



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA  
RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**PROJECTO DE EXPANSÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
DE ENERGIA ELÉCTRICA NO BAIRRO DE BOQUISSO “B”,  
MAPUTO**

**Autor:**

Sitoe, César Roberto

**Supervisores:**

Eng.º Hélder Nhambe [UEM]

Eng.º Francisco Fanheiro [EDM]

Maputo, Maio de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA  
RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**PROJECTO DE EXPANSÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO  
DE ENERGIA ELÉCTRICA NO BAIRRO DE BOQUISSO “B”,  
MAPUTO**

**Autor:**

Sitoe, César Roberto

**Supervisores:**

Eng.º Hélder Nhambe [UEM]

Eng.º Francisco Fanheiro [EDM]

Maputo, Maio de 2023

**SITOE, CÉSAR ROBERTO**

**Projecto de expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de  
Boquisso “B”, Maputo**

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

Supervisores: Eng.º Hélder Nhambe [UEM]

Eng.º Francisco Fanheiro [EDM]

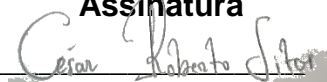
Maputo, Maio de 2023

**PROJECTO DE EXPANSÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA  
ELÉCTRICA NO BAIRRO DE BOQUISSO “B”, MAPUTO**

**DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE DO RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Declaro ser o autor deste Relatório de Estágio Profissional e que nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ele constitui o resultado do meu labor individual, ou seja, que ele é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referência incluída.

**Assinatura**

A handwritten signature in black ink, reading "César Roberto Siteo", is written over a horizontal line. The signature is cursive and somewhat stylized.

(César Roberto Siteo)

## DEDICATÓRIAS

---

Este trabalho é todo dedicado aos meus pais, pois é graças ao seu esforço que hoje posso concluir o meu curso. Dedico este trabalho a Deus, pois, sem ele eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho.

Dedico este trabalho aos meus colegas de curso, que assim como eu encerram uma difícil etapa da vida acadêmica.

Dedico este trabalho a todos os que me ajudaram ao longo desta caminhada.

Não há exemplo maior de dedicação do que o da nossa família. Portanto, a minha querida família, que tanto admiro, dedico o resultado do esforço realizado ao longo deste percurso.

Aos meus orientadores, na faculdade e na empresa, sem os quais não teria conseguido concluir esta difícil tarefa.

## AGRADECIMENTOS

---

Aos meus pais, Roberto Ernesto Siteo e Rabeca Juvêncio Mondlane, aos meus irmãos e amigos, por me apoiarem e ajudarem de todas as formas que puderam desde o início do curso até o final.

Ao Eng.º Hélder Nhambe, orientador acadêmico e ao Eng.º Francisco Fanheiro, orientador por parte da empresa EDM, pelo apoio, aconselhamento e acompanhamento.

Aos demais colaboradores da empresa EDM, em particular ao que pertencem a Área de Serviço ao Cliente de Infulene pelo acompanhamento, apoio, transmissão de conhecimento, amizade, e aconselhamento profissional e pessoal.

A Faculdade de Engenharia da UEM, pela opção de escolha de estágio, que dá aos alunos uma visão do mundo de trabalho e os encaminha a nível profissional.

Um muito obrigado a todos que me proporcionaram, de alguma forma, ajuda para atingir esta importante meta.

## RESUMO

---

O presente relatório insere-se no âmbito da obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Eléctrica na Universidade Eduardo Mondlane, tendo como foco, a descrição do projecto de expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica, realizado durante o estágio de três meses na EDM. Atendendo que a electricidade percorre um sistema complexo, que pode ser, geralmente, descrito em quatro etapas: geração, transmissão/transporte, distribuição e consumo, as Redes de Média e de Baixa Tensão fazem parte da distribuição de energia eléctrica. Foi projectada a expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de Boquisso “B”, restringindo-se no quarteirão 12, onde a partir do critério de área, estimou-se uma potência previsível de 729 kVA, tendo-se através desta, dimensionado 6 transformadores com capacidade individual de 160 kVA, sendo que estes terão a sua alimentação através de três linhas de média tensão com comprimento total de 4 km, onde por sua vez, estas terão uma derivação em três pontos de linhas existentes que delimitam áreas próximas à zona de intervenção com recurso a chaves seccionadoras em cada ponto de derivação e com aplicação do cabo *ACSR CONDUCTOR 24.43 mm<sup>2</sup> - SQUIRREL*. Os PTs dimensionados terão a função de fornecer energia a uma rede de distribuição em baixa tensão de 5,6 km através do cabo *APAR INDIA 0,6/1kV ALUMINIUM XLPE ABC CABLE 3x70+1x54,6+1x25 mm<sup>2</sup>*, com protecção geral em cada QGBT de 200A, parcial 125A para favorecer 243 casas do tipo unifamiliar.

**Palavras-chave:** Projecto de expansão de uma rede de distribuição, Linha de média tensão, Posto de transformação, cabo, rede distribuição em baixa tensão, ponto de derivação, critério de área, dimensionamento e protecção dos circuitos.

## ABSTRACT

---

This report is part of the scope of obtaining a degree in Electrical Engineering at the Eduardo Mondlane University, focusing on giving a description of the project for the expansion of an electricity distribution network, carried out during the three-month internship at EDM. Given that electricity runs through a complex system, which can generally be described in four stages: generation, transmission/transport, distribution and consumption, the Medium Voltage and Low Voltage Networks are part of the distribution of electrical energy. The expansion of an electricity distribution network in the neighborhood of Boquisso "B" was projected, restricting it to block 12, where based on the area criterion, a predictable power of 729 kVA was estimated, with this , dimensioned 6 transformers with individual capacity of 160 kVA, and these will have their power through three medium voltage lines with a total length of 4 km, where in turn, these will have a derivation at three points of existing lines that delimit areas close to the intervention zone using switch-disconnectors at each derivation point and applying the *ACSR CONDUCTOR 24.43 mm<sup>2</sup> - SQUIRREL* cable. The sized PTs will have the function of supplying energy to a 5.6 km low voltage distribution network through *APAR INDIA 0,6/1kV ALUMINIUM XLPE ABC CABLE 3x70+1x54,6+1x25 mm<sup>2</sup>*, cable, with general protection in each QGBT of 200A, partial 125A to favor 243 single-family houses.

**Keywords:** Expansion project for a distribution network, medium voltage line, transformer station, cable, low voltage distribution network, tapping point, area criteria, sizing and circuit protection.



# ÍNDICE

---

1	CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	1
1.1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	2
1.1.2	JUSTIFICATIVA .....	2
1.1.3	OBJECTIVO GERAL .....	3
1.1.4	OBJECTIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.1.5	METODOLOGIA.....	3
1.2	ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	3
2	CAPÍTULO II – REDES DE DISTRIBUIÇÃO.....	5
2.1	GENERALIDADES .....	5
2.2	CLASSIFICAÇÃO .....	5
2.2.1	CARACTERIZAÇÃO GENÉRICA .....	6
2.2.2	CARACTERÍSTICAS .....	7
3	CAPÍTULO III – PROJECTO DE EXPANSÃO DE REDE ELÉCTRICA .....	32
3.1	MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA.....	32
3.1.1	LOCAL.....	32
3.1.2	CONSTITUIÇÃO DA ÁREA POR EXPANDIR A REDE DE DISTRIBUIÇÃO .....	33
3.1.3	CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES.....	34
3.1.4	CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	34
3.1.5	ALIMENTAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	34
3.1.6	CONCEPÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO .....	35
3.1.7	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO .....	36
3.1.8	PARA RAIOS.....	36
3.1.9	DROP-OUTS .....	36
3.1.10	ILUMINAÇÃO PÚBLICA .....	36
3.1.11	TERRA DE SERVIÇO .....	37
3.1.12	TERRA DE PROTECÇÃO.....	37
3.1.13	ARMÁRIOS DE DISTRIBUIÇÃO OU QGBT.....	38
3.1.14	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS.....	39
3.1.15	APARELHAGEM INCORPORADA NOS QGBTs .....	39

3.1.16	DISJUNTORES .....	39
3.1.17	FUSÍVEIS .....	39
3.1.18	BARRAMENTOS .....	39
3.1.19	SISTEMA DE MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA .....	40
3.1.20	INSTRUMENTOS DE MEDIDAS .....	40
3.2	CÁLCULOS DAS REDES PROJECTADAS .....	40
3.2.1	CÁLCULO ELÉCTRICO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM BT .....	40
3.2.2	CÁLCULO MECÂNICO E CONDIÇÕES DE MONTAGEM DA REDE BT 46	
3.2.3	CÁLCULO ELÉCTRICO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM MT .....	49
3.2.4	CÁLCULO MECÂNICO DA REDE MT .....	54
3.2.5	PROFUNDIDADE DE ENCASTRAMENTO DOS APOIOS DA REDE BT E MT 55	
3.2.6	DIMENSIONAMENTO DAS ESPIAS DA REDE BT E MT .....	55
3.2.7	ESTIMATIVA DE CUSTOS .....	56
4	CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	57
4.1	CONCLUSÃO .....	57
4.2	RECOMENDAÇÕES .....	58
4.3	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

Aquec. – Aquecimento

BT – Baixa Tensão

Climatiz. - Climatização

Compart. – Compartimentos

Compr. – Comprimento

Coz – Cozinha

DL – Decreto lei

EDPD – EDP Distribuição

Fe – Factor de evolução de carga

Fs – Factor de simultaneidade

Fu – Factor de utilização

GTRABTCIAF - Guia Técnico de Redes Aéreas de Baixa Tensão em Condutores Isolados e Agrupados em Feixe (Torçada)

Ilum – Iluminação

IP - Iluminação Pública

Larg. – Largura

LMT – Linha de Media Tensão

Maq. – Máquina

MT - Média Tensão

PST – Posto de Seccionamento e Transformação

PT – Posto de Transformação

PTD – Posto de Transformação e Distribuição

Pu1, 2, 3 – Potência de utilização 1, 2 e 3, respectivamente

QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão

Qtd – Quantidade

RBT – Rede Baixa Tensão

RDBT – Rede de Distribuição em Baixa Tensão

RDE – Rede de Distribuição de Energia

RDEEBT – Rede Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão

RIP – Rede de Iluminação Pública

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

RTIEBT - Regras Técnicas de Instalação Eléctrica de Baixa Tensão

SEE – Sistema de Energia Eléctrica

T1, T2, T3, T4 – Tipo 1, 2, 3 e 4, respectivamente

TUG - Tomada de Uso Geral

DMG – Diámetro Medio Geométrico

RMG – Raio Medio Geométrico

fp – Factor de Potencia

## LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

---

A – Ampere

daN – Deca Newton

GWh - Giga Watt hora

Hz - Hertz

Km - Quilómetro

kVA - Kilo Volt Ampere

m - Metro

mm - Milímetro

s - Segundo

V - Volt

$\Omega$  - Ohm

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1. Esquema de diferentes tipos de apoios [14].	6
Figura 2. Demonstração do percurso da energia elétrica, desde a produção até ao consumo [14].	7
Figura 3. Passagem de uma linha aérea de MT.	7
Figura 4. Isoladores de pino, tipo pilar e de suspensão.	8
Figura 5. Isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio.	8
Figura 6. Condutor de Alumínio de Aço Reforçado ACSR.	8
Figura 7. Estrutura topológica da rede de energia eléctrica [2].	10
Figura 8. Condutor torçada (1 – alma condutora em alumínio, 2 – isolamento em polietileno reticulado) [6].	12
Figura 9. Constituição geral de um cabo LSVAV e do seu revestimento [17].	13
Figura 10. ligação a clientes a partir de uma rede aérea	14
Figura 11. Rede aérea de BT em cabo torçada. (Autor: FEUP Nov. 2004)	15
Figura 12. Ligação a clientes através de uma rede subterrânea	16
Figura 13. Postos de Transformação e Distribuição.	16
Figura 14. Modo de construção de PT's em: a) poste, b) cabine baixa, c) monobloco.	17
Figura 15. Visualização de um PTC, b) visualização de um PTD.	18
Figura 16. Esquema de um armário de distribuição e ligação do neutro à terra [15].	18
Figura 17. Barramentos com identificação de fases e do neutro.	19
Figura 18. Representação vetorial da expressão da queda de tensão [10]	26
Figura 19. Montagem de cabo entre dois apoios [SOLIDAL – Condutores Eléctricos, SA - pág. 295].	26
Figura 20. Exemplo de referencial considerado para determinação dos ângulos $\beta_1$ , $\beta_2$ e $\alpha$	27
Figura 21. Apoio de Alinhamento [20,21].	28
Figura 22. Apoio de Ângulo [17,18].	28

Figura 23. Apoio de reforço em alinhamento [17,18].	29
Figura 24. Apoio em ângulo com derivação [20,21].	29
Figura 25. Apoio em fim de linha [20,21].	30
Figura 26. Luminárias LED de IP [25].	31
Figura 27. IP e rede de distribuição em BT do bairro Boquisso "B", Q12 [Fonte: Autor do projecto]	33
Figura 28. Pontos de toma das LMT por construir [Fonte: Autor do projecto].	35
Figura 29. Barramento de terra de serviço (TS) [Fonte: Autor do projecto].	37
Figura 30. Barramento de terra de proteção protecção (TP [Fonte: Autor do projecto].)	38
Figura 31. Esquema de saída parcial mais longa e mais carregada da rede projectada [Fonte: Autor do projecto].	41
Figura 32. Rede final de saída parcial com implemetação do fusível [Fonte: Autor do projecto].	43
Figura 33. Apoios de Alinhamento	46
Figura 34. Apoios em Ângulo	47
Figura 35. Apoios em Derivação	47
Figura 36. Apoios de Fim de Linha	48
Figura 37. Geometria escolhida para rede MT por instalar [Fonte: Autor do projecto]	50
Figura 38. Quadripolo dos parâmetros de transmissão (Modelo A)	52
Figura 39. Dimensionamento das Espias	56

## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1. Cabos aplicados nas redes de distribuição de energia elétrica em BT [17]. .....	14
Tabela 2. Marcação de barramentos [13] .....	19
Tabela 3. Características das lâmpadas LED [29]. .....	31
Tabela 4. Esquematizações usuais da disposição dos postes nas vias de circulação [33]. .....	31
Tabela 5. Calibre do fusível seleccionado para protecção das saídas parciais da RBT [Fonte: Autor do projecto]. .....	42



## ÍNDICE DE APÊNDICES

---

APÊNDICE 1-1: ESTIMATIVA DE CARGA.....	AP1.1
APÊNDICE 2-2: ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	AP2.2
APÊNDICE 2-3: ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	AP2.3
APÊNDICE 3-4: REDE PRECÁRIA – SITUAÇÃO ACTUAL DA REDE.....	AP3.4
APÊNDICE 4-5: EXPANSÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM BT – PROPOSTA... AP4.5	
APÊNDICE 5-6: EXPANSÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM MT – PROPOSTA... AP5.6	
APÊNDICE 6-7: REDE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA – PROPOSTA.....	AP6.7
APÊNDICE 7-8: PÓRTICO.....	AP7.8
APÊNDICE 8-9: QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO – PROPOSTA.....	AP8.9
APÊNDICE 9-10: REDE PRECÁRIA (LIGAÇÕES CLANDESTINAS).....	AP9.10
APÊNDICE 9-11: REDE PRECÁRIA (LIGAÇÕES CLANDESTINAS).....	AP9.11
APÊNDICE 10-12: VISUALIZAÇÃO DE UM QGBT DE QUADRO ABERTO CA2 DE UM PTD.....	AP10.12
APÊNDICE 11-13: CHAPA DE CARACTERÍSTICAS DO TRANSFORMADOR FUJI TUSCO DE 160 KVA.....	AP11.13
APÊNDICE 12-14: DADOS DOS APOIOS.....	AP12.14
APÊNDICE 12-15: DADOS DOS APOIOS.....	AP12.15

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

ANEXO 13-16: TRANSFORMADORES RURAIS E CARACTERÍSTICAS DOS FUSÍVEIS.....	A13.16
ANEXO 14-17: INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS.....	A14.17
ANEXO 15-18: FUSÍVEIS DE FACAS NH GG 500V.....	A15.18
ANEXO 16-19: COMPRIMENTOS MÁXIMOS ADMISSÍVEIS EM REDES AÉREAS EM CABOS TORÇADA EM FUNÇÃO DO FUSÍVEL USADO ( $I_n$ ).....	A16.19
ANEXO 17-20: BALANÇO DE CARGA.....	A17.20
ANEXO 18-21: VÃOS (A), FLECHAS (F), TENSÕES (T) E TEMPERATURAS MÁXIMAS A ADOPTAR NOS CABOS LXS.....	A18.21
ANEXO 19-22: TENSÕES NOMINAIS DOS PÁRA-RAIOS E CALIBRE DOS LINKS DOS DROP – OUTS.....	A19.22
ANEXO 20-23: ESQUEMATIZAÇÃO DA DISPOSIÇÃO DE APOIOS NAS VIAS DE CIRCULAÇÃO.....	A20.23
ANEXO 21-24: ALUMINUM CONDUCTOR STEEL REINFORCED (ACSR).....	A21.24
ANEXO 22-25: VALORES DO COEFICIENTE $1 + A_{20}(\theta - 20)$ , EM FUNÇÃO DE $\theta$ .A22.25	A22.25
ANEXO 23-26: FUSÍVEL APC, CABO VAV E DISJUNTOR TRIPOLAR.....	A23.26
ANEXO 24-27: ACTA DE ENCONTRO.....	A24.27
ANEXO 25-28: ACTA DE ENCONTRO.....	A25.28
ANEXO 26-29: ACTA DE ENCONTRO.....	A26.29
ANEXO 27-30: ACTA DE ENCONTRO.....	A27.30
ANEXO 28-31 :RELATÓRIO DE PROGRESSO.....	A28.31
ANEXO 29-32: GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO.....	A29.32
ANEXO 30-33: GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA.....	A30.33
ANEXO 31-34: FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL.....	A31.34

# **1 CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

## **1.1 INTRODUÇÃO**

A disponibilidade de energia eléctrica representa qualidade de vida das pessoas. Quando é implementado um sistema de distribuição de energia eléctrica, a população local imediatamente passa a contar com inúmeros benefícios, tanto no quesito conforto doméstico quanto de melhores possibilidades de emprego e produção [1]. Contudo, a exploração das redes eléctricas de energia é um processo que exige, da parte da entidade responsável, acções de planeamento, projecto e licenciamento de novas instalações eléctricas. De facto, com a evolução socioeconómica, é cada vez mais uma exigência que os serviços prestados sejam de qualidade, regra à qual não foge o sector energético. Assim, com as actividades descritas, o explorador da rede eléctrica deve ser capaz de elevar a qualidade com que distribui energia, garantindo que nenhuma carga fica por alimentar, mesmo quando é necessário, por diversas razões, indisponibilizar troços de linhas.

As redes eléctricas de Baixa Tensão (BT), normalmente designadas redes de distribuição em BT, são os elementos do sistema eléctrico que mais frequentemente estão sujeitos a modificações. Seja pela necessidade de alimentação de novos clientes, planeamento a curto-prazo da rede ou ainda melhoramento da qualidade de serviço, trata-se de uma área de actuação em constante atualização. Sendo o tema deste relatório os aspectos de projecto de expansão no contexto de melhoramento da qualidade de energia e da constituição da rede de distribuição no bairro de Boquisso “B”, ligados às redes eléctricas de MT e BT, onde serão apresentados procedimentos teóricos, técnicos e a sistematização do processo de projecto, tendo em vista tanto as alterações como os novos ramais.

### **1.1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

A necessidade de acesso à energia eléctrica em algumas regiões da província de Maputo, no município da Matola (bairro de Boquisso “B”), em particular, resultou em ligações clandestinas na rede pública. Situação essa que culminou com a redução da qualidade de energia eléctrica fornecida naquele bairro e na degradação das instalações da rede, visto que foi possível notar o incumprimento dos aspectos regulamentares devido a forma como se encontra disposta a rede no local, isso porque em diversos pontos, a população socorreu-se aos meios inapropriados para garantir à expansão da rede de distribuição, como: o uso de secções mínimas previstas para baixadas ( $10\text{ mm}^2$ ) como cabos de distribuição, árvores secas e estacas como apoios, arames como pinças de suspensão e de amarração, sacos plásticos como material isolante dos pontos emendados e a energia eléctrica em diversos pontos foi distribuída com recurso à uma e única fase, condição suficiente para uma queda de tensão acentuada. Neste contexto, surgiu a necessidade de se colocar a seguinte questão:

- Como expandir a rede de distribuição afim de garantir uma melhoria na rede actual e o acesso à energia a todos moradores do bairro de Boquisso “B”?

### **1.1.2 JUSTIFICATIVA**

O presente tema é motivado pela necessidade de desenvolver um projecto de expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de Boquisso “B”, afim de garantir uma melhoria na rede actual e o acesso à energia a todos moradores daquele bairro, pelo facto da população local ter recorrido a meios julgados impróprios na expansão da rede distribuição de energia eléctrica, tais como: uso de secções mínimas previstas para baixadas ( $10\text{ mm}^2$ ) como cabos de distribuição, árvores secas e estacas como apoios, arames como pinças de suspensão e de amarração, sacos plásticos como material isolante dos pontos emendados, distribuição de energia eléctrica em diversos pontos feita com recurso à uma única fase e outros problemas relatados pela população local tais como, queima com frequência de electrodomésticos, queda de tensão acentuada, risco à electrocução dos utentes ou dos moradores daquele bairro devido as emendas feitas incorrectamente nos condutores e o incumprimento de altura mínima prevista de segurança dos pontos mais próximos do solo (flecha).

### **1.1.3 OBJECTIVO GERAL**

- Projectar a expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de Boquisso “B”.

### **1.1.4 OBJECTIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Fazer o levantamento da carga e estudar a situação actual da rede;
- ❖ Dimensionar os componentes da rede de distribuição de energia eléctrica;
- ❖ Fazer a estimativa de custos.

### **1.1.5 METODOLOGIA**

Tendo em conta o objectivo geral, o presente trabalho terá como procedimento metodológico:

- Uma pesquisa bibliográfica, que consistirá essencialmente na leitura de manuais, guias-técnicos e normas que regem os projectos de redes de distribuição;
- Uma Pesquisa experimental, que consistirá no uso de softwares de simulação tais como AutoCad, GPSMap64, GPS track Maker e na recolha de dados do local.

Quanto aos objectivos específicos, serão usados os seguintes procedimentos metodológicos: para o primeiro objectivo, a pesquisa descritiva, ou seja, o tratamento de dados será descritivo, de modo a indicar o ponto de situação actual da rede no local; para a efectivação dos demais objectivos, aplicar-se-á como método, a pesquisa explicativa.

Portanto, como procedimentos técnicos, será feito: o levantamento bibliográfico, para o esclarecimento da teoria referente às redes de distribuição de distribuição de energia eléctrica e por fim, o levantamento topográfico para descrição da situação actual e posterior da rede de distribuição no local através do GPSMap64 e do GPS Track Maker.

## **1.2 ESTRUTURA DO RELATÓRIO**

O presente relatório de estágio profissional divide-se em 4 capítulos.

O primeiro capítulo é composto pela introdução, formulação do problema, justificativa, objectivos, metodologia e pela estrutura do relatório.

No capítulo 2, será feita uma abordagem teórica referente às redes de distribuição de energia eléctrica, bem como apresentar de forma sintética, os processos e cálculos envolvidos nos projectos de expansão rede de distribuição de energia eléctrica.

O capítulo 3 diz respeito ao estudo da situação actual da rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão no bairro de Boquisso “B”, bem como o desenvolvimento do projecto de expansão da rede de distribuição de energia no mesmo bairro e serão apresentadas em forma de tabela as condições gerais e as regras para a realização do orçamento ou estimativa do custo do projecto.

O projecto BT inicia-se com o levantamento da rede e depois de reunidos todos os dados relevantes dá-se início ao desenho do projecto através do software AutoCad, durante esta fase têm que ser efetuados todos os cálculos eléctricos e mecânicos e verificar se estão de acordo com o regulamento em vigor.

Por fim, no capítulo 4 serão apresentadas as considerações gerais do projecto, ou seja, serão evidenciados os aspetos mais importantes.

A organização adotada no presente relatório tem como intuito não só apresentar todos os resultados do trabalho que foi desenvolvido, mas também demonstrar todo o conhecimento adquirido e todo aquele posto em prática para a explicação e desenvolvimento do tema.

## **2 CAPÍTULO II – REDES DE DISTRIBUIÇÃO**

### **2.1 GENERALIDADES**

O objectivo deste capítulo é de trazer uma abordagem teórica referente às redes de distribuição de energia eléctrica, bem como apresentar de forma sintética, os processos e cálculos envolvidos nos projectos de expansão destas.

As redes eléctricas têm como finalidade assegurar a transmissão e distribuição de energia desde as instalações de produção até aos consumidores finais. Estas podem ser classificadas segundo diversos critérios, apresentando-se de seguida três, cujo interesse é evidente.

O primeiro diz respeito à tensão nominal (ou de serviço), que é a grandeza que determina a capacidade de transporte e fixa as dimensões das linhas e da aparelhagem das subestações. O segundo prende-se com a função que o sistema deve assegurar, que é o mais importante. O terceiro está ligado com a topologia da rede, fixando o seu modo de operação normal e as possibilidades de socorro em caso de falha [2].

### **2.2 CLASSIFICAÇÃO**

As redes de distribuição têm a função de levar a energia aos consumidores domésticos ou industriais, nos três níveis de tensão respectivos, sendo eles, a BT, na qual deverão estar ligados os aparelhos directamente; a MT, que deverá alimentar todos os PTs; a AT, que deverá unicamente fornecer energia às subestações. Estas redes também podem receber energia produzida pelos produtores independentes, que usam fontes renováveis, como por exemplo, energia solar, energia mini-hídrica, energia eólica, entre outras, e também podem receber energia produzida através de centrais de cogeração. Estas redes são aplicadas em curtas distâncias, poucos quilómetros, potências relativamente baixas, para níveis de tensão de 33 kV, 22 kV, 11 kV, e 400 V (para caso de Moçambique), apresentando uma topologia de rede em anel com exploração radial.

