



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

**Dimensionamento de um Rádio enlace para a ligação entre a Subestação Móvel de  
Chongoene e Subestação de Chicumbane**

Canacsim Agostinho Pedro

Supervisores:

Da Faculdade:

Supervisor: Eng<sup>ª</sup>: Roxan Cadir

Co-supervisor: Eng<sup>º</sup>: Edson Camilo Fortes

Da Empresa:

Supervisor: Eng<sup>º</sup>: Miguel Nguana

Co-supervisor: Eng<sup>º</sup>: Hermenegildo Chavane

Maputo, Agosto de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

**Dimensionamento de um Rádio enlace para a ligação entre a Subestação Móvel de  
Chongoene e Subestação de Chicumbane**

Canacsim Agostinho Pedro

Supervisores:

Da Faculdade:

Supervisor: Eng<sup>a</sup>: Roxan Cadir

Co-supervisor: Eng<sup>o</sup>: Edson Camilo Fortes

Da Empresa:

Supervisor: Eng<sup>o</sup>: Miguel Nguana

Co-supervisor: Eng<sup>o</sup>: Hermenegildo Chavane

Maputo, Agosto de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTECNICA

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE**

(Supervisor da Instituição)

Nome do estudante: Canacsim Agostinho Pedro

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/08/2022

Título do tema: **Dimensionamento de um Rádio enlace para a ligação entre a Subestação Móvel de Chongoene e Subestação de Chicumbane**

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

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

**Total de pontos (max: 35)**

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



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTECNICA

**FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE**

(Supervisor da UEM)

Nome do estudante: Canacsim Agostinho Pedro

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/08/2022

Título do tema: **Dimensionamento de um Rádio enlace para a ligação entre a Subestação Móvel de Chongoene e Subestação de Chicumbane**

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

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

**Total de pontos (max: 35)**

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



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**  
**AVALIAÇÃO DOS SUPERVISORES**

Autor: Canacsim Agostinho Pedro

**Dimensionamento de um Rádio enlace para a ligação entre a Subestação Móvel de Chongoene e Subestação de Chicumbane**

**Supervisores da Faculdade**

**Nota**

---

**(Eng.<sup>a</sup> Roxan Cadir)**

---

**(Eng.<sup>o</sup> Edson Camilo Fortes)**

**Supervisores da Empresa**

**Nota**

---

**(Eng.<sup>o</sup> Miguel Nguana)**

---

**(Eng.<sup>o</sup> Hermenegildo Chavane)**



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA

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

Declaro que o estudante \_\_\_\_\_, entregou no dia  
\_\_\_\_/\_\_\_\_/20\_\_\_\_, as \_\_\_\_\_ copias do relatório do seu Estágio Profissional com a  
referencia:\_\_\_\_\_

Intitulado:

-

---

---

---

---

---

---

---

Maputo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_

O Chefe da Secretaria

---

*“Nascemos para manifestar a glória do Universo que está dentro de nós. Não está apenas em um de nós: está em todos nós. E conforme deixamos nossa própria luz brilhar, inconscientemente damos às outras pessoas permissão para fazer o mesmo. E conforme nos libertamos do nosso medo, nossa presença, automaticamente, liberta os outros. ” (Nelson Mandela)*

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais Agostinho Pedro Uriua e Mariana Emílio Albano, que sempre estiveram ao meu lado e proporcionam o melhor que podem para mim no meu bem-estar, vossa presença durante esta jornada tornou tudo mais fácil e aos meus irmãos que são parte da minha felicidade.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus pela vida, e por ter concedido saúde, força e disposição para fazer faculdade e este relatório de estágio, e por sempre me tranquilizar em momentos difíceis desta jornada. Agradeço também por ter concedido sabedoria e entendimento aos meus pais para a minha educação, pelo apoio, forças e amor incondicional.

Agradeço a minha família, especialmente aos meus avós Albano e Filomena, que sempre foram um exemplo de luta, persistência e determinação, e aos meus tios Orlando, Graciano, Angelina, Teresa e Mariazinha pelo carinho, amor e incentivo que sempre recebi de vocês, e aos meus primos pelo companheirismo que sempre tive de vós.

Meu eterno agradecimento aos meus amigos, especialmente a Ruben Cunanhiua, Nelito José, Dinis Palme, Isac Lino, Dauce João Pedro Pappussecu, Benjamim Massua (e Família Massua), Edmilson Abubacar, Gabriel Chicova, Lise da Júlia Eugénio Totia, Eufrásia Armando, Roberta Francisco Alberto Moronha, Madalena Matola, casal Lucas Samson, obrigado pelos inúmeros conselhos, frases de motivação e puxões de orelha, as risadas que vocês compartilharam comigo nessa vida. Também agradeço, a todos os meus colegas especialmente ao Benjamim Matsinhe e o Isaías Chamusse, vocês foram fundamentais nessa desafiadora vida académica que tivemos.

À todos os docentes que contribuíram na minha trajectória académica meu muito obrigado, especialmente aos docentes Eng<sup>o</sup> Aristides Anselmo, Eng<sup>o</sup> Julian Garzón, Eng<sup>a</sup> Ivone Cipriano, e aos meus supervisores Eng<sup>a</sup> Roxan Cadir e Eng<sup>o</sup> Edson Camilo Fortes, por me aceitarem como supervisando e pelo esclarecimento de duvidas, atenção e paciência. Por fim, sou grato à empresa electricidade de Moçambique, E.P., Direcção de Transporte Sul (DTSU), que me concedeu a oportunidade de fazer estágio supervisionado e assim conhecer um pouco mais da minha área de formação. Obrigado por acreditarem nos conhecimentos por mim adquiridos durante a minha faculdade. Deixo aqui a minha gratidão ao Eng<sup>o</sup> Marco Paulo Chemane, Eng<sup>o</sup> Alfredo Tembe, Eng<sup>o</sup> Lourenço Manjate, e aos meus gestores e mentores Eng<sup>o</sup> Miguel Nguana e Hermenegildo Chavane, que me acompanharam de perto na realização deste trabalho.

## Resumo

Este relatório tem como objectivo, o dimensionamento de um rádio enlace por microondas para o *link* entre a subestação de Chicumbane e subestação Móvel de Chongoene, subestações situadas na província de Gaza e pertencentes a empresa Electricidade de Moçambique, E.P.. Para este dimensionamento usaram-se métodos tradicionais (baseados nos cálculos) e modernos (uso de softwares), estes métodos foram úteis para o cálculos das atenuações, disponibilidade e indisponibilidade do sistema de rádio enlace de microondas, nesses cálculos foram usadas recomendações e equações pertencentes as recomendações do ITU-R (*International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector*). No projecto estão apresentados conceitos de rádio enlace, a importância de rádio enlaces e a sua aplicação em diferentes áreas, também fala-se das ondas electromagnéticas que é a base para estudos desses fenómenos, apresenta-se a importância do estudo da elipsóide de Fresnel nos rádios enlaces e os passos a serem considerados para o dimensionamento de um projecto de rádio enlace. Feito o dimensionamento apresentaram-se os resultados, comprovando-se o funcionamento do rádio enlace e a disponibilidade mensal e anual. Para terminar apresentaram-se os equipamentos a serem usados na fase de implementação e orçamento do projecto.

Palavras-chaves: Dimensionamento, Rádio enlace, Ondas electromagnéticas

## **ABSTRACT**

This report aims to design a microwave radio link for the link between Chicumbane substation and Chongoene Mobile substation, substations located in Gaza province and belonging to Electricidade de Moçambique, E.P. traditional (based on calculations to obtain results) and modern (use of software to obtain results), these methods were useful for calculating the attenuations, availability and unavailability of the microwave radio link system, in these calculations recommendations and equations belonging to the recommendations of the ITU-R (International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector). The project presents radio link concepts, the importance of radio links and their application in different areas, it also talks about electromagnetic waves that are the basis for studies of these phenomena, presents the importance of studying the Fresnel ellipsoid in the radio links and steps to be considered for the design of a radio link project. After the sizing, the results were presented, proving the operation of the radio link and the monthly and annual availability. Finally, the equipment to be used in the implementation and budgeting phase of the project was presented.

Keywords: Dimensioning, Radio link, Electromagnetic waves

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SIGLA	SIGNIFICADO
AM	<i>Amplitude Modulation</i> (ou, Modulação em Amplitude)
CCD	Centro de Controlo da Distribuição
CND	Centro Nacional de Despacho
dB	Decibel
DEMUX	Desmultiplexador
EDM	Electricidade de Moçambique
FFM	<i>Flat Fading Margin</i> (ou, Margem de Desvanecimento Plano)
FOTS	<i>Fiber Optic Transmission Systems</i> (ou Sistema de Transmissão por Fibra Óptica)
GHz	Giga Hertz
HF	<i>High Frequency</i> (ou, Altas Frequências)
IDU	<i>Indoor Unit</i> / Unidade Interna
INCM	Instituto das Comunicações de Moçambique
TMN	<i>Telecommunications Management Network</i> (ou, Rede de Gerência de Telecomunicações)
ITU	<i>International Telecommunication Union</i> (ou, União Internacional de Telecomunicações)
ITU-R	<i>International Telecommunication Union: Radiocommunication Sector of ITU</i> (ou União Internacional de Telecomunicações: Sector de radiocomunicações da UIT)
Mbps	Megabits por segundo
Mcel	Moçambique Celular
MHz	Mega Hertz
MUX	Multiplexador
ODU	<i>Outdoor Unit</i> (ou, Unidade Interna)
PABX	<i>Private Automatic Branch Exchange</i> (ou, Troca Automática de Ramais Privados)
PCM	<i>Pulse Code Modulation</i> (ou, Modulação de Códigos de Pulsos)
PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> (ou, Hierarquia Digital Plesiócrona)
PLC	<i>Power Line communication</i> (ou, comunicação via rede eléctrica),
RF	Radiofrequência

Rx	Receptor
SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i> (ou, Hierarquia Digital Síncrona)
SI	Sistema Internacional
SIGMER	Sistema Integrado de estação e monitorização do Espectro Radioelétrico
STM-1	<i>Synchronous Transport Module Level 1</i> (ou, Módulo de Transporte Síncrono Nível 1)
STP	<i>Shielded Twisted Pair</i> (ou, Par Trancado Protegido)
TDM	Telecomunicações de Moçambique
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
TMcel	Moçambique Telecom
TVSD	Telecomunicações Electrónica
Tx	Transmissor
UHF	<i>Ultra High Frequency</i> (ou, Frequência Ultra Alta)
VHF	<i>Very High Frequency</i> (ou, Frequência Muito Alta)
VSWR	<i>Voltage Standing Wave Ratio</i> (ou, Relação de Onda Estacionária de Tensão)

---

## Índice

DEDICATÓRIA.....	viii
AGRADECIMENTOS.....	ix
Resumo.....	x
ABSTRACT.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xii
CAPÍTULO I.....	20
1. Introdução.....	20
1.1. Definição do Problema.....	21
1.2. Relevância da pesquisa.....	22
1.3. Objectivos.....	22
1.3.1. Objectivo Geral.....	22
1.3.2. Objectivos Específicos.....	23
1.4. Metodologia.....	23
1.4.1. Método de pesquisa.....	23
1.4.2. Procedimentos da pesquisa.....	23
1.4.3. Tipo de pesquisa.....	24
1.4.3.1. Quanto a natureza.....	24
1.4.3.2. Quanto a forma de abordagem do problema.....	24
1.4.3.3. Quanto aos objectivos.....	24
1.4.3.4. Quanto aos procedimentos técnicos.....	25
1.4.4. Instrumentos de colecta de dados.....	25
CAPÍTULO II.....	26
2. Revisão de literatura.....	26
2.1. Breve historial de Rádio Ponto a Ponto.....	26
2.2. Conceito de Rádio enlace.....	26
2.3. Rádio enlaces em Moçambique.....	27

2.4. Aplicações dos Rádios Enlaces.....	28
2.5. A importância da Visada.....	28
2.6. Ondas Electromagnéticas.....	30
2.6.1. Meios de transmissão.....	30
2.6.2. Zona de Fresnel.....	30
2.6.3. Desvanecimento.....	30
2.6.3. Perda no espaço livre.....	31
2.6.4. Refracção.....	31
2.6.4. Factor K.....	32
2.6.5. Difracção.....	33
2.6.6. Reflexão.....	34
2.6.7. Atenuação devido a chuvas.....	35
2.6.8. Atenuação causada pela atmosfera.....	36
2.7. Configuração sistemática.....	37
2.7.1. Hierarquia Digital PDH.....	37
2.7.1.1. Limitações dos sistemas PDH.....	37
2.7.2. Hierarquia digital SDH.....	37
2.7.3. Tipos de rádio ponto a ponto.....	38
2.7.4. Topologia de rede.....	38
2.8. Sistema aéreo.....	39
2.8.1. Antena.....	39
4.2. Ganho da Antena.....	39
2.8.2. Polarização.....	39
2.8.3. Ângulo de meia Potência.....	40
2.8.4. Relação Frente-Costa.....	41
2.8.5. Características mecânicas.....	41
2.8.6. Torres.....	41

2.8.6.1. Tipos de torres.....	41
2.8.7. Acessórios.....	42
CAPÍTULO III.....	43
3. Dimensionamento de rádio enlace: <i>Link</i> Chicumbane to Chongoene.....	43
3.1. Definição das estações.....	43
3.2. Parâmetros do enlace: Chicumbane e Chongoene.....	44
3.2.1. Distância e azimutes entre estações .....	44
3.2.2. Verificação da visada.....	45
3.2.3. Frequência a ser usada no enlace.....	47
3.3. Equipamento a ser usado.....	48
3.4. Tipos de antenas.....	48
3.5. Dimensionamento da altura das torres de antenas.....	48
3.5.1. Definição da altura das antenas .....	48
3.5.2. O factor K.....	48
3.6. Cálculo do raio de Fresnel (RF).....	49
3.7. Correção equivalente da curvatura da Terra (Hm).....	49
3.8. Cálculo da altura das antenas.....	50
3.9. Cálculo de desempenho e disponibilidade.....	51
3.9.1. Atenuação no espaço livre (Free Space Loss) - $A_e$ .....	52
3.9.2. Atenuação por absorção atmosférica .....	52
3.9.3. Atenuação total do circuito de ramificação .....	53
3.9.4. Atenuação do guia de onda .....	54
3.9.5. Atenuação Líquida - $A_t$ .....	54
3.10. Nível de Recepção Nominal - $P_{RN}$ .....	54
3.11. Disponibilidade do Enlace no Pior Mês.....	55
3.12. Disponibilidade Anual do Enlace.....	58
3.13. Atenuação devido a chuvas.....	60



3.14. Disponibilidade do enlace devido as chuvas.....	62
3.15. Disponibilidade total do enlace.....	62
CAPÍTULO IV.....	63
4. Material e Orçamento .....	63
4.1. Material proposto para o rádio enlace.....	63
4.2. Orçamento.....	63
CAPÍTULO V.....	65
5. Resultados, considerações finais e recomendações .....	65
5.1. Apresentação dos resultados e discussão.....	65
5.2. Considerações finais.....	69
5.3. Recomendações para trabalhos futuros.....	69
6. Bibliografia.....	70
Anexos.....	73
Anexo 1: Radio: 5 GHz Carrier Radio with LTU™ Technology .....	73
Anexo 2: Características do radio.....	74
Anexo 3: Ethernet Surge Protector.....	74
Anexo 5: Especificações do radio: Potencias sugeridas de TX.....	75
Anexo 6: Sensibilidade do Receptor do radio (em dBm) .....	76
Anexo 7: Antena do Radio.....	76
Anexo 8: Especificações da antena.....	77
Anexo 9: Especificações do Ethernet Surge Protector .....	78

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de sistema de Rádio Enlace .....	27
Figura 2: Exemplo de zona de Fresnel .....	30
Figura 3: Trajectórias de ondas electromagnéticas desvanecidas .....	31
Figura 4: Raio equivalente da Terra. ....	32

Figura 5: Valor de K excedido para 99,9% do tempo no pior mês do ano (clima continental temperado) .....	33
Figura 6: Difracção devido à superfície da Terra .....	34
Figura 7: Reflexão em uma superfície irregular .....	34
Figura 8 - Reflexão em superfície plana .....	35
Figura 9 - Polarização horizontal (a) e vertical (b) .....	40
Figura 10 - Ângulo de meia potencia .....	41
Figura 11- Tipos de Torres: Autoportantes, Estaiadas e Postes respectivamente. ....	42
Figura 12 - Localização da Subestação de Chicumbane.....	43
Figura 13 - Localização da Subestação Móvel de Chongoene.....	44
Figura 14 - Distância entre as subestações.....	44
Figura 15 - Distância entre as subestações e os azimutes.....	45
Figura 16 - Levantamento do perfil topográfico entre a subestação de Chicumbane e subestação móvel de Chongoene. ....	45
Figura 17 - Levantamento do perfil topográfico entre as estações da subestação de Chicumbane e subestação Móvel de Chongoene .....	46
Figura 18 - Levantamento do perfil das curvas do elipsóide de Fresnel entre as subestações de Chongoene e Chicumbane .....	47
Figura 19 - Cálculo de visada .....	48
Figura 20 - Instalação (1+1).....	53
Figura 21 - Refractividade do solo .....	56
Figura 22 - Rugosidade do solo na região do enlace .....	56
Figura 23 - Taxa pluviométrica para 0,01% do tempo [mm/h] .....	61
Figura 24: O <i>link</i> feito no <i>Radio Mobile Online</i> .....	66
Figura 25: limiar do receptor .....	68
Figura 26 – Confiabilidade do sinal recebido.....	68
Figura 27 - Radio: 5 GHz Carrier Radio with LTU™ Technology.....	73
Figura 28 - Ethernet Surge Protector .....	74
Figura 29 - Antena do Radio.....	76

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de chuva (recomendações ITU-T 838) .....	36
Tabela 2: Atenuação devido à atmosfera (recomendações ITU-R 838) .....	36

Tabela 3: Tabela PDH. ....	37
Tabela 4 - Os ritmos das hierarquias de SDH. ....	38
Tabela 5 - Tipos de rádio por capacidade de transmissão. ....	39
Tabela 6 - Distâncias atendidas por faixa de frequência ....	47
Tabela 7 - Percentagem da liberação da elipsóide de Fresnel em relação à frequência e factor K ....	49
Tabela 8 - Dados para o cálculo das antenas.....	51
Tabela 9 - Informação da Modulação, sensibilidade e capacidade do equipamento através da potência de recepção.....	55
Tabela 10 - Dados da Área de Assinatura .....	59
Tabela 11 - Orçamento do projecto .....	63
Tabela 12 - Apresentação dos resultados obtidos no cálculo.....	65
Tabela 13 - Tabela de execução do enlace.....	67
Tabela 14 - Características do radio.....	74
Tabela 15 - Especificações do Radio, Frequência de Operação e Bluetooth .....	75
Tabela 16 - Especificações do radio: Potencias sugeridas de TX. ....	75
Tabela 17 - Sensibilidade do Receptor do radio (em dBm). ....	76
Tabela 18 - Especificações da antena.....	77
Tabela 19 - Especificações do Ethernet Surge Protector .....	78

## CAPÍTULO I

### 1. Introdução

Na antiguidade, a comunicação era importante na difusão da informação, os povos mais antigos usavam os gestos, gritos e grunhidos para a comunicação. Com o tempo o homem ganhou novas habilidades e descobriu outras formas de comunicação.

Nos tempos actuais a comunicação tornou-se algo impreterível para o dia-a-dia das pessoas no mundo, que a vida de cada um está cada vez mais conectada à internet. E por mais que se destaque nos momentos actuais, a telecomunicação surgiu no século XIX.

Foi no século XIX, que Heinrich Hertz descobriu as ondas electromagnéticas, algo que contribuiria enormemente para a radiodifusão. Com a descoberta das ondas electromagnéticas e a modulação se iniciaram as primeiras experiências de radiocomunicação e radiodifusão, que a partir deste ponto ganhou espaço comercial, (Wikipédia, 2020).

Com a comercialização das radiocomunicações e com inúmeras vantagens trazidas por estas tecnologias, várias empresas singraram neste ramo, algumas como provedoras de serviços e outras como clientes, e assim o mercado das rádios enlaces expandiu-se e dessa forma para melhor controlo das rádios comunicações e outros sistemas de comunicação criaram-se autoridades reguladoras que pudessem controlar tais tecnologias assim como o controle e comercialização do espectro de frequência.

No caso de Moçambique, a autoridade reguladora das comunicações é a INCM (Instituto Nacional das Comunicações de Moçambique), que tem por finalidade, a regulação, supervisão, fiscalização, sancionamento e representação dos sectores postais e de telecomunicações, bem como a gestão do espectro de frequências radioeléctricas e numeração. (INCM, 2017)

Sendo uma entidade reguladora das comunicações em Moçambique, todos os rádios enlaces estão sob a sua gestão e supervisão, desde empresas mais notáveis do ramo de telecomunicações como é o caso das TVSD, TMcel, Vodacom e Movitel até as não muito notáveis, como é o caso da EDM.

