



**INSTITUTO FEDERAL DA PARAÍBA**  
**DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO DE ENSINO**  
**COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM**  
**SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

**FABIO AMORIM DE ALMEIDA**

**O MICROFONE NOS DIAS ATUAIS: AS DIFICULDADES DIANTE DA  
CRESCENTE TECNOLOGIA SEM FIO**

**JOÃO PESSOA – PB**  
**2023**

**FABIO AMORIM DE ALMEIDA**

**O MICROFONE NOS DIAS ATUAIS: AS DIFICULDADES DIANTE DA  
CRESCENTE TECNOLOGIA SEM FIO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em  
Sistemas de Telecomunicações, do Instituto Federal da  
Paraíba – Campus João Pessoa, em cumprimento às  
exigências parciais para a obtenção do grau de  
Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

**ORIENTADOR (A):**

**ÍTALO ORIENTE**

**JOÃO PESSOA – PB  
2023**

**FABIO AMORIM DE ALMEIDA**

**O MICROFONE NOS DIAS ATUAIS: AS DIFICULDADES DIANTE DA  
CRESCENTE TECNOLOGIA SEM FIO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em  
Sistemas de Telecomunicações, do Instituto Federal da  
Paraíba – Campus João Pessoa, em cumprimento às  
exigências parciais para a obtenção do grau de  
Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

**Aprovada em 15/12/20023.**

**Banca Examinadora**

Documento assinado digitalmente



ITALO ORIENTE

Data: 23/02/2024 13:05:03-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Ítalo Oriente  
Orientador (IFPB)**

Documento assinado digitalmente



ALFREDO GOMES NETO

Data: 23/02/2024 15:18:26-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Alfredo Gomes Neto  
Examinador**

Documento assinado digitalmente



EDVALDO DA SILVA PIRES

Data: 06/03/2024 10:31:30-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Edvaldo da Silva Pires  
Examinador**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa

A447m Almeida, Fabio Amorim de.

O microfone nos dias atuais : as dificuldades diante da crescente tecnologia sem fio / Fabio Amorim de Almeida. – 2023.

35 f. : il.

TCC (Graduação - Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) - Instituto Federal de Educação da Paraíba / Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, 2023.

Orientação : Prof<sup>o</sup> Ítalo Oriente.

1. Comunicação sem fio - tecnologia. 2. Microfone. 3. Celular. 4. Internet móvel. 5. Interferência – tipos. I. Título.

CDU 621.391(043)



Dedico e agradeço a minha família pelo apoio na elaboração deste projeto, e aos professores que até aqui me acompanharam.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<a href="#">Figura 1 – Newton C. Braga. Esquema do microfone de carvão</a> .....	14
<a href="#">Figura 2- Esquema de ligação de um microfone dinâmico</a> .....	15
<a href="#">Figura 3- Microfone dinâmico modelo BLX24R/SM58, sistema sem fio</a> .....	15
<a href="#">Figura 4- Esquema de ligação de um microfone condensador</a> .....	16
<a href="#">Figura 5- Microfone condensador cardioide para instrumento modelo Shure PGA81</a> .	16
<a href="#">Figura 6- Microfone de Eletreto</a> .....	17
<a href="#">Figura 7- Esquema de ligação de microfone de eletreto.</a> .....	17
<a href="#">Figura 8 – Comunicador portátil de duas vias Motorola</a> .....	18
<a href="#">Figura 9 – “Telefone de mala” Trigild Gemini 2 em 1946</a> .....	19
<a href="#">Figura 10- Ondas VHF e UHF</a> .....	22
<a href="#">Figura 11 – Canal de TV UHF analógico 34 (traço amarelo) e 9 microfones sem fio compartilhando o espaço deste canal (bandeiras verdes)</a> .....	26
<a href="#">Figura 12 – Canal de TV UHF digital 24 (traço amarelo / faixa lilás) e um microfone posicionado em 530,175MHz (bandeira verde)</a> .....	27
<a href="#">Figura 13 – Ilustração do 5G (internet das coisas)</a> .....	27

## LISTA DE ABREVIATURAS

VHF	<i>(Very High Frequency)</i>
UHF	<i>(Ultra High Frequency)</i>
AM	<i>Amplitude Modulation</i> – Modulação em Amplitude
FM	<i>Frequency Modulation</i> – Modulação em Frequência
AMPS	<i>Advanced Mobile Phone System</i> - Sistema de Telefonia Móvel Avançado
dB	Decibéis
MHz	Mega-hertz
RF	Radiofrequência
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações

## RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) tem como objetivo explorar a evolução do microfone ao longo das décadas e sua aplicabilidade prática. No primeiro capítulo, é abordada a invenção do microfone, seu inventor e sua trajetória até os modelos modernos disponíveis no mercado, incluindo a discussão de diferentes tipos e especificações.

