



DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

LICENCIATURA EM ELECTRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES

OPTIMIZAÇÃO DO SINAL DA UNITEL NA ZONA DE VIANA KM-30/2023.

Autor: Angelino Manuel Sebastião

Orientador: Maludidi António Samuel, MsC.

Luanda, 2024

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS

LICENCIATURA EM ELECTRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES

OPTIMIZAÇÃO DO SINAL DA UNITEL NA ZONA DE VIANA KM-30/2023.

Trabalho de fim do curso, apresentado ao Instituto Superior de Angola, como requisito parcial para a obtenção da licenciatura de Engenharia Electrónica e telecomunicações.

Orientador: Maludidi António Samuel, MsC.

Luanda, 2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

Angelino Manuel Sebastião

Este trabalho de Fim do Curso, foi julgado e aprovado para obtenção do grau de Licenciatura em Electrónica e Telecomunicação pelo Instituto Superior de Angola no dia ____/____/2024.

Foi apresentado e defendido perante o júri composto pelos professores:

Presedente da Mesa

Primeiro Vogal

Segundo Vogal

Secretário

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e meus queridos avós. A toda a minha família e, em especial aos meus queridos filhos que amo profundamente no meu coração.

AGRADECIMENTOS

À Deus por conduzir meus passos até a data presente, e pelo clarão dos dias com que me tem brindado mesmo quando julguei que não havia solução para as coisas terrenas.

Os meus pais por toda atenção e carinho, porque tudo que me ensinaram permitiu-me ser hoje a pessoa que de conhecimento firme em Engenharia em Electrónica e Telecomunicações. Aos meus filhos por toda a paciência e por muitas vezes vos privar do meu contacto pessoal enquanto decorria este trabalho, muito obrigado.

Ao meu tutor Professor, Engenheiro, Maludidi António Samuel, MsC., por tudo o que fez para que este trabalho se torna hoje realidade, obrigado pela simplicidade, bem-haja.

Os professores do Instituto Superior de Angola - Isa pelos quatro anos de passagem de informação e ensinamento, também aos meus colegas do curso de Electrónica e Telecomunicações e à todos os funcionários do ISA, grato por todo calor que me foi dado.

Epígrafe

“Uma nova categoria de antenas que ultimamente vêm recebendo bastante atenção da comunidade científica são as antenas inteligentes.”

Marcelo Sampaio de Alencar (2007 p. 273)

RESUMO

O presente trabalho aborda sobre “A optimização do sinal da Unitel na Zona de Viana Km30”, que permite a verificação, monitorização da qualidade das comunicações móveis na Zona de Viana km 30. A pesquisa enquadra-se no tipo exploratório com uma abordagem qualitativa, recorremos a técnica utilizada na investigação qualitativa para recolha de dados. Tem como Questão científica: Como otimizar o sinal da Unitel na Zona de Viana Km – 30?

Propomos com hipótese: A Optimização do sinal da Rede da Unitel na Zona de Viana Km-30, pode amplamente melhorar a qualidade de serviço e o uso de recursos da rede para alcançar um equilíbrio entre cobertura, capacidade e qualidade. A não Optimização do sinal da Rede, pode causar problemas de desconexão dos dispositivos móveis dos clientes localizados na Zona de Viana Km - 30. Resume-se a zona de Viana por ser uma área muito afectada pelo sinal da Unitel.. Os celulares funcionam enviando e recebendo sinais de rádio de baixa potência. As estações rádio-base localizam-se em cada célula ou no canto de grupo de células. O número de estações rádio-base necessárias em uma determinada área irá depender do terreno e do número de pessoas com celulares. Actualmente, a UNITEL realizou um grande trabalho, um conjunto de acções em Luanda, Benguela e Cuanza Sul, à semelhança de trabalhos já desenvolvidos nas demais Províncias, a fim de haver uma crescente demanda, alinhada à estratégia de melhoria contínua de acesso ao sinal da telefonia móvel e, um serviço progressivamente de qualidade aos Clientes.

Palavras-Chave: Optimização, Sinal, Unitel.

ABSTRACT

This work addresses “The optimization of the Unitel signal in the Viana Km30 Zone”, which allows the verification and monitoring of the quality of mobile communications in the Viana Km 30 Zone. The research is exploratory with a qualitative approach, we use the technique used in qualitative research to collect data. The scientific question is: How to optimize the Unitel signal in the Viana Km – 30 Zone?

We propose with hypothesis: Optimization of the Unitel Network signal in the Viana Km-30 Zone, can largely improve the quality of service and the use of network resources to achieve a balance between coverage, capacity and quality. Failure to optimize the Network signal may cause problems with disconnection of customers' mobile devices located in the Viana Km - 30 Zone. The Viana area can be summarized as being an area heavily affected by the Unitel signal. Cell phones work by sending and receiving low-power radio signals. Radio base stations are located in each cell or in the corner of a group of cells. The number of base stations needed in a given area will depend on the terrain and the number of people with cell phones. Currently, UNITEL has carried out a great deal of work, a set of actions in Luanda, Benguela and Cuanza Sul, similar to work already carried out in other Provinces, in order to have a growing demand, aligned with the strategy of continuous improvement of access to the network signal. mobile telephony and progressively quality service to Customers.

Keywords: Optimization,Signal,Unitel.

Lista de Siglas e Abreviaturas

1G.....	Primeira Geração de Redes Móveis
2G.....	Segunda Geração de Redes Móveis
3G.....	Terceira Geração de Redes Móveis
3GPP.....	ThirdGenerationPartnership Project
3GPP2	ThirdGenerationPartnership Project 2
4G.....	Quarta Geração de Redes Móveis
5G	Quinta Geração de Redes Móveis
AMPS.....	Advanced Mobile PhoneServices
ANATEL.....	Agência Nacional de Telecomunicações
BCCH.....	Broadcast ControlChannel
CAPEX	Capital Expenditure
CDMA.....	CodeDivisionMultiple Access
CPICH.....	Stands for CommonPilotChannel
CSD.....	CircuitSwitched Data
EDGE.....	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
FDMA.....	FrequencyDivisionMultiple Access
FSK.....	FrequencyShiftKeying
GSM.....	Global System for Mobile Communications
GPRS.....	General Packet Radio Service
HARQ.....	HybridAutomaticRepeatRequest
HSCSD.....	High Speed Circuit-Switched Data
HSDPA.....	High Speed DownlinkPacket Access
HSPA.....	High Speed Packet Access
RSRQ.....	Reference Signal Received Quality.

Tabelas de Ilustração

Figura 1.4 Um sinal periódico em tempo discreto com período fundamental $N_0 = 3$

Figura 1.5 – Arquitectura genérica do E-UTRAN:

Figura 1.6 – Arquitectura EPS (Carvalho, 2011, p. 14).

Figura 1-2 (apresenta como exemplo um diagrama simplificado):

A **Figura 1-7**:apresenta uma ilustração da função Multiplex.

Figura 1-6: representação do sinal analógico:

Figura: Código binário:

Figura 1-7.Conversão D/A:

Figura 1-8: Reconstituição do sinal analógico:

Lista de tabelas

Tabela 1 RSRP

Tabela 2 Aplicativo **RSRQ**

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	13
Objectivo Geral	2
Objectivos específicos:	2
Delimitação e Limitação	2
Delimitação:	2
Limitação:	2
Justificativa.....	3
CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
1.1 Definição de termos e conceitos	4
1.1.1 Optimização	4
planear ou desenvolver com o máximo de eficiência.....	4
1.1.2 - Optimização de uma rede móvel	4
1.1.2.2- Criação Automática de Relações Vizinhaça	5
1.1.2.3- Optimização de Handover	5
1.1.3.1- Métricas de Handover	6
1.1.3.2 Indicadores de Desempenho	6
1.1.3.3- Auto Optimização	7
1.1.4- TrackingArea	7
1.1.4.1- Optimização de Mobilidade	8
1.2 Unitel	8
1.2.1VALORES DA MARCA	8
1.3.1Sinais em tempo contínuo e tempo discreto	10
1.3.1.1 Energia e potência do sinal	12
1.3.1.2 Sinais periódicos	13
1.3.1.3Sinais pares e ímpares	14
1.3.4-Sistema de telefonia celular	15
1.3.4.1- Long Term Evolution	16
1.3.4.2- Arquitetura de Rede	16
1.4.. Sistema de Comunicação	18
1.4.1.2Exemplo de um Sistema de Comunicação	20
1.4.3Formas Básicas de Múltiplo Acesso	21
1.4.4.1Múltiplo Acesso	22
1.4.2.2Fluxo da Informação no Múltiplo Acesso	23
1.4.3Formas Básicas de Múltiplo Acesso	25
1.4.1.1 Telefonia sem fio – CT2, CT3 E tELEPOINT	25

1.4.2.5 Transmissão digital.....	33
CAPÍTULO II: METODOLOGIA DE PESQUISA	34
2.1.1- O método de pesquisa.....	34
2.1.2- Tipos de pesquisa.....	35
2.1.3- Modelos de abordagem	35
2.1.4- Nível de estruturação de método.....	35
2.1.5- Técnicas de recolha de dados	35
2.2.1- Instrumentos e procedimentos.....	36
2.2.2- População e amostra.....	36
2.2.3- Dificuldades.....	36
CAPÍTULO III: DISCUSSÃO E RESULTADOS.....	37
Guia Célula.....	37
Tipo de tecnologia: 4G.....	42
Ajuste de parâmetros da Rede Unitel no Kilometro-30.....	45
Conclusão.....	46
SUGESTÕES.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
APÊNDICES	
ANEXOS	

INTRODUÇÃO

O presente Trabalho de Fim do Curso apresentado ao Instituto Superior de Angola, é um requisito para a elaboração do trabalho de fim de curso e aquisição do grau de licenciado com ênfase em Electrónica e Telecomunicações sobre o tema “Optimização do sinal da rede da Unitel no Kilómetro 30”.

As redes de telefonia móvel têm capacidade finita, ou seja, uma capacidade limitada para administrar várias chamadas simultaneamente. Quanto maior o número de pessoas usando celulares, maior a capacidade necessária da rede, e isso geralmente significa um número maior de estações rádio-base mais próximas. As redes de telefonia móvel precisam ser projectadas de acordo com a população local e com a quantidade de pessoas que as utilizam. Por outro lado, as antenas emitem sinais electromagnéticos em todas as direcções no espaço, e podem ser usadas tanto para emitir quanto para receber sinais.

A Unitel é uma operadora de telefonia móvel Angolana, que tem maiores consumidores de serviços no mercado nacional. Realmente, nas telecomunicações, a qualidade do sinal transmitido, ou qualidade de comutação de chamadas telefónicas, é um ponto alto que valida o bom serviço nas empresas de telefonia móvel, ganhando assim a credibilidade de seus clientes. Diante disso, nosso interesse se voltou em estudar a potência do sinal da rede Unitel. Assim sendo, face a abordagem apresentada, surge a necessidade de formular a seguinte pergunta de partida:

- Como optimizar o sinal da Unitel na zona de Viana km-30?

Hipóteses

- A Optimização do sinal da Rede da Unitel na Zona de Viana Km-30, pode amplamente melhorar a qualidade de serviço e o uso de recursos da rede para alcançar um equilíbrio entre cobertura, capacidade e qualidade.
- A não Optimização do sinal da Rede, pode causar problemas de desconexão dos dispositivos móveis dos clientes localizados na Zona de Viana Km - 30.

Objectivo Geral

Optimizaro sinal da rede da Unitel, na zona de Viana Km-30.

Objectivos específicos:

- Colectar dados do sinal da rede Unitel na zona de Viana km-30.
- Analisar os dados do sinal da rede Unitel na zona de Viana Km-30.
- Ajustar os parâmetros do sinal da rede da Unitel na zona de Viana Km-30.
- Sugerir estratégias para optimização do sinal da rede Unitel na zona de Viana Km-30.

Delimitação e Limitação

Delimitação:

- a) Contexto: O presente estudo concentra-se na optimização do sinal da rede da operadora de telefonia móvel Unitel, com enfoque na colheita e análise de dados do sinal de rede, ajuste de parâmetros afim de alcançar a almejada optimização;
- b) Tempo: A delimitação temporal abrange o período de elaboração deste trabalho nomeadamente o IIº Semestre de 2023;
- c) Espaço: O escopo espacial do estudo restringe-se aos sites da operadora Unitel localizados no Kilometro-30 de Viana. Não abrange avaliações de sinal de outros sites da operadora em outras localidades.

Limitação:

Limitamos o nosso estudo aos sites da operadora Unitel e o sinal de rede enviado assim como recebido pelos dispositivos móveis da zona do Kilometro-30 de Viana.