A EDM usa várias tecnologias no transporte de dados e voz na sua rede eléctrica e na comunicação entre os funcionários, dentre elas são rádios enlaces ponto-a-ponto e ponto-a-multipontos, fibra óptica e PLC (*Power Line communication*, ou comunicação via rede eléctrica), contudo, é do interesse do trabalho focar-se nas rádios enlaces ponto-a-ponto

ou simplesmente rádio enlaces de microondas. Esta tecnologia possui vantagens como a flexibilidade e a facilidade de implementação, sem deixar de lado a relação custo-benefício que é reduzida quando se implementa do que ao se comprar serviços de operadoras. Neste contexto, o presente trabalho aborda sobre o dimensionamento de um sistema de rádio *link* entre a subestação Móvel de Chongoene e Subestação de Chicumbane, feito no âmbito da culminação do curso de Licenciatura em Engenharia Electrónica.

Quanto a organização do trabalho, seguiram-se as normas em vigor no Regulamento de Culminação de Estudos nos Cursos de Engenharia, da Faculdade de Engenharia – Universidade Eduardo Mondlane. Nesta perspectiva o trabalho está organizado da seguinte forma:

**O primeiro capítulo**, corresponde a parte introdutória do trabalho, isto é, a introdução, definição do problema, relevância, objectivos e a metodologia.

**O segundo capítulo**, faz a fundamentação teórica, apresentam-se vários conceitos em torno do estudo e no âmbito das matérias que já estudadas e publicadas que se relacionam com o tema do trabalho, para a solução do problema; e contempla o sistema aéreo, é constituído por todos os equipamentos para a correcta instalação das antenas de um rádio enlace, ou seja, torre, antena, guia de onda, conectores, sistemas de pressurização e sistemas de energia e aterramento, para posterior compreensão do dimensionamento.

**O terceiro capítulo**, descreve os elementos básicos para o dimensionamento de Rádio enlace, a medida que se vai dimensionando o rádio enlace do projecto.

**O quarto capítulo**, apresenta os materiais e o cálculo do orçamento do projecto

**O quinto capítulo**, aborda os resultados obtidas no dimensionamento e a sua interpretação, considerações finais e as recomendações para os trabalhos futuros.

Após o quinto capítulo, segue-se a bibliografia, onde é apresentada as referências bibliográficas do material usado e por fim os anexos para complementar o trabalho.

### **1.1. Definição do Problema**

Durante a apresentação da unidade orgânica da EDM, levantou-se a questão da não visualização de algumas subestações no Centro Nacional de Despacho, o que limita o controle remoto dessas subestações, para além deste pronunciamento, durante as actividades diárias mencionou-se a mesma questão mas, desta vez com enfoque no *link* entre a Subestação Móvel de Chongoene e Subestação de Chicumbane.

Dada esta situação, levantou-se a seguinte questão: das tecnologias existentes na interligação de sistemas e dispositivos para a comunicação de dados e voz, qual seria a

melhor solução para o *link* da subestação Móvel de Chongoene e a subestação de Chicumbane?

Esta pergunta deu partida a esta pesquisa de melhores soluções e a intenção de propor um sistema de rádio *link* entre as subestações. Uma vez que a EDM já possui este sistema e depois de uma análise com os supervisores relevou-se mais vantajoso nesta situação em relação aos outros sistemas (Fibra óptica e PLC).

Este projecto busca fazer o dimensionamento de um *rádio link*, para a comunicação de duas subestações eléctricas na província de Gaza que são, a subestação de Chicumbane e a Subestação Móvel de Chongoene. A dificuldade de visualização da subestação móvel de Chongoene no CND e CCD na cidade de Maputo, traz impossibilidade de monitoramento remoto da subestação móvel no CND na cidade de Maputo, requerendo desta forma o deslocamento de uma equipe de trabalho a subestação nos casos de avarias ou manobras na linha, isto traz de certa forma prejuízos a empresa assim como deslocamentos desnecessários das equipas de trabalho em certos casos. Visto que a Subestação de Chicumbane comunica com o CND e CCD na cidade de Maputo, nesta perspectiva o projecto de um *rádio link* faria com que a subestação móvel de Chongoene comunicasse com a subestação de Chicumbane e conseqüentemente a informação ou os dados da subestação móvel seriam visíveis no CND na Cidade de Maputo.

## **1.2. Relevância da pesquisa**

Este trabalho será desenvolvido na perspectiva de dimensionar um sistema de *Rádio link* que vem atender as demandas internas da Electricidade de Moçambique (EDM). Internamente o projecto é aplicado a comunicação de voz e dados para a visualização e o monitoramento remoto da subestação móvel de Chongoene por meio da subestação de Chicumbane.

O rádio enlace ponto a ponto ainda é uma tecnologia muito usada em Moçambique e no mundo, pois existem aplicações, onde praticamente só esta tecnologia se torna técnica e economicamente viável.

## **1.3. Objectivos**

### **1.3.1. Objectivo Geral**

- Dimensionar um sistema de rádio *link* para a comunicação da subestação móvel de Chongoene e subestação de Chicumbane.

### 1.3.2. Objectivos Específicos

- Explicar os conceitos de rádio enlaces ponto-a-ponto e a sua aplicabilidade;
- Estudar as hierarquias digitais PDH e SDH;
- Estudar as características fundamentais para um sistema de propagação de onda, antenas e características mecânicas;
- Realizar as simulações da transmissão de radiofrequência por meio de *softwares* (*PathLoss, Google Earth, Radio Mobile Onlice*);
- Fazer o estudo do desempenho e da disponibilidade mensal e anual do enlace e as atenuações causadas por chuvas.

### 1.4. Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho, será feita uma pesquisa bibliográfica e no desenvolvimento de um estudo de caso na empresa EDM (Electricidade de Moçambique), com o objectivo de reunir informações e dados que servirão de base para a construção da investigação proposta a partir do tema abordado.

#### 1.4.1. Método de pesquisa

Para o desenvolvimento deste trabalho será usado o método com a linha de abordagem indutiva. Segundo Lakatos & Marconi (2017), indução é um processo mental por intermédio do qual, partindo de dados particulares, suficientemente constatados, infere-se uma verdade geral ou universal.

Este método revelou-se útil para o desenvolvimento deste trabalho porque segue etapas que serão uteis na elaboração deste trabalho, dentre elas são:

Colecta de informações a partir da observação rigorosa da natureza: esta etapa compreende a observação do local presencialmente ou por meio de *softwares* (como é o caso deste trabalho), extracção de coordenadas geográficas e o cálculo da distância entre os pontos de estudo.

Colhidos os dados acima passa para a reunião, organização sistemática e racional dos dados recolhidos, seguindo-se assim a formulação de hipóteses segundo a análise dos dados recolhidos e por final por meio de cálculos e simulações do sistema, fazer a comprovação das hipóteses levantadas.

#### 1.4.2. Procedimentos da pesquisa

Para efectivar este trabalho de pesquisa, far-se-á levantamento das coordenadas geográficas e cálculo da distância entre a localização das estações bases por meio de

*softwares* como *Google Earth* e *Pathloss*. Por meio da distância achar-se-á a frequência, mediante a disponibilidade dos equipamentos e far-se-á o ajuste das alturas das torres de antena. E por final vai se calcular a disponibilidade do sistema.

### **1.4.3. Tipo de pesquisa**

Segundo Lakatos & Marconi (2017), a pesquisa é um procedimento reflectivo sistemático, controlado e crítico, que permite descobrir novos factos ou dados, relações ou leis, em qualquer campo do conhecimento. Com isso, as pesquisas podem ser classificadas de ponto de vista da sua natureza, forma de abordagem do problema, dos seus objectivos e do ponto de vista dos procedimentos técnicos.

#### **1.4.3.1. Quanto a natureza**

O este trabalho, quanto a natureza de pesquisa é considerado aplicada. De acordo com Silva & Meneses (2001), pesquisa aplicada é aquela que objectiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.

Contudo, o trabalho é de natureza aplicada porque o dimensionamento de um rádio enlace entre a subestação de Chicumbane e subestação móvel de Chongoene, constitui uma proposta para a resolução de um problema específico e como meio para a troca de dados e voz entre essas subestações.

#### **1.4.3.2. Quanto a forma de abordagem do problema**

A pesquisa, quanto a forma de abordagem é qualitativa, porque não se preocupa com a representatividade numérica, mas sim em compreender a comunicação entre duas subestações no que diz respeito a troca de dados e voz do ponto de vista de rádio enlaces. De acordo com André (2005), os pesquisadores que utilizam os métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, exprimindo o que convém ser feito, mas não quantificam os valores e as trocas métricas (suscitados e de interacção) e se valem de diferentes abordagens.

Neste contexto, por meio de instrumentos de colecta de dados foi realizada uma pesquisa qualitativa no local (EDM), que possibilitou colher informações sobre a falta de comunicação da subestação Móvel de Chongoene com a CND, sendo desta forma impossível o monitoramento remoto da subestação.

#### **1.4.3.3. Quanto aos objectivos**

A presente pesquisa quanto aos objectivos é uma pesquisa descritiva e exploratória. Segundo Prodanov & Freitas (2013), na pesquisa descritiva, o pesquisador observa, analisa e ordena os dados sem interferir neles, visando descrever as características de uma determinada população ou fenómeno e procura descobrir a frequência com que um facto



ocorre, suas características e causas. E as pesquisas exploratórias têm por finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que se pretende investigar e assumem geralmente a forma de pesquisa bibliográfica.

Contudo, optou-se em usar o método descritivo, visto que ele parte da ideia de que as rádios enlaces já são conhecidas, porém, o pesquisador vai descrever o objecto de forma a ter uma nova versão na realidade da citação; e exploratório, porque visa fazer uma sondagem e se familiarizar com o tema de estudo em apreço, isto é, rádios enlaces.

#### **1.4.3.4. Quanto aos procedimentos técnicos**

Tendo em vista a natureza do estudo que se pretende desenvolver, o trabalho constitui uma pesquisa – acção, recorrendo à pesquisa bibliográfica, consultas em *websites*, artigos teóricos, livros, dissertações, teses de conclusão de curso e monografias, bem como consulta a técnicos da área de telecomunicações com vista a escolher a melhor solução de sistema de rádios enlaces existentes.

#### **1.4.4. Instrumentos de colecta de dados**

Neste trabalho como instrumentos de colecta de dados recorreu-se a entrevistas. O uso desse instrumento permitiu obter-se muita informação da parte dos supervisores acerca do terreno em estudo e da sua localização. E o principal motivo do uso desta ferramenta para a colecta de dados reside no facto de não poder por meio de observação directa obter os dados do local (as coordenadas geográficas), por se situarem na província de Gaza e pela restrição a viagens do estágio profissional.

## CAPÍTULO II

### 2. Revisão de literatura

#### 2.1. Breve historial de Rádio Ponto a Ponto

As rádios comunicações tiveram início com Michael Faraday, quando em 1831 fez várias descobertas a respeito das ondas electromagnéticas e em 1864, as pesquisas de James Clerk Maxwell o levaram a formular quatro equações que demonstram que os campos electromagnéticos se propagam na velocidade da luz, (Penteado, 2017).

Com o estudo feito pelo cientista Maxwell, Heinrich Rudolf Hertz em 1864 comprovou que eram verdadeiras as leis de Maxwell, através de ensaios com equipamentos e oscilador linear. Dessas descobertas, Marchese Guglielmo Marconi em 1895, inventou o rádio, com seu funcionamento baseado nas ondas hertzianas, desenvolvidas por Hertz, (Penteado, 2017).

#### 2.2. Conceito de Rádio enlace

Com a evolução das Tecnologias de Informação e Comunicação, vários equipamentos foram ganhando robustez cada vez mais, tanto que passou a usar-se o espaço livre para a transmissão de voz e dados e na busca de maior taxa de transmissão de dados passou a usar-se a luz para a transmissão de dados e voz, estes sistemas de transmissão são chamados de Sistemas de rádio enlace e sistemas de fibra óptica, respectivamente. Este trabalho foca-se no estudo de sistemas de rádio enlace, daí que nesta etapa o objectivo principal é compreender o conceito dos rádios enlaces.

O enlace por meio de ondas de rádio - enlace de microondas - é um meio de transmissão que utiliza ondas electromagnéticas em determinada frequência por meio de uma antena transmissora e receptora, (Piau & Carrijo, 2014). O rádio enlace permite a comunicação entre duas pontas, transmitindo a informação de uma estação até a outra ponta. Esta pode ser estação da operadora ou de um cliente a ser atendido. A capacidade transmitida em um enlace de rádio origina-se de uma fibra óptica ou por outro enlace de rádio. A Figura 1, mostra de forma resumida um sistema de comunicação de rádio enlace microondas.

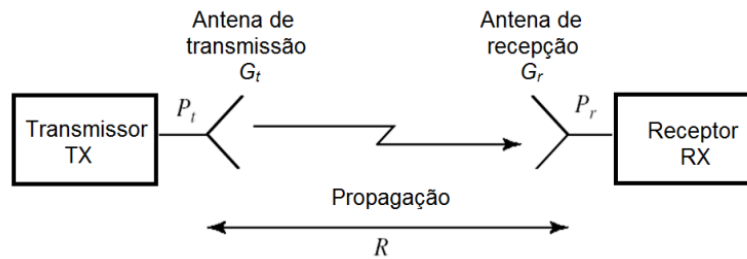


Figura 1: Exemplo de sistema de Rádio Enlace, (4).

A comunicação rádio enlace ponto a ponto, é possível quando se verifica uma “visada” entre os pontos ou estações, isto implica a não obstrução do sinal entre as duas antenas das estações para que seja transmitido com uma boa qualidade e poucas interferências possíveis.

### 2.3. Rádio enlaces em Moçambique

O uso crescente das radiocomunicações com recurso ao espectro radioelétrico, devido em particular à necessidade progressiva, bem como às oportunidades que esta utilização pode criar para o desenvolvimento da sociedade, fazem ressaltar a importância do país adoptar-se de um sistema eficaz de gestão do espectro. Assim sendo, em Moçambique, a província de Sofala dispõe desde o dia 7 de Junho de 2017 do Sistema Integrado de Gestão e Monitorização do Espectro Radioelétrico (SIGMER). Este feito aconteceu depois das províncias de Tete, Nampula e Zambézia terem recebido o mesmo equipamento, (INCM, 2017).

Visto que as radiocomunicações, são usadas em todos os sectores de actividade como, por exemplo, redes e serviços de comunicações electrónicas, incluindo radiodifusão, defesa nacional, segurança pública, negócios, indústria, comunicações pessoais, investigação científica, etc., todas estas aplicações são cruciais para estimar, entre outros, o crescimento da economia e o bem-estar dos cidadãos, (INCM, 2017).

Este sistema destina-se a gerir o espectro radioelétrico, a combater o uso indevido do espectro radioelétrico, bem como o de equipamentos e sistemas de comunicações ilegais e comunicações interditas, (INCM, 2017).

Em conformidade com a lei n.º 4/2016, de 3 de Junho (Lei das Telecomunicações), artigo 23º, “o espectro de frequências radioelétricas é um recurso natural escasso e constitui domínio público do Estado”. Por sua vez o artigo 29º, da mesma Lei, estabelece que aos utilizadores de estações de radiocomunicações é expressamente vedado “efectuar ou permitir radiocomunicações ilícitas”, (INCM, 2017).

Com a instalação deste sistema naquelas províncias do país, a Autoridade Reguladora das Comunicações - INCM cumpre com o seu dever de cobrir os principais centros populacionais e de negócios nacionais distribuídos pelas regiões, designadamente as zonas: Sul, Centro e Norte do país, (INCM, 2017).

Com esta acção interventiva, a Autoridade Reguladora das Comunicações - INCM pretende melhorar a qualidade das comunicações efectuadas nos serviços, desencorajar o uso ilegal do espectro e actuar como impulsionador da economia e desenvolvimento dos diferentes sectores, (INCM, 2017).

#### **2.4. Aplicações dos Rádios Enlaces**

Um enlace, pode ser definido como sendo sistemas de comunicações entre pontos fixos situados sobre a superfície terrestre, comumente chamados de estações, que proporcionam uma capacidade de transmissão de informações. O enlace rádio é um meio de transmissão que utiliza ondas electromagnéticas para comunicação entre antenas transmissoras e receptoras, (Target, 2020).

Sistemas rádio enlace são actualmente muito utilizados e implantados em quantidade cada vez maior, muitas vezes em conjunto com sistemas FOTS - *Fiber-Optic Transmission System*, sendo um dos mais empregados meios de transmissão.

Apesar de ter capacidade de transmissão inferior à fibra óptica, o sistema de rádio enlace tem diversas aplicações e é largamente utilizado. Abaixo, algumas das possíveis aplicações, segundo (Ongaratto, 2009):

- Rede de transporte das operadoras regionais e de longa distância;
- Rede de transporte das operadoras de sistemas celulares fixos e móveis;
- Rede privada das operadoras de sistemas de energia e outras;
- Redes cooperativas;
- Rede de distribuição de sinais de TV;
- *Links* temporários;
- Provedores de serviços de internet.

#### **2.5. A importância da Visada**

Por causa das altas frequências utilizadas, para um melhor funcionamento do sistema de microondas é necessário que os pontos entre o enlace estejam em visada directa, tendo uma altura livre adequada para a propagação durante toda época do ano, levando em conta as variações das condições atmosféricas da região, (Target, 2020).

Também, para evitar perdas por reflexão ou atenuação, não deve haver obstáculos dentro do primeiro raio da zona de Fresnel, modelo para cálculos de propagação que define uma região (elipsóide) dentro da qual a maior parte de energia do sinal está contida. Se houver impossibilidade de visada directa entre duas estações são utilizadas estações intermediárias, as repetidoras, para transmissão do sinal, (Target, 2020).

## 2.6. Ondas Electromagnéticas

### 2.6.1. Meios de transmissão

A energia eléctrica proveniente de um sinal de informação tráfega através de um meio de comunicação para alcançar o sistema receptor desejado. Os meios de comunicações mais comuns são, (Piau, 2013):

- O espaço (livre, troposfera, ionosfera);
- Cabo coaxial;
- Fibra óptica;
- Par trançado, etc.

### 2.6.2. Zona de Fresnel

Em óptica e comunicações de rádio (na verdade, em qualquer situação que envolva a radiação de ondas), uma zona de Fresnel ou elipsóide de Fresnel, nomeado a partir do físico Augustin-Jean Fresnel, é um dos elipsóides concêntricos que define os volumes do padrão de radiação (geralmente) de abertura circular. As zonas de Fresnel resultam de difracção por uma abertura circular, (Wikipédia, 2019).

Como regra prática, um enlace é considerado com visada directa, ou seja, com fenómeno de difracção desprezível se não existir nenhum obstáculo dentro da primeira zona de Fresnel. Isto é aplicado devido ao facto de que todas as zonas de Fresnel somadas resultam em um valor que corresponde à metade do valor de apenas o primeiro elipsóide, segundo (Ongaratto, 2009).

Na figura 2, pode-se ver claramente um exemplo de elipsóide de Fresnel.

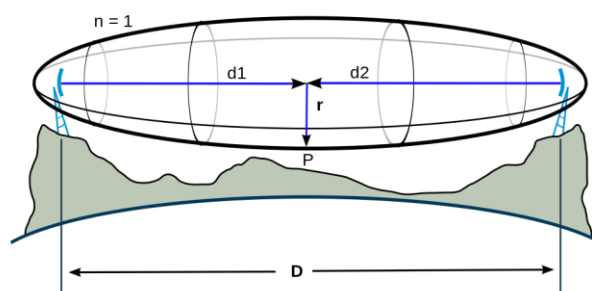


Figura 2: Exemplo de zona de Fresnel, (30).

### 2.6.3. Desvanecimento

Segundo Massango (2018), são flutuações do sinal recebido, decorrentes de problemas na transmissão, acontecem quando não possuímos uma superfície regular e nem uma atmosfera estável, o feixe electromagnético sofre variações com suas características. Neste

caso a intensidade do sinal recebido varia a cada instante, prejudicando a recepção. Por exemplo, na recepção de radiodifusão AM durante a noite.

A figura 3, mostra as diferentes trajetórias de ondas electromagnéticas desvanecidas.



Figura 3: Trajetórias de ondas electromagnéticas desvanecidas, (14).

O desvanecimento pode ser de dois tipos, (Ongaratto, 2009):

- Plano (ou não selectivo);
- Selectivo.

Existem basicamente três modelos matemáticos para fenómenos de desvanecimento selectivo:

- Modelo de dois raios;
- Modelo de três raios;
- Modelo polinomial.

Na maioria dos rádios enlaces (cerca de 90%), o modelo de dois raios é aplicável.

### 2.6.3. Perda no espaço livre

Como as ondas se propagam em linha recta, no espaço livre, sem a ocorrência de refacção ou mesmo reflexão, entende-se que a propagação de um sinal assume uma forma geométrica, na forma de esfera, uma vez que a energia do sinal se espalha a partir do transmissor por esferas cada vez maiores. Quando mais ele se afaste, maior é o raio da esfera, portanto é razoável tratar esse sinal como uma frente de ondas planas, (Ongaratto, 2009).

