



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Profissional

ELECTRIFICAÇÃO DO BAIRRO MALI

Autor:

Magumane, Benildo Alexandre

Supervisor:

Prof. Doutor. Eng. Zacarias M. M. Chilengue

Maputo, Novembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Profissional

ELECTRIFICAÇÃO DO BAIRRO MALI

Autor:

Magumane, Benildo Alexandre

Supervisor:

Prof. Doutor. Zacarias M. Chilengue

Maputo, Novembro de 2022



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

DECLARÇÃO DE HONRA

Eu, Benildo Alexandre Magumane, declaro que este relatório de estágio profissional nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu labour individual.

Maputo, 30 de Novembro de 2022

(Benildo Alexandre Magumane)

Dedicatória

Quero dedicar este relatório em Especial a minha Mãe Adelaide Jeremias Guambe por ter acreditado em mim e me ter encorajado sempre a seguir com a minha jornada estudantil, agradeço também à minha Esposa Lina Pandiane pelo apoio incansável prestado. Dedico ainda aos meus filhos Ashley e Aiken e ao meu Pai Alexandre Francisco Magumane em memória.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me dado saúde e forças para enfrentar todas adversidades ao longo da vida.

Agradeço também ao meu Supervisor Professor Doutor Zacarias Marcos Mapoissane Chilengue, pelo apoio, compreensão e disponibilidade para me orientar no que era necessário.

Não deixar de agradecer aos colegas e funcionários da empresa Tes-Top que me receberam com carinho desde o primeiro dia que me juntei àquela equipa de profissionais, assim como amigos que emprestaram o seu saber quando precisava durante a elaboração do meu estágio e o respectivo relatório em especial ao Dinis Balissa que foi realmente incansável.

Os agradecimentos são extensivos aos colegas de carteira aos docentes da faculdade em geral a aos meus familiares que de forma directa ou indirecta contribuíram para que pudesse alcançar este êxito,

A todos o meu muito Obrigado.

Resumo

O presente relatório foi elaborado no âmbito do estágio profissional realizado na empresa Tes-Top como parte integrante das cadeiras do curso de engenharia eléctrica, as actividades durante o estágio consistiram basicamente em trabalhos de electrificação do bairro Mali no município da Matola no seu extremo nordeste, para além dos trabalhos de montagem de iluminação pública ao longo da estrada circular de Maputo no troço entre Chiango e Matola Gare.

Este relatório contém os procedimentos para desenvolver o dimensionamento de uma rede de distribuição de energia eléctrica em um bairro residencial, desde os cálculos eléctricos aos mecânicos assim como a disposição da estrutura que vai permitir a sustentação das linhas de transmissão de modo a fornecer energia à população de forma eficiente possível.

Como um critério válido deve se consultar todos documentos normativos e regulamentos sobre o transporte e distribuição de energia eléctrica. Mais do que fazer o levantamento de literatura há uma necessidade de observar todas características do bairro a ser electrificado de modo que todos empreendimentos que para o seu funcionamento precisam de alimentação de energia eléctrica sejam considerados no dimensionamento se deixar de considerar a previsão de crescimento de carga.

Pode se perceber que este dimensionamento conduz á obtenção de parâmetros importantes para conceber uma rede de distribuição assim como a vantagem do uso de condutores com boa capacidade de condução evitando necessidade de intervenção para o melhoramento desta rede num intervalo de tempo curto, principalmente no que diz respeito aos cabos eléctricos.

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

ÍNDICE

1. Generalidades	1
1.1. Introdução	1
1.2. Formulação do Problema.....	2
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Objectivos.....	2
1.4.1. Objectivos geral.....	2
1.4.2. Objectivos Específicos.....	2
1.5. Metodologia.....	3
2.1. Generalidades sobre distribuição de energia eléctrica.....	3
3. Fases da Implantação de uma rede de Distribuição de Energia Eléctrica.....	6
3.1. Memória Descritiva e Justificativa	6
3.2. Rede de Distribuição de Energia Eléctrica.....	9
3.2.1. Cálculo Eléctrico	9
3.2.1.1. Levantamento de Carga	9
3.2.1.1.1. Determinação da potência Aparente das casas.....	10
3.2.1.1.2. Determinação da potência aparente de outras cargas.....	11
3.2.1.1.3. Determinação da potência aparente da iluminação.....	11
3.2.2. Determinação dos parâmetros da linha de média Tensão.....	21
3.2.2.1. Cálculo da reactância da linha de média tensão.....	22
3.2.2.2. Cálculo da resistência tendo em consideração a temperatura de operação.....	24
3.2.2.3. Impedância da linha.....	24
3.2.2.4. Cálculo da secção do condutor.....	26

3.2.2.5. Cálculo da queda de tensão.....	29
3.2.3. Determinação dos parâmetros de Curto – Circuito.....	30
3.2.3.1. Cálculo da potência e Corrente de curto – circuito.....	30
3.2.4. Protecção do Ramal de Média Tensão.....	32
3.3. CÁLCULOS MECÂNICOS.....	33
3.3.1. Cálculo mecânico do condutor.....	33
3.3.2. Cálculo mecânico dos apoios.....	34
3.3.2.1. Cálculo do vão crítico de montagem.....	34
3.3.2.2. Determinação da carga aplicada aos apoios.....	36
3.3.2.3. Cálculo da profundidade de encastramento dos apoios.....	39
3.3.3. Cálculo das Espias.....	39
3.4. Dimensionamento do posto de transformação.....	40
3.5. Caracterização da rede eléctrica de distribuição do bairro Mali.....	42
4. Conclusões e Recomendações.....	50
4.1. Conclusões.....	50
4.2. Recomendações.....	51
5. Bibliografia.....	52
6. Anexos.....	53

SIMBOLOGIA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES
a_{cr}	vão crítico	m
c_s	coeficiente de segurança	
d	distância entre dois centros de iluminação consecutivos	m
D_{mg}	distância média geométrica entre condutores	m
E	módulo de elasticidade	kg/mm ²
E_m	nível de	iluminação
lux		
f	frequência	Hz
F_v	peso aparente do condutor na hipótese de verão	kg
F_i	peso aparente do condutor na hipótese de inverno	kg
I_{cc}	corrente de curto circuito	kA
I_s	corrente máxima assimétrica	kA
k_d	coeficiente de desgaste das fontes luminosas	
k_m	coeficiente de manutenção	
k_u	coeficiente de utilização	
k_s	coeficiente de simultaneidade	
l_c	comprimento do condutor	km
n	número de instalações alimentadas.	
$n^{\circ} cand$	número de armaduras de iluminação	
P	potência de cada armadura de iluminação	47W
R'_{θ}	Resistência eléctrica a temperatura	Ω/km
θ	temperatura de operação	°C
r_{mg}	raio médio geométrico do condutor	m
S_i	potência instalada tomada como base para cada casa.	kVA

$\cos\varphi$	factor de potência	
ϕ_l	fluxo luminoso por lâmpada	lm
X	reactância indutiva	Ω/km
U_{econ}	tensão económica de transmissão	kV
l	comprimento da linha	km
$\Delta U\%$	queda de tensão	
U_n	tensão nominal da linha	kV
P	potência activa	kW
Q	potência reactiva	kVAr
S_{cc}	potência de curto-circuito	MVA
Z_k	impedância de curto circuito	%/MVA
S	secção nominal do condutor	mm^2
t_o	carga de segurança	kg
α_l	coeficiente de dilatação linear	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
θ_v	temperatura na hipótese de verão	$^{\circ}\text{C}$
θ_i	temperatura na hipótese de inverno	$^{\circ}\text{C}$
t_m	tensão de montagem	kg/mm^2
P_o	peso por unidade de secção e de comprimento	$\text{kg}/\text{mm}^2\text{m}$
T_m	tracção de montagem	kg
W	momento resistente da barra	cm^3

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAC: All-Aluminum Alloy Conductors

ACSR: Aluminium Conductor Steel Reinforced

ABC: Aerial Bundled Cables

BT: Baixa Tensão

CAL: Condutores de Alumínio Liga

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

RNT: Rede Nacional de Transmissão

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

Índice de Figuras

Figura 1: Exemplo de alguns tipos de apoio em uma rede de distribuição[Fonte: Autor].....	5
Figura 2: Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão[Guia de iluminação pública, 2021].....	13
Figura 3: Composição da Lâmpada de vapor de Sódio de alta pressão[Fonte: TECI, 2004/5].....	14
Figura 4: Operação da lâmpada de vapor de Sódio de alta Pressão[Fonte: TECI, 2004/5].....	14
Figura 5: Modelo tubular da lâmpada de vapor de sódio de alta pressão[Fonte: Seabra, 2021]....	15
Figura 6: Luminária LED utilizada em iluminação pública[LEDUP, 2021].....	16

Índice de Tabelas

Tabela 1: Comparação entre os tipos de luminárias mais usadas em iluminação pública.....	17
Tabela 2: Parâmetros dos transformadores do projeto.....	31
Tabela 3: Parâmetros da linha do projeto.....	31
Tabela 4: Condições de montagem dos cabos de acordo com o ambiente do local.....	35
Tabela 5: Parâmetros dos Esforços mecânicos sobre os cabos.....	35
Tabela 6: Parametros dos dispositivos de proteção usado no Posto de transformação.....	41
Tabela 7: Esforços normais suportados pela escora e pela espia aplicado no projecto.....	45
Tabela 8: Estimativa do orçamento para a implementação do projeto.....	49

Caítulo 1

GENERALIDADES

1.1. INTRODUÇÃO

Uma das apostas do governo de Moçambique na actualidade, é fornecer energia de qualidade e para o maior número possível da população beneficiada. Para se poder alcançar este objectivo é necessário que estejam ligados à rede eléctrica todos postos administrativos do país. Mais que um simples desejo de disponibilizar energia às populações, é necessário que se garanta conforto e comodidade durante o uso da mesma.

Neste relatório deverão ser apresentados assuntos ligados ao dimensionamento dos elementos que compõem um sistema eléctrico de fornecimento de energia, onde serão destacados aspectos importantes que podem condicionar o fornecimento de energia de qualidade e manutenção desta qualidade por longos anos.

Tratando se de um projeto de expansão da rede eléctrica para os novos bairros sendo na maioria deles, suburbanos e rurais. As redes eléctricas destinadas aos mesmos bairros são redes aéreas. Estas redes de distribuição de energia fazem parte de um sistema eléctrico nacional que além da distribuição apresentam como qualquer sistema completo as etapas da Geração; Transporte e Transformação.

O processo de distribuição de energia deve ser acompanhada por uma etapa muito importante que é o dimensionamento.

O dimensionamento de um sistema de distribuição emgloba a determinação dos parâmetros dos componentes que compõem esse sistema desde a potência nominal; Tensão nominal entre outros parâmetros eléctrico assim como os esforços mecânicos e a disposição dos elementos da linha.

Além das linha aéreas pode ser concebida uma rede de distribuição subterrânea que na maioria das vezes perde para a rede aérea principalmente por causa dos custos de sua implementação quando comparada com uma rede aérea, ganhando apenas espaço quando tratar – se de distribuição em uma zona urbana onde a questão de estética tem peso significativo, além da abundância de obstáculos fixos caso de prédios.

1.2. Formulação do Problema

Tem sido comum uniformizar as dimensões e características dos componentes de uma rede de fornecimento de energia, sem se observar aquilo que são as características específicas de cada local ou bairro no que diz respeito a carga disponível a ser suprida.

A não observância de aspectos básicos durante a execução de uma rede de distribuição de energia pode concorrer para o surgimento de falhas na mesma rede num curto intervalo de tempo, o que pode exigir reforço no fornecimento por acréscimo de transformador ao longo da rede ou até mesmo substituição dos transformadores existentes por outros de maior potência.

1.3. Justificativa

Para garantir que a energia fornecida no âmbito do projeto Energia para todos seja de qualidade e que continue por longos períodos de tempo a responder às necessidades dos consumidores, de acordo com as características específicas de cada bairro, deve se dimensionar correctamente a rede de distribuição evitando usar se um projeto modelo para todas localidades sem analisar as características das mesma.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

Electrificar o bairro residencial, caso do bairro Mali.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Descrever as etapas de implantação de uma rede de distribuição de energia eléctrica em um bairro residencial;
- Determinar os parâmetros da rede de distribuição;
- Dimensionar os postos de transformação;
- Caracterizar a rede eléctrica de distribuição do bairro Mali;

1.5. Metodologia

Para o alcance dos objectivos do projecto, deverá recorrer – se à: *Pesquisa bibliografica e documental*, através de consulta de revistas e catálogos; recolha de dados no terreno por observação e entrevista; pois Segundo Marconi e Lakatos (1992), a pesquisa bibliográfica é o levantamento de toda a bibliografia já publicada, em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita. Definição que também é sustentada por vários outros autores como podemos perceber que segundo GIL (1999), pode ser classificada quanto aos procedimentos técnicos de uma pesquisa, e ocorre quando é baseada na análise da literatura já publicada em forma de livros, revistas, anais, publicações avulsas, imprensa escrita e até eletronicamente, disponibilizada na Internet.

Pesquisa de Campo a ser feita no bairro referido. Visto que Segundo Gonsalves (2001, p. 67), A pesquisa de campo é o tipo de pesquisa que pretende buscar a informação diretamente com a população pesquisada. Afirma ainda que nesse caso, o pesquisador precisa ir ao espaço onde o fenômeno ocorre, ou ocorreu e reunir um conjunto de informações a serem documentadas.

Será ainda realçada a combinação das *Pesquisas qualitativa e quantitativa*, onde será feita a análise quantitativa e qualitativa dos dados recolhidos no terreno.

A pesquisa qualitativa não procura enumerar e/ou medir os eventos estudados, nem emprega instrumental estatístico na análise dos dados, envolve a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos[GIL; 2002]. É nesta senda que será enquadrada a combinação destas duas formas de pesquisa, visto que a abordagem de pesquisa qualitativa-quantitativa conforme apresenta Knechtel (2014, p. 106), É uma pesquisa que interpreta as informações quantitativas por meio de símbolos numéricos e os dados qualitativos mediante a observação, a interação participativa e a interpretação do discurso dos sujeitos (semântica)”.

Todas essas formas de pesquisa serão exploradas para dar corpo ao processo de recolha, análise e interpretação, cálculo e apresentação de resultados deste relatório decorrente da execução do estágio profissional.

Capítulo 2

2.1. Generalidades Sobre distribuição de energia eléctrica

A distribuição de energia eléctrica faz parte de um sistema complexo que comporta também as fases de Produção, Transformação; Transporte até ao pontos de utilização de energia. A energia pode ser entregue ao consumidor em alta, média ou baixa tensão. A entrega de energia em baixa tensão é efetuada aos consumidores domésticos com níveis de tensão 230V/400V.

Diz se linha aérea à uma linha formada por um conjunto de condutores mantidos a uma altura conveniente acima do solo, por meio de isoladores e de apoios apropriados.

Apoio denomina – se ao conjunto constituído pelo poste e a amarração equipada pelos elementos que garantem a suspensão dos condutores.

Os apoios ao longo da linha podem desempenhar várias funções, sendo que por causa dessa função classificados em:

Apoio de Início de Linha – É o apoio destinado a receber o cabo de baixa tensão proveniente do posto de transformação sem nenhuma derivação sendo por ele que inicia a distribuição de energia, suportando esforço de condutores de um só lado da linha.

Apoio de fim de linha – Apoio usado para suportar o esforço dos condutores de um só lado da linha.

Apoio de Alinhamento – É Denominado ao apoio que garante que dois vão adjacentes estão no mesmo prolongamento.

Apoio de Derivação – Apoio através do qual se estabelece uma ou mais derivações de linha.

Apoio de reforço – Apoio destinado a reforçar os esforços realizados por um outro apoio de modo a reduzir o impacto da acção da linha sobre o apoio principal.

Apoio de Ângulo – Apoio a partir do qual a linha muda de direcção, originando dois alinhamentos diferentes.

Apoio de travessia ou cruzamento – Apoio que permite estabelecer um desnível entre duas linhas diferentes que se cruzam de modo que nenhuma tenha interferência do funcionamento de outra.

A seguir é apresentado um exemplo de alguns tipos de apoios ao longo de uma linha de distribuição de energia eléctrica.