## 2.2.1 CARACTERIZAÇÃO GENÉRICA

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

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

### 2.2.1.1 CONDUTORES

Os condutores definem-se como sendo elementos cuja função é conduzir a energia eléctrica, podendo ser constituídos por um fio, ou por um conjunto de fios que podem ser de cobre, alumínio e alumínio/aço. Mas, existem diferentes tipos de condutores sendo eles [11]:

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

### 2.2.1.2 APOIOS (POSTES)

Os apoios definem-se como sendo elementos cuja função é suportar os condutores, podendo ser metálicos, de betão armado, ou em certos casos para linhas de BT ser de madeira. Regra geral, os apoios de BT são de betão ou em madeira. Numa linha eléctrica, durante todo o seu percurso existem diferentes tipos de apoios com funções diferentes, como se pode observar na Figura 1 [10]:

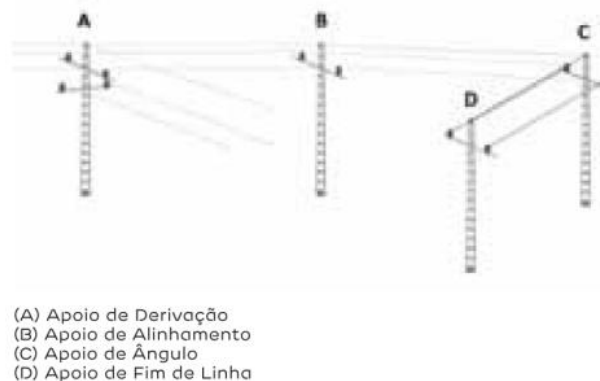


Figura 1. Esquema de diferentes tipos de apoios [14].



Em geral, as alturas dos apoios são as seguintes [11]:

- Baixa Tensão: de 8 a 12 m;
- Média Tensão: de 14 a 26 m.

## 2.2.2 CARACTERÍSTICAS

A rede de distribuição é constituída por subestações, linhas aéreas e subterrâneas de Média Tensão (MT) e Alta Tensão (AT), Postos de Transformação (PT's), rede BT e Iluminação Pública (IP).

### 2.2.2.1 LINHAS AÉREAS DE MÉDIA TENSÃO

A Linha de Média Tensão (LMT) tem normalmente início nas saídas das subestações que transformam alta tensão para média tensão. Na Figura 2 vê-se uma pequena ilustração do percurso da energia eléctrica que normalmente é realizado desde o início da produção até o consumidor final. A RMT é uma rede de distribuição, em média tensão, que tem o objectivo de alimentar os Postos de Transformação.

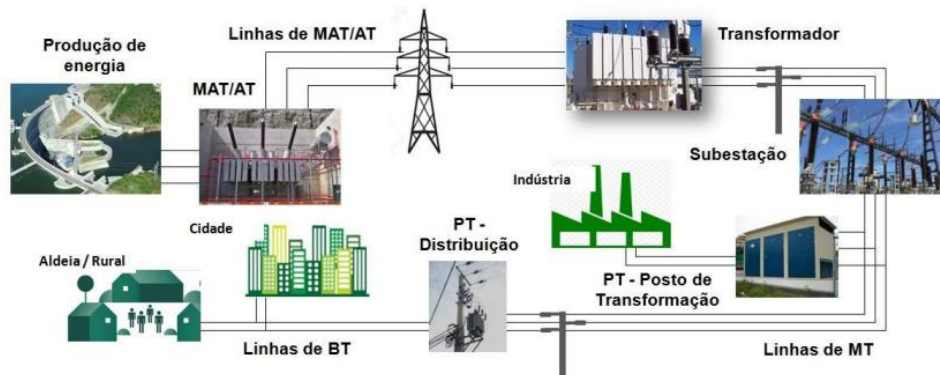


Figura 2. Demonstração do percurso da energia eléctrica, desde a produção até ao consumo [14].

A Figura 3 mostra a passagem de uma linha aérea de MT sobre um pórtico com dois apoios de betão.

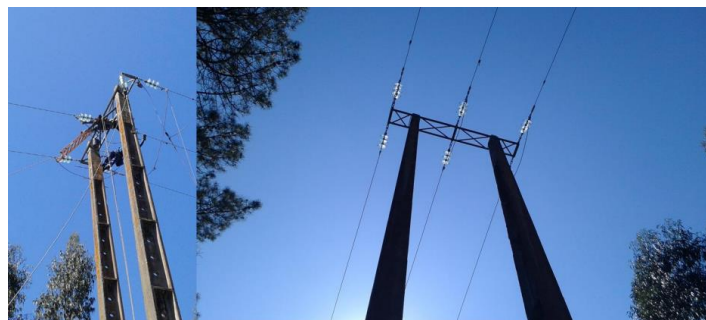


Figura 3. Passagem de uma linha aérea de MT.

### 2.2.2.1.1 ISOLADORES

Os isoladores definem-se como sendo elementos cuja função é evitar a passagem de corrente eléctrica do condutor para o apoio. Nas linhas de MT são aplicados dois a três isoladores (campânulas), enquanto nas linhas de BT é aplicado um isolador (campânula). Os isoladores podem ser inseridos em cadeia de amarração, ou ser inseridos em cadeia de suspensão [11].



Figura 4. Isoladores de pino, tipo pilar e de suspensão.

A Figura 5 apresenta vários isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio, com o isolador central em cadeia de suspensão, para evitar que o arco toque no apoio.



Figura 5. Isoladores inseridos em cadeia de amarração no apoio.

### 2.2.2.1.2 CONDUTOR DE ALUMÍNIO DE AÇO REFORÇADO - ACSR

Cabo ACSR ou condutor de alumínio de aço reforçado é usado como cabo aéreo desencapado da transmissão e como cabo de distribuição primária e secundária. ACSR é adequado para uso em todos os vãos em postes de madeira, torres de transmissão, e outras estruturas por causa de sua confiabilidade e resistência à relação de peso.

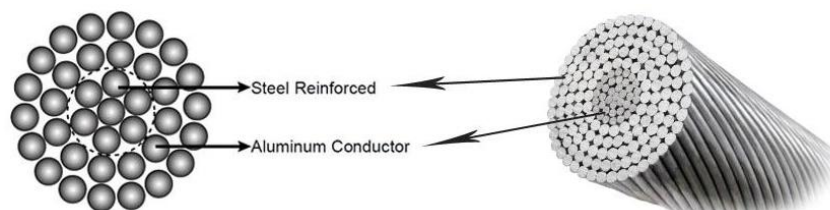


Figura 6. Condutor de Alumínio de Aço Reforçado ACSR

a) **Aplicação**

Com uma estrutura simples, o cabo de alumínio nu com alma de aço é simples de montar e de conservar, com baixo custo e alta capacidade de transmissão. É utilizado para linhas de transmissão de energia com vários níveis de tensão e desempenha um papel importante na área de transmissão de electricidade.

b) **Características de construção**

Os condutores do cabo ACSR são feitos de uma ou várias camadas de fios de alumínio em camadas concêntricas ao redor de um núcleo de aço galvanizado. O núcleo de aço pode ser impregnado com graxa de proteção. Para levar o cabo a aplicações específicas, é possível variar a proporção relativa da área da seção transversal de alumínio e aço.

c) **Características técnicas**

- Boas resistência à corrosão;
- Boa relação de força/peso. Permite o uso a longos comprimentos.

### 2.2.2.1.3 ESTRUTURA TOPOLÓGICA

A estrutura da rede é das principais características de uma rede de distribuição, isto porque numa situação de defeito, a rede de distribuição pode ter de ser configurada, com o propósito da interrupção de fornecimento de energia afetar o menor número de clientes, pelo menor tempo possível. A estrutura da rede deve:

- Assegurar a segurança das pessoas e bens;
- Atingir um nível satisfatório de qualidade de serviço.

O aspeto mais importante numa rede de distribuição para a exploração de um SEE é a sua fiabilidade.

Como estruturas topológicas comuns em SEE usam-se as seguintes [2]:

- Rede radial;
- Rede malhada;
- Rede em anel com exploração radial.

a) **Rede radial**

A rede radial baseia-se a partir de um ponto de alimentação e por linhas que vão-se ramificando, sem jamais se encontrarem num ponto comum. Esta estrutura topológica

apresenta a menor fiabilidade e também o menor custo inicial, sendo aplicada na distribuição. Se não houver produção de energia eléctrica por parte do cliente/consumidor, o sentido do trânsito de energia é do ponto de produção para a carga/consumo, ou seja, apenas num único sentido [2].

#### b) Rede malhada

A rede malhada permite a alimentação de um mesmo ponto de rede, por mais de dois caminhos diferentes. A rede malhada apresenta uma topologia de maior fiabilidade em relação à rede radial, por apresentar várias configurações, que deverá tomar em caso de contingências dos equipamentos, com maior necessidade de investimento e manutenção, para as linhas devidamente dimensionadas. Este tipo de topologia é aplicado em redes de transporte [2].

#### c) Rede em anel com exploração radial

A rede em anel com exploração radial permite a alimentação de um mesmo ponto de rede por dois caminhos diferentes, podendo ser explorada em regime de anel aberto. Este tipo de topologia apresenta maior fiabilidade em relação à rede malhada e à rede radial, tendo um grande custo inicial e elevado custo de manutenção, para além de cuidados adicionais de protecções [2].

A Figura 7 apresenta a estrutura topológica da rede de energia eléctrica: a) rede radial; b) rede malhada; c) rede em anel com exploração radial.

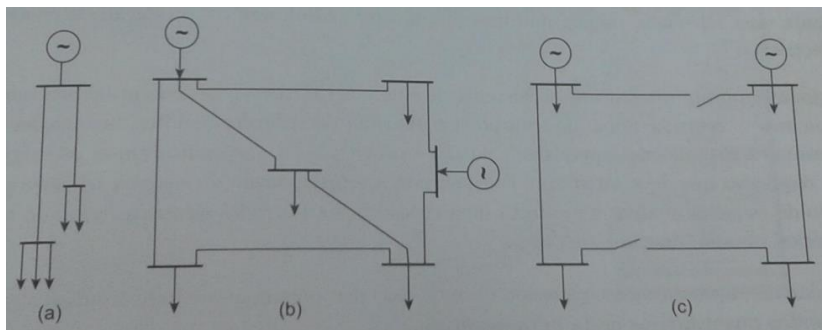


Figura 7. Estrutura topológica da rede de energia eléctrica [2].

### 2.2.2.2 REDE DE BAIXA TENSÃO

#### 2.2.2.2.1 INTRODUÇÃO

A energia eléctrica é absolutamente decisiva e indispensável ao quotidiano das sociedades actuais, sendo um dos factores estratégicos para o seu desenvolvimento

socioeconómico. Ao longo dos anos, a expansão das redes eléctricas foi impulsionada pelo surgimento de novas tecnologias que proporcionam a sua rápida difusão a nível mundial.

As RDBT, no que se refere ao tipo construtivo, podem ser aéreas ou subterrâneas.

Este tipo de rede está frequentemente sujeito a alterações, modificações e expansões. As inúmeras modificações das RDBT devem-se essencialmente à necessidade de alimentação de novos clientes e planeamentos a curto prazo da rede, uma vez que ainda existem muitas RBT que se encontram muito degradadas existindo deste modo a necessidade de melhorar a qualidade de serviço.

A RDBT inicia-se na saída do QGBT dos postos de transformação.

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

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

De acordo com o RSDEEBT, uma RDBT é uma “instalação eléctrica (instalação em que o valor eficaz ou constante da tensão não exceda em AC 1000V ou em DC 1500V) destinada à transmissão de energia eléctrica a partir de um PT ou de uma central geradora até às portinholas, constituída por canalizações principais e ramais” [3].

#### 2.2.2.2.2 REDES AÉREAS

Actualmente, as redes aéreas são utilizadas apenas em zonas rurais e semi-urbanas, usando cabos isolados com condutores de alumínio, agrupados em feixe cableado, denominados cabos torçados, apoiados em postes [19]. Em alguns casos, onde a densidade de construção, largura das vias de circulação e as condições gerais não permitem a instalação de redes subterrâneas, os cabos são instalados nas fachadas dos edifícios.

##### a) **Cabos Torçada**

Os condutores existentes nas redes aéreas de BT normalizados pela EDP Distribuição são do tipo LXS. Semelhantes aos da figura abaixo:



Figura 8. Condutor torçada (1 – alma condutora em alumínio, 2 – isolamento em polietileno reticulado) [6]

As secções normalizadas para condutores em alumínio LXS isolados a XLPE, são as seguintes [18]:

- LXS 2x16 mm<sup>2</sup>;
- LXS 4x16 mm<sup>2</sup>, LXS 4x25 mm<sup>2</sup>, LXS 4x50 mm<sup>2</sup>; LXS 4x70 mm<sup>2</sup> e LXS 4x95 mm<sup>2</sup>.

Para os casos em que a rede BT inclui ainda o condutor de alimentação de IP (Iluminação Pública), as secções normalizadas para condutores em alumínio LXS isolados a XLPE, são as seguintes [18]:

- LXS 4x25+16 mm<sup>2</sup>, LXS 4x50+16 mm<sup>2</sup>, LXS 4x70+16 mm<sup>2</sup> e LXS 4x95+16 mm<sup>2</sup>.

Quando se tratar de uma rede exclusiva de IP, os cabos a utilizar serão do tipo LXS de 16 mm<sup>2</sup> de secção.

Para diferenciar as três fases, do condutor de neutro e do condutor da IP existem os seguintes princípios [18]:

- Na identificação de cada condutor são feitas marcações com tinta branca;
- Cada fase é marcada com «um», «dois» e «três» e abrangem os algarismos 1, 2 e 3;
- O condutor de fase é marcado com o tipo de cabo, além da indicação da secção;
- Os condutores de Iluminação Pública são marcados com IP, seguido do tipo de cabo (Ex.: LXS), além da indicação da secção (Ex.: 16 mm<sup>2</sup>), que regra geral é de 16 mm<sup>2</sup>;
- O condutor de neutro leva a identificação do fabricante (marca do fabricante), o ano de fabrico e a marcação métrica (marcação do comprimento do cabo metro a metro).

As marcações atrás indicadas são espaçadas de 50 cm ao longo do cabo.

## b) Cabos aplicados

### Definições gerais

Por canalização eléctrica define-se o conjunto constituído por um ou mais condutores eléctricos e pelos elementos que garantem a sua fixação e a sua protecção mecânica.

Por condutor isolado define-se o conjunto constituído pela alma condutora, pelo invólucro isolante e pelos eventuais ecrãs (blindagens).

Por cabo define-se o conjunto constituído por um ou mais condutores isolados, o seu revestimento individual, os seus revestimentos de protecção e um ou mais condutores não isolados.

Por alma condutora define-se os metais constituintes que são o cobre (menor resistividade) e o alumínio (maior resistividade).

Por isolamento define-se o invólucro isolante que determina as qualidades dieléctricas, o limite da tensão estipulada de serviço, a resistência à combustão.

Por bainha define-se o material isolante do mesmo tipo que os invólucros, reforçando o isolamento principal do cabo, com a função de protecção mecânica.

Pode ser necessário ainda a utilização de bainhas exteriores.

Por ecrã define-se as fitas, malhas ou tranças de cobre nu de alumínio [17].



Figura 9. Constituição geral de um cabo LSVAV e do seu revestimento [17].

A tabela 1 enuncia exemplos de cabos aplicados nas redes de distribuição de energia eléctrica para BT.

Tabela 1. Cabos aplicados nas redes de distribuição de energia eléctrica em BT [17].

Designação	Descrição	Aplicações
<b>VV</b>	Condutores rígidos de cobre macio, com isolamento em PVC e bainha exterior de PVC	Redes de distribuição de energia de BT
<b>VAV</b>	Condutores rígidos de cobre macio, com isolamento de polietileno de vinilo, bainha interior de PVC, armaduras de fita de aço e bainha exterior de PVC	Redes de distribuição de energia de BT
<b>LXS (cabos aéreos em torçada)</b>	Condutores multifilares de alumínio, com isolamento de polietileno reticulado	Redes de distribuição de energia de BT
<b>XS (cabos aéreos em torçada)</b>	Condutores multifilares de cobre, com isolamento de polietileno reticulado	Chegadas de redes aéreas de BT e em redes aéreas de distribuição de BT

Todos os cabos que tenham uma tensão nominal de 0,6/1 kV são aplicados em redes de distribuição de energia eléctrica e instalações industriais.

Para o caso do condutor de neutro dos cabos de torçada das redes aéreas de BT, este deve ser ligado sem interrupções ao eléctrodo da terra de serviço, através de cabo VV 1G35 mm<sup>2</sup>, com bainha exterior preta e isolação azul [15] [18].

#### Ligação a clientes através da rede aérea

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

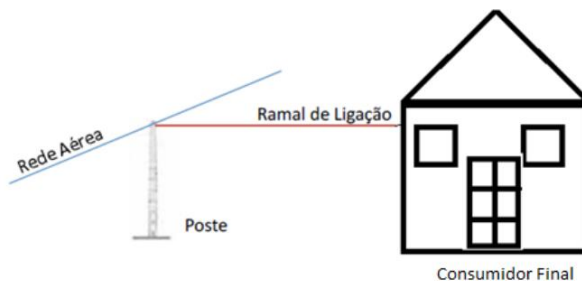


Figura 10. ligação a clientes a partir de uma rede aérea



#### a) **Características das redes aéreas de BT**

Os valores típicos para as redes de baixa tensão são os 400/230 V (trifásica e monofásica, respectivamente) para os países europeus.

As redes de baixa tensão são constituídas em dois tipos de condutores:

- Condutores não isolados/nus;
- Condutores isolados (por exemplo, cabo torçada).

Os condutores não isolados fazem parte de um reduzido número de redes aéreas de BT.

A principal desvantagem dos condutores isolados é a detecção de defeitos, caso haja perfuração do isolamento, a qual é difícil de encontrar através de inspeção visual à rede [8].

As redes aéreas de cabos isolados são instaladas segundo uma distância do vão dependente do local de instalação da rede. Para uma zona de consumidores não dispersos, ou dentro de povoações, a distância do vão não deve ser superior a 50 m, no entanto, em zonas com consumidores dispersos, dentro ou fora de povoações, essa distância não deve exceder os 90 m e a altura a que são colocados os cabos varia com os locais de instalação. Por regra, a altura de colocação dos cabos em relação ao solo não deve ser inferior a 5 m. Nas travessias aéreas de estradas, ruas ou caminhos, públicos ou particulares, com trânsito de veículos automóveis, ou de tracção animal, a distância dos condutores ao solo não deve ser inferior a 6 m. Nas travessias aéreas de auto-estradas, a distância dos condutores ao solo não deve ser inferior a 7 m [9].

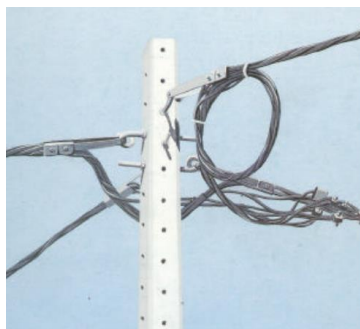


Figura 11. Rede aérea de BT em cabo torçada. (Autor: FEUP Nov. 2004)

#### 2.2.2.2.3 REDES SUBTERRÂNEAS

Actualmente, as redes subterrâneas são utilizadas em meios urbanos e semi-urbanos, é a forma mais consensual de instalação das redes eléctricas, visto que são as redes esteticamente mais apreciadas, do que as redes aéreas.

O estabelecimento das redes subterrâneas está limitado a caminhos públicos, uma vez que não podem existir travessias em propriedades privadas.

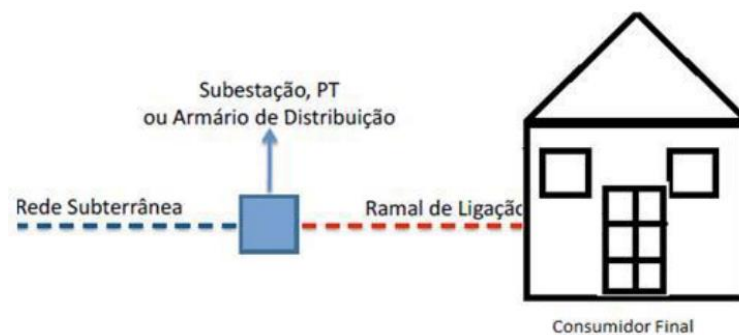


Figura 12. Ligação a clientes através de uma rede subterrânea

#### a) Características das redes subterrâneas

Actualmente, as redes subterrâneas são a forma mais segura de instalação das redes eléctricas, sendo que são redes que não afectam esteticamente, em relação às redes aéreas, porque são colocadas em valas e armários de distribuição [8].

As redes subterrâneas são instaladas com os cabos dentro de tubos colocados nas valas, ou com os cabos directamente no solo das valas, devendo ser enterradas a uma profundidade de 0,80 m em BT ou 1,20 m em MT, para uma largura de 0,40 m em BT ou 0,50 m em MT [9] [10].

### 2.2.2.3 POSTOS DE TRANSFORMAÇÃO

#### 2.2.2.3.1 INTRODUÇÃO

Os postos de transformação e distribuição MT/BT têm como função transformar energia eléctrica MT (33 kV, 22 kV ou 11 Kv, para caso de Moçambique) em BT (400 – 230 V) e são instalações constituídas por vários dispositivos e equipamentos, onde todas as partes metálicas (fora de tensão) devem estar ligadas à terra de proteção. Apenas o neutro da BT deve estar ligado à terra de serviço.



Figura 13. Postos de Transformação e Distribuição.

Através da consulta dos significados presentes no Regulamento da Rede de Distribuição – Anexo II da Portaria nº 596/2010 de 30 de Julho de 2010 define-se [4]:

- Posto de Transformação (PT) – Instalação destinada à conversão da tensão de média para baixa tensão, por um ou mais transformadores estáticos cujo secundário é de baixa tensão;
- Posto de Seccionamento (PS) – Instalação que permite estabelecer ou interromper, em vazio, linhas eléctricas, por meio de seccionadores;
- Posto de Corte – Instalação englobando aparelhagem de manobra (disjuntores ou interruptores) que permite ligar ou desligar linhas eléctricas.

Os postos de transformação podem ser classificados em função do modo de construção como [5]:

Em poste – O equipamento de MT é colocado em postes. Aplicados nas redes rurais;

Em cabine baixa ou cabine alta – O equipamento de MT é colocado no interior da cabine, em celas com invólucro metálico e com separações de rede metálica;

Em monobloco – O equipamento de MT é colocado no interior de celas, com invólucro metálico e com separações de rede metálica.



Figura 14. Modo de construção de PT's em: a) poste, b) cabine baixa, c) monobloco.

Os PTs podem ser classificados quanto à entrada da alimentação eléctrica como [5]:

Aérea – A entrada de energia em AT é feita por linhas aéreas actadas à torre do PT;

Subterrânea – A entrada de energia em AT é feita por cabos eléctricos enterrados.

Os PTs podem ser classificados quanto à sua topologia de rede eléctrica como [5]:

Radial – a alimentação é assegurada por uma única entrada;

Anel – a alimentação é assegurada por duas entradas distintas.

#### a) **Tipos de Topologias**

Os tipos de topologias considerados são os seguintes [5]:

- PTD da rede pública, que são explorados pela empresa distribuidora de energia eléctrica e que alimentam diretamente os consumidores de BT;
- PTC, que são explorados pelo próprio consumidor como cliente direto de MT.

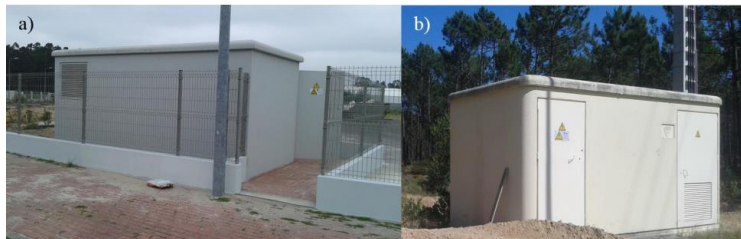


Figura 15. Visualização de um PTC, b) visualização de um PTD.

### 2.2.2.3.2 ARMÁRIOS DE DISTRIBUIÇÃO

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

Os armários devem ser ligados à terra através de condutores de terra ligados aos eléctrodos de terra. Todas as massas deverão ser ligadas ao neutro e este à terra [14].

O neutro deve ser ligado à terra em todos os armários de distribuição. A ligação do barramento de neutro dos armários de distribuição (com marcação PEN) ao eléctrodo de terra de protecção, deve ser realizada com recurso a cabo VV 1G35 mm<sup>2</sup>, com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela. A fixação e a ligação das tranças de cobre às armaduras dos cabos devem ser realizadas através de braçadeiras ou fitas metálicas [15].

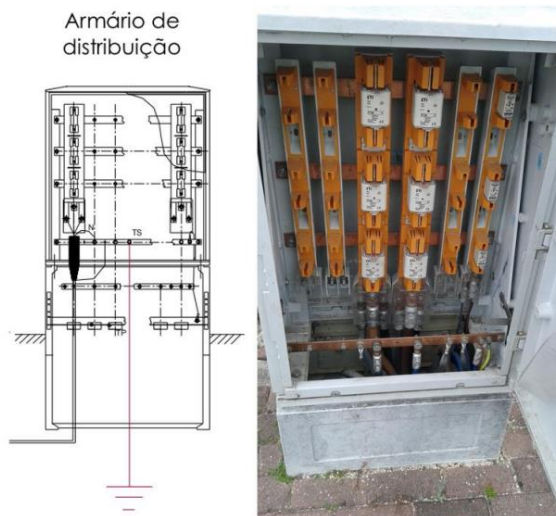


Figura 16. Esquema de um armário de distribuição e ligação do neutro à terra [15].

O Tabela 2 apresenta a marcação dos barramentos, com a respectiva descrição.

Tabela 2. Marcação de barramentos [13]

Designação do barramento	Marcação alfanumérica
Neutro	N
Fase 1	L1
Fase 2	L2
Fase 3	L3

A Figura 17 mostra os barramentos com as respectivas marcações para possível identificação de fases e do neutro.



Figura 17. Barramentos com identificação de fases e do neutro.

### 2.2.2.3.3 CÁLCULO ELÉCTRICO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO EM BT

Este documento resulta da interpretação do RSRDEEBT em conjugação com outras normas internacionais e europeias.

#### a) **Coefficiente de Simultaneidade**

No dimensionamento da rede deve ter-se em consideração as potências das instalações de particulares afetadas dos coeficientes de simultaneidade.

As potências correspondentes às instalações de locais residenciais ou de uso profissional são afetadas dos coeficientes de simultaneidade seguintes [23]:

- **Canalizações principais:**

$$C = 0.2 + \frac{0.8}{\sqrt{n}} \quad (\text{Equação 1})$$

Para locais residenciais ou de uso profissional (incluindo garagens e serviços comuns dos edifícios).

$$C = 0.5 + \frac{0.5}{\sqrt{n}} \quad (\text{Equação 2})$$

Para locais industriais.

Em que:

C é o coeficiente de simultaneidade;

n é o número de instalações de utilização da rede ou segmento da rede calculada;

#### 2.2.2.3.4 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE BAIXA TENSÃO

O correcto dimensionamento da rede de BT garante que para uma determinada potência instalada o circuito estará protegido contra corrente de curto-circuito, sobrecargas e que a queda de tensão máxima nas canalizações não ultrapasse os limites regulamentares de 8% da tensão nominal.

O objectivo fundamental do dimensionamento e protecção da rede de energia eléctrica é a determinação da secção do cabo a instalar e do respectivo calibre de protecção, satisfazendo as condições técnicas e regulamentares aplicáveis.