### 2.6.4. Refracção

A refacção de uma onda ocorre quando ela passa de um meio para outro, excepto nos casos em que a direcção do raio formar um ângulo recto com a superfície, (Ongaratto, 2009). Este fenómeno é considerado no cálculo dos enlaces, através de um parâmetro chamado Factor K.

#### 2.6.4. Factor K

Para analisar a propagação das ondas de rádio na atmosfera, faz-se uso de um artifício que é considerar o feixe sem curvatura, ou seja, uma linha recta, e para compensar isso, aumenta-se o raio da Terra. Assim, têm-se um modelo equivalente como pode ser visto na figura 4.

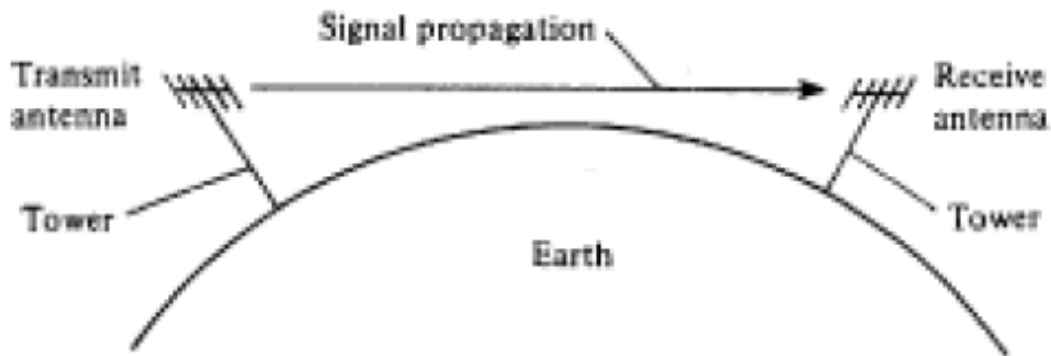


Figura 4: Raio equivalente da Terra, (17).

Para que a análise possa ser feita de forma correcta, usa-se um parâmetro chamado Factor K, que é relativo ao gradiente vertical ( $dn/dh$ ) do índice de refacção ( $n$ ) e ao raio da Terra ( $a$ ), segundo a equação 1:

Equação 1

$$K = \frac{1}{1 + a \frac{dn}{dh}}$$

Onde:

- $a$  : raio da Terra:  $6,37 \times 10^6$
- $\frac{dn}{dh} = \frac{dM}{dh} \times 10^{-6} - \frac{1}{a}$
- $\frac{dM}{dh} = 0,118 M.U/m$  (valor médio do gradiente de refractividade próximo da superfície terrestre)

Com isso obtemos um  $k_{\text{médio}}=4/3$ , definido para a atmosfera padrão.

Para que o projecto esteja adequado, o perfil da Terra deve ser corrigido através de dois factores K, sendo um para atmosfera padrão ( $k_{\text{médio}}=4/3$ ) e outro que se chama  $k_{\text{mínimo}}$ , cujo valor é obtido através de um documento (ITU-R 530-09). Este valor de K varia em função do comprimento do enlace considerado para 99,9% do tempo no pior mês do ano.

Na teoria, o projectista deve aplicar os dois valores de K e adoptar o que for mais crítico.

De maneira prática, adopta-se o  $k_{\text{mínimo}}$  para enlaces longos e o  $k_{\text{médio}}$  para enlaces curtos.

Na figura 5, ilustra a variação do  $K_{\text{mínimo}}$ .



Value of  $k_e$  exceeded for approximately 99.9% of the worst month  
(Continental temperate climate)

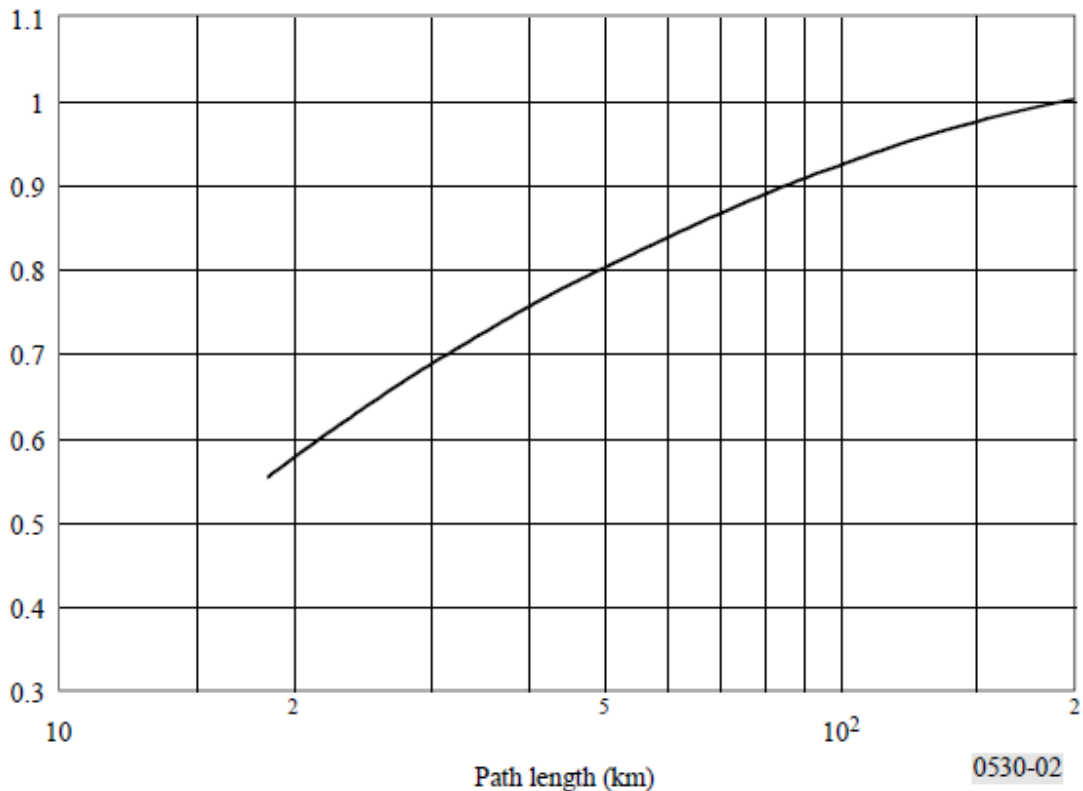


Figura 5: Valor de K excedido para 99,9% do tempo no pior mês do ano (clima continental temperado), (17).

### 2.6.5. Difraccção

O fenómeno da difracção é causado pelos eventuais obstáculos que possam existir entre a estação transmissora e a estação receptora, (Ongaratto, 2009).

A difracção explica como a energia de RF (Radiofrequência) pode “viajar” entre transmissor e receptor sem linha de visada. Esse fenómeno ocorre quando algumas das ondas caminantes são limitadas, em seu avanço, por um objecto, opção que deixa passar apenas uma fracção das frentes de onda, e pode ser observado como uma propagação da onda para regiões além do objecto e situadas na sombra deste em relação à direcção da onda incidente, ou como a propagação da onda em direcções preferenciais, etc.

Um facto importante a se observar é que difracção esta intimamente ligada ao factor K, de maneira que quanto menor for o valor de K, maior será o efeito da difracção devido à curvatura da Terra, como pode ser vista na figura 6.

Através da recomendação P 526-7 do ITU-R pode-se obter as directrizes para as estimativas de perdas.

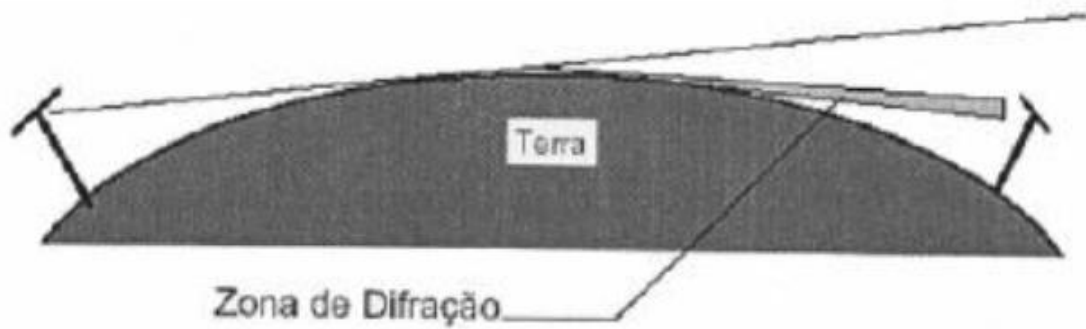


Figura 6: Difracção devido à superfície da Terra, (17).

### 2.6.6. Reflexão

Reflexão é a modificação da direcção de propagação de uma onda que incide sobre uma superfície que separa dois meios diferentes e retorna para o meio inicial.

A reflexão de uma onda electromagnética se deve à superfície do solo, obstáculos próximos ou distantes, ou ainda das camadas atmosféricas. Um dos problemas da reflexão é que há um atraso entre o sinal transmitido directamente entre o transmissor e o receptor e o sinal que é reflectido por alguma superfície. Este atraso causa uma interferência que pode ser muito prejudicial para as comunicações entre estações.

Na figura 7, é possível um exemplo de reflexão em uma superfície irregular.

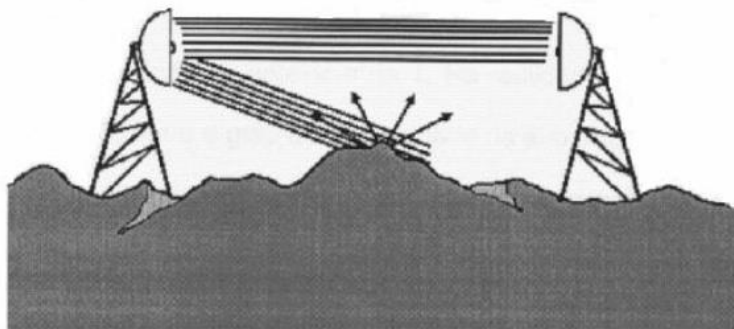


Figura 7: Reflexão em uma superfície irregular, (17).

Na figura 8, é possível ver o tipo mais preocupante de reflexão que é a reflexão em superfícies planas.

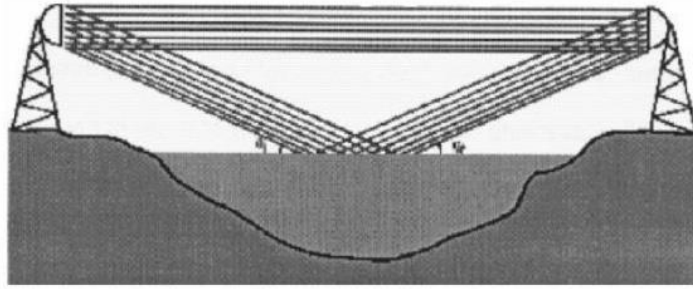


Figura 8 - Reflexão em superfície plana, (17).

### 2.6.7. Atenuação devido a chuvas

Chuvas, em geral, constituem um factor que contribui de maneira considerável para a interrupção do sinal transmitido entre duas estações de rádio, cabe aos projectistas dimensionar correctamente os equipamentos para que esta interrupção seja a menor possível, (Ongaratto, 2009).

Existem alguns modelos para tratar sobre a atenuação devido às chuvas. Aqui será tratado do ITU-R 838 e 530-7.

Neste método, o ponto de partida é taxa pluviométrica excedida em 0,001% do tempo ao longo de um ano, ou seja, cerca de 53 minutos.

Em seguida, calcula-se a “atenuação específica” para o lance, que é definida como a atenuação por quilómetro de lance provocada por chuva. Essa atenuação depende da frequência, da polarização e da taxa pluviométrica, conforme as equações 2 e 3 a seguir:

- Polarização Vertical:

Equação 2

$$\gamma_r = K_v \cdot R^{\alpha_v}$$

- Polarização Horizontal:

Equação 3

$$\gamma_r = K_h \cdot R^{\alpha_h}$$

Em que:

- $\gamma_r$  - atenuação específica (dB/km);
- R - taxa pluviométrica para 0,01% do tempo (mm/h);
- $K_v$  e  $K_h$  - Coeficientes dependentes da estrutura da chuva;
- $\alpha_h$  e  $\alpha_v$  - Coeficientes da estrutura da chuva.

A tabela 1, relaciona os valores dos coeficientes dependentes da estrutura da chuva.

Tabela 1: Parâmetros de chuva (recomendações ITU-T 838), (17).

Frequência (GHz)	$K_h$	$K_v$	$a_h$	$a_v$
6	0,00175	0,00155	1,30800	1,26500
7	0,00301	0,00265	1,33200	1,31200
8	0,00454	0,00395	1,32700	1,31000
10	0,01010	0,00887	1,27600	1,26400
12	0,01880	0,01680	1,21700	1,20000
15	0,03670	0,03350	1,15400	1,12800
20	0,07510	0,06910	1,09900	1,06500
25	0,12400	0,11300	1,06100	1,03000
30	0,18700	0,16700	1,02100	1,00000
35	0,26300	0,23300	0,97900	0,96300
40	0,35000	0,31000	0,93900	0,92900

### 2.6.8. Atenuação causada pela atmosfera

A atenuação causada pela atmosfera deve ser considerada em projectos sistemáticos de rádio enlace, principalmente em frequências mais altas, apesar de ter menor influência do que as perdas até aqui citadas.

De maneira simples, pode-se dizer que a atenuação causada pela atmosfera ocorre devido a dois componentes da atmosfera: oxigénio e vapor d'água.

Resumidamente, adoptam-se os parâmetros citados na tabela 2 para garantir a disponibilidade de um projecto.

Tabela 2: Atenuação devido à atmosfera (recomendações ITU-R 838), (17).

Frequência (GHz)	Atenuação (dB/km)
8	0,010
15	0,038
18	0,049
23	0,160
38	0,140

## 2.7. Configuração sistemática

### 2.7.1. Hierarquia Digital PDH

A hierarquia digital chamada PDH - Plesiochronous Digital Hierarchy foi idealizada, para realizar a interconexão de centrais de comutação digitais (aplicação ponto a ponto), mas devido a limitações tecnológicas e a necessidade do mercado de aumentar a capacidade de transporte, tornou-se cara e limitada, (Ongaratto, 2009).

Segundo Ongaratto (2009), a palavra PLESIOCHRONOUS vem do grego Plésios, próximo, que, e Kronos, tempo. Numa tradução livre, seria **quase síncrono**.

#### 2.7.1.1. Limitações dos sistemas PDH

O modelo de hierarquia PDH dificulta as interconexões de sistemas, com isso só é possível a interconexão ao nível de voz na taxa de 65 kbps. Sendo assim, as desvantagens dessa hierarquia digital são, (Piau, 2013):

- Poucos recursos para gerência;
- Rede extremamente hierárquica;
- Padronização parcial;

Os tipos de hierarquias PDH adoptadas no mundo, são mostradas na tabela:

Tabela 3: Tabela PDH, (19).

Hierarquia PDH	Japão	USA	Brasil/Europa
1ª Hierarquia	1,544 Mbit/s	1,544 Mbit/s	2,048 Mbit/s
2ª Hierarquia	6,312 Mbit/s	6,312 Mbit/s	8,448 Mbit/s
3ª Hierarquia	32 Mbit/s	44 Mbit/s	34,368 Mbit/s
4ª Hierarquia	97 Mbit/s	274 Mbit/s	139,264 Mbit/s
5ª Hierarquia	397it/s		

#### 2.7.2. Hierarquia digital SDH

Devido as limitações encontradas na Hierarquia PDH, a ITU-T criou um padrão mundial para os sistemas de transmissão síncrona que proporcionassem uma rede mais flexível e económica, (Piau, 2013).

As principais características da hierarquia SDH - Synchronous Digital Hierarchy, segundo (Piau, 2013), são:

- Padronização total;
- Fácil acesso aos tributários de ordem inferior;
- Grande capacidade alocada para gerência de rede.

Tabela 4 - Os ritmos das hierarquias de SDH, (8).

STM-N	Ritmo	Capacidade
STM-1	155,52 Mbps	
STM-4	622,08 Mbps	4 x STM-1
STM-16	2.488,32 Mbps	16 x STM-1
STM-64	9.953,28 Mbps	64 STM-1

### 2.7.3. Tipos de rádio ponto a ponto

Segundo (Ongaratto, 2009), a forma mais comum de classificar o rádio é através da sua hierarquia (PDH e SDH).

Os rádios PDH possuem interfaces PDH, sendo a mais comum a interface E1 (2 Mbps). Estes rádios possuem capacidade de  $n \times E1$ , ou seja, tem função de multiplexação, o que faz com que seja dispensável a utilização de Mux PDH (multiplexadores) de outras ordens superiores.

Rádios SDH, por sua vez, possuem interfaces SDH, sendo a mais usual a STM-0 e STM-4.

Na maioria das vezes utiliza-se em conjunto com Mux SDH para poder prover interfaces E1:

- Rádios STM-1: 63 x E1 por canal de RF;
- Rádios STM-0: 21 x E1 por canal de RF.

### 2.7.4. Topologia de rede

Redes de transmissão, constituídas integralmente ou em partes por rádio enlaces, tem uma grande diversidade no que se refere a sua dimensão, capacidade de transmissão, área de actuação, entre outros aspectos.

Usualmente os rádios enlaces são classificados de acordo com sua localização dentro da rede na qual pertence. Normalmente, os rádios utilizados são os seguintes:

- *Backbone*: rádio enlace de alta capacidade;
- Entroncamento secundário: rádio enlace de média capacidade;
- Acesso: rádio enlace de baixa capacidade.

Na tabela 5, tem-se uma visão dos tipos de rádio por capacidade de transmissão.

Tabela 5 - Tipos de rádio por capacidade de transmissão, (17).

<b>CAPACIDADE</b>	<b>TAXA DE TRANSMISSÃO</b>	<b>APLICAÇÃO TÍPICA</b>
Baixa	Até 4E1	Acesso
Média	8E1 a 32E1	Entroncamento Secundário
Alta	140/155 Mbps (64E1 e 63E1)	Backbone/Entroncamento Secundário

## **2.8. Sistema aéreo**

### **2.8.1. Antena**

Antena é um dispositivo que transforma energia electromagnética guiada pela linha de transmissão em energia electromagnética irradiada, ou o contrário, isto é, transforma energia electromagnética irradiada em energia electromagnética para a linha de transmissão. Por isso, a função da antena é primordial em qualquer comunicação realizada por radiofrequência. A relação entre as potências de emissão e recepção é proporcional e obedece à fórmula de Friis, (Wikipédia, 2022).

A característica básica da antena é a largura de banda, ou seja, o intervalo de frequências no qual a mesma opera de maneira satisfatória, mantendo todos os padrões exigidos pelas legislações pertinentes.

### **4.2. Ganho da Antena**

Segundo Tembe (2019), O ganho de uma antena (numa dada direcção) é a razão entre a intensidade, numa dada direcção, e a intensidade de radiação que se obteria se a potência aceite pela antena fosse radiada isotropicamente.

Para antenas que não possuem perdas internas, o valor do ganho é igual ao valor da directividade. Já em antenas que possuem perdas internas, estas devem ser descontadas do valor da directividade para obter o valor do ganho.

Segundo Tembe (2019), uma antena isotrópica é uma antena sem perdas que radia igualmente para todas as direcções, não é fisicamente realizável e é tomado como referência para a expressão das propriedades de directividade das antenas.

### **2.8.2. Polarização**

Segundo Tembe (2019), a polarização de uma antena é a polarização da onda electromagnética emitida/recebida pela antena.

A polarização da energia radiada varia com a direcção ao centro da antena, o que faz com que diferentes partes do diagrama de radiação possam ter polarizações diferentes.

Também pode ser vista como o modo como oscila o campo eléctrico ao longo da direcção de propagação.

Antenas parabólicas (cheias e vazadas) utilizam polarização linear (horizontal ou vertical), seleccionável através da rotação do alimentador da antena.

Antenas com dupla polarização são aquelas que podem trabalhar simultaneamente com ambas as polarizações. Para tanto, estas antenas possuem dois alimentadores, formando um ângulo de 90 graus entre si.

Para que haja uma maior eficiência na comunicação entre as antenas de um determinado enlace, ambas as antenas devem ter a mesma polarização, a figura 9, mostra os tipos de polarização.

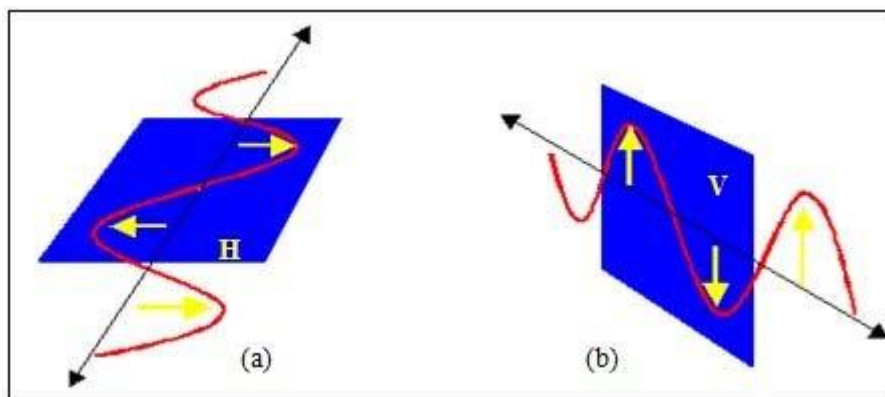


Figura 9 - Polarização horizontal (a) e vertical (b), (15).

