



**Universidade Politécnica
A POLITÉCNICA**

INSTITUTO SUPERIOR DE GESTÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

PROJECTO DE MONOGRAFIA

TEMA: Projecto de Linha de Média Tensão e Dois Postos de Transformação para Alimentação da Estação de Captação e Tratamento de Água no Âmbito Reabilitação e Expansão do SAA e ETA de Murrupula em Nampula

Estudante: Victor José Muhale

victorjmuhale@gmail.com

Código do Estudante: 471265

Supervisor: Mestre, Fernando H. Chachaia, Eng^o

Maputo, Outubro de 2024



**Universidade Politécnica
A POLITÉCNICA**

INSTITUTO SUPERIOR DE GESTÃO, CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

PROJECTO DE MONOGRAFIA

TEMA: Projecto de Linha de Média Tensão e Dois Postos de Transformação para Alimentação da Estação de Captação e Tratamento de Água no Âmbito Reabilitação e Expansão do SAA e ETA de Murrupula em Nampula

Curso: Engenharia Eléctrica

Estudante: Victor José Muhale

Código do Estudante: 471265

Supervisor: Mestre, Fernando H. Chachaia, Eng^o

Trabalho de monografia para obtenção de grau de licenciatura em engenharia eléctrica.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Victor José Muhale, frequentei o curso de licenciatura em engenharia eléctrica no Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias, tendo adquirido conhecimentos que me conduziram a elaboração deste trabalho, declaro por minha honra que é da minha autoria e nunca foi apresentado como monografia.

Maputo, outubro 2024

Autor

A handwritten signature in blue ink that reads "Victor José Muhale". The signature is written in a cursive style and is centered within a light blue rectangular box.

Victor José Muhale

DIDICATÓRIA

Este trabalho dedico a Deus pelo poder que exerce na minha vida, pela saúde e por ter me conduzido a terminar este curso com sucesso.

Também dedico aos meus pais, José Francisco Guila Muhale, pela sabia escolha e encaminhamento da minha formação e Elizabete Júlio Mabjeca pelo esforço abnegado de proporcionar apoio moral por esta causa.

A dedicatória também se estende para minha esposa e aos meus filhos pela compreensão da minha ausência durante várias noites ao longo da minha formação

AGRADECIMENTOS

A realização desta monografia é o culminar de um percurso académico de cerca de 4 anos no curso noturno, pelo que abaixo vão os meus agradecimentos:

Em primeiro lugar vão os agradecimentos especiais para minha esposa Nercia Cacilda Domingos Penicela Muhale e meus filhos, Elaine Carmen Muhale, Alaric Victor Muhale e Elizabete David Muhale pela compreensão da minha ausência durante várias noites ao longo da minha formação.

Em segundo lugar vão para os meus pais, meus irmãos pelo grande apoio moral que foram dando para materialização deste sonho

Em terceiro lugar, ao Mestre, Fernando Chachaia, Eng^o pela disponibilização do seu tempo e orientação para realização deste trabalho

Por último, ao Instituto Superior de Gestão, Ciências e Tecnologias da Universidade Politécnica pela oportunidade que me foi concedida de frequentar e terminar o curso de engenharia eléctrica e a todos professores pelas lições académicas e de vida cotidiana.

RESUMO

A distribuição de energia eléctrica tem papel preponderante para o desenvolvimento social e criação do bem-estar das comunidades do nosso país, por ser a força motriz para galvanizar varias actividades socio-económicas, desde as zonas urbanas até as rurais. O presente trabalho desenvolve um projecto de construção de uma linha de média tensão de cerca de 6,5km de extensão e dois postos de transformação para alimentação de uma estação de captação e bombagem de água para fornecimento no distrito de Murrupula, província de Nampula. Esta trabalho, não só vai fazer abordagem as questões teóricas, mas também, cálculos de dimensionamento da linha de distribuição e dos postos de transformação bem como apresentação do estudo da estimativa de custos e cronograma para sua execução. O segundo capítulo aborda conceitos gerais e teórica do sistema com clara alusão aos equipamentos a ser aplicados na execução da linha de transporte e dos postos de transformação enquanto que o terceiro capítulo, traz-nos a metodologias e as técnicas aplicadas para elaboração deste trabalho, sendo base as metodologias segundo (Lakatos, 2003) e (Azevedo, 2020).

No quarto traz um balizamento da parte dos cálculos mecânicos, baseando na maior parte do decreto 51/2011 que define o RSLAT que é de caracter importante na elaboração do projecto e da observância das questões de segurança dado ao nível de tensão que esta linha ira transportar e do seu traçado. Em suma, os cálculos demonstram as distancias seguras entre os conductores e os apoios, entre conductores e o solo, a distancia de segurança entre os conductores e as árvores, a profundidade de encastramento dos postes, bem como outras características que conferem a segurança mecânica da linha de transporte de energia.

No quinto capítulo, através do levantamento das cargas previstas, determinou os factores de demanda, de cargas e de perdas, bem como as respectivas demandas que conduziram ao dimensionamento dos postos de transformação da SAA ETA, sendo dois transformadores, onde um de 100kVA e outro de 50kVA para estação de captação e tratamento respectivamente.

O sexto capítulo versa sobre o dimensionamento eléctrico da infraestrutura, aferindo os parâmetros e características dos materiais arroladas nos capítulos anteriores. Foram dimensionados os parâmetros dos isoladores, chave seccionador fusível e as correntes de serviço para escolha do conductor de transporte de energia.

O sétimo capítulo, baseando-se no levantamento do traçado da linha, elaborou-se a lista de quantidades dos materiais e cronograma de execução, que também serviram para realização da previsão dos custos para execução do projecto que está avaliado em cerca de MZN 17 130 126,67 meticais, valores que entende se ser de materiais e mão de obra.

Palavra Chave: Linhas de transporte de energia, cálculos mecânicos, cálculos electricos, energia electrica.

ABSTRACT

The distribution of electrical energy plays a predominant role in social development and on creation of a welfare in communities in our country, as it is the driving force to galvanize various social and economic activities, from urban to rural areas. The present work develops a project to build a medium voltage line of approximately 6.5km lengths and two power transformer stations to supply electrical power to the booster water pumping station in the district of Murrupula, Nampula province. This work will not only address theoretical issues and calculations of the distribution line parameters and power transformer stations demands, as well as presenting the cost estimate study and schedule for its execution. The second chapter brings us to the methodologies and techniques applied to prepare this work, based on the methodologies according to (Lakatos, 2003) and (Azevedo, 2020), while the third chapter the works provides a general and theoretical approach to the system with a clear reference to the equipment to be applied in the execution of the transport line and transformation stations.

The fourth section provides guidance on mechanical calculations, based mostly on RSLAT, which is important in the preparation of the project and the observance of safety issues given the level of tension that this line will carry and its route. In short, the calculations demonstrate the safe distances between conductors and supports, between conductors and the ground, the safety distance between conductors and trees, the depth of embedding of posts, as well as other characteristics that confer the mechanical safety of the power transmission line.

In the fifth chapter, by surveying the expected loads, the demand, load and loss factors were determined, as well as the respective demands that led to the sizing of the SAA ETA transformation stations, with two transformers, one of 100kVA and the other of 50kVA for booster pumping station and water treatment station respectively.

The sixth chapter deals with the electrical sizing of the infrastructure, assessing the parameters and characteristics of the materials listed in the previous chapters. The parameters of the insulators, fuse disconnector switch and service currents were dimensioned to choose the conductor.

The seventh chapter, based on the survey of the line layout, prepared the list of quantities of materials and execution schedule, which also served to forecast the costs for executing the project, which is valued at approximately MZN 17 130 126,67, values that are correspondent to the materials and labor.

Keyword: Power line, mechanical calculations, electrical calculations, electrical power.

ÍNDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	ii
DIDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE.....	ix
LISTAS DAS FIGURAS	xiii
LISTAS DAS TABELAS	xiv
LISTA DAS ABREVIATURAS, SIMBOLOS, UNIDADES E MEDIDAS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Delimitação do Tema	1
1.2 Problemática	2
1.3 Objectivos	2
1.3.1 Objectivo Geral	2
1.3.2 Objectivos Específicos.....	2
1.4 Justificativa:.....	2
1.5 Características do Ambiente de estudo	3
1.6 Estrutura do Trabalho	3
CAPITULO II – REVISÃO DA LITERATURA	5
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 Redes Eléctricas	5
2.2 Tensão Nominal	5
2.3 Redes de Distribuição	6
2.4 Posto de Transformação Aéreo – Sua constituição	6
2.5 Condutores e Cabos Eléctricos.....	7
2.5.1 Cabos Nus	7
2.6 Apoios	8
2.7 Isoladores.....	11
2.8 Para-raios (DST).....	12
2.9 Chave Fusível (Drop out).....	14
2.10 Aterramento Eléctrico.....	16

2.11	Transformador	16
2.12	Flecha de um condutor	17
2.13	Haste (Eléctrodo) de aterramento	17
2.14	Higiene e Segurança no Trabalho	18
CAPITULO III – METODOLOGIA		20
3.	METODOLOGIA	20
CAPITULO IV – CALCULOS MECANICOS		22
4.	CALCÚLOS MECANICOS	22
4.1	Condutores nus	22
4.2	Curva de Elevação da Temperatura dos conductores Nus	22
4.3	Aquecimento dos conductores.....	24
4.4	Determinação da Acção do Vento Sobre nos conductores	25
4.5	Distância dos conductores ao solo	25
4.6	Distância entre conductores às árvores	26
4.7	Flecha Máxima	26
4.8	Vãos.....	26
4.9	Distâncias entre os conductores.....	27
4.10	Distância entre os condutor e os apoios.....	27
4.11	Profundidade de encastramento dos Postes.....	28
4.12	Escolha dos Apoios.....	29
CAPITULO V – CALCULOS ELECTRICOS.....		30
5.	DIMENSIONAMENTO DOS POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO	30
5.1	Posto de Transformação da Captação	30
5.1.1	CARGAS PREVISTAS	30
5.1.2	Factor de Demanda	30
5.1.3	Factor de Carga	31
5.1.4	Factor de Perda	31
5.1.5	Demanda de Motores (por conjunto dos motores iguais)	31
5.1.6	Demanda de Luz e Tomadas	32
5.1.7	Demanda Total.....	33
5.1.8	Previsão de Evolução de Carga 20%	34
5.1.9.	Chave Fusível (Drop out).....	34
5.1.10.	Barramento de Média Tensão	34

5.1.11 Transformador.....	35
5.1.12 Cabo entre Transformador e o Quadro Geral de Baixa Tensão	35
5.1.12 Quadro Geral de Baixa Tensão do P.T.....	37
5.1.13 SECÇÃO DOS ALIMENTADORES.....	37
5.1.14 Invólucro.....	38
5.1.15 Disjuntor Geral de B.T.....	38
5.1.16 Contador de Energia.....	39
5.1.17 REDES DE TERRAS	39
5.1.17.1 Terra de Protecção	39
5.1.17.2 Terra de Serviço	40
5.1.18 ACESSÓRIOS REGULAMENTARES.....	40
5.2 Posto de Transformação do Tratamento.....	40
5.2.1 CARGAS PREVISTAS	40
5.2.2 Previsão de Evolução de Carga 20%	41
5.2.3 Transformador.....	41
5.2.4 Chave Fusível (Drop Out).....	42
5.2.3 Cabo entre Transformador e o Quadro Geral de Baixa Tensão	42
5.2.4 Disjuntor Geral de B.T.....	43
5.2.5 SECÇÃO DOS ALIMENTADORES.....	44
5.2.6 Protecção contra Sobretensões de origem atmosférica – Para-raios	44
CAPITULO VI – CALCULOS ELECTRICOS	47
6 DIMENSIONAMENTO DA LINHA DE TRANSPORTE DE ENERGIA	47
6.2 Clima e Hidrografia	47
6.3 Característica Eléctrica da Rede.....	47
6.4 Dados da Carga.	48
6.5 Dados da Linha.....	48
6.6 Dimensionamento dos Isoladores	49
6.7 Escolha de Chave Seccionador Fusível.....	50
6.8 Cálculo da Resistência Eléctrica.	51
6.9 Determinação da Reatância Longitudinal.....	52
6.10 Cálculo da Impedância da Linha.....	52
6.11 Cálculo da Corrente de Serviço.....	53
6.12 Cálculo das Quedas de Tensão.....	53