##### a) Protecção Contra Sobrecargas da Rede Eléctrica de BT

As instalações eléctrica são frequentemente submetidas a sobreintensidades, e, conseqüentemente, ao sobreaquecimento do circuito, podendo causar danos graves para a instalação e para as pessoas. Para evitar tais danos, torna-se necessário dispor de protecções no sistema eléctrico.

A previsão de situações de utilização excessiva dos circuitos (sobrecarga) leva à necessidade da protecção de tais defeitos, através da instalação de fusíveis.

A utilização de coeficientes de simultaneidade no pressuposto de que a probabilidade de que todos os consumidores solicitem a totalidade da potência contratada, é baixa, permite que a rede em determinados períodos possa ficar sujeita a uma sobrecarga, que deve ser contida dentro da margem prevista pelo regulamento, nomeadamente no artigo 128.º dedicado às sobrecargas.

Para evitar os danos (como o deterioramento da cablagem) é necessário existirem protecções no sistema eléctrico.

A determinação da potência resulta no somatório das potências corrigido pelo coeficiente de simultaneidade:

- Potência Total do Circuito =  $\Sigma$  (nº Total Instalações \* Respetiva Potência \* C);
- Corrente de serviço ( $I_s$ ) - é a intensidade de corrente de carga que serve como base ao dimensionamento da instalação e que resulta da alimentação da potência de carga estimada para a instalação considerando a tensão nominal.

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} * 380} \quad (\text{Equação 3})$$

As condições regulamentarmente são [2]:

$$\text{a) } I_s \leq I_n \leq I_z \quad (\text{Inequação 1})$$

$$\text{b) } I_f \leq 1,45I_z \quad (\text{Inequação 2})$$

Em que:

- $I_s$  é a corrente de serviço na canalização;
- $I_z$  é a corrente máxima admissível na canalização em regime permanente;
- $I_n$  é a corrente estipulada do fusível (conhecida por “corrente nominal”);
- $I_f$  é a corrente convencional de fusão do fusível.

Para que a protecção dos condutores contra sobrecargas fique assegurado, a corrente de serviço ( $I_s$ ) da rede de distribuição não pode ser superior à corrente estipulada do fusível ( $I_n$ ) que a está a proteger e deve respeitar os dois critérios referidos do artigo 128.º do capítulo XIII do RSRDEEBT [2,5,21,23].

#### b) **Cálculo da Corrente de Curto-Circuito**

Denomina-se por “curto-circuito” (CC) um percurso de impedância baixa, resultante de um defeito, através da qual se fecha uma corrente, geralmente bastante elevada.

A principal causa de curto-circuito nas redes é a rutura dieclétrica dos materiais isolantes. As redes aéreas estão mais suscetíveis a curtos-circuitos, porque estão fisicamente mais expostas.

Têm-se como principais os dois seguintes tipos de curto-circuito:

- Curto-circuito trifásico – afecta simultaneamente as três fases do circuito.
- Curto-circuito assimétrico – provoca assimetria entre as três fases: fase-terra (curto-circuito monofásico) ou fase-fase (curto-circuito bifásico).

A protecção contra correntes de curto-circuito está condicionada em dois aspetos: o poder de corte da protecção para interromper o CC e o tempo de actuação da protecção antes de provocar danos irreversíveis. Para calcular a corrente de CC deve ser considerado o ponto mais extremo do condutor, onde se encontra a maior impedância.

A corrente estipulada dos aparelhos de protecção das canalizações contra curto-circuitos é determinada de modo que a corrente de curto-circuito seja cortada antes que os condutores possam atingir a sua temperatura limite admissível, como consta no artigo 130.º do RSRDEEBT [2].

Desta forma teremos de verificar que o tempo de fadiga térmica da canalização ( $t_{ft}$ ) seja superior ao tempo de corte, ou actuação, do aparelho de protecção ( $t_a$ ). O tempo de corte do aparelho deverá também ser inferior a 5 segundos (artigo 156º do RSRDEEBT) [2].

$$a) t_a \leq t_{ft} \quad (\text{Inequação 3})$$

$$b) t_a \leq 5 \text{ seg} \quad (\text{Inequação 4})$$

Em que:

- $t_{ft}$  é o tempo de fadiga térmica da rede (s);
- $t_a$  é o tempo de corte (actuação) do aparelho de protecção (s).

Para que um dado fusível possa actuar em tempo útil para garantir a protecção, a impedância do circuito em defeito, desde o fusível até ao ponto mais afastado da RDBT, não deve exceder os limites de comprimento (A22-19).

O cálculo aproximado da corrente de curto-circuito ( $I_{cc}$ ) fase-neutro, é efectuado a partir da seguinte expressão [2]:

$$I_{ccmin} = \frac{0,95 \cdot U_n}{\rho_F \cdot \frac{L_F}{S_F} + \rho_N \cdot \frac{L_N}{S_N}} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

- $U_n$  é a tensão nominal (V);
- 0,95 é o factor de correção da tensão, para a mínima corrente de curto-circuito em baixa tensão utilizado;
- $\rho_F$  é a resistividade do condutor de fase ( $\Omega mm^2/m$ );
- $\rho_N$  é a resistividade do condutor de neutro ( $\Omega mm^2/m$ );
- $L_F$  é o comprimento do condutor de fase (m);
- $L_N$  é o comprimento do condutor de neutro (m);



- $S_F$  é a secção do condutor de fase ( $mm^2$ );
- $S_N$  é a secção do condutor de neutro ( $mm^2$ ).

Calcula-se a corrente de curto circuito no ponto mais afastado da rede, na situação mais desvantajosa ( $I_{cc_{min}}$ ) para que a rede de distribuição, uma vez que a capacidade de corte do fusível está sempre garantida por ser manifestamente superior à corrente de curto-circuito dos transformadores de maior potência [2,22,24].

O objectivo de calcular a corrente de CC mínima é garantir que o fusível a utilizar garanta a protecção do circuito.

#### c) **Selectividade das Protecções**

Para haver seletividade entre protecções, é necessário garantir que, em caso de defeito, apenas atue o aparelho de protecção situado imediatamente a montante do defeito, permitindo assim, que continuem a funcionar as redes situadas a jusante dessa protecção e que não tenham sido afetadas por esse defeito.

A necessidade de colocar vários fusíveis na mesma rede e mudanças de redução de secção, obriga a colocar protecções sucessivas e garantir o disparo coordenado entre elas, conforme o artigo 131.º do capítulo XIII, do RSRDEEBT.

De forma a garantir a seletividade na actuação dos fusíveis é necessário que a relação entre as correntes nominais de aparelhos consecutivos seja pelo menos 1:1,6.

Este princípio aplica-se desde o PT até ao fim da rede. Para que a selectividade seja assegurada, é preciso que o tempo de funcionamento do aparelho colocado a montante seja maior do que a do aparelho colocado a jusante [2,23].

Os valores do calibre dos fusíveis mais usuais para a gama de secções dos cabos em uso são os seguintes [19]:

16 – 20 – 25 – 32 – 40 – 50 – 63 – 80 – 100 – 125 – 160 – 200 – 250 – 315 (A)

Há selectividade, no mínimo, entre os calibres de protecção da série em itálico ou entre a série sublinhada.

#### d) **Cálculo da Queda de Tensão**

De acordo com as disposições regulamentares, a queda de tensão máxima desde o posto de transformação até ao cliente que se situa no ponto mais distante, não deve ser superior a 8% da tensão nominal, como mencionado no capítulo III, artigo 9.º do RSRDEEBT [2,7,22].

A expressão aproximada da queda de tensão do ramo da rede eléctrica é a seguinte:

$$\Delta U = R * I_S \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

- $\Delta U$ , a queda de tensão no determinado ramo (V);
- $R$ , a resistência do condutor ( $\Omega$ ).

A resistência do condutor está directamente relacionada com a resistividade do material do condutor, a sua secção e o seu comprimento. Conforme apresentado na equação 6.

A resistência do condutor pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$R = \rho * \frac{l}{S} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

- $I$  é a corrente de serviço (A);
- $l$  é o comprimento do condutor (m);
- $S$  é a secção do condutor ( $mm^2$ ).

### **Variação da resistência com a temperatura**

A resistência de um condutor, em corrente continua e à temperatura de  $\theta(^{\circ}C)$ , exprime-se em função do seu valor à temperatura de  $20^{\circ}C$  por:

$$R_{\theta_{DC}} = R_{20}[1 + \alpha_{20}(\theta - 20)] \quad (\text{Equação 7})$$

$\alpha_{20}$  – coeficiente de variação da resistividade a  $20^{\circ}C$

- Para alumínio  $\alpha_{20} = 4,03 * 10^{-3}(^{\circ}C)$ ; (Equação 8)

- Para cobre  $\alpha_{20} = 3,93 * 10^{-3}(^{\circ}C^{-1})$ . (Equação 9)

O A31-25 dá-nos o valor do coeficiente  $1 + \alpha_{20}(\theta - 20)$ , em função de  $\theta$ .

### **Resistência em corrente alternada**

Num condutor percorrido por corrente AC, a densidade da corrente não é uniforme. Pois, é mais elevada na periferia que no centro do condutor. Este fenómeno, de origem electromagnética, é designado por efeito pelicular ou efeito Kelvin.

Por outro lado, desde que vários condutores, alimentados em tensão AC, estão próximos, fenómenos de indução provocam igualmente um desequilíbrio na repartição da densidade de corrente: efeito de proximidade.

Estes dois efeitos traduzem-se, naturalmente, por um aumento da resistência de condutores. Assim podemos dizer que:

$$\text{Resistência em AC} = \text{Resistência em DC} * (1 + Y_s + Y_p) \quad (\text{Equação 10})$$

$Y_s$  e  $Y_p$  são, respectivamente, os coeficientes de efeito pelicular e de proximidade.

O aumento da resistência, mais sensível no cobre do que no alumínio, é tanto mais importante quanto maior é a frequência da rede, o diâmetro e a aproximação dos cabos. Como primeira aproximação, podemos considerar que ele é desprezável até uma secção de  $300 \text{ mm}^2$  em cobre ou  $500 \text{ mm}^2$  em alumínio nas frequências usadas nas indústrias.

A resistência aparente de um condutor em AC à temperatura  $\theta$  será dada pela expressão:

$$R_{AC} = R_{20}[1 + \alpha(\theta - 20)][1 + Y_s + Y_p] \quad (\text{Equação 11})$$

Nota-se que as equações 5 e 6 são aproximadas. O cálculo mais exacto para se obter a queda de tensão ( $\Delta U$ ), é efetuado a partir da seguinte expressão [2,21]:

$$\Delta U = I * (\rho * \frac{l}{S} * \cos(\varphi) + X * \sin(\varphi)) \quad (\text{Equação 12})$$

Em que:

- $\rho$  é a resistividade do condutor ( $\Omega \text{mm}^2/\text{m}$ );
- $X$  é a indutância do condutor ( $\Omega$ ).

Por norma, para o cálculo da queda de tensão, utiliza-se uma expressão aproximada da (Eq. 5), sendo desprezada a indutância e o Factor de Potência ( $\cos \varphi$ ). É de notar que a indutância em RDBT é muito baixa e o  $\cos \varphi$  assume-se próximo de 1, visto não haver equipamentos com cargas indutivas nos consumidores em questão.

Na Figura 18 é representado a demonstração para se obter uma equação para a queda de tensão mais exacta, conforme indicado na Equação 12.

Normalmente, utiliza-se a expressão aproximada das equações 5 e 6 para o cálculo da queda de tensão em BT, desprezando o efeito da indutância, capacitância e pelicular do condutor por ser um valor muito baixo em Baixa Tensão e considerando o Factor de Potência próximo de 1.

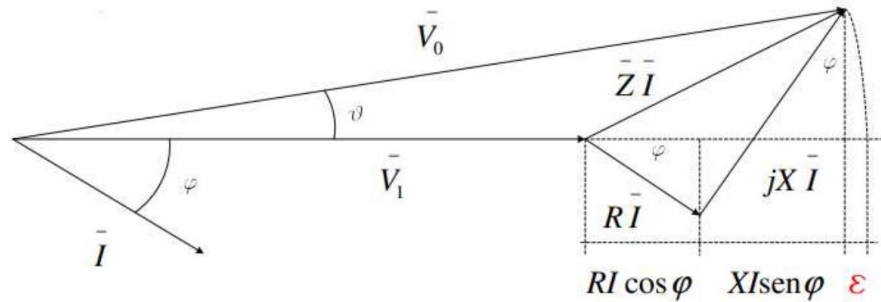


Figura 18. Representação vetorial da expressão da queda de tensão [10]

### 2.2.2.3.5 CÁLCULO MECÂNICO

Esta parte do cálculo mecânico diz respeito ao dimensionamento dos apoios a utilizar na RDBT. Depois de estarem definidas as posições e as alturas dos apoios, é necessário verificar a estabilidade dos mesmos através da determinação da sua resistência mecânica com base nas hipóteses de cálculos presentes no Guia Técnico de Redes Aéreas de Baixa Tensão em Condutores Isolados e Agrupados em Feixe (Torçada) (GTRABTCIAF) [20].

No fundo, a verificação da estabilidade dos apoios não é mais do que calcular as solicitações mecânicas a que eles são sujeitos, tendo como finalidade a escolha de um apoio.

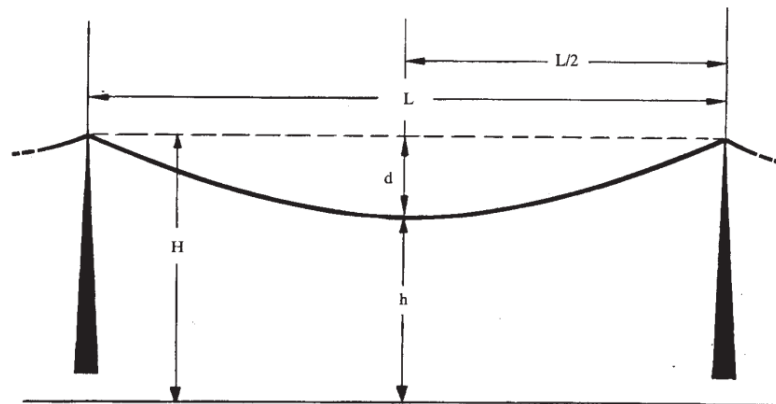


Figura 19. Montagem de cabo entre dois apoios [SOLIDAL – Condutores Eléctricos, SA - pág. 295]

Em que:

- $h$  – Altura mínima ao solo, m
- $H$  – Altura dos apoios (não considerando a altura da fundação), m
- $d$  – Flecha a meio vão, m
- $L$  – Vão, m

### a) Classificação dos Apoios

Relacionado com este ponto, e antes da apresentação das expressões matemáticas correspondentes, deve ter-se presente que, quando se trata do cálculo dos esforços aplicados em apoios de ângulo, é necessária atenção à forma como se inserem os valores dos ângulos nas expressões, que é o que se encontra ilustrado na Figura 20.

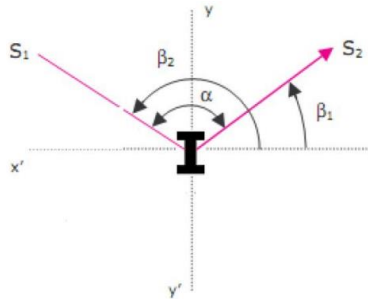


Figura 20. Exemplo de referencial considerado para determinação dos ângulos  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\alpha$

No cálculo das linhas aéreas, o vento deverá considerar-se atuando numa direcção horizontal às mesmas. A força proveniente da sua acção considerar-se-á sempre para o pior caso e somada à resultante das forças do  $yy'$ . A força resultante da acção do vento é determinada pela seguinte expressão [20]:

$$F_v = \alpha * c * q * s \quad (\text{Equação 13})$$

Em que:

$F_v$ , em newtons(N), é a força proveniente da acção do vento;

$\alpha$ , é o coeficiente de redução; = 0,6

$c$ , é o coeficiente de forma; =1,3

$q$ , em (Pa), é a pressão dinâmica do vento; =  $0,75 * 750 = 563 \text{ N/m}^2$  (75% valor fixado no GTRABTCIAF)

$s$ , em metro quadrados, é a área da superfície batida pelo vento, e é obtido tendo em consideração a seguinte expressão [20]:

$$s = d * a_m \quad (\text{Equação 14})$$

Onde:

$d$ , em milímetros, é o diâmetro do condutor;

$a_m$ , em metros, é o comprimento do vão;

De acordo com o GTRABTCIAF, a Equação 13, pode então simplificar-se em:

$$F_v = 439 * 10^{-3} * d * a_m \quad (\text{Equação 15})$$

As figuras seguintes ilustram diversas funções dos apoios segundo esforços exercidos sobre eles, em conformidade com o GTRABTCIAF:

### Apoios de Alinhamento

São usados em locais onde não sejam necessárias derivações ou que o formato da linha seja retilíneo.

Considere-se uma situação de alinhamento, presente na Figura 21. Como se pode verificar os vãos S1 e S2 encontram-se alinhados com o eixo xx'.

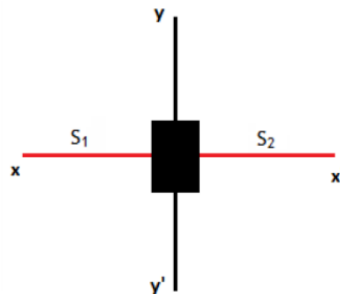


Figura 21. Apoio de Alinhamento [20,21].

### Apoios de Ângulo

Este tipo de apoios é utilizado em situações onde exista dois vãos adjacentes que como se pode verificar na Figura 22, fazem um ângulo entre si diferente de 180º graus.

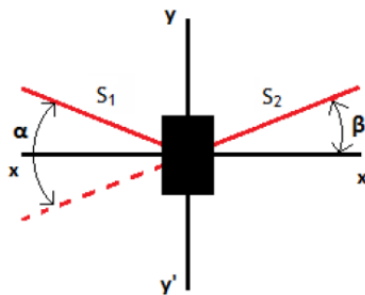


Figura 22. Apoio de Ângulo [17,18].

No caso de os vãos adjacentes terem o mesmo cabo, a resultante das forças tem o sentido da bissetriz do ângulo, determinada pela seguinte expressão [20]:

$$F_y = 2 * T * \text{sen}\beta + F_v * (s1 + s2) * \text{cos}^2\beta \quad (\text{Equação 16})$$

$$\beta = \frac{\theta}{2} \quad (\text{Equação 17})$$

Onde

$\beta$  é o ângulo entre o eixo do xx' e o vão S2;

T em (daN), é a tensão máxima de regulação na linha principal;

### Apoios de reforço em alinhamento

Este tipo de apoios deve ser dimensionado de forma a que a rotura de um cabo seja suportada pelo apoio.

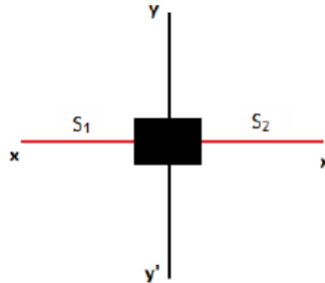


Figura 23. Apoio de reforço em alinhamento [17,18].

### Apoios em derivação

São apoios de linhas onde para além desta, são efetuadas uma ou mais derivações.

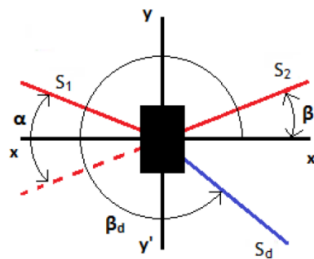


Figura 24. Apoio em ângulo com derivação [20,21].

O esforço no sentido da bissetriz do ângulo da linha principal é determinado pela expressão [20]:

$$F_y = F_v * (S1 * \cos^2\beta + Sd * \cos^2\beta_d) + |2 * T * \text{sen}\beta + Td * \text{sen}\beta d| \quad (\text{Equação 18})$$

$$S1 = d * a_m \quad (\text{Equação 19})$$

$$Sd = (d' * \frac{a'}{2}) \quad (\text{Equação 20})$$

Onde:

$F_y$ , em newtons(daN), é a resultante das forças segundo o eixo y;

$S1$ , em ( $m^2$ ), é a área da superfície batida pelo vento na linha principal;

$Sd$ , em ( $m^2$ ), é a área da superfície batida pelo vento na linha derivada;

$Td$  em (daN), é a tensão máxima de regulação na linha derivada;

$d$ , em milímetros, é o diâmetro do condutor na linha principal;

$d'$ , em milímetros, é o diâmetro do condutor na linha derivada;

$a'$  em (m), é o comprimento do vão adjacente ao apoio da linha derivada.

O esforço no sentido perpendicular à bissetriz do ângulo da linha principal é determinado pela expressão [20]:

$$Fx = Td * \cos\beta \quad (\text{Equação 21})$$

### **Apoios em fim de linha**

Eles têm como característica a capacidade de suportar a totalidade dos esforços impostos pelos condutores de um só lado do mesmo.

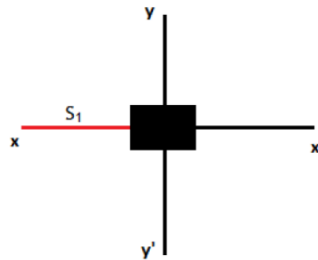


Figura 25. Apoio em fim de linha [20,21].

O esforço segundo o eixo  $xx'$  é calculado pela expressão [20]:

$$Fx = T \quad (\text{Equação 18})$$

O esforço no sentido do eixo  $yy'$  é dado por:

$$F_y = F_v * s1 \quad (\text{Equação 19})$$

$$S1 = \left(d * \frac{\alpha}{2}\right) \quad (\text{Equação 20})$$

### 2.2.2.3.6 ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A iluminação assume um papel fundamental nos dias de hoje. A nível mundial, a iluminação consome cerca de 15% da electricidade, seja ao nível de interior, exterior, decorativas, especial e de sinalização ou ao nível de Iluminação Pública (IP) [25].

A mais nova revolução da iluminação, pública e em geral, é a nova tecnologia LED (Díodo Emissor de Luz). Ela oferece um maior potencial para reduzir drasticamente os consumos, permitem mais condições de conforto visual, segurança de pessoas e bens e redução de necessidade de manutenção. O objectivo está sendo a substituição das antigas luminárias por novas de LED.

A IP tem como função iluminar as vias, ruas, parques, praças e todas as zonas com tráfego humano ou que necessitem por algum outro motivo de necessidade.

Uma rua bem iluminada, tende com que as pessoas se sintam mais seguras contra acções criminosas e sintam um bem-estar geral (evitação de estresse, ofuscamento, dores



de cabeça, etc) [26]. Ressalta-se que uma boa iluminação não é sinónimo de muita iluminação, tanto a falta quanto o excesso de luz podem causar adversidades ou riscos, como por exemplo problemas de visão, cansaço e acidentes. Com este pressuposto, todos os projectos de iluminação pública devem seguir os parâmetros estipulados na Norma Europeia de Iluminação Pública (EN 13201) [27].

Tabela 3. Características das lâmpadas LED [29].

<b>Temperatura de Cor (K)</b>	<b>2 700 - 10 000</b>
IRC	80 – 90
<b>Eficácia (lm/W)</b>	<b>90 – 180</b>
Tempo de vida útil (h)	25 000 - 100 000



Figura 26. Luminárias LED de IP [25].

#### a) Arquitetura de uma instalação de IP

A complexidade de uma instalação de IP é elevada. Tem de conjugar um conjunto de requisitos fotométricos (valores mínimos e distribuição luminosa) com as diferentes disposições dos postes e ângulos das luminárias possíveis (para mais informação consultar os relatórios técnicos CIE 132/1999 e CIE 140/2000).

Tabela 4. Esquematizações usuais da disposição dos postes nas vias de circulação [33].

Esquema	Disposição	Descrição (Comentários)
a	Unilateral	Aconselhável na situação em que a largura da via ( $l$ ) $\leq$ altura da luminária ( $h$ )
b	Quincôncio/ Alternada	Aconselhável na situação, $l \geq (1 \text{ a } 1,5) h$
c	Bilateral	Aconselhável na situação, $l \geq 1,5 h$
d	Bilateral com faixa central	Colunas situadas na faixa central. Sugere-se nas situações em que $l \geq 2,5 h$
e	Axial	Colunas situadas na faixa central. Sugere-se nas situações em que $l \geq 2,5 h$

### **3 CAPÍTULO III – PROJECTO DE EXPANSÃO DE REDE ELÉCTRICA**

#### **3.1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

##### **3.1.1 LOCAL**

O presente capítulo destina-se ao desenvolvimento do Projecto de Expansão de uma Rede Eléctrica de:

- Obra: Projecto de Expansão de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica
- Local: Bairro de Boquisso “B”
- Requerentes: Munícipes do quarteirão 12
- Morada: Posto administrativo de Infulene (Município da Matola – Maputo)

##### **3.1.1.1 SITUAÇÃO ACTUAL DO BAIRRO BOQUISSO “B”, Q12**

O bairro de boquisso “B” é uma área pertencente ao município da Matola (província de Maputo) e ao posto administrativo de Infulene quanto a questão do fornecimento de energia eléctrica. É um bairro com +/- 70% da sua área abrangida pela rede de distribuição de energia eléctrica em baixa tensão através do cabo em torçada ABC de 4x50+1x25 mm<sup>2</sup>. Entretanto, os 70% da área estimada com o acesso à rede distribuição contruída pela concessionária EDM, alcança essencialmente as zonas periféricas daquele bairro, sendo que a sua área central, concretamente o quarteirão 12 carrece do acesso à rede de distribuição. Assim sendo, pela elevada necessidade do acesso à rede, a população local expandiu clandestinamente uma rede a partir da já existente na zona periférica até a área de intervenção, tal como é demonstrado nos seguintes apêndices: AP9-10 e AP9-11.

##### **3.1.1.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Este projecto refere-se à expansão da rede de distribuição de energia eléctrica em BT, solicitada pela população do Bairro de Boquisso “B”, Q.12.

Pela necessidade de alimentar a rede BT por se instalar, mostrou-se necessário o dimensionamento de três troços de RMT para garantir o fornecimento de energia aos 6 PTDs responsáveis pela alimentação da rede BT. O AP5-6 ilustra a localização do ponto de

toma da rede MT e dos pontos de entrega de energia em MT para os 6 PTDs de marca Fuji Tusco com potência individual de 160 KVA. Ao se avaliar a área de intervenção, percebeu-se que há três LMT a delimitarem áreas próximas à zona de expansão das novas instalações.

No Ap5-6 é representado o traçado dos pontos de toma da RMT existente (vermelho), da rede por se instalar (verde) e dos PTDs por instalar (azul escuro).

Este projecto foi elaborado com base nos dados retirados durante visitas feitas no local no período compreendido entre os dias 10 a 14 de Abril de 2023, das 07:30h às 15:30h, nomeadamente, potência instalada, tipos de consumidores existentes e avaliação da situação actual da rede eléctrica.