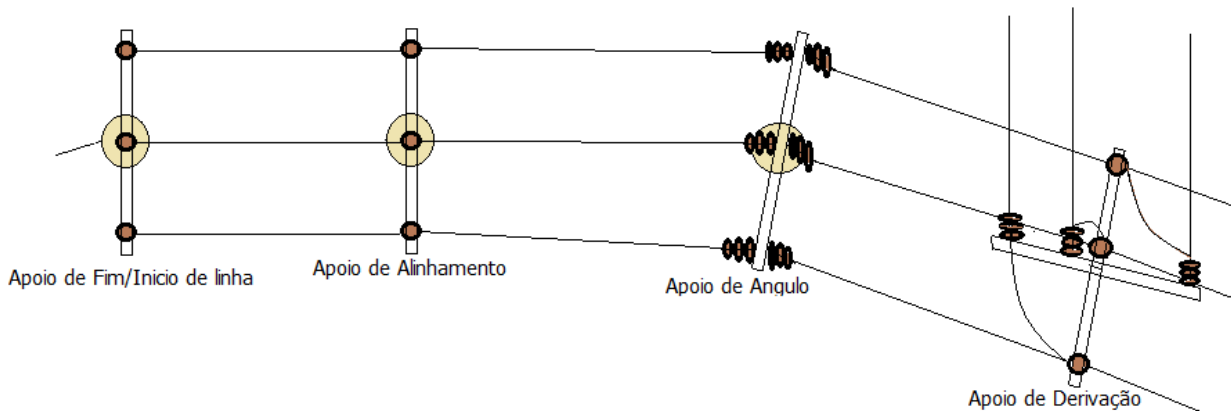


Figura1: Exemplo de alguns tipos de apoio em uma rede de distribuição[Fonte: Autor]

Pode se destacar que os apoios de ângulo são por sua vez categorizados em simples apoios de ângulo, que formam um ângulo que varia entre 1 á 30 graus; apoio de ângulo médio, variando entre 30 á 60 graus enquanto que o apoio de ângulo pesado é aquele que forma um ângulo que varia entre 60 á 90 graus. Os dois ultimos são suportados por dupla espia ou escora enquanto que o primeiro apenas necessita de uma espia.

A necessidade dos vários tipos de apoios em uma rede eléctrica, prende se no facto de haver necessidade de mudança de direcção, seja por alguma obstrução; conflito com outros empreendimentos; necessidade de alcançar uma carga específica; entre outros aspectos o que é garantido pelos apoios de ângulo. Por sua vez os apoios de cruzamento permitem estabelecer cruzamento de duas linhas de duas redes distintas sejam eles de mesmo nível de tensão assim como não estabelendo uma distância conveniente entre elas de modo a que não ocorra contacto entre seus condutores.

Capítulo 3

FASES DA IMPLANTAÇÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

3.1. MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

A presente memória descritiva e justificativa é referente ao projeto de electrificação do bairro Mali, um bairro residencial localizado no Município da Matola, no posto administrativo de Infulene, no extremo nordeste, fazendo fronteira com os bairros Boquisso A, Boquisso B e Intaca e ainda separa os municípios de Matola e Marracuene. Este bairro não se beneficiando da rede eléctrica pública, foi identificada para se beneficiar deste serviço. Por ser um bairro extenso este foi subdividido por 3 blocos denominados Mali 1; Mali 2 e Mali 3. Sendo o Mali 3 o menos povoado entre eles.

A execução desta rede segundo os critérios da empresa Tes – Top, segue a ordem que a baixo é apresentada sem prejuízo de alteração de posicionamento de alguma etapa ou decurso de duas etapas consecutivas caso seja possível e se julgue necessário. O início da obra ocorre com a identificação do bairro que não deve encontrar se a beneficiar de energia eléctrica da rede pública, Faz – se a foto da planta e executar um esboço de acordo com a disposição do bairro, em seguida faz se o levantamento de carga de acordo com as residências e outros tipos de empreendimentos existentes no bairro sem deixar de considerar projetos futuros planificados para o mesmo bairro.

Com ajuda de uma roda métrica ou mesmo fita métrica faz se a medição das distâncias, localizar o ponto estratégico de alimentação do primeiro PT através do pórtico que deve ser preferencialmente o centro do conjunto de cargas que deve ainda garantir viabilidade econômica para a alimentação apartir da linha de média tensão que deve estar disponível na vizinhança.

Faz se em seguida o dimensionamento da rede de distribuição, determinando os parâmetros e características da linha, este vai ditar a elaboração do mapa de quantidades dos materiais para a execução da rede e posteriormente fazer se junto ao fornecedor a requisição do material.

Depois de transportado o material para o local de implantação, faz-se a picotagem, definindo-se o perfil da rede indicando onde deverão ser localizados os postos de transformação, os apoios tanto de média assim como de baixa tensão. Os postes (Apoios) ao longo da linha podem desempenhar funções tanto de Alinhamento; Derivação; Ângulo; Reforço; Cruzamento; Início/Fim de linha.

Estes apoios devem ser devidamente distanciados sendo que para uma rede de baixa tensão foram implantados com distâncias que variam entre 30 à 40 metros.

A rede de distribuição de energia deve ser feita em tensões que podem variar entre 6 à 33kV, proveniente das subestações transformadoras abaixadoras até aos postos de transformação que reduzem a tensão de entrada para uma tensão de saída de 230V (Monofásico) e 400V (Trifásico), considerada rede de distribuição primária enquanto que a rede de distribuição secundária corresponde a distribuição em baixa tensão que vai desde a saída dos postos de transformação aos consumidores finais, maioritariamente residências.

Uma subestação segundo o Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento (RSSPTS) é uma instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente eléctrica por transformadores estáticos, quando estes se destinam a alimentar postos de transformação.

Segundo o mesmo regulamento (RSSPTS) o Posto de transformação é uma instalação de alta tensão destinada à transformação da corrente eléctrica por transformadores estáticos, quando a corrente secundária for utilizada directamente nos receptores (ex. 380/220 V).

Para o bairro Mali foram utilizados postos de transformação do tipo aéreo categoria M1 – cujo transformador é montado à uma determinada altura de um determinado apoio (Poste), devendo a potência deste não superar 100kVA ou mesmo não superar um peso máximo de 1200 kg, de acordo com o manual de montagem de postos de transformação rurais.

Depois de bem identificados os locais de implantação dos postos de transformação; Postes (apoios) de média e de baixa tensão, faz-se a abertura de covas e implanta-se os respectivos postes, segue-se o equipamento dos postes que consiste em fixar a armação e os isoladores assim como a instalação do circuito de aterramento para o caso de apoios de média tensão, enquanto que os apoios de baixa tensão são equipados apenas por parafuso

gancho; fixados por porcas e arruelas ou gancho de ancoragem conforme o tipo de apoio. [Ver figura1 do Anexo A-1]. Em seguida faz se o lançamento do cabo sendo que o do lado de média tensão é cabo nú enquanto que para o lado de baixa tensão, usa se cabo torçado(ABC 4 x 50mm² + 25mm²). Após o lançamento dos cabos segue se a instalação(Suspensão) dos transformadores e a respectiva montagem do quadro de distribuição, ao fim desta fase, segue se a medição de terras de protecção, devendo a resistência conveniente não superar 10 ohm, havendo necessidade de reduzir caso se verifique que durante a medição esta resistência supera o valor normalizado.

A seguir à fase do condicionamento do circuito de aterramento faz se a alimentação dos transformadores e medir os valores das grandezas de saída para aferir o correcto funcionamento dos transformadores, o que significa que com o primário do transformador alimentado à uma tensão conveniente(33kV) no seu secundário deve apresentar a tensão de 0,4kV. Conforme os parâmetros da linha. Como procedimento de segurança é a seguir efetuada a ligação de algumas baixadas para uma experiência, avaliando as condições de funcionamento normal do sistema, essencialmente o comportamento do transformador de modo a garantir que este assume a carga. Comprovado o funcionamento seguro procede se com a ligação das restantes baixadas e entrega – se a obra.

Denomina se baixada ao cabo que parte do poste até ao ponto de tomada de energia pela carga, podendo ser por postilete ou uma portinhola. É Apresentado um exemplo de baixada na figura 5 do Anexo A-13.

3.2. REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

3.2.1. CÁLCULO ELÉCTRICO

3.2.1.1. LEVANTAMENTO DE CARGA

A linha de média tensão próxima que irá permitir a derivação para alimentar o bairro Mali é de 33kV proveniente da subestação denominada SE10, localizada arredores no bairro Zimpeto próximo ao Instituto Nacional de Normalização e Qualidade. Esta subestação faz parte de uma subdivisão da rede denominada Divisão de Transporte Sul (DTSU) com linhas de transporte de tensões entre 66; 110 e 275KV, transferindo ao todo uma potência de cerca de 495MVA de acordo com o manual de caracterização da rede nacional de transporte de 2016 da EDM. O bairro Mali comporta actualmente 2327 casas habitadas, uma escola primária, uma escola secundária e um hospital. Sendo que pelo número de consumidores houve necessidade de dividir as cargas em parcelas por forma a não sobrecarregar o transformador assim como garantir uma margem para uma previsão de crescimento de carga por um intervalo de tempo de 5 anos.

É importante notar que o projecto já tem definidas as características dos postos de transformação a serem instalados, sendo que sua potência aparente é de 75kVA. A informação relativa a este transformador consta da tabela 16 do anexo A-14.

Pelo facto deste bairro estar em vias de ser habitado, sendo que apresenta muitas obras em execução onde a maioria delas são do tipo 3, contendo os seguintes compartimentos: Sala comum; três Quartos pelo menos um deles com suite; WC; Cozinha e geralmente duas varandas, achou-se conveniente usar como potência média 6,6 kVA que será usada como base para o cálculo. É importante referir que mesmo as casas habitadas a maioria delas, apresentam – se como sendo do tipo 1 mas que correspondem a obras inacabadas ainda em construção.

3.2.1.1.1. Determinação da Potência Aparente das casas

Será estimado o valor da potencia aparente total correspondente às residências do bairro que seria o somatório das potências aparentes de todas residências existentes, essa potência é obtida pela expressão:

$$S_T = n * S_i * K_S * K_u \quad (1)$$

Onde:

S_T – É a potência aparente total das casas

S_i – Corresponde à potência de cada casa

K_S – É o factor de simultaneidade

K_u – É o factor de utilização

O fator de utilização caracteriza a condição de funcionamento da instalação representando a relação entre a potência que se presume estar a ser utilizada e a potência instalada.

O fator de simultaneidade representa o regime de funcionamento da instalação, conexão simultânea das várias cargas da instalação.

O valor do coeficiente de simultaneidade de uma rede de distribuição de energia é obtida usando se a seguinte expressão:

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

Sendo:

n – É o numero de cargas(Consumidores) alimentados

Que vai dar o resultado do factor de simultaneidade igual a 0,22

Neste caso a potência aparente correspondente às casas é:

$$S_T = 2327 * 6,6 * K_S * 0,75$$

$$S_T = 2327 * 6,6 * 0,22 * 0,75 = 2494,756kVA$$

3.2.1.1.2. Determinação da potência aparente de outras cargas

A expressão (1) é também usada para determinar as potências da(s) escolas(s) e hospitais(s) que tem os respectivos fatores K_S e K_u conforme apresentado nas tabela1 e 2 do anexo A-3.

Sendo assim a potência da escola sabendo que o bairro possui duas escolas, uma Primária e outra secundária teremos:

$$S_{esc} = 2 * S_i * K_S * K_u$$

$$S_{esc} = 2 * 22 * 0,5 * 0,75 = 16,6 \text{ kVA}$$

E, visto que o bairro possui ainda um centro de saúde rural do tipo II, a potência do mesmo é igual á:

$$S_{hosp} = 23,5 * 0,4 * 0,75 = 7,06 \text{ kVA}$$

3.2.1.1.2. Determinação da potência aparente da iluminação

A iluminação pública, destina se a iluminar e garantir visibilidade na via pública ao anoitecer para garantir conforto e comodidade no trânsito de peões e veículos motorizados durante o período noturno. Com a implementação da iluminação pública consegue se reduzir de forma significativa a onda de criminalidade e incrementa se a segurança rodoviária. A iluminação pública pode ser feita recorrendo se a lâmpadas de vários tipos, tendo cada tipo suas características distintas que torna, umas melhores que as outras.

Características Gerais de uma Lâmpadas

As características que uma lâmpada apresenta são as seguintes, segundo a EN 12665:2002; [Santos, 2001] citado por Seabra Frederico Olavo da Silva, 2018:

Fluxo Luminoso(lm): Valor inicial do fluxo luminoso da lâmpada, declarada pelo fabricante responsável, sendo a lâmpada utilizada em condições específicas e após um curto período de utilização de 100horas;

Potência(W): Potência consumida pela lâmpada durante o funcionamento;

Factor de sobrevivência(FSL): Fração do número total de lâmpadas que continuam a funcionar num determinado intervalo de tempo sob determinadas condições e determinadas frequências de troca;

Factor de manutenção da luminosidade da lâmpada(FMLL): Rácio entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada num dado momento da sua vida e o fluxo luminoso inicial;

Eficácia luminosa(lm/W): Quociente do fluxo luminoso emitido pela potência eléctrica absorvida;

Índice de reprodução da cor: É a capacidade de reprodução da cor de um objeto diante de uma fonte de luz, que permita visualizar as cores com naturalidade. É apresentado em uma escala que varia de 0 à 100%, quanto maior é esse índice melhor é a fidelidade na reprodução da cor[Guia de Iluminação Pública; vol1; 2021].

Existem ainda características como: Temperatura de cor(K); Luminância(cd/m²); Iluminância(lux ou lm/m²)

São a seguir apresentados os principais tipos de luminárias mais usadas para garantir a iluminação pública.

Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão

Esta lâmpada emite luz branco – azulada, cuja emissão se situa na região do visível dos comprimentos de onda do amarelo, verde e azul. Garantida pela camada fina de pó fluorescente depositado na superfície interna do invólucro exterior adicionado a uma pequena quantidade de gás, como argon, de mais fácil vaporização para facilitar o arranque. Entre o tubo de descarga e a invólucro exterior existe normalmente um gás inerte que estabiliza a lâmpada, mantendo uma temperatura praticamente constante relativamente às diferentes condições ambientais[Silva, 2014] citado por Seabra; Frederico Olavo da Silva, 2018. Para este tipo de lâmpada funcionar com segurança há necessidade de ser acoplada á um

balastro para limitar a intensidade de corrente solicitada, necessita também de um condensador para auxiliar no momento de descarga.



Figura2: Lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão[Guia de iluminação pública, 2021]

As principais características das lâmpadas de vapor de mercúrio de alta pressão[Seabra, 2021]:

- Eficiência luminosa baixa: 36 à 60 lm/W;
- Baixo índice de restituição de cores: 40 à 57;
- Tempo médio de vida baixo: 10000 à 16000 horas;
- Temperatura de cor: 3000 à 5000 K;
- Tempo de arranque e de re - arranque : 4 à 6 minutos;
- Necessitam de aparelhagem auxiliar: Balastro e condensador;
- Adequadas para a iluminação pública e em iluminação industrial.

Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão

No tubo da lâmpada de vapor de sódio de alta pressão, é contido um excesso de sódio, para dar condições de saturação do vapor quando a lâmpada funciona. Também é usado um excesso de mercúrio para proporcionar um gás de protecção, e o xenon é incluído, sob baixa pressão, para facilitar o arranque e limitar a condução do arco de descarga para a parede do tubo[TECI, 2004/2005].

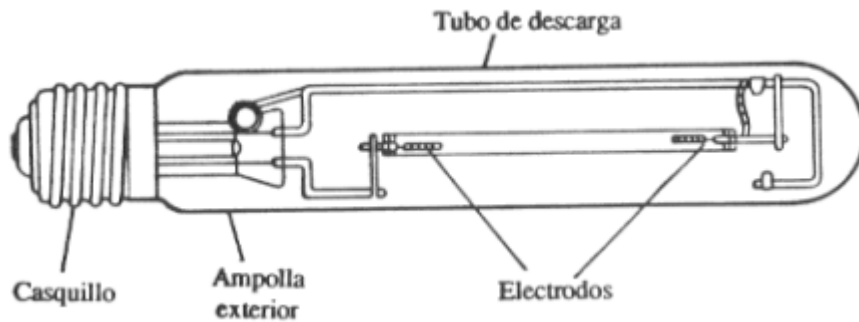


Figura 3: Composição da Lâmpada de vapor de Sódio de alta pressão[Fonte: TECI, 2004/5]

Para este tipo de lâmpada funcionar com segurança há necessidade de ser acoplada á um balastro para limitar a intensidade de corrente solicitada, necessita também de um condensador para auxiliar no momento de descarga.