CAPITULO VII – ESTIMATIVA DE CUSTOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
7 Estimativas de Custos e Considerações Finais.....	55
7.1 Estimativas de Custos	55
7.2 CONCLUSÃO	58
7.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
ANEXOS I – Perfil da Linha	61
ANEXOS II – Desenhos	62
ANEXOS III – Cronograma de Execução	63

LISTAS DAS FIGURAS

Figura 1 - Posto de Transformação.....	7
Figura 2 - Cabos de Alumínio.....	8
Figura 3 - Poste de Alinhamento em Betão	9
Figura 4 - Poste de angulo em π	10
Figura 5 - Postes de angulo 90°	10
Figura 6 - Isolador de Passagem Porcelana	11
Figura 7 - Isolador Polimerico de Ancoragem.....	12
Figura 8 - Para-raios Sua composição	13
Figura 9 - Para-raios de corpo polimérico	14
Figura 10 - Chave fusivel.....	15
Figura 11 - Fusível aplicado na chave	15
Figura 12 - Transformador de pontecia	17
Figura 13 - Núcleo do Transformador	17
Figura 14 - Eléctrodo de Terra e seus acessórios.....	18
Figura 15 - Placa de segurança	19

LISTAS DAS TABELAS

Tabela 1 - Curva de Elevação da Temperatura dos Conductores AAC.....	23
Tabela 2 - Características Técnicas dos cabos de Al	24
Tabela 3 – Valores para coeficiente K1	36
Tabela 4 -Valores do Coeficiente K2.....	37
Tabela 5 - Secção Transversal dos Cabos Alimentadores	38
Tabela 6 - Cargas Previstas na Estação de Tratamento	41
Tabela 7 - Secção Transversal dos Cabos Alimentadores - Estação de Tratamento	44
Tabela 8 - Tabela do Factor de Aterramento	45
Tabela 9 - Clima e Hidrologia do Distrito de Murrupula	47
Tabela 10 - Características da Rede EDM.....	47
Tabela 11 - Dados da Linha de Transporte de energia	48
Tabela 12 - Especificações Técnicas dos Isoladores	50
Tabela 13 - Resistividade e Coeficiente de Temperatura dos Matérias Conductores.....	51
Tabela 14 - Mapa de Quantidades e Estimativa de Custos.....	55

LISTA DAS ABREVIATURAS, SIMBOLOS, UNIDADES E MEDIDAS

MT – Media Tensão

BT – Baixa Tensão

AT – Alta Tensão

MAT – Muito Alta Tensão

PT – Posto de Transformação

CC – Curto-Circuito

ACSR - Aluminium conductor steel-reinforced (Conductor de Alumínio com Alma de Aço)

RSLAT – Regulamento de Segurança de Linha de Alta Tensão.

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

ETA – Estação de Tratamento de Águas

S – Secção Transversal

L – Comprimento

D – Distancia

Fd – Factor de Demanda

D Max – Demanda Máxima

FC – Factor de Carga

D Media – Demanda Media

Fpr – Factor de Perda

FS – Factor de Simultaneidade

Fu – Factor de Utilização

DM – Demanda de Motor

HST – Higiene e segurança no trabalho

kV- quilo voltes

kVA – Quilo voltes amperes

kW – Quilo wates

kVA – Quilo voltes amperes

daN/M – Deca Newton metros

M – Metros

Hz – Hertizes

Ω - Ohmes

MCOV – Tensão máxima de operação continua

TOV – Sobre tensão temporaria

H – Henry

Z - Impedancia

1. INTRODUÇÃO

A força motriz para desenvolvimento do país é a disponibilidade contínua de energia eléctrica para todos os serviços sociais, razão pela qual o governo definiu o abastecimento de energia e de água como primordial no combate à pobreza e redução das assimetrias regionais bem como para a promoção do desenvolvimento social e económico do país.

O desenvolvimento deste projecto baseia-se na oportunidade que o governo de Moçambique com ajuda de parceiros tem de atender a necessidade de fornecimento continua de água potável para as populações da vila sede do distrito de Murrupula na província de Nampula. Neste contexto para operacionalizar deste projecto é necessário garantir a disponibilização de fonte de energia.

Neste âmbito, o distrito de Murrupula ira beneficiar-se de uma infraestrutura de captação, tratamento e abastecimento de água, que por sua vez será necessária uma infraestrutura de rede eléctrica para prossecução deste objectivo, que é o motivo para elaboração deste trabalho académico com o seguinte tema:

Projecto de Linha de Média Tensão e Dois Postos de Transformação para Alimentação da Estação de Captação de Água no Posto Administrativo de Murrupula em Nampula

1.1 Delimitação do Tema

Este trabalho, circo-inscreve-se no distrito de Murrupula, localizada a sudoeste da capital provincial de Nampula, fazendo limite ao norte com o distrito de Nampula, a sul com distrito de Gilé província da Zambézia, a este com distrito de Mogovólas e a Oeste com distrito de Ribaué. O distrito conta com mais de 182817 habitantes e cobre uma área de cerca de 3095 km² de acordo com censo 2017.

1.2 Problemática

O acesso a água potável é um dos maiores desafios do governo de Moçambique para todo país, e em particular para âmbito deste trabalho, o distrito de Murrupula. A captação, tratamento e distribuição da água potável exige um sistema hidráulico fiável, coadjuvado com a energia eléctrica de qualidade.

Neste contexto, para satisfação dos desafios relacionados com a agenda do governo, há necessidades de desenvolver um projecto eléctrico fiável que responde a demanda do projecto de captação, tratamento e bombagem da água as populações da sede do distrito de Murrupula.

1.3 Objectivos

1.3.1 Objectivo Geral

Elaborar projecto de linha de média tensão em 33kV e dois postos de transformação para alimentar uma estação de captação e tratamento de água do Posto administrativo de Murrupula

1.3.2 Objectivos Específicos

- Fazer o levantamento de cargas a ser alimentado pela linha de MT;
- Dimensionar uma linha de MT;
- Dimensionar dois postos de transformação para alimentação das cargas na estação de captação e tratamento;
- Apresentar os custos finais para sua execução;

1.4 Justificativa:

A sede do distrito de Murrupula carece de um sistema de captação, tratamento e distribuição da água potável fiável e inclusiva, mas para a sua implantação deve estar associada a outra infraestrutura de suporte deste sistema, tais como a rede de energia eléctrica de qualidade.

O trabalho de monografia aqui apresentado, ira ajudar na definição dos parametros, dimensionamento dos postos de transformação e por conseguinte a definições da capacidade linha e as especificações técnicas dos equipamentos que possam viabilizar o transporte e distribuição de energia para todo sistema.

1.5 Características do Ambiente de estudo

A execução deste projecto será feita em três partes que obrigam fazer leituras de manuais e livros físicos e digitalizados, escrever e desenhar usando um computador. Para melhor aproveitamento e rendimento, será realizado em ambiente de escritório, com devido apetrechamento de mobiliário, luz suficiente e sem perturbações sonoras.

Maior concentração será preponderante pelo que adaptei o estudo no período noturno.

1.6 Estrutura do Trabalho

Este trabalho será composto por sete capítulos, com uma organização como segue abaixo:

Capitulo I – Compreende a primeira parte designada como introdutória, que compõe a delimitação do tema, problemática, objectivos, justificativa e caracterização do ambiente onde será realizado maior parte do trabalho deste projecto;

Capitulo II – Revisão bibliografia onde será tratada a descrição teórica dos equipamentos principais a serem aplicados para este projecto;

Capitulo III – Metodologia para elaboração do trabalho;

Capitulo IV - Cálculos mecânicos, será abordado os cálculos mecânicos baseado no decreto 57/2011 que aprova RSLAT, onde define as condições de segurança mínimas que devem ser

respeitadas obrigatoriamente bem como recomendações de boas praticas de construção de linhas de AT;

Capitulo V - Dimensionamento dos postos de transformação, será feito com base nas cargas previstas tanto para estação de captação como também para o tratamento;

Capitulo VI - Dimensionamento da linha de transporte, com base nos resultados do capitulo anterior será possível definir os parâmetros da linha de transporte para alimentar todo sistema;

Capitulo VII – Estimativas de custos para execução do projecto, considerações finais e os anexos onde apresenta o perfil da linha, os desenhos de estrutura do projecto.

CAPITULO II – REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo descreve de forma teórica os equipamentos a serem aplicados para execução deste projecto, de onde serão instalados, suas funções e suas características.

2.1 Redes Eléctricas

As redes eléctricas tem por objectivo assegurar a transmissão de energia desde as instalações de produção até aos consumidores finais, e podem ser classificadas segundo diversos critérios, e podemos apresentar os três critérios fundamentais de interesse para o nosso estudo.

O primeiro refere-se a tensão nominal (de serviço), como uma das grandezas que determina a capacidade de transporte e fixa as dimensões das linhas e das aparelhagens das subestações. O segundo prende-se com a função do sistema assegurar, e por fim o terceiro esta ligado a topologia da rede, fixando o seu modo de operação normal. (Paiva, 2007).

A classificação acima mencionada será base para definição dos parâmetros nos capítulos quinto e sexto.

2.2 Tensão Nominal

A tensão nominal de uma rede eléctrica pode variar de dezenas de voltes até ao milhão de voltes, distinguindo-se as seguintes classes (Paiva, 2007):

- ✓ Baixa Tensão (BT) – abaixo de 1000V, com valores típicos 400/230V;
- ✓ Media Tensão (MT) – entre 1 e 45kV,
- ✓ Alta Tensão (AT) – entre 45 e 110kV;

- ✓ Muito Alta Tensão (MAT) – acima de 110kV.

2.3 Redes de Distribuição

As redes de distribuição têm a função principal de levar a energia até junto aos consumidores domésticos ou industriais para o que usam três níveis de tensão tais como:

- ✓ Baixa tensão, á qual estão directamente ligado os aparelhos;
- ✓ Media tensão, que alimenta os postos de transformação; e,
- ✓ Alta tensão que fornece energia as subestações. (Paiva, 2007).

2.4 Posto de Transformação Aéreo – Sua constituição

Os postos de transformação aéreos é um conjunto constituído por transformador, um conjunto de chave seccionador fusível(drop-outs), para-raios (DST), isoladores travessas para o lado MT, um quadro de protecção de BT, geralmente em postes de madeira ou betão. Compõe também ainda os sistemas de terras de protecção e de serviços.

Os equipamentos chave do PT's, serão abordados de forma individual ao longo deste capítulo e o seu dimensionamento será tratado nos capítulos quarto, quinto e sexto.

Fonte: Autor



Figura 1 - Posto de transformação

2.5 Condutores e Cabos Eléctricos

Condutor de energia é o meio pelo qual se transporta potência desde um determinado ponto, denominado fonte ou alimentação, até um terminal consumidor. (Mamade, 2013)

2.5.1 Cabos Nus

Os Condutores nus podem ser constituídos de cobre, alumínio, ou de suas ligas, ou de outros materiais que possuam características eléctricas e mecânicas adequadas e resistência às intempéries.

(Solidal,2015)

Os cabos de alumínio são amplamente usados nas linhas aéreas de transporte e distribuição de energia, devido ao seu baixo custo de mercado, quando comparado ao cobre, seu peso específico e excelente comportamento aos esforços mecânicos quando encordoados com o aço. (Mamade, 2013)

Fonte – SOLIDAL,2015



Figura 2 - Cabos de alumínio

2.6 Apoios

Apoios são estruturas verticais (poste) que podem ser compostas por metal, betão e madeira e que sustentam as travessas e os restantes equipamentos na sua parte superior, que por sua vez sustentam os condutores. Este termo é usado para linhas de Alta e Média Tensão. Inclui apoios normais, e outros que servem de suporte para os seccionadores e o PT.

Os apoios, devido à posição que ocupam ao longo do traçado de uma rede, classificam-se da seguinte forma:

- ✓ Apoios de alinhamento: servem somente para suportar os condutores e empregam-se em traçados rectos. Embora estejam sujeitos a esforços verticais, o seu dimensionamento é desnecessário para postes de betão e deverão ser considerados os esforços transversais devido ao vento.