### 2.8.3. Ângulo de meia Potência

Segundo Target (2020), ângulo de meia potência é definido pelos pontos no diagrama onde a potência radiada equivale à metade da radiada na direcção principal. Estes ângulos definem a abertura da antena no plano horizontal e no plano vertical.

Assim, quanto menor for esse ângulo, mais directiva será essa antena, sendo mais imune a interferências, além de causar menos interferências em outros enlaces. A figura 10, mostra o ângulo de meia potência.



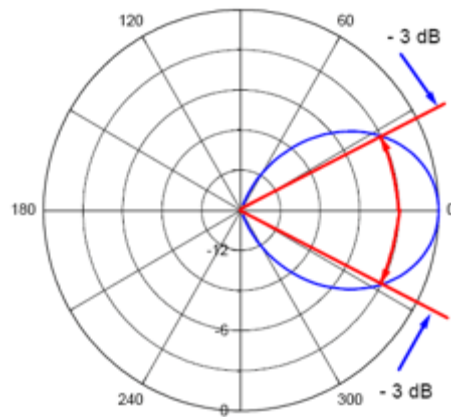


Figura 10 - Ângulo de meia potência, (1).

#### 2.8.4. Relação Frente-Costa

Relação frente-costa: é a relação de ganho entre o lóbulo principal onde se tem a maior concentração de energia electromagnética, e o lóbulo de costas (oposto ao lóbulo principal), (Target, 2020).

#### 2.8.5. Características mecânicas

Além das características eléctricas descritas acima, é preciso considerar também as características mecânicas das antenas, tais como:

- Área de exposição ao vento;
- Dimensões físicas;
- Peso.

Parâmetros como área de exposição ao vento e peso são considerados no momento de dimensionar a estrutura da torre a ser utilizada na implementação de um rádio enlace.

#### 2.8.6. Torres

Segundo Ongaratto (2009), as torres são estruturas para o correcto funcionamento de um rádio enlace.

##### 2.8.6.1. Tipos de torres

Segundo Ongaratto (2009), os tipos de torres mais utilizados são:

- Autoportantes;
- Estaiadas;
- Postes.

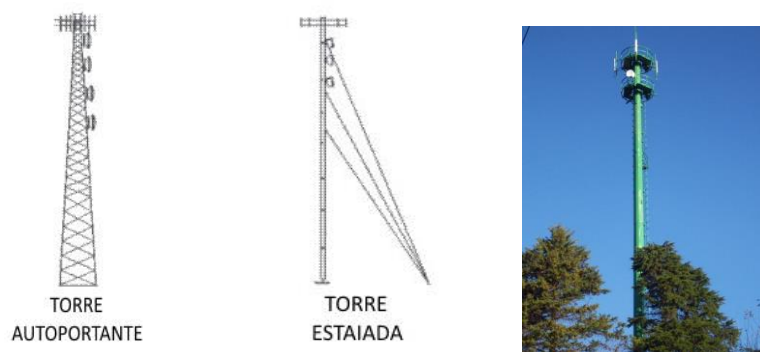


Figura 11- Tipos de Torres: Autoportantes, Estaiadas e Postes respectivamente, (Fonte: Adaptação do Autor).

### 2.8.7. Acessórios

Segundo Ongaratto (2009), torres de comunicação necessitam de vários acessórios. Entre estes, pode-se citar:

- Pára-raios;
- Aterramento;
- Plataforma de trabalho;
- Escada com guarda-corpo;
- Balizamento.

## CAPÍTULO III

### 3. Dimensionamento de rádio enlace: *Link Chicumbane to Chongoene*

Neste capítulo irá se apresentar os elementos básicos para o dimensionamento de Rádio enlace, a medida que se vai dimensionando o rádio enlace do projecto.

#### 3.1. Definição das estações

Neste trabalho será projectado um rádio enlace para a comunicação entre a subestação móvel de Chongoene e subestação de Chicumbane, a seguir será apresentada a localização das duas subestações, ambas da província de Gaza.

A subestação de Chicumbane está localizada nas seguintes coordenadas:

- Latitude:  $-24,981822^{\circ}\text{S}$  ou  $24^{\circ}58'54,6''\text{S}$ ;
- Longitude:  $33,550508^{\circ}\text{E}$  ou  $33^{\circ}33'01,8''\text{E}$ .

Na figura 12, ilustra a localização da subestação de Chicumbane:



Figura 12 - Localização da Subestação de Chicumbane, (Fonte: Autor).

A subestação móvel de Chongoene está localizada nas seguintes coordenadas:

- Latitude:  $25,01406^{\circ}\text{S}$  ou  $25^{\circ}00'50,63''\text{S}$ ;
- Longitude:  $33,79086^{\circ}\text{E}$  ou  $33^{\circ}47'27,09''\text{E}$ ;

Na figura 13, ilustra a localização da subestação móvel de Chongoene:



Figura 13 - Localização da Subestação Móvel de Chongoene, (Fonte: Autor).

## 3.2. Parâmetros do enlace: Chicumbane e Chongoene

### 3.2.1. Distância e azimutes entre estações

De acordo com as coordenadas da localização de cada subestação, analisa-se a necessidade e disponibilidade do espaço entre as subestações, definindo-se assim a distância entre as subestações e os azimutes das mesmas.

Com a ajuda do *Google Earth* é possível obter a distância que separa as duas subestações traçando uma linha entre as duas subestações.

A figura 14, ilustra a distância entre as subestações e o azimute obtido no *Google Earth*.

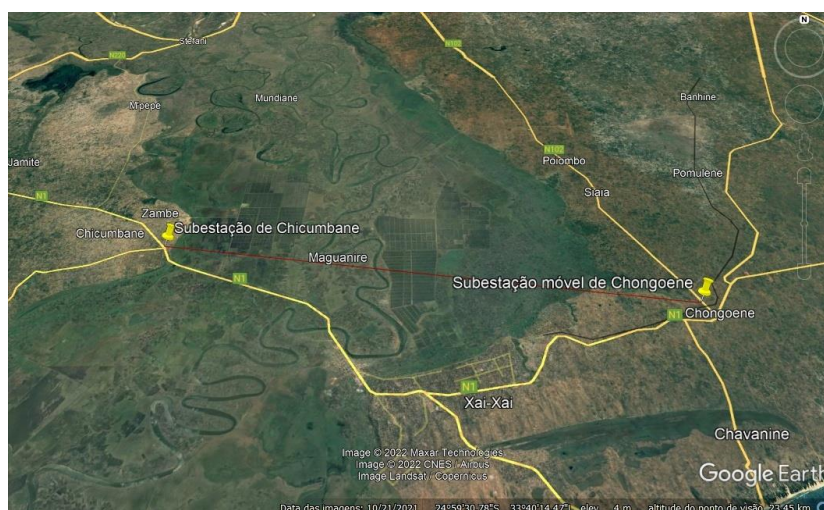


Figura 14 - Distância entre as subestações, (Fonte: *Google Earth*).

Do *Google Earth*, a distância entre as subestações obtida é de 24,5 km.

A distância também pode ser calculada usando o *software Pathloss 4.0*, como ilustra a figura 15:



Pathloss 4.0 - Chicumbane-Chongoene.pl4

Files Module Configure Equipment SDB Application Report Help

Site Name	Chicumbane	Chongoene
Call Sign		
Station Code		
State		
Owner Code		
Latitude	24 58 54.56 S	25 00 50.62 S
Longitude	033 33 01.83 E	033 47 27.10 E
True azimuth (°)	98.42	278.32
Calculated Distance (km)	24.53	
Profile Distance (km)		
Datum	WGS 1984	
Elevation (m)		
Tower Height (m)		
TR Antenna Height (m)	0.00	0.00
Code		
TX loss (dB)	0.00	0.00
RX loss (dB)	0.00	0.00

Figura 15 - Distância entre as subestações e os azimutes, (Fonte: *Pathloss*).

Do *Pathloss* 4.0, verifica-se claramente a distância e os azimutes que são:

- Distância entre as subestações: 24,53 km
- Azimutes: 98.43° (da subestação de Chicumbane) e 278.32° (da Subestação Móvel de Chongoene)

### 3.2.2. Verificação da visada

Para ter a certeza que não há obstáculos entre uma estação e a outra, dentro do primeiro elipsóide de Fresnel, é preciso fazer o levantamento do perfil topográfico da região compreendida entre as estações.

A figura 16, ilustra o levantamento de perfil entre as subestações.

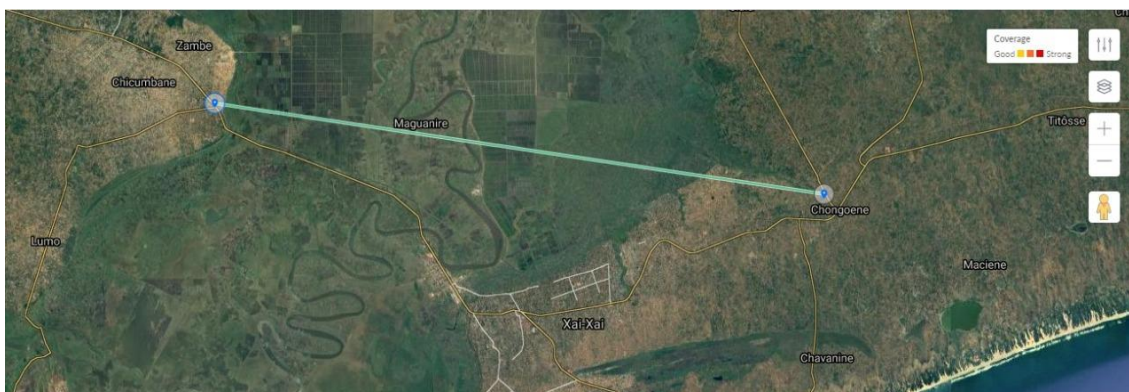


Figura 16 - Levantamento do perfil topográfico entre a subestação de Chicumbane e subestação móvel de Chongoene, (Fonte: *Google Earth*).

Uma vez traçado a distância entre as subestações na qual estarão as estações de rádio enlace, neste método, é preciso fazer o estudo das curvas de níveis para garantir que não há obstáculos dentro do primeiro elipsóide de Fresnel. Isso pode ser feito de forma manual, ou utilizando algum *software* como o *Google Earth*, *Pathloss 4.0*, entre outros softwares. Neste caso, usar-se-á o *software Google Earth*, como mostra a figura 17.



Figura 17 - Levantamento do perfil topográfico entre as estações da subestação de Chicumbane e subestação Móvel de Chongoene, (Fonte: *Google Earth*)

Para a análise do perfil que considera o elipsóide de Fresnel, a figura 18, mostra o comportamento das curvas ao longo do trajecto entre as estações das subestações.

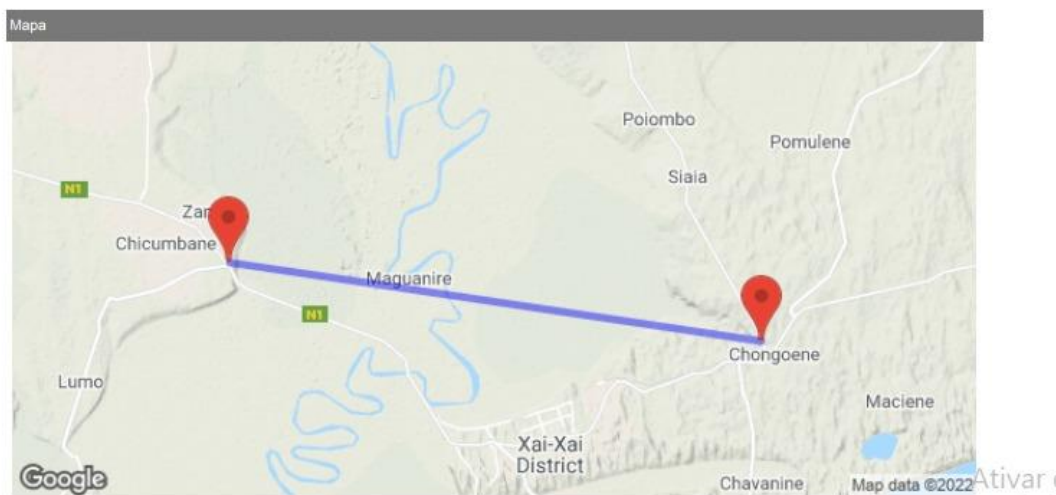


Figura 18 - Levantamento do perfil das curvas do elipsóide de Fresnel entre as subestações de Chongoene e Chicumbane, (Fonte: *Radio Mobile*)

### 3.2.3. Frequência a ser usada no enlace

Feita a definição das estações, o segundo passo a seguir para um projecto de rádio enlace é a escolha da faixa de frequência e isto deve ser feito cuidadosamente para que o sistema funcione correctamente.

A escolha da frequência está relacionada com a distância entre as estações envolvidas e para o cálculo da distância entre duas estações usam-se *softwares* auxiliares que pode ser *Pathloss*, *Google Earth*, entre outros.

Uma vez definida a distância entre as estações, pode ser definida a faixa de frequência conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Distâncias atendidas por faixa de frequência, (17).

Distância (km)	Frequência (GHz)
< 1	38
1 < x < 3	23
3 < x < 6	18

6 < x < 15	15
>15	7.5

A partir da tabela 6, obteve-se a frequência de 7.5 GHz para o enlace em dimensionamento, uma vez que a distância entre as estações é de 24,53 km.

Para o enlace em estudo, devido ao seu comprimento relativamente grande (24,53 km) e a taxa de transmissão de dados de 10Mbit/s definida na proposta do projecto pela EDM, optou-se pela implantação na faixa de 6,2 GHz.

### 3.3. Equipamento a ser usado

A escolha do equipamento é feita mediante a frequência de operação, taxa de transmissão e a largura de faixa e não se esquecendo de ser capaz de prover uma comunicação estável, as características do rádio estão apresentadas nos anexos.

### 3.4. Tipos de antenas

Para este dimensionamento foi usado a antena parabólica e as suas características estão apresentadas nos anexos.

### 3.5. Dimensionamento da altura das torres de antenas

#### 3.5.1. Definição da altura das antenas

Na figura 19, mostra as altitudes das estações e o obstáculo encontrado a partir do perfil topográfico obtido no *Google Earth*.

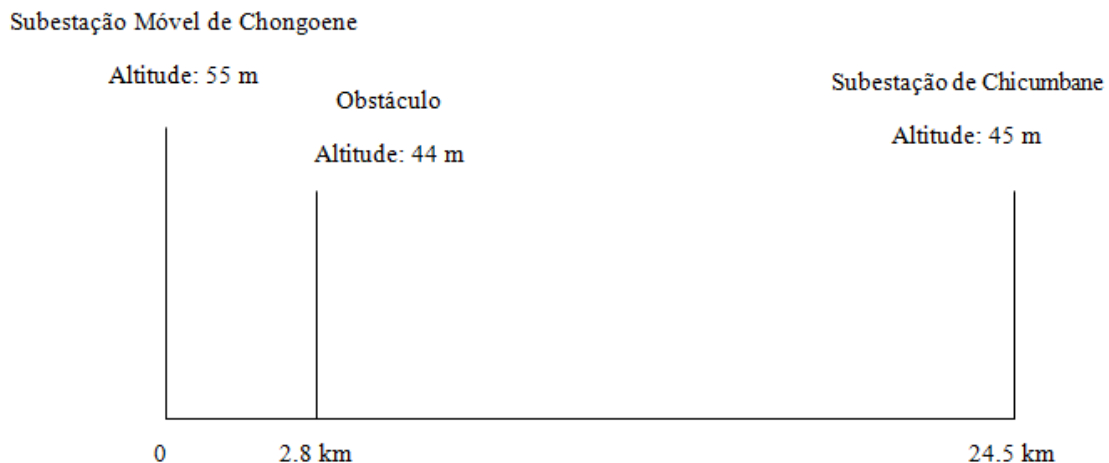


Figura 19 - Cálculo de visada, (Fonte: Autor).

#### 3.5.2. O factor K

Em um projecto de enlace de rádio, em geral são aplicados dois valores de K, o  $K_{\text{médio}}$  e o  $K_{\text{mínimo}}$ , que por premissas de projecto estão fixados em 4/3 e 2/3, respectivamente.



### 3.6. Cálculo do raio de Fresnel (RF)

A linha de visada de um enlace depende da desobstrução da zona de Fresnel em três casos que dependem da frequência de operação, apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Percentagem da liberação da elipsóide de Fresnel em relação à frequência e factor K, (22).

< 1 GHz	Entre 1 e 3 GHz	Acima de 3 GHz
30% de raio de Fresnel para K = K <sub>médio</sub>	60% de raio de Fresnel para K = K <sub>médio</sub>	100% de raio de Fresnel para K = K <sub>médio</sub>
10% de raio de Fresnel para K = K <sub>mínimo</sub>	30% de raio de Fresnel para K = K <sub>mínimo</sub>	60% de raio de Fresnel para K = K <sub>mínimo</sub>

Devido à frequência de operação de 6,2 GHz, deverão ser utilizados os critérios de 100% de desobstrução do raio de Fresnel para K<sub>médio</sub> e 60% de desobstrução para K<sub>mínimo</sub> que serão representados por RF e RF', respectivamente.

Equação 4

$$RF = 550 \times n \times \left[ \frac{d_1 \cdot d_2}{d \cdot f} \right]^{\frac{1}{2}}$$

- f: frequência do enlace: frequência central de operação do enlace em GHz;
- n: número de elipsóide de Fresnel: tipicamente assume o valor 1;

Substituindo os valores na equação 4, tem-se:

$$RF = 550 \times 1 \times \sqrt{\frac{2,8 \times 21,7}{(2,8 + 21,7) \times 6200}} = 11,0m$$

$$RF' = 550 \times 0,6 \times \sqrt{\frac{2,8 \times 21,7}{(2,8 + 21,7) \times 6200}} = 6,6m$$

### 3.7. Correção equivalente da curvatura da Terra (H<sub>m</sub>)

Este valor é adquirido também levando-se em consideração os dois valores de K, que são expressos como H<sub>m</sub> para K<sub>médio</sub> e H<sub>m'</sub> para K<sub>mínimo</sub>. Tal correção pode ser obtida através da equação 5.

Equação 5

$$H_m = \frac{d_1 \cdot d_2}{K \cdot 12.740}$$

Onde:

- $H_m$  - Correção equivalente da curvatura da Terra para  $K=4/3$  para o ponto crítico;
- $d_1$  - distância do obstáculo à estação A: distância em km, entre o ponto crítico e a estação A;
- $d_2$  - distância do obstáculo à estação B: distância em km, entre o ponto crítico e a estação B;

Substituindo-se os valores na equação 5, tem-se:

$$Hm = \frac{2,8 \times 21,7}{1,33 \times 12,740} = 3,586$$

$$Hm' = \frac{2,8 \times 21,7}{0,67 \times 12,740} = 7,118$$

### 3.8. Cálculo da altura das antenas

A equação que define o cálculo da altura, para  $K=4/3$ , é a equação 6, (Ongaratto, 2009):

Equação 6

$$h_2 = \frac{d \cdot (h_{pc} + H_c + M_c - h_B) - d_2 \cdot (h_A + h_1 - h_B)}{d_1}$$

Onde:

- $d$  - distância do enlace: distancia total d enlace em km;
- $h_A$  - altitude da estação A em relação ao nível do mar;
- $h_B$  - altitude da estação B em relação ao nível do mar;
- $h_{pc}$  - altitude do obstáculo/ponto crítico em relação ao nível do mar;
- $h_1$  - altura da antena A em relação ao solo;
- $h_2$  - altura da antena B em relação ao solo;
- $h_c$  - correção equivalente da Terra para  $K=4/3$  +100% do raio de Fresnel no ponto crítico: soma dos itens  $H_m$  e RF;
- $M_c$  - margem de crescimento de árvore no ponto crítico: para uma segurança adequada, considerar 3 metros;
- $M_s$  - margem de crescimento de árvore no ponto crítico: para uma segurança adequada, considerar 3 metros;
- RF - 100% do raio de Fresnel no ponto crítico;
- 12.740 Km é o diâmetro médio da Terra.

A tabela 8, mostra os dados necessários para o cálculo das alturas das antenas do rádio enlace.

Tabela 8 - Dados para o cálculo das antenas, (Fonte: Autor).

<b>Cálculo de Altura das Antenas</b>	
Distância entre as estações (km)	24,5
Distância do obstáculo a estação de Chongoene (km)	2,8
Distância do obstáculo a estação de Chicumbane (km)	21,7
Altitude da estação de Chongoene (m)	55
Altitude da estação de Chicumbane (m)	45
Altitude do obstáculo (m)	44
Margem de Segurança (m)	20
Correcção da curvatura da terra para $K_{\text{médio}} = 4/3$ (m)	3,586
Correcção da curvatura da terra para $K_{\text{mínimo}} = 2/3$ (m)	7,118
100% do raio de Fresnel no ponto crítico (m)	10
60% do raio de Fresnel no ponto crítico (m)	6
Altura da antena de Chicumbane, tida como referência (m)	25

Com os dados da tabela 9, substitui-se na fórmula da equação 6 e obtém-se os resultados seguintes:

$$h_2 = \frac{24,5 \times (44 + 13,586 + 15 - 55) - 2,8 \times (45 + 20 - 55)}{21,7}$$

$$h_2 = 18,564m$$

$$h_2' = \frac{24,5 \times (44 + 13,118 + 15 - 55) - 2,8 \times (45 + 20 - 55)}{21,7}$$

$$h_2' = 18,036m$$

Sendo assim, utiliza-se o maior dos valores, que será o de  $h_2$ .