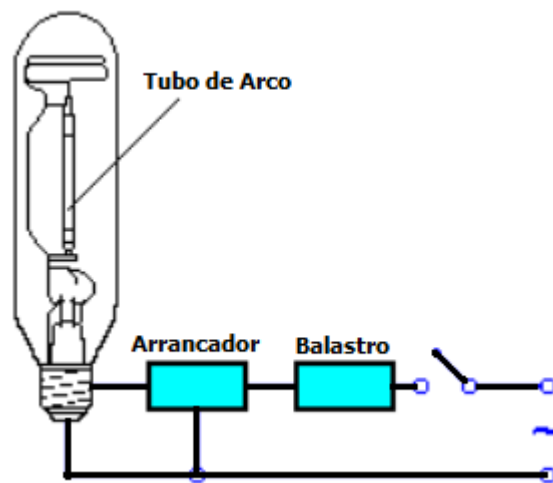


Figura 4: Operação da lâmpada de vapor de Sódio de alta Pressão[Fonte: TECI, 2004/5]

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão estão disponíveis com rendimentos luminosos até cerca de 120 lm/W, com uma temperatura de cor 1900 à 2500°K. Apesar de apresentar um preço relativamente elevado em relação à lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão apresenta uma vantagem quanto ao rendimento e ao índice de reprodução da cor, o que lhe confere maior solicitação em numerosas aplicações[TECI, 2004/05].



Figura 5: Modelo tubular da lâmpada de vapor de sódio de alta pressão[Fonte: Seabra, 2021]

As principais características de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão são[Seabra, 2021]

- Lâmpada de maior eficiência luminosa entre 90 lm/W e 140 lm/W;
- Índice de restituição de cores baixo 20 a 40;
- Temperatura de cor: 1900K a 2500K;
- Tempo médio de vida razoável: 16000 à 32000horas;
- Tempo de arranque e de re-arranque: 5 minutos e 1minuto;
- Necessitam de aparelhagem auxiliar: Balastro, ignitor e condensador;
- Tem uma iluminação que causa uma impressão mais agradável, em relação às de baixa pressão e as de vapor de mercúrio.

Lâmpadas com a tecnologia LED

Para a iluminação na atualidade, tende a se utilizar as luminárias com lâmpadas LED, apresentando como grande vantagem a eficiência, chegando uma lâmpada LED de 120W iluminar melhor que outra lâmpada convencional de 250W. A emissão da luz neste tipo de lâmpada é baseada no princípio de funcionamento do LED(Light Emitter Diode) que é um elemento do estado sólido que emite luz quando estabelecida uma tensão nos seus terminais, daí denominado de iluminação em estado sólido.



Figura 6: Luminária LED utilizada em iluminação pública[LEDUP, 2021]

Principais vantagens do uso de LED na Iluminação pública[Silva, 2014]

- Podem emitir luz de uma determinada cor, sem uso de filtros;
- Pode ser desenhado de modo a focar a luz emitida pontualmente; sem uso de reflectores externos;
- Não necessitam de sistemas para arrancarem, nem arrancadores nem de ignitores;
- Quando são usados com regulação de fluxo não modificam a tonalidade da cor da luz emitida com variação da intensidade de corrente que os atravessa;
- São bastante robustos em comparação com os restantes tipos de lâmpadas;
- Têm um tempo de vida médio bastante elevado: 35000 a 100000 horas;
- Atingem o seu fluxo nominal muito rapidamente (menos de 100ns);
- Podem ter dimensões muito reduzidas;
- Vasta gama de temperaturas de cor;
- Maior conforto visual;
- Elevado índice de restituição de cor: Superior a 70;
- Elevada eficiência, mais de 90% da energia consumida é transformada em luz;
- Menor envelhecimento precoce;
- Regulação do fluxo luminoso de 100% até 0%;

- Não contém mercúrio, prejudicial para o ambiente, ao contrário de todos outros tipos de lâmpadas de vapor de mercúrio e para a maioria de vapor de sódio.

Das desvantagens que os LEDs apresentam podem se destacar os seguintes[Silva, 2004]:

- Redução da luminosidade com o passar de tempo, podendo ser ainda de forma acentuada essa degradação;
- Gera distúrbios na rede, levando à necessidade de se investir em sistemas de protecção;
- Apresentam uma cor branca demasiado fria em alguns casos;
- Necessita de dispositivos de dissipação de calor nos LED de alta potência, pois a quantidade de luz emitida diminui com o aumento da temperatura;
- Distribuição da luz e uniformidade de brilho ainda não totalmente otimizados.

A seguir é apresentada a tabela comparativa entre as principais fontes luminosas usadas em iluminação pública.

Tabela 1: Comparação entre os tipos de luminárias mais usadas em iluminação pública

	Vapor de Mercúrio de Alta pressão	Vapor de Sódio de Alta pressão	LED
Rendimento Luminoso[lm/W]	De 40 a 60	De 80 a 150	Por vezes maior que 150
Temperatura de cor	De 3000K a 4000K	De 2000K a 3200K	3000K
Índice de restituição da cor	De 40 a 55	De 20 a 70	Maior que 75
Tempo de vida médio(horas)	10000 a 12000	De 8000 a 12000	60000
Tempo de Arranque(min)	Aprox 4	Aprox 5	Instantâneo
Luminância[cd/m ²]	De 4 a 15	De 25 a 500	Variável
Período de manutenção	2 anos	3 a 4 anos	12 anos
Equipamento auxiliar	Balastro e Condensador	Arrancador Balastro e Condensador	Inexistente

A potência que a iluminação vai solicitar será resultado do somatório de todas as luminárias considerando a potência da luminária dividido pelo seu factor de potência. Para o projeto são

usadas luminárias em LED de potência igual a 47W e factor de potência igual a 0,9 e fluxo luminoso correspondente a 6250 lm que serão instalados sobre os apoios de distribuição em baixa tensão à uma altura de 8 metros ou seja no extremo superior dos apoios.

$$S_{il} = \frac{n^{\circ} \text{ luminarias} * P}{\cos \varphi} \quad (3)$$

Onde:

P – è a potência da lâmpada

O número de armaduras a serem montadas depende das dimensões da rua a iluminar.

$$d = \frac{\varnothing_i * \eta_u * k_d * k_m}{E_m * L} \quad (4)$$

Sendo que:

d – è a distância entre dois centros de iluminação consecutivos

\varnothing_i – è o fluxo luminoso de cada lâmpada

η_u – è o coeficiente de utilização que è função de largura da rua por altura de montagem,

$\eta_u = f\left(\frac{L}{h}\right)$ de acordo com a figura 3 do anexo A-3.

k_m – è o coeficiente de manutenção igual a 0,95 ver tabela 3 do anexo A-4.

k_d – è o coeficiente de desgaste das luminárias igual 0,9.

E_m – è o nível de iluminação correspondente a 10 lux.

L – è a largura da rua visto que as ruas deste bairro não apresentam definição clara de área reservada a pedestre e área exclusiva para veículos motorizados.

È de notar que o bairro apresenta dois tipos de ruas com dimensões distintas as ruas secundárias apresentam largura de 5 metros enquanto que as consideradas principais tem largura de 10 metros. Não foram consideradas ruas com dimensões menores. Neste caso os cálculos para a determinação do coeficiente de utilização deverão ser feitos para as duas situações, logo:

i) Para a rua de 5 metros teremos:

$$\frac{L}{h} = \frac{5}{8} = 0,625$$

A resolução desta equação será feita por método de interpolação, segundo dados obtidos da figura 3 do anexo A-3 e apresentados na tabela a seguir.

L/h	0,5	0,625	1
η_u	0,206	η_u	0,3

$$\eta_u = 0,206 + \frac{(0,3 - 0,206)(0,625 - 0,5)}{(1 - 0,5)} = 0,230$$

ii) Para rua de 10 metros:

$$\frac{L}{h} = \frac{10}{8} = 1,25$$

L/h	1	1,25	1,5
η_u	0,3	η_u	0,375

$$\eta_u = 0,3 + \frac{(0,375 - 0,3)(1,25 - 1)}{(1,5 - 1)} = 0,338$$

Então para os dois casos com a substituição dos dados na equação (4) teremos respectivamente:

$$d_5 = 24,58 ; d_{10} = 18,08$$

Visto que as luminárias devem ser instaladas nos apoios de distribuição em baixa tensão por questões econômicas a distância entre as luminárias deverá ser igual a distância entre os apoios que è em média igual a 40 metros. Esta decisão será tomadas em relação às duas situações tanto nas ruas de 5 metros assim como nas de 10 metros pois os seus resultados de distâncias entre dois centros de iluminação consecutivos são inferiores à distância normalizada entre dois apoios de baixa tensão consecutivos.

Com a extensão média da rede a rondar os 17000 metros o número de luminárias necessária é de :

$$n^{\circ} \text{ luminarias} = \frac{17000}{40} = 425$$

Substituindo na equação (3), Obtem se a potência de iluminação

$$S_{il} = 24968,75VA = 24,97 \text{ kVA}$$

A potência aparente da carga total do projecto será dada pela equação (5):

$$S_C = S_T + S_{esc} + S_{hosp} + S_{il} \quad (5)$$

$$S_C = 2494,75 + 16,5 + 7,06 + 24,97 = 2543,3 \text{ kVA}$$

Considerando taxa de crescimento de 5% num horizonte de 5 anos o valor da potência é ajustado recorrendo se a fórmula do factor de crescimento a seguir:

$$k_f = \left(1 + \frac{\alpha\%}{100}\right)^N \quad (6)$$

$$S_{ajust} = S_C * k_f \quad (7)$$

Onde:

k_f – Factor de crescimento da carga;

N – É o número de anos;

$\alpha\%$ - Taxa anual de crescimento da carga

$$S_{ajust} = 2543,3 * \left(1 + \frac{5}{100}\right)^5 = 3246,22 \text{ kVA}$$

Visto que o projecto já tem definido a potência do transformador a ser utilizado (75kVA) então resta determinar o número de transformadores necessários à instalar:

$$n_{transf} = \frac{S_{ajust}}{S_i} \quad (8)$$

Considerando:

n_{transf} – número de transformadores necessários para o projecto;

S_{ajust} – Potência aparente calculada considerando o crescimento de carga durante 5 anos;

S_i – Potência aparente nominal de cada transformador

Substituindo todos valores da expressão (8) considerando valores normalizados de potência, temos 43,28 logo são necessário 44 postos de transformação para suprir e garantir o funcionamento em pleno da rede durante 5 anos.

Para garantir esta interligação do bairro com a rede é necessário a construção de uma linha de média tensão. Esta linha deve possuir características que possam facilitar a integração da bairro á rede eléctrica nacional, logo de acordo com o nível de tensão de entrada dos transformadores a serem utilizados esta linha deve ter uma tensão de 33kV e capaz de suprir a potência solicitada pela carga na rede.

3.2.2. Determinação dos parâmetros da linha de média Tensão

O bairro Mali não dispõe de nenhuma linha de média tensão ao longo da sua extensão, sendo, por isso, necessário fazer se a interligação apartir de uma linha de 33kV que localiza se na vizinhança, o bairro Boquisso que dista à 5km.

Visto que a linha possui uma tensão de 33kV será necessário verificar se esta tensão está dentro dos valores econômicos de transmissão, recorrendo se á fórmula empírica de still, esta fórmula serve para fornecer o valor da tensão em função da distância e potência a transmitir, de modo a avaliar a viabilidade de transmissão de energia considerando custos sob o ponto de vista de material a utilizar e as perdas decorrentes da sua exploração, é importante destacar que a utilização desta linha deve permitir que não se ultrapasse os níveis admissíveis de quedas de tensão. Neste caso a tensão econômica de transmissão é estimada pela fórmula:

$$U_{econ} = 5,5 * \sqrt{\frac{l}{1,61} + \frac{P}{100}} \quad (9)$$

Onde:

U_{econ} – Tensão econômica de transmissão em kV

l – O comprimento da linha em km;

P – A potência activa a ser transmitida em kW

Sabe se que: $P = S * \cos \varphi$

De acordo com a potência determinada considerando que serão 44 postos de transformação totalizando 3300kVA, então $P = 3246,22 * 0,8 = 2596,98kW$.

Substituindo todos dados na equação (9) tendo em conta a distância de transmissão de 5km, obtem – se tensão econômica igual a 29,7 kV. O que significa é economicamente viável transmitir a energia apartir da linha já disponível com tensão igual a 33kV.

3.2.2.1. Cálculo da reactância da linha de média tensão

Visto que o cabo disponibilizado pelo projeto para a linha de média tensão é do tipo AAAC(All Aluminium Alloy Conductor), 150mm², com os restantes parâmtros apresentado a baixo.

Secção nominal (S)	151,85 mm ²
Resistência quilométrica a 20° C	0,2199 Ω/km
Diâmetro do condutor	15,95 mm ²
Temperatura de operação	75° C
Coeficiente de temperatura (α).....	0,00390° C ⁻¹
Carga de ruptura	36,06 kN
Coeficiente de dilatação linear	23*10 ⁻⁶ °C ⁻¹

Então o dimensionamento será feito para verificar se este é o tipo de cabo adequado.

Segundo os desenhos aprovados pela EDM, para a média tensão a linha tem a configuração em esteira horizontal com as distâncias apresentadas a seguir. Vide figura 6 do Anexo-A10.

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

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

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

Determina – se a reactância da linha por km pela expressão a seguir:

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

Onde:

D_{mg} – Diâmetro médio geométrico

r_{mg} – Raio médio geométrico

f – Frequência da rede para o caso da rede nacional $f = 50\text{Hz}$

$$D_{mg} = \sqrt[3]{D_{12} * D_{23} * D_{13}} \quad (11)$$

$$r_{mg} = r * e^{-\frac{1}{4}} \quad (12)$$

Substituindo todos os dados nas expressões (10) e (11) de acordo a tabela 5-A do anexo A-5 segundo o catálogo da “ELAND CABLE” temos:

$$D_{mg} = 1385,9\text{mm}$$

$$r_{mg} = 7,9 * 0,779 = 6,15\text{mm}$$

Por fim teremos com a respectiva substituição dos dados na fórmula (9), o valor da reatância por km de $X = 0,00034 \frac{\Omega}{m} = 0,34\Omega/km$

Para a distância de 5km teremos $X_{5km} = 0,34\Omega/km * 5,75km = 1,955\Omega$.

De notar que o comprimento da linha deve ser considerado ponderado incrementando 15% para satisfazer as flechas existentes ao longo dos vãos entre os apoios.

3.2.2.2. Cálculo da resistência tendo em consideração a temperatura de operação

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

$$R_{\theta} = R_{20^{\circ}} [1 + \alpha_{20}(t_{\theta} - 20^{\circ})] \quad (13)$$

Onde:

R'_{θ} - Resistência eléctrica a temperatura de operação (θ), em Ω/km ;

R'_{20} - Resistência eléctrica a 20°C, em Ω/km .

θ - Temperatura de operação considerada;

Substituindo os respectivos dados de acordo com a tabela 5-B do anexo A-4 obtêm se

$$R_{\theta} = 0,2199 [1 + 23 * 10^{-6} * (75 - 20)] = 0,2202 \Omega/\text{km}$$

Para o comprimento da linha considerando as fechas $l_{linha} = 5\text{km} * 1,15 = 5,75\text{km}$ a resistência fica: $R_{\theta} = 5,75 * 0,2202 = 1,266 \Omega$.

3.2.2.3. Impedância da linha

$$Z' = R' + jX' = (0,2202 + j0,34)\Omega/\text{km}$$

$$Z = R + jX = (1,266 + j1,96)\Omega$$

Mas também para efeitos de análise podemos, visto tratar se de nova linha determinar se a reactância da linha apartir do procedimento indicado a seguir:

A reactância será obtida recorrendo à expressão (10) depois de determinados para posterior substituição dos valores dos parametros apartir das expressões (11) e (12).