Foram aplicados todos os requisitos na legislação em vigor, entendendo-se necessária a caracterização dos edifícios do ponto de vista de utilização imposto pelas RTIEBT.

### **3.1.2 CONSTITUIÇÃO DA ÁREA POR EXPANDIR A REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

Do estudo feito no local e com auxílio dos dados fornecidos pela estrutura do bairro, constata-se que a área (quarteirão 12) por se expandir a rede de distribuição é constituída por 243 edifícios do tipo unifamiliar, sendo 61 do T1, 65 do T2, 111 do T3 e 6 do T4.

- O projecto de expansão da rede de distribuição na área de intervenção, engloba no seu essencial a expansão da rede de distribuição em BT para edifícios sem acesso à energia e;
- a remodelação da rede de distribuição em BT construída clandestinamente pela população local, como se pode ver na figura 27.



*Figura 27. IP e rede de distribuição em BT do bairro Boquisso "B", Q12 [Fonte: Autor do projecto]*

### **3.1.3 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES**

Partindo do princípio que a classificação dos consumidores ajuda a determinar o critério a aplicar na estimativa da potência instalada em cada consumidor, de acordo com as RTIEBT na secção 801, os edifícios existentes no quarteirão 12 são classificados como “Edifícios unifamiliares” quanto a sua utilização e, em conformidade com o DL101/2007, reactivamente à classificação das instalações, as instalações desses edifícios são classificadas como categoria do “tipo C” (instalações alimentadas por uma rede de distribuição de serviço público em baixa tensão).

### **3.1.4 CARACTERÍSTICAS DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

a) A rede de distribuição em MT por se expandir para alimentação dos PTDs, terá as seguintes características:

- Número de fases: 3
- Tensão nominal: 33 kV
- Frequência: 50 Hz

b) A rede de distribuição em BT por se expandir, terá as seguintes características:

- Número de fases: 3
- Um condutor para IP
- Neutro Isolado da terra de protecção
- Tensão entre fases e neutro: 230 V
- Tensão entre fases: 400 V
- Frequência: 50 Hz

### **3.1.5 ALIMENTAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO**

A rede de distribuição em BT agora projectada será uma remodelação da já existente, ou seja, da já construída clandestinamente pela população local, com aproveitamento das LMTs que alimentam os PTDs 1372, 1650 e 385R (PTD da E.S. de Boquisso “B”) como pontos de derivação das novas LMTs por se instalar, de modo a garantir o fornecimento de energias aos novos PTDs a instalar. Nesses pontos de derivação das três LMTs, serão instaladas chaves seccionadoras do tipo solid link afim de permitir o chaveamento destas

em caso de manutenção, porém, sem recorrer à abertura dos ramais principais, ou seja, sem interromper o fornecimento de energia através dos ramais principais.

A figura 28 mostra os pontos a partir dos quais serão alimentadas as novas LMTs por se instalar.



Figura 28. Pontos de toma das LMT por construir [Fonte: Autor do projecto]

### 3.1.6 CONCEPÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

As instalações de utilização que constituem este projecto compreendem:

- Linhas de MT para alimentação dos novos PTDs por se instalar;
- Postos de transformação e distribuição;
- Linhas de BT;
- Iluminação pública;
- Terra de serviço;
- Terra de protecção.

O cabo da rede de distribuição em BT e do circuito de iluminação pública será do tipo *APAR INDIA 0,6/1kV ALUMINIUM XLPE ABC CABLE 3x70+1x54,6+1x25 mm<sup>2</sup>* (cabo em torçada), e este será fixado em apoios de madeira com 9 m de altura através das ferragens (ferros ganchos) e pinças de suspensão ou de amarração, sendo a secção de 70 mm<sup>2</sup> e 54,6 mm<sup>2</sup> para a distribuição e 25 mm<sup>2</sup> para iluminação pública. Os vários pontos de fixação/instalação dos apoios encontram-se ilustrados no AP5-6 e AP6-7.

A rede de distribuição em MT, de um modo geral será executada através do cabo *ACSR CONDUCTOR 24.43 mm<sup>2</sup> - SQUIRREL* e este será fixado em apoios de madeira com altura de 12.25m através de isoladores de suporte de 36 kV (tensão disruptiva) e das

ferragens de fixação, com aproveitamento das redes de MT que alimentam os PTs 1372, 1650 e 385R (PT da E.S. de Boquisso “B”) como pontos de derivação para alimentação desta. Os vários pontos de fixação/instalação dos apoios encontram-se ilustrados no Ap5-6.

### **3.1.7 POSTO DE TRANSFORMAÇÃO**

Nesse projecto serão instalados transformadores de distribuição com as características tal como mostra o AP12-13. Eles quanto a tipo de rede por se instalar e a sua tipologia serão do tipo aérea, ou seja, com a entrada de energia em média tensão feita por linhas aéreas que estarão amarradas à torre dos mesmos.

Os PTs terão uma protecção garantida através da aplicação dos seccionadores fusíveis e para-raios que estarão instalados imediatamente antes dos mesmos.

### **3.1.8 PARA RAIOS**

Para a protecção dos transformadores contra as descargas atmosféricas, serão aplicados os Para-raios Óxido De Zinco Polimérico Pbp 36kv 10kA

### **3.1.9 DROP-OUTS**

Para garantir a protecção das linhas e dos PTs, permitindo também a abertura das linhas em caso de manutenção, porém, sem comprometer os ramais principais, em cada pórtico e ponto de derivação, usar-se-ão drop-outs da marca ABCHANCE com as seguintes características técnicas:  $V_n = 36 \text{ kV}$ ;  $I_n = 100 \text{ A}$ ; Poder de corte: 8 KA; Tensão de choque: 150 KV; distância de fuga: 432 mm e Nível Básico de Isolamento ( BIL ): 200 KV.

O calibre do elo fusível a usar nos drop-outs será de 3 A para todos os postos de transformação, segundo a tabela 12 do anexo 9, montados nos cartuchos dos drop-outs.

### **3.1.10 ILUMINAÇÃO PÚBLICA**

Por se tratar de um bairro com ruas estreitas de largura de (3 a 5) m e sem parcelamento, quanto a disposição das luminárias, será usada a configuração unilateral, como é ilustrado na figura (a) do A20-23 e na tabela 4, secção 2.2.2.3.6 e com especificações das luminárias, como indicado na tabela 3 da mesma secção.

### 3.1.11 TERRA DE SERVIÇO

Por se tratar de um projecto com PTs alimentando apenas redes aéreas de BT (RABT), a terra de serviço (TS) será feita nos primeiros postes de cada uma das saídas.

O condutor de neutro será ligado sem qualquer interrupção, a cabo LXS 1x54,6 mm<sup>2</sup>, até à união bimetálica (10 cm acima do solo) e a cabo VV 1G35 mm<sup>2</sup> [15].

A Figura 29 permite visualizar a ligação do eléctrodo de TS ao respectivo barramento, com bainha exterior preta e isolação azul, devidamente identificado (ver AP7-8).



Figura 29. Barramento de terra de serviço (TS) [Fonte: Autor do projecto].

### 3.1.12 TERRA DE PROTECÇÃO

A ligação ao eléctrodo de terra de protecção (TP) relativa aos postos de transformação aéreos por instalar será feita a cabo VV 1G35 mm<sup>2</sup>, com a bainha exterior preta e isolação verde/amarela (ver AP7-8).

As plataformas de manobra, o barramento da terra de protecção do QGBT e a parte fixa do punho de comando do seccionador/interruptor seccionador estarão ligados à terra de protecção separadamente, com recurso a cabo de cobre nu de 35 mm<sup>2</sup> de secção (ver AP7-8). A parte móvel do punho de comando do seccionador/interruptor seccionador ligará à parte fixa, com recurso a trança de cobre estanhado de 16 mm<sup>2</sup>.

No interior do PT o circuito da terra de protecção deverá ser estabelecido em cabo de cobre nu de 16 mm<sup>2</sup> de secção. Este circuito ligará todas as partes metálicas fora de tensão dos seccionadores, celas e respectivos comandos, transformador de distribuição

(cuba e tampa), porta do PT, redes de vedação das celas e o QGBT. As partes móveis são ligadas com trança de cobre estanhado de 16 mm<sup>2</sup>.

Para garantir que dentro dos postos de transformação não existem grandes variações de tensão, estes devem estar dotados de uma rede de equipotencialidade, executada em malha quadrada de ferro de 30x10 cm, embebida no pavimento do PT e ligada à terra de protecção [15].

A Figura 30 permite visualizar a ligação do eléctrodo de terra de protecção ao respetivo barramento, com bainha exterior preta e isolamento verde/amarela, devidamente identificado (ver AP7-8).



Figura 30. Barramento de terra de protecção (TP [Fonte: Autor do projecto].).

### 3.1.13 ARMÁRIOS DE DISTRIBUIÇÃO OU QGBT

Em cada PTD será acoplado um Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), cujo quadro é aberto denominado por CA2, para seis saídas, estando cinco equipadas com triblocos seccionáveis (ver AP7-8 e AP8-9). O quadro aberto CA2 permitem receber alimentação trifásica em BT do transformador, para servir redes de distribuição pública de energia eléctrica ou instalações de serviço particular (ver AP6-7 e AP7-8). O QGBT possui ainda três amperímetros, um voltímetro, um comutador de três posições (A-0-M) ou (2-0-1) e uma tomada monofásica [28] (ver AP8-9).

O QGBT é do tipo armário fechado, equipado com disjuntores, fusíveis, interruptores, equipamentos de medição de energia e instrumentos de medidas. O AP10-12 permite a visualização através de uma foto, o modelo do QGBT a aplicar.



### **3.1.14 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS**

Os QGBTs serão em chapa metálica, classe I ou Zincor com acabamento a pintura electrostática/*Street light: Polyester*, para montagem “exterior” em todos os locais.

A aparelhagem será assente numa estrutura de perfis, a qual constituirá um chassi extra independente da caixa, fixa por parafusos e recoberta por espelho de remate, ficando apenas acessível os manípulos para manobra e comando da aparelhagem. Os ligadores de terra deverão ser suficientemente identificados, com forma adequada e etiqueta própria, devendo ser a ele ligado todos os condutores de protecção.

A secção nominal dos condutores revestidos a utilizar na electrificação para montagem no interior dos quadros será de 70 mm<sup>2</sup>, no mínimo. As ligações serão realizadas por aperto mecânico através de terminais, parafusos, anilhas de mola e porcas em latão niquelado, sendo todos os circuitos de saída identificados por uma etiqueta, junto ao respectivo órgão de comando, não se admitindo fita gravada.

### **3.1.15 APARELHAGEM INCORPORADA NOS QGBTs**

Nos aparelhos de corte e protecção serão sinalizados de forma clara as posições de “ligado” e “desligado”.

### **3.1.16 DISJUNTORES**

Os disjuntores serão do tipo relés magneto-térmicos, monofásicos ou trifásicos, do tipo STECK ou equivalente, com calibres indicados em peças desenhadas, o poder de corte não deverá ser inferior ou igual a 35 kA e terão o nº de polos conforme peça desenhada no (ver AP8-9).

### **3.1.17 FUSÍVEIS**

Os fusíveis serão do tipo facas NH gG 500 V AC, com calibres indicados em peças desenhadas, o poder de corte não deverá ser inferior a 120 kA e com especificação da corrente nominal conforme peça desenhada (ver AP8-9).

### **3.1.18 BARRAMENTOS**

Nas conexões entre o cabo e os quadros dos circuitos de saída, serão utilizados ligadores com tamanho apropriado de acordo com as secções nominais dos condutores,

respeitando as disposições da norma NP-1137. Os ligadores deverão estar convenientemente identificados segundo o esquema eléctrico (ver AP8-9).

Os barramentos serão constituídos por barras de cobre com constituição de acordo com o nº de fases, neutro e terra, pintados nas cores regulamentares, dimensionadas na base de aplicação de uma densidade de corrente de 2 A/mm<sup>2</sup>.

### 3.1.19 SISTEMA DE MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Em cada QGBT, será incorporado um contador do tipo trifásicos e um do tipo monofásico para garantir a medição temporal do fluxo de potência das três fases e do condutor de iluminação pública, respectivamente.

### 3.1.20 INSTRUMENTOS DE MEDIDAS

Cada QGBT, será equipado pelos seguintes instrumento de medida:

- Três amperímetros, isto é, um por cada fase, para permitir a leitura do carregamento de cada fase e este deverá ser inserido em série com fase que alimenta a carga;
- Um voltímetro para permitir o monitoramento da tensão eléctrica.

## 3.2 CÁLCULOS DAS REDES PROJECTADAS

### 3.2.1 CÁLCULO ELÉCTRICO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM BT

- Cálculo da potência aparente total instalada no bairro Boquisso “B”, considerando o factor de simultaneidade geral:**

$$\text{A partir da equação 1, } f_s = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{243}} = 0,251$$

Sendo 243, o número total de casas existentes no local

$$S_{TOTAL} = \left( \sum S_i * f_s \right) = (2904,686 \text{ KVA} * 0,251) \cong 729 \text{ KVA}$$

Sendo 2904,686KVA, potência aparente total estimada a partir do (ver AP1-1)

- Cálculo da potência aparente de cada PT por instalar no local:**

Sendo:

$S_{TOTAL} \cong 729 \text{ KVA}$  e  $n_{PTS} = 6$  (número de PTs por instalar na área em expansão), →

$$D_{Máx} = \frac{S_{TOTAL}}{n_{PTS}} = \frac{729 \text{ KVA}}{6} \cong 121,500 \text{ KVA} \rightarrow \text{PT160 KVA, escolhido a partir da Tab. A17.1-16}$$

Começando por aplicar o método da Secção Constante:

Esquema de saída parcial mais longa e mais carregada da rede projectada.

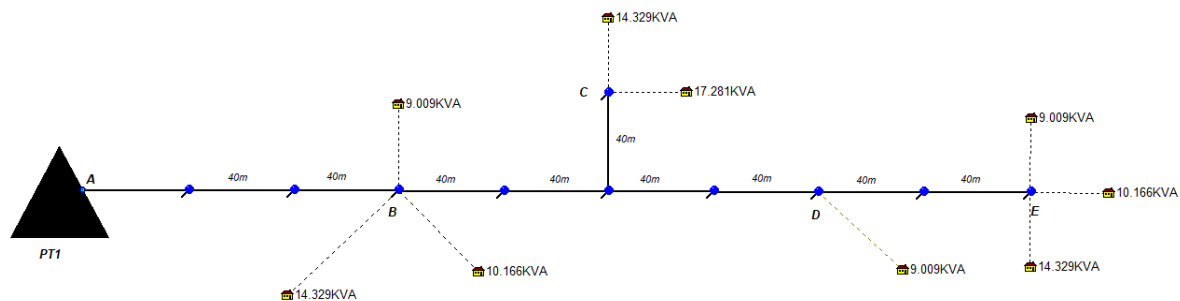


Figura 31. Esquema de saída parcial mais longa e mais carregada da rede projectada [Fonte: Autor do projecto].

Nó A:

$$f_s = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{9}} = 0,467$$

$$S_{PT} = \left( \sum S_i * f_s \right) = (3 * (9,009 + 14,329) + 2 * 10,166 + 1 * 17,281) KVA * 0,467 \cong 50 KVA$$

Nó B e E:

$$f_s = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{3}} = 0,662$$

$$S_B = S_E = \left( \sum S_i * f_s \right) = (9,009 + 10,166 + 14,329) KVA * 0,662 \cong 22,0 KVA$$

$$I_s = \frac{22,0 KVA}{380\sqrt{3}V} \cong 33,0 A$$

Nó C:

$$f_s = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{2}} = 0,766$$

$$S_C = \left( \sum S_i * f_s \right) = (14,329 + 17,281) KVA * 0,766 \cong 24,0 KVA$$

$$I_s = \frac{24,0 KVA}{380\sqrt{3}V} = 36,0 A$$

Nó D:

$$f_s = 0,2 + \frac{0,8}{\sqrt{1}} = 1,0$$

$$S_D = \left( \sum S_i * f_s \right) = 9,009 KVA * 1 \cong 9,0 KVA$$

$$I_s = \frac{9,0 KVA}{380\sqrt{3}V} = 14,0 A$$

$$I_{STOTAL} = \sum I = (2 * 33 + 36 + 14)A = 116 A$$

$$S_k = \frac{m}{\sigma * \varepsilon} * M_k \quad (\text{Equação 21})$$

$$M_k = \sum_k i_k * l_k = \sum_k I_k * L_k \quad (\text{Equação 22})$$

$$\varepsilon = \frac{8}{100} * U_s = \frac{8}{100} * 220V = 17,6 V$$

$$m = 1$$

$$\sigma_{AL} = 38$$

$$S = \frac{1}{38 * 17,6V} * [33A * (2 + 8) + 36A * 5 + 14A * 6] * 40 m$$

$$S = \frac{1}{668,8 V} * (330 + 180 + 84) * 40 m = 45,526 mm^2 \rightarrow 50 mm^2$$

Nota: Para se garantir o cumprimento da condição regulamentar da secção **2.2.2.3.4d)**, referente à queda de tensão, será aplicada a secção de  $70 mm^2$  com a seguinte designação: *APAR INDIA 0,6/1kV ALUMINIUM XLPE ABC CABLE 3x70+1x54,6+1x25 mm<sup>2</sup>*.

### Protecção Contra Sobrecargas:

Pela tabela abaixo indicada, retira-se os valores de  $I_n$ ,  $I_z$  e  $I_f$ . para satisfazer as condições impostas pelo regulamento.

$$a) I_s \leq I_n \leq I_z$$

$$b) I_f \leq 1,45 * I_z$$

$$a) 116 A \leq 125 A \leq 192 A \quad \text{Verificado}$$

$$b) 200 A \leq 278,4 A \quad \text{Verificado}$$

Calibre do fusível seleccionado para protecção das saídas parciais da RBT, a partir da Tabela A13.2-16 e do A15-18:

Tabela 5. Calibre do fusível seleccionado para protecção das saídas parciais da RBT [Fonte: Autor do projecto].

Tipo e Secção do Cabo	$I_z(A)$	$1,45 * I_z(A)$	$I_f(A)$	$I_n(A)$
LXS 70	192	278,4	200	125

### Corrente Curto-Circuito:

$$I_{CC} = \frac{0,95 * U_n}{\rho_F * \frac{L_F}{S_F} + \rho_N * \frac{L_N}{S_N}}$$

$$I_{CC} = \frac{0,95 * 220V}{0,026 \Omega mm^2/m * \frac{320 m}{70 mm^2} + 0,026 \Omega mm^2/m * \frac{320 m}{54,6 mm^2}} \cong 1171 A$$

$$t_{ft} = (k * \frac{S}{I_{CC}})^2 = (94 * \frac{70 mm^2}{1171 A})^2 \cong 32 s$$

Sabendo que k=94 para os condutores de alumínio isolados a polietileno reticulado (segundo RTIEBT, pág.157).

Por consulta à curva de atuação do fusível gG de 125 A (ver A15-18), verifica-se que para uma corrente de curto-circuito de 1171 A, o tempo de actuação é de 4,2 seg e que para satisfazer as condições impostas pelo regulamento,

- a)  $t_a \leq t_{ft}$
- b)  $t_a \leq 5 \text{ seg}$
- a)  $4,2 \text{ seg} \leq 32 \text{ seg}$  Verificado
- b)  $4,2 \text{ seg} \leq 5 \text{ seg}$  Verificado

### Queda de Tensão:

$$\Delta U = \frac{\rho}{S} * I * L = \frac{0,026 \Omega mm^2/m}{70 mm^2} * 116A * 320m \cong 14,0 V$$

$$\Delta U(\%) \cong \frac{14 V}{220 V} * 100\% \cong 6\%$$

$$8\%V_n = 0,08 * 220 V \cong 18 V$$

$6\% < 8\%$  ou seja,  $14,0 V < 18 V \rightarrow$  Condição verificada

Rede final de saída parcial mais longa e mais carregada com a implementação do fusível de proteção (ver A23-26).

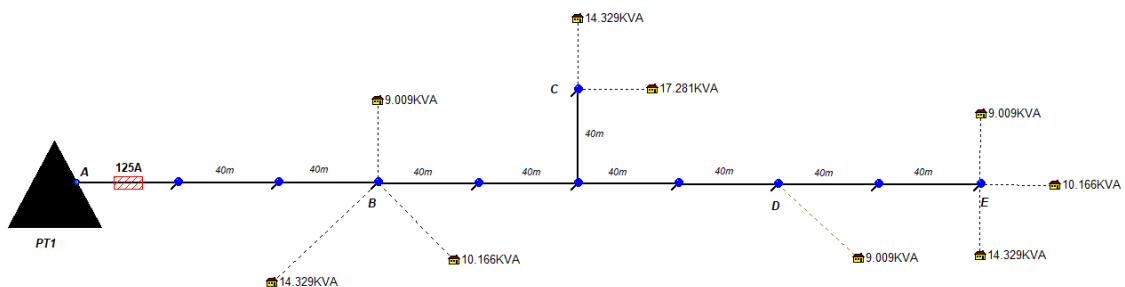


Figura 32. Rede final de saída parcial com implementação do fusível [Fonte: Autor do projecto]

### c) Cálculo do carregamento dos transformadores

Atendendo que a escolha dos pontos de fixação ou instalação dos postos de transformação foi feita de tal modo que a repartição das cargas (Edifícios) por PT fosse minimamente balanceada, ou seja, essa escolha foi feita considerando a forma como as cargas (Edifícios) se encontram distribuídas no local. Deste modo, a partir da demanda máxima (121,500 KVA), calculada em b), cada PT terá o seguinte carregamento percentual no tempo de pico:

$$F_{C_{M\acute{a}x}} = \frac{D_{M\acute{a}x}}{S_{NTR}} * 100\% \quad (\text{Equação 23})$$
$$F_{C_{M\acute{a}x}} = \frac{121,500 \text{ KVA}}{160 \text{ KVA}} * 100\%$$
$$F_{C_{M\acute{a}x}} \cong 76\%$$

Onde:

$F_{C_{M\acute{a}x}}$  - Factor de carregamento máximo;

$D_{M\acute{a}x}$  – Demanda máxima de um transformador;

$S_{NTR}$  – Potência nominal do transformador para atender a carga

### d) Cálculo da corrente e da potência de curto-circuito dos transformadores

Partindo do princípio que em regimes anormais de funcionamento de um equipamento eléctrico qualquer, tal como em curto-circuito, potências e correntes de grandes magnitudes são solícidas nas linhas e nos transformadores, nisto mostra-se imperioso a determinação dessas magnitudes, que é para proporcionar uma escolha racional dos dispositivos de protecção dos mesmos. Nisto, a partir da chapa de características do AP12-13, tem-se os seguintes parâmetros para determinação da corrente e da potência de curto-circuito do transformador:

Lado AT:

$$Z_{CC}(\%) = 3,98\% \text{ a } 75^{\circ}\text{C}; V_n = 33 \text{ kV e } S_n = 160 \text{ kVA}$$

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3}V_n} = \frac{160 \text{ kVA}}{33\text{kV}\sqrt{3}} \cong 2,799 \text{ A}$$

$$I_{CC} = \frac{I_n * 100\%}{Z_{CC}(\%)} = \frac{2,799\text{A} * 100\%}{3,98\%} \cong 70,333 \text{ A}$$

$$S_{CC} = \sqrt{3}V_n I_{CC} = \sqrt{3} * 70,333 \text{ A} * 33\text{kV} = 4020,070 \text{ kVA}$$

Lado BT:

$$V_n = 0,4 \text{ kV e } S_n = 160 \text{ kVA}$$

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3}V_n} = \frac{4020,070 \text{ kVA}}{0,4 \text{ kV} \sqrt{3}} \cong 5802,472 \text{ A}$$

ou

$$I_{CC} = \frac{S_n * 100\%}{Z_{CC}(\%)V_n\sqrt{3}} = \frac{160 \text{ kVA} * 100\%}{3,98\% * 0,4 \text{ kV} \sqrt{3}} \cong 5802,515 \text{ A} \leftrightarrow 5,802 \text{ kA}$$

**e) Dimensionamento do cabo de saída e o disjuntor geral do QGBT**

Atendendo que a instalação dos cabos de saída geral será ao ar livre, a partir da Tabela A14.1-17, referente as características eléctricas dos cabos, para a potência seleccionada dos PTs a instalar (160 kVA), será usado um cabo VAV de secção  $95 \text{ mm}^2$  com  $I_z = 206 \text{ A}$ , protegido por um disjuntor tripolar de 200 A, do tipo caixa modulada, marca steck com tensão de operação nominal (Ue) de 400 a 415 Volts a 50/60 Hertz, tensão suportável de impulso nominal (Uimp): 8 kV, pdc de 42 kA para 220 a 240V, pdc de 35 kA para 400 a 415V (ver AP9-10). O A23-26 permite visualizar através de uma imagem, o disjuntor e cabo dimensionados.

A partir da corrente de curto circuito do lado BT do transformador calculado em d), virificou-se as seguintes condições da protecção geral seleccionada:

$$t_c = \left(k * \frac{S}{I_{CC}}\right)^2 = \left(115 * \frac{95 \text{ mm}^2}{5802,515 \text{ A}}\right)^2 \cong 3,545 \text{ seg}$$

$$t_c < 5 \text{ seg.} \quad \text{(inequação 3)}$$

$$3,545 \text{ seg.} < 5 \text{ seg.} \rightarrow \text{Condição verificada}$$

$$I_{CC} \leq Pdc \quad \text{(inequação 4)}$$

$$5802,515 \text{ A} \leq 35 \text{ kA} \rightarrow \text{Condição verificada}$$

**Observações:** A protecção contra curto-circuitos das canalizações eléctricas é assegurada já que as características do aparelho de protecção cumprem simultaneamente as duas condições.

Sabendo que  $k=115$  para os condutores de cobre isolados a policloreto de vinilo (segundo RTIEBT, pág.157).