### 3.9. Cálculo de desempenho e disponibilidade

Segundo (Ongaratto, 2009), o cálculo de desempenho e disponibilidade de um determinado rádio enlace é o conjunto de parâmetros que define se este é viável ou não, fornecendo uma visão qualitativa e quantitativa do sinal transmitido.

Os principais parâmetros do cálculo de desempenho e disponibilidade a serem considerados neste projecto são atenuação no espaço livre ( $A_e$ ), atenuação devido à absorção atmosférica ( $A_{ab}$ ), Atenuação total do circuito de ramificação (Tx e Rx) ( $A_{rmt}$ ), Atenuação do guia de onda/cabo coaxial (Tx e Rx) ( $A_{cAB}$ ), Atenuação por chuvas ( $A_r$ ), nível de recepção nominal, margem líquida do enlace e cálculo de indisponibilidade.

Deve-se então calcular todas estas atenuações a fim de se especificar quais equipamentos devem ser utilizados para a obtenção de um nível de sinal satisfatório e qual é o tempo no qual o enlace fica inactivo por ano.

### 3.9.1. Atenuação no espaço livre (Free Space Loss) - $A_e$

Da equação 7, a atenuação do espaço livre para este projecto é determinada aplicando os valores de frequência de operação, em MHz, e distância do enlace, em K, tem-se:

Equação 7

$$L_{bf} = 32,4 + 20\log(f) + 20\log(d)$$

$$A_e = 32,4 + 20\log(6200) + 20\log(24,5)$$

$$A_e = 136,031dB$$

A atenuação do espaço livre representa a maior fonte de perdas presenciadas por um enlace de rádio.

### 3.9.2. Atenuação por absorção atmosférica

Para o cálculo da atenuação por absorção atmosférica os dois factores devem ser calculados separadamente: a atenuação pelo oxigénio ( $\gamma_o$ ) e a atenuação pelo vapor de água ( $\gamma_w$ ), ambas representadas pelas equações 8 e 9:

Equação 8

$$\gamma_o = \left[ 7,19 \times 10^{-3} + \frac{6,09}{f^2 + 0,227} + \frac{4,81}{(f - 57)^2 + 1,5} \right] \times f^2 \times 10^{-3}$$

Equação 9

$$\gamma_w = \left[ 0,067 + \frac{3}{(f - 22,3)^2} + \frac{9}{(f - 183,3)^2 + 6} + \frac{4,3}{(f - 323,8)^2 + 10} \right] \times f^2 \times \rho \times 10^{-4}$$

Onde:  $\rho$  = densidade do vapor de água no nível do mar a 15°C (g/m<sup>3</sup>).

Aplicando as fórmulas das equações 8 e 9, a frequência de operação 6,2 GHz, e a densidade do vapor de água nos parâmetros especificados sendo 7,5g/m<sup>3</sup>, teremos:

$$\gamma_o = \left[ 7,19 \times 10^{-3} + \frac{6,09}{6,2^2 + 0,227} + \frac{4,81}{(6,2 - 57)^2 + 1,5} \right] \times 6,2^2 \times 10^{-3}$$

$$\gamma_o = 0,00640dB / km$$

$$\gamma_w = \left[ 0,067 + \frac{3}{(6,2 - 22,3)^2} + \frac{9}{(6,2 - 183,3)^2 + 6} + \frac{4,3}{(6,2 - 323,8)^2 + 10} \right] \times 6,2^2 \times 7,5 \times 10^{-4}$$

$$\gamma_w = 0,00227dB / km$$

Os valores adquiridos através do cálculo acima são valores de atenuação por quilómetro, para se obter a atenuação total do trajecto é necessário soma-los e multiplica-los pela distância entre os dois pontos do enlace, como mostra a equação 10.

Equação 10

$$A_{ab} = (\gamma_o + \gamma_w) \times d$$

$$A_{ab} = (0,00640 + 0,00227) \times 24,5$$

$$A_{ab} = 0,2124dB$$

Pode-se perceber realmente o quão essa atenuação é inferior à atenuação de espaço livre, mas ainda assim é um factor que deve ser levado em consideração.

### 3.9.3. Atenuação total do circuito de ramificação

A atenuação relativa ao circuito de ramificação engloba a perda proveniente de equipamentos como circuladores, duplexadores, e demais que compõem o sistema desde a geração do sinal até sua recepção.

O sistema em questão é um sistema com nível de redundância (1+1), ou seja, há na realidade um rádio em operação constante e outro em stand-by que assume a transmissão automaticamente caso o primeiro falhe. Mas a antena só possui entrada para acoplar um rádio.

Então tem-se de introduzir um equipamento chamado híbrido ou acoplador, para que possam ser conectados os dois rádios. Estes acopladores introduzem uma perda de 3 dB em ambos os lados de Rx e Tx. A figura 20, ilustra esta instalação.

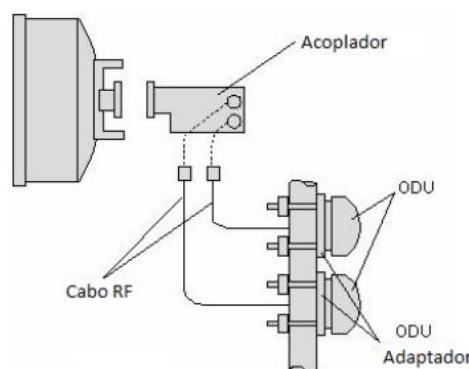


Figura 20 - Instalação (1+1), (22).

Sendo assim a perda total do circuito de ramificação fica expressa na equação 11,

Equação 11

$$A_{mf} = A_{hrx} + A_{htx}$$

Onde:

- $A_{hrx}$  = perda da híbrida de Rx [dB];
- $A_{htx}$  = perda da híbrida de Tx [dB].

Da equação 11, a atenuação total do circuito de ramificação será:

$$Arm_f = 3 + 3$$

$$Arm_f = 6dB$$

### 3.9.4. Atenuação do guia de onda

O sinal trocado entre a ODU e a IDU é de uma frequência intermediária, muito inferior à de operação (600MHz) para que as perdas sejam menores. Fabricante do rádio utilizado, este modelo de rádio tem sensibilidade tal que, para a conexão de frequência intermediária, suporta perdas equivalentes a 100 m de cabo coaxial.

O cabo utilizado é o STP Cat6 Outdoor, que possui uma perda de 23,5 dB/50m. Ou seja, esse modelo de rádio suporta até 47,0 dB de perda nas conexões de frequência intermediária sem que o sinal de RF seja prejudicado.

Como a torre de maior tamanho possui 20 metros, mesmo com 30 metros de folga de cabo a tolerância imposta pelo fabricante ainda é respeitada. Pode-se considerar então que:

$$A_{cab} = 0$$

### 3.9.5. Atenuação Líquida - $A_t$

A atenuação líquida total, num enlace, é dada pela equação 12, (Ongaratto, 2009):

Equação 12

$$A_t = A_e + A_{ab} + Arm_f + A_{cab} - (G_{tx} + G_{rx})$$

Onde:

- $A_e$  - atenuação no espaço livre [dB];
- $A_{ab}$  - atenuação devido a absorção na atmosfera [dB];
- $A_{ca}$  - atenuação no guia de onda ou cabo de RF da estação A [dB];
- $A_{cb}$  - atenuação no guia de onda ou cabo de RF da estação B [dB];
- $G_T + G_R$  - ganhos das antenas de transmissão e recepção [dBi].

Substituindo os valores na equação 12, tem-se:

$$A_t = 136,031 + 0,2124 + 6 + 0 - (30 + 30)$$

$$A_t = 82.2434dB$$

### 3.10. Nível de Recepção Nominal - $P_{RN}$

O nível de recepção nominal, sem desvanecimento, é dado pela equação 13:

$$Pr_x = P_{tx} - A_t$$

Onde:

- $P_{rx}$  - nível de recepção nominal [dBm]
- $P_{tx}$  - potência de transmissão [dBm]
- $A_t$  - atenuação total [dB]

Com o valor da atenuação total do sistema pode-se então calcular o nível do sinal recebido utilizando a equação 13

$$Pr_x = 15dB - 82,2434dB$$

$$Pr_x = -67,2484 dB \text{ ou } -37,2484 dBm$$

Como a potência do sinal recebido está entre os limiares de potência máxima e mínima do rádio (entre -63 dBm e -57 dBm) apresentados pelo fornecedor do equipamento, onde pode-se concluir que o nível do sinal recebido será satisfatório para a operação. Como pode ser vista na tabela 9,

Tabela 9 - Informação da Modulação, sensibilidade e capacidade do equipamento através da potência de recepção, (27).

		Sensibilidade (dBm)					Capacidade (Mbps)	
Taxa	Modulação	10MHz	20MHz	30MHz	40MHz	50MHz	FDD	TDD
10 x	1024QAM	- 63	- 60	- 59	- 58	- 57	1280	640

### 3.11. Disponibilidade do Enlace no Pior Mês

Nesta etapa calcula-se a percentagem de tempo de disponibilidade do enlace no pior mês do ano. O método utilizado é o da recomendação do ITU-R de número P.530-16. O primeiro passo é calcular o factor geoclimático k através da equação 14

Equação 14

$$k = 10^{-4,4-0,0027 \times dN1} \times (10 + Sa)^{-0,46}$$

Onde:

- $dN1$  = refratividade excedida em 1% do tempo;
- $Sa$  = rugosidade do solo na região do enlace.

A refratividade do solo pode ser obtida através da recomendação ITU-R P.453-10,  $dN1 = 400$ , como pode ser vista na figura 21. A rugosidade do solo representa o desvio de altura

do terreno em uma área de 110 Km x 110 km a partir do centro do enlace. Dessa forma foi obtido um valor de 100 para esse enlace, como pode ser visto na figura 22.

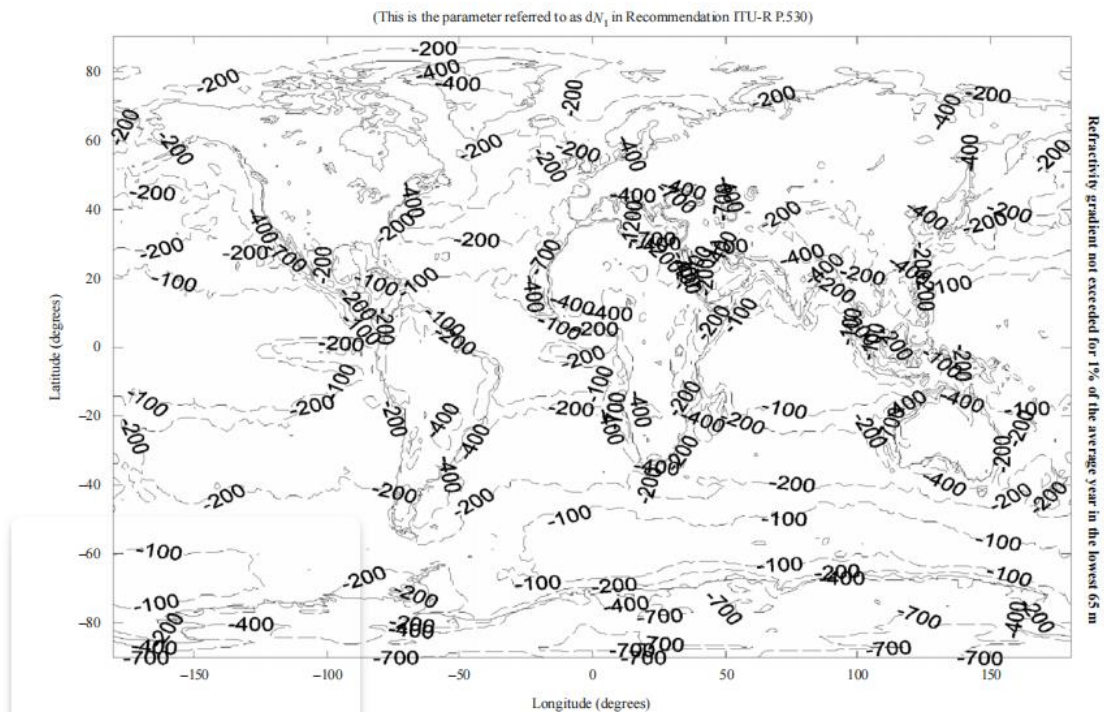


Figura 21 - Refratividade do solo, (12).

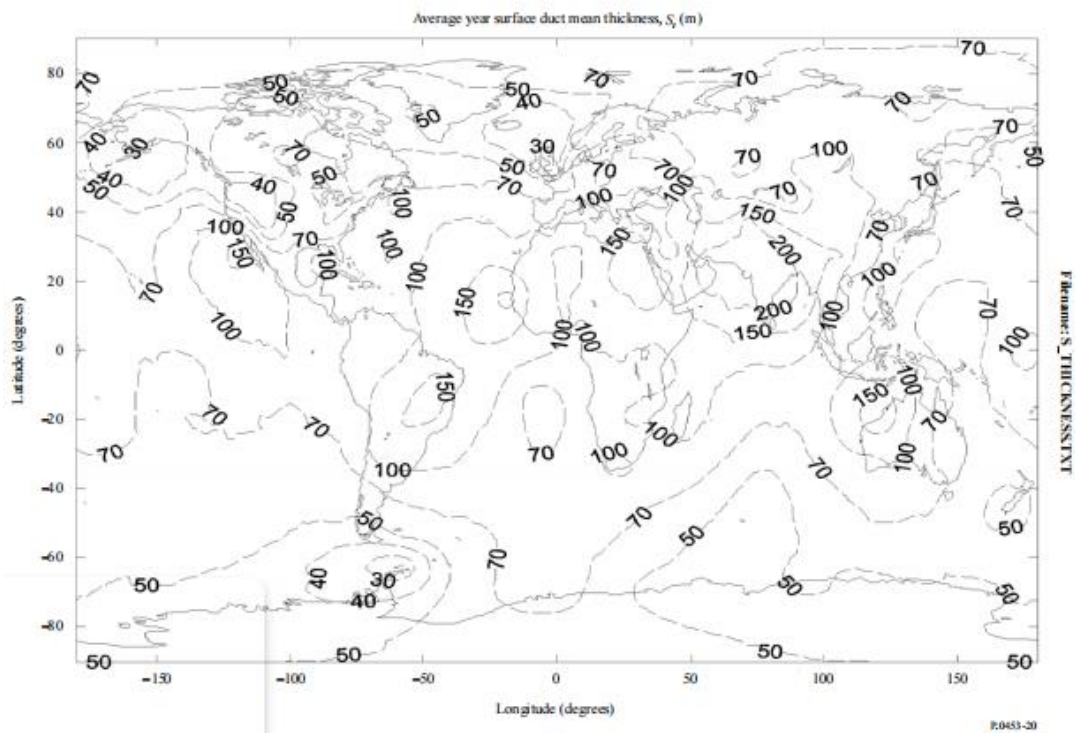


Figura 22 - Rugosidade do solo na região do enlace, (12).

$$k = 10^{-4,4-0,0027 \times (-400)} \times (10 + 100)^{-0,46}$$

$$k = 5,507 \times 10^{-5}$$



Agora deve ser calcula a inclinação da Linha de visada através da equação 15:

Equação 15

$$\varepsilon_p = \frac{h_r + h_e}{d}$$

Onde:

- $h_r$  = maior altura de antena em relação ao nível do mar;
- $h_e$  = menor altura de antena em relação ao nível do mar;

A inclinação fica:

$$\varepsilon_p = \frac{75 + 63}{24.5} = 5,632$$

Agora sim a percentagem de tempo que o enlace ficará indisponível no pior mês pode ser calculada. Para tal, é utilizada a seguinte equação 16:

Equação 16

$$p_w(\%) = k \times d^{3,4} \times (1 + |\varepsilon_p|)^{-1,03} \times f^{0,8} \times 10^{-0,00076 \times h_t - \frac{A_f}{10}}$$

Este parâmetro é calculado em função da margem de desvanecimento plano  $A_r$ , que é a diferença entre a potência do sinal recebido, calculada pela equação 17 e o nível de *threshold* do equipamento.

Equação 17

$$A_f = Pr - Trhld$$

$$A_f = -67,2434 - (-93)$$

$$A_f = 25,2566dB$$

Agora tem-se todos os parâmetros para aplicação da equação 16

$$p_w(\%) = 5,51 \times 10^{-5} \times 24,5^{3,4} \times (1 + |5,632|)^{-1,03} \times 6,2^{0,8} \times 10^{-0,00076 \times 75 - \frac{25,2566}{10}}$$

$$p_w(\%) = 0,004669\%$$

Ou seja, este enlace estará indisponível durante 0,004669% no pior mês do ano. Se este valor for subtraído de 100%, tem-se o tempo de disponibilidade do enlace no pior mês, como se segue:

$$D_w = 100 - 0.004669$$

$$D_w = 99,995331\%$$

Também é possível se saber em quanto tempo se traduz a percentagem de indisponibilidade, basta aplicar a percentagem encontrada sobre o número de segundos contidos em um mês.

$$p_w = 30 \times 24 \times 60 \times 60 \times 0,004669$$

$$p_w = 12102,048 \text{ segundos}$$

### 3.12. Disponibilidade Anual do Enlace

Calculado o item anterior, que é relativo somente ao pior mês do ano, tem de ser calculada a disponibilidade do enlace ao longo de um ano. Este processo se inicia com o cálculo de factor geoclimático, que já foi calculado na equação.

Feito isso, deve ser calculado o factor de ocorrência de múltiplos caminhos utilizando a equação 18,

Equação 18

$$p_0(\%) = k \times d^{3,1} \times (1 + |\varepsilon_p|)^{-1,29} \times f^{0,8} \times 10^{0,00089 \times h_L}$$

Lembrando que  $\varepsilon_p$  é a inclinação da linha de visada, calculada através da equação e  $h_L$  é a altura da menor antena, com relação ao nível do mar. Substituindo-se os valores, tem-se:

$$p_0(\%) = 5,507 \times 10^{-5} \times 24,5^{3,1} \times (1 + |5,632|)^{-1,29} \times 6,2^{0,8} \times 10^{0,00089 \times 65}$$

$$p_0(\%) = 0,4777 \%$$

$$p_0 = 47,77 \times 10^{-4}$$

A próxima etapa é determinar a probabilidade de falha no sistema em razão do desvanecimento plano através da equação 19.

Equação 19

$$P_{NS} = P_0 \times 10^{-\frac{Af}{10}}$$

$$P_{NS} = 47,77 \times 10^{-4} \times 10^{-\frac{25,2566}{10}}$$

$$P_{NS} = 1,4239 \times 10^{-5}$$

Já está calculada a parte referente ao desvanecimento, agora deve ser calculada a probabilidade de falha relativa ao desvanecimento selectivo. A probabilidade de ocorrer o desvanecimento selectivo pode ser calculada através da equação 20.

Equação 20

$$\eta = 1 - \exp(-0,2 \times P_0^{0,75})$$

$$\eta = 1 - \exp(-0,2 \times (47,77 \times 10^{-4})^{0,75})$$

$$\eta = 0,003627$$

Para dar continuidade, é preciso calcular o atraso médio entre os dois percursos, dado pela equação 21.

Equação 21

$$\tau_m = 0,7 \times \left( \frac{d}{50} \right)^{1,3}$$

$$\tau_m = 0,7 \times \left( \frac{24,5}{50} \right)^{1,3}$$

$$\tau_m = 0,2769ns$$

Antes de finalizar esta etapa, é necessário o cálculo da área da assinatura do equipamento, para tal são necessários alguns dados do equipamento, que são apresentados na tabela 10

Tabela 10 - Dados da Área de Assinatura, (22).

Atraso de Assinatura - $\tau_f$	200 $\mu s$
Largura de Faixa das Áreas de Assinatura - $B_s$	10 MHz
Assinatura (fase mínima) - $D_m$	34,10
Assinatura (fase não mínima) - $D_{nm}$	34,10

A área total de assinatura do equipamento é a media entre a área de fase mínima e a área de fase não mínima. Mas como neste equipamento ambas as assinaturas são iguais, é possível calcular apenas uma delas através da equação 22.

Equação 22

$$S = \frac{\lambda \times B_s \times 10^{-3}}{\tau_r}$$

Onde  $\lambda$  é a profundidade media de Notch, calculada pela equação 23.

Equação 23

$$\lambda = 10^{-\frac{D}{20}}$$

$$\lambda = 10^{-\frac{34,10}{20}}$$

$$\lambda = 0,01972$$

Substituindo os valores na equação 22, tem-se:

$$S = \frac{0,01972 \times 10 \times 10^{-3}}{200000}$$

$$S = 986 \times 10^{-12} ns^{-2}$$

Com essa informação, agora pode ser calculada a probabilidade de falha no enlace devido ao desvanecimento selectivo utilizando a equação 24.