Justificativa

Devido à mobilidade dos assinantes e a complexidade da propagação de ondas de radiofrequência, a maioria dos problemas de rede são causados por um número crescente de assinantes e ambientes de rádio variáveis. Motivados em melhorar o desempenho da rede com recursos existentes foi escolhido o tema: A Optimização do sinal rede da Unitel, especificamente, Viana zona do Km-30/2023.

- **Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está estruturado em três capítulos seguintes:

O primeiro fala sobre a fundamentação teórica, onde definimos e conceituamos os termos chaves ligados ao tema da nossa pesquisa. Assim como abordamos também como funciona o sistema de comunicação sem fio. O segundo capítulo focaliza-se sobre a metodologia de pesquisa utilizada no desenvolvimento deste trabalho. O terceiro capítulo fala sobre conclusões e discussões, onde apresentamos, analisamos e interpretamos os dados do sinal da rede da Unitel colhidos no Km30, ajuste de parâmetros e Optimização do sinal.

Palavras-Chave: Optimização, Sinal, Unitel

Para o êxito na eficiência e eficácia do presente trabalho de fim de curso para obtenção do grau de licenciatura em Electrónica e Telecomunicações, estruturamos o trabalho em três partes importantes:

Capítulo I: Fundamentação teórica, primeira parte do trabalho onde apresentamos conceitos e contribuição de vários autores que já abordaram sobre temas contidos no nosso trabalho.

Capítulo II: Metodologia de pesquisa, neste capítulo descreve os materiais, métodos e técnicas usadas para elaboração do presente trabalho.

Capítulo III: Apresentação, análise e discussão dos resultados, aqui apresentam os resultados do nosso estudo de campo do contacto com a amostra definida.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Definição de termos e conceitos

1.1.1 Optimização

Segundo dicionário Texto Editores, Lda. (2009, p.1212), Optimização é o acto ou efeito de otimizar. Optimizar é tirar o máximo partido de obter melhor resultado de, tornar óptimo, planejar ou desenvolver com o máximo de eficiência.

1.1.2 - Optimização de uma rede móvel

A optimização de rede móvel é o processo de melhorar o desempenho, a qualidade e a eficiência de uma rede celular. Envolve a análise de vários aspectos da rede, como cobertura, capacidade, tráfego, interferência e comportamento do usuário, e a aplicação de diferentes técnicas e ferramentas para aprimorá-los. (Carvalho, 2011).

No que diz respeito aos processos de optimização de uma rede celular móvel LTE, estes assemelham-se aos já usados na UTRAN e baseiam-se essencialmente na análise de KPIs. Através da análise de indicadores, após a integração e ao longo da vida de um eNodeB, resultam ajustes de parâmetros como potência, tilt, relações de vizinhança, entre outros, que visam a optimização dos pontos que foram mencionados anteriormente: Qualidade, Cobertura e Capacidade (Carvalho, 2011, p. 27).

Segundo Martins (2003 p. 99) A aplicação das funções SON na fase de optimização permite eliminar tarefas, que até agora pertenciam à componente de planeamento. A optimização de potência, o ajuste de tilt com vista à minimização da interferência ou a criação de relações vizinhança, são tarefas bastante exaustivas e cujo erro humano poderá resultar numa degradação significativa dos KPIs.

Desde as primeiras especificações criadas para o LTE, que têm surgido várias propostas de algoritmos de atribuição de PCI, que tentam minimizar o risco de colisão, tais como as referenciadas em (Liu et al, 2010, p. 99) com base nos estudos realizados pode-se concluir que existem essencialmente três métodos de atribuição de PCI a um eNB, são eles:

- Escuta dos PCI difundidos pelos eNB vizinhos usando um receptor de down link e através de interrupções coordenadas da transmissão, como se de um UE se tratasse;
- Recepção do relatório de medidas de todos os UEs na área, antes de iniciar a transmissão;
- Estabelecimento de uma ligação SCTP através da interface X2 com eNodeBs vizinhos. Apesar das soluções indicadas, uma terceira, descrita em [AFGH08], revela-se mais eficiente na medida em que aproveita a função ANR para resolver conflitos de PCI. Esta solução baseia-se em dois métodos para identificação de conflitos de PCI: utilizando a função ANR e os relatórios de medidas dos UEs. No primeiro método, através de verificações ao nível da NRT, aquando da adição de uma nova NR, é possível identificar célula com ECGI diferentes e com PCIs iguais. No segundo método, através de interrupções na transmissão de cada uma das células do novo eNodeB, é possível, com base em medidas efectuadas pelo UE, identificar células com ECGI diferentes e PCI iguais.

1.1.2.1- Criação Automática de Relações Vizinhança

No que diz respeito a questões de mobilidade, uma das funções proposta pelas SON é o ANR. Através da função ANR, a rede adapta-se às necessidades de mobilidade de cada utilizador, dispensando a criação manual de relações vizinhança. Esta função torna-se bastante benéfica para o desempenho da rede, pois evita falhas de handover por falta de relações vizinhança. No que concerne ao funcionamento desta função, várias propostas têm surgido como a descrita em Amirijoo et al., (2008). No âmbito deste trabalho será criado um algoritmo baseado no trabalho desenvolvido por Amirijoo et al. (2008).

1.1.2.2- Optimização de Handover

Martins (2003 p.125) No que diz respeito à optimização de parâmetros de handover, também aqui as SON assumem um papel especial, na medida em que proporcionam algoritmos capazes de, com base em medidas efectuadas pelos UEs, fazer ajustes de parâmetros de modo a melhorar o desempenho da mobilidade dos utilizadores em diferentes situações da rede.

1.1.2.3- Métricas de Handover

De acordo com [TIJI10] as métricas de optimização de handover poderão ser divididas em métricas de sistema e métricas de controlo. Nas métricas de sistema temos o RSRP e o SINR. Ambos são periodicamente medidos pelo UE de modo a permitir a este, saber qual a melhor célula para se ligar e quais as células candidatas. O RSRP para cada célula ($RSRP_{c,ue}$) poderá ser medido da seguinte forma:

$$RSRP_{c,ue} = P_c - L_{pl} - L_{sf}$$

Onde P_c é a potência transmitida pela célula, L_{pl} as perdas de percurso entre um UE e a célula e L_{sf} as perdas por difração com uma distribuição log-normal e desvio padrão de 3 dB. Adicionalmente o SINR medido ao nível do UE ($SINR_{ue}$) é baseado na relação entre o RSRP da célula de serviço e o RSRP da célula candidata com o sinal mais forte e poderá ser descrito como:

$$SINR_{ue} = RSRP_{cnn} - RSRP_{int,noise}$$

Onde: $RSRP_{cnn}$ Representa o nível de sinal recebido da célula de serviço e $RSRP_{int,noise}$ nível de sinal da célula interferente, candidata a handover.

1.1.2.4 Indicadores de Desempenho

De modo a manter uma conectividade contínua numa comunicação, torna-se necessária uma avaliação contínua do nível de QoS percebido pelos utilizadores. Para alcançar este objectivo é efectuado um cálculo contínuo dos HPI. Segundo [TR36902] os principais indicadores de performance de handover poderão ser resumidos à taxa de falhas de handover (HandoverFailure Rate (HOF)), Taxa de oscilação de Handover (Ping-Pong Handover Rate (HPP)) e taxa de drops (Dropping Rate (DR)). O indicador de performance de falha de handover (HPI_{HOF}) é o número N de handovers falhados (N_{HOFail}) dividido pelo número de tentativas de handover (N_{HOutmp}) : (Carvalho, 2011, pg 80).

1.1.2.5- Auto Optimização

Segundo LeFr (2008), A optimização de redes móveis celulares funciona como um processo periódico, na medida em que as tarefas de parametrização, análise de desempenho e optimização se repetem várias vezes na tentativa de alcançar a configuração óptima que maximiza o desempenho da rede. O processo de optimização poderá ser dividido em dois tipos: optimização de parâmetros rádio e optimização de parâmetros de transporte.

1.1.2.6- TrackingArea

Segundo Alencar (2007 p. 421) O aumento de número de usuários e o seu perfil de mobilidade refletem – se directamente na carga de processamento da Central de Comunicação e Controle (CCC), que ao alcançar valores críticos sinaliza a necessidade de inclusão de novos processadores, ou novas centrais de controlo, para absorver o aumento de tráfego sentido pelo sistema. Para que a rede mantenha um contacto permanente com um UE no estado ECM-IDLE (EPS Connection Management-IDLE), este último deverá actualizar a sua localização sempre que a sua TrackingArea (TA) muda, através de um procedimento designado de TrackingAreaUpdate (TAU).

Segundo Graybell (2009), aquando da fase inicial de planeamento da rede, poderão ser atribuídos TAIs com base na localização geográfica das estações, densidade populacional, tráfego gerado, etc. Uma vez estabelecidos e configurados os TAI, o algoritmo TAO passa a monitorizar continuamente a ocorrência de TAUs e a carga no RACH, de modo a identificar os eNB mais indicados para mudarem os seus TAIs.

Este funcionamento é particularmente útil quando existem mudanças na distribuição de tráfego que não foram previstas no momento em que os TAI foram planeados. Desta forma, consegue-se evitar o fenómeno de ping-pong entre múltiplas TAs. (Pereira & Sousa, 2004, p. 45).

1.1.2.7 - Optimização de mobilidade

Segundo Martins (2003 p. 157) A função que visa a optimização da mobilidade dos UES, também designada de MobilityRobustnessOptimization (MRO), tem como objectivo melhorar a performance ao nível do handover na rede, melhorando a performance entregue ao utilizador e aumentando a capacidade da rede. Isto é feito através do ajuste dos parâmetros da célula, para aumentar ou diminuir os limites de HO (Handover) com base na análise de Handover Performance Indicators (HPI). Estes indicadores poderão ser o número quedas de chamada devido a falhas no link rádio, o número de handovers falhados ou mesmo a oscilação de handover entre células.

Na nossa perspectiva, Optimização é a melhoria do sinal ou mensagem que é emitida através de sistemas de telecomunicações, tendo em conta a demanda estrutural dos utilizadores, o ruído existente na rede de telefonia; é necessária cada vez mais eficácia e eficiência nas comunicações, consiste na qualidade, mais e melhor, audível, dentro das melhores gamas de frequência, na transmissão e recepção do sinal.

1.2 Unitel

Segundo revista da Unitel (2001, p. 1) UNITEL é uma empresa estatal de Angola prestadora de serviços na área de telecomunicações móveis (telefonia celular). A UNITEL tem como principal actividade a prestação de serviços móveis de voz e de dados. Hoje, a UNITEL é a maior operadora móvel de Angola e uma das maiores empresas angolanas, um exemplo de sucesso no panorama das telecomunicações em África, que faz da Marca um motivo de orgulho nacional.

1.2.1 Valores de marca

Conforme a revista da Unitel (2001, p. 2) Em 2019, os pilares da Marca UNITEL mantêm-se: Qualidade, dos seus produtos e serviços; Orgulho Nacional, através da valorização da cultura, tendo em conta as assimetrias regionais e o papel da Mulher e da Família no contexto sociocultural do País.

Para revista da Unitel (2001, p.2) a inovação é um dos pilares da UNITEL tendo revolucionado a área de telecomunicações pela qualidade e inovação dos serviços que introduziu no mercado, como o serviço de chamadas no estrangeiro e o acesso a Net em LTE 4G. A par da inovação, a responsabilidade social faz também parte do ADN da UNITEL, que está diariamente comprometida com Angola e o continente Africano.

Já o livro Unitel (2001, p.2) Telecomunicações, mas O mercado de telecomunicações móveis angolano está em permanente crescimento, sendo cada vez mais exigente. Desde o princípio que a UNITEL soube dar respostas adequadas e pensadas para as suas especificidades. Sempre com uma forte e segura aposta no futuro promissor de Angola, a UNITEL tornou-se a empresa que mais investiu em infra-estruturas no País, fazendo chegar a rede móvel e Internet a todo o território nacional.

Segundo Angola-UNITEL (2004, p.1), UNITEL está em permanente contacto com os seus consumidores, através de campanhas above e below-the-line. Uma das últimas campanhas de comunicação da UNITEL - a Campanha Clube de Pontos UNITEL, contou com uma série de meios, nomeadamente um anúncio de televisão que sublinhou o facto de que cada recarga tem uma história, e que todas oferecem vantagens com o Clube de Pontos UNITEL. .

Segundo a Revista Angola-UNITEL (2004 p. 2), UNITEL é uma empresa moderna, com quadros jovens, líder no mercado de telecomunicações móveis em Angola. A sua visão de Angola é clara: um País sem barreiras de comunicação, onde todos os angolanos têm à sua disposição a chave para se ligarem a qualquer parte do mundo. Assente neste ideal, desde a sua génese que a UNITEL tem vindo a democratizar o acesso ao telemóvel e às telecomunicações, aproximando os angolanos de norte a sul do País, massificando o acesso dos clientes aos seus produtos e serviços.