Fonte: Autor



Figura 3 - Poste de alinhamento em betão

- ✓ Apoios de ângulo: empregam-se para suportar os condutores nos vértices de ângulos que formam dois alinhamentos diferentes da linha. Este tipo de apoios devem ser dimensionados para suportar esforços transversais devidos ao vento e aos esforços transversais devido a tracção dos condutores

Fonte: Autor



Figura 4 - Poste de angulo em π

Fonte: Autor



Figura 5 - Postes de angulo 90°

2.7 Isoladores

Os isoladores são dispositivos que exercem a função de isolar os condutores quando estes estão submetidos a uma diferença de potencial em relação a terra, estrutura de suporte e ou em relação a um outro condutor de fase, como também devido às propriedades mecânicas tem a função de suportar os esforços produzidos pelos condutores. De modo geral, os isoladores podem ser classificados em duas categorias: (Mamade, 2013)

✓ Isoladores de apoio

No parágrafo anterior foi claramente explicado a função dos isoladores, e este em particular enquadra-se nesta função. Nas redes de distribuição, que é o nosso caso de aplicação, os condutores são fixados aos isoladores através de laços pré-formados, ou por outro meio qualquer, de forma a permitir que haja um pequeno deslocamento devido aos trabalhos de ciclos de cargas durante a sua vida útil. (Mamade, 2013)

Fonte – Autor



Figura 6 - Isolador de passagem porcelana

✓ Isoladores de suspensão ou ancoragem

Entende-se que são os quando fixados à estrutura de sustentação, permitem o livre deslocamento em relação à vertical, através da rotação do seu dispositivo de fixação. Estão nessa categoria os isoladores de disco, podendo ser poliémicos, com alta resistência a tração mecânica. (Mamade, 2013)

Fonte – Autor



Figura 7 - Isolador Polimerico de Ancoragem

2.8 Para-raios (DST)

Os para-raios, são equipamentos indispensáveis para a protecção dos sistemas elétricos contra sobretensões de origem atmosférica, como também os de origem durante as manobras de chaveamento em seccionadores e disjuntores (sobretensões de origem interna). Estes equipamentos são responsáveis pela redução dos níveis de sobretensões a valores compatíveis com a suportabilidade desses sistemas. (Mamade,2013)

Os para-raios limitam as sobretensões a um valor máximo. Esse valor é tomado como o nível de protecção que os para-raios oferecem ao sistema.

Os para-raios são equipamentos constituídos de materiais resistivos não lineares em série-paralelo e podem possuir, ou não, um centelhador. Atualmente são feitos principalmente de Oxido de Zinco (ZnO), mas ainda é possível encontrar estes equipamentos em Carboneto de Silício (SiC), principalmente com encapsulamento polimérico e de porcelana.

Fonte: (Mamede, 2013)

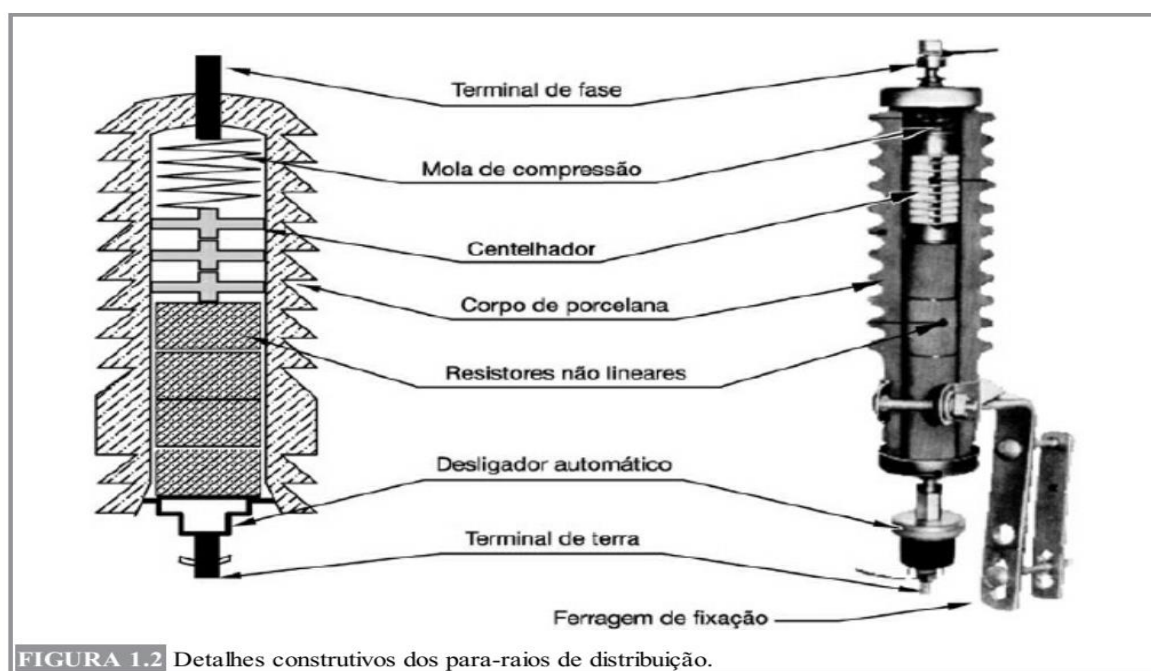


Figura 8 - Para-raios Sua composição

Fonte: (Mamade, 2013)

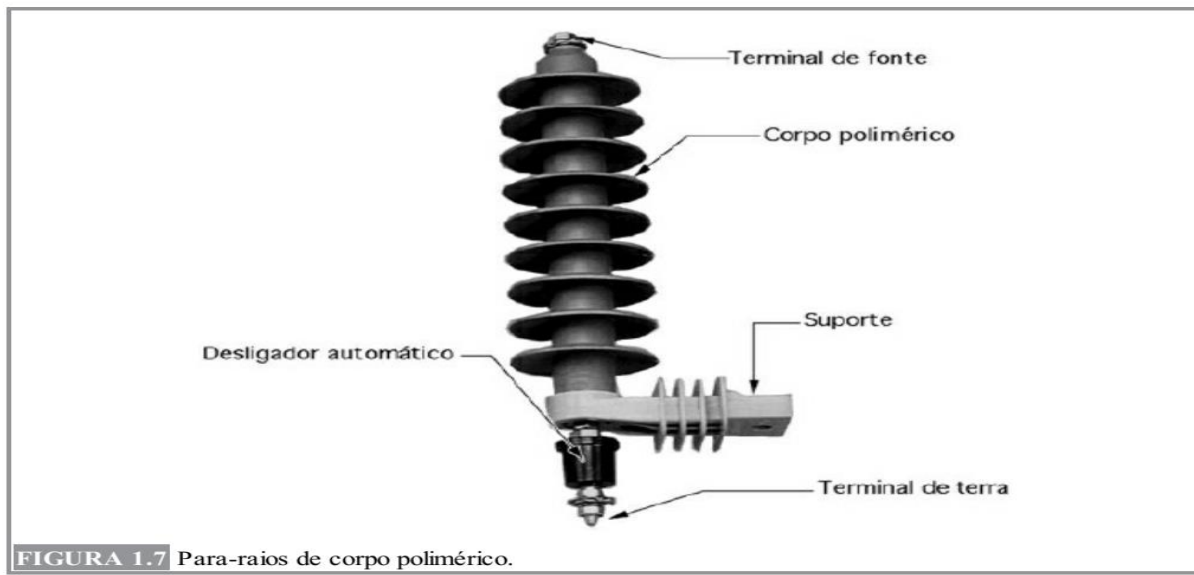


Figura 9 - Para-raios de corpo polimérico

O dimensionamento dos para-raios será abordado no capítulo sexto, por ser o equipamento importante para a protecção dos transformadores.

2.9 Chave Fusível (Drop out)

Chave fusível é um dispositivo que se destina à protecção contra sobre-correntes em circuitos primários, utilizados em redes aéreas de distribuição urbana e rural e em pequenas subestações de consumidor e de concessionária. Esta equipada por um elemento fusível que responde pelas características básicas de sua operação. (Mamede Filho, 2013)

As chaves fusíveis são denominadas também corta-circuitos e são fabricadas em diversos modelos para diferentes níveis de tensão e corrente.

Dada a sua grande importância nas linhas de distribuição em media tensão serão tratados nos capítulos V e VI para o seu dimensionamento tanto para protecção dos transformadores como seccionamento linha.

Fonte: (Mamade, 2013)

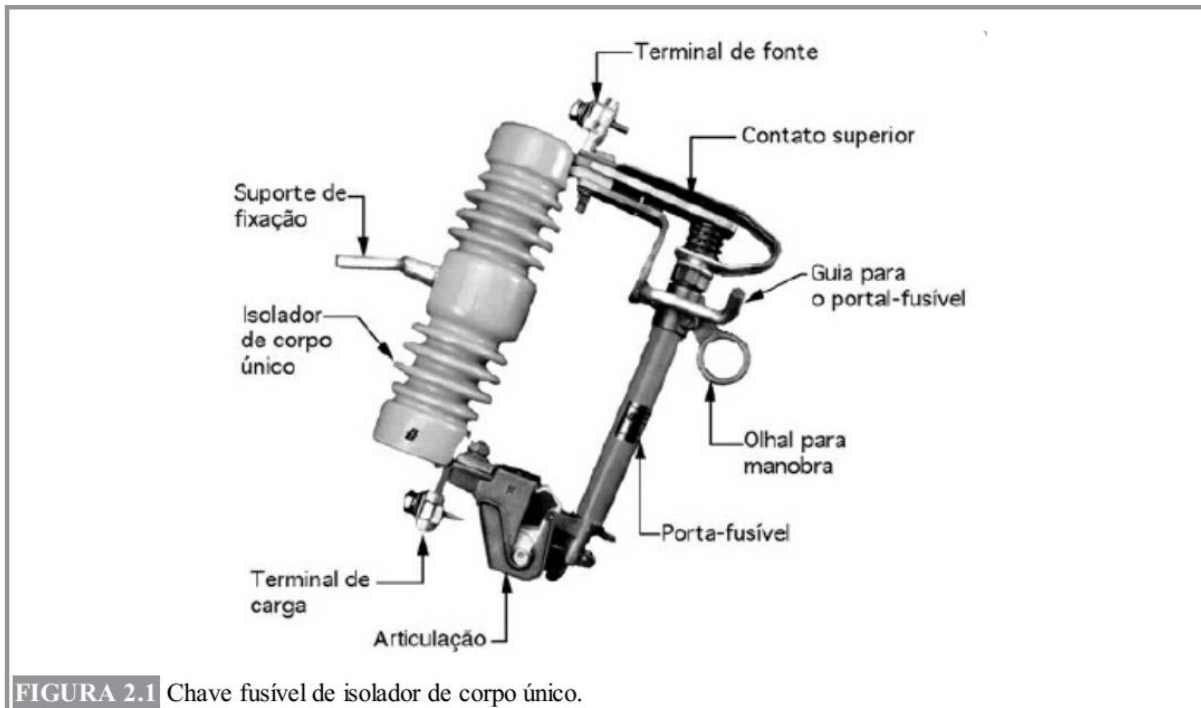


Figura 10 - Chave fusível

Fonte: (Mamade, 2013)

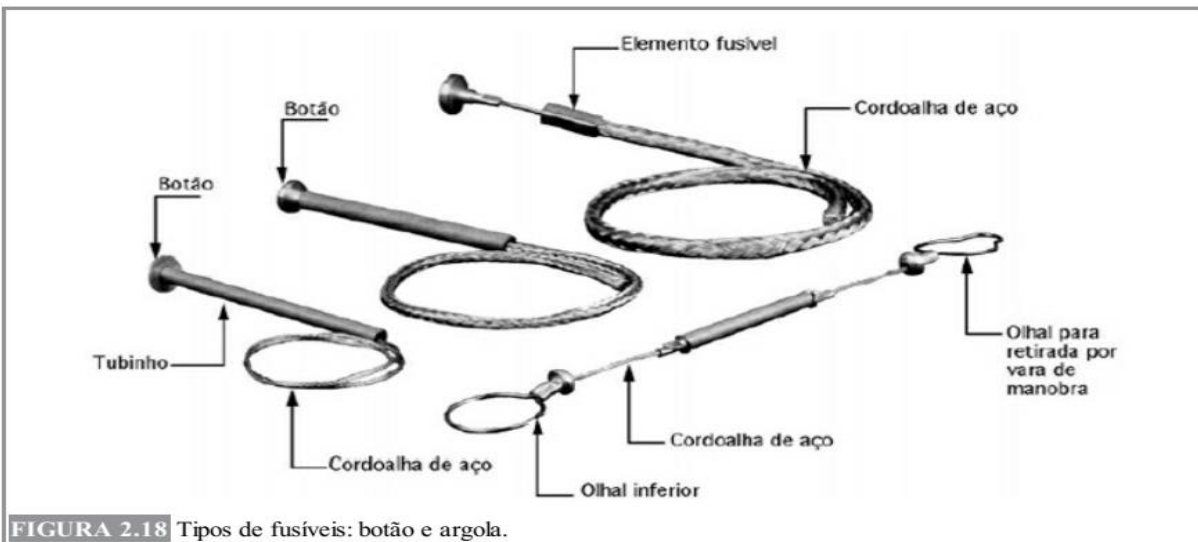


Figura 11 – Elemento fusível

2.10 Aterramento Eléctrico

Em Física, um aterramento eléctrico é um sistema ideal, capaz de fornecer ou absorver a quantidade de cargas eléctricas que possam afetar o funcionamento de um sistema eléctrico, sem alterar quaisquer de suas propriedades eléctricas, mostrando-se sempre electricamente neutro ao ambiente que o cerca.