Equação 24

$$P_s = 4,3 \times \eta \times S \times \tau_m^2$$

$$P_s = 4,3 \times 36,27 \times 10^{-4} \times 986 \times 10^{-12} \times 0,2769^2$$

$$P_s = 1,179 \times 10^{-12}$$

A probabilidade de inoperância total é a soma de  $P_s$  com  $P_{ns}$ .

Equação 25

$$P_{tot} = P_s + P_{ns}$$

$$P_{tot} = 1,179 \times 10^{-12} + 7,006 \times 10^{-7}$$

$$P_{tot} = 7,01 \times 10^{-7}$$

Esta é a probabilidade de ocorrer queda no enlace ao longo de um ano. Para saber o tempo de inactividade em segundo por mês, basta aplicar a seguinte fórmula da equação 26:

Equação 26

$$T_{tot} = P_{tot} \times 2,592 \times 10^6$$

$$T_{tot} = 1,81s/mes = 21,8s/ano$$

Para expressar o tempo total de operação do enlace ao longo do ano, basta aplicar a equação 27.

Equação 27

$$P_{op}(\%) = 100 - P_{tot} \times 100$$

$$P_{op}(\%) = 100 - 7,01 \times 10^{-7} \times 100$$

$$P_{op}(\%) = 99,9999299\%$$

### 3.13. Atenuação devido a chuvas

Uma etapa importante no projecto e dimensionamento de enlaces de radiocomunicação é a consideração da atenuação proveniente das chuvas. Essas atenuações não oferecem pior nível do sinal recebido, porém podem aumentar o tempo de indisponibilidade do enlace. Há vários métodos para o cálculo das atenuações devido a chuvas, o que será abordado neste projecto é o mais utilizado deles, o método do ITU-R P.530-16.

Esse cálculo tem início com a equação 28, que fornece a atenuação específica do enlace, que nada mais é do que a atenuação por quilómetro.

Equação 28

$$\gamma_r = K \times R_{0,01\%}^\alpha$$

Onde:

- K e  $\alpha$  = Coeficientes dependentes da polarização e estrutura da chuva;
- $R_{0,01\%}$  = Taxa pluviométrica para 0,01% do tempo [mm/h]

A taxa pluviométrica depende da região geográfica e é retirada da recomendação ITU-R 837-7,  $R_{0,01\%} = 54,79$ , como pode ser vista na figura 23, já os outros coeficientes variam com a frequência e com a polarização da antena e são retiradas da recomendação ITU-R 838-3,  $K=0,00325$  e  $\alpha = 1,5$ , pode ser vista na tabela 1.

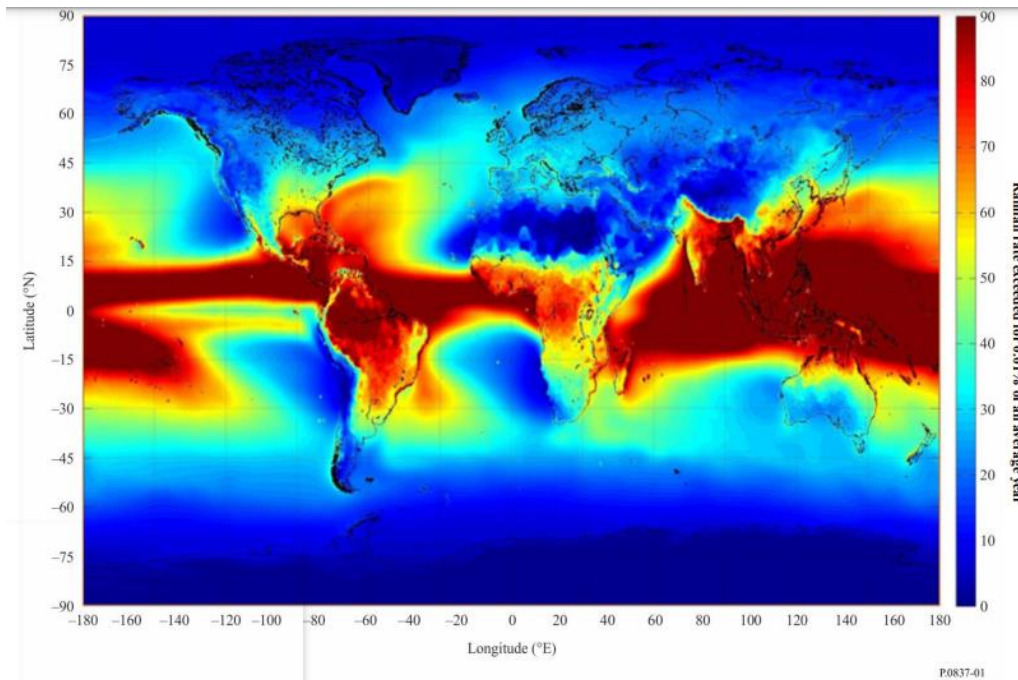


Figura 23 - Taxa pluviométrica para 0,01% do tempo [mm/h], (10).

Após determinados estes valores pode ser dada continuação no cálculo da atenuação específica.

$$\gamma_r = 3,25 \times 10^{-3} \times 54,79^{1,5}$$

$$\gamma_r = 1,318 \text{ dB/km}$$

Na próxima etapa calcula-se o percentual do enlace em que deve haver chuva. Esse factor leva em consideração o facto de que a chuva não terá a mesma intensidade em todo o enlace e é definido pela equação 29.

Equação 29

$$r = \frac{1}{0,477 \times d^{0,633} \times R_{0,01\%}^{0,073 \times \alpha} \times f^{0,123} - 10,579(1 - e^{-0,024 \times d})}$$

$$r = \frac{1}{0,477 \times 24,5^{0,633} \times 54,79^{0,073 \times 1,5} \times 6,2^{0,123} - 10,579(1 - e^{-0,024 \times 24,5})}$$

$$r = 0,4335$$

Agora pode ser calculado o diâmetro efectivo da célula de chuva multiplicando-se o valor de  $r$  pela distância total do enlace.

Equação 30

$$\begin{aligned}d_{eff}(km) &= r \times d \\d_{eff}(km) &= 0,4335 \times 24,5 \\d_{eff}(km) &= 10,62km\end{aligned}$$

Já foi calculada a atenuação específica e o diâmetro da célula de chuva. Basta multiplicar os dois factores para obter a atenuação proveniente de chuvas para este enlace.

Equação 31

$$\begin{aligned}A_r &= \gamma_r \times d_{eff} \\A_r &= 1,318 \times 10,62 \\A_r &= 13,997dB\end{aligned}$$

### 3.14. Disponibilidade do enlace devido as chuvas

Calculada atenuação proveniente de chuvas, deve-se tomar um tempo para analisar essa situação. A chuva está oferecendo uma atenuação de 13,997dB. Porém o sistema apresenta uma margem de 27,994dB, calculada pela equação.

Sendo assim, é seguro afirmar que esse enlace nunca ficará indisponível devido às chuvas, pois estas nunca vão oferecer uma atenuação que ultrapasse os 27,994dB.

### 3.15. Disponibilidade total do enlace

A disponibilidade total do enlace é encontrada somando-se as indisponibilidades provenientes das chuvas e dos desvanecimentos e subtrair o valor encontrado de 100%. Como apresentado no item anterior, as curvas não afectam a disponibilidade do enlace, então a disponibilidade total do enlace será somente relativa ao desvanecimento.

$$Disp = 99,9999299\%$$

Isto conclui o estudo de viabilidade de enlace pelo método tradicional. O próximo tópico aborda a utilização do *software* para a realização dos cálculos.

## CAPÍTULO IV

### 4. Material e Orçamento

#### 4.1. Material proposto para o rádio enlace

Com base na proposta dos equipamentos dados a EDM pela TVSD e pelos cálculos feitos na sessão anterior serão apresentados os equipamentos propostos para a implementação do projecto de rádio enlace que liga a subestação móvel de Chongoene e subestação de Chicumbane, os materiais propostos podem ser vistos nos anexos.

#### 4.2. Orçamento

Os preços apresentados na tabela 11 são em Meticais.

Tabela 11 - Orçamento do projecto, (Fonte: Autor)

<b>LINK DE DADOS ENTRE CHICUMBANE E CHONGOENE</b>					
<b>Descrição</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Unidade</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>IVA</b>	<b>Total Liquido</b>
<i>Ubiquiti airFiber 5XHD PTP</i>	2,00	UN	51 477,89	17,00	102 955,78
<i>Ubiquiti Ethernet Surge Protector, Gen 2</i>	2,00	UN	1 567,10	17,00	3 134,20
<i>Ubiquiti AirFiber 5X 30dBi Parabolic Dish</i>	2,00	UN	14 828,52	17,00	29 657,04
Eléctrodo Terra 1,5m	4,00	UN	916,67	17,00	3 666,68
Cabo de Cobre nú 8mm (metro)	65,00	UN	166,67	17,00	10 833,55
Pacote De 100 Cintas Plásticas 7.2X360 M	2,00	UN	2 571,43	17,00	5 142,86
Buchas expansivas M10	8,00	UN	250,00	17,00	2 000,00
Rolo de Fita Auto-vulcanizante 3M CNAC3M23	2,00	UN	1 980,00	17,00	3 960,00
Torre Metálica 30m + Base completa, inclui: acessórios de espionamento e fixação,	2,00	UN	836 377,81	17,00	1 672 755,62

sistema de terra e sinalização luminosa					
Tenda switch SG108	2,00	UN	4 820,80	17,00	9 641,60
9U Rack Complete	2,00	UN	25 583,33	17,00	51 166,66
Tomada tipo Rack de 6 pontos	2,00	UN	5 500,00	17,00	11 000,00
Cabo STP Cat6 Outdoor (metros)	100,00	UN	2 142,86	17,00	214 286,00
Kit de conectores e acessórios para cabo UTP	1,00	UN	333,33	17,00	333,33
<b>ENGENHARIA   IMPLANTAÇÃO</b>					
Descrição	Qtd.	Unidade	Preço unitário	IVA	Total Liquido
Transporte dos materiais e técnicos Maputo/ Chicumbane / Chongoene / Maputo	1,00	UN	71 961,72	17,00	71 961,72
Engenharia, implantação física das torres, trabalhos de construção civil, instalação do equipamento, alojamento e alimentação dos técnicos e comissionamento.	1,00	UN	312 128,68	17,00	312 128,68

Total de Mercadorias/Serviços	2 504 623,72
Total IVA	425 786,03
Total ( MT )	2 930 409,75



## CAPÍTULO V

### 5. Resultados, considerações finais e recomendações

#### 5.1. Apresentação dos resultados e discussão

Os resultados provenientes de todos os cálculos de dimensionamento podem ser extraídos através de um relatório. A tabela 12, mostra os resultados dos cálculos do enlace que liga a subestação móvel de Chongoene e a subestação de Chicumbane.

Tabela 12 - Apresentação dos resultados obtidos no cálculo, (Fonte: Autor).

	Resultados obtidos dos cálculos
Atenuação de espaço livre (dB)	136,031
Atenuação de absorção atmosférica (dB)	0,2124
Atenuação total (dB)	82,2434
Sinal recebido (dB)	- 67,2484
Desvanecimento plano (dB)	25,2566
Disponibilidade no pior mês (%)	99,995331
Indisponibilidade no pior mês (seg)	12102,048
Disponibilidade anual (dois lados)(%)	99,999999299
Indisponibilidade anual (dois lados) (seg)	21,8
Taxa pluviométrica para 0,01% do tempo (mm/hr)	54,79
Atenuação por chuvas (dB)	13,997
Disponibilidade anual por chuvas (%)	100,00
Indisponibilidade anual por chuvas (min)	0,00
Disponibilidade anual total (%)	99,999999299
Indisponibilidade anual total (min)	0,363333

As disponibilidades garantem o funcionamento do enlace em óptimas condições, isto porque a inoperância do enlace apresenta um valor muito ínfimo que pode se considerar zero. Para projectos de rádio enlace, considerando o projecto pratico e usual, devem ser obedecidas as seguintes condições, (Ongaratto, 2009):

- Disponibilidade > 99,996% do tempo ao longo de um ano.

Este parâmetro é aplicável para rádio enlaces baseados na hierarquia PDH. No caso da hierarquia SDH, devido às altas taxas de transmissão de dados, o parâmetro deve ser considerado como 99,998%, no mínimo.

Com a condição acima, verifica-se que este enlace cumpre com as exigências mínimas para a comunicação entre as duas estações definidas<sup>1</sup> para as duas hierarquias PDH e SDH, com a disponibilidade anual de 99,999999299%.

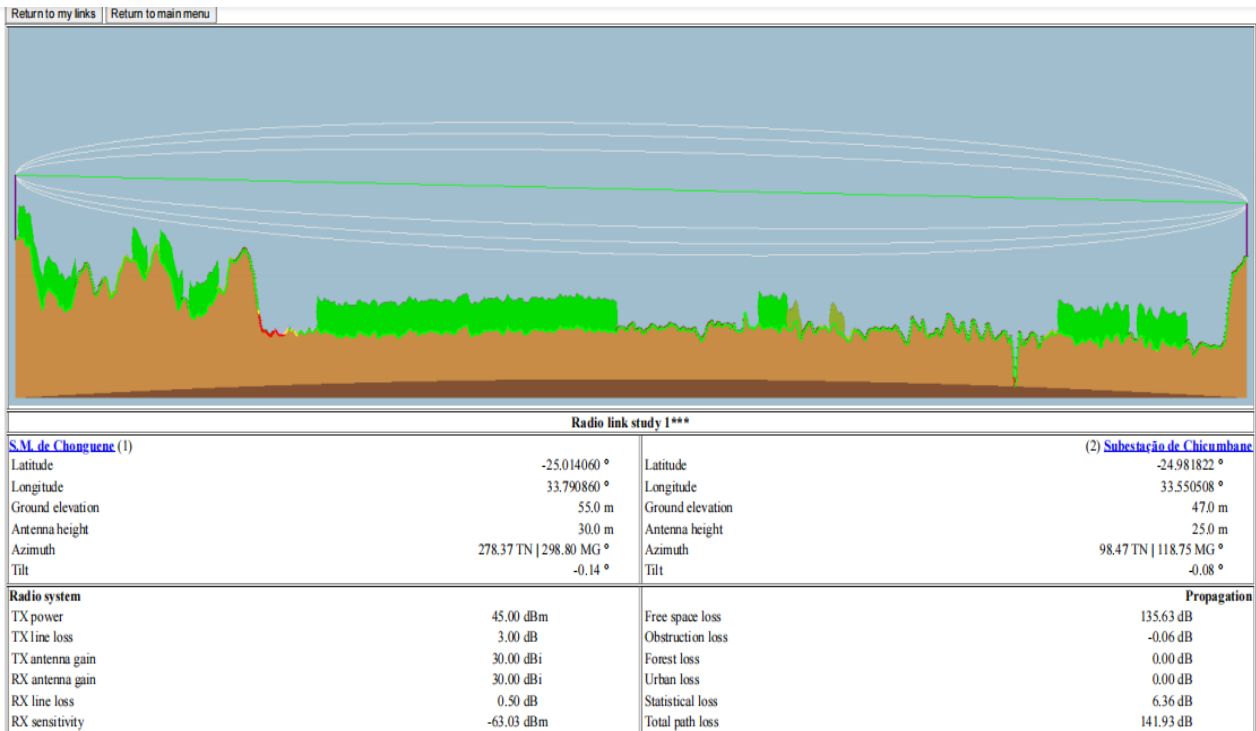


Figura 24: O link feito no *Radio Mobile Online*, (Fonte: *Radio Mobile online*<sup>2</sup>)

Dos resultados obtidos por meio dos cálculos e a partir do *software*, pode-se chegar as seguintes argumentações:

A perda do espaço livre obtida a partir dos cálculos é maior que a perda obtida a partir do *software Radio Mobile online*, isto acontece porque há uma pequena discrepância entre a distância obtida a partir do Rádio Mobile e a distância obtida no Google Earth, assim como a frequência usada no Rádio Mobile é diferente da frequência obtida na descrição dos equipamentos fornecidos.

O *software Radio Mobile Online*, leva em consideração as frequências permitidas para o uso nos rádios enlaces, e das frequências permitidas não contém um intervalo no qual se encontra a frequência obtida na descrição dos equipamentos.

Dos resultados obtidos nos cálculos tradicionais de dimensionamento de enlaces de rádio, a atenuação de espaço livre é a maior atenuação que um Rádio enlace pode sofrer devido a absorção atmosférica, isto porque é a perda na intensidade do sinal de uma onda electromagnética que resultará um caminho utilizando a linha de visão através do ar, sem

<sup>1</sup> Estacao localizaada na subestaco de Chicumbane e a Subestacao Movel de Chongoene.

<sup>2</sup> Fonte: <https://www.ve2dbe.com/english1.html>

obstáculos próximos para causar reflexão ou difracção. A atenuação de absorção atmosférica é menor porque à medida que a onda electromagnética ou luz se propaga pelo espaço livre, interage com as diversas partículas suspensas, como vapor d'água, poeira, e alguns gases que não estão distribuídos uniformemente na atmosfera, fazendo desta forma que a atenuação por absorção dependa da característica do sinal, principalmente do comprimento de onda.

Tabela 13 - Tabela de execução do enlace, (Fonte: *Radio Mobile Online*).

Execução	
Distancia	24,486 km
Precisão	12,2 m
Frequência	5925 MHz
Potencia Radiada Isotrópica Equivalente	15837.517 W
Ganho do Sistema	164.52 dB
Confiabilidade requerida	80.0%
Sinal Recebido	-40.44 dBm
Sinal recebido	2128.87µV
<i>Fade Margin</i>	22.59 dB

Da tabela 13, percebe-se que há uma discrepância no valor do sinal recebido entre os cálculos e os resultados obtidos no *software*, isto deve-se a diferença nos valores obtidos das atenuações no espaço livre, esta atenuação depende da distância e frequência do enlace que diferem nos dois métodos<sup>3</sup>. E esta discrepância deve-se também porque no cálculo de perdas totais no *software* leva em consideração perdas ou factores ignoradas nos cálculos tradicionais, o que faz com que a atenuação total obtida pelo software seja maior.

<sup>3</sup>No calculo tradicional de dimensionamento de uma radio enlace e no dimensionamento por meio do software

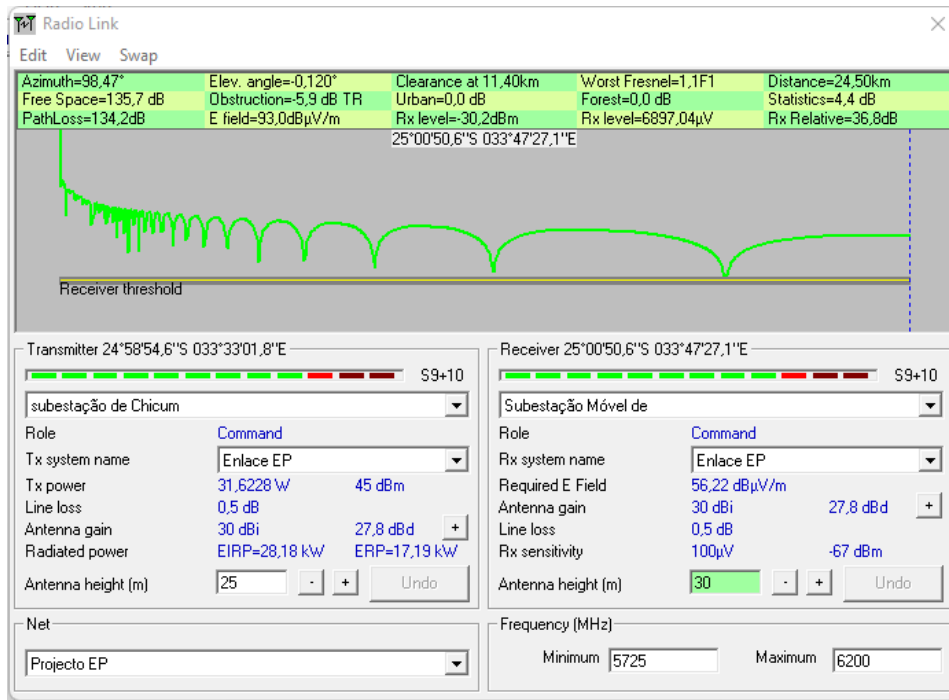


Figura 25: limiar do receptor, (Fonte: *Radio Mobile Online*).

A figura 25, mostra o comportamento do limiar do receptor. Observando, nota-se que este diminui a medida que a distância aumenta. Da figura 26, pode-se perceber que o sinal recebido tem uma margem de sucesso de 36,77dB e como vimos na figura 24, corresponde a uma margem de confiabilidade de 80%.