No entender do autor, UNITEL é a maior empresa que actua no ramo das telecomunicações em Angola, e que serve como um dos mais importantes meios de

unidade nacional, caracterizando Angola economicamente, culturalmente, militarmente, politicamente, como uma nação de Cabinda ao Cunene, do Mar ao Leste, através da sua interacção na linguagem digital, com vários serviços de Telefonia.

1.3 Sinal

Um sinal, é a representação física da informação. A sua natureza física pode ser muito variada: acústica, electrónica, óptica, etc. (JUTTEN, 2018- p. 15).

Um sinal geralmente contém informação sobre algum fenómeno ou acontecimento. Quando falamos ao telefone, a voz, que é um sinal acústico, é convertida em sinais eléctricos pelo microfone. Este sinal eléctrico é transmitido, por exemplo, por um sistema de satélites e recebido do outro lado da Terra, e convertido novamente num sinal de voz. (Higuti&Kitano, 2003- p. 98).

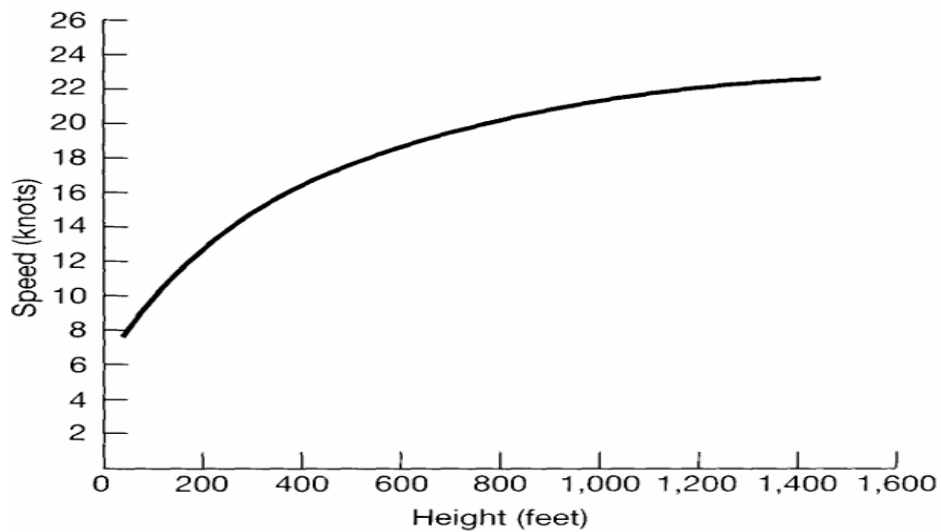
Um sinal pode ser qualquer forma de informação que pode ser transmitida ou armazenada de maneira mensurável e mensurada. Pode ser uma onda eléctrica, uma série temporal, um sinal luminoso ou até mesmo um conjunto de dados digital. (INJOMBA et al, 2023- p. 7).

Na nossa visão sinal é a transmissão dos dados, é um canal em que o emissor e o receptor tem uma ligação, através dos dados eletromagnéticos, é a expressão de sentimentos, orientações, revistas, livros, informações dentro de uma rede de telecomunicações em que ela pode ser feita verbal ou escrita e é emitida através de códigos digitais: binários.

1.3.1 Sinais em tempo contínuo e tempo discreto

Vamos considerar dois tipos básicos de sinais: sinais em tempo contínuo e sinais em tempo discreto. No caso dos sinais em tempo contínuo, a variável independente é contínua, pelo que estes sinais são definidos para um conjunto contínuo de valores da variável independente. (Oppenheim, n.d.)

Figura 1.1: Perfil vertical típico do vento anual.

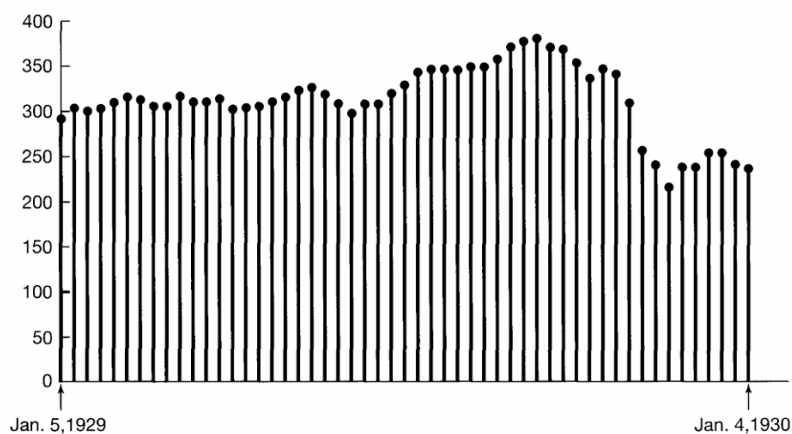


Fonte: (Oppenheim, n.d.)

Por outro lado, os sinais em tempo discreto são definidos apenas em tempos discretos e, conseqüentemente, para estes sinais, a variável independente assume apenas um conjunto discreto de valores.

Fonte: (Oppenheim, n.d.)

Figura 1.2: um exemplo de um sinal em tempo discreto: O índice semanal do mercado de ações Dow-Jones de 5 de Janeiro de 1929 a 4 de Janeiro de 1930.



Fonte: (Oppenheim, n.d.)

1.3.1.1 Energia e potência do sinal

Em muitas aplicações, mas não em todas, os sinais que consideramos estão directamente relacionados com quantidades físicas que captam a potência e a energia num sistema físico. Por exemplo, se $v(t)$ e $i(t)$ são, respectivamente, a tensão e a corrente numa resistor com resistência R , então a potência instantânea é:

$$p(t) = v(t)i(t) = \frac{v^2(t)}{R}$$

A energia total gasta no intervalo de tempo é:

$$\int_{t_1}^{t_2} p(t) d(t) = \int_{t_1}^{t_2} \frac{v^2(t)}{R} d(t)$$

e a potência média durante este intervalo de tempo é:

$$\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t) d(t) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{v^2(t)}{R} d(t)$$

De uma maneira convencional comum e útil utilizaremos uma terminologia semelhante para potência e energia para qualquer sinal em tempo contínuo $x(t)$ ou qualquer sinal em tempo discreto $x[n]$. Neste caso, a energia total no intervalo de tempo $t_1 \leq t \leq t_2$ num sinal de tempo contínuo $x(t)$ é definido como:

$$\int_{t_1}^{t_2} |x(t)|^2 d(t)$$

Da mesma forma, a energia total num sinal em tempo discreto $x[n]$ durante o intervalo de tempo $n_1 \leq n \leq n_2$ é definida como:

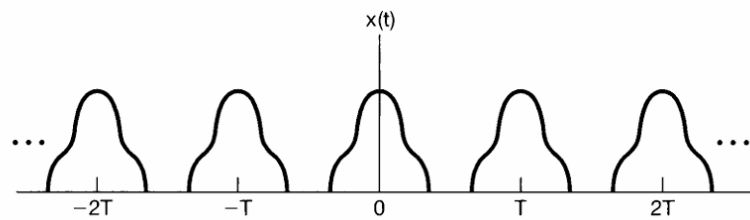
$$\sum_{n=n_1}^{n_2} |x(n)|^2$$

1.3.1.2 Sinais periódicos

Um sinal periódico de tempo contínuo $x(t)$ tem a propriedade de que existe um valor positivo de T para o qual:

$$x(t) = x(t + T)$$

Figura 1. 3 Um sinal periódico em tempo contínuo

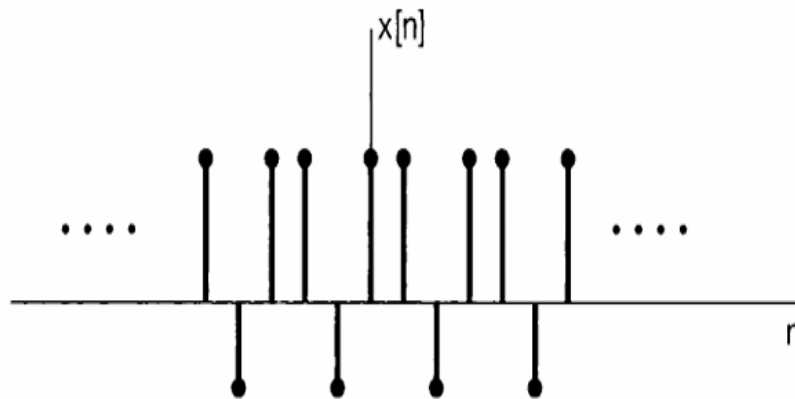


Fonte: (Oppenheim, n.d.)

Os sinais periódicos são definidos de forma análoga em tempo discreto. Especificamente, um sinal de tempo discreto $x[n]$ é periódico com período N , em que N é um número inteiro positivo, se não for alterado por uma deslocação temporal de N , ou seja, se

$$x[n] = x[n + N]$$

Figura 1.4 Um sinal periódico em tempo discreto com período fundamental $N_0 = 3$.



Fonte: (Oppenheim, n.d.).

1.3.1.3 Sinais pares e ímpares

Outro conjunto de propriedades úteis dos sinais está relacionado com a sua simetria sob inversão temporal. Um sinal $x(t)$ ou $x[n]$ é referido como um sinal par se for idêntico ao seu homólogo invertido no tempo, i.e., com a sua reflexão sobre a origem. Em tempo contínuo, um sinal é par se:

$$x(-t) = x(t)$$

Enquanto, que um sinal em tempo discreto é par se:

$$x[-n] = x[n]$$

Um sinal é considerado ímpar se:

$$x(-t) = -x(t)$$

$$x[-n] = -x[n]$$

1.3.1.4 Sistema de telefonia celular

Podem-se definir os sistemas da telefonia celular como um sistema de comunicação móvel nos quais a zona em que brinda o serviço divide-se em células, cada uma das quais é atendida por uma estação rádio base, de tal modo que quando um abonado celular se move pela zona de cobertura do sistema em cada momento seja atendido por uma estação correspondente (Rodríguez et al., 2005, pg. 30).

Segundo Nanda & Goodman, citado por Alencar (2007 p. 301) Um sistema móvel é definido como uma rede de comunicações por rádio que permite mobilidade contínua por meio de muitas células. A comunicação sem fio, por outro lado, implica em comunicação por rádio sem necessariamente requerer a passagem (handover) de uma célula a outra durante a conversão.

Para Alencar (2007 p. 3001) A rede de comunicações celulares foi inicialmente proposta pelos laboratórios Bell, nos Estados Unidos, em 1947. Entretanto, os experimentos só começaram em 1978. O primeiro país a oferecer os serviços celulares foi a Suécia, em 1981, embora a Motorola tenha patenteado o telefone celular em 1973.

A medida que o número de clientes aumenta e as demandas dos serviços são maiores as redes de comunicações móveis vão evoluindo com o objectivo de satisfazer o mercado. A primeira geração móvel (1G, FirstGeneration) da telefonia móvel fez sua aparição na década dos 90 do século XX, caracterizando-se por ser analógica e só para comunicações de voz. A 1G tinha baixa qualidade nos enlaces de voz e sua transferência entre células era muito imprecisa, com baixa capacidade (Gómez, 2002, pg 31). A segunda geração (2G, SecondGeneration), baseada na tecnologia digital com várias melhoras com respeito à 1G. Os principais serviços prestados pela 2G são mensagem de texto, mensagem de imagem e mensagem multimédia (MMS, MultimédiaMessagingService), assim com o aumento da segurança porque as mensagens são digitalmente inscritas e só podem ser lidas pelo receptor correspondente (Mishra, 2004, pg.11). A terceira geração (3G, ThirdGeneration) foi um passo significativo na evolução da telefonia móvel. A 3G foi capaz de fazer a convergência entre os serviços de voz e dados com o acesso sem fio à internet, aplicações multimídia e alta transmissão de dados. No outro lado, a

quarta geração (4G, FourthGeneration) apresenta melhoras na velocidade, largura de banda e incorpora novos standards de comunicação (Pereira & Sousa, 2004, p. 23).