Os objetivos principais do aterramento são:

- ✓ Obter uma resistência de aterramento a mais baixa possível, para correntes de falta a terra;
- ✓ Manter os potenciais produzidos pelas correntes da falta dentro de limites de segurança de modo a não causar fibrilação;
- ✓ Fazer com que equipamentos de protecção sejam mais sensibilizados e isolem rapidamente as falhas à terra;
- ✓ Proporcionar um caminho de escoamento para terra de descargas atmosféricas;
- ✓ Usar a terra como retorno de corrente no sistema MRT.
- ✓ Escoar as cargas estáticas geradas nas carcaças dos equipamentos. (Kinderman, 1995)

2.11 Transformador

O transformador é um equipamento que consiste em dois ou mais enrolamentos acoplados por meio de um fluxo magnético comum. Se um desses enrolamentos, o primário, for conectado a uma fonte de tensão alternada, então será produzido um fluxo alternado cuja amplitude dependerá da tensão do primário, da frequência da tensão aplicada e do número de espiras. Uma porção desse fluxo, denominado fluxo mútuo, concatena um segundo enrolamento, o secundário, induzindo neste uma tensão cujo valor depende do número de espiras do secundário, assim como da magnitude do fluxo comum e da frequência. Ao se estabelecer uma proporção adequada entre os números de espiras do primário e do secundário, praticamente pode ser obtida qualquer relação de tensões, ou relação de transformação. (Umans, 2014)

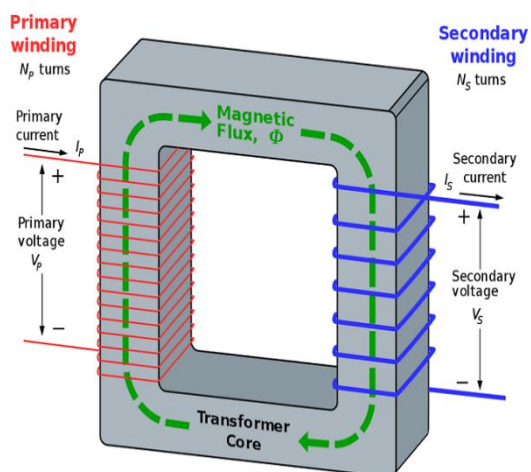


Figura 13 - Núcleo do Transformador



Figura 12 - Transformador de potencia

2.12 Flecha de um condutor

Distância entre o ponto do condutor ou do cabo de guarda, onde a tangente é paralela à recta que passa pelos pontos de fixação e a intersecção da vertical que passa por esse ponto com esta recta, supostos o condutor ou o cabo de guarda não desviados pelo vento (Decreto 57/2011)

2.13 Haste (Eléctrodo) de aterramento

Os eléctrodos de terra podem ser constituídos por aço inóx, aço galvanizado ou por aço cobreado, este último é o comumente usado, que oferece elevada resistência á corrosão e com uma força de tracção de cerca de 600N/mm^2 , permitindo desta forma a instalação e maiores profundidades. Recomenda-se que o revestimento de cobre eletrolítico seja $250\mu\text{m}$ em todos os pontos do eléctrodo para garante-lhes uma durabilidade estimada superior a 30 anos.

Fonte - <https://www.hilarioalves.com/pt/eletrodo-terra-1-50mt-s-abracadeira> acessado em 08/08/2024



Figura 14 - Eléctrodo de Terra e seus acessórios

2.14 Higiene e Segurança no Trabalho

Todas as actividades de construção require cuidados de HST, este projecto não foge á regra e temos a recomendar o uso de equipamentos de protecção individual e coletiva bem como a observância das respectivas regras de segurança. Exige-se a indicação de um supervisor de HST, para que possa zelar pelas equipas e avaliar os riscos associados a cada activdade.

Tratando de uma linha nova e que vai ser construída na zona de aglomerado populacional, seguem abaixo as recomendações a seguir:

- Fazer análise de riscos;
- Barricar as zonas de trabalho;
- Incluir agente de sinalização de manobra usando bandeirolas;
- Ter atenção aos cruzamentos de linha em tensão;
- Discussões periódicas sobre segurança (Diálogo o diário de segurança)

Fonte: Autor



Figura 15 - Placa de segurança

CAPITULO III – METODOLOGIA

3. METODOLOGIA

Para desenvolvimento deste trabalho, serviram como guia principal métodos e técnicas segundo Lakatos e Marconi, 2003.

O enquadramento metodológico deste trabalho, olhando para os objectivos da pesquisa ela pode ser enquadrada tanto quanto a natureza do objecto e quanto a natureza da pesquisa, como sendo exploratório e conceitual aplicada respectivamente. (Azevedo,2020)

A lógica desta pesquisa é deductiva, pois busca reformular ou enunciar de forma explicita as informações contidas nas premissas, isto é, através da revisão bibliográfica no segundo capítulo e aplicação das formulas matemáticas de cálculos nos capítulos IV até ao VI, aplicando os argumentos condicionais validos. (Lakatos e Marconi, 2003).

Os argumentos condicionais válidos representam as fórmulas matemáticas, decretos e leis de electricidade que podem ser chamados de afirmações antecedentes (modus ponens) e, por conseguinte, os resultados obtidos nos diversos cálculos para este trabalho, como sendo negação consequente (modus tollens). (Lakatos e Marconi, 2003)

Os procedimentos técnicos levados a cabo para elaboração deste trabalho, são:

- Pesquisa bibliográfica – como forma de consolidar a análise e a manipulação das informações para este trabalho busca-se aprimorar a fundamentação teórica, numa primeira fase da pesquisa, consultando livros, decretos, manuais e regulamentos técnicos da electricidade;
- Levantamento de Campo – Aplicando as técnicas de observação sistemática, fez a recolha de dados das cargas dos equipamentos principais, cujo o levantamento dos dados foi feito com base em consultas de catálogos de fabricantes dos equipamentos e a estimativa de cargas dos serviços de suporte da ETA e SAA. Fazem parte de dados as potências eléctricas

obtidas a partir da previsão das cargas, potencias eléctricas dos equipamentos extraídas nos catálogos dos fabricantes.

Os resultados obtidos desta pesquisa classificam se como sendo aplicados, segundo Azevedo, 2020, e foram obtidos com base na combinação do uso de instrumentos e programas computacionais, tais como:

- ✓ Computador, impressoras, etc.
- ✓ AutoCad que será usado para o desenho das plantas, estruturas das linhas de transporte de energia eléctrica;
- ✓ Google map, que vai permitir a definição do traçado da linha de transporte de energia eléctrica.
- ✓ Ms Office, para execução dos mapas de cálculos será aplicado o Excel.
- ✓ PLS CAD, vai permitir o desenho do perfil, indicando cada vão e suas flechas bem como as curvas de níveis.

CAPITULO IV – CALCULOS MECANICOS

4. CALCÚLOS MECANICOS

Neste capítulo, serão abordados os cálculos mecânicos baseado no decreto 57/2011 que aprova RSLAT, onde define as condições de segurança mínimas a serem respeitadas obrigatoriamente e recomendações de boas praticas de construção de linhas aéreas de AT.

4.1 Condutores nus

Nas linhas aéreas só será permitida a utilização de condutores nus sob a forma de cabo, e comumente usa-se cabos de aluminio devido aos seus custos e beneficios comparado aos outros materiais.

4.2 Curva de Elevação da Temperatura dos conductores Nus

A intensidade de corrente máxima admissível num cabo aéreo nu está limitada pela elevação da temperatura desse cabo provocada pela passagem dessa corrente. A temperatura máxima admissível num condutor nu não deve provocar alterações das propriedades mecânicas exigíveis para os metais constituintes, nomeadamente, a resistência à tracção e o alongamento.(Solidal,2015)

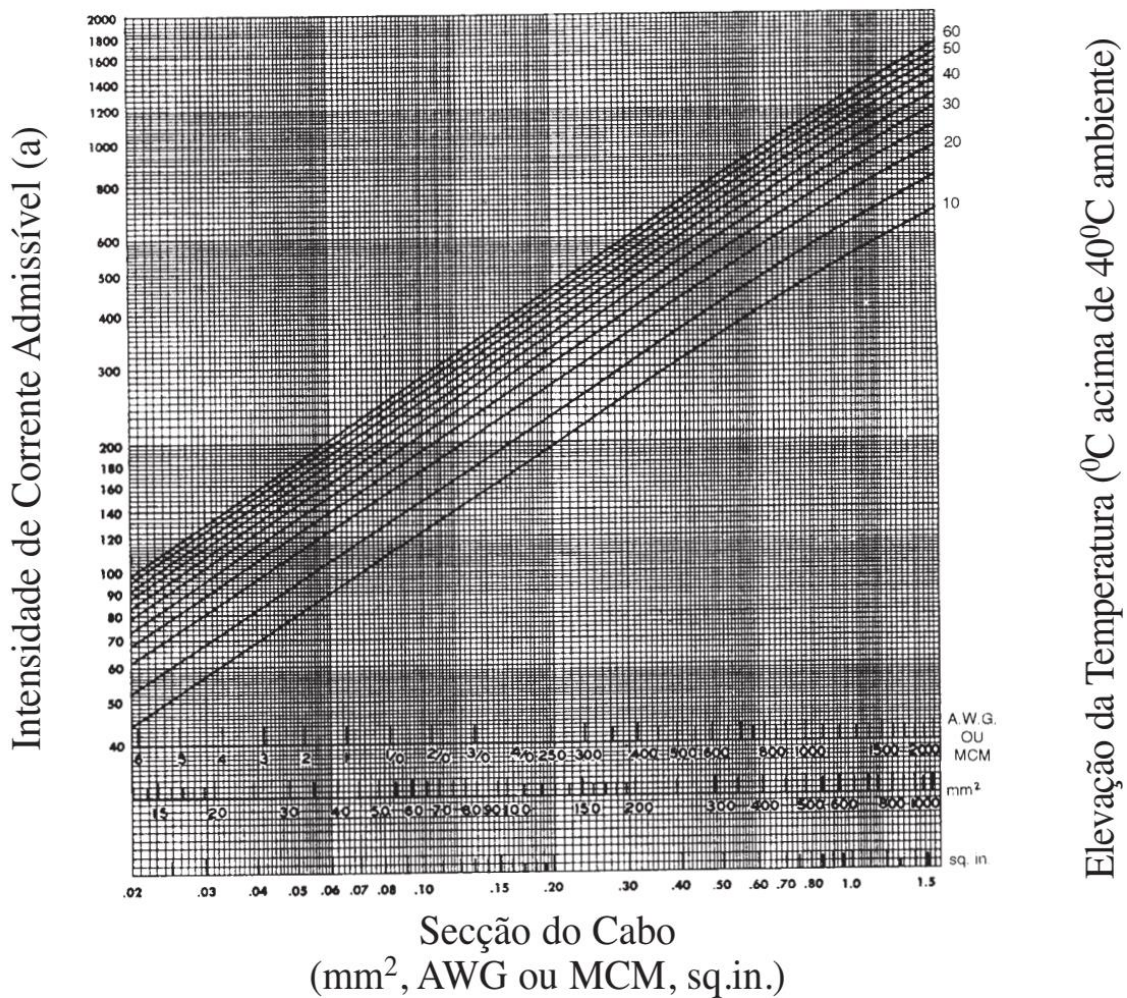
Nenhuma acção de recozimento é notada nos fios de alumínio até uma temperatura de 75 °C, mesmo ao fim de um tempo em serviço prolongado, e até 100 °C o recozimento produzido é fraco. Um cabo AAC em serviço permanente e a uma temperatura de 100 °C sofrerá, ao fim de alguns meses, uma redução até 10% do seu limite de ruptura provocada pelo recozimento. Já num cabo ACSR essa redução não será superior a 5% devido à presença do aço na composição do mesmo.