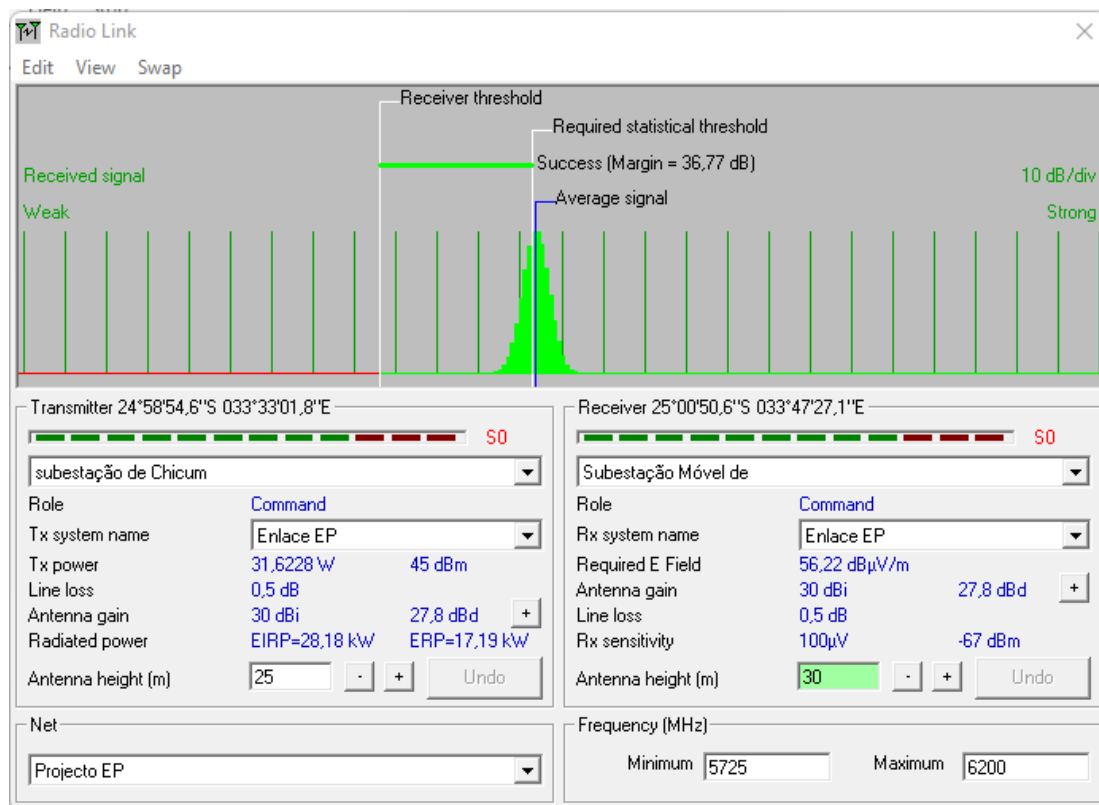


Figura 26 – Confiabilidade do sinal recebido, (Fonte: *Radio Mobile Online*).

## **5.2. Considerações finais**

Como foi descrito ao longo do trabalho, os sistemas de radiocomunicação têm vindo a crescer no mundo e em particular Moçambique, e estes estão presentes actualmente em todas áreas das actividades humanas que envolvam telecomunicações, desde a sociedade até as áreas empresariais, como é o caso da EDM que se tem beneficiado desses sistemas para o monitoramento da suas subestações, transferência de dados a nível cooperativo e operativo, comunicação via rádio e telefones, internet entre outras aplicações.

O dimensionamento de um rádio enlace é importante porque é nesta etapa que faz-se a análise de viabilidade técnica e verifica-se a disponibilidade do sistema sob diversos factores que podem influenciar no seu funcionamento e desempenho, de modo a minimizar os factores que contribuem para o seu mau funcionamento. Como pode ser visto, por exemplo, no aumento das alturas das antenas, para evitar objectos dentro do primeiro elipsóide de Fresnel.

Os cálculos acima feitos mostram que o sistema irá funcionar de uma boa forma atendendo aos pré-requisitos propostos, pese embora o rádio enlace ainda não tenha sido implementado, mas a partir dos cálculos da disponibilidade do sistema sob diversos factores ambientais e atenuações, há confiabilidade de que o sistema irá funcionar e há segurança na transferência de dados da subestação móvel de Chongoene para a subestação de Chicumbane.

## **5.3. Recomendações para trabalhos futuros**

Para os trabalhos futuros recomenda-se que se faça um estudo de dimensionamento de um link usando a fibra óptica, o estudo de viabilidade comparativa entre esses dois sistemas de modo a se obter o melhor sistema em termos económicos e técnicos.

Também que se use mais o *software PathLoss* para o dimensionamento de uma radio enlace, pois este software apresenta boas ferramentas para o estudo de disponibilidades, atenuações e equipamento.

## 6. Bibliografia

1. Alfacomp. (s/a). *alfacomp*. Retrieved 3 7, 2022, from [alfacomp.net: https://alfacomp.net/tag/calculo-de-radio-enlace/](https://alfacomp.net/tag/calculo-de-radio-enlace/)
2. André. (2005). *Manual de metodologia de investigação científica* (2a ed.). Portugal.
3. C., P. C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologias do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Académico* (2a ed.). Rio grande do Sul:Feevale.
4. Corraera, F. S. (2017). SISTEMAS ÓPTICOS E DE MICRO-ONDAS. p. 99.
5. Crossled Solutions. (2021). Retrieved from [https://crossled.pt/eletrodos\\_e\\_ligadores\\_terras/18479-ELECTRODO-DE-TERRA-15MTS-ESP-50-EXTREM-ROSCA-2--2503479.html](https://crossled.pt/eletrodos_e_ligadores_terras/18479-ELECTRODO-DE-TERRA-15MTS-ESP-50-EXTREM-ROSCA-2--2503479.html)
6. Fabioccris. (2017, 5 19). *Facebook*. Retrieved 3 4, 2022, from <https://www.facebook.com/fabioccris/photos/a.228935757593765/228935670927107>
7. Focus Technology Co., Ltd. (2022). Retrieved from [https://pt.made-in-china.com/co\\_zzhongdacable/image\\_Earth-Ground-Wire-Cable-35mm2-50mm2-70mm2-Bare-Copper-Conductor\\_ryeohesig\\_2f1j00ktjRPVzhqYql.html](https://pt.made-in-china.com/co_zzhongdacable/image_Earth-Ground-Wire-Cable-35mm2-50mm2-70mm2-Bare-Copper-Conductor_ryeohesig_2f1j00ktjRPVzhqYql.html)
8. Glasenapp, C. R. (s/a). *Trabalho de Teleinformática: Redes SDH e PDH*. Retrieved 03 2022, 03, from [https://www.gta.ufrj.br/grad/98\\_2/claus/sdhnow~1.html](https://www.gta.ufrj.br/grad/98_2/claus/sdhnow~1.html)
9. INCM. (2017). *Relatório de Regulação das Comunicações Situação das Comunicações em Moçambique*. Cidade de Maputo: Moçambique: Instituto Nacional das Comunicações de Moçambique.
10. ITU-R . (2017). *Recommendation ITU-R P.837-7: Characteristics of precipitation for propagation modeling*. Geneva : Electronic Publication.
11. ITU-R. (2005). *RECOMMENDATION ITU-R P.838-3: Specific attenuation model for rain for use in prediction methods (Question ITU-R 201/3)*. Geneva: Electronic Publications.
12. ITU-R. (2012). *Recommendation ITU-R P.453-10: The Radio refractive index: its formula and refractivity data*. Geneva: ITU Radiocommunication.

13. Lakatos, E., & Marconi, M. (2017). *Fundamentos de metodologia científica* (8a ed.). São Paulo: Atlas.
14. Massango, L. (2018). Sistemas de Rádio e Televisão. *Ondas de Rádio Frequência*, p. 16.
15. Neta, S. R. (2009). *Uso De Imagens Alos/Palsar Multipolarizadas Para Detecção De Incremento De Desflorestamento Na Amazonia*. Retrieved from [https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FFIGURA-25-Campo-Eletrico-Polarizacao-de-Ondas-eletromagneticas-a-Horizontal-e-b\\_fig3\\_281133657&psig=AOvVaw2pTZO5guUMbsAe2rabTA7w&ust=1646738417207000&source=images&cd=vfe&ve](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2FFIGURA-25-Campo-Eletrico-Polarizacao-de-Ondas-eletromagneticas-a-Horizontal-e-b_fig3_281133657&psig=AOvVaw2pTZO5guUMbsAe2rabTA7w&ust=1646738417207000&source=images&cd=vfe&ve)
16. npe engenharia e projetos. (2017). *npe* . Retrieved 3 4, 2022, from <http://www.npe.eng.br/>: <http://www.npe.eng.br/engenharia-estrutural/torres-postes-e-cavaletes/>
17. Ongaratto, D. A. (2009). *Projecto de diplomação: Projecto de sistemas de comunicação microondas - Rádio ponto a ponto*. Porto Alegre: Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul.
18. Penteado, R. S. (2017). *Projeto de Sistemas de Rádio*. Londrina: Universidade Pitágoras Unopar.
19. Piau, D. d. (2013). *Projecto de Dimensionamento de Enlace de Radio Associado a Atenuacoes devido a Chuva Utilizando Celplan e Pathloss*. Uberlandia: Universidade Federal de Uberlandia.
20. Piau, D. d., & CARRIJO, G. A. (2014, jul. – dez.). PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE ENLACE DE RÁDIO. p. 10.
21. Silva, E., & Meneses, E. (2001). *Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação*. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED.
22. Silva, R. D. (2016). *Validação da Viabilidade de Rádio Enlace Utilizando o Software Pathloss 5.0*. Guaratinguetá: Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.

23. Target. (2020, 5 6). *Target Solutions*. Retrieved 3 4, 2022, from <http://blog.targetso.com/>:  
<http://blog.targetso.com/2020/05/06/radioenlaces-conceitos-basicos/>
24. Teleco. (2007, 12 31). *Teleco Inteligencia em Telecomunicacoes* . Retrieved 03 14, 2022, from <https://www.teleco.com.br/>:  
<https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialatalaia/default.asp>
25. Teleco. (2018, 11 19). *Teleco Inteligencia em Telecomunicações*. Retrieved 03 14, 2022, from <https://www.teleco.com.br/>:  
<https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialrenlace2/default.asp>
26. Tembe, A. (2019). Propagação de Ondas e Antenas. *Fundamentos de Antenas Filamentares*, p. 161.
27. Ubiquiti Inc. (2018). *AF-5XHD: airFiber® AF-5XHD*. United States.
28. Ubiquiti Networks, Inc. (2015). *airFiber® X antenna*. United States.
29. Ubiquiti Networks, Inc. (2017). *Ethernet Surge Protector*. United States.
30. Wikipédia. (2019, 7). *Wikipédia, a enciclopédia livre*. Retrieved 3 6, 2022, from <https://pt.wikipedia.org/>: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona\\_de\\_Fresnel](https://pt.wikipedia.org/wiki/Zona_de_Fresnel)
31. Wikipédia. (2020, 12). *Wikipédia*. Retrieved from Wikipédia, a enciclopédia livre: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Radiodifus%C3%A3o>
32. Wikipédia. (2022, 01 23). *Wikipédia, a enciclopédia livre*. Retrieved 03 03, 2022, from <https://pt.wikipedia.org/>: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Antena>



## Anexos

### Anexo 1: Radio: 5 GHz Carrier Radio with LTU™ Technology



Figura 27 - Radio: 5 GHz Carrier Radio with LTU™ Technology, (27).

## Anexo 2: Características do radio

Tabela 14 - Características do radio, (27).

airFiber AF-5XHD	
Dimensions	224 x 82 x 48 mm (8.82 x 3.23 x 1.89")
Weight	0.35 kg (12.3 oz)
RF Connectors	(2) RP-SMA Weatherproof (CH0, CH1) (1) SMA Weatherproof (GPS)
GPS Antenna	External, Magnetic Base
Power Supply	24V, 1A Gigabit PoE Adapter (Included)
Power Method	Passive Power over Ethernet Pins 1, 2, 4, 5 (+) and Pins 7, 8, 3, 6 (-)
Max. Power Consumption	6-12W <sup>1</sup>
Supported Voltage Range	+18 to +54VDC <sup>2</sup>
Mounting	airFiber X Mount (Rocket Mount Compatible) GPS Pole Mount (Included)
Operating Temperature	-40 to 55° C (-40 to 131° F)
Weatherproofing	IP67 <sup>3</sup>
Certifications	CE, FCC, IC



## Anexo 3: Ethernet Surge Protector



Figura 28 - Ethernet Surge Protector, (29).

**Anexo 4:** Especificações do Radio, Frequência de Operação e Bluetooth

Tabela 15 - Especificações do Radio, Frequência de Operação e Bluetooth, (27)

Radio	
Max. Conducted TX Power	29 dBm (Dependent on Regulatory Region)
Frequency Accuracy	< 2 ppm
Channel Bandwidth	10/20/30/40/50/60/80/100 MHz Selectable Programmable Uplink and Downlink Duty Cycles

Operating Frequency (MHz)	
Worldwide	4800 - 6200*
US/CA	
U-NII-1	5150 - 5250
U-NII-2A	5250 - 5350
U-NII-2C	5470 - 5725
U-NII-3	5725 - 5850

\* Depends on regulatory region.

Bluetooth LE Management Radio (MHz)	
Worldwide	2400 - 2483.5

**Anexo 5:** Especificações do radio: Potencias sugeridas de TX

Tabela 16 - Especificações do radio: Potencias sugeridas de TX, (27).

Suggested Max. TX Power	
12x	12 - 15 dBm
10x	19 - 20 dBm
8x	21 - 22 dBm
6x	23 - 24 dBm
4x	29 dBm
2x	29 dBm
1x	29 dBm

### Anexo 6: Sensibilidade do Receptor do radio (em dBm)

Tabela 17 - Sensibilidade do Receptor do radio (em dBm), (27).

Receive Sensitivity (dBm)									
Modulation Rate	Modulation	Sensitivity							
		10 MHz	20 MHz	30 MHz	40 MHz	50 MHz	60 MHz	80 MHz	100 MHz
12x	4096QAM	-56	-53	-51	-49	-47	-44	-42	-39
10x	1024QAM	-66	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51
8x	256QAM	-72	-69	-67	-65	-63	-61	-59	-57
6x	64QAM	-78	-75	-73	-71	-69	-67	-65	-63
4x	16QAM MIMO	-84	-81	-79	-77	-75	-73	-71	-69
2x	QPSK MIMO	-88	-85	-83	-82	-81	-80	-79	-78
1x	½ Rate QPSK xRT	-90	-87	-85	-84	-83	-82	-81	-80

### Anexo 7: Antena do Radio



Model	Frequency	Gain <sup>1</sup>	Radome <sup>2</sup>
AF-5G30-S45	4.9 - 5.9 GHz	26 - 30 dBi	ISO-BEAM-620

The AF-5G30-S45 offers up to 30 dBi of gain in a 650-mm diameter size.

Figura 29 - Antena do Radio, (28).

## Anexo 8: Especificações da antena

Tabela 18 - Especificações da antena, (28).

Antenna Characteristics					
Model	AF-2G24-S45	AF-3G26-S45	AF-5G23-S45	AF-5G30-S45	AF-5G34-S45
Dimensions*	ø 650 x 295 mm (ø 25.59 x 11.61")	ø 650 x 300 mm (ø 25.59 x 11.81")	ø 378 x 290 mm (ø 14.88 x 11.42")	ø 650 x 386 mm (ø 25.59 x 15.20")	ø 1050 x 421 mm (ø 41.34 x 16.57")
Weight**	9.8 kg (21.61 lb)	9.8 kg (21.61 lb)	3.4 kg (7.50 lb)	7.4 kg (16.31 lb)	13.5 kg (29.76 lb)
Frequency Range	2.3 - 2.7 GHz	3.3 - 3.8 GHz	5.1 - 5.9 GHz	4.9 - 5.9 GHz	4.9 - 5.8 GHz
Gain	24 dBi	26 dBi	23 dBi	4.9 GHz: 26 dBi 5 - 5.9 GHz: 30 dBi	4.9 GHz: 30 dBi 5 - 5.8 GHz: 34 dBi
+ 45° Beamwidth	6.6° (3 dB)	7° (3 dB)	10° (3 dB)	5.8° (3 dB)	3° (3 dB)
- 45° Beamwidth	6.8° (3 dB)	7° (3 dB)	10° (3 dB)	5.8° (3 dB)	3° (3 dB)
F/B Ratio	28 dB	33 dB	30 dB	30 dB	42 dB
Max. VSWR	1.6:1	1.4:1	1.5:1	1.6:1	1.4:1
Wind Loading	787 N @ 200 km/h (177 lbf @ 125 mph)	787 N @ 200 km/h (177 lbf @ 125 mph)	190 N @ 200 km/h (43 lbf @ 125 mph)	790 N @ 200 km/h (178 lbf @ 125 mph)	1,779 N @ 200 km/h (400 lbf @ 125 mph)
Wind Survivability	200 km/h (125 mph)				
Polarization	Dual-Linear				
Cross-pol Isolation	35 dB Min.				
ETSI Specification	EN 302 326 DN2				
Mounting	Universal Pole Mount, airFiber X Radio Bracket, and Weatherproof RF Connectors Included				

\* Dimensions exclude pole mount and airFiber X radio (airFiber X radio sold separately)  
 \*\* Weight includes pole mount and excludes airFiber X radio (airFiber X radio sold separately)

## Anexo 9: Especificações do Ethernet Surge Protector

Tabela 19 - Especificações do Ethernet Surge Protector, (29)

ETH-SP-G2	
Dimensions	91 x 61 x 32.5 mm (3.58 x 2.4 x 1.28")
Weight	80 g (2.82 oz)
Interface Connections	(2) RJ45 Female Connectors
ESD/EMP Protection	Absorbing Transient Current with Response to Surge Voltage from 100V/s to 1kV/μs
DC Spark-Over Voltage	90V @ 100V/s
Maximum Impulse Spark-Over Voltage	700V @ 1kV/μs
Discharge Current	10kA+
Maximum Insulation Resistance	1G ohm @ 50V
Maximum Capacitance	1.0 pF @ 1 MHz
Data Line Protection	RJ45 10/100/1000 Ethernet
IEEE 802.3af PoE Support	Yes
Shock and Vibration Certification	ETSI300-019-1.4 Standard
Operating Temperature	-30 to 65° C (-22 to 149° F)
Operating Humidity	10 to 90% Noncondensing



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

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	20.01.2022
---------------------	--	-------	------------

**1. AGENDA:**

Apresentação da proposta do tema para o relatório de estágio profissional
---

**2. PRESENÇAS:**

Supervisor	
Co-Supervisor	
Estudante	

**3. RESUMO DO ENCONTRO:**

Neste encontro, apresentou-se a proposta do tema para o relatório de estágio profissional, tendo o estudante apresentado a ideia do tema e o supervisor comentado acerca do mesmo.
--

**4. RECOMENDAÇÕES:**

Apresentar o termo de atribuição do tema do estágio profissional conforme descrito no anexo 5 do regulamento de culminação dos estudos curso nos cursos de engenharia.
--

5. OBSERVAÇÕES:	Ao logo deste processo deve-se seguir o regulamento de culminação dos estudos curso nos cursos de engenharia.
6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	10.02.2022



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

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	10.02.2022
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação da proposta do tema para o relatório de estágio profissional
---

2. PRESENCAS:

Supervisor	
Co-Supervisor	
Estudante	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Neste encontro, apresentou-se o termo de atribuição corrigido, tendo o estudante apresentado a ideia do tema e o supervisor comentado acerca do mesmo.
--

4. RECOMENDAÇÕES:

Prosseguir para o relatório de estágio profissional.
--

5. OBSERVAÇÕES:	Ao logo deste processo deve-se seguir o regulamento de culminação dos estudos curso nos cursos de engenharia.
-----------------	---

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	15.05.2022
-----------------------------	------------





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

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	15.05.2022
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do relatório de estágio versão 00.
---

2. PRESENCAS:

Supervisor	
Co-Supervisor	
Estudante	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Neste encontro, apresentou-se a primeira versão do relatório de estágio e o pedido de desculpas pelo tempo que andei ausente.
---

4. RECOMENDAÇÕES:

Reduzir o número de página e colocar o essencial para no trabalho.
--

5. OBSERVAÇÕES:	O trabalho é muita extensão; Rever o trabalho e colocar apenas o essencial.
--------------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	22.02.2022
-----------------------------	------------



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

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:	
---------------------	--

Data:	22.05.2022
-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação do relatório de estágio versão 01
--

2. PRESENCAS:

Supervisor	
Co-Supervisor	
Estudante	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Neste encontro, apresentou-se a versão 01 do relatório de estágio profissional, tendo o estudante apresentado o trabalho anterior modificado e o supervisor comentado acerca do mesmo.
--

4. RECOMENDAÇÕES:

Rever a extensão do relatório de estágio profissional e incluir os anexos dados no regulamento.
---

5. OBSERVAÇÕES:	Incluir o plano de actividades desempenhadas no período de estágio profissional; Rever o formato e organização do trabalho; não quebrar as tabelas; enumerar todas as equações, fórmulas e figuras.
-----------------	---

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	20.06.2022
-----------------------------	------------



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

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	20.06.2022
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação da versão 02 do relatório de estágio profissional
--