1.3.1.5 Long term evolution

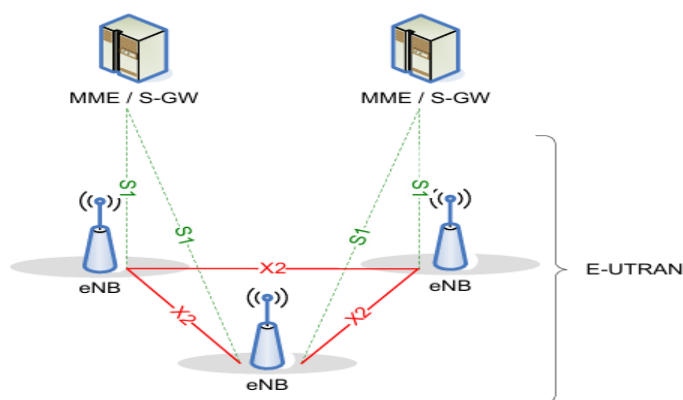
A chegada da quarta geração das redes móveis, pela mão do 3GPP, com a tecnologia LTE, irá marcar uma forte mudança no paradigma das comunicações móveis, com a implementação de redes puramente PacketSwitched (PS), colocando os serviços de dados como principal área de negócio. (Carvalho, 2011, p. 33).

As tecnologias chave do LTE são a modulação e codificação adaptativas (AdaptativeModulationandCoding (AMC)), Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) com a utilização de antenas adaptativas. (Carvalho, 2011, p. 75).

1.3.1.6 Arquitetura de rede

O LTE foi desenhado apenas para suportar serviços comutados por pacotes, em contraste com os modelos baseados em comutação por circuitos nas gerações anteriores. Ao LTE associam-se dois termos, o primeiro está associado a uma evolução da tecnologia de acesso rádio UTRAN designado de E-UTRAN, o segundo está associado a uma evolução dos aspectos não rádio, mais concretamente à arquitetura de core, e designa-se de SystemArchitectureEvolution (SAE). Juntos, estes dois conceitos dão origem ao EnvolvedPacketSystem (EPS). (Carvalho, 2011, p. 62).

Figura 1.5 – Arquitectura genérica do E-UTRAN:



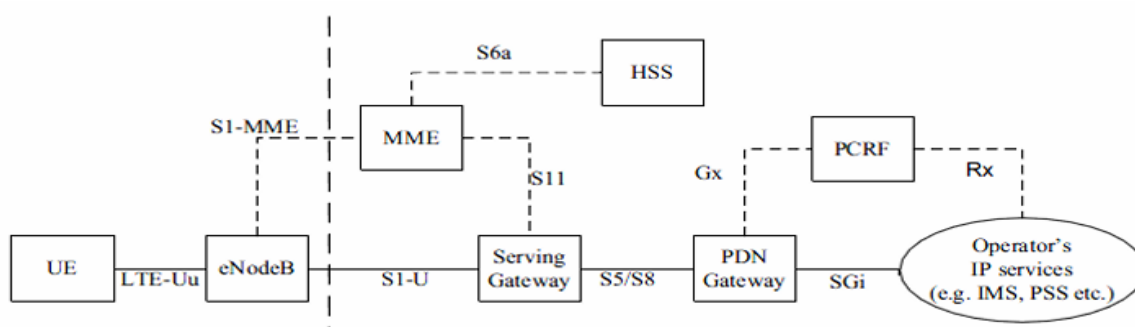
Fonte: (Carvalho, 2011, pg 20).

O eNB atua como bridge entre o User Equipment (UE) e o EPC, transferindo a informação proveniente da conexão rádio existente com a UE para uma dada conexão IP (Internet Protocol) com o EPC. (Carvalho, 2011, pg 80).

O SAE é uma evolução do core GPRS (General Packet Radio Service) com algumas diferenças, das quais se destacam o facto de ser totalmente baseada em IP (All-IP) e suportar a mobilidade entre redes heterogéneas (Carvalho, 2011, p. 55). O principal elemento da SAE é o já referido EPC, também designado de SAE Core. O EPC é uma designação lógica ao grupo constituído pelos seguintes elementos:

- Mobility Management Entity (MME) – é o nó de controlo que processa a informação entre o UE e a CN (Core Network), através de um conjunto de protocolos denominados de NAS (Non-Access Stratum);
- Policy Control and Charging Rules Function (PCRF) – responsável pelas políticas de decisão, bem como pelo controle das funcionalidades de charging através de uma Policy Control Enforcement Function (PCEF);
- Home Location Register (HLR) – contém os dados de subscrição dos utilizadores bem como as Packet Data Network (PDN) a que cada um deles pode ligar;
- PDN Gateway (P-GW) – é o ponto de interligação da rede com E-UTRAN com outras PDN exteriores;
- Serving Gateway (S-GW) – é o ponto através do qual os pacotes de um dado UE são encaminhados quando este se move dentro da E-UTRAN de um eNB para outro;
- HSS (Home Subscription Server) – contém informação necessária à autenticação do UE.

Figura 1.6 – ArquiteturaEPS (Carvalho, 2011, p. 14).



No que toca às interfaces presentes na arquitetura da Figura 1.6, a interface S1 interliga o eNB ao EPC e é dividida em duas partes: plano de utilizador e plano de controlo. No plano de utilizador, S1-U (S1 User Plane Interface), esta interface transporta os dados do eNB para o Serving GW. A estrutura do protocolo usado nesta interface é semelhante à usada pelo UMTS e baseia-se na pilha protocolar GTP (Generic Tunneling Protocol) / UDP (User Datagram Protocol) / IP. No plano de controlo a interface S1 (S1 Control Plane Interface) baseia-se no protocolo SCTP (Stream Control Transmission Protocol) sobre IP (SCTP/IP). O SCTP é usado por ser um protocolo com garantia de serviço muito similar ao TCP (Transmission Control Protocol).

1.4 Sistema de comunicação

Segundo Ribeiro (2013 p.6) um sistema de telecomunicações seja ele qual for, é composto de um conjunto de equipamentos, o qual tem como objectivo a transmissão de informação entre pontos geograficamente distintos, chamados de fonte e destino, com uma garantia de qualidade.

A informação pode ser entendida como uma mensagem gerada pela fonte, podendo ser constituída por sons, imagens, ou mesmo símbolos como caracteres gráficos.

Os equipamentos interligados adequadamente garantem o transporte e entrega da informação no destino com a qualidade necessária. Eles são agrupados em pontos ao longo do caminho entre fonte e destino, chamados de nós da rede, rede

esta que possibilita a conexão de várias fontes e destinos distribuídos geograficamente.

Os nós são interligados por sistemas de transmissão de sinais, os quais representam a informação a ser transmitida.

A Figura 1-1 apresenta de forma esquemática o sistema de telecomunicações interligando fonte e destino, através de 3 redes, passando por dois nós em cada rede, interligados por sistemas de transmissão.

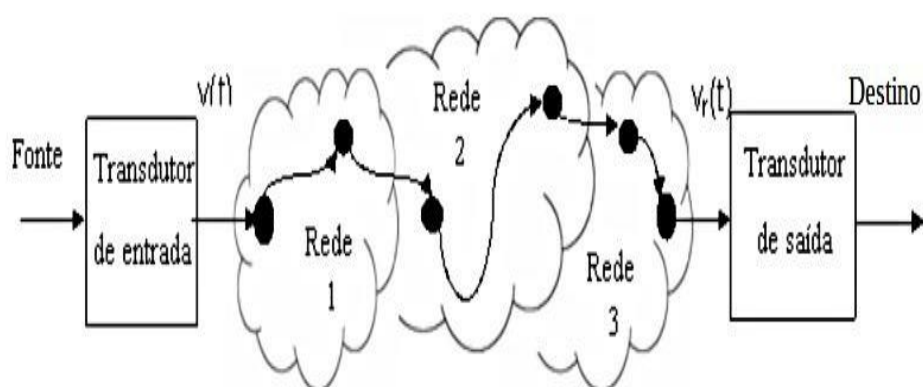


Figura 1-1

No estado actual da tecnologia, a informação de som, imagem ou caracteres gráficos é convertida em um sinal eléctrico, $v(t)$, pelo transdutor de entrada, como etapa inicial para transmissão.

Este sinal eléctrico constitui uma representação da mensagem a ser transmitida pelo sistema até o destino com uma qualidade adequada, de modo que o sinal eléctrico recebido, $v_r(t)$, possa ser utilizado pelo transdutor de saída para gerar a informação desejada.

Martins (1995 p. 62) Se por outro lado, o átomo de Silício for substituído por um átomo de fósforo, pentavelente, acontece uma situação diferente. É importante lembrar que mesmo sendo a mensagem gerada e/ou recebida por máquinas, a informação acaba sendo entregue ao homem de forma audível e/ou visual em monitor ou relatório impresso.

Segundo Alencar (2007 p. 395), os sistemas móveis de terceira geração vêm uma convergência das tecnologias celular e de telefonia sem fio (cordless) em um sistema de comunicações pessoais único no qual o terminal poderá ser usado em diversos ambientes. “Comunicação é o processo pelo qual uma informação gerada em um ponto no espaço e no tempo chamado fonte é transferida a outro ponto no espaço e no tempo chamado destino.”

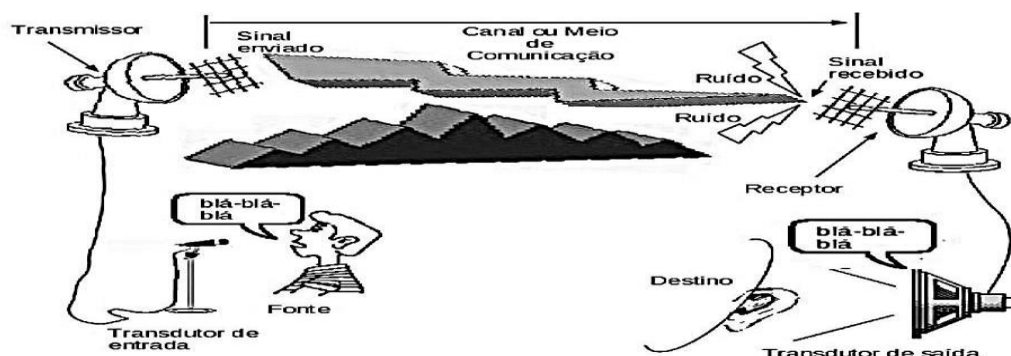
Portanto, Sistemas de Comunicações é um conjunto de elementos interconectados e ajustados, ou combinados, para transferir informação gerada em um ponto do espaço chamado fonte a outro ponto do espaço chamado destino.

Para Ribeiro (2013 p. 7) A fonte e o destino podem estar geograficamente separados, por distâncias desde alguns metros a milhares de quilômetros. A comunicação entre ela, cuja finalidade é a transferência de informação, actualmente é feita utilizando processos electromagnéticos, constituindo a Telecomunicação, ou comunicação à distância.

1.4.1 Exemplo de um sistema de comunicação

A informação gerada pela fonte (que no caso é uma pessoa, o locutor), após ser transformada em um sinal eléctrico pelo Transdutor de entrada, é enviada pelo Transmissor ao Receptor através do Canal ou Meio de Transmissão, vencendo a distância geográfica que os separa.

Figura 1-2 (apresenta como exemplo um diagrama simplificado):



Fonte: Ribeiro (2013 p. 8)

Neste sistema, que é muito simples, não foi necessário o uso de nós para a constituição de redes. Para os sistemas actuais, os nós são empregados na rede, tendo funções de comutação encaminhamento e armazenamento da informação.

É claro que o sistema mostrado na Figura 1-2, para ter utilidade prática, deveria ser duplicado permitindo a comunicação também no sentido oposto ao mostrado na Figura 1-2.

De Ribeiro (2013 p. 8) normalmente, os enlaces de transmissão permitem em fluxo bi-direcional de informação, de forma que a comunicação se processe em ambos os sentidos de transmissão, de A para B e de B para A.

Os sistemas de transmissão, ou enlace de transmissão, ou simplesmente enlaces, podem ser classificados conforme sua forma de conectividade

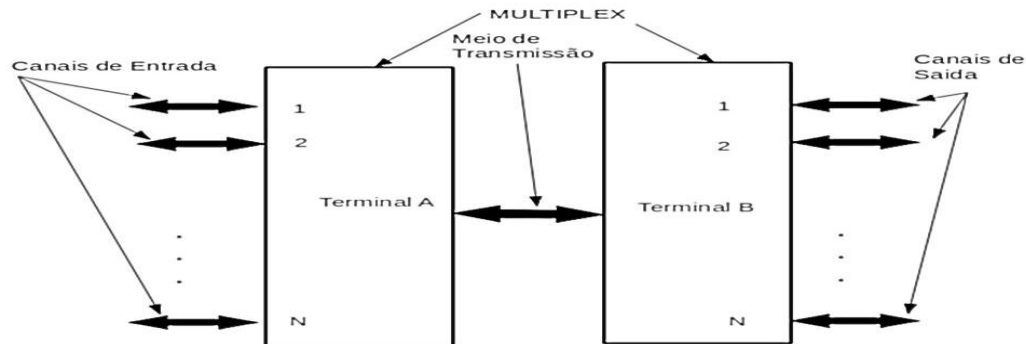
1.4.2 Formas básicas de múltiplo acesso

Para Ribeiro (2013, p.10) a comunicação pode ser classificada quanto a sua forma de conectividade, isto é, a maneira como o fluxo das informações foi através da rede. Apesar de mostrarmos, figurativamente, as formas de conectividade para um enlace, este conceito estende-se a toda a rede, podendo ou não incluir nós de uma conexão. Observe que este conceito é abrangente, sendo válido quaisquer sejam o tipo de informação transmitida ou a tecnologia empregada.