Tratando se de um projeto a distância adequada entre os condutores terá de ser calculada com auxilio da expressão(16), considerando que o condutor a ser utilizado é neste caso o AAAC.

$$D = 0,75k\sqrt{f_{max} + \lambda} + \frac{U}{200} \quad (16)$$

Onde:

D - é a distância entre condutores consecutivos (m);

f_{\max} - é a flecha máxima dos condutores (=0,72m);

λ - é a comprimento da cadeia de isoladores ($\lambda = 0$, para isoladores rígidos e cadeias de amarração);

K - é um coeficiente que depende da natureza do condutor (para AAAC, $k = 0,7$)

U - é a tensão nominal da linha em kV($U_n = 33kV$).

Assim: $D = 0,61m$

Sendo a linha horizontal, as distâncias a considerar entre os condutores de fase são:

$$D_{12} = 0,7m; D_{23} = 0,7m \text{ e } D_{13} = 1,4m$$

$$r_{mg} = 7,9 * 0,779 = 6,15mm$$

$$D_{m,g} = 0,828m$$

$$X = 4\pi * 10^{-7} * 50 * \ln \frac{0,828}{0,00615} = 0,31 \Omega/km$$

A reactância total será: $X_{5km} = 0,31 * 5 * 1,15 = 1,783\Omega$

Impedância da linha

Ficando a impedância da linha igual:

$$Z' = 0,169 + j0,31 \Omega/km$$

$$Z = 0,978 + j1,783 \Omega$$

Avaliando os resultados considerando os parametros já estabelecido pelo projeto da EDM e os resultados obtidos apartir de cálculos teórico, consegue perceber se que não há alteração significativa dos valores que possa comprometer a exploração dessa linha, ou seja os parâmetros definidos pelo projeto fornecido estão dentro dos valores previstos pelos cálculos. Sendo que a aprovação desses parâmetros depende neste momento da avaliação do nível de tensão a ser gerado considerando os dois casos.

3.2.2.4. Cálculo da secção do condutor

Para a execução deste projeto, O condutor a ser utilizado deverá ser flexível do tipo AAAC que é o cabo actualmente usado em projetos de electrificação e expansão da rede nos novos bairros.

A secção do condutor deve ser feita considerando as limitações segundo a densidade de corrente pelo cabo, limite de queda de tensão admissível, assim como a capacidade de transporte. Visto que o projecto já tem definido o cabo e a secção que é Mulberry 150mm² o que será feito é determinar se este é adequado para aplicação nesta rede, comparando se os resultados com as respectivas características que encontram se nas tabelas 5-A; 5-B e 5-C do anexo A-4.

Para determinar a secção técnica usa – se a expressão (13) conhecido o valor da densidade econômica corresponde a $\partial(A/mm^2)$.

$$A = \frac{I_s}{\partial} \quad (14)$$

Onde:

I_s – Intensidade de corrente máxima de serviço da linha

∂ – Densidade econômica (A /mm²)

A – Secção mínima do condutor a ser usado para conduzir a corrente(mm²)

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} U_n} \quad (15)$$

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} U_n} = \frac{3300kVA}{\sqrt{3} * 33kV} = 57,74A$$

De acordo com a tabela 5 – D do anexo A – 6 extraído do catálogo da ELAND CABLE, pode se determinar o valor da densidade econômica sabendo que a condutividade de corrente do condutor seleccionado corresponde à 58,8%, então teremos:

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

$$A = \frac{57,74}{1,6} = 36,1 \text{ mm}^2$$

Este valor de secção obtido é muito baixo em relação à secção do condutor escolhido para ser utilizado no projeto, facto este que contribue para redução de quedas de tensão ao longo da linha assim como redução de perdas ao longo da mesma linha, o que poderá ser verificado apartir dos respectivos cálculos.

De acordo com os resultados esta rede poderia ser executada usando um cabo *Mink* pois apresenta uma boa capacidade de transporte, mesmo considerando crescimento do bairro dentro do intervalo de tempo estipulado. O condutor em causa apresenta as seguintes características:

Secção nominal (S)	73,71 mm ²
Resistência quilométrica a 20° C	0,4541 Ω/km
Diâmetro do condutor	10,98 mm ²
Temperatura de operação	60° C
Coefficiente de temperatura (α).....	0,00403° C ⁻¹
Carga de ruptura	2223 kg
Coefficiente de dilatação linear	19,1*10 ⁻⁶ °C ⁻¹

Para este condutor podemos calcular:

Resistência à temperatura de operação usando a expressão(10) mostrada a seguir, de onde substituindo os respectivos dados obtem – se:

$$R_{\theta} = 0,4541 * [1 + 0,00403 * (75^0 - 20^0)] = 0,555\Omega/km$$

Para a distância de 5km ajustada devido as flechas fica:

$$R_{\theta} = 0,555 * 5 * 1,15 = 3,19\Omega$$

Reactância da linha

Pelo mesmo procedimento usado anteriormente, A reactância poderá ser obtida recorrendo à expressão (10) depois de determinados para posterior substituição dos valores dos parametros apartir das expressões (11) e (12), considerando neste caso o condutor Mink.

$$D = 0,75k\sqrt{f_{max} + \lambda} + \frac{U}{200} \quad (16)$$

Onde:

D - é a distância entre condutores consecutivos (m);

f_{max} - é a flecha máxima dos condutores (=0,72m);

λ - é a comprimento da cadeia de isoladores ($\lambda = 0$, para isoladores rígidos e cadeias de amaração);

K - é um coeficiente que depende da natureza do condutor (para ASCR, $k = 0,6$)

U - é a tensão nominal da linha em kV($U_n = 33kV$).

Assim: $D = 0,55m$

Sendo a linha horizontal, as distâncias a considerar entre os condutores de fase são:

$$D_{12} = 0,6m; D_{23} = 0,6m \text{ e } D_{13} = 1,2m$$

$$r_{mg} = 4,844 * 0,779 = 3,77mm$$

$$D_{mg} = 0,756m$$

$$X = 4\pi * 10^{-7} * 50 * \ln \frac{0,756}{0,00377} = 0,333 \Omega/km$$

A reactância total será: $X_{5km} = 0,333 * 5 * 1,15 = 1,915\Omega$

Impedância da linha

Ficando a impedância da linha igual:

$$Z' = 0,555 + j0,333 \Omega/km$$

$$Z = 3,19 + j1,92 \Omega$$

Nota se que a impedância referente a este tipo de condutor do tipo ACSR é relativamente superior à do tipo AAAC conforme os cálculos anteriores o que poderá contribuir no nível de quedas tanto de tensão assim como perdas de potência ao longo da linha.

3.2.2.5. Cálculo da queda de tensão

Para permitir uma análise comparativa será determinada a queda de tensão para os dois casos, por um lado usando o cabo Mink por outro o Mulberry.

A queda de tensão é dada pela expressão (17), considerando o comprimento total da linha desde a subestação até ao ponto de localização do posto de transformação mais distante.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R \cdot l_{\text{linha}} + Q \cdot X \cdot l_{\text{linha}}}{U_n^2} * 100\% \quad (17)$$

Onde:

$\Delta U\%$ - é a queda de tensão (%);

U_n - é a tensão nominal da linha (V);

P - é a potência activa ($P=S \cdot \cos \varphi$);

Q - é a potência reactiva ($P=S \cdot \sin \varphi$);

R - é a resistência quilométrica da linha (Ω/km);

X - é a reactância quilométrica da linha (Ω/km);

L_{linha} - é o comprimento do condutor da linha

Para o cabo Mink, é

$$\Delta U\% = \frac{(2640 * 0,555 * 6,9 + 2025 * 0,333 * 6,9) * 10^3}{33000^2} * 100\% = 1,304\%$$

Para o cabo Mulberry.

$$\Delta U\% = \frac{(2640 * 0,37 * 6,9 + 1980 * 0,34 * 6,9) * 10^3}{33000^2} * 100\% = 0,659\%$$

De acordo com os resultados, percebe – se que esta nova linha pode ser implementada tanto com o cabo Mink assim como com o Mulberry, visto nenhum deles contribue para uma queda excessiva de tensão, ou seja a queda de tensão criada tanto em uma ou outra linha encontra se dentro de parâmetros estabelecidos que é de até 5%. Mas logicamente que pode se perceber que com o cabo mulberry teremos maior capacidade de transmissão de potência e funcionamento satisfatório com o aumento de carga.

3.2.3. Determinação dos parâmetros de Curto – Circuito

3.2.3.1. Cálculo da potência e Corrente de curto – circuito

Em condições normais de funcionamento da instalação a linha deverá ser percorrida por corrente nominal, mas podem ocorrer condições adversas ao funcionamento da instalação, nestas situações grandes correntes podem circular no circuito, algumas das causas basicamente são descargas atmosféricas; defeito de isolamento dos equipamentos ou ainda manobras na linha. Esta corrente chamada corrente de curto-circuito pode danificar o equipamento, dai que a sua determinação é importante para a escolha dos aparelhos de protecção.

Para a determinação da corrente e potência de curto-circuito será usado o método de percentagem por megavolt-ampere (%/MVA), cujo procedimento é a seguir apresentado:

As impedâncias dos elementos da rede são dadas por:

- a) Rede a montante da subestação:

$$Z_{CC} = \frac{1,1 * 100\%}{S_{CC}} = \frac{1,1 * 100\%}{367} = 0,3\%/MVA$$

S_{cc} - é a potência de curto-circuito a montante da subestação SE10 (=367MVA)

- b) Linha de transmissão existente desde a subestação até ao ponto de derivação:

$$Z_{CC} = \frac{Z' * l_{linha}}{S_{CC}} * 100\% = \frac{0,62 * 9,2}{33^2} * 100\% = 0,52\%/MVA$$

c) Linha de transmissão do projecto:

$$Z_{CC} = \frac{Z' * l_{linha}}{S_{CC}} = \frac{3,536}{33^2} * 100\% = 0,32\%/MVA$$

• d) Transformadores: $Z_{cc} = U_{cc} / S_n$

Tabela2: Parâmetros dos transformadores do projeto

INSTALAÇÃO	$S_n(MVA)$	$U_n(kV)$	$U_{cc}(\%)$	RAZÃO DE TRANSFORMAÇÃO	$Z_{cc}(\%/MVA)$
Subestação SE10	10	66/33	10,6	2,0	1,06
PTs a Instalar no bairro	3,3	33/0,4	3,24	82,5	1,0

A corrente e potência de curto circuito são dadas pelas fórmulas:

$$S_{CC} = \frac{1,1 * 100\%}{Z_K} (18); \quad I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} * U_n} (19); \quad I_s = x * I_{CC} * \sqrt{2} (20)$$

Onde:

S_{cc} - é a potência aparente de curto circuito (MVA);

Z_k - é a impedância até ao ponto considerado;

I_{cc} - é a corrente de curto circuito;

U_n - é a tensão nominal;

I_s - e a corrente máxima assimétrica;

x - é o factor de impulso ($x = 1,8$).

Tabela 3: Parâmetros da linha do projeto

VARIÁVEIS	PONTO DE DERIVAÇÃO DA REDE EM PROJECTO	FIM DA LINHA DE MT EM PROJECTO
Tensão (KV)	33	33
S_{cc} (MVA)	58,5	54,1
I_{cc} (KA)	1,02	0,95

I_s (KA)	2,61	2,41
------------	------	------

3.2.4. Protecção do Ramal de Média Tensão

O ramal – Troço compreendido entre o ponto de derivação na linha já existente até ao pórtico da nova linha a ser estabelecida. A protecção desta linha de média tensão a ser construída será feita por *drop-outs* colocados no respectivo pórtico a ser montado próximo ao ponto de derivação, para evitar que defeitos na linha afectem todos os consumidores do alimentador geral e também para permitir colocar fora de serviço apenas a nova linha em caso da realização de trabalhos de manutenção.

O dimensionamento dos *drop-outs* é feito em função da tensão nominal da rede; capacidade de transporte da linha e da corrente de curto-circuito assimétrica, devendo: $I_{nDispositivo} \geq I_{nlinha}$; $U_{nDispositivo} \geq U_{nrede}$, e a Capacidade de corte do aparelho deve ser maior ou igual à Corrente máxima assimétrica(I_s).

Neste caso, Sendo $U_{nlinha} = 33kV$; $I_{nlinha} = 69,98A$ e $I_s = 26,2kA$ serão usados *drop-outs* com tensão nominal 36kV, corrente nominal 100A e capacidade de corte 8kA.[Conforme a tabela 6 do anexo A-5].

3.3. CÁLCULOS MECÂNICOS

Para a contínua exploração desta infraestrutura com segurança, há uma necessidade de além do dimensionamento dos parâmetros eléctricos, também fazer se os cálculos mecânicos que vão determinar as condições de instalação dos condutores, isoladores, apoios e outros acessórios da linha de forma a suportar os condutores que vão transmitir a energia visto que a rede é aérea.

Serão estes cálculos feitos considerando as condições mais desfavoráveis de montagem.

3.3.1. Cálculo mecânico do condutor

O condutor eléctrico além da resistência eléctrica, possui também uma resistência mecânica, Neste caso para o condutor determina – se a carga e tensão de segurança, com

base nas características mecânicas do mesmo. O condutor em causa apresenta a carga de ruptura: $T = 4763 \text{kgf}$

O cálculo da carga de segurança (σ_a) e a tensão de segurança (t_o) são dadas pelas expressões:

$$\sigma_a = \frac{T}{C_s} \quad (21) \quad e \quad t_o = \frac{\sigma_a}{S} \quad (22)$$

Onde:

c_s - é o coeficiente de segurança (=2.85 segundo o RSLEAT);

S - é a secção total do condutor

De acordo com estes dados temos:

$$\sigma_a = \frac{4763}{2,85} = 1671,2 \text{kg} ; \quad t_o = \frac{1671,2}{150} = 11,14 \text{ kg/mm}^2$$

3.3.2. Cálculo mecânico dos apoios

3.3.2.1. Cálculo do vão crítico de montagem

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

$$a_{cr} = t_o * \sqrt{\frac{24 * \alpha_l * (\theta_v - \theta_i)}{F_v^2 - F_i^2}} \quad (23)$$

Sendo:

a_{cr} - O vão crítico (m);

t_o - A Carga de segurança (kg);

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

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

θ_v - Temperatura na hipótese de verão (=35°C);

θ_i - Temperatura na hipótese de inverno (=15°C);

α_l - O Coeficiente de dilatação linear (=23*10⁻⁶ °C⁻¹);

O peso aparente do condutor é dado por:

$$F^2 = p_o^2 + F_1^2 \quad (24)$$

Sendo:

P_o - Peso próprio do condutor (=3,46*10⁻³ kg/mm²m);

F_1 - Força do vento sobre o condutor.

Sabendo que:

α - Coeficiente de redução (=0,6, segundo o RSLEAT);

c - Coeficiente de forma (=1,0 [ver tabela 11 do anexo A-6]);

q - Pressão dinâmica do vento (kg/m²);

d - Diâmetro do condutor (mm)

S - Secção total do condutor (mm²)

Pode – se calcular a força do vento que este condutor suporta, com a expressão(25)

$$F_1 = \frac{\alpha_l * c * q * d}{S} \text{ (kg/mm}^2\text{m)} \quad (25)$$

A seguir são apresentadas de forma resumida as condições de montagem que serão consideradas para o dimensionamento:

Tabela 4: Condições de montagem dos cabos de acordo com o ambiente do local

Hipótese de vento máximo no verão	Hipótese de vento reduzido no inverno	Condições de flecha maxima	Condições de flecha minima
$\theta_v = 35^\circ\text{C}$ $q_v = 75 \text{ kg/m}^2$	$\theta_i = 15^\circ\text{C}$ $q_i = 18,75 \text{ kg/m}^2$	$\theta_m = 60^\circ\text{C}$	$\theta_m = 15^\circ\text{C}$

É importante notar que o condutor a ser escolhido poderá funcionar instalado em regiões com temperatura ambiente de 40°C conforme especifica o catálogo “ELAND CABLE”.

Considerando os dados a cima, obtem se os valores apresentados a baixo:

Tabela5: Parâmetros dos Esforços mecânicos sobre os cabos

Hipótese	α	C	Q(kg/m ²)	F ₁ (kg/mm ² m)	F(kg/mm ² m)
Vento máximo(Verão)	0,6	1,1	75	5,25 * 10 ⁻³	F _V = 11,48 * 10 ⁻³
Vento reduzido(inverno)	0,6	1,1	18,75	1,32 * 10 ⁻³	5,49 * 10 ⁻³

Substituindo todos os dados na expressão (23) temos $a_{cr} = 92,1m$

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

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

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

3.3.2.2. Determinação da carga aplicada aos apoios

Os apoios a serem utilizados ao longo da linha devem apresentar características adequadas para que possa suportar a carga que os condutores sobre eles suspensos irão impor. Segundo o RSLEAT, a carga máxima aplicada a 0,6 metros do topo do apoio tem que ser de 437 Kg para apoios de 0,12 m até ao topo, e 665 Kg para apoios com 0,15 m até ao topo.