2. PRESENÇAS:

Supervisor	
Co-Supervisor	
Estudante	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Neste encontro, apresentou-se a versão 02 do relatório de estágio profissional, tendo o estudante apresentado a correcção dos aspectos levantados na sessão anterior e o supervisor comentado acerca do mesmo.
--

4. RECOMENDAÇÕES:

Todos os planos de actividades devem passar para os anexos; o guia de avaliação do relatório escrito deve constar numa página única; e eliminar todos os comentários do relatório. Colocar as equações apagadas cujos comentários ainda existem.
--

5. OBSERVAÇÕES:	Ao logo deste processo deve-se seguir o regulamento de culminação dos estudos curso nos cursos de engenharia.
-----------------	---

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	17.07.2022
-----------------------------	------------



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

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	17.07.2022
---------------------	--	-------	------------

1. AGENDA:

Apresentação da versão 03 do relatório de estágio profissional
--

2. PRESENÇAS:

Supervisor	
Co-Supervisor	
Estudante	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Neste encontro, apresentou-se a versão 03 do relatório de estágio profissional, tendo o estudante apresentado a correcção dos aspectos levantados na sessão anterior e o supervisor comentado acerca do mesmo
---

4. RECOMENDAÇÕES:

Reduzir a extensão do trabalho e verificar as referências bibliográficas.
---

5. OBSERVAÇÕES:	Ao logo deste processo deve-se seguir o regulamento de culminação dos estudos curso nos cursos de engenharia.
-----------------	---

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	21.07.2022
-----------------------------	------------



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

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA:		Data:	21.07.2022
---------------------	--	-------	------------

**1. AGENDA:**

Apresentação da versão 04 do relatório de estágio profissional
--

**2. PRESENÇAS:**

Supervisor	
Co-Supervisor	
Estudante	

**3. RESUMO DO ENCONTRO:**

Neste encontro, apresentou-se a versão 04 do relatório de estágio profissional, tendo o estudante apresentado a correcção dos aspectos levantados na sessão anterior e o supervisor comentado acerca do mesmo
---

**4. RECOMENDAÇÕES:**

Imprimir o trabalho final e entregar.
---------------------------------------

5. OBSERVAÇÕES:	Ao logo deste processo deve-se seguir o regulamento de culminação dos estudos curso nos cursos de engenharia.
-----------------	---

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	22.07.2022
-----------------------------	------------



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

**Relatório de Progresso**

REFERÊNCIA DO TEMA:	
---------------------	--

1. Actividades planificadas

ACTIVIDADE	PRAZO PREVISTO
Actividade 1: Manutenção Correctiva da antena de Machava para a comunicação com a repetidora de Matola Office	12/01/2022
Actividade 2: Manutenção da estação base de radio da subestação de Beluluane e Substituição dos telefones moveis na subestação	13/01/2022
Actividade 3: Visita de estudo para instalação de equipamentos de Telessinalização na subestação móvel de 110/33kV da CDM (Cervejas de Moçambique) Maputo	18/01/2022
Actividade 4: Construção da base para suporte do armário	25/01/2022
Actividade 5: Resolução do problema de internet na subestação de Infulene (Correcção da falta de internet nos pontos de tomadas de redes de alguns departamentos de Infulene (nas Protecções, no DEP, nas Linhas))	14/02/2022
Actividade 6: Substituição dos telefones analógicos por digitais de Infulene	08/02/2022
Actividade 7: Montagem do equipamento de telessinalização no armário	09/02/2022
Actividade 8: Continuação da substituição dos telefones na Subestação de Infulene e a resolução do problema de conflitos de IPs na rede	10/02/2022
Actividade 9: Limpeza do laboratório das telecomunicações e o transporte do armário de SDH e PDH de Boane para Infulene	11/02/2022
Actividade 10: Resolução do problema de oscilação de internet no Infulene	17/02/2022
Actividade 11: Manutenção preventiva das Repetidoras comunicação via radio nos sites de Inhaca situada na Olaf Palm, Matola, Matola Gare,	01 a 28/02/2022

Marracuene, Catuane Ponta de ouro Boane Mafuiane, Bela Vista , Matola Gare	
Actividade 12: Instalação de Rádios, Antenas nas Viaturas da Piquete Manutenção das ASC e Delegação	20/02/2022
Actividade 13: Manutenção preventiva de equipamentos de telecomunicações (Radio, SDH, PDH)  Manutenção preventiva do grupo de baterias e rectificador de 48VDC  Manutenção do Line Trap no Parque e manutenção do CVT (Reapertus), medições e calibrações  Manutencao do LMU (Line Matching Unit)  Ajustes de Sinal  Manutenção de Baterias de 12V da Subestação e dos telefones PLC	25/02/2022
Actividade 14: Manutenção da fibra óptica Infulene-Ressano Garcia	1 a 30/03/2022
Actividade 15: Manutenção preventiva das Repetidoras comunicação via radio nos sites de , Inhaca Zitudo Olaf Palm, Matola, Matola Gare, Marracuene, Catuane Ponta de ouro Boane Mafuiane, Bela Vista , Matola Gare	1 a 30/03/2022
Actividade 16: Manutenção preventiva de equipamentos de telecomunicações (Radio, SDH, PDH)  Manutenção preventiva do grupo de baterias e rectificador de 48VDC  Ajustes de Sinal  Manutenção de Baterias de 12V da Subestação e dos telefones PBX  Manutenção da Fibra Óptica	13/03/2022
Actividade 17: Manutenção do PLC Infulene-Corumana(Dados e Voz)  Operacionalização da fibra de Mapai	06 a 25/04/2022
Actividade 18: Reposição de Internet na sala de formação	07/05/2022
Actividade 19: Manutenção em Infulene e Matola 275	08/05/2022
Actividade 20: Reparação das repetidoras de Praia de Xai-xai e Link de Manjacaze	18/05/2022

## 2. Controle de execução

ACTIVIDADE	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA

1	12/01/2022	100%		
2	13/01/2022	100%		
3	18/01/2022	100%		
4	25/01/2022	100%		
5	14/02/2022	100%		
6	08/02/2022	100%		
7	09/02/2022	100%		
8	10/02/2022	100%		
9	11/02/2022	100%		
10	17/02/2022	100%		
11	01/03/2022	100%		
12	05/03/2022	100%		
13	07/03/2022	100%		
14	09/03/2022	100%		
15	11/03/2022	100%		
16	13/03/2022	100%		
17	20/04/2022	100%		
18	05/05/2022	100%		
19	07/05/2022	100%		
20	18/05/2022	100%		

INDICAÇÃO TENTATIVA DA CONCLUSÃO DO EP (ao 4º encontro)	
--	--





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

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

**Nome do estudante:** Canacsim Agostinho Pedro

**Referência do tema:** \_\_\_\_\_ **Data:** 18/06/2022

**Título do tema:** Dimensionamento de um Rádio enlace para a ligação entre a Subestação Móvel de Chongoene e Subestação de Chicumbane

<b>1. Introdução</b>										
1.1. Apresentação dos pontos chave 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							
2.2. Metodologia	1	2	3	4						
2.3. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Secção 2 subtotal (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 4 subtotal (max: 50)</b>										

**Total de pontos (max: 100)**

**Nota (=Total\*0,2)**



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTECNICA

**F3 – FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

(Supervisor da Instituição)

Nome do estudante: Canacsim Agostinho Pedro

Referência do tema: \_\_\_\_\_

Data: 18/06/2022

Título do tema: **Dimensionamento de um Rádio enlace para a ligação entre a Subestação Móvel de Chongoene e Subestação de Chicumbane**

<b>AVALIADOR</b>	<b>NOTA OBTIDA</b>	<b>PESO (%)</b>
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 JÚRI:**

<b>O Presidente</b>	
<b>O Oponente</b>	
<b>Os Supervisores</b>	



ELECTRICIDADE  
DE MOÇAMBIQUE, E.P.

**DIVISÃO DE TRANSPORTE SUL**

**PLANO DE ACTIVIDADES PARA O MÊS DE FEVREIRO DE 2022**

Nº	Data	Semana	Subestação / Paineis	Origem do Corte	Início	Fim	Duração	Descrição da Actividade	Observações
1	01 a 28/02/2022	5, 6, 7 e 8	Inhaca Zitudo Olaf Palm, Matola, Matola Gare, Marracuene, Catuane Ponta de ouro, Boane, Mafuiane, Bela Vista, Matola Gare		7:30h	15:30h	8:00h	Manutenção preventiva das Repetidoras comunicação via radio nos sites de , Inhaca Zitudo Olaf Palm, Matola, Matola Gare, Marracuene, Catuane Ponta de ouro Boane Mafuiane, Bela Vista, Matola Gare	TELECOM
2	01 a 28/02/2022	5, 6, 7 e 8	EDM		7:30h	15:30h	8:00h	Instalação de Rádios, Antenas nas Viaturas da Piquete Manutenção das ASC e Delegação	TELECOM

3	01 28/02/2022	a	5, 6, 7 e 8	Zandamela, Jangamo, Muhaque,  Morrungulo		7:30h	15:30 h	8:00h	Transferências de Sites de Repetidora de Zandamela, Jangamo, Muhaque, Morrungulo	TELECOM
5	02 28/02/2022	a	5, 6, 7 e 8	SE Lionde		7:30h	15:30 h	8:00h	Operacionalização da fibra optica Lionde-Mapai	TELECOM
6	02 28/02/2022	a	5, 6, 7 e 8	SE Kuvaniga		7:30h	15:30 h	8:00h	Operacionalização da fibra optica Lionde-Mapai	TELECOM
7	02 28/02/2022	a	5, 6, 7 e 8	SE Mapai		7:30h	15:30 h	8:00h	Operacionalização da fibra optica Lionde-Mapai	TELECOM
									<p>Manutenção preventiva de equipamentos de Operação e SCADA</p> <p>Limpeza dos ficheiros temporários armazenados;</p> <p>Testagem dos comandos das subestações a partir do sistema de automação</p> <p>Inspeção visual, Limpezas dos equipamentos de aquisição de dados e verificação das suas funcionalidades, verificação dos eventos nos ensaios e</p>	

9	13/02/2022	6	SE BOANE: Secção 1 do Barramento; TR1, Painel de 66kV do TR1, Paineis de 33kV	SE BOANE	06:00 h	16:00 h	10:00h	<p>Manutenção do Transformador, temperatura, níveis do TapChanger.</p> <p><b><u>Equipamento de Telecomunicações</u></b></p> <p>Manutenção preventiva de equipamentos de telecomunicações (Radio, SDH, PDH)</p> <p>Manutenção preventiva do grupo de baterias e retificador de 48VDC</p> <p>Manutenção do Line Trap no Parque e manutenção do CVT (Reapertus), medições e calibrações</p> <p>Manutenção do LMU (Line Matching Unit)</p> <p>Ajustes de Sinal</p> <p>Manutenção de Baterias de 12V da Subestação e dos telefones PLC</p>	SCADA e TELECOM

10	20/02/2022	7	SE6, Painel DL2 da SE Infulene'  T-OFF entre DL2/DL10 na 2M,  Poste de suspensão nº2	SE Infulene e SE4	06:00 h	16:00 h	10:00h	<p>Manutenção preventiva do grupo de baterias e retificador de 48VDC</p> <p>Ajustes de Sinal</p> <p>Manutenção de Baterias de 12V da Subestação e dos telefones PBX</p> <p>Manutenção da Fibra Óptica</p> <p><b><u>Equipamento de SCADA</u></b></p> <p>Manutenção preventiva de equipamentos de Operação e SCADA</p> <p>Limpeza dos ficheiros temporários armazenados;</p> <p>Testagem dos comandos das subestações a partir do sistema de automação</p> <p>Inspecção visual, Limpezas dos equipamentos de aquisição de dados e verificação das suas funcionalidades, verificação dos eventos nos ensaios e Manutenção do Transformador, temperatura, níveis do TapChanger.</p>	DEP, SCADA, PROTEÇÃO ESe TELECOM.
								<b><u>Equipamento de Telecomunicações</u></b>	

11	27/02/2022	8	SE Corumana	SE Infulene e Comatipot	06:00 h	16:00 h	10:00h	<p>Manutenção preventiva de equipamentos de telecomunicações (Radio, SDH, PDH)</p> <p>Manutenção preventiva do grupo de baterias e retificador de 48VDC</p> <p>Manutenção do Line Trap no Parque e manutenção do CVT (Reapertus), medições e calibrações</p> <p>Manutencao do LMU (Line Matching Unit)</p> <p><b><u>Equipamento de SCADA</u></b></p> <p>Manutenção preventiva de equipamentos de Operação e SCADA</p> <p>Limpeza dos ficheiros temporários armazenados;</p> <p>Testagem dos comandos das subestações a partir do sistema de automação</p> <p>Inspeção visual, Limpezas dos equipamentos de aquisição de dados e verificação das suas funcionalidades, verificação dos eventos nos ensaios e Manutenção do Transformador, temperatura, níveis do TapChanger.</p>	SCADA, TELECOM
----	------------	---	-------------	-------------------------	---------	---------	--------	---	----------------



**PLANO DE ACTIVIDADES PARA O MÊS DE MARÇO DE 2022**

<b>Nº</b>	<b>Data</b>	<b>Semana</b>	<b>Subestação/ Painel</b>	<b>Origem do Corte</b>	<b>Início</b>	<b>Fim</b>	<b>Duraçã o</b>	<b>Descrição da Actividade</b>	<b>Observaç ões</b>
1	1 a 30/03/20 22	9 a 13	Fibra Óptica Infulene/Ressano Garcia	Realizado de 9-12	7:30h	15:30 h	08:00h	Manutenção da fibra óptica Infulene- Ressano Garcia	TELECOM
2	1 a 31/03/20 22	9 a 13	Repetidoras da provincia de Maputo		7:30h	15:30 h	08:00h	Manutenção preventiva das Repetidoras comunicação via rádio nos sites de, Inhaca Zitudo Olaf Palm, Matola, Matola Gare, Marracuene, Catuane Ponta de ouro Boane Mafuiane, Bela Vista , Matola Gare	TELECOM
3	13/03/20 22	10	<b>SE Infulene:</b>  Painéis CL1 e Interbarras de 110,  <b>SE Móvel de Marracuene,</b>	Infulene	06:00 h	16:00 h	10h	Manutenção preventiva de equipamentos de Operação e SCADA  Limpeza dos ficheiros temporários armazenados;	SCADA e TELECOM

			<p><b>Linha CL1:</b></p> <p>Torres de suspensão 121-146</p>				<p>Testagem dos comandos das subestações a partir do sistema de automação</p> <p>Inspeção visual, Limpezas dos equipamentos de aquisição de dados e verificação das suas funcionalidades, verificação dos eventos nos ensaios.</p> <p><b><u>Equipamento de Telecomunicações</u></b></p> <p>Manutenção preventiva de equipamentos de telecomunicações (Radio, SDH, PDH)</p> <p>Manutenção do Line Trap no Parque e manutenção do CVT (Reapertus), medições e calibrações</p> <p>Manutencao do LMU (Line Matching Unit)</p> <p>Ajustes de Sinal</p> <p>PLC</p>	
--	--	--	---	--	--	--	--	--

1

**PLANO DE ACTIVIDADES PARA O MÊS DE ABRIL DE 2022**

Nº	Data	Semana	Subestação / Painel	Origem do Corte	Início	Fim	Duração	Descrição da Actividade	Observações
1	OET15  1ª 2/04/2022	13	SE Lindela (TR1 e TR2)	SE Lindela	6:00h	16:00h	10:00h	<p>Manutenção preventiva de equipamentos de Operação e SCADA</p> <p>Limpeza dos ficheiros temporários armazenados;</p> <p>Testagem dos comandos das subestações a partir do sistema de automação</p> <p>Inspecção visual, Limpezas dos equipamentos de aquisição de dados e verificação das suas funcionalidades, verificação dos eventos nos ensaios e Manutenção do Transformador, temperatura, níveis do TapChanger.</p> <p><b><u>Equipamento de TELECOM dos painéis de TR1 e TR2</u></b></p> <p>Manutenção preventiva de equipamentos de telecomunicações (Radio, SDH, PDH)</p> <p>Manutenção preventiva do grupo de baterias e rectificador de 48VDC</p>	SCADA, TELECOM

								<p>Manutenção do Line Trap no Parque e manutenção do CVT (Reapertus), medições e calibrações</p> <p>Manutencao do LMU (Line Matching Unit)</p> <p>Ajustes de Sinal</p> <p>Manutenção de Baterias de 12V da Subestação e dos telefones PLC</p>	
2	3/04/2022		SE Lindela	SE Chicumbane	6:00h	16:00h	10:00h	<p>Manutenção preventiva de equipamentos de Operação e SCADA</p> <p>Limpeza dos ficheiros temporários armazenados;</p> <p>Testagem dos comandos das subestações a partir do sistema de automação</p> <p>Inspecção visual, Limpezas dos equipamentos de aquisição de dados e verificação das suas funcionalidades, verificação dos eventos nos ensaios.</p> <p><b><u>Equipamento de TELECOM dos painéis de CL9, CL10, CBus e Cbanco</u></b></p> <p>Manutenção preventiva do grupo de baterias e rectificador de 48VDC</p>	

								<p>Manutenção do Line Trap no Parque e manutenção do CVT (Reapertus), medições e calibrações</p> <p>Manutenção do LMU (Line Matching Unit)</p> <p>Ajustes de Sinal</p> <p>Manutenção de Baterias de 12V da Subestação e dos telefones PLC</p>	<p>SCADA, TELECOM</p>
3	3/04/2022	13	SE Massinga	SE Chicumbane	06:00	16:00 h	10:00 h	<p><b><u>Equipamento de SCADA</u></b></p> <p>Manutenção preventiva de equipamentos de Operação e SCADA</p> <p>Limpeza dos ficheiros temporários armazenados;</p> <p>Testagem dos comandos das subestações a partir do sistema de automação</p> <p>Inspecção visual, Limpezas dos equipamentos de aquisição de dados e verificação das suas funcionalidades, verificação dos eventos nos ensaios e Manutenção do Transformador, temperatura, níveis do TapChanger.</p> <p><b><u>Equipamento de TELECOM</u></b></p>	<p>DEP, SCADA, PROTEÇÃO S, TELECOM</p>

								<p>Manutenção preventiva de equipamentos de telecomunicações (Radio, SDH, PDH)</p> <p>Manutenção preventiva do grupo de baterias e retificador de 48VDC</p> <p>Manutenção do Line Trap no Parque e manutenção do CVT (Reapertus), medições e calibrações</p> <p>Manutencao do LMU (Line Matching Unit)</p> <p>Ajustes de Sinal</p> <p>Manutenção de Baterias de 12V da Subestação e dos telefones PLC</p>	
4	05 a 8/04/2022	13,14,1 5,16,17	DTSU	OET16	07:30	15:30 h	08:00 h	Instalação de baterias de 12V/50Ah em todas Subestações da DTSU	TELECOM
5	11 a 15/04/2022	13,14,1 5,16,17	Zandamela, Jangamo, Muhaque, Morrungulo	OET17 e 18	07:30	15:30	08:00 h	<p><b><u>Repetidora</u></b></p> <p>Transferências de Sites de Repetidora de Zandamela, Jangamo, Muhaque, Morrungulo</p>	TELECOM
6	05 a 8 /04/2022	13,14,1 5,16,17	EDM	OET 16	07:30	15:30	08:00 h	<p><b><u>Rádios, Antenas</u></b></p> <p>Instalação de Rádios, Antenas nas Viaturas da Piquete Manutenção das ASC e Delegação</p>	TELECOM

7	01 a 30/04/2022	13,14,15,16,17	Repetidoras da província de Gaza	OET19	07:30	15:30 h	08:00 h	Manutenção preventiva das Repetidoras comunicações via radio nos sites de ASC-Xai-Xai, Barrama, Chibuto, Manjacaze, Xai-Xai Praia Xai-Xai Chockwe, Macia, Bilene,	TELECOM
8	06 a 25/04/2022	14,15,16,17	SE Corrumane Mapai	OET20	07:30 h	15:30 h	8:00h	Manutenção do PLC Infulene-Corumana (Dados e Voz)  Operacionalização da fibra de Mapai	TELECOM
10	OET 19  24/04/2022	16	SE3  OET21	SE3 e CTM	06:00	16:00 h	10:00 h	Manutenção preventiva de equipamentos de Operação e SCADA  Limpeza dos ficheiros temporários armazenados;  Testagem dos comandos das subestações a partir do sistema de automação  Inspeção visual, Limpezas dos equipamentos de aquisição de dados e verificação das suas funcionalidades, verificação dos eventos nos ensaios e Manutenção do Transformador, temperatura, níveis do TapChanger.  <b><u>Equipamento de TELECOM</u></b>	SCADA, TELECOM

								Manutenção preventiva de equipamentos de telecomunicações (Radio, SDH, PDH) Manutenção preventiva do grupo de baterias e retificador de 48VDC Ajustes de Sinal Manutenção de Baterias de 12V da Subestação e dos telefones PBX Manutenção da Fibra Óptica	
--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

Assinatura de Supervisores da empresa:

\_\_\_\_\_

(Eng. Miguel Nguana)

\_\_\_\_\_

(Eng. Hermenegildo Chavana)