Segundo Alencar (2007 p. 119) a modulação consiste na variação de uma característica, ou parâmetro, da onda portadora, em função de um sinal modulante, mux ou multiplex é um dispositivo que codifica as informações de duas ou mais fontes de dados num único canal. São utilizados em situações onde o custo de implementação de canais separados para cada fonte de dados é maior que o custo e a inconveniência de utilizar as funções de multiplexação/demultiplexação.” Em electrónica, o multiplexer combina um conjunto de sinais eléctricos num único sinal.

Existem diferentes tipos de multiplexers para sistemas analógicos e digitais (mais adiante, no texto, serão conceituados sistemas analógicos e digitais).

A **Figura 1-7**:apresenta uma ilustração da função Multiplex.



Na figura acima, subentende-se que cada canal do Multiplex é bi-direccional, isto é, é duplex.

Assim, cada equipamento digital fornece para cada canal de entrada ou de saída circuitos de transmissão e recepção.

Conforme se vê da Figura 1-7, a função Multiplex permite que diversos canais de transmissão partilhem o mesmo meio de transmissão, sem que um interfira no outro.

1.4.2.1 Múltiplo acesso

Machado (2010 p. 53) devemos lembrar que um sistema de comunicações é na realidade composto de um conjunto de Recursos de Comunicações (RC), os quais devem ser utilizados da forma mais eficiente possível de modo a servir a um conjunto de usuários que desejam se comunicar com uma qualidade especificada a um custo adequado.

Para Alencar (2007 p. 180) O efeito do desvanecimento provocado pelos múltiplos percursos de propagação de sinais transmitidos em canais de comunicações moveis, pode degradar significativamente o desempenho de sistemas de comunicações digitais. Na Multiplexação, os requisitos de usuários ou planejamento

de alocação de RC são fixos, ou no máximo, variam lentamente. A alocação dos RC é estabelecida a priori, e o partilhamento é usualmente um processo que se realiza confinado a um local (p. ex., uma placa de circuito).

Múltiplo Acesso, entretanto, usualmente envolve o partilhamento remoto de um recurso (por exemplo, um satélite), de uma forma dinâmica.

O Múltiplo Acesso, como o próprio nome diz, refere-se sempre a uma parte do Sistema de Comunicações onde existe a figura do usuário o qual disputa recursos de comunicação (RC) entre diversos outros usuários do Sistema com a finalidade de obtenção de acesso ao Sistema e assim poder enviar e receber informação, através do Sistema.

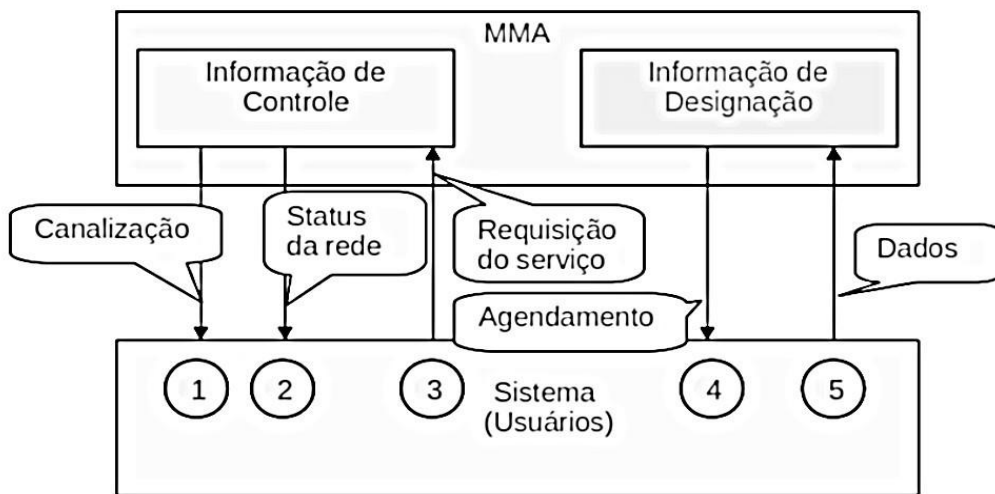
Como um esquema de Múltiplo Acesso pode mudar dinamicamente, um controlador ou gerente de um sistema pode reconhecer as necessidades de RC individuais de cada usuário, otimizando o uso do sistema. Entretanto, a quantidade de tempo necessária à transferência dessa informação de controle constitui uma sobrecarga e estabelece um limite superior na eficiência da utilização dos RC.

1.4.2.2 Fluxo da informação no múltiplo acesso

Ribeiro (2013, p. 16) O objectivo principal de um sistema de Múltiplo Acesso é prover serviço de telecomunicações aos usuários a tempo e de forma eficiente. Muitas vezes, para atingir esse objectivo, é preciso coordenar acções de controlo entre os usuários participantes, para distribuição adequada dos RC's, principalmente em casos onde a disputa entre usuários é inevitável (isto é, vários usuários tentando acessar simultaneamente o mesmo RC).

Para isso, ele faz uso de algoritmos e protocolos de controlo, que podemos denominar MMA (Multiple Access Algorithm), que é a regra pela qual o usuário sabe como gerenciar o tempo, a frequência e as funções de código para utilizar de forma eficiente os RC's disponíveis.

A **Figura 1-8**: é uma ilustração descrevendo o fluxo básico de informação entre o MMA e os usuários.



Fonte: Ribeiro (2013 p. 16)

Essa caracterização é geral, e deve ser adaptada aos diversos Sistemas de Comunicação. Em certos sistemas, a arquitetura do próprio sistema impõe outra organização para o Múltiplo Acesso. O esquema da Figura 1-8 aplica-se perfeitamente ao Múltiplo Acesso utilizado nos sistemas satélite.

Em relação à Figura 1-8, temos:

1. Canalização – Este termo refere-se à forma mais geral de informação de alocação.

(p. ex., canais 1 a N podem ser alocados ao usuário A, canais de (N+1) a M para o usuário B, etc.).

2. Status da Rede (NS) – Este termo refere-se à disponibilidade dos RC's e informa ao usuário a qual recurso (isto é, tempo, frequência, código) ele deve se posicionar para transmitir as requisições de serviço.

3. Requisição do serviço – Ocorre quando o usuário perfaz a requisição para o serviço pretendido (p. ex., alocação de um Intervalo de Tempo m).

4. Agendamento- Um mapa, transmitido do MMA para o usuário, informando a este quando e onde posicionar seus dados para a utilização pretendida dos RC's.
5. Dados – Representa a transmissão da informação do usuário segundo o agendamento estabelecido.

1.4.2.3 Formas básicas de múltiplo acesso

Ribeiro (2013 p. 18) existem 5 formas básicas de Múltiplo Acesso:

- 1- Divisão em Frequência (FD – FrequencyDivision) – sub-bandas específicas de frequência são alocadas aos usuários.
- 2- Divisão no Tempo (TD – Time Division) – Intervalos de tempo periodicamente recorrentes são identificados. Em alguns sistemas, aos usuários é estabelecida uma designação fixa no tempo. Em outros, aos usuários é dado um acesso aleatório.

Neste caso, como o sinal representativo da informação de cada usuário é necessariamente um sinal discreto no tempo, este sinal deve ser digital.

- 3- Divisão de Código (CD – CodeDivision) – Membros específicos de um conjunto adequado de códigos de espalhamento espectral (usando cada um a totalidade da banda disponível) são alocados.

Esta técnica também exige que o sinal gerado pelo usuário seja digital.

- 4- Divisão Espacial (SD – SpatialDivision) – Antenas direccionais permitem o reuso de frequências separando espacialmente feixes de rádio em diferentes direcções.
- 5- Divisão de Polarização (PD – Polarization Division) - Polarizações ortogonais são usadas para separar sinais, permitindo o reuso da mesma banda de frequências. Usado bastante em comunicações satélite.

1.4.2.4 Telefonia sem fio – CT2, CT3 e telepoint

Segundo Alencar (2007 p. 395) Telefones sem fio apareceram em 1970 projectados para funcionar em casa. O princípio de operação era usar um enlace de rádio duplex de baixa potência para se conectar a uma estação base, a qual por sua vez se encontrava ao telefone. À medida que esses telefones se tornaram populares, os recursos de frequência tornaram – se um problema. A informação a ser transportada pelo sistema de Comunicações pode ser classificada de diversas formas.

Podemos, por exemplo, considerar o tipo de sinal a ser transmitido e a informação pode ser representada por um sinal analógico ou digital.

Segundo Dorf & Svoboda (1997 p. 354) O transmissor converte o sinal em uma forma adequada para o meio de transmissão. Podemos ainda considerar o serviço de telecomunicações principal para o qual o sistema se destina (serviço telefónico, constituindo as redes telefónicas, e o serviço de transmissão e conexão de dados que constitui o conjunto de serviços oferecidos na Internet), então temos informação de telefonia e informação de multimídia.

Para Oliveira (2012 p. 81) A passagem de um sinal através de um sistema linear pode introduzir severas distorções no sinal. As redes baseadas na comutação de pacotes surgiram com o desenvolvimento da comunicação de dados, em forma digital, sendo inicialmente usadas para transmissão de informações com retardos grandes demais para transmissão de sinais telefónicos e de TV.

Para Oliveira (2012 p.82) A condição sobre o módulo da função transferência constante é mais naturalmente compreendida todos os coeficientes de Fourier. Posteriormente, foram desenvolvidas tecnologias de comutação e de codificação de fonte (ATM, MPEG3, MPEG4, VoIP) que permitiram a transmissão, através da rede de pacotes, de informação com requisitos de retardo mínimo e garantias de qualidade de serviço (informação em tempo real).

Segundo Malvino (1997 p. 484) as ondas senoidais utilizadas para criar novas formas de ondas são harmónicas (múltiplas) de uma onda fundamental (a de

frequência mais baixa). Na comutação de circuitos, a conexão entre os terminais de usuários é inicialmente estabelecida e confirmada, ficando então disponível ao usuário para transmissão ou recepção de informações.

A conexão, uma vez estabelecida fica sempre disponível aos usuários envolvidos, todo tempo, mesmo quando não haja actividade no canal (ausência de sinal do usuário), até que seja então desfeita por um dos usuários envolvidos na comunicação.

Conforme Culter (1977 p. 281) A maioria dos circuitos em electrónica requer uma ou mais fontes de voltagem para a sua operação. Embora as bactérias e outras fontes portáteis de potencia cc podem ser usadas, ocasionalmente, e o modo mais comum de obtenção de voltagem é por conversão da tensão ca da linha para uma tensão cc. É uma técnica apropriada para sistemas de comunicações que apresentam tráfego constante (por exemplo, a comunicação de voz), necessitando de uma conexão dedicada para a transferência de informações contínuas”.

Segundo Dorf & Svoboda (2016 p. 354) Em um sistema de comunicação, a fonte é um sinal de entrada, como um sinal de tensão. A comutação de circuitos ocorre em um nó de rede, e basicamente ela interconecta entre si dois enlaces de transmissão, um de entrada no comutador à outro de saída para estabelecer uma conexão. No caso da rede telefónica, o comutador é denominado central de comutação. Havendo mais de um nó envolvido na conexão, haverá um número correspondente de comutadores.

Segundo Ribeiro (2013 p. 20) A comutação de circuitos, historicamente, foi inicialmente empregada no sistema público de telefonia, para permitir a interligação de qualquer par de terminais telefónicos instalados, de modo que não fosse necessário a interligação de cada terminal instalado com todos os outros, para que cada terminal pudesse se comunicar com qualquer outro. Estendendo esta ideia, tem-se a constituição de uma rede de telecomunicações, com vários nós onde estariam localizadas as centrais de comutação.

Os nós da rede podem ser interligados a terminais de usuários ou a outros nós, conforme mostra a Figura 1-1 (Introdução) para a constituição de uma rede.

Para Martins (2003 p.27) A partir de 1970 começou o processo de digitalização da rede telefônica. Inicialmente, os circuitos de transmissão que interligavam os nós urbanos passaram a utilizar a tecnologia do PCM (Pulse Code Modulation), e rádio digital nos enlaces de micro-ondas que constituíam os circuitos interurbanos.