A força útil aplicada a 0,60 metros do topo do apoio, devido a acção das solicitações regulamentares é determinada por meio da expressão (26):

$$F_u = \frac{F_c(3Hu - h_1 - h_2 - h_3) + F_a(3Hu - h_1 - h_2 - h_3)}{Hu - 0.6} \quad (26)$$

Onde:

F_c – Forças devidas ao vento máximo e;

F_a – Força mínima sobre um isolador

h_1, h_2 e h_3 – Distâncias dos condutores ao topo do apoio;

Hu – Altura do apoio fora do solo.

A acção do vento máximo será dada pela expressão que se segue:

$$F_v = \alpha * c * q_v * d * a \quad (27)$$

Sendo:

F_v - A acção do vento máximo (Kg);

α - O coeficiente de redução do vento máximo (= 0,6);

c - O coeficiente de forma do vento máximo (= 1,2);

q_v - A pressão dinâmica do vento máximo (= 75 Kg/ m²);

d - O diâmetro total do condutor (= 15,9*10⁻³ m);

a - O comprimento do vão (= 90 m).

Substituindo todos dados na expressão (27) obtem – se:

$$F_v = 0,6 * 1,2 * 75 * 15,8 * 10^{-3} * 90 = 77,27Kg$$

Neste caso A acção do vento mínimo é dada por:

$$F_a = \alpha * c * q_i * S = \alpha * c * q_i * \frac{\pi d^2}{4} \quad (28)$$

De Onde:

F_a - é a acção do vento mínimo (Kg);

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

d - é o diâmetro do isolador (para o isolador do projeto $d = 0,1$ m)

c - é o coeficiente de forma do vento mínimo (=1 [ver tabela 7 do anexo A-6]);

α - é o coeficiente de redução do vento mínimo (= 1[de acordo com RSLEAT]);

q_i - é a pressão dinâmica do vento mínimo(= $18,75$ Kg/m²);

Neste caso a acção do vento mínimo será:

$$F_a = 1 * 1 * 18,75 * \frac{3,14 * 0,1^2}{4} = 0,047Kg$$

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

$$H_u = H - Pe \tag{29}$$

$$e Pe = 0,1H + 0,5 = 0,1 * 12,0 + 0,5 = 1,70 m$$

$$H_u = 12,0 - 1,7 = 10,3 m$$

A distância dos condutores ao topo do poste é dada por:

$$d = 0,1 + \frac{U}{150} = 0,1 + \frac{33}{150} = 0,32m \tag{30}$$

Visto que trata – se de uma linha horizontal: $h_1=h_2=h_3=0,32m$

com estes dados temos:

$$F_u = \frac{65,22 * (3 * 10,3 - 3 * 0,32) + 0,047 * (10,3 - 3 * 0,32)}{10,3 - 0,6} = 201,35kg$$

Cálculo da flecha máxima

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

Para determinar o valor da flecha máxima a ser considerada numa linha deve – se conhecer o vão máximo, a temperatura de montagem, o tipo de condutor a usar e a zona de

implantação desta linha, devendo se recorrer á resolução da equação de mudança de estados, descrita pela expressão (31).

$$t_m^3 + t_m^2(C_1 + C_2) = C_3 \quad (31)$$

Onde:

$$C_1 = \alpha * E(\theta_m - \theta_v) - t_o$$

(32)

$$C_2 = \frac{d^2 * F_v^2 * E}{24t_o^2} \quad (33)$$

$$C_3 = \frac{d^2 * p_o^2 * E}{24} \quad (34)$$

$$T_m = t_m * S \quad (35)$$

$$f_m = \frac{p_o * d^2 * S}{8T_m} \quad (36)$$

Onde:

t_m – é a tensão de montagem;

θ_m – é a temperatura de montagem (=35°C);

d – é o vão de montagem (=90m);

α - é o coeficiente de dilatação linear [ver tabela 5-B do anexo A-4];

E – é o módulo de elasticidade do material [ver tabela 5-C do anexo A-5];

P_o – é o peso por unidade de secção e de comprimento;

T_m – é a tracção de montagem;

Substituindo por todos dados temos os seguintes resultados:

$$C_1 \left(\frac{kg}{mm^2} \right) = -9,07$$

$$C_2 \left(\frac{kg}{mm^2} \right) = 2,75$$

$$C_3 \left(\frac{kg}{mm^2} \right) = 48,29$$

$$T_M \left(\frac{kg}{mm^2} \right) = 7,24$$

$$T_M(kg) = 533,7$$

$$T_M(kg) = 0,72$$

3.3.2.3. Cálculo da profundidade de encastramento dos apoios

Para garantir uma fixação firme e consistente dos apoios deve se enterrar firmemente os apoios ao solo. A profundidade de encastramento dos apoios, pode ser extraída da expressão (29),

Sendo $H=12,0m$ a altura total do apoio. Assim:

$$Pe = 0,5+0,1*12,0 = 1,7 m$$

3.3.3. Cálculo das Espias

Segundo o RSRDEEBT no seu capítulo VI do artigo 31 temos que:

As espias deverão ser fixadas aos apoios da seguinte forma:

a) A um nível inferior ao do condutor mais baixo, para redes de condutores nus dispostos em quincôncio, em esteira horizontal e ainda em esteira vertical, quando a espia se situar do mesmo lado da fixação dos condutores;

b) Ao mesmo nível do ponto de aplicação da resultante dos esforços que se exercem sobre o apoio, para redes de condutores isolados em feixe (torçada) ou para redes de cabos auto-suportados ou suspensos de fiadores e ainda para redes de condutores nus dispostos em esteira vertical, quando a espia se situar do lado oposto ao da fixação dos condutores.

2 - A fixação das espias far-se-á em condições que ofereçam garantia de duração e resistência, observando - se as distâncias de segurança relativamente aos condutores.

3 - Na parte enterrada será utilizada uma âncora ou maciço que assegure uma conveniente amarração da espia.

O cálculo das dimensões da espia compreende a distância da profundidade de encastramento até ao ponto onde se vai abrir a cova do apoio, obtido a partir da expressão(37):

$$E = \frac{2 H_u}{3} = \frac{2*10,3}{3} = 6,87m \quad (37)$$

Mas também segundo o Guia Técnico da Solidal; é necessário que o ângulo formado pela espia e o apoio não seja inferior á 30° , Devendo a força a suportar pela espia (F_e) calculada pela expressão(38), enquanto que a força vertical descendente (F_a)suportada pelo apoio é dada pela expressão(39).

$$F_e = \frac{F}{\sin \alpha} \quad (38)$$

$$F_a = \frac{F}{\tan \alpha} \quad (39)$$

Sendo α o ângulo formado entre a espia e o apoio.

3.4. Dimensionamento do posto de transformação

De acordo com o plano aprovado pela EDM os transformadores a serem utilizados devem ser de 75kVA a serem instalados sobre um apoio, correspondendo ao posto de transformação do tipo M1; sendo que o peso deste transformador não deve superar 1200kg. Este transformador tem do lado do primário uma corrente igual a 1,312 A e no seu secundário uma corrente correspondente à 108,253 A e corrente de curto circuito igual a 25 kA. Por conta destas características conforme o cálculo anterior deverá o projeto conter 54 postos de transformação.

Além do posto de transformação do tipo M1, e EDM tem usado também:

- PTs em poste de betão (Tipo B): destinado fundamentalmente a alimentar pequenos consumidores com uma potência até 30 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.

A conexão entre as buchas de BT do transformador e o painel de distribuição de BT deve ser feita por cabo de cobre isolado do tipo NYBY ou NYY, $4 \times 50\text{mm}^2 + 35 \text{mm}^2$ de acordo com o seu dimensionamento segundo a potência do transformador e a capacidade de corrente de saída, que se pode obter de acordo com a tabela 11 em anexo A-7, notando que não existindo nesta tabela um transformador de 75kVA, recorre – se ao imediatamente superior que serve muito bem pois a respectiva corrente está dentro dos parâmetros de dimensionamento.

Ainda de acordo com o manual de montagem de postos de transformação rural, temos os calibres dos dispositivos apresentados na tabela 5.

Tabela6: Parametros dos dispositivos de proteção usados no Posto de transformação

Dispositivo	Para – Raios	Disjuntor	Fusíveis	Drop outs	Link(drop out)
Característica	$U_{\text{nominal}} = 36\text{kV};$		$I_N = 100 \text{ A}$	$I_{\text{Corte}} = 8\text{kA};$	$I_n = 1,8 \text{ A}$
	$I_{\text{Corte}} = 10\text{kA}$		$I_Z = 159 \text{ A}$	$U_{\text{Choque}} = 150\text{kV}$	$I_{\text{LK}} = 2 \text{ A}$
			$I_{\text{nf}} = 170 \text{ A}$		

3.5. Caracterização da rede eléctrica de distribuição do bairro Mali

A electrificação deste bairro, foi executada respeitando em grande parte as regras estabelecidas e em vigor tendo em conta o desenho do projeto denominado energia para todos, concebido com algumas alterações substanciais em relação a forma tradicional que vinha sendo usada, começando pela imposição da potência do transformador a ser usado no projeto, sendo neste caso devido às características do mesmo ter que se instalar o posto de transformação do tipo M1.

Em anexo A-16 na figura 9, apresenta – se uma parte da rede de baixa tensão alimentada por um transformador no caso o Posto de transformação PT1, em funcionamento com detalhes dos fenômenos decorrentes deste funcionamento, o carregamento, o número de circuitos e a quantidade de apoios ligados a cada um deles e níveis de queda de tensão ao longo da rede. Esta rede é constituída por cinco circuitos dos quais apenas dois, o circuito 1 contendo 17 apoios e o circuito 2 contendo 12 apoios já se encontravam carregados.

Por causa do não parcelamento em algumas zonas a rede foi extendida de modo a alcançar áreas de maior concentração de residências sem deixar de respeitar o carregamento

adequado dos postos de transformação assim como garantir equilíbrio no carregamento das fases. Este aspecto contribuiu para a existência de um número considerável de apoios de ângulo. As tabelas 16-A à 16-E do anexo A-17 mostram com detalhes a estrutura desta rede usada como referência as funções de cada apoio, comprimento do condutor usado e as respectiva quedas de tensão representando 2,93% indicando optimas condições de funcionamento da instalação, Porém o transformador apresentava se ainda fracamente carregado cerca 22,67% de carregamento. Este facto evidencia a existência ainda de obras inacabadas e espaços desocupado no bairro mas também existindo novas ligações em vias de serem efetuadas.

Todo o material usado é de alta qualidade, aprovado pelo projeto e que deve respeitar os padrões aprovados, particularmente no que se refere ao seu fabrico, resistência, flexibilidade e durabilidade. O material deverá estar de acordo com as normas actualmente utilizadas e cumprir em todos aspectos com as especificações adaptáveis as mais recentes tecnologias.

Todo o material deve ser fabricado de acordo com as normas da CEI (Comissão Electrotécnica Internacional).

De acordo com o documento das especificações aprovado para o projeto, a indicação é que os materiais fornecidos devem ser fabricados em uma planta que tenha fabricado materiais de classificações e características semelhantes por um período não inferior a dez anos, e que possua uma certificação ISO 9001:2008 certificação para a gestão da qualidade.

Condutor

O condutor utilizado para a linha de média tensão em 33kV é o AAAC – Mulberry que tem como principal vantagem em relação ao condutor anteriormente usado, possuir maior resistência à corrosão, boa resistência mecânica e baixa resistência eléctrica. Apresenta as seguintes características:

Secção nominal (S)	150 mm ²
Resistência quilométrica a 20° C	0,2199 Ω/km
Diâmetro do condutor	15,95 mm ²

Temperatura de operação	75° C
Coeficiente de temperatura (α).....	0,00390° C ⁻¹
Carga de ruptura	36,06 kN
Coeficiente de dilatação linear	23*10 ⁻⁶ °C ⁻¹

A utilização desse tipo de condutor permitiu também obter ótimo nível de quedas de tensão ao longo da linha, assim como reduziu consideravelmente os níveis de perdas de energia.

Para a rede de distribuição em baixa tensão em 230V/400V foi utilizado o condutor ABC 4 x 50mm² + 25mm²; isolados por XLPE.

Entre o secundário do transformador e o quadro geral foi usado o cabo de VV 3x50mm² + 25mm² isolado em XLPE, de tensão nominal 0,6/1kV, produzido sobre as normas: IEC 60502, BS 5467 NF C 32-322, DIN.

Apoios

Foram usados tanto do lado de média assim como de baixa tensão apoios de madeira de eucalipto creosotado, de 12 metros de comprimento e diâmetro no topo de 180 à 200 mm para a linha de média tensão e para a rede de baixa tensão um apoio de 8 metros com respectivo diâmetro no topo que varia entre 140 e 160 mm. Esses apoios foram usados para entre as seguintes funções, servir como apoios de: Fim de linha; Alinhamento; Ângulo, Reforço; Travessia ou Pórtico.

Os apoios de média tensão eram instalados em intervalos de distância máxima entre eles de 80 metros, que se encontra dentro dos parâmetros conforme já foi calculado. Para o caso de apoios de distribuição em baixa tensão a distância máxima entre apoios aplicada foi de 40 metros que também está dentro de distâncias recomendadas.

A fixação dos condutores aos apoios ao longo da linha de média tensão era feita de duas maneiras, Amarração e suspensão. As amarrações estavam reservadas a situações de apoios de derivação; de ângulo; de cruzamento e fim de linha, enquanto que as suspensões eram

geralmente para apoios de alinhamento. Normalmente nas amarações utiliza – se o dobro de isoladores usados em suspensões.

Cabos de espia

De modo a garantir maior estabilidade dos apoios e sustentar os esforços que atuam em um único lado para apoios de fim de linha ou em direcções concorrentes em apoios de ângulo, assim como em apoios de alinhamento ou de ângulo nos quais se faça uma derivação, há uma necessidade de aplicar espias para o efeito. As espia devem ser instaladas alinhadas com o eixo da força que eles são para suportar. A espia é usada suportando a tensão do lado oposto da carga a ser sustentada, sendo que houveram situações em que não havia condições de aplicar espias, nestes casos foi necessário recorrer às escoras, a base de apoios de madeira de eucalipto creaosotados, colocados para suportar os esforços estando do mesmo lado que a origem desse esforço. A figura 8 do anexo A-15, ilustra um apoio com espia e outro com escora.

Caso a resistência máxima da escora não seja adequado, deve-se aplicar escoras adicionais. As linhas de média tensão e de baixa tensão devem ser mantidas separadas para garantir que os esforços sejam realmente suportados e não simplesmente calculadas, conforme recomenda o documento das especificações do design do projeto aprovado pela EDM. É apresentado na tabela6; os parâmetros básicos das espias e escoras usadas no projeto. O suporte de espia é feito de aço galvanizado a quente em concordância com a norma BS 1320 e prende-se a ele uma varra de aço galvanizado de 70 mm². O comprimento da vara é de 1600 mm e o diâmetro de 18 mm. Isto é fornecido com os próprios ganchos para todo tipo de solo.

TABELA7: Esforços normais suportados pela escora e pela espia aplicado no projecto

Rede	Espia/Escora	Secção padrão da espia(mm ²)	Força Final	Escora a 45°	Escora a 60°
BT	E1-1/F1-1	25 mm ²	30,9	23,967	15,95
MT	E1-2/F1-2	52 mm ²	55,682	39,367	27,841

Isoladores

No estabelecimento da rede de MT no projeto foram sistematicamente usados isoladores de suspensão e amarração.

Tendo em conta as características tropicais da região onde será montada a linha serão adotados os seguintes isoladores :

Isoladores horizontais do tipo pino

Marca Colmate/OAM Modelo: PW- 33- M ,que são isoladores rigidos de eixo horizontal para montagem normal em alinhamentos feitos de porcelana. Estes são montados sobre as travessas fixadas nos apoios de madeira. Devendo ter certificação ISO9001 e produzidos de acordo com CEI; e especificações segundo IEC; NEMA; SBS e CE.