(Solidal,2015)

As curvas de elevação da temperatura que apresentamos na tabela 1, fornecem a intensidade de corrente admissível nos cabos AAC e ACSR em função da elevação da temperatura desses acima de 40 °C, considerando o vento a incidir transversalmente sobre o cabo e com uma velocidade de 0,61 m/s. (Solidal,2015)

Tabela 1 - Curva de Elevação da Temperatura dos Conductores AAC

(Velocidade do vento 0,61 m/s perpendicularmente ao cabo)



(Solidal,2015)

4.3 Aquecimento dos condutores

Na determinação da secção dos condutores das linhas aéreas dever-se-á atender as correntes máximas admissíveis em regime permanente, às correntes de sobrecarga e às correntes de curto-circuito, por forma que o aquecimento daí resultante não seja exagerado para os materiais que constituem os condutores.

O conductor selecionado AAA WILLOW de secção de 89.7mm² com uma capacidade de condução estimada em 310A, em regime permanente a uma temperatura máxima do conductor de 85°C

Tabela 2 - Características Técnicas dos cabos de Al

Quadro 75 - Características Técnicas dos Cabos de Liga de Alumínio usados em Inglaterra - AL3

Designação		Área (mm ²)	Nº de fios	Diâmetro (mm)		Massa por unidade de comprimento (kg/km)	Carga de Rota Nominal (kN)	Resistência Eléctrica máxima a 20°C (Ω/km)	Módulo de Elasticidade Final N/mm ²	Coeficiente linear de expansão 1/K	Capacidade Nominal ⁽¹⁾ A	Peso de massa Protectora de acordo com EN 50182 (kg/km) ⁽²⁾			
Nova	Antiga			fios	Cond.							Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
19-AL3	BOX	18,8	7	1,85	5,55	51,4	5,55	1,7480	60.000	23,0E-6	110			3,7	0,6
24-AL3	ACACIA	23,8	7	2,08	6,24	64,9	7,02	1,3828	60.000	23,0E-6	130			4,7	0,7
30-AL3	ALMOND	30,1	7	2,34	7,02	82,2	8,88	1,0926	60.000	23,0E-6	150			6,0	0,9
35-AL3	CEDAR	35,5	7	2,54	7,62	96,8	10,46	0,9273	60.000	23,0E-6	170			7,0	1,1
42-AL3	DEODAR	42,2	7	2,77	8,31	115,2	12,44	0,7797	60.000	23,0E-6	190			8,4	1,3
48-AL3	FIR	47,8	7	2,95	8,9	130,6	14,11	0,6875	60.000	23,0E-6	205			9,5	1,5
60-AL3	HAZEL	59,9	7	3,30	9,9	163,4	17,66	0,5494	60.000	23,0E-6	235			11,9	1,9
72-AL3	PINE	71,6	7	3,61	10,8	195,6	21,14	0,4591	60.000	23,0E-6	265			14,2	2,2
84-AL3	HOLLY	84,1	7	3,91	11,7	229,5	24,79	0,3913	60.000	23,0E-6	295			16,7	2,6
90-AL3	WILLOW	89,7	7	4,04	12,1	245,0	26,47	0,3665	60.000	23,0E-6	310			17,8	2,8
119-AL3	OAK	118,9	7	4,65	14,0	324,5	35,07	0,2767	60.000	23,0E-6	370			23,6	3,7
151-AL3	MULBERRY	150,9	19	3,18	15,9	414,3	44,52	0,2192	57.000	23,0E-6	430	11,0	33,2	18,1	
181-AL3	ASH	180,7	19	3,48	17,4	496,1	53,31	0,1830	57.000	23,0E-6	485	13,2	39,7	21,7	
211-AL3	ELM	211,0	19	3,76	18,8	579,2	62,24	0,1568	57.000	23,0E-6	535	15,4	46,4	25,3	
239-AL3	POPLAR	239,4	37	2,87	20,1	659,4	70,61	0,1387	57.000	23,0E-6	580	27,0	54,0	37,2	
303-AL3	SYCAMORE	303,2	37	3,23	22,6	835,2	89,44	0,1095	57.000	23,0E-6	675	34,2	68,4	47,2	
362-AL3	UPAS	362,1	37	3,53	24,7	997,5	106,82	0,0917	57.000	23,0E-6	760	40,9	81,7	56,3	
479-AL3	YEW	479,0	37	4,06	28,4	1319,6	141,31	0,0693	57.000	23,0E-6	910	54,1	108,1	74,5	
498-AL3	TOTARA	498,1	37	4,14	29,0	1372,1	146,93	0,0666	57.000	23,0E-6	935	56,2	112,4	77,5	
587-AL3	RUBUS	586,9	61	3,50	31,5	1622,0	173,13	0,0567	55.000	23,0E-6	1040	80,4	133,9	102,3	
659-AL3	SORBUS	659,4	61	3,71	33,4	1822,5	194,53	0,0505	55.000	23,0E-6	1120	90,3	150,4	114,9	
821-AL3	ARAUCARIA	821,1	61	4,14	37,3	2269,4	242,24	0,0406	55.000	23,0E-6	1295	112,4	187,3	143,1	
996-AL3	REDWOOD	996,2	61	4,56	41,0	2753,2	293,88	0,0334	55.000	23,0E-6	1465	136,4	227,3	173,6	

Nota: O sentido de cableamento da última cumada será à direita (Z).

(1) - Os valores da capacidade nominal de corrente são meramente indicativos e foram calculados nas seguintes condições de funcionamento do cabo: velocidade do vento de 0,6 m/s; temperatura ambiente de 35°C; temperatura máxima do cabo de 80°C (regime permanente)

(2) - De acordo com a norma EN 50 182, o peso de massa protectora nos condutores poderá ter uma variação de ± 20% relativamente ao valor nominal indicado.

Fonte: (Solidal,2015)

4.4 Determinação da Acção do Vento Sobre nos conductores

Para o cálculo da acção do vento sobre os conductores, considera-se que esta actua com a direcção horizontal e a força toma o mesmo sentido.

Considerando que de acordo artigo 9 da RSLAT, decreto 57/2011 obtemos:

$$F = \alpha * c * q * s \quad [\text{daN/M}] \quad \text{eq. 4.1}$$

Onde deduzido podemos obter:

$$F = \frac{\alpha * c * q * d * 10^{-3}}{2} * 0.981 \quad [\text{daN/M}] \quad \text{eq. 4.2}$$

4.5 Distância dos condutores ao solo

Com excepção dos casos em que no Regulamento em vigor se preveja uma distância maior, deverá observar-se, entre os conductores nus das linhas e o solo, nas condições de flecha máxima, desviados ou não pelo vento, uma distância D, em metros, não inferior à dada pela seguinte expressão:

$$D = 6.0 + 0.005U \quad \text{eq. 4.3 (decreto 57/2011)}$$

$$D = 6.0 + 0.005 * 33 \quad (\text{m})$$

$$D = 6.165 \quad (\text{m})$$

Onde U, em kilovolts, é a tensão nominal da linha.

4.6 Distância entre condutores às árvores

Entre os condutores nus das linhas, nas condições de flecha máxima, desviados ou não pelo vento, e as árvores deverá observar-se uma distância D, em metros, não inferior a dada pela expressão

$$D = 2.0 + 0.0075U \quad \text{eq. 4.4 (decreto 57/2011)}$$

$$D = 2.0 + 0.0075 * 33 \quad (\text{m})$$

$$D = 2.25 \quad (\text{m})$$

Onde U, em kilovolts, é a tensão nominal da linha.

Para uma tensão de 33 kV, a distância D deve ser igual ou superior a 2,5m, onde deverá estabelecer-se ao longo da linha uma faixa de serviço com uma largura de 8m, dividida ao meio pelo eixo da linha na qual se efectuará o corte e decote de árvores necessários para tornar possível a sua montagem. Com vista a garantir a segurança das linhas a zona de protecção terá a largura máxima de 15 m.

4.7 Flecha Máxima

A flecha máxima deve obedecer a distância de segurança entre a linha e o solo segundo o RSLEAT nas diferentes condições previstas, e pode ser calculado de seguinte modo:

$$f = \frac{L^2 * \omega * m_K}{8 * \sigma * t_{\theta k}} \quad \text{eq. 4.5 (decreto 57/2011)}$$

4.8 Vãos

Os valores reais dos vãos e das flechas para cada vão, serão obtidos pela simulação do projecto pelo programa PLS CAD, e representados no perfil em anexo.

4.9 Distâncias entre os condutores

Os condutores nus serão estabelecidos por forma a não poderem aproximar-se perigosamente, atendendo às oscilações provocadas pelo vento, não devendo entre eles observar-se uma distância D , em metros, arredondada ao decímetro, inferior a dada pela expressão:

$$D = 0,75k\sqrt{f + d} + \frac{U}{200} \quad \text{eq. 4.6 (decreto 57/2011)}$$

Em que:

f , em metros, é a flecha máxima dos condutores;

d , em metros, é o comprimento das cadeias de isoladores susceptíveis de oscilarem transversalmente à linha;

U , em kilovolts, é a tensão nominal da linha;

k , é o coeficiente dependente da natureza dos condutores e cujo valor é:

0,6 – para condutores de cobre, bronze, aço e alumínio-aço;

0,7 – para condutores de alumínio e de ligas de alumínio.

Para a linha de 33 kV, usando o condutor de alumínio, AAA, de código “WILLOW”, com vãos médios de cerca de 75 m a uma temperatura de montagem de 45 °C tem-se uma flecha de estimada de 0,470 m, admitindo o comprimento máximo da cadeia de isoladores de 0,32 m, a distância entre condutores é:

$$D = 0,75 \times 0,7 \times \sqrt{0,470 + 0,32} + \frac{33}{200} = 0,63m$$

A distância entre condutores nus não deverá ser inferior 0,63 m.

4.10 Distância entre os condutor e os apoios

A distância entre os condutores nus e os apoios deverá ser verificada nas duas hipóteses seguintes:

- Condutores em repouso, a temperatura mais desfavorável;

b) Condutores desviados sob acção do vento, a temperatura de 15° C.

Esta distancia D, em metros, arredondada ao centímetro, não deverá ser inferior à dada por uma das expressões seguintes:

$$D = 0.10 + 0.0065U \quad \text{eq. 4.7 - Para conductores em repouso}$$

$$D = 0.0065U \quad \text{eq. 4.8 - para conductores nus desviados pelo vento;}$$

Em que U, em kilovolts, é a tensão nominal da linha.

Para uma tensão de 33 kV, a distância D não deve ser inferior a 0,32 m.

Segundo RSLAT, artigo 33, decreto 57/2011, a exigência não é aplicada à zona de fixação dos condutores nus aos isoladores rígidos, desde que dentro dela nenhum elemento condutor se situe a uma distância ao apoio inferior à distância disruptiva do elemento isolante, exigindo-se, no entanto, que os isoladores utilizados apresentem características mencionadas nas respectivas normas, de acordo com a tensão nominal da linha.

4.11 Profundidade de encastramento dos Postes

Nos casos correntes de postes implantados directamente no solo, a profundidade de encastramento H_e , em metros, arredondada ao decímetro, não deverá ser inferior à dada pela expressão:

$$h_e = 0,10H + 0,5 \quad \text{eq. 4.9 (decreto 57/2011)}$$

em que H, em metros, é a altura total do poste.

$$\text{Para H de 12,5 m, } H_e = 0,10 \times 12,25 + 0,5 = 1,725\text{m}$$

A profundidade de encastramento deve ser 2.0 m, como o padronizado na instalações.