Segundo Ribeiro (2013, p.21) no final do século XX a tecnologia digital de transmissão foi aperfeiçoada, passando a incluir o MUX-SDH (Synchronous Digital Hierarchy) e Transmissão Óptica, tanto nos enlaces urbanos quanto interurbanos. Não esquecer a tecnologia dos enlaces via satélite e cabos submarinos, que incorporaram rapidamente a tecnologia digital, mais barata e eficiente do que sua alternativa analógica.

Para Malvino (1997, p.365) quando um sinal de realimentação de um oscilador alimenta a base, aparece uma capacitância através da entrada. O final do século viu também o surgimento da tecnologia celular que acompanhou a evolução então verificada (quem não se lembra dos primeiros aparelhos celulares, grandes, pesados e caros, utilizando tecnologia analógica?).

Ribeiro (2013 p. 25) Comutação de pacotes, no final do século XX a transmissão de dados era uma realidade. Com o avanço tecnológico foram viabilizadas muitas aplicações, incluindo-se o advento do PC pessoal. Qualquer pessoa tem a sua disposição, hoje, um poder computacional comparável à dos main-frames ou grandes computadores que surgiram em meados do século passado.

Conforme Ribeiro (2013 p.26) "No contexto de redes de computadores, a comutação de pacotes é um paradigma de comunicação de dados em que pacotes (unidade de transferência de informação) são individualmente encaminhados entre nós da rede através de ligações de dados tipicamente compartilhadas por outros nós. Este contrasta com o paradigma *rival*, a comutação de circuitos, que estabelece uma ligação virtual entre ambos nós para seu uso dedicado durante a transmissão (mesmo quando não há nada a transmitir)".

Desta forma, a comutação de pacotes pressupõe a digitalização da informação.

Fisicamente, é implementada através de roteadores de dados (por exemplo, roteadores IP).

Segundo Oliveira (2012, p. 135) Grande parte dos sistemas analógicos de comunicações emprega modelação em amplitude – AM, como é o caso da radiodifusão comercial AM e da transmissão de sinais imagem de televisão. Vários tipos de sistemas AM são empregados na prática desde os anos 20, dependendo da Aplicação envolvida.

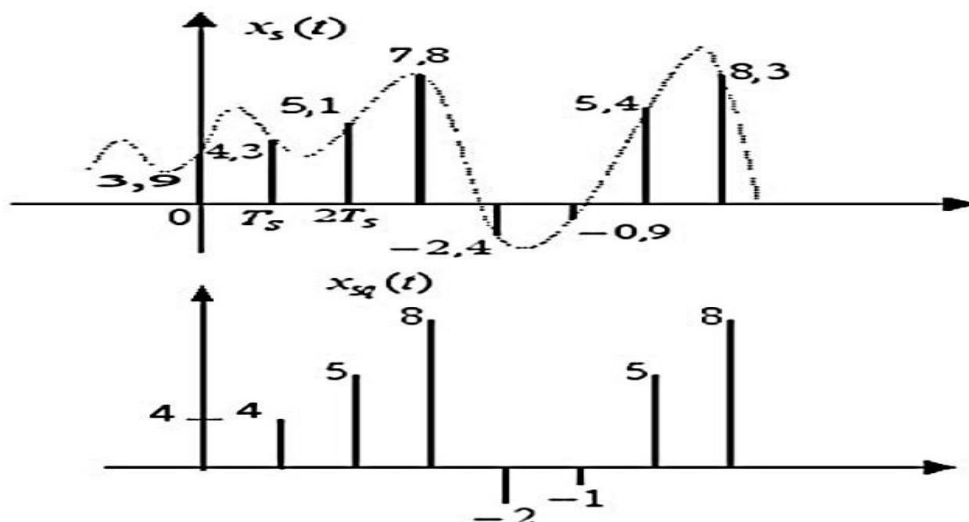
Para Oliveira (2012 p. 135) Em 1888, H. Hertz publicava os resultados de suas pesquisas sobre propriedades das ondas de rádio em seu formoso artigo “sobre ondas electromagnéticas no ar e seus reflexos”, ele mostrou que as novas radiações, previstas por James C. Maxewell, comportavam – se como a luz, sendo parte do mesmo espectro electromagnético.

Para Ribeiro (2013 p. 27)um sinal analógico é aquele caracterizado por valores que podem variar continuamente em uma faixa.Por exemplo, o sinal eléctrico, ou forma de onda, resultante da captação das vibrações sonoras da voz humana por um microfone, representa um sinal analógico. De um modo geral, podemos dizer que o sinal analógico está ligado à forma de onda do sinal eléctrico que o representa.

Conforme Sedra & Smith (2000 p. 6) a amplitude de um sinal analógico pode ter qualquer valor, isto é, a amplitude de de um sinal analógico exhibe uma variação contínua sobre sua faixa de actuação. Sinal analógico “um sinal analógico é um tipo de sinal contínuo que varia em função do tempo. Um velocímetro analógico de ponteiros, um termómetro analógico de mercúrio, uma balança analógica de molas, são exemplos de sinais lidos de forma directa sem passar por qualquer descodificação complexa, pois as variáveis são observadas directamente.

Sendo assim, entre zero e o valor máximo, o sinal analógico passa por todos os valores intermediários possíveis (infinitos), enquanto o sinal digital só pode assumir um número pré-determinado (finito) de valores.”

Figura 1-6: representação do sinal analógico:



Fonte: João B. B. Ribeiro (2013, p. 33).

Assim, por exemplo, na Figura 1-6, a amostra em $2T_s$, $x_s(2T_s) = 5,1$, foi aproximada para o intervalo de valor = 5.

Ribeiro (2013 p.32) A codificação transforma cada amostra quantizada em um código digital binário.

O código digital binário tem comprimento fixo, isto é, o tamanho de cada palavra do código é constante e igual a N bits. O número total de níveis de quantização, L , determina o tamanho do código N , pois a cada nível de quantização corresponde uma palavra do código binário, portanto $N = \log_2 L$.

Figura: Código binário:

Nº do intervalo	Código Binário	Saída NRZ do codificador
0	0000	
1	0001	
2	0010	
3	0011	
4	0100	
5	0101	
6	0110	
7	0111	
8	1000	
9	1001	
10	1010	
11	1011	
12	1100	
13	1101	
14	1110	
15	1111	

Fonte: João B. B. Ribeiro (2013, p. 34).

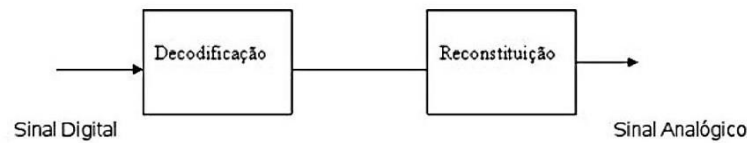
O Quadro acima, ilustra este procedimento, apresentando também uma ideia do sinal elétrico que representa o código na saída do conversor A/D.

No sistema PCM empregado nas centrais telefônicas da telefonia fixa, uma vez que são utilizados 256 níveis de quantização, $N = \log_2 256 = 8$, o codificador gera palavras de 8 bits.

Sendo que a taxa de amostragem é $f_s = 8.000$ Hz (8.000 amostras por segundo), $L = 256$ níveis de quantização, a cada amostra corresponde uma palavra binária com $N = 8$ bits. A taxa final em bit/s na saída do codificador é: $r = 8.000 \times 8 = 64.000$ bit/s

Conversão D/A

Podemos identificar duas etapas funcionais em um conversor D/A, mostradas na **Figura 1-7**. Conversão D/A:

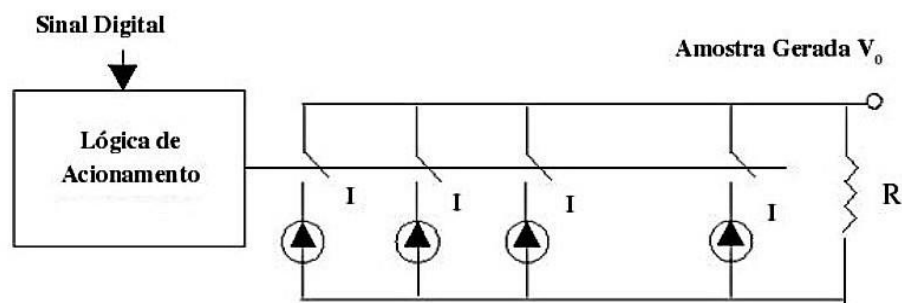


Fonte: **Fonte:** João B. B. Ribeiro (2013, p. 35).

Segundo Ribeiro (2013 p.34) A descodificação é a etapa responsável por gerar valores de amostras correspondentes ao código digital recebido.

Esta geração é feita electronicamente a partir de um conjunto de fontes de corrente, mostradas na Figura 1-8, que são accionadas conforme o código recebido, gerando assim um valor de tensão correspondente à amostra codificada.

Figura 1-8: Reconstituição do sinal analógico:



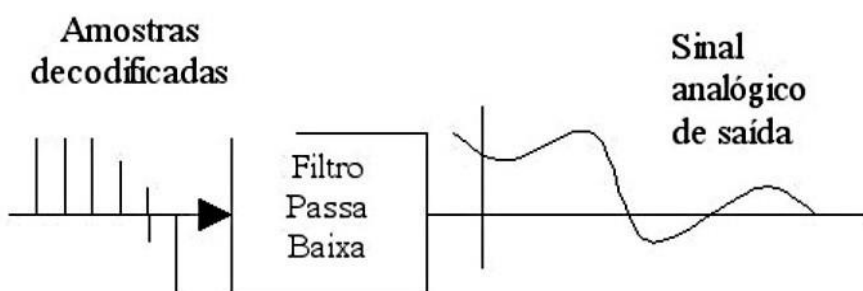
Fonte: João B. B. Ribeiro (2013, p. 36).

Observa-se que a amostra gerada pelo decodificador corresponde ao valor quantizado da amostra, pois este é o valor transmitido pelo código. Desta forma, no processo codificação/descodificação, o valor real da amostra original é perdido, sendo possível apenas recuperar o valor quantizado, o qual, corresponde numericamente ao nível médio do intervalo de quantização mais próximo da amostra verdadeira do sinal. Desta forma, a amostra recuperada a partir do código recebido é uma aproximação da amostra original do sinal.

Na explicação de Ribeiro (2013, p. 36) A segunda etapa, etapa de reconstituição do sinal analógico, pretende recompor o sinal analógico original, que

havia sido amostrado no conversor A/D, a partir das amostras geradas no decodificador.

Segundo o teorema da amostragem, a reconstituição do sinal analógico será possível através de uma operação de filtragem das amostras, no caso um filtro passa baixa, conforme mostra a **Figura 1-9**.



Fonte: João B. B. Ribeiro (2013, p. 36).

1.4.2.5 Transmissão digital

Para Sadra & Smith (2000 p. 963) os circuitos digitais têm um papel muito importante nos sistemas eletrônicos. Eles são empregados em quase todas as aplicações de eletrônica, incluindo telecomunicações, controles, instrumentação produtos de consumo e também, obviamente, computação.

Segundo Tokheim (1983 p. 36) os sistemas digitais mais complexos, tais como os computadores de grande porte, são construídos a partir de portas lógicas.

Ribeiro (2013 p. 37) em um sistema digital, quando uma mensagem é transmitida, tem que ser convertida em formas de onda adequadas ao meio de transmissão e provavelmente cada símbolo do alfabeto da mensagem corresponderá a uma forma de onda específica.

Segundo Alencar (2007, p. 149) os avanços nas três últimas décadas em hardware e em processamento digital de sinais tornaram os sistemas de comunicações digitais mais baratos, mais rápidos e mais eficientes, quanto ao consumo de potência, que os sistemas de comunicações analógicos.

CAPÍTULO II: METODOLOGIA DE PESQUISA

Neste capítulo explicamos como os diferentes métodos, técnicas, procedimentos, foram utilizados para desenvolver este trabalho de fim de curso.

2.1.1- O método de pesquisa

O método é o conjunto das actividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objectivo – conhecimentos válidos e verdadeiros –, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista (Marconi & Lakatos 2012, p.83).

Para Alvarenga (2012, p.75) diz que o método constitui-se no processo integral, racional, que deverá ser seguido rigorosamente para realizar um estudo científico, a fim de atingir objectivos. Constitui-se em um guia teórico, que organiza o pensamento e a acção.

Ainda Cristóvão (2009, p.32) metodologia se deve entender o tratado do método, ou seja, o conjunto das técnicas de investigação a empregar para que o conhecimento pretendido se atinja com êxito.

O método de pesquisa que usamos no projecto, é de carácter qualitativo. Segundo Alvarenga (1994) a pesquisa qualitativa é aquela que não se pode mensurar apenas com números e dados obtidos por meio de um questionário.