Isoladores de alta tensão tipo 'Long Rod'

HT 1110 – ELC também conhecidos por "Long Rod" para uso nos apoios de ângulo, reforços e nas amarrações. As cadeias de suspensão e de amarração terão três elementos no caso de uso de isoladores de disco. Estes usam-se maioritariamente em 33 KV, a porcelana deve estar de acordo com a norma DIN 40685 e os gorros são feitos de ferro maleável de acordo com a norma DIN 1692 e galvanizado a quente. A bola e tomada devem ser fabricados de acordo com a norma IEC 120 e adequado para 16 mm com dispositivo de fecho.

Poderá se usar também isoladores de cadeia de borracha (HT 33), fabricados para 33kV.

Componentes e acessórios para isoladores

Ganchos do tipo rabo de porco

Estes ganchos são fabricados de acordo com a norma BS 1320 e são feitos de aço para suportar uma carga de 18000 Newton.

Rótula olhal

A rótula olhal é feita de aço e galvanizada de acordo com a norma SABS 763-1966 ou similar e deve ser fornecido com parafuso de porca de 20 mm. A rótula olhal tem que ser adequada para 16 mm e deve ter defeitos mínimos quando carregada a 70000 Newton e normal funcionamento quando tiver carga de 28000 Newton.

Pinças de suspensão do tipo pino

As pinças de suspensão do tipo pino, adequadas para diâmetro de bola de 16mm, fabricadas com ferro maleável de acordo com a norma BS 310 devem estar preparadas para funcionar com a carga de 28000 Newton e funcionar com mínimo defeito quando a carga estiver com 70000 Newton.

Travessa e seus parafusos de fixação

Os parafusos de fixação são feitos de aço, galvanizado com a norma SABS 763-1966 ou similar, manufacturado em concordância com a norma BS 1320, com adequado funcionamento para 28000 Newton de carga e pequenos defeitos se carregado com a força de 70000 Newton fornecidos com duas porcas M16.

As travessas são feitas de ferro galvanizado, e terão um comprimento de 2,4m para os apoios de alinhamento, ângulo e fim de linha, exceptuando as dos pórticos que deverão possuir entre 2.6m e 3m de comprimento.[1]

Drop-outs

Para o pórtico de protecção do ramal usar-se-ão drop-outs da marca AB-CHANCE com as seguintes características técnicas:

Tensão nominal: 36KV

Corrente nominal: 100 A;

Capacidade de corte: 8 KA;

Tensão de choque: 150 KV;

Distância de fuga: 432 mm;

Nível Básico de Isolamento (BIL): 200 KV.

Mordente de cabo de aço

O mordente de cabo de aço é feito de aço galvanizado e feito em duas partes. O compartimento e o calço são feitos de ferro maleável em parafusos do tipo U e todas as partes devem ser galvanizadas a quente.

Sistema de Aterramento

O aterramento usado é do tipo TT, o qual contém dois circuitos, um destinado ao aterramento de serviço e outro de protecção.

A conexão de aterramento deve interligar a conexão do aterramento do pára-raios, o aterramento do tanque do transformador e a bucha de neutro de baixa tensão de modo que todos sejam aterrados a um condutor de aterramento comum que deve ser grampeado ao poste conforme especificado na unidade construtiva.

O condutor neutro das linhas de BT deve ser aterrado no posto de transformação, todo fim de linha e a cada 300 metros de distância.

Os aterramentos do equipamento e os aterramentos nos pólos de fim de linha do circuito MT ou BT devem normalmente empregar haste de aterramento ou eletrodos de aterramento do tipo trincheira. A impedância total do aterramento de serviço deve ser inferior a 10 Ω para BT e MT (terra de protecção).

3.6. Estimativa de custos de implementação do projeto

Material	Referência	Preços ao câmbio do dia 24/11/2022
Postes de Madeira 9m		6180,26
Postes de Madeira 12m		8240,35
Transformador 75Kva		352425,36
Cabo AAAC 150mm ²		210,48/metro
Cabo ABC 4x50+25mm ²		548,85/metro
Cabo VAV 3x50+25mm ²		1015,4/metro
Espia completa MT		12432,93
Espia complete BT		5525,74
Travessas 2,5 à 3m		7741,32
Pinças de suspensão		569,99
Pinças de Amaração		692,47
Para raios 36kV; 10A		7 758,43
Isoladores (22 – 33kV)		7 177,06
Drop – Out I _{corrente} 8kA		3 005,17
Fusíveis 100A		669,52
Candeeiro LED(IP) 47W		7 798,43
Eléctrodos de terra 2400mm ou mais		1 061,14
Ligadores de derivação para BT		139,89
Ligador Paralelo de Alumínio		546,17
Ligador Paralelo bimetálico		310,73
Isolador de cadeia		1 551,5
Isolador de Porcelana	33kV 430mm 8kN	508,0
Custo total pelo Material		27 906 666,94 mts
Mao-de-Obra	Serviços preliminares auxiliares	20 000
	Montagem dos Apoios e Equipamentos	1 367 996,46
	Instalação Eléctrica	2 984 190
	Fiscalização	569 684,26
	Transporte	100 000
	Despesas gerais	70 000
	Contigências	34 000
	Total de Despesas	5 145 870,72 mts
Total de Material e Despesas		33 052 537,66 mts

CAPITULO 4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1. CONCLUSÕES

Chegado ao fim do projeto de Electrificação do Bairro Mali, que centrava se essencialmente no dimensionamento da rede e a respectiva caracterização para a devida comparação e recomendações mediante a realização do estágio profissional no respectivo bairro, chegou – se a conclusão de que há uma necessidade de fazer o mapeamento de forma a identificar a localização de cada tipo de carga a ser conectada à mesma rede para garantir um correcto dimensionamento dos alimentadores.

Hà também uma necessidade de fazer o dimensionamento tendo em conta os materiais aprovados; disponíveis ou disponibilizados pela concessionária de modo a garantir fiabilidade dos resultados para a aprovação e execução do projecto. Sendo necessário abandonar o hábito de usar resultados de projetos arquivados para implementar em outros pois as características das cargas variam de acordo com o local.

Concluiu se ainda que a aprovação e utilização dos apoios de madeira tanto para a distribuição assim como nos postos de transformação, torna o projecto economicamente viável, apesar de ser importante avaliar o tipo de solo de cada região de implantação desta rede de modo a permitir a integridade dos apoios de madeira.

4.2. RECOMENDAÇÕES

São entre algumas recomendações conforme as constatações, as seguintes:

Que sejam atualizados alguns parâmetros tomados como referência para o dimensionamento, visto que o documento disponibilizado e aprovado para a execução as redes de distribuição de energia eléctrica de acordo com o projeto Energia para todos – Proenergia aprova as alturas dos apoios em 12 metros para MT e 9 metros para BT quando o manual de montagem de postos de transformação rurais indica 12,25 metros como a altura dos apoios de MT.

Outra recomendação que é direccionada à concessionária é permitir que possa se utilizar também para novos projetos transformadores de maior potência caso de 250kVA em situações onde a solicitação de carga é maior de modo a reduzir o impacto da excessiva presença da rede de MT na poluição visual, pela necessidade de maior maior número de PTs.

Recomenda se ainda que se cumpra a necessidade de enterrar os electodos em terra de humidade adequada para garantir que resistência de terra seja inferior ao valor recomendado, visto que apesar de se fazer a medição da resistência de terra mesmo nos casos em que esta apresenta um valor amior ao recomendado não se procede com a redução do mesmo.

Recomenda se ainda aos leitores e os que pretenderem desenvolver mais aspectos ligados ao dimensionamento a harmonização das instruções retiradas dos regulamentos e as caracterisitcas dos equipamentos pré estabelecidos e aprovados pela concessionária para se poder chegar as resultados adequados à implementação do projeto.

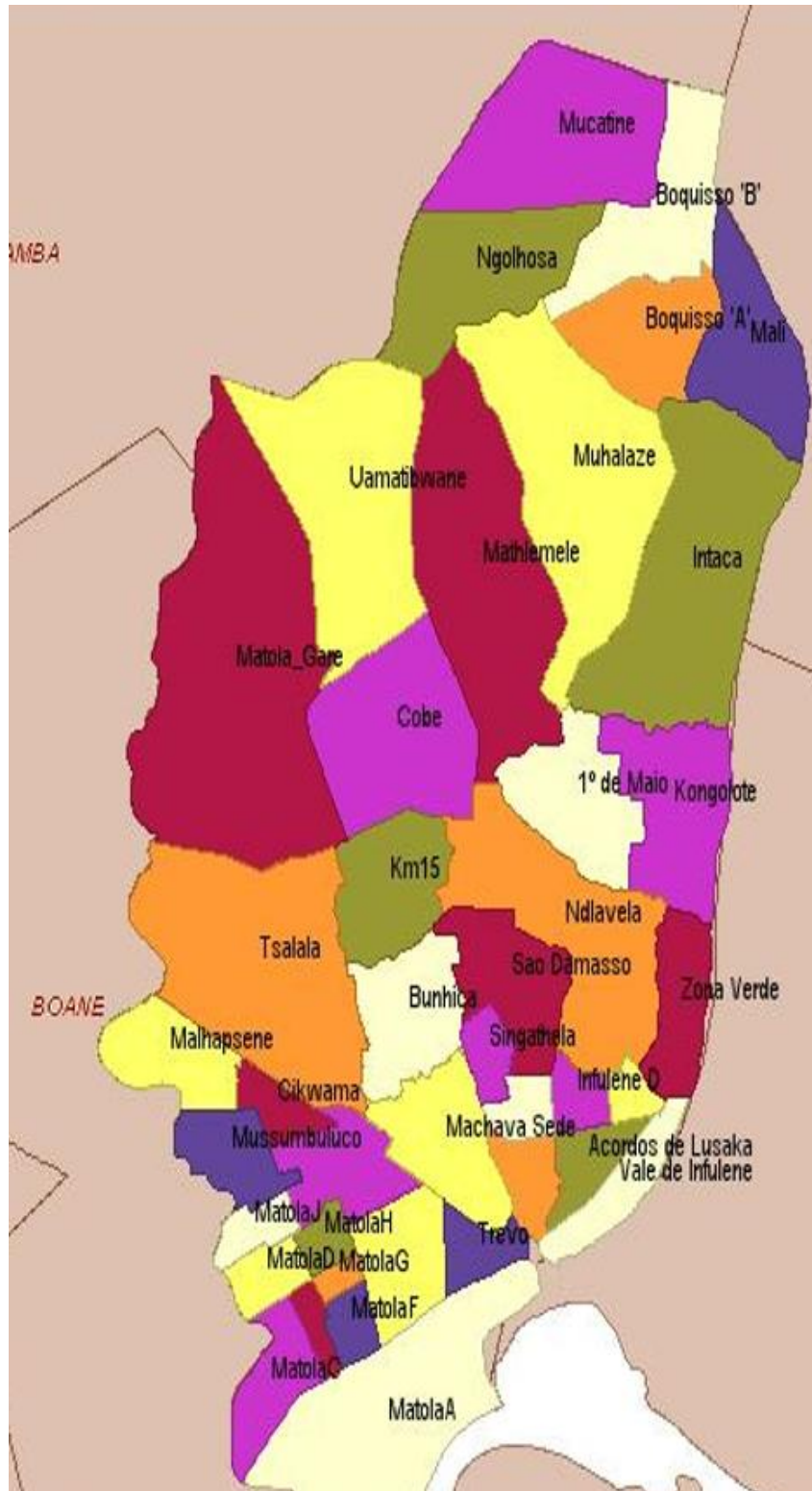
5. BIBLIOGRAFIA

1. Fornecimento de Hardwares de Linha de MT e BT, Instalação e comissionamento de Linhas de MT e BT; EDM; Projeto energia para todos – Proenergia; 2020.
2. Guia Técnico do projectista de linhas aéreas de transporte de energia;
3. KINDERMAN, G. CAMPAGNOLO, J. M. 1995 – Aterramento Eléctrico, 3^a ed., Sagra-D.C. Luzzatto Editores, Porto Alegre.
4. LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade: FUNDAMENTOS DE METODOLOGIA CIENTIFICA; 5 edição; Sao Paulo ATLAS; 2003.
5. Manual de caracterização da rede Nacional de transmissão 2016; EDM; Direcção da rede de Transporte.
6. Manual de Montagem de Postos de transformação rurais; EDM; Direcção de Engenharia de rêsdes.
7. RSIUEE – “Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia Eléctrica”, Direcção Geral de Energia(1990).
8. RSLEAT – “Regulamento de Segurança de Linhas Eléctricas de Alta Tensão”, Direcção Geral de Energia, (18 de Fevereiro de 1992).
9. RSRDEEBT – “Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão”, Direcção Geral de Energia (1976);
10. RSSPTS – “Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e de Seccionamento”, Direcção Geral de Energia (1976).
11. Solidal, Guia Técnico
12. <https://www.Elandcables.com>, 4 de Outubro de 2022
13. <https://www.alcobre.pt>, 4 de Outubro de 2022
14. <https://www.prismian Group.com>, 27 de Setembro de 2022

ANEXOS

[A – 1]

Figura 1. Mapa do Município da Matola



[A – 2]

Figura 2. Perfil da linha existente e o ponto de derivação

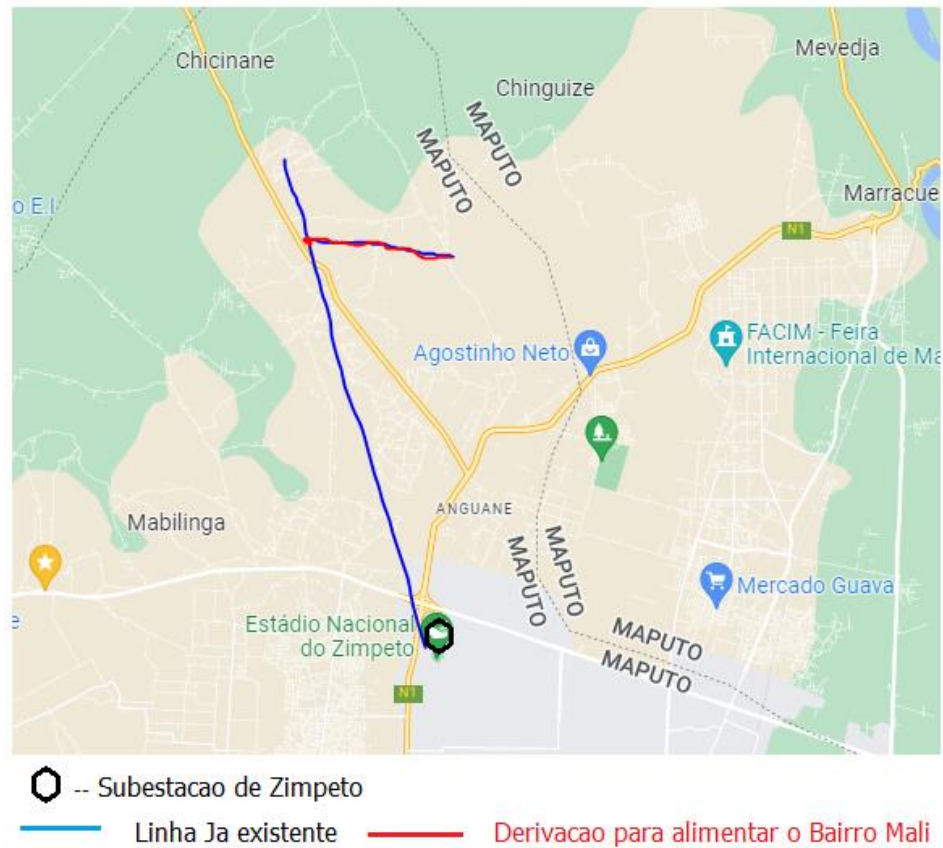


Tabela 1: Factores de utilização de instituições públicas

INSTITUIÇÃO PÚBLICA	FACTOR DE UTILIZAÇÃO
Hospital	0,65 – 0,75
Escola	0,60 – 0,75
Residências domiciliares rurais	0,75 – 1,00
Indústrias	0,75 – 0,85
Hotéis	0,65 – 0,75

[A – 3]

Tabela 2: Factores de simultaneidade para diferentes utilizações

UTILIZAÇÃO	FACTOR DE SIMULTANEIDADE
Hospital	0,4
Escola	0,5
Mercados	0,6
Hotéis	0,5
Iluminação pública	1,0