### 3.2.2 CÁLCULO MECÂNICO E CONDIÇÕES DE MONTAGEM DA REDE BT

Nota: Os valores dos ângulos e comprimento dos vãos indicados nas tabelas seguintes, foram retirados no acto da elaboração da rede topográfica em BT (ver AP4-5), atendendo as condições limites. O diâmetro do cabo (34,7 mm) e os valores das tensões máximas e das flechas correspondente a cada vão a adoptado, foram lidos a partir do A18-21, considerando uma temperatura máxima de 40°C para a secção escolhida (70 mm<sup>2</sup>).

a) **Cálculo mecânico para Apoios de Alinhamento da Rede de Distribuição em Baixa Tensão:**

Dados presentes na tabela (ver a Tabela A12.1-14)

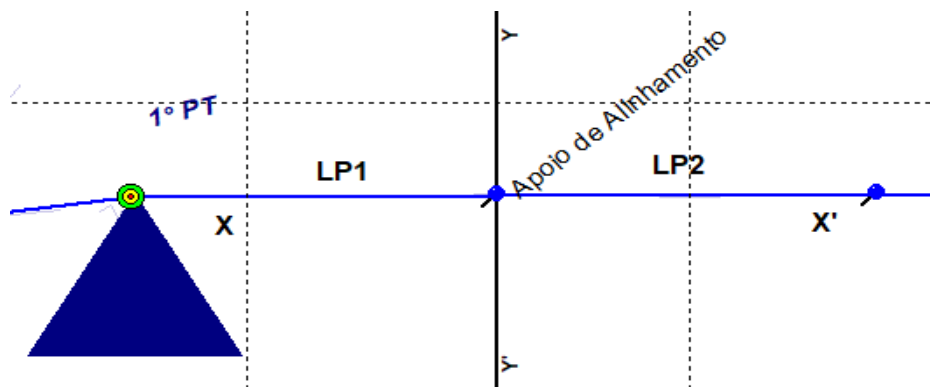


Figura 33. Apoios de Alinhamento

Considerando uma igualdade de tensão mecânica e de secções, os esforços mecânicos sobre apoios de alinhamento resumem-se ao esforço devido ao vento, ou seja,

$$a_m = a_1 + a_2, \rightarrow a_m = (40 + 40)m, \rightarrow a_m = 80 m$$

$$F_v = 439 * 10^{-3} * d * a_m$$

$$F_v = 439 * 10^{-3} * 0,0347 * 80$$

$$F_v = 1,219 N$$

$$F_v \cong 0,122 daN$$

b) **Cálculo mecânico dos Apoios em Ângulo da Rede de Distribuição em Baixa Tensão:**

Dados presentes na tabela (ver a Tabela A12.2-14)



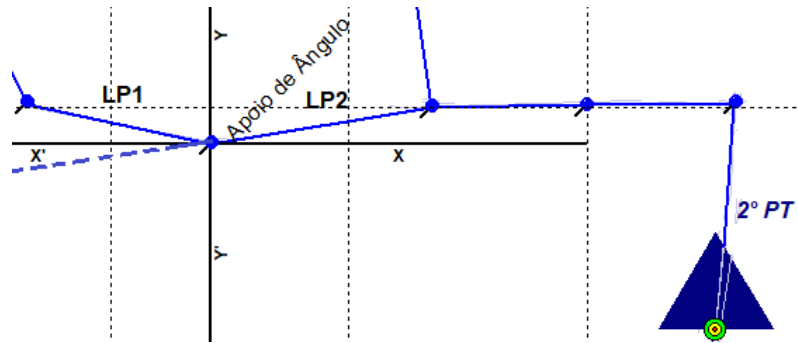


Figura 34. Apoios em Ângulo

Visto que a rede BT foi dimensionada com a mesma secção ( $70 \text{ mm}^2$ ), os vãos adjacentes têm o mesmo cabo. Assim sendo, a resultante das forças tem o sentido da bissetriz do ângulo, que a partir das equações “8” e “9”, resulta no seguinte:

$$\beta = \frac{\theta}{2} \rightarrow \beta = \frac{30^\circ}{2} = 15^\circ$$

$$F_x = 0 \text{ N}$$

$$F_y = (T1 + T2) * \text{sen}\beta + F_v * (s1 + s2) * \text{cos}^2\beta, \text{ sendo } s = d * a$$

$$F_y = (2750 + 2920) * \text{sen}15^\circ + 439 * 10^{-3} * (40 * 0.0347 + 48 * 0.0347) * \text{cos}^2 15^\circ$$

$$F_y = 1468,755 \text{ N}$$

$$F_y \cong 146,875 \text{ daN}$$

c) **Cálculo mecânico dos Apoios em Derivação da Rede de Distribuição em Baixa Tensão:**

Dados presentes na tabela (ver a Tabela A12.4-15)

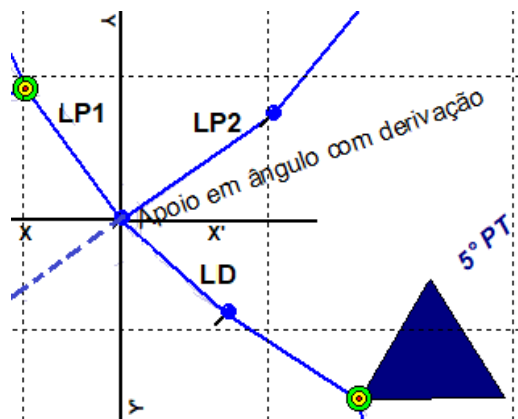


Figura 35. Apoios em Derivação

Sabendo que os esforços que os apoios de derivação são sujeitos devem ser calculados considerando o vento actuando perpendicularmente à direcção da linha principal,

partir das equações “9”, “10”, “11” e “12”, tem-se o seguinte para o esforço no sentido da bissetriz do ângulo da linha principal:

$$\beta = \frac{\theta}{2} \rightarrow \beta = \frac{90^\circ}{2} = 45^\circ \text{ e } \beta_d \leftrightarrow \theta = -45^\circ$$

$$S1 = d * a_m, \rightarrow S1 = d * (a1 + a2), \rightarrow S1 = 0,0347 \text{ m} * (35 + 39) \text{ m}, \rightarrow S1 = 2,568 \text{ m}^2,$$

sendo  $a_m = a1 + a2$

$$Sd = \left( d' * \frac{a'}{2} \right), \rightarrow Sd = \left( 0,0347 \text{ m} * \frac{49 \text{ m}}{2} \right), \rightarrow Sd = 0,850 \text{ m}^2$$

$$F_y = F_v * (S1 * \cos^2\beta + Sd * \cos^2\beta_d) + |(T1 + T2) * \text{sen}\beta + Td * \text{sen}\beta_d|$$

$$F_y = 439 * 10^{-3} * (2,568 * \cos^2 45^\circ + 0,850 * \cos^2(-45^\circ)) + |(2595 + 2750) * \text{sen} 45^\circ + 2920 * \text{sen}(-45^\circ)| F_y = 0,750 \text{ N} + 1714,734 \text{ N}$$

$$F_y = 1715,484 \text{ N}$$

$$F_y \cong 171,548 \text{ daN}$$

A partir da equação “13”, tem-se o seguinte para o esforço no sentido perpendicular à bissetriz do ângulo da linha principal:

$$F_x = Td * \cos\beta$$

$$F_x = 2920 \text{ N} * \cos(-45^\circ)$$

$$F_x = 2064,752 \text{ N}$$

$$F_x \cong 206,475 \text{ N}$$

d) **Cálculo mecânico dos Apoios de Fim de Linha da Rede de Distribuição em Baixa Tensão**

Dados presentes na tabela (ver A12.3-14)

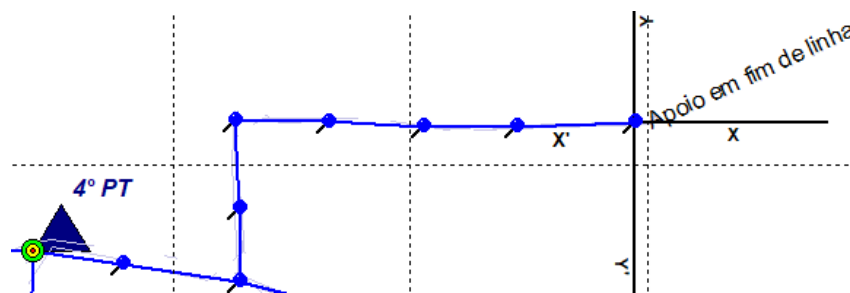


Figura 36. Apoios de Fim de Linha

Sabendo que este tipo de apoio tem como característica, a capacidade de suportar a totalidade dos esforços impostos pelos condutores de um só lado do mesmo, os esforços

são calculados considerando o vento a atuar perpendicularmente à linha, onde a partir das equações “14”, “15” e “16”, tem-se:

- O esforço segundo o eixo  $xx'$ :

$$F_x = T$$

$$F_x = 2920 \text{ N}$$

$$F_x = 292 \text{ daN}$$

- O esforço no sentido do eixo  $yy'$ :

$$S1 = (d * \frac{a}{2}), \rightarrow S1 = (0,0347 * \frac{50}{2}), \rightarrow S1 = 0,867 \text{ m}^2$$

$$F_y = F_v * s1$$

$$F_y = 439 * 10^{-3} * S1$$

$$F_y = 439 * 10^{-3} * 0,867$$

$$F_y = 0,380 \text{ N}$$

$$F_y = 0,038 \text{ daN}$$

### 3.2.3 CÁLCULO ELÉCTRICO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM MT

Começando por aplicar o método da Secção Constante:

O dimensionamento será feito analisando a linha mais longa e mais carregada da rede projectada. Sendo esta, a linha que alimenta os PTs 4, 5 e 6 com potência individual de 160 KVA, resultando numa potência de 480 kVA.

DADOS DA LINHA LIDOS A PARTIR DO A21-24:

CODE: ACSR CONDUCTOR 24.5 mm<sup>2</sup> - SQUIRREL

$$V_s = 33 \text{ kV}$$

$$l = 2,5 \text{ km}$$

$$P = 480 \text{ kVA}$$

$$fp = 0,9 \text{ (indutivo)}, f = 50 \text{ Hz}$$

$$R'_{DC,20^\circ C} = 1.370 \Omega/\text{km} \text{ e } D_{ext} = 6.33 \text{ mm}$$

Visto que a linha de MT por instalar tem um comprimento inferior a 80 km, ela é classificada como sendo uma linha curta quanto à extensão longitudinal.

- a) Análise da capacidade de carga da linha considerando uma tensão no terminal receptor  $V_R = 0,95 pu$  e  $\delta = 35^\circ$  para CODE: ACSR SQUIRREL (uma das referências aplicadas na EDM).

Quadro 1. Distância entre condutores de fase em função do nível de tensão

Nível de Tensão [KV]	Distância entre condutores [m]
30	1,5-2,0
30 -60	2,0-3,0

[Fonte: recortado nos apontamentos de Fundamentos de Redes Electricas, pág. 226 - UEM]

Adoptando uma esteira horizontal quanto à geometria ou configuração da linha, com uma distancia de 2 m entre os condutores de fase a partir do quadro acima, segue-se aos seguintes passos para avaliar a potência máxima que esta pode transportar.

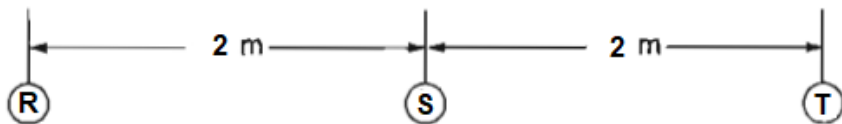


Figura 37. Geometria escolhida para rede MT por instalar [Fonte: Autor do projecto]

Partindo da equação 8,

$$R_{AC} = R_{20}[1 + \alpha(\theta - 20)][1 + Y_s + Y_p]$$

Aplicando segundo o SOLIDAL – Condutores Eléctricos, SA - pág. 121, o critério de aproximação que diz que até uma secção de  $300 mm^2$  em cobre ou  $500 mm^2$  em alumínio para frequências industriais, pode-se considerar  $[1 + Y_s + Y_p]$  desprezável e a resistência aparente de um condutor em AC à temperatura  $\theta$  passará sendo expressa por:

$$R'_{AC} = R'_{DC,20^\circ C}[1 + \alpha_{20^\circ C}(\theta - 20)]$$

Onde:

$$1 + \alpha_{20^\circ C}(\theta - 20) = 1,101 \text{ para } \theta = 45^\circ C$$

Valor retirado no A22-25, considerando as condições climáticas em Moçambique.

$$R'_{AC,45^\circ C} = R'_{DC,20^\circ C}[1 + \alpha_{20^\circ C}(\theta - 20)]$$

$$R'_{AC,45^\circ C} = 1.370 * 1,101 \Omega/km$$

$$R'_{AC,45^\circ C} = 1,508 \Omega/km$$

$$DMG = \sqrt[3]{D_{RS} * D_{ST} * D_{TR}}$$

(Equação 24)

$$DMG = \sqrt[3]{2 * 2 * 4} m = 2,519 m$$

$$r = \frac{D_{ext}}{2} = \frac{6.33 \text{ mm}}{2} = 3,165 \text{ mm}$$

$$RMG = r * 0,7788 \quad (\text{Equação 25})$$

$$RMG = 3,165 * 0,7788 \text{ mm}$$

$$RMG = 2,465 \text{ mm}$$

$$RMG = 2,465 * 10^{-3} \text{ m}$$

$$XL' = 2\pi f * 2 * 10^{-7} \ln\left(\frac{DMG}{RMG}\right) \quad (\text{Equação 26})$$

$$XL' = 2\pi * 50 * 2 * 10^{-7} \ln\left(\frac{2,519}{2,465 * 10^{-3}}\right)$$

$$XL' = 4,354 * 10^{-1}, \Omega/km$$

$$Z' = R'_{AC,45^\circ C} + jXL' \quad (\text{Equação 27})$$

$$\bar{Z}' = 1,508 + j4,354 * 10^{-1}, \Omega/km$$

$$\bar{Z} = \bar{Z}' * l \quad (\text{Equação 28})$$

$$\bar{Z} = (1,508 + j4,354 * 10^{-1}) \Omega/km * 2,5 \text{ km}$$

$$\bar{Z} = 3,589 \angle 17,65^\circ, \Omega$$

Atendendo que a linha foi classificada como curta quanto a extensão longitudinal, a determinação das constantes paramétricas ABCD, é feita a partir das seguintes considerações:

Quadro 2. Parâmetros de uma linha curta

Parâmetro	$\bar{A} = \bar{D}$	$\bar{B}$	$\bar{C}$
Unidades	pu	$\Omega$	S
Linha Curta (menos de 80 km)	1	$\bar{Z}$	0

[Fonte: Manual de Fundamento de Redes Electricas, pág. 285 - UEM]

$$\bar{A} = \bar{D} = 1 \text{ pu}, 0; \bar{B} = \bar{Z} = 3,589 \angle 17,65^\circ, \Omega \text{ e } \bar{C} = 0, S, \text{ onde } \theta_A = 0^\circ$$

$$P_{adm.} = \frac{0,95V_S^2(kV)}{|Z(\Omega)|} * \text{Cos}(\theta_Z - \delta) - A * \frac{0,95V_S^2(kV)}{|Z(\Omega)|} * \text{Cos}(\theta_Z - \theta_A) \quad (\text{Equação 29})$$

$$P_{adm.} = \frac{0,95 * 33^2}{3,589} * \text{Cos}(17,65^\circ - 35^\circ) - 1 * \frac{0,95 * 33^2}{3,589} * \text{Cos}(17,65^\circ - 0^\circ)$$

$$P_{R\_Máx} = P_{adm.} = 453,856 \text{ kW}$$

$P_{R\_Máx} = 453,856 \text{ kW}$  é a capacidade de carga máxima da linha nas condições reais de funcionamento, se os limites térmicos e de queda de tensão não forem excedidos. Com

isto, conclui-se que é possível transportar a potência em análise, visto que esta é inferior a carga máxima admissível pela linha.

$$S = \frac{P_{R,Máx}}{\cos\phi} = \frac{453,856 \text{ kW}}{0,9} = 504,284 \text{ kVA} \quad (\text{Equação 30})$$

504,284 kVA > 480 kVA → A linha suporta a potência instalada

a) Corrente de plena carga com um factor de potência de 0,9 (indutivo) baseado na capacidade de carga plena calculada em a).

Para a capacidade de carga acima calculada, considerando um  $fp = 0,9$  (indutivo)

(a) e  $V_R = 0,95V_S = 0,95 * 33 \text{ kV} = 31,35 \text{ kV}$ , a corrente no terminal receptor será:

$$\bar{I}_{RN} = \frac{P_R}{\sqrt{3}V_R \cos\phi} \angle -\cos^{-1}(fp) = \frac{453,856 \text{ kW}}{\sqrt{3} * 31,35 \text{ kV} * 0,9} \angle -\cos^{-1}(0,9) = 9,287 \angle -45,84^\circ \text{ A}$$

b) A tensão exacta aos terminais de recepção partindo da corrente calculada em a)

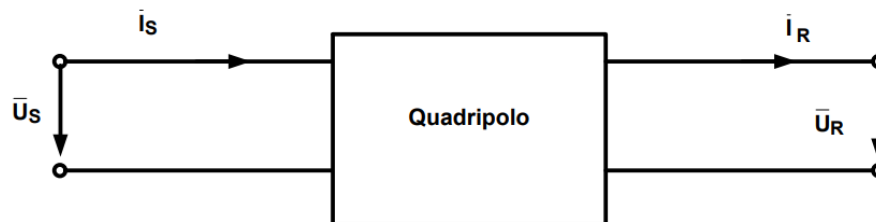


Figura 38. Quadripolo dos parâmetros de transmissão (Modelo A)

[Fonte: Manual de Fundamentos de Redes Electricas, pág. 285 - UEM]

Como é sabido da teoria dos circuitos, as relações entre as grandezas de saída e entrada num quadripolo são dadas pelo seguinte sistema de equações:

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_S \\ \bar{I}_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{A} & \bar{B} \\ \bar{C} & \bar{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{V}_R \\ \bar{I}_R \end{bmatrix} \quad (\text{Equação 31})$$

$$\bar{V}_S = \bar{A}\bar{V}_R + \bar{B}\bar{I}_R \text{ e } \bar{I}_S = \bar{C}\bar{V}_R + \bar{D}\bar{I}_R \quad (\text{Equação 32 e 33})$$

Logo vem que:  $\bar{V}_S = \bar{A}\bar{V}_{RN} + \bar{B}\bar{I}_{RN}$ , sendo  $\bar{I}_{RN} = 9,287 \text{ A}$

Aplicando os parâmetros A e B determinados em a), vem que:

$$\bar{V}_S = \frac{33000}{\sqrt{3}} \angle \delta = 1,0 * V_{RN} \angle 0^\circ + 3,589 \angle 17,65^\circ * 9,287 \angle -45,84^\circ$$

$$11\sqrt{3} \angle \delta = V_{RN} + 29,377 - j15,745$$

$$(11000\sqrt{3})^2 = (\sqrt{(V_{RN} + 29,377)^2 + (-15,745)^2})^2$$

$$363000000 = V_{RN}^2 + 58,754V_{RN} + 1101,710$$

$$V_{RN}^2 + 58,754V_{RN} - 362998898,3 = 0$$

$$V_{RN} = 19023,176 V$$

$$V_{RN} = 19,023 kV$$

$$V_{R_{LL}} = \sqrt{3}V_{RN} = 19,023\sqrt{3} kV = 32,949 kV \quad (\text{Equação 34})$$

$$V_R(pu) = \frac{V_{R_{LL}}}{V_S} = \frac{32,949}{33} = 0,998 pu \quad (\text{Equação 35})$$

- c) A regulação de tensão percentual para a corrente de carga plena calculada nos pontos anteriores.

Sabendo que em geral, da equação  $\bar{V}_S = \bar{A}\bar{V}_R + \bar{B}\bar{I}_R$ , a tensão no terminal receptor em vazio, isto é, com  $\bar{I}_{R0} = 0$  é dada por:  $V_{R0} = \frac{V_S}{A}$ , logo vem que:

$$V_{R0} = \frac{V_S}{A} = \frac{33}{1,0} = 33 kV \quad (\text{Equação 36})$$

$$\Delta V_R(\%) = \frac{V_{R0} - V_{RN}}{V_{RN}} * 100\% \quad (\text{Equação 37})$$

$$\Delta V_R(\%) = \frac{33 - 32,949}{32,949} * 100\% = 0,155\%$$

$$0,155\% < 10\%,$$

Sendo  $\Delta V_R(\%) < 10\%$ , ou seja, uma vez que  $V_S = 1,0 pu$  e  $V_R = 0,998 pu$  satisfazem a condição de limite de queda de tensão fixada em  $V_S \geq 0,95V_R$ , isso representa uma boa prática na operação, ou seja, não ocorrem problemas anormais durante a operação da rede.

- d) A capacidade térmica da linha baseada na capacidade de carga dos condutores dada na tabela abaixo.

Atendendo que a capacidade de carga de linhas curtas, é normalmente determinada pela capacidade de carga limite dos condutores ou dos equipamentos nas suas extremidades, por exemplo os disjuntores, para esta linha o valor da capacidade da linha será determinado a partir do A22-24.

A corrente de carga plena de  $9,287A$  está muito abaixo do limite térmico da linha que é  $109 A$ , ou seja,  $I_{M\acute{a}x}/fase = 109 A > I_R = 9,287A$ .

**Observação:** Feita com sucesso a avaliação de todas as condições, conclui-se que o cabo escolhido (*ACSR CONDUCTOR 24.5 mm<sup>2</sup> - SQUIRREL*), reúne os requisitos necessários para transmissão da potência necessária para alimentação dos novos PTs.

### 3.2.4 CÁLCULO MECÂNICO DA REDE MT

#### 3.2.4.1 CÁLCULO MECÂNICO DO CONDUTOR

Neste cálculo serão determinadas as condições de instalação dos condutores, onde a tensão de segurança, que é o limite máximo que os condutores aguentam sem risco de rotura, deve ser efectuado considerando o coeficiente de segurança ( $C_S$ ) com valor de 2,5.

Este cálculo é feito considerando as condições mais desfavoráveis de montagem.

Para o condutor escolhido (SQUIRREL), com secção e tensão de ruptura calculada a partir do A22-24:  $S = 24,43 \text{ mm}^2$  e  $T_R = 7,9 \text{ kN} = 79 \text{ daN}$ , a tensão de segurança ( $T_{seg.}$ ) e a tracção de segurança ( $t_{seg.}$ ) são dadas pelas seguintes expressões:

$$T_{seg.} = \frac{T_R}{2,5} \quad (\text{Equação 38})$$

$$t_{seg.} = \frac{T_R}{2,5S} \quad (\text{Equação 39})$$

Onde segundo o RSLEAT, as tensões máximas de tracção para os condutores nus não deverão ser superiores ao quociente das suas tensões de ruptura por 2,5. Portanto, vem que:

$$T_{seg.} = \frac{79 \text{ kN}}{2,5} = 31,6 \text{ daN}$$

$$t_{seg.} = \frac{79 \text{ daN}}{2,5 * 24,43 \text{ mm}^2} = 1,293 \text{ daN/mm}^2$$

#### 3.2.4.2 CÁLCULO MECÂNICO DOS APOIOS

##### Cálculo do vão crítico de montagem

Entende-se por vão, a distância entre dois apoios consecutivos. O vão crítico considerando as condições de montagem mais desfavoráveis é dado por:

Dados presentes na tabela (ver a Tabela A12.5-15)

##### a) Cargas no condutor:

$$P_{vq} = \frac{\alpha * c * q_q * d_e}{S} = \frac{0,6 * 1,2 * 750 * 6,33}{24,43 * 10^3} = 1,399 * 10^{-1} \text{ N/mm}^2 \text{ m} \quad (\text{Equação 40})$$

$$p_q^2 = p_0^2 + p_{vq}^2 = (3,48 * 10^{-2})^2 + (1,399 * 10^{-1})^2 = 2,078 * 10^{-2}, (\text{N/mm}^2 \text{ m})^2 \quad (\text{Equação 41})$$

$$P_{vf} = \frac{\alpha * c * q_f * d_e}{S} = \frac{1,0 * 1,2 * 187,5 * 6,33}{24,43 * 10^3} = 5,829 * 10^{-2} \text{ N/mm}^2 \text{ m} \quad (\text{Equação 42})$$



$$p_f^2 = p_0^2 + p_{vf}^2 = (3,48 * 10^{-2})^2 + (5,829 * 10^{-2})^2 = 4,609 * 10^{-3}, (N/mm^2m)^2 \quad (\text{Equação 43})$$

### b) Vão crítico

$$a_{crit.} = \sigma_{adm.} \sqrt{\frac{24\alpha_l(t_q - t_f)}{p_q^2 - p_f^2}} = 116 N/mm^2 \sqrt{\frac{24 * 19,1 * 10^{-6} * \frac{1}{K} * (25 - 10) K}{(2,078 * 10^{-2} - 4,609 * 10^{-3}) \left(\frac{N}{mm^2m}\right)^2}} = 75,643 m \quad (\text{Eq.44})$$

Onde:  $a_{crit.}$  é o vão crítico (m);  $\sigma_{adm.}$  é a carga de segurança (kg);  $\alpha_l$  é o coeficiente de dilatação linear;  $t_q$  é a temperatura na hipótese de verão (=25 oC);  $t_f$  é a temperatura na hipótese de inverno (=10 oC);  $p_q$  é o peso aparente do condutor na hipótese de verão (vento máximo); e  $p_f$  é o peso aparente do condutor na hipótese de inverno (vento reduzido);  $p_0$  peso próprio do condutor ( $Kg/mm^2$ );  $\alpha$  é o coeficiente de redução (=0.6) – segundo RSLEAT;  $c$  é o coeficiente de forma (=1.2);  $q_q$  é a pressão dinâmica do vento ( $Kg/mm^2$ );  $d_e$  é o diâmetro do condutor (mm) e S é a secção total do condutor.

### 3.2.5 PROFUNDIDADE DE ENCASTRAMENTO DOS APOIOS DA REDE BT E MT

A profundidade dos apoios é obtida através da expressão seguinte [12] [22].

$$h_e = H / 10 + 0,5 \text{ para } 8m \leq H \leq 15m \quad (\text{Equação 45})$$

Assim sendo, para apoios de BT:

$$h_e = 9 m / 10 + 0,5 m = 1,4 m$$

e para de MT:

$$h_e = 12,25 m / 10 + 0,5 m = 1,725 m$$

sendo:

$h_e$ : profundidade mínima de enterramento do apoio;

H: altura total do apoio.