4.12 Escolha dos Apoios

Todos os apoios serão de madeira de eucalipto tratados com creosoto

Altura12,25m

Profundidade de encastramento no solo2,00m

Altura útil10,25m

CAPITULO V – CALCULOS ELECTRICOS

5. DIMENSIONAMENTO DOS POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

5.1 Posto de Transformação da Captação

5.1.1 CARGAS PREVISTAS

Item	Descrição das Cargas	Potência (W)	Tensão (V)	Factor de Potência (Tabela WEG)	Rendimento (Tabela WEG)	Corrente (A)
1	Potencias de Iluminação + Tomadas	28 920,0	380,0	1,0		76,11
2	Bomba 01	25 000,0	380,0	0,80	0,926	71,3
3	Bomba 02	25 000,0	380,0	0,80	0,926	71,3
4	Bomba 03	25 000,0	380,0	0,80	0,926	71,3
5	Reserva	10 000,0	380,0	1,0		26,32

A carga total do acampamento foi dimensionada considerando o factor de potência de 0.85.

Potência máxima simultânea instalada:

5.1.2 Factor de Demanda

$$Fd = \frac{D_{max}}{P_{inst}}$$

$$Fd = \frac{75}{100}$$

$$Fd = 0.75$$

5.1.3 Factor de Carga

$$Fc = \frac{D_{media}}{D_{max}}$$

$$Fc = \frac{65}{75}$$

$$Fc = 0.8667$$

5.1.4 Factor de Perda

$$Fpr = 0.3 * Fc + 0.7 * Fc^2$$

$$Fpr = 0.3 * 0.8667 + 0.7 * 0.8667^2$$

$$Fpr = 0.785$$

5.1.5 Demanda de Motores (por conjunto dos motores iguais)

$$\text{Tabelado : } Fp = 0.8 \quad \eta = 0.926 \quad Fs = 0.8 \quad Fu = 0.87$$

$$D_{motor} = Nm * \left(\frac{P}{n} * Fp \right) * Fu * Fs$$

$$D_{motor} = 3 * \left(\frac{25000}{0.926} * 0.8 \right) * 0.87 * 0.8$$

$$D_{motor} = 45097.19W$$

5.1.6 Demanda de Luz e Tomadas

$$Dl_{interior} = \sum Nln * [(Pln + Prn)/Fp]$$

$$Dl_{interior} = \sum 24 * [(18 + 18)/0.9]$$

$$Dl_{interior} = 960W$$

$$Dl_{Exterior} = \sum Nln * [(Pln + Prn)/Fp]$$

$$Dl_{Exterior} = \sum 8 * [(100 + 100)/0.8]$$

$$Dl_{Exterior} = 2000W$$

$$DT_{Iluminação} = Dl_{interior} + Dl_{Exterior}$$

$$DT_{Iluminação} = 960 + 2000$$

$$DT_{Iluminação} = 2960W$$

Tomada de Uso Geral

$$D_{TUG} = N_T \left(\frac{P_{Tn}}{Fp} \right)$$

$$D_{TUG} = 4 * \left(\frac{900}{0.8} \right)$$

$$D_{TUG} = 4500W$$

Tomada de Uso Especifico – 3P 32A

$$D_{TUE} = N_T \left(\frac{P_{Tn}}{Fp} \right)$$

$$D_{TUE} = 2 * \left(\frac{7000}{0.8} \right)$$

$$D_{TUE} = 17500W$$

$$DT_T = D_{TUG} + D_{TUE}$$

$$DT_T = 4500 + 17500$$

$$DT_T = 22000 W$$

5.1.7 Demanda Total

$$DT_{Geral} = D_{motor} + DT_{Iluminação} + DT_{Tomadas}$$

$$DT_{Geral} = 45097.19 + 2960 + 22000$$

$$DT_{Geral} = 70057.19 W$$

$$DT_{Geral} = 81.461 kVA$$

5.1.8 Previsão de Evolução de Carga 20%

$$S = 1.2 * DT_{Geral}$$

$$S = 1.2 * 81.461$$

$$S = 97.75kVA$$

5.1.9. Chave Fusível (Drop out)

Como protecção deverão ser utilizados chave fusível, os quais desempenharão num único equipamento as funções tradicionais de seccionadores e de protecção através de um fusível acoplado ao cartucho.

As chaves fusíveis a utilizar deverão ter características que suportam uma tensão de operação de 36kV, capacidade de corte de 10kA, sendo equipados com fusível de 2A conforme demonstram os cálculos abaixo:

$$I_n = \frac{S}{(\sqrt{3} * V)}$$

$$I_n = \frac{100}{(\sqrt{3} * 33)}$$

$$I_n = 1.75A$$

5.1.10. Barramento de Média Tensão

A ligação das chaves fusíveis até ao transformador deverá ser feita em cabo de alumínio AAA WILLOW de secção de 89.7mm²

5.1.11 Transformador

O transformador selecionado para estação de bombagem será trifásico 100kVA hermético blindado, em banho de óleo mineral, com as seguintes características principais:

- Potência: 100kVA
- Tensão Primária: 33kV
- Tensão Secundária: 400/231V
- Frequência: 50Hz
- Montagem: Base de alvenaria
- Grupo de Ligação: Dyn11
- Comutação: $\pm 2 \times 2,5\%$ (manobrável do lado primário fora de tensão)
- Ucc: 5%

5.1.12 Cabo entre Transformador e o Quadro Geral de Baixa Tensão

$$I_n = \frac{S}{(\sqrt{3} * V)}$$

$$I_n = \frac{100000}{(\sqrt{3} * 400)}$$

$$I_n = 144.34 \text{ A}$$

Corrente de Funcionamento em regime permanente

$$K1 = 0.91 @ 40^\circ\text{C}$$

$$K2 = 1.0$$

$$I_n = 144.342A$$

$$I_f = \frac{I_n}{(K1 * K2)}$$

$$I_f = \frac{144.34}{(0.91 * 1)}$$

$$I_f = 148,80 A$$

O cabo de B.T. entre o transformador e o Q.G.B.T. deverá ser Cabo (XV 4x70) mm² que suporte uma temperatura admissível na alma conductora em regime permanente de 90°C.

Tabela 3 – Valores para coeficiente K1

DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES E CABOS ELÉTRICOS

Quadro 35 - Valores para o coeficiente κ

Temperatura do ar ambiente θo, °C	Temperatura admissível na alma conductora em regime permanente θp, °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

Fonte: (Solidal,2015)

Tabela 4 -Valores do Coeficiente K2

Quadro 36 - Coeficiente de Correção K

Número de cabos multipolares ou de ternos de monopulares	1	2	3	4	5	6	7	8	> 9
Colocação em pranchas ou tabuletas não perfuradas	1,0	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70
Colocação no tecto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61
Colocação em tabuleiro perfurado	1,0	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72
Colocação em consola	1,0	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78

Fonte: (Solidal,2015)

5.1.12 Quadro Geral de Baixa Tensão do P.T.

O Q.G.B.T./P.T. deverá ser executado de acordo com as peças desenhadas anexas e ter ainda as características a seguir indicadas tendo em atenção que os seus elementos constituintes, a seguir descritos, não devem ser propagadores de chama.

5.1.13 SECÇÃO DOS ALIMENTADORES.

Prevê-se quatro alimentadores á partir do quadro geral instalado junto ao posto de transformação, conforme a tabela abaixo com a respectiva descrição.

Tabela 5 - Secção Transversal dos Cabos Alimentadores

Item	Descrição das Cargas	Potência (W)	Tensão (V)	Factor de Potência (Tabela WEG)	Rendimento (Tabela WEG)	Corrente (A)	Secção dos Cabos e Calibres dos Disjuntores	
							Cabos VAV	Protecções Disjuntores
	Potências de Iluminação +							
1	Tomadas	28 920,0	380,0	1,0		65,68	4X25mm2	3P 100A C
2	Bomba 01	25 000,0	380,0	0,80	0,926	71,3	4X25mm2	3P 100A D
3	Bomba 02	25 000,0	380,0	0,80	0,926	71,3	4X25mm2	3P 100A D
4	Bomba 03	25 000,0	380,0	0,80	0,926	71,3	4X25mm2	3P 100A D
5	Reserva	10 000,0	380,0	1,0		26,32		3P 40A C

Fonte: Autor

5.1.14 Invólucro

O invólucro deverá assegurar o índice de protecção mínimo não inferior ao IP 65 – IK08.

Chapa galvanizada com espessura mínima de 2mm e com 350g/m (50µm) de camada de zinco, pintada com duas de “mãos” de primário, cada uma de 20µm de espessura mínima e uma de “mão” de acabamento adequado ao primário usado e de igual espessura;

Ou outro material adequado, por exemplo, polyester reforçado com fibra de vidro.

5.1.15 Disjuntor Geral de B.T.

O disjuntor geral de B.T. deverá obedecer à Norma CEI 157-1, ser tetra polar de 200A, 600V, dotado de relé de disparo tetra polar e regulável com gama de $I_n(0.7 @ 1)$ e um poder de corte mínimo de 25kA.

$$I_n = \frac{P}{(\sqrt{3} * V)}$$

$$I_n = \frac{100000}{(\sqrt{3} * 400)}$$

$$I_n = 144.34 A$$

5.1.16 Contador de Energia

A contagem geral de energia, deverá ser feita em B.T. por intermédio de aparelhagem de contagem de energia com características adequadas e ser fornecidas pela concessionária.

5.1.17 REDES DE TERRAS

Está prevista a instalação de um circuito geral de terras construído por eléctrodos de terra de protecção e de serviço.

5.1.17.1 Terra de Protecção

Todas as partes metálicas do PTP normalmente sem tensão, deverão ser ligadas ao sistema de protecção, constituído por:

- Eléctrodos de terra constituídos por hastes de aterramento cobreados e cabo de cobre nu de 50mm², onde a resistência não deve ser superior a 10Ω.
- 01 Terminal amovível para medição periódica do valor ohmico de resistência de contacto à terra, de modo que seja sempre ≤ 10Ω.

5.1.9.17.2 Terra de Serviço

O ponto neutro do secundário do transformador deverá ser ligado ao sistema de terra de serviço, constituído por:

- 04 Eléctrodos de terra constituídos por hastes de aterramento cobreados e cabo de cobre de V 50mm² - verde/amarelo, onde a resistência não deve ser superior a 10Ω.
- 01 Terminal amovível para medição periódica do valor ohmico de resistência de contacto à terra, de modo que seja sempre $\leq 10\Omega$.

5.1.18 ACESSÓRIOS REGULAMENTARES

- 01 Livro de registo de leituras de terra;
- 04 Chapas com sinalização de perigo de morte, que será instalado junto as portas do acesso ao PT.

5.2 Posto de Transformação do Tratamento

5.2.1 CARGAS PREVISTAS

A carga total foi dimensionada considerando o factor de potência de 0.85.

Potência máxima simultânea instalada:

Tabela 6 - Cargas Previstas na Estação de Tratamento

Ordem	Designação Edifícios	Cargas Previstas por Edifício	
		Potência Unitaria (W)	Potência Unitaria (VA)
1	Laboratório	16000	16000
2	Casa do Gestor	13000	13000
3	Casa do Operador	9000	9000
4	Guarita	1500	1500
5	Iluminação Ext	1500	1500
	TOTAL (W)	41000	41000

Fonte: Autor

5.2.2 Previsão de Evolução de Carga 20%

$$S = 1.2 * DT_{Geral}$$

$$S = 1.2 * 41000$$

$$S = 49.20kVA$$

5.2.3 Transformador

Pelos resultados obtidos nos cálculos na alínea 5.2.2, o transformador a adoptar será trifásico hermético blindado, em banho de óleo mineral, com as seguintes características principais:

- Potência: 50kVA
- Tensão Primária: 33kV
- Tensão Secundária: 400/231V
- Frequência: 50Hz
- Montagem: Base de alvenaria
- Grupo de Ligação: Dyn11
- Comutação: $\pm 2x2,5\%$ (manobrável do lado primário fora de tensão)

- Ucc: 5%

5.2.4 Chave Fusível (Drop Out)

Como protecção deverão ser utilizados chave fusível, os quais desempenharão num único equipamento as funções tradicionais de seccionadores e de protecção através de um fusível acoplado ao cartucho.