Por outro lado, Alvarenga (1994) afirma que Investigação qualitativa, os enfoques qualitativos da investigação social, são formas de geração e produção de conhecimentos que se fundamentam concepções epistemológicas profundas e que origina uma nova linguagem metodológica diferente ao paradigma tradicional.

A norma utilizada é a Norma Apa, segundo Alves (2012, p.72) American Psychological Association (APA) é uma organização científica que foi fundada em 1892, na Universidade de Clark.

2.1.2- Tipos de pesquisa

Para esse trabalho, usamos dois tipos de pesquisa: documental e bibliográfica.

No entender de Alves (2012 p.37) estes dois tipos de pesquisa têm o mesmo objecto de investigação – o documento. Estão, por isso, muito próximos, o elemento diferenciador entre estes dois tipos de pesquisa está nas fontes. A documental utiliza fontes primárias; a bibliográfica utiliza estudos feitos por outros autores sobre o tema, ou seja, fontes secundárias.

Ainda Alves (2012 p.39) afirma que, existem duas formas de pesquisa. Pesquisa local e pesquisa remota. A pesquisa local consiste na ida do utilizador até ao local da pesquisa.

2.1.3- Modelos de abordagem

Para o trabalho abordamos as pesquisas descritivas, experimental. Zassala (2019 p.85) Pesquisa descritiva tem como objectivo mostrar como as variáveis se relacionam sem manipulação do pesquisador estuda situações nas quais as relações entre as variáveis já ocorreram, é uma pesquisa ex–post-facto.

Para Zassala (2019 p. 86) Pesquisa experimental – tem por finalidade mostrar como as variáveis se relacionam.

2.1.4- Níveis de estruturação de método

a) Nível teórico.

b) Empírico e Experimental.

c) Nível Estatístico/ Matemático.

2.1.5- Técnicas de recolha de dados

Neste trabalho recorremos a técnicas utilizadas em investigação qualitativa Alvarenga, Miranda de (1994) A investigação não estruturada é uma técnica muito utilizada. A Polícia dispõe de técnicas próprias de investigação criminalística cientificamente para cada caso.

2.2.1- Instrumentos e procedimentos

Os instrumentos e procedimentos foram manuais de apoio, telefones e antenas, foi feita a captação do sinal de radiofrequência para a verificação da Optimização do sinal na Zona de Viana do Km 30, para monitorização da potência das antenas e a propagação do sinal na referida zona

2.2.2- População e amostra

Segundo Alvarenga (1994), Amostragem em investigação qualitativa. Nos estudos qualitativos a amostragem não é fundamental. Porque não se busca generalizar os resultados à população. Realizam – se estudos profundos, com poucos casos que apresentam as características. Para este trabalho nossa população é de 7 sites e amostra é de 07 sites da operadora Unitel localizados no Kilometro-30.

2.2.3- Dificuldades

As dificuldades são várias: como falta de informação no campo de estudo. Devido ao sistema de confidencialidade das empresas, a concorrência com as outras operadoras das telecomunicações no nosso país e com desconfiança de espionagem tecnológica, muitos funcionários da UNITEL com receio de represálias não aceitavam partilhar informações alegando ser segredo da empresa.

CAPÍTULO III: DISCUSSÃO E RESULTADOS

Neste capítulo será apresentado como foram colectados os dados do sinal da rede Unitel na zona do km-30 na zona de Viana através da ferramenta G-net track, a análise destes dados e nossa proposta de optimização.

G-NetTrack é um monitor de rede sem fio e ferramenta de teste driver para dispositivos com sistema operacional Android. Permite monitorar e registar parâmetros de redes móveis sem utilizar equipamentos especializados.

Apresentação da ferramenta G-net Track

A ferramenta apresenta cinco abas com informações diferentes – Célula, Vizinhos, Mapa, Info e Dirigir. Nos focamos na informação da rede Unitelcolectadas no Kilometro-30 em duas abas principais, a aba célula e a aba Mapa.

Guia CÉLULA

A guia Célula mostra informações geográficas e de rede. Ele também mostra o registro do histórico das células em serviço. As informações mostradas são:

- Operadora – o nome da sua operadora wireless

MCC – Mobile Country Code – é um código de 3 dígitos específico para cada país

MNC – Mobile Network Code – é um código de 2 ou 3 dígitos e é específico para cada país. Operadora do país

LAC – código de área de localização – a rede é dividida por áreas de localização, nas quais o assinante é paginado em todas as células simultaneamente. LAC é o código da área atual

NODE – Radio Network Controller – quando em 3G mostra o ID do RNC que controla a célula servidora atual. Em 4G mostra o ID enodeB.

CID – o CELL ID da célula servidora atual

PCI/PSC/BSIC – PCI em 4G, PSC em 3G e BSIC em 2G para a célula servidora atual.

F – Número do canal de frequência ARFCN

B – banda de frequência (Uxx para 3G, Lxx para LTE)

TA – avanço de tempo – para 2G e 4G

Tipo – o modo de tecnologia de rede (como GPRS, EDGE em 2G ou UMTS, HSPA etc. ... em 3G)

LEVEL – a intensidade do sinal atual em dBm. Para diferentes tecnologias a legenda é diferente RXLEV para 2G, RSCP para 3G e RSRP para 4G.

QUAL – a qualidade do sinal da rede. Para diferentes tecnologias a legenda é diferente – RXQUAL para 2G, ECNO para 3G e RSRQ para 4G. Este valor não é relatado pela maioria dos telefones. Apenas vários telefones reportam ECNO e talvez nenhum telefone reporte RXQUAL.

SNR – relação sinal-ruído. É medido apenas em LTE.

CQI – indicador de qualidade do canal. É medido apenas em 4G.

Longitude – longitude da localização actual em formato decimal

Latitude – latitude da localização actual em formato decimal

Velocidade – velocidade actual em km/h.

Precisão – a precisão com que a localização é determinada. A determinação da localização pode ser baseada em GPS ou rede (usando o serviço de localização do Google – usando células vizinhas ou redes WiFi)

Altura – a diferença entre os valores de altitude e do solo

Altitude – a altitude medida pelo GPS

Altura – a altura do nível do solo – esta é ajustável nas configurações.

UL – a velocidade actual de transferência de dados de uplink em kbps

DL – a velocidade actual de transferência de dados de downlink em kbps

Dados – a rede de dados usada – Rede móvel ou WiFi

Estado do telefone – IDLE, CALL, DATA – o estado actual do telefone – se está ocioso ou em transferência de dados activa ou em chamada de voz activa

Tempo de serviço – o tempo actual da célula de serviço em segundos. Se cellfile for usado, esta linha também mostrará o nome da célula servidora e a camada da célula.

Tabela de histórico da célula de atendimento – esta tabela mostra o registo do histórico de alterações nas células de atendimento com a hora da alteração e o nível em que essa alteração ocorreu. A tabela também mostra o tempo de serviço das células, o que é útil para detectar a resselecção frequente de células e a falta de células dominantes.



G-NetTrack Litev17.7

⋮

Operador: Unitel

MCC: 631MNC: 02TAC: 1Tipo: 4G

eNB: 20827CID: 1PCI: 276TA:

ARFCN: 1850BAND: L3BW: 20

F DL: 1870,0 MHzF UL: 1775,0 MHz

RSRP: -101RSRQ: -20SNR: -CQI: -RSSI: -

Longitude: 13.477231Latitude: -8.973151

Rapidez: 0 km/h Título: 40° NEGPS Precisão: 9m

Altura: 185mAltitude: 185mTerra: 0m

UL: 0 kbpsDL: 0 kbps

Dados:Unitel-4GIDLE

Hora de servir:171s

TEMPO	EVEN..	AC	CELLID	CI	ARFCN	NÍVEL	QUALI..	TIPO	SERV
14:10:00		1	20827-1	276	1850	-73	-14	4G	46
14:10:47	CR4G4G	1	20827-3	278	1850	-82	-10	4G	30
14:11:18	HD4G4..	1	20827-1	276	1850	-70	-14	4G	26
14:11:46	HD4G4..	1	20827-2	277	1850	-83	-22	4G	106
14:13:35	HD4G4..	1	20827-3	278	1850	-88	-11	4G	136
14:15:56	CR4G4G	1	20827-1	276	1850	-101	-19	4G	216
14:19:40	HD4G4..	1	20726-0	235	1850	-105	-14	4G	31
14:20:13	CR4G4G	1	20827-..	13	6200	-112	-25	4G	4
14:20:18		1	20726-0	235	1850	-104	-16	4G	68
14:21:29	CR4G4G	1	20755-2	22	1850	-100	-20	4G	11
14:21:41	HD4G4..	1	20726-0	235	1850	-101	-17	4G	46
14:22:29	CR4G4G	1	20827-1	276	1850	-109	-17	4G	15
14:22:45	HD4G4..	12	20515-2	268	1850	-98	-19	4G	6
14:22:50	HD4G4..	1	20755-2	22	1850	-108	-23	4G	1
14:22:51	HD4G4..	1	20827-1	276	1850	-95	-15	4G	49
14:23:42	HD4G4..	1	20726-0	235	1850	-113	-16	4G	8
14:23:50	HD4G4..	1	20755-2	22	1850	-113	-18	4G	4
14:23:56	HD4G4..	1	20726-0	235	1850	-110	-21	4G	20
14:24:17	HD4G4..	1	20755-2	22	1850	-105	-19	4G	1
14:24:18	HD4G4..	12	20906-3	326	1850	-92	-12	4G	26



Gyokov Solutions

CARDÁPIO

CÉLULA

VIZINHOS

MAPA

INFO

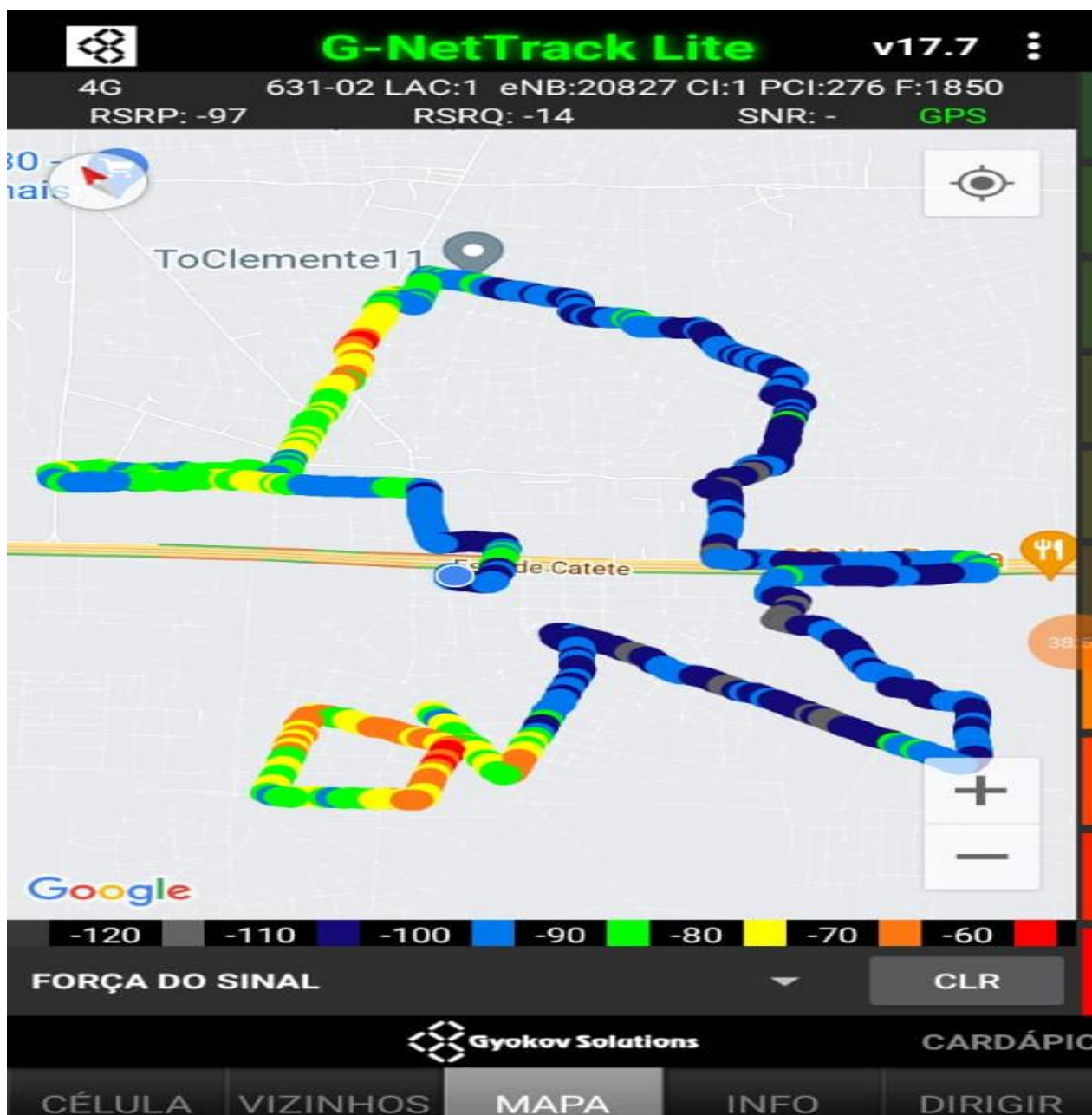
DIRIGIR

Fonte: Aba MAPA

A guia Mapa mostra a visão geográfica das medições e das estações base da rede móvel.