### 3.2.6 DIMENSIONAMENTO DAS ESPIAS DA REDE BT E MT

Sabendo que no dimensionamento das espigas deve atender-se a que o ângulo que a espiga faz com a vertical não seja inferior a  $30^0$ , ou seja, de acordo com a figura 39:

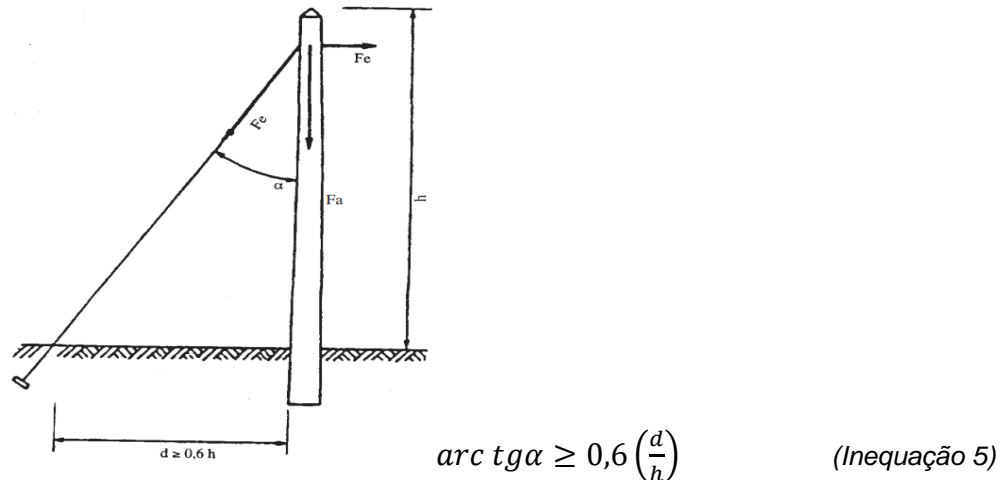


Figura 39. Dimensionamento das Espias

Para BT: considerando  $h = H - h_e = (9 - 1,4) m = 7,6 m$  e  $30^\circ$

$$\text{arc tg}\alpha \geq 0,6 \left(\frac{d}{h}\right) \rightarrow d \geq \frac{h}{0,6} \text{tg}\alpha \rightarrow d \geq \frac{7,6 m}{0,6} \text{tg}30^\circ \rightarrow d \geq 7,313 m$$

Sabendo que  $d \geq 0,6h$ , vem que:

$$d \geq 0,6 * 7,6m, \rightarrow 7,313 m \geq 4,56 m \text{ condição verificada}$$

Para MT: considerando  $h = H - h_e = (12,25 - 1,725) m = 10,525 m$  e  $30^\circ$

Sabendo que  $d \geq 0,6h$ , vem que:

$$\text{arc tg}\alpha \geq 0,6 \left(\frac{d}{h}\right) \rightarrow d \geq \frac{h}{0,6} \text{tg}\alpha \rightarrow d \geq \frac{10,525 m}{0,6} \text{tg}30^\circ \rightarrow d \geq 10,128 m$$

$$d \geq 0,6 * 10,525 m, \rightarrow 10,128 m \geq 6,077 m \text{ condição verificada}$$

**Observações:** Atendendo a condição que diz que para uma boa estabilidade no apoio com espia, o ângulo que esta faz em relação a vertical não deve ser inferior  $30^\circ$ , verifica-se que a distancia "d" deverá obedecer a condição:  $d \geq 10,128 m$  e  $d \geq 7,313 m$ , para apoios de MT e BT, respectivamente.

### 3.2.7 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Todos cálculos referentes ao orçamento do projecto, encontram-se no AP2-2 e AP2-3 em forma de tabela.

## 4 CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 4.1 CONCLUSÃO

Feito o estudo da situação actual quanto à rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de Boquisso “B (Q12), a partir dos dados levantados durante as visitas feitas”, referentes ao projecto de expansão de uma Rede de Distribuição de Energia Eléctrica, concluiu-se, a partir do critério de área que a zona de intervenção possui uma potência previsível de 2904,686 kVA, onde por via da aplicação do factor de simultaneidade, olhando para o número total de edifícios existentes no local, resultou numa potência de 729 kVA.

A partir da rede BT desenhada com base nos pontos levantados pelo *GPSMap64* e com aplicação do critério da secção contante, olhando para a saída mais extensa e mais carregada, dimensionou-se *APAR INDIA 0,6/1kV ALUMINIUM XLPE ABC CABLE 3x70+1x54,6+1x25 mm<sup>2</sup>*, como secção adequada para toda rede BT com protecção parcial de 125 A, a partir de fusíveis APC do tipo NH.

Tomando em conta o valor final da potência total previsível e a extensão da área de intervenção, viu-se à necessidade de se repartir esta potência a partir de 6 pontos escolhidos para instalação de 6 transformadores com potência individual de 160 kVA e com corte geral do quadro geral de baixa tensão de 200 A, afim de evitar saídas extensas.

Com esses transformadores propostos, viu-se a necessidade de se dimensionar três linhas de média tensão com aplicação do cabo *ACSR CONDUCTOR 24.43 mm<sup>2</sup> - SQUIRREL* derivados ou alimentados a partir de três pontos das linhas circunvizinhas, nomeadamente, linha que alimenta o PT385R (Escola S. de Boquisso “B”), linha que alimenta o PT1372 e linha que alimenta o PT1650.

Quanto a estimativa de custos, o projecto ficou avaliado em um total de 17,352,340.07 MT, sendo 8,058,448.98 para rede de distribuição em média tensão, 4,838,124.84 para rede de distribuição em baixa tensão, 1,289,657.38 para mão-de-obra e 644,828.69MT para o transporte.

Todos os objetivos propostos inicialmente para este projecto foram cumpridos.

## 4.2 RECOMENDAÇÕES

Contudo, recomenda-se que:

- Os PTs na qualidade de instalações constituídas por vários dispositivos e equipamento, todas as suas partes metálicas (fora de tensão) estejam ligadas à terra de protecção e que apenas o neutro deverá estar ligado à terra de serviço a cabo VV 1G35 mm<sup>2</sup>, com a bainha exterior preta e isolamento verde/amarela (ver AP7-8);
- A ligação do neutro deverá ser feita sem interrupções e deve ser estabelecida entre o terminal de terra inferior do poste de madeira do PT e o eléctrodo de terra. O valor da resistência da terra de protecção não deverá exceder os 20  $\Omega$ ;
- A distância entre os eléctrodos da TP e da terra de serviço deve maior ou igual a 20 m e resistência global da terra da TS não deverá exceder os 10  $\Omega$  (ver AP7-8);
- O neutro deve ser ligado à TS em vários apoios ao longo do seu trajecto na rede de distribuição (pontos individuais da rede, como por exemplo, apoios de derivação, apoios de fim de linha e distâncias inferiores a 300 m, para os condutores principais);
- Todas as partes metálicas fora de tensão devem ser ligadas à terra de protecção, incluindo as partes metálicas do armário do QGBT;
- A ligação das bainhas à terra deve ser feita de acordo com as instruções do fabricante e depende do tipo de cabo;
- Sempre que a estabilidade de um poste necessitar de reforço, a aplicar-se uma espia;
- As espias deverão ser constituídas por cabos ou varetas com elos de ligação robustos, de aço galvanizado, possuindo uma força mínima de rotura de 600 daN, com arames ou fios constituintes dos cabos não um diâmetro inferior ter a 3 mm;
- Sendo o espiamento dos postes, uma técnica que garante uma estabilidade, ele será ser observado nos casos seguintes:
  - Apoios de ângulo, com reforço à cabeça elevado;
  - Apoios terminais de rede, em que a ampliação desta possa transformá-los em apoios de ângulo ou alinhamento;
  - Apoios de alinhamento ou de ângulo em que se faça uma derivação.
- No interior dos quadros deverá ficar colocado o respectivos esquema eléctrico, devidamente acondicionado e em lugar acessível apenas ao pessoal da manutenção.

### 4.3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[26] A. H. A. A.-L. M. Peña-García, “Impacto da Iluminação Pública na Percepção de Segurança e Bem-Estar dos Pedestres,” <https://trid.trb.org/view/1356068>, vol. 78, Oct. 2015. [Acedido em 28/04/2023].

[27] Armínio Teixeira, “NORMA EUROPEIA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA EN 13201,” [https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%Fablica/Relat%F3rios%20e%20Normas/norma\\_europeia\\_de\\_iluminacao\\_publica\\_en\\_13201.pdf](https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%Fablica/Relat%F3rios%20e%20Normas/norma_europeia_de_iluminacao_publica_en_13201.pdf). [Acedido em 28/04/2023].

[8] Brás, Nelson M. C. (Dezembro, 2011). Intervenção em Redes Elétricas de Distribuição de Energia. Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra.

[16] Cabelte. (2000). Cabos de Energia – Média Tensão. [Maio, 2023].

[23] EDP Distribuição, “DIT-C11-010/N – Guia Técnico de Urbanizações”.

[7] EDP Distribuição, “DIT-C14-100/N – Ligação de Clientes de Baixa Tensão”.

[6] EDP Distribuição, “DMA-C33-209N - Cabos em torçada para linhas aéreas de baixa tensão”.

[13] EDP Distribuição, S.A. (2007). Materiais para derivações e entrada BT – Armários de distribuição – Características e ensaios, 4ª Edição. [Maio, 2023].

[14] EDP Distribuição, S.A. (2014). Obras de Construção, Reparação e Manutenção de Redes de Distribuição AT, MT e BT em Regime de Empreitada Contínua. Especificações e Condições Técnicas – ECT, Anexo VI – Projeto. [Maio, 2023].

[15] EDP Distribuição, S.A. (2015). Guia técnico de terras – 1ª parte – Ligações à terra, 4ª Edição. Guia técnico de terras – 2ª parte – Eléctrodos de terra, 1ª Edição. [Maio, 2023].

Electro Instaladora de Bairro. (2013). Quadros Abertos. [Online]. <http://www.eiblda.pt/pt/eib/conteudo?id=78>. [Maio, 2023].

[25] E-Redes, “Iluminação Pública - Um instrumento de Cidadania,” [https://www.e-redes.pt/pt-pt/historias/iluminacao-publica-um-instrumento-de-cidadania#faq\\_20126](https://www.e-redes.pt/pt-pt/historias/iluminacao-publica-um-instrumento-de-cidadania#faq_20126). [Acedido em 28/04/2023].

[24] Guia técnico da Solidal, 4ª Edição

[20] Guia Técnico de Redes Aéreas de Baixa Tensão em Condutores Isolados Agrupados em Feixe (Torçada), DGE 1992

- [11] [https://www.hager.pt/files/download/0/268035\\_1/0/Hager\\_Folheto\\_Fusiveis.pdf](https://www.hager.pt/files/download/0/268035_1/0/Hager_Folheto_Fusiveis.pdf) (Abril 2023).
- [17] INFOCERTIEL. (2002). Condutores e Cabos [Parte I] – Ficha Técnica nº 2. (2003) Condutores e Cabos [Parte II] – Ficha Técnica nº 3. [Maio, 2023].
- [12] INTERSERV. (2005). Imagens de linhas de MT. [Online]. [http://www.interserv.pt/imagens/galeria/ima\\_42\\_g.jpg](http://www.interserv.pt/imagens/galeria/ima_42_g.jpg). [Maio, 2023].
- [21] Jorge Antunes, “Conceção de Redes de Média e Baixa Tensão”, Instituto Politécnico de Coimbra, 2012.
- [18] LinkedIn. (2016). Redes Aéreas BT. [Online]. <https://pt.linkedin.com/pulse/redes-a%C3%A9reas-bt-manuel-bolotinha>. [Maio, 2017].
- [10] Manuel Martinho, “O Instalador,” <https://www.oinstalador.com/Artigos/316501-Eletricidade-nao-subestimar-os-riscos-do-perigo-oculto-6.html>, 28/04/2023. 132
- [22] Mário Hélder, *Sebenta de Distribuição e Micro-Geração de Energia*, IPT, LEEC 2015
- [1] MEHL, Ewaldo L. M. *Qualidade da Energia Elétrica*. 2001. Disponível em: Acesso em: Maio 2023.
- [4] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. (2010). Regulamento da Rede de Distribuição – Anexo II da Portaria nº 596/2010 de 30 de Julho de 2010. [Maio, 2023]. [5] Martins, L. Sousa. (2005). *Apontamentos para Projeto de Instalações Elétricas II – Engenharia Eletrotécnica*. Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Setúbal. [Maio, 2023].
- [19] Ministérios da Indústria e Energia e do Equipamento Social, “RSRDEEBT,” <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-regulamentar/90-1984-396518://dre.pt/dre/detalhe/decreto-regulamentar/90-1984-396518>, Dec. 26, 1984. [Acedido em 28/04/2022].
- [9] Ministérios da Indústria e Energia e do Equipamento Social. (1984). *Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão*. Decreto Regulamentar n.º 90/84 de 26 de Dezembro de 1984. [Maio, 2023].
- [2] Paiva, José Pedro Sucena. (Dezembro, 2007). *Redes de Energia Elétrica – Uma análise sistémica*. Instituto Superior Técnico (IST) Press, 2ª Edição.
- [3] Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão, Decreto Regulamentar nº90/84
- [29] RNAE. Janeiro, 2011. *Eficiência Energética na Iluminação Pública - Documento de Referência*. Janeiro, 2011.

## **APÊNDICES – DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA**

## AP1-1: ESTIMATIVA DE CARGA

Tabela AP1-1: Estimativa de carga

ESTIMATIVA DE CARGA PARA CASAS T1																				
N.º Casa T1	Compart.	Qtd	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m2)	Ilum e TUG 25VA/m2	Climatiz. 80VA/m2	Maq. Lavar (KVA)	Aquec. (KVA)	Coz Eléctrica (KVA)	Fu1	Fu2	Fs1	Fs2	Pe1 (KVA) ((Ilum e TUG)*Fu1*Fs1)/1000	Pe2 (KVA) Aquec*Fu2*Fs2	Pe3 (KVA) Coz Elect*Fu2*Fs2	Pe3 (KVA) Climatize*Pu1*Pu2	Fe/Ano	Pe4 (KVA) Pe3*Fe
61	Sala	1	4	3	12	300	360	-	-	-	1	-	1	-	0.3	-	-	1.26	1.05	1.323
	Quarto	1	3	3	9	225	270	-	-	-	-	-	-	0.225	-	-	0.945	0.99225		
	Cozinha	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	0.75	-	0.7	-	-	1.575	1.575		1.65375
	Varanda	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-	-	-	-	-	-	-	3.3		3.465
	W/C	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	-	-	1	1	-	-	1.5	1.5		1.575
<b>Potência previsível/Casa T1</b>																			<b>9.009</b>	
<b>Potência total previsível de Casas T1</b>																			<b>516,296</b>	
ESTIMATIVA DE CARGA PARA CASAS T2																				
N.º Casa T2	Compart.	Qtd	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m2)	Ilum e TUG 25VA/m2	Climatiz. 80VA/m2	Maq. Lavar (KVA)	Aquec. (KVA)	Coz Eléctrica (KVA)	Fu1	Fu2	Fs1	Fs2	Pe1 (KVA) ((Ilum e TUG)*Fu1*Fs1)/1000	Pe2 (KVA) Aquec*Fu2*Fs2	Pe3 (KVA) Coz Elect*Fu2*Fs2	Pe3 (KVA) Climatize*Pu1*Pu2	Fe/Ano	Pe4 (KVA) Pe3*Fe
65	Sala	1	4.5	3	13.5	337.5	1080	-	-	-	1	-	1	-	0.3375	-	-	1.4175	1.05	1.488375
	Quarto	2	3	3	18	450	1440	-	-	-	-	-	-	0.45	-	-	1.89	1.9845		
	Cozinha	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	0.75	-	0.7	-	-	1.575	1.575		1.65375
	Varanda	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-	-	-	-	-	-	-	3.3		3.465
	W/C	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5	-	-	1	1	-	-	1.5	1.5		1.575
<b>Potência previsível/Casa T2</b>																			<b>10.166625</b>	
<b>Potência total previsível de Casas T2</b>																			<b>552.28</b>	
ESTIMATIVA DE CARGA PARA CASAS T3																				
N.º Casa T3	Compart.	Qtd	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m2)	Ilum e TUG 25VA/m2	Climatiz. 80VA/m2	Maq. Lavar (KVA)	Aquec. (KVA)	Coz Eléctrica (KVA)	Fu1	Fu2	Fs1	Fs2	Pe1 (KVA) ((Ilum e TUG)*Fu1*Fs1)/1000	Pe2 (KVA) Aquec*Fu2*Fs2	Pe3 (KVA) Coz Elect*Fu2*Fs2	Pe3 (KVA) Climatize*Pu1*Pu2	Fe/Ano	Pe4 (KVA) Pe3*Fe
111	Sala	1	6	3.5	21	525	1680	-	-	-	1	-	1	-	0.525	-	-	2.205	1.05	2.31525
	Quarto	3	3.5	3.5	36.75	918.75	2940	-	-	-	-	-	-	0.31875	-	-	3.85875	4.0516875		
	Cozinha	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	0.75	-	0.7	-	-	2.1	2.1		2.205
	Varanda	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-	-	-	-	-	-	-	3.3		3.465
	W/C	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	1	-	-	2	2		2.1
<b>Potência previsível/Casa T3</b>																			<b>14.1369375</b>	
<b>Potência total previsível de Casas T3</b>																			<b>943.128</b>	
ESTIMATIVA DE CARGA PARA CASAS T4																				
N.º Casa T4	Compart.	Qtd	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m2)	Ilum e TUG 25VA/m2	Climatiz. 80VA/m2	Maq. Lavar (KVA)	Aquec. (KVA)	Coz Eléctrica (KVA)	Fu1	Fu2	Fs1	Fs2	Pe1 (KVA) ((Ilum e TUG)*Fu1*Fs1)/1000	Pe2 (KVA) Aquec*Fu2*Fs2	Pe3 (KVA) Coz Elect*Fu2*Fs2	Pe3 (KVA) Climatize*Pu1*Pu2	Fe/Ano	Pe4 (KVA) Pe3*Fe
6	Sala	1	6	3.5	21	525	1680	-	-	-	1	-	1	-	0.525	-	-	2.205	1.05	2.31525
	Quarto	4	3.5	3.5	49	1225	3920	-	-	-	-	-	-	1.225	-	-	5.145	5.40225		
	Cozinha	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	0.75	-	0.7	-	-	2.625	2.625		2.75625
	Varanda	-	-	-	-	-	-	-	-	3.3	-	-	-	-	-	-	-	3.3		3.465
	W/C	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	1	-	-	3	3		3.15
<b>Potência previsível/Casa T4</b>																			<b>17.08875</b>	
<b>Potência total previsível de Casas T4</b>																			<b>50.98</b>	
ESTIMATIVA DE CARGA PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA																				
<b>Qtd de luminárias</b>																			<b>70</b>	
<b>Potência por luminária (W)</b>																			<b>19</b>	
<b>Potência total previsível do IP (KVA)</b>																			<b>1.33</b>	
<b>POTÊNCIA TOTAL PREVISÍVEL PELO CRITÉRIO DE ÁREA DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO POR SE EXPANDIR NO BAIRRO BOQUISSO "B", Q.12 (kVA)</b>																			<b>2904.63</b>	



## AP2-2: ESTIMATIVA DE CUSTOS

Tabela AP2.1-2: Estimativa de custos

ESTIMATIVA DE CUSTOS					
<b>FOLHA DE OBRA N°</b>					MAIO, 2023
<b>Obra:</b>	PROJECTO DE EXPANSÃO DE UMA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA				
<b>Dono:</b>					
<b>Local:</b>	BAIRRO BOQUISSO "B"				
I. RMT ( 4Km )					
ORDEM	Designação de Materiais	Unid	QTD	Custo unit. (MTs)	Custo Total (MTs)
1	Transformador ( 160KVA)	un	6	664,326.00	3,985,955.98
2	Quadro geral de Baixa Tensao de 200A	un	6	224,081.35	1,344,488.08
3	Poste de madeira de 12,25Mx0,16/0,18	un	45	13,376.31	601,933.76
4	Cadeias de Isoladores <i>cf</i> Acessorios	un	18	2,190.13	39,422.42
5	Isoladores horizontais <i>cf</i> pernos	un	18	3,511.77	63,211.80
6	Perfil "U" de 100x50x8mm (3m)	un	18	9,659.78	173,875.99
7	Perfil "L" de 80x80x8mm (2.8m) <i>cf</i> cruzetas e Acessorios	un	18	12,317.75	221,719.47
8	Bases de drop-outs	un	18	8,873.56	159,724.09
9	Para-raios 36kv	un	18	8,397.16	151,148.88
10	Espia completa MT	un	10	12,961.87	129,618.68
11	Eléctrodos de terra	un	72	861.14	62,002.08
12	Condutor de cobre nu 35mm <sup>2</sup>	m	240	457.27	109,744.80
13	Terminais bimetálicos de 35mm <sup>2</sup>	un	12	315.59	3,787.08
14	ACSR CONDUCTOR 24.5 mm <sup>2</sup> - SQUIRREL	m	12,000	64.50	774,000.00
15	Parafusos M20x50 com porcas para Cruzetas nas Travessas	un	60	136.13	8,167.80
16	Terminais de cobre de 95mm <sup>2</sup>	un	18	89.91	1,618.38
17	Terminais bimetálicos AL/CU de 95mm <sup>2</sup>	un	21	649.94	13,648.74
18	Ligadores paralelos de alumínio	un	27	506.17	13,666.59
19	Aço para Àterramento do Poste	m	6	162.36	974.16
20	Cruzetas "L" 50x50x8 (2.8m)	un	12	1,105.00	13,260.00
21	Vedacao	un	6	31,080.03	186,480.18
<b>SUBTOTAL - I</b>					<b>8,058,448.98</b>

## AP2-3: ESTIMATIVA DE CUSTOS

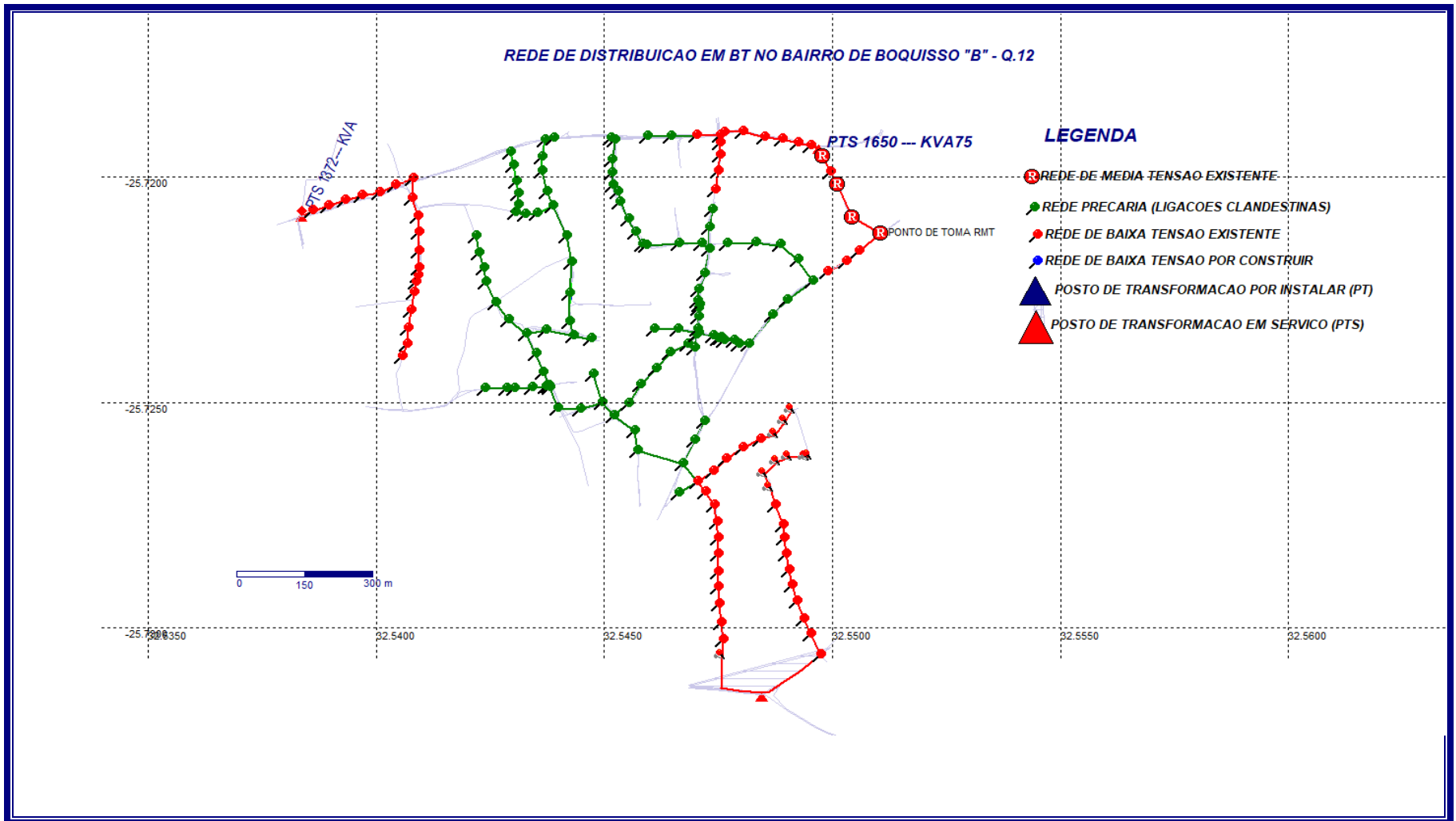
Tabela AP2.2-3: Estimativa de custo

<b>II. REDE DE BAIXA TENSAO ( 5,6 Km )</b>					
	<b>Designação de Materiais</b>	<b>Un</b>	<b>QTD</b>	<b>Custo unit. (MTs)</b>	<b>Custo Total (MTs)</b>
22	Poste de madeira de 9m x 0,14/0,16	un	112	7,230.90	809,861.27
23	Cabo torçado ABC 3x70+55+25mm <sup>2</sup>	m	5,600.00	456.33	2,555,448.00
24	Cabo VAV (3 x 95 +50)mm <sup>2</sup>	m	18	8,285.09	149,131.62
25	LGS- Luminaria Flourescente 2x40w	un	70	12,338.24	863,676.45
26	Braço 1.5m	un	70	1,638.00	114,660.00
27	Fotocelula	un	6	994.97	5,969.81
28	Pinças de amarração PAB/1500 4X70mm <sup>2</sup>	un	32	729.17	23,333.36
29	Pinças de suspensão P/B PS 3035 - 4x70mm <sup>2</sup>	un	59	589.28	34,767.65
30	Ferro de argola	un	18	838.46	15,092.23
31	Ligadores de garra PC3/WP3F	un	60	276.27	16,576.33
32	Escorra	un	18	7,230.90	130,156.28
33	Espia completa	un	20	5,972.59	119,451.85
<b>SUBTOTAL - II</b>					<b>4,838,124.84</b>
<b>SUBTOTAL A - CUSTO TOTAL DE MATERIAIS (I+II)</b>					<b>12,896,573.82</b>