As chaves fusíveis a utilizar deverão ter características que suportam uma tensão de operação de 36kV, capacidade de corte de 10kA, sendo equipados com fusível de 1A conforme demonstram os cálculos abaixo:

$$I_n = \frac{S}{(\sqrt{3} * V)}$$

$$I_n = \frac{50}{(\sqrt{3} * 33)}$$

$$I_n = 0.87 A$$

5.2.3 Cabo entre Transformador e o Quadro Geral de Baixa Tensão

O cabo de BT de ligação entre o transformador e QGBT será XV 4x50mm² ou equivalente de acordo com as demonstrações de cálculos abaixo:

$$I_n = \frac{S}{(\sqrt{3} * V)}$$

$$I_n = \frac{50000}{(\sqrt{3} * 400)}$$

$$I_n = 72,20 A$$

Corrente de Funcionamento em regime permanente

$$K1 = 0.91 @ 40^{\circ}\text{C}$$

$$K2 = 1.0$$

$$I_n = 72.2 \text{ A}$$

$$I_f = \frac{I_n}{(K1 * K2)}$$

$$I_f = \frac{90.21}{(0.91 * 1)}$$

$$I_f = 79.31 \text{ A}$$

5.2.4 Disjuntor Geral de B.T.

O disjuntor geral de B.T. deverá obedecer à Norma CEI 157-1, ser tetra polar de 160A, 600V, dotado de relé de disparo tetra polar e regulável com gama de $I_n(0.5 @ 1)$ e um poder de corte mínimo de 25kA.

$$I_n = \frac{S}{(\sqrt{3} * V)}$$

$$I_n = \frac{50000}{(\sqrt{3} * 400)}$$

$$I_n = 72,2\text{A}$$

O QGBT deverá ser executado de acordo com as peças desenhadas anexas e ter ainda as características do invólucro deverão ser as indicadas na alínea 5.1.14.

5.2.5 SECÇÃO DOS ALIMENTADORES.

Prevê-se quatro alimentadores á partir do quadro geral instalado junto ao posto de transformação

Tabela 7 - Secção Transversal dos Cabos Alimentadores - Estação de Tratamento

Ordem	Designação Edifícios	Cargas Previstas por Edifício		CANALIZAÇÕES		
		Potência Unitaria (W)	Potência Unitaria (VA)	Corrente (A)	Cabos Alimentadores	Protecções
1	Laboratório	16000	16000	24.3	Cabo VAV 4X6mm2	4P 32A C
2	Casa do Gestor	13000	13000	19.75	Cabo VAV 4X6mm2	4P 25A C
3	Casa do Operador	9000	9000	13.67	Cabo VAV 4X6mm2	4P 20A C
4	Guarita	1500	1500	3	Cabo VAV 4X4mm2	2P 16A C
5	Iluminação Ext	1500	1500	3	Cabo VAV 4X4mm2	4P 10A C
	TOTAL (W)	41000	41000			
	Previsão de Evolução da Carga 20%		49200			

5.2.6 Protecção contra Sobretensões de origem atmosférica – Para-raios

Os para-raios são de Oxido de Zinco (ZnO), encapsulamento polimérico. (IEC 60099).

✓ Tensão máxima de operação continua – MCOV

$U_s = 33kV$

$$U_c = \frac{U_s}{\sqrt{3}} * 1.05$$

$$U_c = \frac{33}{\sqrt{3}} * 1.05$$

$$U_c = 20.01kV$$

✓ Sobretensão Temporária

Tabela 8 - Tabela do Factor de Aterramento

Factor de aterramento em relação ao sistema		
Sistema	Aterramento	kd
Três fios não aterrados	Não	1,732
Compensação de falta á terra	Não	1,732
Aterramento de baixa impedância	Sim	1,4
Estrela mult-aterrada de quatro fios	Sim	1,25

Fonte: (Mamade, 2013)

U_c – Sobretensão temporária (TOV)

U_s – Tensão de serviço

K_d – factor de aterramento

$$U_c = \frac{U_s}{\sqrt{3}} * k_d$$

$$U_c = \frac{33}{\sqrt{3}} * 1.4$$

$$U_c = 26.67kV$$

✓ Especificações dos para-raios

O resultado dos cálculos acima e das recomendações da IEC, abaixo teremos as especificações técnicas do para-raios

Ordem	Parâmetros	Valores
1	Tensão nominal	33kV
2	Corrente de Descarga	10kA
3	Tensão máxima de operação contínua (MCOV)	20.01kV
4	Sobre tensão temporária (TOV)	26.67kV
5	Distância de Fuga a Terra	1116mm
6	Frequência	50Hz
7	Tensão disruptiva de impulso de manobra	
8	Tensão disruptiva de impulso atmosférico normalizado (1,2/50µs)	

Os para-raios deverão ser ligados à terra por meio de condutor de cobre de 50mm² até ao ligador amovível na base do pórtico e 50mm² a partir daí até ao eléctrodo

CAPITULO VI – CALCULOS ELECTRICOS

6 DIMENSIONAMENTO DA LINHA DE TRANSPORTE DE ENERGIA

6.2 Clima e Hidrografia

Tabela 9 - Clima e Hidrologia do Distrito de Murrupula

Clima:	Savana Tropical
Temperatura Média °C	24.3°C
Temperatura Máxima Absoluta	37.5°C
Temperatura Mínima Absoluta °C	16°C
Humidade Relativa (%)	88
Precipitação Média Mensal (mm)	987
Zona do Perfil das Linhas	Montanhoso -Planície

6.3 Característica Eléctrica da Rede

Tabela 10 - Características da Rede EDM

Tensão Nominal do sistema, U_n	kVr.m.s	33kV
Tensão máxima do Sistema, U_r	kVr.m.s	36 KV

Tensão suportável de frequência Industrial sob chuva (kV), Upf	kVr.m.s	70kV
Tensão suportável de impulso atmosférico a seco (kV)	kVpeak	170kV
Frequência Nominal, F	Hz	50
Linha de fuga nominal mínima (mm)	mm/kVr.m.s	
Nível III – Terra seca		25
Nível IV – Zonas costerias		31
Corrente de Curto Circuito, Ith	kA r.m.s	25

6.4 Dados da Carga.

S=150 kVA

Seja $\text{Cos } \varphi = 0,86$ equivalente a $30,68^\circ$

$P=S \cdot \text{Cos } \varphi = 129 \text{ kW}$ *eq.6.1*

$Q=S \cdot \text{Sen } \varphi$ ou $P \cdot \tan \varphi = 76,53 \text{ kVAR}$

6.5 Dados da Linha

Tabela 11 - Dados da Linha de Transporte de energia

1	Condutor aéreo	Willow
2	Configuração	Esteira

3	Comprimento linha aérea (L)	6,5 km
4	Distancia mínima entre condutores (D)	700 mm
5	Secção condutor (S)	89.7 mm ²
6	Diâmetro condutor (d)	12,1 mm ²
7	R @ 20°C (Ω/km)	0,3665
8	Limite térmico Willow (A)	310

6.6 Dimensionamento dos Isoladores

A fuga específica a considerar para este projecto são 31mm/KV, isto porque a localização do mesmo tem características de uma zona de alta poluição.

➤ A linha de fuga será:

$$L_f = l_{fe} * U_n \text{ [mm]} \quad \text{Eq. 6.2}$$

$$L_f = l_{fe} * U_n$$

$$L_f = 1023 \text{ mm}$$

➤ Tensão mínima de contornamento

$$U_{ch} = 2.45 * U_m \quad \text{Eq. 6.3}$$

$$U_{ch} = 2.45 * 33$$

$$U_{ch} = 80.85V$$

A seleção, testes e escolhas dos isoladores está baseada nas normas IEC conforme a lista abaixo:
IEC 60060-1 High voltage testing techniques, Part 1: General definitions and test requirements

IEC 60071-1 Insulation co-ordination, Part 1: Definitions, principles and rules

IEC 60383-1 Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1000 V. Part 1: Ceramic or glass insulator units for a.c. systems - Definitions, test methods and acceptance criteria.

IEC/TR 60815 Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions.

IEC 61109 Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria

IEC 61952 Insulators for overhead lines – Composite line post insulators for alternative current with a nominal voltage > 1000 V.

Assim sendo os isoladores de passagem de porcelana e os de amarração em silicone devem apresentar as seguintes características considerando um nível alto de poluição de 31mm/kV

Tabela 12 - Especificações Técnicas dos Isoladores

Tensão Nominal (kV)	33
Tensão suportável de impulso atmosférico a seco (kV)	170
Tensão suportável de frequência Industrial sob chuva(kV)	70
Linha de fuga nominal mínima nivel IV (mm)	1116
Tensão Mínima de Ruptura (kN)	9

6.7 Escolha de Chave Seccionador Fusível

Eq. 6.4

$$I_n = \frac{S}{(\sqrt{3} * V)}$$

$$I_n = \frac{150}{(\sqrt{3} * 33)}$$

$$I_n = 2.6 A$$

6.8 Cálculo da Resistência Eléctrica.

A resistência de uma linha é o parâmetro que condiciona as perdas devido ao efeito de Joule. Devido a este efeito ela varia com a temperatura, sendo que em geral é especificado para 20°C.

A resistência eléctrica do conductor dada pela seguinte expressão:

$$R_2 = R_1 * [1 + \alpha_{20^\circ} * (\theta - 20)] \quad \text{Eq. 6.5}$$

Para a nossa linha vamos calcular a resistência para 45° C

$$R_{45^\circ} = R_{20^\circ} * [1 + \alpha_{20^\circ} * (\theta - 20)]$$

$$= 0,3665 * [1 + 3.9 * 10^{-3} * (45 - 20)]$$

$$= 0.4022\Omega/\text{km}$$

Tabela 13 - Resistividade e Coeficiente de Temperatura dos Matérias Conductores

Resistividade e coeficiente de temperatura para vários materiais conductores		
Material	Resistividade	Coef. Temperatura
Aço	12-- 88	0,001 -- 0,005
Alumínio	2,83	0,0039
Bronze	13 -- 18	0,0005
Cobre	1,77	0,00382
Prata	1,59	0,005

Fonte: (Mamade, 2013)

6.9 Determinação da Reatância Longitudinal

A reatância é um dos parâmetros mais importantes de uma linha eléctrica de transporte de energia, tendo maior influência na capacidade de transporte e quedas de tensão.

Inductância é a medida de queda de tensão reactiva ao longo de uma linha de transmissão e pode ser definida como a queda de tensão pela taxa de variação da corrente. (Khaelher, 1979)

Considerando a nossa linha com configuração em esteira, assim sendo a inductância é dada pela expressão:

$$1. \quad L = 2 * 10^{-7} * \ln\left(\frac{\sqrt[3]{2} * D}{r'}\right) \quad [\text{H}] \quad \text{Eq. 6. 6}$$

$$L = 2 * 10^{-7} * \ln\left(\frac{\sqrt[3]{2} * 0.7}{4.712 * 10^{-3}}\right)$$

$$L = 1.046 * 10^{-6} \quad [\text{H}]$$

$$2. \quad r' = r e^{-\frac{1}{4}} = 6.05 * e^{-\frac{1}{4}} = 4.712 \text{ mm}$$

$$3. \quad XL = \omega * L = 2 * \pi * f * L = 2 * \pi * 50 * 1.046 * 10^{-6}$$
$$XL = 3.286 * 10^{-4} \Omega/\text{km}$$

6.10 Cálculo da Impedância da Linha.

$$\bar{Z} = R + jX_L$$

$$\bar{Z} = (0.4022 + j3.286 * 10^{-4}) * 6.5$$

$$\bar{Z} = (2.61 + j2.135 * 10^{-3})$$

$$|Z| = \sqrt{2.61^2 + (2.135 * 10^{-3})^2} = 2.61\Omega$$

6.11 Cálculo da Corrente de Serviço.

In(condutor) > I_{carga}

$$I_{carga} = \frac{S}{\sqrt{3} * U} = \frac{150}{\sqrt{3} * 33} = 2.624A$$

$$I_{carga} = \frac{P + jQ}{\sqrt{3} * U} = \frac{129 + j76.53}{\sqrt{3} * 33} = (2.257 + j1.3389) A$$

In(condutor) > I_{carga}

$$310 A \gg 2.624A$$

6.12 Cálculo das Quedas de Tensão.

$$U_{\text{fim de linha}} > U_{n2} - 5\% \quad \vee \quad U_{\text{fim de linha}} < U_{n2} + 5\%$$

$$U_{\text{fim de linha}} = \bar{U}_{n2} - \bar{I} * \bar{Z}$$

$$U_{\text{fim de linha}} = \frac{33000}{\sqrt{3}} - (2.257 + j1.3389) * (2.61 + j2.18 * 10^{-3})$$

$$U_{fim\ de\ linha} = (19051,047 - 6.849) V$$

$$|U_{fim\ de\ linha1\phi}| = 19045.70 V$$

$$|U_{fim\ de\ linha3\phi}| = 32988,137 V$$

$$U_{n2-5\%} = 31350 V$$

$$U_{fim\ de\ linha} > U_{n2-5\%}$$

$$32988.137 V > 31350 V$$

CAPITULO VII – ESTIMATIVA DE CUSTOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

7 Estimativas de Custos e Considerações Finais

7.1 Estimativas de Custos

A estimativa de custos para execução deste projecto basear-se a nos preços dos materiais do mercado nacional, Sul-Africano. A estimativa engloba os custos de elaboração do projecto, mão de obra, Topografias e piquetagem.