O segundo capítulo analisa o impacto do advento da tecnologia sem fio na indústria de áudio e vídeo. A introdução de microfones sem fio, juntamente com o crescimento da telefonia móvel, ampliou as possibilidades para gravações e transmissões em tempo real. Além disso, são abordados os tipos de transmissão para microfones sem fio, bem como as distinções entre sistemas VHF e UHF.

No terceiro capítulo, são discutidas as interferências comuns durante a transmissão de áudio sem fio e as soluções para minimizá-las. Também são exploradas as tecnologias mais recentes disponíveis para reduzir interferências e aprimorar a qualidade do áudio.

Através deste TCC, espera-se proporcionar uma compreensão dos microfones e sua aplicação prática na indústria de áudio e vídeo.

Palavras-chaves: microfone sem fio, celular, internet móvel, interferência.

## ABSTRACT

This thesis aims to explore the evolution of microphones over the decades and their practical applicability. In the first chapter, the invention of the microphone, its inventor, and its journey to modern models available in the market are discussed, including an examination of different types and specifications.

The second chapter delves into the impact of the advent of wireless technology in the audio and video industry. The introduction of wireless microphones, along with the growth of mobile telephony, has expanded the possibilities for real-time recordings and broadcasts. Additionally, the chapter covers the types of wireless microphone transmission and distinctions between VHF and UHF systems.

The third chapter addresses common interferences during wireless audio transmission and explores solutions to minimize them. It also examines the latest technologies available to reduce interference and enhance audio quality.

Through this TCC, it is expected to provide an understanding of microphones and their practical application in the audio and video industry.

Keywords: wireless microphone, cell phone, mobile internet, interference.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	6
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	7
<b>RESUMO</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>CAPÍTULO 1: CONTEXTO HISTÓRICO DO MICROFONE E SUA APLICABILIDADE PRÁTICA</b> .....	12
1.1 A invenção e evolução dos microfones .....	12
1.1.1 A invenção e seu inventor .....	12
1.1.2 Breve evolução ao longo das décadas .....	13
1.2 Especificações de Microfones .....	14
1.3 Tipos de Microfones .....	16
<b>CAPÍTULO 2: O INÍCIO DA TECNOLOGIA SEM FIO</b> .....	21
2.1 Áudio, vídeo, disco .....	21
2.2 A chegada do celular .....	23
2.3 Microfone sem fio .....	24
2.3.1 VHF ou UHF? .....	25
2.3.1 Vantagem do microfone sem fio .....	26
2.3.2 Desvantagem do microfone sem fio .....	26
<b>CAPÍTULO 3: INTERFERÊNCIAS E A BUSCA DE SOLUÇÕES</b> .....	27
3.1 Tipos de interferência .....	27
3.1.1 Interferência de radiofrequência .....	27
3.1.2 Interferência elétrica .....	28
3.1.3 Intermodulação .....	28
3.2 CHEGADA DO 4G .....	29
3.3 CHEGADA DO 5G .....	30
3.3.1 Impactos .....	31
3.3.2 Dificuldades e interferências .....	32
<b>CONCLUSÃO</b> .....	34
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	35

## INTRODUÇÃO

A história do microfone remonta ao final do século XIX, quando os primeiros modelos foram desenvolvidos para uso em telefones e transmissões de rádio. Desde então, a tecnologia do microfone evoluiu significativamente, com diferentes tipos e especificações para atender a uma ampla gama de aplicações práticas.

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo explorar o contexto histórico do microfone e sua evolução ao longo das décadas, bem como sua aplicabilidade prática. No primeiro capítulo, é abordada a invenção do microfone e seu inventor, além de traçar sua evolução até os modelos mais modernos disponíveis no mercado. Também serão discutidos os diferentes tipos de microfones e suas especificações.

