potência transformador (KVA)	Corrente secundária (A)	Relação transformação dos TIs.	Factor multiplicação
30	43,3	50/5	10
50	72,2	75/5	15
100	144,3	150/5	30
160	230,9	250/5	50
200	288,7	300/5	60
250	360,8	400/5	80
315	454,7	500/5	100

## ANEXO 13



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPD03
---------------------	-------------

Data:	07/03/22
-------	----------

### 1. AGENDA:

Apresentação do TAT de Estágio Profissional

### 2. PRESENÇAS:

Supervisor	Mestre Fernando Hausse Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co-Supervisor	
Estudante	Aime Sozinho Macabaça Jone
Outros	

### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Correcção dos objectivos

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Ler mais sobre redes de distribuição de energia eléctrica
Acrescentar os objectivos específicos

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	13/05/22
-----------------------------	----------



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

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPD03
---------------------	-------------

Data:	07/03/22
-------	----------

**1. AGENDA:**

Apresentação do avanço do trabalho acerca da Fundamentação Teórica

**2. PRESENCAS:**

Supervisor	Mestre Fernando Hausse Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co-Supervisor	
Estudante	Aime Sozinho Macabaça Jone
Outros	

**3. RESUMO DO ENCONTRO:**

Discussão da Fundamentação Teórica

4. RECOMENDAÇÕES:

Ler acerca da citação dos elementos textuais
----------------------------------------------

Fazer um estudo aprofundado sobre a classificação dos apoios
--------------------------------------------------------------

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	17/06/22
-----------------------------	----------



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA: 2022ELEPD03

Data: 07/03/22

**1. AGENDA:**

Apresentação do avanço do trabalho acerca do desenvolvimento do projecto
Apresentação do avanço do trabalho acerca das conclusões e recomendações

**2. PRESENÇAS:**

Supervisor	Mestre Fernando Hausse Chachaia, Eng.º
Co-Supervisor	
Estudante	Aime Sozinho Macabaça Jone
Outros	

**3. RESUMO DO ENCONTRO:**

Avaliação de todos os aspectos que fazem parte do desenvolvimento do projecto

4. RECOMENDAÇÕES:

Corrigir certos aspectos sobre o dimensionamento dos cabos eléctricos
-----------------------------------------------------------------------

Acrescentar mais abordagens acerca do sistema de aterramento
--------------------------------------------------------------

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	24/06/22
-----------------------------	----------



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA: 2022ELEPD03

Data: 07/03/22

**1. AGENDA:**

Apresentação do avanço do trabalho acerca de questões organizacionais

**2. PRESENCAS:**

Supervisor	Mestre Fernando Hausse Chachaia, Eng. <sup>o</sup>
Co-Supervisor	
Estudante	Aime Sozinho Macabaça Jone
Outros	

**3. RESUMO DO ENCONTRO:**

Avaliação de todos os aspectos organizacionais do projecto

#### 4. RECOMENDAÇÕES:

Colocar de ordem alfabética a lista de abreviaturas
-----------------------------------------------------

A partir da dedicatória até a lista de tabelas, a paginação deve estar em numeração romana
--------------------------------------------------------------------------------------------

A parte do texto não pode exceder 60 páginas
----------------------------------------------

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

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

## ANEXO 14



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

### RELATÓRIO DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPD03			
ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	29/04/22	20	Melhorar a justificativa	
	05/05/22	60	Clarificar o objectivos específicos	
	09/05/22	100	Pode avançar com a parte da fundamentação teórica	
2	13/05/22	30	Definir os conceitos necessários	
	20/05/22	76	Aumentar os conceitos	
	30/05/22	100	Fazer estudo sobre a classificação dos apoios	
3	04/06/22	36	Pode avançar para a parte prática	
	17/06/22	80	Revisar os cálculos sobre dimensionamento dos condutores eléctricos	
	22/06/22	100	Pode passar para os aspectos finais	
4	24/06/22	50	Respeitar os anexos	
	01/07/22	80	Melhorar as recomendações	

## ANEXO 15



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: Aime Sozinho Macabaça Jone

Referência do tema: 2022ELEPD03

Data: 07/03/22

Título do tema: Dimensionamento de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica para o Bairro de Mungassa, no Distrito da Beira, Província de Sofala

<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>										

<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 16



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: Aime Sozinho Macabaça Jone

Referência do tema: 2022ELEPD03

Data: 07/03/22

Título do tema: Dimensionamento de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica para o Bairro de Mungassa, no Distrito da Beira, Província de Sofala

<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>										

<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 audio-visuais	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 17



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: Aime Sozinho Macabaça Jone

Referência do tema: 2022ELEPD03

Data: 07/03/22

Título do tema: Dimensionamento de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica para o Bairro de Mungassa, no Distrito da Beira, Província de Sofala

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

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

**OS MEMBROS DO JURI:**

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	