Tabela AP2.3-3: Estimativa de custo

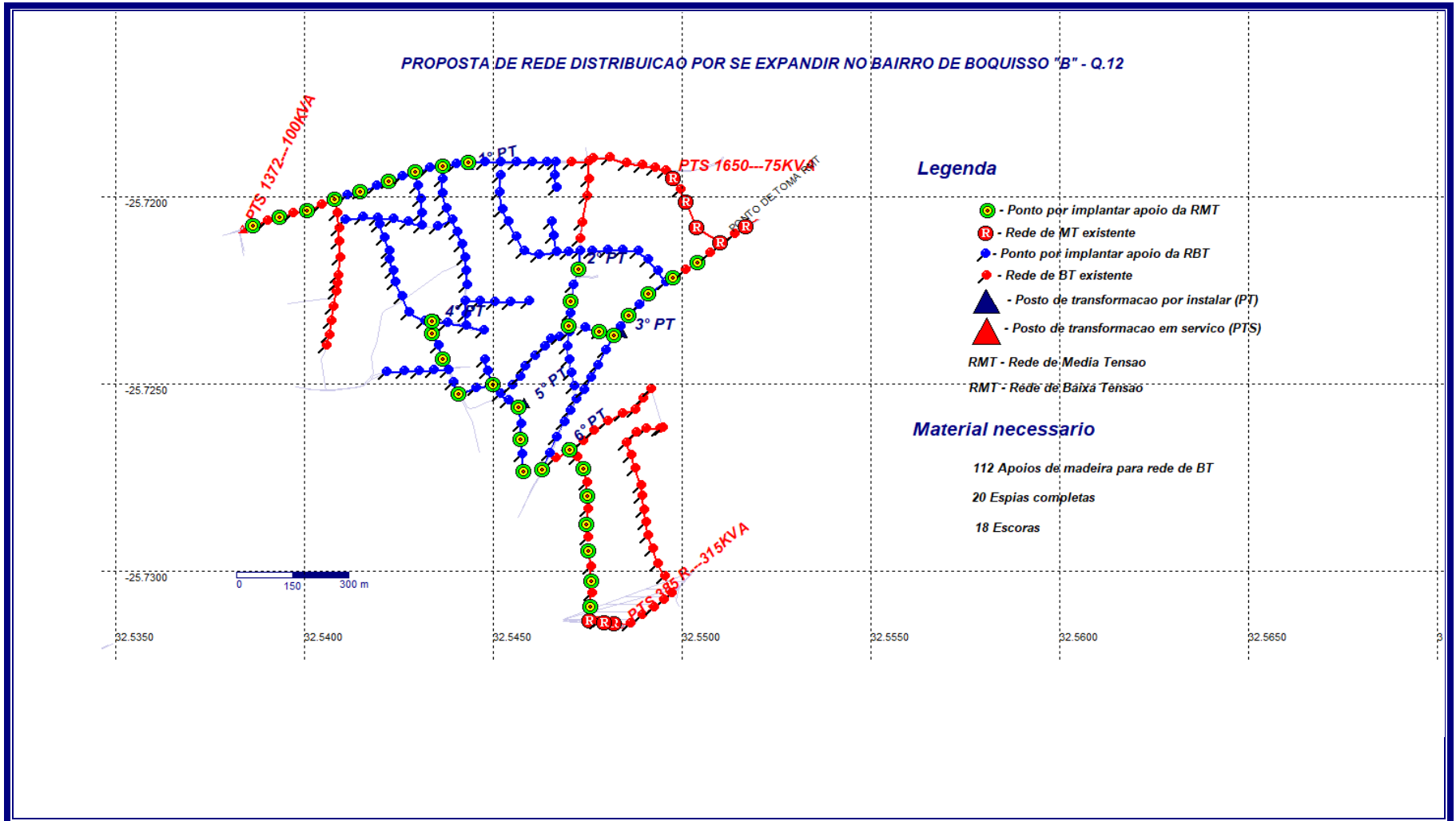
<b>B - MAO DE OBRA</b>				
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>		<b>Valor</b>	<b>Valor Total (MTs)</b>
Mao de Obra 10%	1		1,289,657.38	1,289,657.38
<b>SUBTOTAL - B</b>				<b>1,289,657.38</b>
<b>C - TRANSPORTE</b>				
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>		<b>Valor</b>	<b>Valor Total (MTs)</b>
Transporte 5%	1	1	644,828.69	644,828.69
Abertura de valas, resselagem, etc(Colocar os valores reais dos empreiteiros)	1	1		0.00
Aluguer de camioes, maquinas, etc (colocar valores reais dos servicos)	1	1		0.00
<b>SUBTOTAL - C</b>				<b>644,828.69</b>
<b>RESUMO</b>				
Soma ( A + B + C )				<b>14,831,059.89</b>
IVA 17%				<b>2,521,280.18</b>
<b>TOTAL GERAL</b>				<b>17,352,340.07</b>

## AP3-4: REDE PRECÁRIA – SITUAÇÃO ACTUAL DA REDE



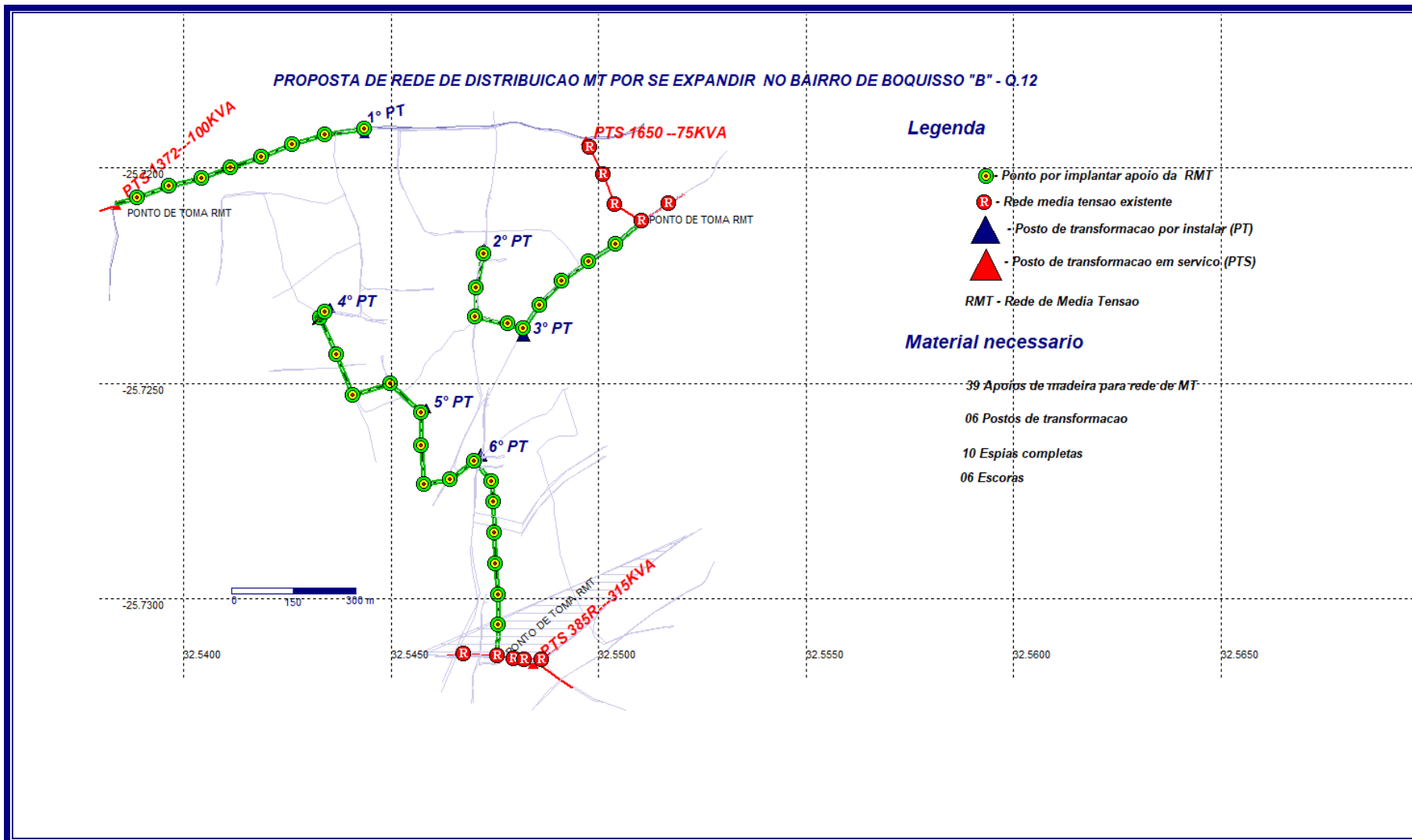
Esquema AP3-4: Rede precária – situação actual da rede

## AP4-5: EXPANSÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM BT – PROPOSTA



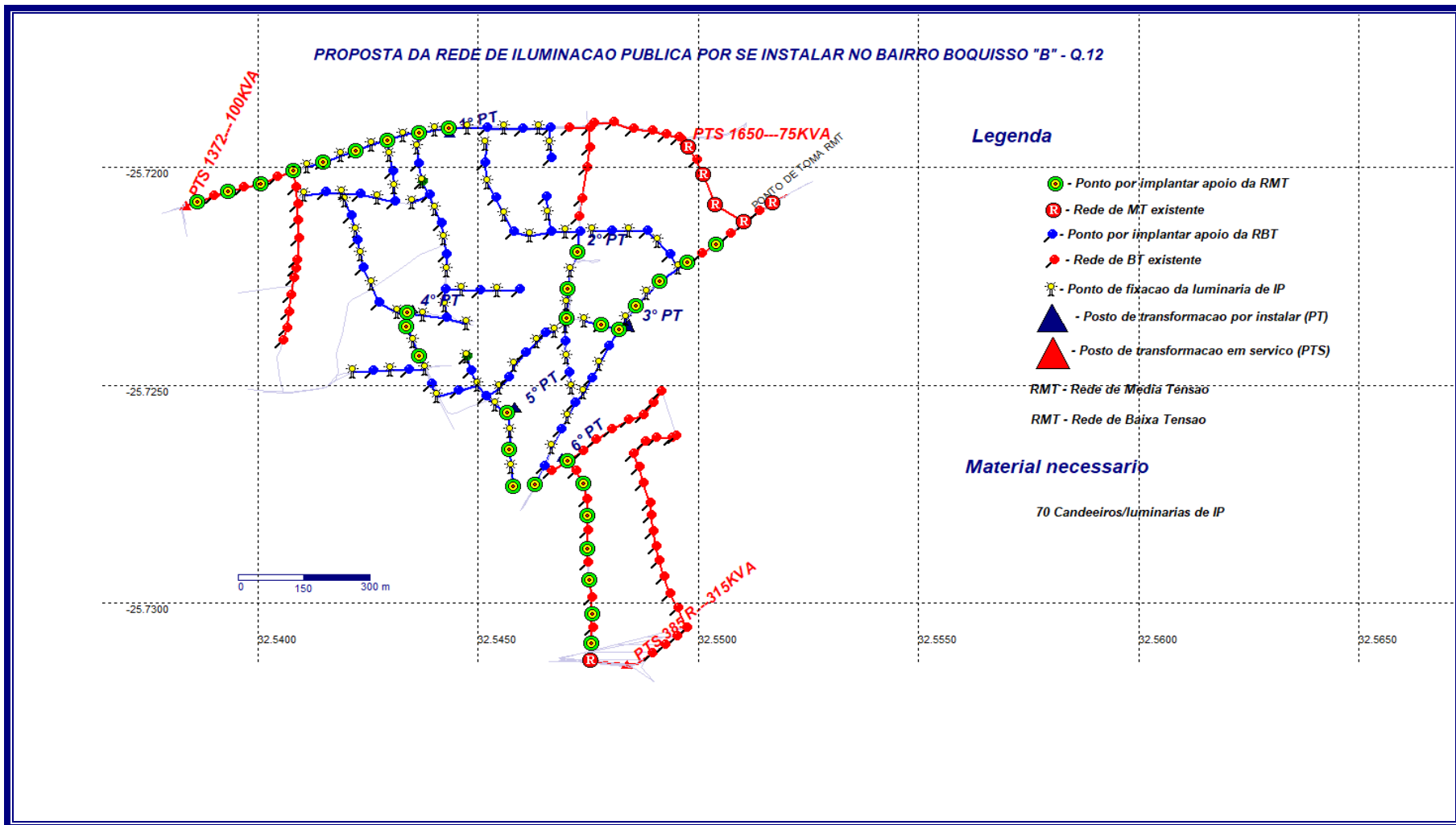
Esquema AP4-5: Expansão da rede de distribuição em BT

## AP5-6: EXPANSÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO EM MT - PROPOSTA



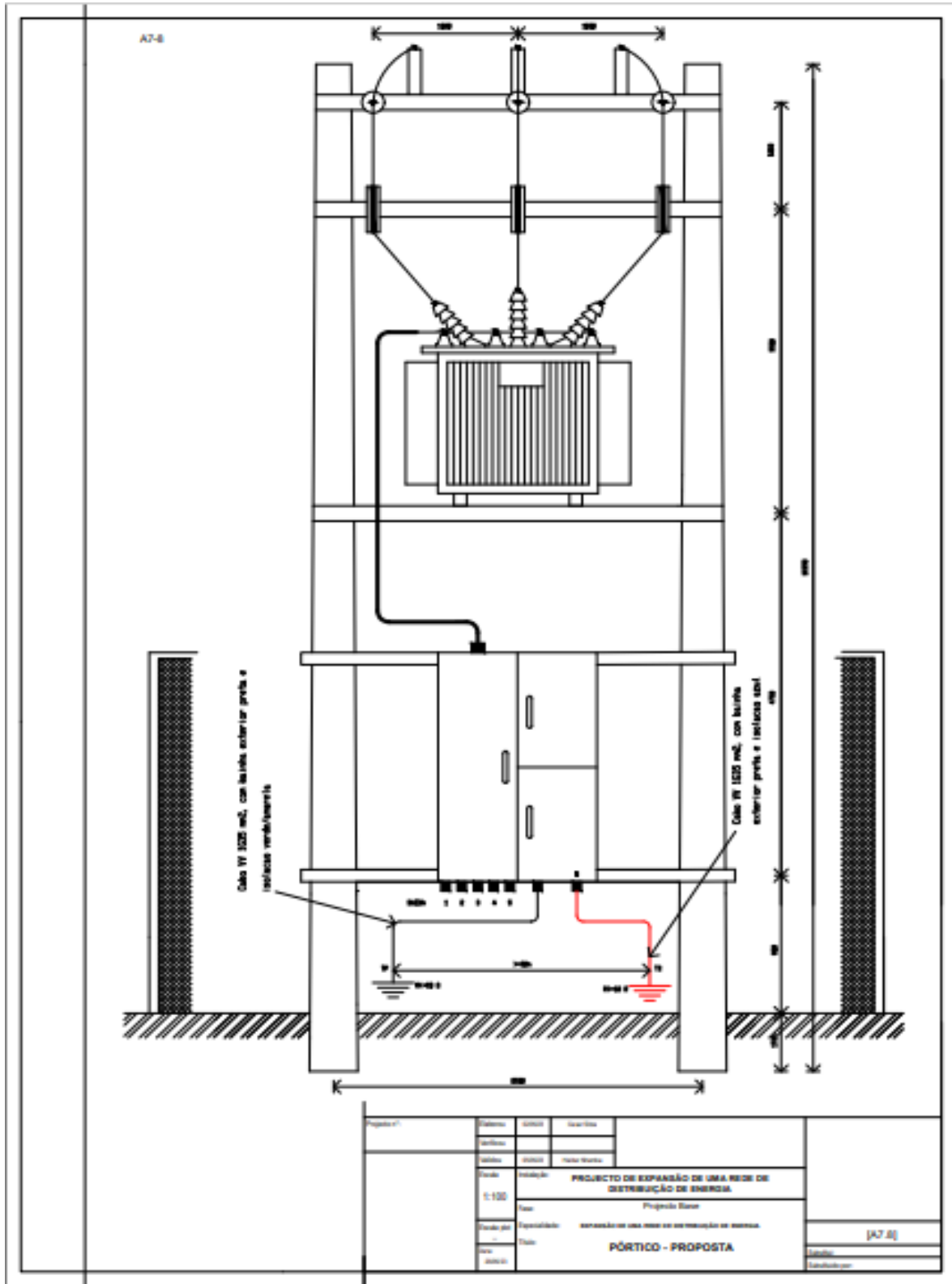
Esquema AP5-6: Expansão da rede de distribuição em MT

## AP6-7: REDE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA – PROPOSTA



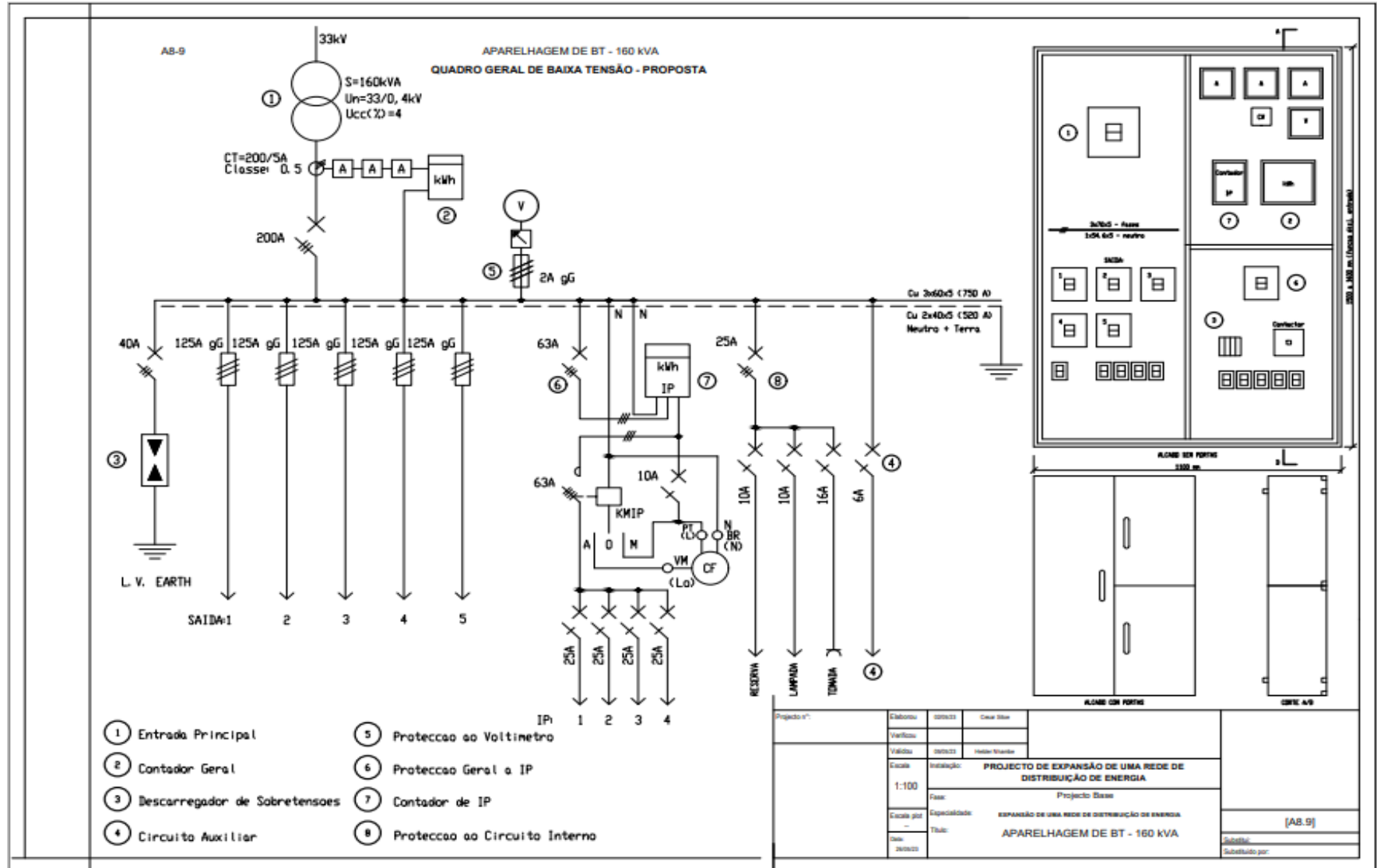
Esquema AP6-7: Rede de iluminação pública

# AP7-8: PÓRTICO



Esquema AP7-8: Pórtico

## AP8-9: QUADRO GERAL DE BAIXA TENSÃO – PROPOSTA



Esquema AP8-9: Quadro geral de baixa tensão



AP9-10: REDE PRECÁRIA (LIGAÇÕES CLANDESTINAS)



Figura AP9.1-10: Rede precária

AP9-11: REDE PRECÁRIA (LIGAÇÕES CLANDESTINAS)



Figura AP9.2-11: Rede precária

AP10-12: VISUALIZAÇÃO DE UM QGBT DE QUADRO ABERTO CA2 DE UM PTD



Figura AP10-12: Visualização de um QGBT de quadro aberto CA2 de um PTD [Fonte: Autor do projecto].

AP11-13: CHAPA DE CARACTERÍSTICAS DO TRANSFORMADOR FUJI TUSCO DE 160 KVA

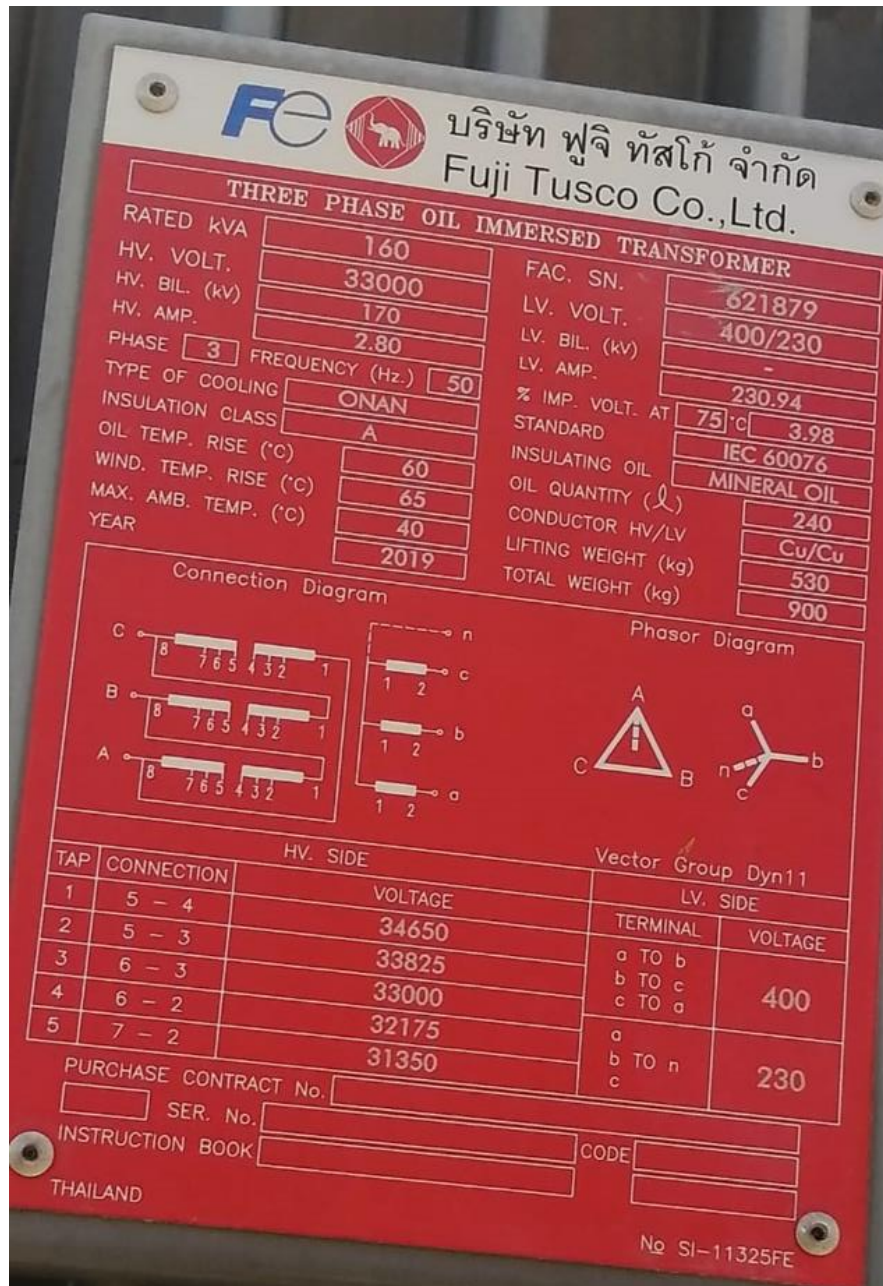


Figura AP11-13: Chapa de características do transformador Fuji Tusco de 160 kVA [Fonte: Autor do projecto].

AP12-14: DADOS DOS APOIOS

Tabela AP12.1-14: Dados dos Apoios de Alinhamento

Dados:	LP1	LP2
<b>Cabo torçado</b>	ABC LXS 70 mm <sup>2</sup>	ABC LXS 70 mm <sup>2</sup>
<b>Comprimento do vão (a)</b>	40 m	40 m
<b>Tensão máxima (T)</b>	2750 N	2750 N
<b>Diâmetro do cabo (d)</b>	0,0347 m	
<b>Flecha (f)</b>	0,84 m	0,84 m

Tabela AP12.2-14: Dados dos Apoios em Ângulo

Dados:	LP1	LP2
<b>Cabo torçado</b>	ABC LXS 70 mm <sup>2</sup>	ABC LXS 70 mm <sup>2</sup>
<b>Comprimento do vão (a)</b>	40 m	48 m
<b>Ângulo (θ)</b>	30°	
<b>Tensão máxima (T)</b>	2750 N	2920 N
<b>Diâmetro do cabo (d)</b>	0,0347 m	
<b>Flecha (f)</b>	0,84 m	1,24

Tabela AP12.3-14: Dados dos Apoios de Fim de Linha

Dados:	LP
<b>Cabo torçado</b>	ABC LXS 70 mm <sup>2</sup>
<b>Comprimento vão (a)</b>	50 m
<b>Tensão máxima (T)</b>	2920 N
<b>Diâmetro do cabo (d)</b>	0,0347 m
<b>Flecha (f)</b>	1,24 m

AP12-15: DADOS DOS APOIOS

Tabela AP12.4-15: Dados dos Apoios em Derivação

Dados:	LP1	LP2	LD
<b>Cabo torçado</b>	ABC LXS 70 mm <sup>2</sup>	ABC LXS 70 mm <sup>2</sup>	ABC LXS 70 mm <sup>2</sup>
<b>Comprimento (a)</b>	35 m	39 m	49 m
<b>Ângulo (θ)</b>	90°		315° ↔ (-45)
<b>Tensão máxima (T)</b>	2595 N	2750 N	2920 N
<b>Diâmetro do cabo (d)</b>	0,0347 m	0,037 m	0,0347 m
<b>Flecha (f)</b>	0,68 m	0,84 m	1,24 m

Tabela AP12.5-15. Dados para o cálculo do vão crítico de montagem

HIPÓTESE	$\sigma_{adm.}$	$\alpha$	$c$	$p_0$	$s$	$\alpha_l$	$d_e$	$q_f$ = $q_{max}$	$q_q$ = $q_{max}$
Vento máximo (verão)	116	0,6	1,2	$3,48 * 10^{-2}$	24,43	$19,1 * 10^{-6}$	6,33		750
Vento reduzido (inverno)								187,5	

## **ANEXOS – DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA**

## A13-16: TRANSFORMADORES RURAIS E CARACTERÍSTICAS DOS FUSÍVEIS

Tabela A13.1-16: Secções normalizadas dos cabos VAV a utilizar (Fonte: Manual de Montagem de Postos de Transformação Rurais).