No segundo capítulo é apresentado o início da tecnologia sem fio e como isso afetou a indústria de áudio e vídeo. A chegada do celular e o desenvolvimento do microfone sem fio abriram novas possibilidades para gravações e transmissões em tempo real. São ainda discutidos os diferentes tipos de transmissão para microfones sem fio, bem como as diferenças entre os sistemas VHF e UHF.

No terceiro capítulo, são abordadas as interferências que podem ocorrer durante a transmissão de áudio sem fio e a busca de soluções para minimizá-las. Discutisse ainda as tecnologias mais recentes disponíveis para reduzir as interferências e melhorar a qualidade do áudio.

Ao explorar esses tópicos, espera-se fornecer uma visão dos microfones e sua aplicabilidade prática na indústria de áudio e vídeo.

# CAPÍTULO 1: CONTEXTO HISTÓRICO DO MICROFONE E SUA APLICABILIDADE PRÁTICA

## 1.1 A invenção e evolução dos microfones

### 1.1.1 A invenção e seu inventor

De acordo com a biografia de David Edward Hughes<sup>1</sup>, a invenção do microfone de carbono adveio do século XIX, mais especificamente de 1878, através de David Edward Hughes, inventor britânico nascido em Londres, naturalizado americano, sendo essa uma invenção fundamental para o desenvolvimento do telefone na época, como também do telégrafo impresso e das balanças indutivas. Hughes cresceu nos EUA porque sua família se mudou para lá quando ele tinha apenas sete anos. Estudou música e ciência do som, e se tornou professor de música (1850). Cinco anos depois recebeu sua primeira patente nos EUA para um aparelho de telégrafo impresso ou impressão de telégrafo, lançando sua carreira de sucesso como inventor. Em 1857 regressou a Londres, onde obteve muito sucesso com seu aparelho telegráfico, tendo tal aparelho perdurado no sucesso por mais de 80 anos.

A invenção mais notável de David E. Hughes foi o microfone de carvão. A palavra microfone foi cunhada em 1827 pelo inventor britânico Sir Charles Wheatstone (1802-1875).

Um ponto que poderia ter melhorias no telefone de Bell era o transmissor, que produzia um sinal elétrico muito fraco. Sendo assim, Sir Charles substituiu o dispositivo por outro que ele chamou de microfone, composto por 3 pedaços de carvão. Um deles tem a forma de uma haste pontiaguda na extremidade, que repousa sobre as outras duas partes, também em forma de haste. O microfone é conectado a um circuito que também inclui uma bateria e um dispositivo receptor colocado próximo ao ouvido. Ele verificou as propriedades das limalhas de ferro contidas em tubos de vidro, que se tornaram condutoras na presença de descarga elétrica, podendo observar esse fenômeno a uma distância de 500 metros. Devido à incerteza sobre seu significado, ele não publicou essas descobertas que mais tarde seriam importantes na história do rádio.

---

<sup>1</sup> Biografia retirada do site <https://brasilecola.uol.com.br/biografia/david-edward-hughes.htm> acessado em 01/03/2023.

### 1.1.2 Breve evolução ao longo das décadas

De acordo com um artigo do site Greelane<sup>2</sup>, a história do microfone remonta tão cedo quanto o século XVII, 1600.

Segundo a cronologia temos que:

**1665:** Robert Hooke, um físico inglês, inventor pioneiro no mundo da transmissão de som através de distâncias com o desenvolvimento de um telefone copo e corda estilo acústico.

**1827:** Sir Charles Wheatstone foi a primeira pessoa a cunhar a frase “microfone”. Mais conhecido por ter inventado o telégrafo, ele trabalhou em um dispositivo que poderia amplificar sons fracos, chamando-o de microfone.

**1876:** Emile Berliner inventou o que muitos consideram o primeiro microfone, enquanto trabalhava com o famoso inventor Thomas Edison. O aparelho utilizado foi um transmissor de voz por telefone. Berliner, um inventor americano nascido na Alemanha, era mais conhecido por sua invenção do gramofone e o disco de vinil, que foi patenteado em 1887. Berliner tinha visto uma demonstração da Bell Companhia nos EUA Centennial Exposition que o inspirou a encontrar maneiras de melhorar o recém-inventado telefone. The Bell Telephone Company ficou impressionado e comprou a patente do microfone de Berliner por US \$ 50.000. De acordo com a Wired.com, Berliner originalmente obtinha a propriedade da patente para o microfone, mas, eventualmente, que a patente foi revogada e, mais tarde creditado a Edison.