Figura 3. Coeficientes de utilização em função da largura do leito carroçável e da altura de montagem



[A – 4]

Tabela 3: Coeficientes de manutenção para candeeiros de iluminação pública

TIPO DE APARELHO	COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO	
	Atmosfera limpa	Presença de fumaça
Aberto	0,85	0,70
Fechado	0,95	0,75

Tabela 4: Níveis de iluminação nominal para diferentes tipos de estrada

CLASSE DA INSTALAÇÃO	TIPO DE ESTRADA	ILUMINAÇÃO HORIZONTAL MÉDIA (LX)		GRAU DE UNIFORMIDADE
		Fundo claro	Fundo escuro	
A1	Ruas com tráfego motorizado intenso e rápido com escasso trânsito de pedestres	20 a 25	25 a 35	Ótimo
A2	Estradas perimetrais com trânsito médio	10 a 15	15 a 20	Ótimo
B1	Vias urbanas com intenso trânsito de veículos e forte tráfego de pedestres	10 a 15	15 a 20	Bom
B2	Ruas de escasso tráfego motorizado, de ligação com áreas habitadas	10 a 15	10 a 15	Discreto
C1	Ruas residenciais ou secundárias com trânsito escasso	5 a 10	5 a 10	Qualquer
C2	Ruas apenas para pedestres, passeios à beira mar	5 a 10	5 a 10	Qualquer

[A – 5]

Tabela 5-A: Características dos condutores alumínio-aço (AAAC) [Fonte: Eland cable]

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

Tabela 5-B: Características dos condutores alumínio-aço (AAAC) [Fonte: Eland cable]

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

[A – 6]

Tabela 5-C: Características dos condutores alumínio-aço (AAAC)

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

Tabela 5 – D

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

Tabela 6: Características técnicas dos para-raios

TENSÃO DE FABRICO (KV)	TENSÃO NOMINAL (KV)	CORRENTE NOMINAL (A)	CAPACIDADE DE CORTE (KA)	TENSÃO DE CHOQUE (KV)	DISTÂNCIA DE FUGA (MM)
15,5	14	100	10	95	216
27,0	36	100	8	150	432

[A – 7]

Tabela 7: Coeficientes de forma para condutores e cabos de guarda e isoladores

ELEMENTO	DIÂMETRO (MM)	COEFICIENTE DE FORMA
Condutores nus e cabos de guarda	Até 12,5	1,2
	Entre 12,5 e 15,8	1,1
	Acima de 15,8	1,0
Cabos isolados em feixe (torçada)	-	1,3
Isoladores	-	1,0

Tabela 8: Potências normalizadas dos transformadores de potência

POTÊNCIA NOMINAL (KVA)	TENSÃO PRIMÁRIA (KV)	TENSÃO SECUNDÁRIA (KV)
25	33	0,4
50	33	0,4
100	33	0,4
160	33	0,4
200	33	0,4
250	33	0,4
315	33	0,4
400	33	0,4
500	33	0,4
630	33	0,4
800	33	0,4
1000	33	0,4
1500	33	0,4
1600	33	0,4
2000	33	0,4
2500	33	0,4

[A – 8]

Tabela 9: Tensões nominais dos pára-raios

TENSÃO NOMINAL DA REDE (KV)	TENSÃO NOMINAL DOS PÁRA-RAIOS “XBE”	
	Neutro isolado	Neutro à terra
6.6	7.2	6
11	12	12
22	24	24
30	36	30
33	36	30

Tabela 10: Calibre dos links para drop – outs

POTÊNCIA DO TRANSFORMADOR (KVA)	TENSÕES (KV)							
	6,6		11		22		33	
	I_n	I_{lk}	I_n	I_{lk}	I_n	I_{lk}	I_n	I_{lk}
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

[A – 9]

Tabela 11: 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

Tabela12: Secção dos cabos NYBY a usar em baixa entre o transformador e o quadro geral [EDM; Manual de Instalação dos postos de Transformação Rurais]

Potência transformador (KVA)	Corrente secundária (A)	Secção (mm ²) ^s	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

[A - 10]

Tabela 13: Factores de correção para cabos colocados ao ar livre

Temperatura do ar ambiente θ_0 , °C	Temperatura admissível na alma condutora em regime permanente θ_p , °C								
	65	70	75	80	85	90	95	100	105
0	1,36	1,32	1,29	1,27	1,24	1,23	1,21	1,20	1,18
5	1,31	1,28	1,25	1,23	1,21	1,19	1,18	1,17	1,16
10	1,25	1,23	1,20	1,18	1,17	1,16	1,14	1,13	1,13
15	1,20	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,10
20	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,07	1,07
25	1,07	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,04	1,03
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97
40	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,93
45	0,76	0,79	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89
50	0,66	0,71	0,75	0,78	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86
55	0,54	0,61	0,67	0,71	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82
60	0,38	0,50	0,58	0,63	0,67	0,71	0,73	0,76	0,78
65		0,35	0,47	0,55	0,60	0,65	0,68	0,71	0,73
70			0,33	0,45	0,52	0,58	0,62	0,66	0,68
75				0,32	0,43	0,50	0,56	0,60	0,63
80					0,30	0,41	0,48	0,54	0,58
85						0,29	0,40	0,46	0,52
90							0,28	0,38	0,45
95								0,27	0,37
100									0,26

[A – 11]

Tabela 14: Caractrísticas eléctricas dos cabos VV, VAV

Secção Nominal mm ²	1 Condutor (1)			2 Condutores (5)			3 e 4 Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2)	Instalação Ao Ar (3)	Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ (4)	Instalação Subterrânea (5)	Instalação Ao Ar (6)	Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ (7)	Instalação Subterrânea (8)	Instalação Ao Ar (9)	Queda de Tensão $\Delta U = V/A \text{ Km}$ (10)
	Intensidade A	Intensidade A	Cos $\phi=0,8$	Intensidade A	Intensidade A	Cos $\phi=0,8$	Intensidade A	Intensidade A	Cos $\phi=0,8$
1					14,5	34,800		13	30,100
1,5	34	23	20,200	30	19	23,500	25	17	20,200
2,5	45	31	12,400	40	26	14,300	35	24	12,400
4	60	42	7,770	50	35	8,940	45	31	7,740
6	75	52	5,220	65	44	6,000	60	42	5,190
10	105	74	3,140	90	61	3,600	80	57	3,120
16	135	96	2,020	120	83	2,300	110	79	1,990
25	180	127	1,310	155	110	1,480	125	96	1,280
35	225	158	0,963	185	132	1,080	165	114	0,946
50	290	184	0,734	220	158	0,822	190	132	0,718
70	345	242	0,533	280	198	0,589	245	171	0,520
95	410	290	0,406	325	237	0,443	295	206	0,393
120	485	342	0,340	380	268	0,368	340	237	0,326
150	550	387	0,299	435	308	0,313	390	272	0,279
185	630	444	0,250	490	343	0,265	445	312	0,238
240	740	525	0,210	570	400	0,213	515	360	0,198
300	855	602	0,183	640	448	0,183	590	413	0,172
400	1015	721	0,160	760	536	0,164	700	492	0,150
500	1170	822	0,140						

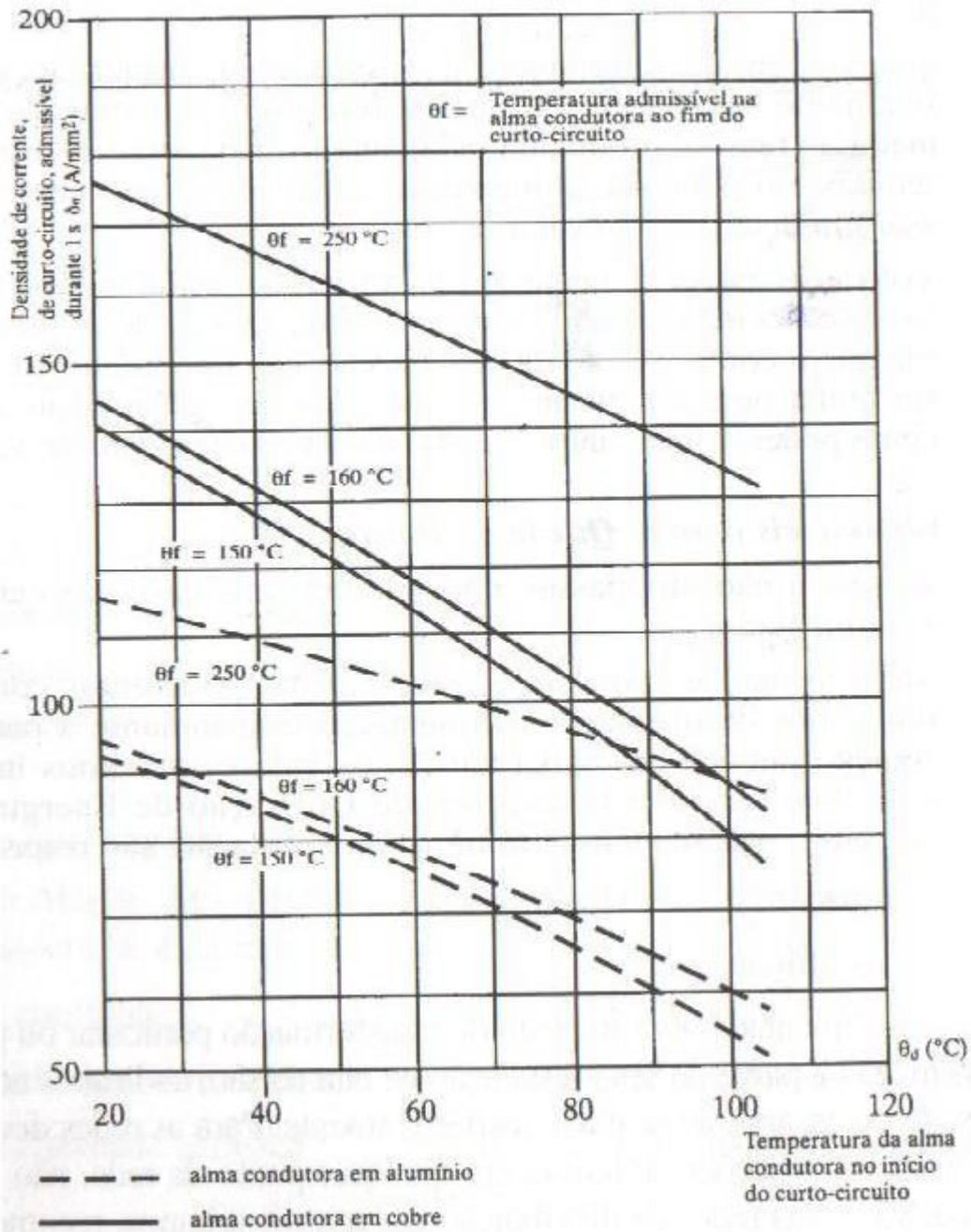
Tabela 15: Temperatura limite dos principais materiais isolantes

MATERIAL	TEMPERATURA MÁXIMA REGIME PERMANENTE (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA REGIME DE CURTO CIRCUITO (°C)
Papel impregnado	65	150
PVC	70	160
Polietileno	70	150
PEX	90	250

[A - 12]

Figura 4: Densidade de corrente de curto-circuito admissível durante 1s

Curto-Circuito na Alma Condutora



[A – 13]

Figura5: Exemplo de Baixada [Fonte: *Especificação do projeto Secção VII EDM*]

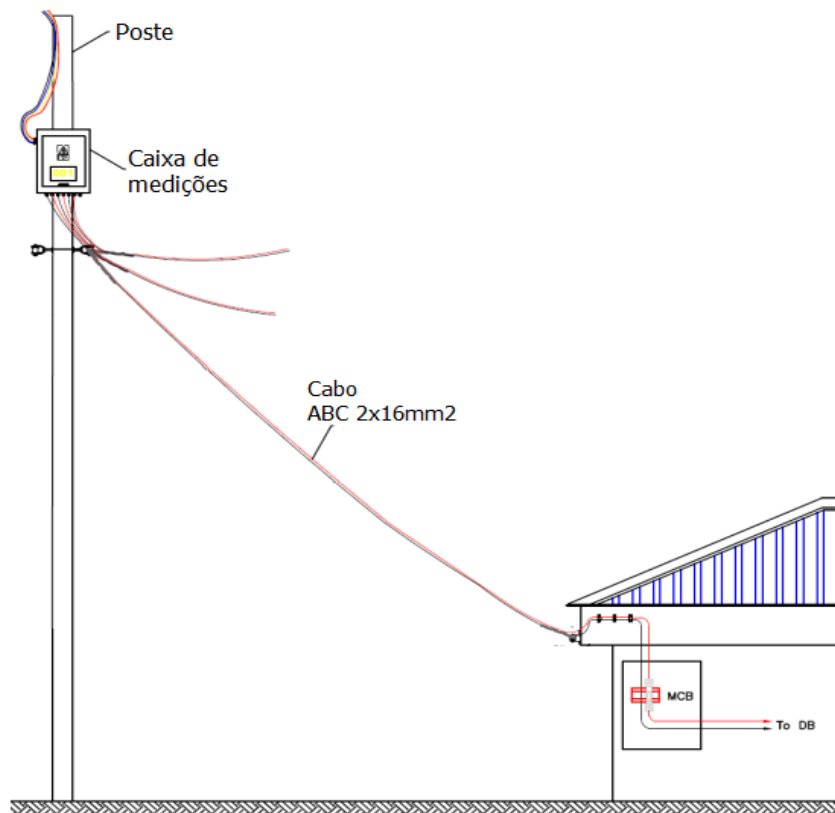
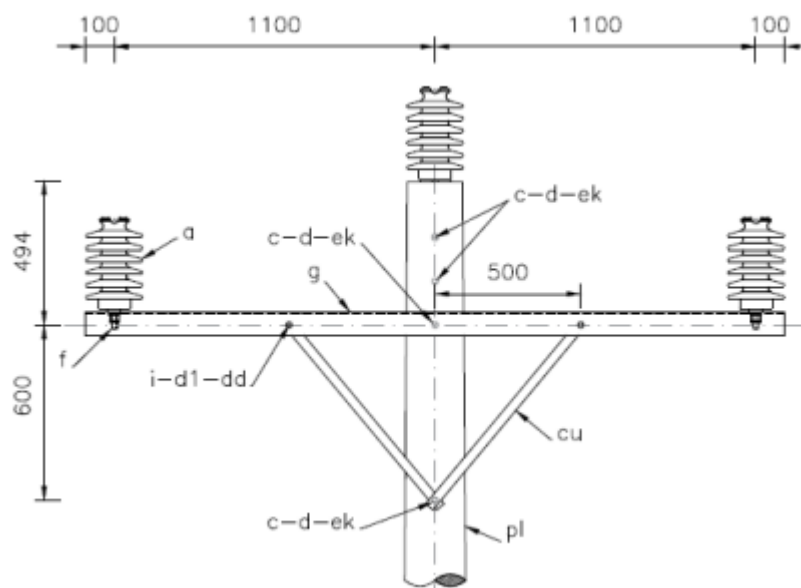


FIGURA 6: Configuração do apoio de alinhamento de MT no projeto [Fonte: *Especificação do projeto Secção VII EDM*]



[A – 14]

Tabela 16: Características do transformador aprovado para o projeto

Características	
Potência Aparente	75kVA ; Trifásico
Tensão(Entrada/Saida)	33000V/400V ; 50Hz
Oleo do Transformador	IEC 60296: 2012 ; ONAN
Intensidade da Corrente(Entrada/Saida)	1,312 A/108,253 A
Corrente de Curto Circuito	25kA
Impedancia média(HV/LV)	220,57 Ω / 22,96 Ω
Corrente de Excitação	0,81%
Tensão de Impedância	3,24%