Tabela 14 - Mapa de Quantidades e Estimativa de Custos

LISTA DE QUANTIDADES E DE ESTIMATIVA DE PREÇOS					
Ordem	Descrição do Material	Unid	Quant	P. Unit	P. Total
1	Posto de Transformação da Captação				
1,1	Transformador 100kVA 33/0,4-0,23kV	Un	1,00	780 000,00	780 000,00
1,2	Poste de Betão B800 12,25m	Un	1,00	47 500,00	47 500,00
1,3	Chave fusível , 100A, 33 KV	Kit	1,00	19 780,00	19 780,00
1,4	Para raios - 33kV 10kA type joslyn ZHP, MCOV 27,5kV	Kit	1,00	14 352,36	14 352,36
1,5	QGBT Com Disjuntor Geral para Transformador de 100KVA	Un	1,00	87 965,35	87 965,35
1,6	Travessa Tipo L 80x80x8x3000mm	Un	1,00	6 758,50	6 758,50
1,7	Cruzeta tipo L 50x50x6x1050mm	Un	1,00	1 357,30	1 357,30
1,8	Isolador de passagem de porcelana com respectivos (Linha de fuga 33mm/kV)	Un	3,00	2 235,36	6 706,08
1,9	Isoladores Poliméricos de cadeia 33kV (Linha de fuga 33mm/kV)	Un	3,00	1 978,65	5 935,95
1,10	Pinça de Amaração AL 5-20.5mm 3 Bolt	Un	3,00	798,00	2 394,00
1,11	Manilha de Serviço 70kN	Un	3,00	547,00	1 641,00
1,12	Parafuso olhal M20x250 Com 2 porcas e 2 anilhas	Un	3,00	205,00	615,00
1,13	Porca Olhal M20	Un	3,00	225,00	675,00
1,14	Cabo de Cobre 1x35mm ² com isolamento em PVC (verde/amarelo)	Un	50,00	601,30	30 065,00
1,15	Cabo de Cobre Nu 1x35mm ²	Un	50,00	695,00	34 750,00
1,16	Electrodos de Terra 2m 16mm diametro	Un	15,00	1 250,00	18 750,00

1,17	Ligadores Amovíveis para terra	Un	2,00	850,00	1 700,00
1,18	Fuse link de 2A para drop outs 33kV	Un	3,00	45,00	135,00
1,19	Terminais Bimetálicos (CU/AL) 185mm2x12mm	Un	15,00	975,00	14 625,00
1,2	Cabo XV 4x70mm2	ml	10,00	6 750,31	67 503,10
1,21	Terminais de Cobre 70mm2	Un	8,00	195,00	1 560,00
1,22	Terminais de Cobre 35mm2	Un	15,00	98,00	1 470,00
1,23	Acessórios de Montagem	Kit	1,00	18 575,00	18 575,00
			Subtotal 1		1 164 813,64
2	Posto de Transformação da Captação				
2,1	Transformador 50kVA 33/0,4-0,23kV	Un	1,00	598 750,00	598 750,00
2,2	Poste de Betão B800 12,25m	Un	1,00	47 500,00	47 500,00
2,3	Chave fusível , 100A, 33 KV	Kit	1,00	19 780,00	19 780,00
2,4	Para raios - 33kV 10kA type joslyn ZHP, MCOV 27,5kV	Kit	1,00	14 352,36	14 352,36
2,5	QGBT Com Disjuntor Geral para Transformador de 50KVA	Un	1,00	87 965,35	87 965,35
2,6	Travessa Tipo L 80x80x8x3000mm	Un	1,00	6 758,50	6 758,50
2,7	Cruzeta tipo L 50x50x6x1050mm	Un	1,00	1 357,30	1 357,30
2,8	Isolador de passagem de porcelana com respectivos (Linha de fuga 33mm/kV)	Un	3,00	2 235,36	6 706,08
2,9	Isoladores Poliméricos de cadeia 33kV (Linha de fuga 33mm/kV)	Un	3,00	1 978,65	5 935,95
2,10	Pinça de Amaração AL 5-20.5mm 3 Bolt	Un	3,00	798,00	2 394,00
2,11	Manilha de Serviço 70kN	Un	3,00	547,00	1 641,00
2,12	Parafuso olhal M20x250 Com 2 porcas e 2 anilhas	Un	3,00	205,00	615,00
2,13	Porca Olhal M20	Un	3,00	225,00	675,00
2,14	Cabo de Cobre 1x35mm2 com isolamento em PVC (verde/amarelo)	Un	50,00	601,30	30 065,00
2,15	Cabo de Cobre Nu 1x35mm2	Un	50,00	695,00	34 750,00
2,16	Electrodos de Terra 2m 16mm diametro	Un	15,00	1 250,00	18 750,00
2,17	Ligadores Amoviveis para terra	Un	2,00	850,00	1 700,00
2,18	Fuse link de 1A para drop outs 33kV	Un	3,00	45,00	135,00
2,19	Terminais Bimetálicos (CU/AL) 185mm2x12mm	Un	15,00	975,00	14 625,00
2,2	Cabo XV 4x50mm2	ml	10,00	4 975,75	49 757,50
2,21	Terminais de Cobre 50mm2	Un	8,00	175,00	1 400,00
2,22	Terminais de Cobre 35mm2	Un	15,00	98,00	1 470,00
2,23	Acessorios de Montagem	Kit	1,00	18 575,00	18 575,00
			Subtotal 2		965 658,04
3	Linha de Transporte de Energia				
3,1	Postes de Madeira de 12 m	Un	95,00	13 750,00	1 306 250,00

3,2	Conductor AAC Willow 89,7mm ²	km	20,00	193,00	3 860 000,00
3,3	Travessa Tipo L 80x80x8x3000mm	Un	75,00	6 758,50	506 887,50
3,4	Travessa tipo L 50x50x6x1050mm	Un	150,00	1 357,30	203 595,00
3,5	Travessa Tipo "B" U 100x50x8x3000mm	Un	16,00	9 758,00	156 128,00
3,6	Isolador de passagem de porcelana com respectivos (Linha de fuga 33mm/kV)	Un	240,00	2 235,36	536 486,40
3,7	Isoladores Poliméricos de cadeia 33kV (Linha de fuga 33mm/kV)	Un	60,00	1 978,65	118 719,00
3,8	Pinça de Amarração AL 5-20.5mm 3 Bolt	Un	60,00	798,00	47 880,00
3,9	Manilha de Serviço 70kN	Un	60,00	547,00	32 820,00
3,10	Parafuso olhal M20x250 Com 2 porcas e 2 anilhas	Un	60,00	205,00	12 300,00
3,11	Porca Olhal M20	Un	60,00	225,00	13 500,00
3,12	Pernos curtos, M20x80mm com porcas e anilhas	Un	75,00	98,78	7 408,50
3,13	Filaças de AL para Conductor de AAAC willow	Un	240,00	65,00	15 600,00
3,14	Parafuso M20x300mm com 2 Porcas, 1 Anilha de mola e 2 Anilhas de chapa	Un	180,00	395,78	71 240,40
3,15	Parafuso M20x50mm com 2 Porcas, 1 Anilha de mola e 2 Anilhas de chapa	Un	180,00	105,00	18 900,00
3,16	Placa de enumeração e perigo de morte	Un	90,00	35,00	3 150,00
3,18	Cabo de Aço 7/3.0mm para aterramento dos postes	ml	170,00	195,36	228 571,20
3,19	Prego "U" Galvanized 40x4mm	Un	900,00	0,60	540,00
3,2	Parafuso M10x30mm com porca e anilha de mola	Un	10,00	109,00	1 090,00
3,21	Terminais de Cobre 50mm2x10mm	Un	90,00	175,00	15 750,00
3,22	Espia Completa	Un	18,00	14 785,00	266 130,00
3,23	Cabo de Aço 7/4.0mm para espias	ml	324,00	201,85	65 399,40
			Subtotal 3		7 488 345,40
4	Mobilização e Montagem				
4,1	Mobilização	Vg	1,00	957 000,00	957 000,00
4,2	Topografia e Piquetagem	km	6,50	20678,59	4 41 083,50
4,3	Mão de Obra	Vg	1,00	3 750 450,00	3 750 450,00
			Subtotal 4		5 148 533,50
			Subtotal 1+2+3+4		14 767 350,58
			IVA (16%)		2 362 776,09
			Total Geral		17 130 126,67

7.2 CONCLUSÃO

Os objectivos deste trabalho foi alcançado de forma clara, na medida em que os sete capítulos fazem um alinhamento dos elementos importantes para execução deste projecto com sucesso.

O trabalho visa dimensionar parâmetros dos equipamentos para execução da linha de fornecimento de energia a ETA SAA, onde no capítulo II foi feita uma abordagem teoria dos equipamentos a aplicar através de uma revisão bibliográfica, sustentada com base em livros, manuais, decretos e leis.

No IV traz um balizamento da parte dos cálculos mecânicos, baseando na maior parte do RSLEAT que é de carácter importante na elaboração do projecto e observância das questões de segurança dado ao nível de tensão que esta linha ira transportar e do seu traçado.

O V e VI capítulo versa sobre o dimensionamento eléctrico da infraestrutura, aferindo os parâmetros e características dos materiais arroladas nos capítulos anteriores. Tratando-se de uma linha curta e pelo nível de tensão alguns parâmetros foram ignorados para o dimensionamento.

O VII capítulo demonstra a lista de quantidades dos materiais e cronograma para a sua materialização.

Do descritivo acima conclui-se que existem condições para execução deste projecto desde que seja disponibilizado um orçamento de MZN 17 130 126,67 visto da linha do ponto de toma existe disponibilidade de potencia para alimentação da infraestrutura deste projecto.

Olhando para os capítulos e sua descrição foram abordados na maioria os factores relevantes, e é possível concluir que todos os objectivos foram alcançados e existem condições para o projecto ser executado.

7.3 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Paiva, José Pedro Sucena. (dezembro, 2007). Redes de Energia Elétrica – Uma análise sistémica. Instituto Superior Técnico (IST) Press, 2ª Edição.

Mamede Filho, João. Manual de equipamentos elétricos/João Mamede Filho. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC 2013;

Geraldo Kinderman, Aterramento Electrico/ Geraldo Kinderman, João Mario campagnolo, 3ª Edição

Umans, Stephen D. Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley / Stephen D. Umans ; Laschuk. – 7. ed. – Porto Alegre :AMGH, 2014.

Lakatos, Eva Maria, Fundamentos de metodologia científica / Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos. – 8. ed. – São Paulo : Atlas, 2017

Azevedo, Rogerio Cabral, Metodologia de pesquisa para engenharia, Rogerio Cabral Azevedo, Leonardo Ensslin, Belo Horizonte, 2020.

SOLIDAL – Conductores Electricos, S.A, QUINTAS & QUITAS, 10º Edição, 2015

Decreto n.º 57/2011: Regulamento de Segurança das Linhas Elétricas de Alta Tensão

J. Wagner Kaehler, (1979) Teoria das linhas de transmissão I, Volume 2;

Arthur R. Bergen, Power systems analysis, Second edition;

EDM Distribuição, Manual de Ligações à rede elétrica de serviço público, 5ºed., Outubro,2015.

<https://www.ine.gov.mz> – 06/08/2024

<https://www.isolanteletrico.com.br/produtos/isolador> - 15/04/2024

<https://depositphotos.com/br/photos/transformador>-15/04/2024

<https://jobasi-sa.com/produtos/electrodo-de-terra-em-aco-cobreado>-15/04/2024

ANEXOS I – Perfil da Linha

ANEXOS II – Desenhos

ANEXOS III – Cronograma de Execução