**1878:** Apenas um par de anos depois de Emilie Berliner e Edson criarem o microfone, David Edward Hughes, um inventor britânico-americano e professor de música, desenvolveu o primeiro microfone de carbono, modelo a ser usado de forma externa ao telefone, como para gravações e amplificar vozes em shows. Microfone de Hughes foi o modelo inicial para os vários microfones de carbono.

**1915:** O desenvolvimento do tubo de vácuo amplificador ajudou a melhorar o volume de saída para dispositivos, incluindo o microfone.

**1916:** O microfone condensador foi patenteado pelo inventor Edward Christopher Wente, enquanto trabalhava na Bell Laboratories; o dispositivo é muitas vezes referido como um condensador ou um microfone eletrostático. Sua tarefa, no momento, era melhorar a qualidade de áudio para telefones, mas seu trabalho também realizou melhorias ao microfone.

---

<sup>2</sup> A história dos microfones. Greelane, 2019. Disponível em: <<https://www.greelane.com/pt/humanidades/hist%C3%B3ria--cultura/history-of-microphones-1992144/>>. Acesso em: 02, março de 2023.

**1928:** Na Alemanha, Georg Neumann and Co. foi fundada e alcançou a fama por seus microfones. Georg Neumann projetou o primeiro microfone condensador comercial, apelidado de “a garrafa” por causa de sua forma.

**1931:** Western Electric comercializou seu microfone dinâmico.

**1942:** Com a invenção do rádio, os novos microfones para transmissão foram criados. O microfone de fita foi inventado para a radiodifusão sonora.

**1959:** O microfone Unidyne III foi o primeiro dispositivo de unidirecional que foi desenhado para recolher o som a partir do topo do microfone, em vez do lado. Este modelo definiu um novo padrão de projeto para microfones.

**1964:** Pesquisadores da Bell Laboratories James West e Gerhard Sessler receberam a patente de número 3.118.022 para o transdutor eletroacústico, um microfone de eletreto. O microfone de eletreto oferecida uma maior fiabilidade e maior precisão a um custo inferior e com um tamanho menor. Ele revolucionou a indústria de microfone, com quase um bilhão fabricados a cada ano.

**1970:** microfones dinâmicos e condensadores foram ainda melhorados, permitindo uma sensibilidade menor e uma gravação de som mais clara. Uma série de microfones em miniatura também foram desenvolvidos durante esta década.

**1983:** Sennheiser desenvolveu o primeiro *clip-on* microfones, um que era um microfone direcional (MK # 40) e um que foi projetado para o estúdio (MKE 2). Estes microfones ainda são populares hoje.

**1990:** Neumann introduziu o KMS 105, um modelo de condensador projetado para performances ao vivo, estabelecendo um novo padrão de qualidade.

**2010:** O Eigenmike foi lançado, um microfone que é composto de vários microfones de alta qualidade dispostas sobre a superfície de uma esfera sólida, permitindo a captação de diversas direções. Isto permitiu maior controle durante a edição e renderização de som.

## 1.2 Especificações de Microfones

De acordo com Fábio dos Reis<sup>3</sup>, professor e grande entusiasta da tecnologia, os microfones podem ter características bem distintas e é importante saber algumas das especificações técnicas mais importantes, para que se possa escolher o modelo de dispositivo

---

<sup>3</sup> REIS, Fabio. Como funciona um microfone - Curso de Eletrônica. Boson Treinamentos. Disponível em: <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/como-funciona-um-microfone-curso-de-eletronica/>.

mais adequado de acordo com sua necessidade. Algumas das especificações técnicas mais importantes são definidas a seguir:

### **1.2.1 Sensibilidade**

Cada microfone possui níveis de sensibilidades diferentes, e isso está relacionado ao nível do sinal sonoro que eles são capazes de detectar. A sensibilidade é a razão entre o sinal de saída de um dispositivo e seu sinal de entrada, normalmente expressada em decibéis (dB).