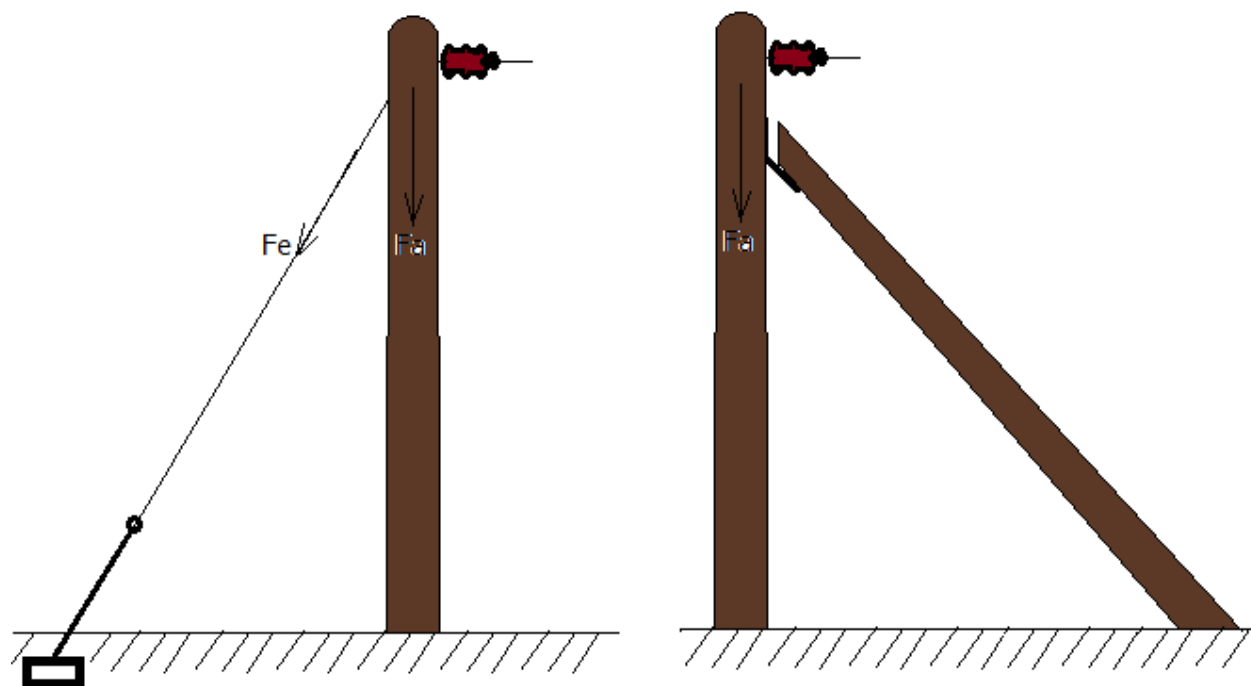
FIGURA7: Apoio com luminária Controlada por uma fotocélula



[A – 15]

FIGURA8: A) Apoio com espia

B) Apoio com escora



[A – 16]

Figura 9: Configuração da Rede com Detalhes dos apoios conectados ao posto de transformação PT1



[A – 17]

Tabela 16-A: Parâmetros básicos do circuito 1 do posto de transformação PT1

ENERGY FOR ALL (Proenergia)											INITIAL DATA		NETWORK DIAGRAM		
DOC. NO. ENC/EFA-LOT1=WH00&ETB 2003 Rev 0															
Maputo Mali - PMT 1 - 75KVA Cir No. 1															
	Cable Section (mm2)	Simult Factor	length (m)	Initial Voltage (V)	Voltage Drop %	Final Voltage (V)	Total Voltage Drop	Total Length from A (m)	Neutral Current (A)	Max Phase Current (A)	Lf x If	Ln x In			
Branch J	50	1,00		223,36							0,00	0,00			
Branch I	50	1,00		223,44							0,00	0,00			
Branch H	50	1,00	45	223,44	0,08	223,27	2,93	472	2,80	2,80	0,00	0,00			
Main Branch G	50	1,00		224,83							0,00	0,00			
Main Branch F	50	1,00		223,36							0,00	0,00			
Main Branch E	50	1,00	134	224,83	0,04	224,74	2,28	427	0,00	2,78	0,00	0,00			
Main D	50	1,00		223,36							0,00	0,00			
Main C	50	1,00	90	223,44	0,04	223,36	2,89	553	0,00	2,80	0,00	0,00			
Main B	50	1,00	170	224,83	0,62	223,44	2,85	463	2,78	2,78	951,03	475,51			
Main A	50	1,00	293	230,00	2,25	224,83	2,25	293	2,72	10,87	3268,13	1634,06			

	Weight Average Simult Factor	Max Length (m)	Min Final Voltage (V)	Max Voltage Drop %	Total Neutral Current (A)	Total Phase Current (A)	Total Power all outgoings (kVA)	Calculated Power Transf kVA	Total Serv Connect all outgoings	Max Radius (m)	Pole Top Box
Final Data	1,00	553	223,27	2,93	8,29	22,02	11,50	30	23	727	12

Tabela 16-B: Distribuição dos consumidores pelos apoios e as fases do circuito 1.

ENERGY FOR ALL (Proenergia)																	INITIAL DATA		NETWORK DIAGRAM								
DOC. NO. ENC/EFA-LOT1=WH00&ETB 2003 Rev 0																											
Maputo Mali - PMT 1 - 75KVA Cir No. 1																											
MAIN	Pole	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	C	C									Total x %	R	S	T	Sum
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	0	0	0	0	0	0	0	0	%			
A	R	1	1		1		1															4	4	0	0		
A	S	1			1	1																3	0	3	0	10	
A	T		1		1		1															3	0	0	3		
B	R								1													1	1	0	0		
B	S								1			1										2	0	2	0	5	
B	T								1			1										2	0	0	2		
C	R												1									1	1	0	0		
C	S													1								1	0	1	0	3	
C	T													1								1	0	0	1		
D	R																					0	0	0	0		
D	S																					0	0	0	0	0	
D	T																					0	0	0	0		
BRANCH	Pole	E	E	E	H																	18	6	6	6		
		15	16	17	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
E	R		1																			1	1	0	0		
E	S			1																		1	0	1	0	3	
E	T			1																		1	0	0	1		
G	R																					0	0	0	0		
G	S																					0	0	0	0	0	
G	T																					0	0	0	0		
H	R				1																	1	1	0	0		
H	S				1																	1	0	1	0	2	
H	T																					0	0	0	0		
J	R																					0	0	0	0		
J	S																					0	0	0	0		
J	T																					0	0	0	0		
Total																						5	2	2	1		
Total																						23	23	8	8	7	

[A – 18]

Tabela 16-C: Parâmetros básicos do circuito 2 do posto de transformação PT1

ENERGY FOR ALL (Proenergia)												INITIAL DATA			
DOC. NO. ENC/EFA-LOT1=WH00&ETB 2003 Rev 0															
Maputo Mali - PMT 1 - 75kVA Cir No. 2															
	Cable Section (mm2)	Simult Factor	length (m)	Initial Voltage (V)	Voltage Drop %	Final Voltage (V)	Total Voltage Drop %	Total Length from A (m)	Neutral Current (A)	Max Phase Current (A)	Lf x lf	Ln x ln			
Branch J	50	1,00		228,44										power per consumer (kVA)	0,50
			0	228,44	0,00	230,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	power factor	0,8
Branch I	50	1,00		228,44										initial voltage (V)	230
			0	228,44	0,00	230,00	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	ratio consumers / pole	1,00
Branch H	50	1,00		228,44										transf max initial power (%)	90%
			0	228,44	0,00	230,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	max voltage drop (%)	5%
Main Branch G	50	1,00		228,78										min adms voltage (V)	217,37
			0	228,78	0,00	230,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	medium span (mt)	43,50
Main Branch F	50	1,00		228,44										ADMD (kVA)	0,50
			0	228,44	0,00	230,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	FINAL DATA	
Main Branch E	50	1,00		228,78										min final voltage	228,44
			75	228,78	0,10	228,56	0,63	223	2,73	2,73	0,00	0,00	0,00	max voltage drop	0,68%
Main D	50	1,00		228,44										% initial consumers to connect	100%
			0	228,44	0,00	228,44	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	qty consumers to connect	11
Main C	50	1,00		228,44											
			0	228,44	0,00	230,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Main B	50	1,00		228,78											
			216	228,78	0,15	228,44	0,68	364	0,00	5,46	0,00	0,00	0,00		
Main A	50	1,00													
			148	230,00	0,53	228,78	0,53	148	0,00	2,72	1212,95	404,32			
Final Data			Weight Average Simult Factor	Max Length (m)	Min Final Voltage (V)	Max Voltage Drop %	Total Neutral Current (A)	Total Phase Current (A)	Total Power all outgoings (kVA)	Calculated Power Transf kVA	Total Serv Connect all outgoings	Max Radius (m)	Pole Top Box		
Final Data			1,00	364	228,44	0,68	2,73	10,91	5,50	30	11	426	5		

Tabela 16-D: Distribuição dos consumidores pelos apoios e as fases do circuito 2.

ENERGY FOR ALL (Proenergia)												CONSUMERS DISTRIBUTION BY POLE															
DOC. NO. ENC/EFA-LOT1=WH00&ETB 2003 Rev 0																											
Maputo Mali - PMT 1 - 75kVA Cir No. 2																											
MAIN	Pole	A	A	A	B	B	B	B	B											Total x %	R	S	T	Sum			
		19	20	21	22	23	24	25	26	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	%			100%			
A	R			1																1	1	0	0	3			
	S				1															1	0	1	0				
	T				1															1	0	0	1				
B	R								1	1										2	2	0	0	6			
	S								1	1										2	0	2	0				
	T								1	1										2	0	0	2				
C	R																			0	0	0	0	0			
	S																			0	0	0	0				
	T																			0	0	0	0				
D	R																			0	0	0	0	0			
	S																			0	0	0	0				
	T																			0	0	0	0				
BRANCH	Pole	E	E																	9	3	3	3				
	R	1																		1	1	0	0	2			
	S	1																		1	0	1	0				
	T																			0	0	0	0				
Total																				11	11	4	4	3	Pole Top Box		
Total																				11	11	4	4	3	5		0

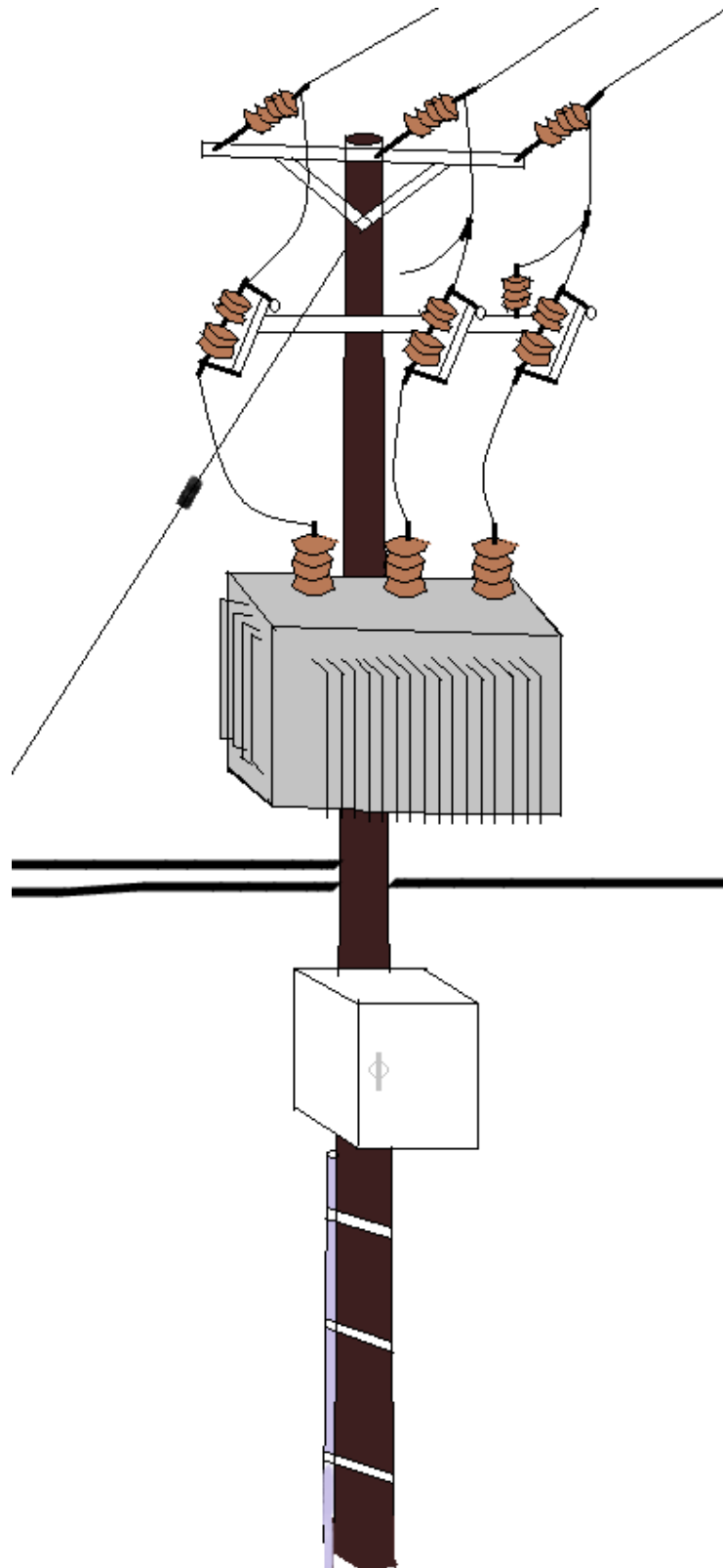
[A – 19]

Tabela 16-E: Perfil da rede de acordo com o carregamento inicial do posto de transformação PT1

ENERGY FOR ALL (Proenergia)											
DOC. NO. ENC/EFA-LOT1=WH00&ETB 2003 Rev 0											
Maputo Mali - PMT 1 - 75kVA											
INITIAL DATA						FINAL DATA					
Designation	Circ No.1	Circ No.2	Circ No.3	Circ No.4	Circ No.5	Designation	Circ No.1	Circ No.2	Circ No.3	Circ No.4	Circ No.5
power per consumer (kVA)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	min final voltage (V)	223,27	228,44	230,00	230,00	230,00
power factor	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	max voltage drop (%)	2,93	0,68	0,00	0,00	0,00
initial voltage (V)	230,00	230,00	230,00	230,00	230,00	power (kVA)	11,50	5,50	0,00	0,00	0,00
total service connections	23	11	0	0	0	initial service connections qty	23	11	0	0	0
transf max initial power (%)	90%	90%	90%	90%	90%	total survey power / calculated (kVA)	17,00				
max voltage drop (%)	5%	5%	5%	5%	5%	S.C. (surveyed/%Calculated/initial)	34		34		34
min adms voltage (V)	217,37	217,37	217,37	217,37	217,37	% of service connections (max 5% VD)	100%		max qty to connect		
medium span (mt)	41,08	43,50	0,00	0,00	0,00	Transformer kVA Rating (calculated / Initial)	50	75	% of kVA		22,67%
ADMD MAX	0,5	0,5	0	0	0						

[A – 20]

Figura 10: Posto de Transformação do Tipo M1 [Fonte: Autor]





AV. KARL MARX, Nº1877 R/C-MAPUTO
TELEF: 21328056 * FAX: 21328057
REPUBLICA DE MOÇAMBIQUE
MAPUTO
Email: procurement@testop.co.mz
info@testop.co.mz
NUIF: 400670021

TES - TOP, LDA

MATERIAL ELÉCTRICO
ELETRIFICAÇÃO
HIDRÁULICA
CONSTRUÇÃO
COMBUSTÍVEIS



FORÇA E DESENVOLVIMENTO

À:

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE.
Faculdade de Engenharia
Av. De Moçambique, km 1.5
MAPUTO, MOÇAMBIQUE

Data: 10 de Oct de 2022
N/Ref.: Tes/Top-G34/Pro/22

Assunto: Certificado da Realização do Estágio Profissional

Exmo. Senhores

Pela presente nota, certifica-se que o candidato **Benildo Alexandre Magumane**, estudante do Curso de Licenciatura em Engenharia Elétrica, concluiu nesta entidade, um estagio profissional com duração de 6 (seis) meses, compreendidos entre 03/04/2022 a 09/09/2022 no Departamento de Estudos e Projectos na construção de Linhas de Media e Baixa Tensão, no Programa Nacinal Energia Para Todos, supervisionado pelo responsável do sector Engº Euleuterio Guambe, com uma classificação global de 18 pontos (excelente) na escala de 0 - 20 pontos.

Por ser verdade a TES-TOP, LDA emite o seguinte certificado que será assinado e carimbado a tinta de óleo.

Com melhores cumprimentos

CHEFE DE RECURSOS HUMANOS

A Gerência



Vencedora do Prémio Qualidade Anual 2019