Na primeira linha há informações sobre a tecnologia actual, camada de células, MCC-MNC-LAC-RNC-CELLID da célula servidora actual, medições de nível e qualidade.

O mapa mostra a área circundante e o mapa temático da medição seleccionada (LEVEL, QUAL, CELL, taxa de bits DL, taxa de bits UL, VELOCIDADE).



Dados sobre o sinal da rede da operadora Unitelcolectados no Kilometro-30

Nesta sessão vamos apresentar os dados colectados no Kilometro-30, na aba Célula da nossa ferramenta de monitoramento de rede escolhido conseguimos avistar:

Operadora: Unitel

MCC (Mobile country code): 631

MNC (Mobile Network code): 02

Tipo de tecnologia: 4G

E também avistamos uma tabela de dados com diversos parâmetros com informações do sinal da rede, nós porém vamos apresentar a tabela, focando apenas nos parâmetros de potência do sinal que vão ser apresentados na **tabela 3.1**

PCI	RSRP (dBm)	RSRQ (dBm)	eNB_Cell-Id
276	-73	-14	20827-1
278	-82	-10	20827-3
277	-83	-22	20827-2
235	-104	-16	20726-0
22	-100	-20	20755-2
326	-92	-12	20906-3
268	-98	-19	20515-2
12	-110	-21	20827-..
21	-89	-13	20755-1
23	-92	-18	20755-3
405	-87	-15	20115-0

Fonte: elaboração própria

Foi possível conforme apresenta a tabela 3.1, coletar dados de 7 eNB (sete sites), para se entender os valores apresentados acima, temos que explicar primeiramente as siglas RSRP e RSRQ.

A potência recebida dos sinais de referência (RSRP) e a qualidade recebida do sinal de referência (RSRQ) são medidas importantes do nível e da qualidade do sinal para redes LTE modernas. Nas redes celulares (como é o caso da Unitel), quando um dispositivo móvel se move de uma célula para outra e realiza a selecção/resselecção e transferência de células, ele precisa medir a intensidade/qualidade do sinal das células vizinhas. No procedimento de transferência, a especificação LTE oferece a flexibilidade de usar RSRP, RSRQ ou ambos.

RSRP – Reference Signal Received Power é um tipo de medição RSSI. É o poder dos sinais de referência LTE espalhados por toda a largura de banda e banda estreita (Afroz et al, 2015).

Tabela 3.2 RSRP

RSRP	Sinal de força	Descrição
≥ -80 dBm	Excelente	Sinal forte com velocidades máximas de dados
-80 dBm a -90 dBm	Bom	Sinal forte com boas velocidades de dados
-90 dBm a -100 dBm	Justo para pobre	Podem ser alcançadas velocidades de dados confiáveis, mas é possível obter dados marginais com interrupções. Quando esse valor chegar perto de -100, o desempenho cairá drasticamente
≤ -100 dBm	Sem sinal	Desconexão

Fonte: **Própria**

RSRQ – Qualidade de Sinal de Referência Recebido: Qualidade considerando também o RSSI e o número de Blocos de Recursos utilizados (N) $RSRQ = (N * RSRP) / RSSI$ medido na mesma largura de banda. (Afroz et al, 2015).

Tabela 3.3 Aplicativo **RSRQ**

RSRQ	Qualidade do sinal	Descrição
$\geq -10\text{dB}$	Excelente	Sinal forte com velocidades máximas de dados
$-10\text{ dB a } -15\text{ dB}$	Bom	Sinal forte com boas velocidades de dados
$-15\text{ dB a } -20\text{ dB}$	Justo para pobre	Podem ser alcançadas velocidades de dados confiáveis, mas é possível obter dados marginais com interrupções. Quando esse valor chegar perto de -20 , o desempenho cairá drasticamente
$\leq -20\text{Db}$	Sem sinal	Desconexão

Fonte: **Própria**

Com base aos dados de sinal de rede da Unitelcolectados no Kilometro-30, vimos que na célula de PCI = 276 temos um RSRP = -73 dBm , isto que dizer que, a potência do sinal recebido nos dispositivos móveis é bom e a comunicação pode ocorrer sem nenhum problema. Pois, segundo o que nos apresenta a tabela 3.2, para ter um sinal excelente temos que ter um RSRP $\leq -70\text{ dBm}$.

Na célula cujo PCI=277, temos um RSRP = -82 dBm , isto que dizer que, a potência do sinal recebido nos dispositivos móveis é justo para pobre e a comunicação pode ocorrer com um desempenho normal mas pode apresentar falhas, até o sinal chegar mesmo a cair algumas vezes. Pois, segundo o que nos apresenta a tabela 3.2, um sinal de RSRP situado entre -80 a -90 dBm , é um sinal que Podem ser alcançadas velocidades de dados confiáveis, mas é possível obter dados marginais com interrupções. Quando esse valor chegar perto de -100 , o desempenho cairá drasticamente.

Nas células cujo PCI=12, PCI=22 e PCI=235 temos um RSRP = -82 dBm , isto que dizer que, há uma desconexão dos dispositivos moveis, pois a potencia do sinal que chega aos dispositivos é muito fraco que não permite estabelecer uma comunicação, nestes casos é preciso que se faça uma optimização da rede através

de ajuste de parâmetros, mantendo os mesmos recursos de rede que temos a disposição.

Ajuste de parâmetros da Rede Unitel no Kilometro-30.

Depois de levantar os dados, para se alcançar a otimização da rede da unitel é necessário fazer ajuste de parâmetros de rede, o que não foi possível porque não tivemos autorização e acesso ao site da operadora em questão. Tendo sido isto uma limitação que tivemos no decorrer da nossa pesquisa.

Conclusão

As operadoras, actualmente, vêm cada vez mais tentando se adequar as necessidades do cliente, visto que a concorrência e alta competitividade são grandes. A Unitel no município de Viana, especialmente o Km-30, usa a tecnologia 4G e os dados colhidos nessa região apresentam determinadas zonas em que a potência de sinal é bastante fraca com valor de RSRP <-100dBm.

Alguns factores influenciam na força e qualidade do sinal como: sinais concorrentes, barreiras físicas, clima, altura da antena, carga, proximidade do móvel da torre celular, congestionamento da rede, interferência, frequência, modulações, entre outros factores. Então por meio de cálculo, que é uma estimativa do sinal, pode-se ajustar estes factores após realizar medidas em campo, para uma predição mais coerente com a região estudada (Viana Km-30), para assim poder estar otimizada.

Nosso estudo nos permitiu cumprir certos objectivos específicos que nos propusemos, colhemos os dados com ajuda de uma ferramenta que nos permitiu saber a potência do sinal recebido na zona do Km-30. Foram analisados e interpretados, e apresentamos as nossas conclusões sobre eles.

Devidas as limitações encontradas no desenvolvimento deste trabalho, não foram confirmadas as Hipóteses.

Sugestões

- Para os futuros trabalhos científicos temos as seguintes sugestões:
- Fazer estudo e ajuste de parâmetros do sinal da rede da operadora Unitel na zona o Kilometro-30, utilizando ferramentas avançadas
- Proposta de um projecto de optimização da potência do sinal da Unitel no Kilometro-30 para aumentar o desempenho da rede.
- Por outro lado, há algumas propostas, como por exemplo, ajustar o algum modelo matemático para que não ocorra tanta diferença nos cálculos dos modelos de predição em relação as medições em campo, substituir os equipamentos da 4G pelos da 5G. Com isso será possível fazer os testes da força do sinal recebido em várias regiões especificadas. Esses testes podem ser laboratoriais ou realizar testes de campo, sendo possível fazer as análises necessárias, para enquadrar ou até mesmo criar algum modelo de propagação.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, Maria da Piedade (2012) Metodologia de Científica. Escolar Editora. Lisboa.

Afroz, F., Subramanian, R., Heidary, R., Sandrasegaran, K., & Ahmed, S. (2015). *SINR, RSRP, RSSI and RSRQ Measurements in Long Term Evolution Networks*. International Journal of Wireless & Mobile Networks.

Alcacer, Marcelo Sampaio de (2007) Telefonía Celular Digital. 2ª Edição. Editora Erica Ltda. São Paulo, Brasil.

Amirijoo, M., Frenger, P., Gunnarsson, F., Kallin, H., Moe, J., & Zetterberg, K. (2008). "Neighbor Cell Relation List and Physical Cell Identity Self-Organization in LTE" ICC'08, IEEE.

Carvalho, J. Eduardo (2009) Metodologia do Trabalho Científico, 2ª Edição. Escolar Editora. Lisboa.

Carvalho, M. A. L. (2011). *Planeamento e optimização em redes celulares móveis auto-geridas assentes em LTE*.

Culter, Phillip (1997) Circuitos Electrónicos Lineares. Editora McGraw Hill Ltda. Brasil.

Dorf, Richard C. & Svoboda, James A. (2016) Introdução aos Circuitos Eléctricos. 5ª Edição. Editora Santuário. São Paulo, Brasil.

Lda, Texto Editores (2009), Dicionário Universal, Integral da Língua Portuguesa. 1ª Edição. Editora Eiga. Lisboa.

Feng, B., Li, W., & Wang, L., (2022). *Signal Optimization of Electronic Communication Network Based on Internet of Things*. Journal of Sensors. vol. 2022, Article ID 3711776, 8 pages,

Graybeal, J. (2009). *The Benefits of SON in LTE - Self-Optimizing and Self Organizing Networks*. 3G Americas,

H. H. Injomba, M. A. Fernando, V. Eduardo & Z. A. Goriassse., (2023). *Teoria de sinal e filtros e frequência*. Quelimane. Disponível em <https://pt.scribd.com/document/651572165/Teoria-de-Sinal>

Higuti R. T. & Kitano, C. (2003). *Sinais e Sistemas*. Disponível em https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/optoeletronica/sinais_e_sistemas.pdf

Jutten, C. (2018). *Theórie de Signal*. Disponível em https://www.gipsa-lab.grenoble-inp.fr/~christian.jutten/mescours/Cours_Theorie_Signal.

Liu, Y., Li, W., Zhang, H. & Yu, L. (2010). *Distributed PCI assignment in LTE based on consultation mechanism*. State Key Laboratory of Networking and Switching Technology. Beijing University of Posts and Telecommunications.

Machado, Ademir Freitas (2010) Manual de Antenas. 1ª Edição. Dourados – Mato Grosso do Sul.

Malvino, Albert Paul (1997) Eletrônica. 4ª Edição. Volume 2. Editora Person Education. São Paulo.

Martins, Thompson Araújo (2003) Métodos Estatísticos Aplicados a Optimização de Rede de Telefonia Móvel. Editora Ene/ Ft. Brasília.

Martins, Victor () Aplicações de Eletrônica. 1ª Edição. Editora Plátano Edições Técnicas. Lisboa.

Oliveira, Hélio Magalhães de (2012) Engenharia de Telecomunicações. 1ª Edição. Editora Recife. S. Paulo. Brasil.

Oppenheim, A. V. (n.d.). *Signals and systems*. 2nd ed.

Ribeiro, João Baptista Byão (2010) Telecomunicações. 1º volume. 1ª Edição. Editora Rio de Janeiro. Brasil.

Rodríguez, O., Hernández, R., Torno, L., García, L. & Rodríguez, R. (2005). Telefonía móvil celular: origen, evolución, perspectivas. Ciencia Holguín, E-ISSN: 1027-2127, Vol. XI, (1).

Sadra, Adel S. & Smith, Kenneth C. (2000) Microeletrônica. Editora Makron Books. São Paulo.

Tokheim, Roger L. (1983) Princípios Digitais. Editora McGraw - Hill. São Paulo, Brasil.

Zassala, Carlinhos (2019), Iniciação à pesquisa científica. 5ª Edição, Mayamba Editora. Luanda-Angola.

APÊNDICES

ANEXOS