### **1.2.2 Direcionalidade**

A direcionalidade diz respeito a captação das ondas sonoras de determinadas posições, significa que cada microfone com sua especificação de direcionalidade consegue melhor captura de sinais vindos de certas direções, exemplo sinais frontais, ou laterais

Um microfone omnidirecional responde uniformemente em todas as direções, enquanto um microfone direcional reage em direções específicas.

### **1.2.3 Resposta de Frequência**

Uma das especificações técnicas é a frequência sonora de que cada microfone absorve. A sensibilidade é medida em decibéis. E o conjunto de frequências de áudio ao qual o microfone é mais sensível é conhecido como resposta de frequência.

Esta característica deve ser levada em consideração na hora de escolher o microfone de conforme sua aplicação, pois existem diferenças entre as bandas de frequência que serão captadas dependendo de sua origem, assim como a voz que emite sinais diferentes de instrumentos musicais.

### **1.2.4 Impedância**

Uma característica que também determina a qualidade de um microfone é a impedância, com a função de resistência do dispositivo, da capacitância e da indutância, e elas devem ser iguais entre os dispositivos para que haja uma troca ideal de energia.

No equipamento de áudio, o ideal é impedir a perda de tensão entre o dispositivo de saída e o dispositivo de entrada, ou seja, microfone e pré-amplificador respectivamente. Para isso, o dispositivo de saída (neste caso, o microfone) deve ter uma baixa impedância de saída, enquanto o dispositivo de entrada (neste caso, o pré-amplificador) deve ter uma alta impedância de entrada.

Isso ocorre porque, quando há uma transmissão de sinal elétrico de um dispositivo para outro, ocorrem perdas de sinal devido à resistência elétrica dos cabos e dos próprios componentes dos dispositivos. Quando a impedância de saída é baixa, ela consegue fornecer uma corrente elétrica mais alta para superar essas perdas e manter o sinal de saída forte o suficiente. Por outro lado, quando a impedância de entrada é alta, ela consegue receber esse sinal com mais facilidade, evitando que haja perda de sinal.

Dessa forma, é importante escolher dispositivos de saída com baixa impedância e dispositivos de entrada com alta impedância para garantir a melhor qualidade de som possível e evitar perda de sinal.

### **1.3 Tipos de Microfones**

Existem diversos tipos de microfones disponíveis no mercado, cada um com suas próprias características e aplicações. Dentre eles, os mais comuns são:

- Microfone de Carvão
- Microfone Dinâmico
- Microfone Condensador
- Microfone de Eletreto

#### **1.3.1 Microfone de Carvão**

Este tipo de microfone foi o primeiro a ser utilizado e ainda é comercializado até hoje, Fig. 1. Consiste em partículas de carvão compactadas (condutores) cuja densidade de compressão muda em resposta às ondas de pressão, e uma membrana em contato com essas partículas que se estende sob a influência das ondas sonoras e transmite vibrações às partículas de carvão, e que então é compactado ou descompactado.

A resistência elétrica entre as partículas diminui assim que a densidade de compressão diminui, e vice-versa. A tensão elétrica circula pelo conjunto de partículas, atua como um resistor e a tensão detectada muda à medida que a resistência da partícula muda. Sendo assim, convertido as ondas sonoras em ondas elétricas a serem reproduzidas.