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

Tabela A13.2-16: Características dos fusíveis (Tipo gG) de proteção utilizados pela EDPD.

Intensidade nominal (A)	Intensidade convencional de não fusão (A)	Intensidade convencional de fusão (A)
32	41	51
40	52	64
50	65	80
63	82	101
80	104	128
100	130	160
125	162	200
160	208	256
200	260	320
250	325	400
315	410	504



## A14-17: INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS

Tabela A14.1-17: Características Eléctricas dos Cabos VV e VAV

**Tabela I – (BT-CU-PVC)**

**Características Eléctricas dos Cabos: VV, VAV**

Baixa Tensão – Condutor em Cobre - Revestimento em PVC

Secção Nominal mm <sup>2</sup>	1 Condutor			2 Condutores (5)			3, 4 e 4+T Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$ (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$
0,5	-	12	-	-	10	-	-	9	-
0,75	-	15	-	-	13,5	-	-	12	-
1	-	18	-	-	14,5	34,800	-	13	30,100
1,5	34	23	20,200	30	19	23,300	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	135	96	1,280
35	225	158	0,963	185	132	1,080	165	114	0,946
50	260	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	335	237	0,443	295	206	0,393
120	485	343	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	523	0,210	570	400	0,218	515	360	0,198
300	855	602	0,183	640	448	0,188	590	413	0,172
400	1015	721	0,160	760	536	0,164	700	492	0,150
500	1170	822	0,140	-	-	-	-	-	-

Tabela A14.2-17: Características Eléctricas dos Cabos LXV e LSXV

**Tabela V (BT-AL-XLPE)**

**Características Eléctricas dos Cabos: LXV e LSXV (a)**

Baixa Tensão – Condutor em Alumínio - Revestimento em XLPE

Secção Nominal mm <sup>2</sup>	1 Condutor			2 Condutores (5)			3, 4 e 4+T Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$ (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$
16	-	105	3,500	104	91	4,000	87	79	3,490
25	180	135	2,240	133	108	2,550	110	98	2,230
35	215	166	1,650	160	135	1,860	134	122	1,630
50	257	205	1,290	188	164	1,390	160	149	1,220
70	315	260	0,883	233	211	0,984	197	192	0,870
95	377	321	0,662	275	257	0,728	234	235	0,651
120	430	375	0,540	314	300	0,590	266	273	0,530
150	482	432	0,455	359	346	0,494	300	316	0,447
185	545	500	0,381	398	397	0,371	337	363	0,372
240	640	603	0,315	458	470	0,328	388	430	0,303
280	690	658	0,285	-	-	-	-	-	-
300	725	697	0,271	520	543	0,293	440	497	0,248
380	820	810	0,228	-	-	-	-	-	-
400	835	829	0,224	-	-	-	-	-	-
480	922	936	0,197	-	-	-	-	-	-
500	950	963	0,191	-	-	-	-	-	-
600	1005	1015	0,174	-	-	-	-	-	-
630	1035	1050	0,160	-	-	-	-	-	-
740	1150	1175	0,138	-	-	-	-	-	-

[Fonte: Eurocabos/Lisboa – Tabelas Técnicas – Condutores Eléctricos – Versão: Mai.06]

# A15-18: FUSÍVEIS DE FACAS NH GG 500V

Curva de característica corrente/tempo

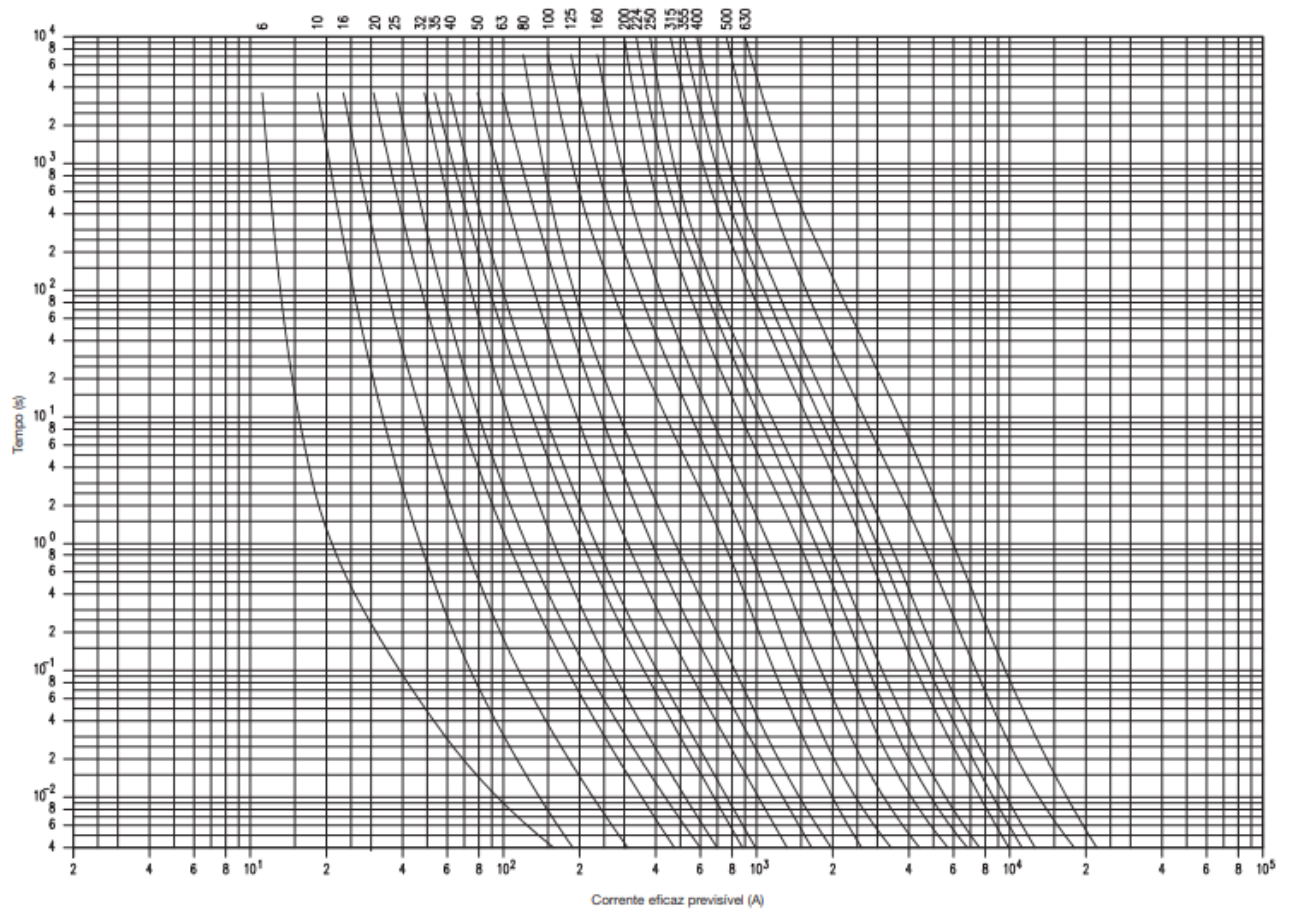


Figura A15-18: Fusíveis de facas NH gG 500V [10]

A16-19: COMPRIMENTOS MÁXIMOS ADMISSÍVEIS (LMAX) EM REDES AÉREAS EM CABOS TORÇADA EM FUNÇÃO DO FUSÍVEL USADO ( $I_n$ ).

Tipo e Secção de Cabo	$I_n$ (A)	$L_{máx}$ (m)
LXS 4x16	125	50
	100	75
	80	100
	63	140
	50	190
	40	245
	32	335
LXS 4x25	160	70
	125	110
	100	120
	80	160
	63	225
	50	300
	40	380
LXS 4x50	32	525
	200	110
	160	150
	125	215
	100	240
	80	310
	63	450
	50	590
LXS 4x70	40	765
	315	90
	250	125
	200	150
	160	210
	125	305
	100	340
	80	435
LXS 4x95	63	625
	315	120
	250	165
	200	205
	160	280
	125	415
	100	460
	80	590
63	850	

Tabela A16-19: Comprimentos máximos admissíveis (Lmax) em redes aéreas em cabos torçada em função do fusível usado na proteção da rede contra curto-circuitos ( $I_n$ ).

## A17-20: BALANÇO DE CARGA

Tabela A17.1-20: Previsão de carga

<b>Tipo de instalação</b>	<b>Potência unitaria</b>
Ilum e Tomadas de usos gerais	25VA/m <sup>2</sup>
Instalações fixas ou não de climatização ambiente eléctrica	80VA/m <sup>2</sup>
Máquinas de lavar ou secar	3.3kVA
Cozinha electrica em habitações:	
- até 3 divisões (T2)	3kVA
- 4 Divisões (T3)	4kVA
- 5 Divisões (T4)	5kVA
Mais de 5 divisões	8kVA

Tabela A17.2-20: Coeficientes de simultaneidade para receptores

Tipos de Receptores	Coef. Simultaneidade Ks
Instalações de iluminação	1
Instalações de tomadas	$0.1+0.9/N$ (N=nº de circuitos de tomadas)
Inst. De aquecimento eléctrico	1
AC	1
Aparelhagem de cozinha	0.7
Motores de maior potência	1
Motor seguinte	0.75
Outros motores	0.60

A18-21: VÃOS (A), FLECHAS (F), TENSÕES (T) E TEMPERATURAS MÁXIMAS A ADOPTAR NOS CABOS LXS

Tabela A18-21: Vãos (a), flechas (f), tensões (t) e temperaturas máximas a adoptar nos cabos lxs [Solidal – condutores eléctricos, sa - pág. 3

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS CONDUTORES DE ENERGIA E CABOS ELÉCTRICOS

Quadro 132 - Cabo Torçada LXS 4 x 70 + K x 16 (K = 0, 1, 2)

DADOS	S = 4 x 70 mm <sup>2</sup> P = 1,156 kg/m ø = 34,7 mm		q = 563 MPa θ <sub>inv.</sub> = 0 °C θ <sub>prim.</sub> = + 15 °C		c = 1,3 α = 23 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup> E = 56000 N/mm <sup>2</sup>		σ <sub>máx.</sub> = 20 N/mm <sup>2</sup> a <sub>c</sub> = 36 m			
	0 °C		10 °C		20 °C		30 °C		40 °C	
	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)	f (cm)	T (N)
5	1	5580	2	2310	4	913	6	610	7	480
10	3	5520	5	2770	9	1570	13	1140	16	930
15	6	5445	10	3150	16	2085	20	1605	24	1240
20	11	5360	17	3460	23	2505	29	2005	34	1710
25	17	5280	24	3700	32	2845	38	2355	44	2040
30	25	5215	33	3895	42	3130	49	2655	56	2335
35	34	5160	44	4050	53	3365	61	2915	68	2595
40	48	4775	58	3960	68	3415	76	3030	84	2750
45	66	4420	76	3830	86	3405	95	3090	103	2840
50	86	4180	97	3735	106	3400	115	3130	124	2920
55	109	4015	119	3670	129	3390	138	3165	147	2980
60	134	3900	144	3615	154	3390	163	3195	172	3030
65	160	3810	171	3580	180	2285	190	3215	199	3070
70	189	3740	200	3545	209	3380	219	3235	228	3105
75	220	3690	231	3525	241	3380	250	3250	259	3135
80	254	3645	264	3505	274	3380	284	3260	293	3160
85	289	3610	299	3490	309	3375	319	3270	328	3180
90	327	3580	337	3470	347	3375	357	3280	366	3200
a <sub>c</sub>	37	5145	47	4090	56	3425	64	2980	72	2665

A19-22: TENSÕES NOMINAIS DOS PÁRA-RAIOS E CALIBRE DOS LINKS DOS DROP – OUTS

A19.1-22: 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

A19.2-22: 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

A20-23: ESQUEMATIZAÇÃO DA DISPOSIÇÃO DE APOIOS NAS VIAS DE CIRCULAÇÃO

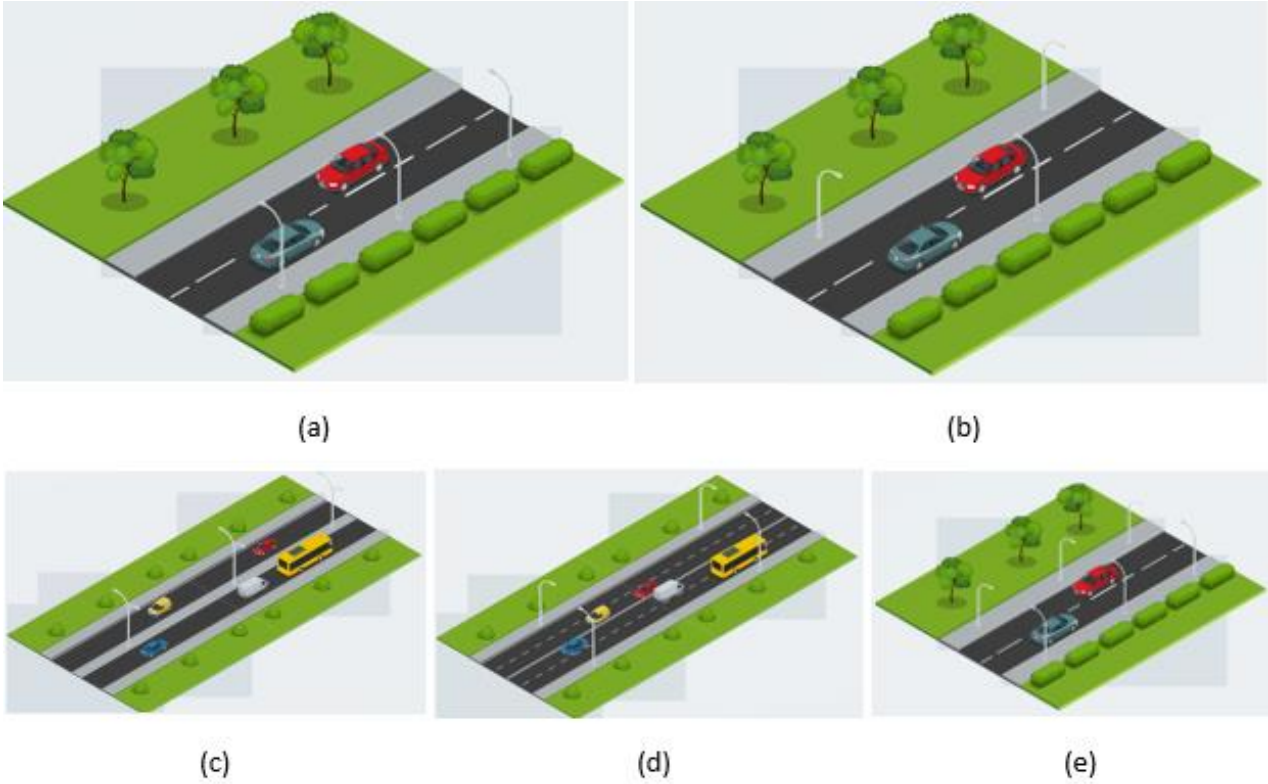


Figura A20-23: Esquemática da disposição de apoios nas vias de circulação [33].

## A21-24: ALUMINUM CONDUCTOR STEEL REINFORCED (ACSR)

Tabela A21.1-24: Aluminum Conductor Steel Reinforced (ACSR) Cables – Characteristics



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



Code Name	Nominal aluminium area	Equivalent copper area	Stranding and wire diameter		Overall diameter	Total area			Weights			Calculated breaking load	Maximum dc resistance at 20 °C
			Aluminium	Steel		Aluminium	Steel	Total	Aluminium	Steel	Total		
mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	kg/km	kg/km	kg/km	kN	Ω /km	
MOLE	10	6.5	6/1.50	1/1.50	4.5	10.6	1.77	12.4	29	14	43	4.1	2.7060
SQUIRREL	20	12.9	6/2.11	1/2.11	6.33	20.98	3.49	24.5	58	27	85	7.9	1.3700
GOPHER	25	16.1	6/2.36	1/2.36	7.08	26.25	4.37	30.6	72	34	106	9.6	1.0930
WEASEL	30	19.4	6/2.59	1/2.59	7.77	31.61	5.27	36.9	87	41	128	11.4	0.9077
FOX	35	22.6	6/2.79	1/2.79	8.37	36.66	6.11	42.8	101	46	149	13.2	0.7822
FERRET	40	26.8	6/3.00	1/3.00	9	42.41	7.07	49.8	117	55	172	15.2	0.6766
RABBIT	50	32.3	6/3.35	1/3.35	10.05	52.88	8.61	61.7	145	69	214	18.4	0.5426
MINK	60	36.7	6/3.66	1/3.66	10.98	63.13	10.52	73.7	173	82	255	21.9	0.4545

Tabela A21.2-24 Características Técnicas do Condutor ACSR/BS215 Padrão

Code name	Nominal aluminum area mm <sup>2</sup>	Stranding structure				Sectional area of aluminum mm <sup>2</sup>	Total sectional area mm <sup>2</sup>	Overall diameter mm	Total kg/km	Calculated breaking load daN	Calculate D.C resistance at 20°C Ω/km	Current Rating A
		Al. No.	Al. Dia.	St. No.	St. Dia.							
Mole	10	6	1.50	1	1.50	10.62	12.39	4.50	43	414	2.7060	67
Squirrel	20	6	2.11	1	2.11	20.94	24.43	6.33	85	788	1.3680	109
Gopher	25	6	2.36	1	2.36	26.24	30.62	7.08	106	961	1.0930	126
Weasel	30	6	2.59	1	2.59	31.61	36.88	7.77	128	1146	0.9077	134
Fox	35	6	2.79	1	2.79	36.66	42.77	8.37	149	1320	0.7822	147
Ferret	40	6	3.00	1	3.00	42.41	49.48	9.00	172	1520	0.6766	161
Rabbit	50	6	3.35	1	3.35	52.88	61.70	10.05	214	1835	0.5426	185
Mink	60	6	3.66	1	3.66	63.18	73.71	10.98	255	2180	0.4545	174



A22-25: VALORES DO COEFICIENTE  $1 + \alpha_{20} (\theta - 20)$  EM FUNÇÃO DE  $\theta$

Tabela A22-25: Valores do coeficiente  $1 + \alpha_{20} (\theta - 20)$ , em função de  $\theta$  [Fonte: SOLIDAL – Condutores Eléctricos, SA - pág. 120]

$\theta$ Temperatura do Condutor °C	$1 + \alpha_{20} (\theta - 20)$	
	Cobre	Alumínio
0	0,921	0,919
5	0,941	0,940
10	0,961	0,960
15	0,980	0,980
20	1,000	1,000
25	1,020	1,020
30	1,039	1,040
35	1,059	1,060
40	1,079	1,081
45	1,098	1,101
50	1,118	1,121
55	1,138	1,141
60	1,157	1,161
65	1,177	1,181
70	1,197	1,202
75	1,216	1,222
80	1,236	1,242
85	1,255	1,262
90	1,275	1,282
95	1,295	1,302
100	1,314	1,322

A23-26: FUSÍVEL APC, CABO VAV E DISJUNTOR TRIPOLAR



Figura A23.1-26:Fusível para protecção parcial dimensionado [Fonte: Autor do projecto]

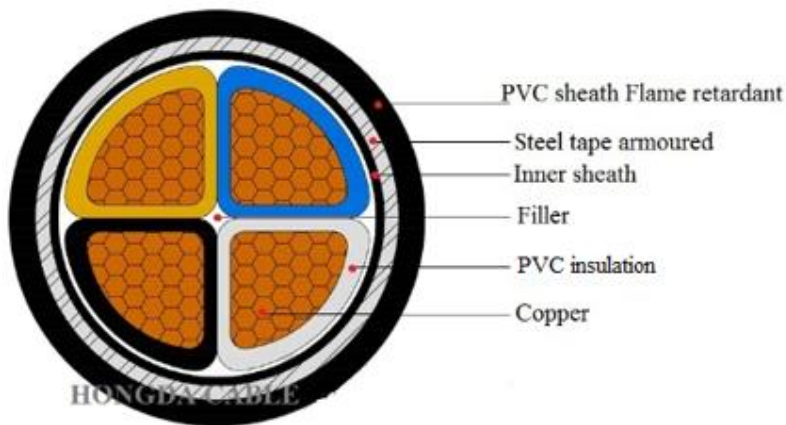


Figura A23.2-26: Cabo VAV de secção 95 mm<sup>2</sup>e disjuntor tripolar de 200 A de marca STECK [Fonte: Autor do projecto]

**ANEXOS: ACTAS DOS ENCONTROS**

## A24-27: ACTA DE ENCONTRO



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA  
**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:	<b>2023ELEPD07</b>	Data:	22/03/23
---------------------	--------------------	-------	----------

### 1. AGENDA:

Apresentação do TAT e discursão do tema

### 2. PRESENCAS

Supervisor	Eng.º Helder Nhambe
Co-Supervisor	
Estudante	César Roberto Siteo
Outros	

### 3. RESUMO DO ENCONTRO:

Correção do tema

Correção dos objectivos e metodologia

### 4. RECOMENDAÇÕES:

Reformular alguns aspectos no problema de estudo

Reformular os objectivos específicos

### 5. OBSERVAÇÕES

DATA DO PROXIMO ENCONTRO	06/05/23
--------------------------	----------

## A25-28: ACTA DE ENCONTRO



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA  
**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:	<b>2023ELEPD07</b>	Data:	06/05/23
---------------------	--------------------	-------	----------

### 5. AGENDA:

Apresentação do avanço da revisão bibliográfica

### 6. PRESENCAS

Supervisor	Eng.º Helder Nhambe
Co-Supervisor	
Estudante	César Roberto Siteo
Outros	

### 7. RESUMO DO ENCONTRO:

Reajuste do resumo

Discussão da revisão bibliográfica

### 8. RECOMENDAÇÕES:

Acertar os erros ortográficos

Transformar o capítulo 2 e 3 num só capítulo

Fazer especificação técnica dos dispositivos

### 5. OBSERVAÇÕES

DATA DO PROXIMO ENCONTRO	17/05/23
--------------------------	----------

## A26-29: ACTA DE ENCONTRO



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2023ELEPD07	Data:	17/05/23
---------------------	-------------	-------	----------

#### 9. AGENDA:

Apresentação do avanço do trabalho acerca dos resultados, análise e discussão

#### 10. PRESENCAS

Supervisor	Eng.º Helder Nhambe
Co-Supervisor	
Estudante	César Roberto Siteo
Outros	

#### 11. RESUMO DO ENCONTRO:

Fez-se a avaliação de todos os aspectos inerentes a este capítulo

#### 12. RECOMENDAÇÕES:

Demonstrar o desenho do perfil

Demonstrar a distribuição de carga

Acertar a paginação dos anexos em conformidade com as regras de culminação do curso

#### 5. OBSERVAÇÕES

DATA DO PROXIMO ENCONTRO	21/05/23
--------------------------	----------

## A27-30: ACTA DE ENCONTRO



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

### ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	<b>2023ELEPD07</b>	Data:	21/05/23
---------------------	--------------------	-------	----------

#### 13. AGENDA:

Apresentação do avanço do trabalho acerca da organização do relatório

#### 14. PRESENCAS

Supervisor	Eng.º Helder Nhambe
Co-Supervisor	
Estudante	César Roberto Siteo
Outros	

#### 15. RESUMO DO ENCONTRO:

Avaliação de todos os aspectos organizacionais do relatório

#### 16. RECOMENDAÇÕES:

Imprimir e levar ao local do estágio para apresentar o supervisor da empresa para obtenção da ficha de avaliação do desempenho

#### 5. OBSERVAÇÕES

DATA DO PROXIMO ENCONTRO	23/05/23
--------------------------	----------

## **ANEXOS: RELATÓRIO DE PROGRESSO**



## A28-31: RELATÓRIO DE PROGRESSO



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

RELATÓRIO DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA:	<b>2023ELEPD07</b>
---------------------	--------------------

### 1. ACTIVIDADES PLANIFICADAS

ACTIVIDADES	PRAZOS PREVISTOS
1. Reajuste do capítulo 1	05/04/23
2. Reajuste do capítulo 2 e 3	06/05/23
3. Desenvolvimento do cap. 4	17/06/23
4. Desenvolvimento do cap. 5	21/05/23

### 2. CONTROLE DE EXECUÇÃO

ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	28/03/23	15	Reajustar o resumo	
	30/03/23	70	Reajustar os objectivos especificos	
	04/04/23	100	Pode avançar com a revisão bibliográfica	
2	11/04/23	50	Fazer especificação técnica dos dispositivos	
	15/04/23	80	Acertar erros ortograficos e transformar o capítulo 2 e 3 num só capítulo	
	18/04/23	100	Pode avançar com a parte prática	
3	06/05/23	40	Demonstrar o desenho do perfil	
	09/05/23	75	Demonstrar a distribuição de carga	
	16/05/23	100	Pode avançar com a estimativa de custo	
4	17/05/23	45	Acertar a paginação dos anexos em conformidade com as regras de culminação do curso	
	19/05/23	85	Compilar todas informacoes num so documento	
	20/05/23	100	Pode avançar com a conclusão e recomendações	

## **ANEXOS: FICHAS DE AVALIAÇÃO**

## A29-32: GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**F1-GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: César Roberto Siteo

Referência do tema: 2023ELEPD07

Data: 20/02/2023

Título do tema: Projecto de expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de boquisso “b”, Maputo

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

<b>2. Resumo</b>	<b>Classificação</b>									
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos Resultados (Recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 2 subtotal (máx: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>	<b>Classificação</b>									
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise Crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/ conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (máx: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>	<b>Classificação</b>				
4.1. Legibilidade e organização do trabalho	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal (máx: 20)</b>					

<b>Total de pontos (máx: 100)</b>		<b>Nota (= Total*0.2)</b>	
-----------------------------------	--	---------------------------	--

Assinatura do Supervisor

-----  
 (Eng.º Helder Nhambe)

# A30-33: GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
**F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: César Roberto Siteo

Referência do tema: 2023ELEPD07

Data: \_\_\_/\_\_\_/2023

Título do tema: Projecto de expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de boquisso “b”, Maputo

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

<b>2. Organização e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Secção 2 subtotal (max: 25)</b>										

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

<b>4. Defesa</b>										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 3 subtotal (max: 50)</b>										

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

Maputo, \_\_\_\_\_ de Maio de 2023

## A31-34: FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
**F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: César Roberto Siteo

Referência do tema: 2023ELEPD07

Data: \_\_\_/\_\_\_/2023

Título do tema: Projecto de expansão de uma rede de distribuição de energia eléctrica no bairro de boquisso "b", Maputo

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

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

### OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

Maputo, \_\_\_\_\_ de Maio de 2023