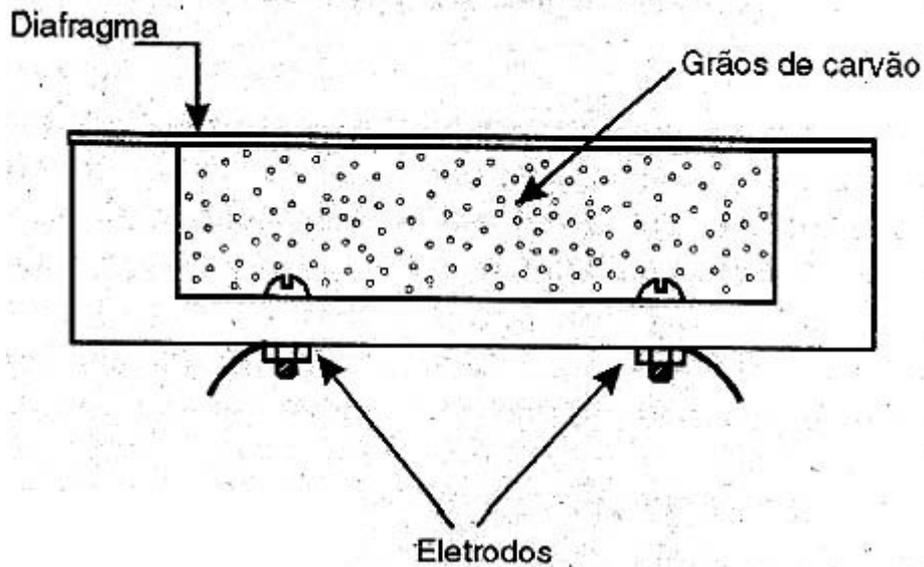


Figura 1 - Newton C. Braga. Esquema do microfone de carvão. 2012. Fonte: [https://www.newtoncbraga.com.br/images/stories/artigos10/art0734\\_04.jpg](https://www.newtoncbraga.com.br/images/stories/artigos10/art0734_04.jpg).

### 1.3.2 Microfone Dinâmico

Eles são conhecidos por sua resistência e confiabilidade e são compostos por uma pequena bobina com um fio muito fino em um tubo cilíndrico, passando vibrações ao longo de todo o eixo de um ímã vibrando ao longo do eixo de um ímã permanente, Fig. 2.

Na extremidade deste tubo é fixado um diafragma plástico sensível às vibrações sonoras, reagindo à pressão das ondas sonoras que entram no microfone, fazendo com que a bobina se mova ao redor do ímã, criando então uma corrente elétrica alternada nos fios conectados a ela. A corrente é então amplificada e controlada por um circuito apropriado.

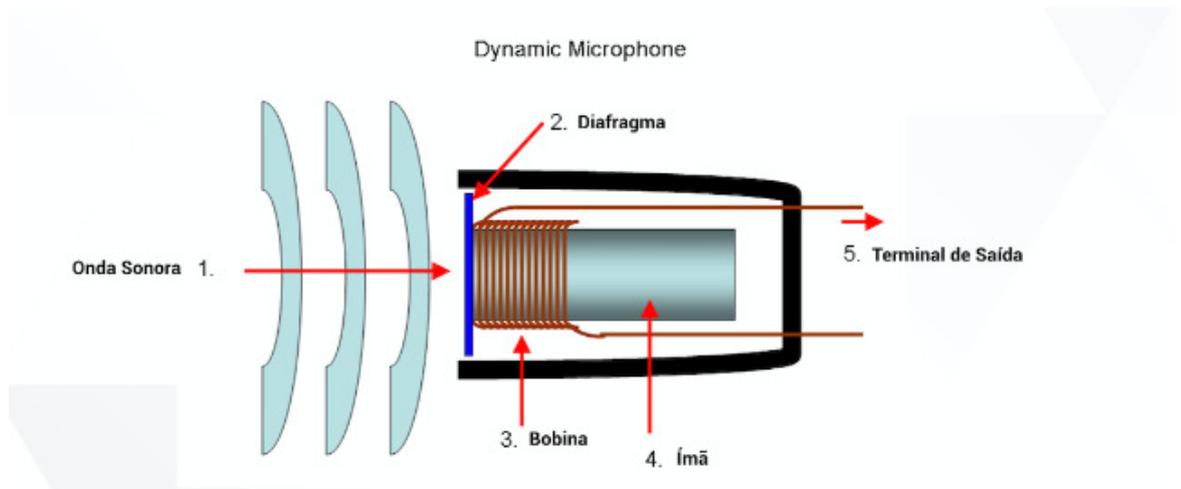


Figura 2 - Esquema de ligação de um microfone dinâmico. Fonte: <https://www.avmakers.com.br/blog/microfone-dinamico-como-funciona-e-quando-usar>.

Os microfones dinâmicos apresentam a desvantagem de possuir certa inércia no movimento da bobina o que prejudica a captação de ondas sonoras de alta frequência e, assim,

limita um pouco a faixa dinâmica. No entanto, é um tipo de microfone barato que normalmente fornece um alto nível de sinal em sua saída e resiste bem a altas temperaturas, umidade e pressão sonora elevada. Não é necessário estar conectado a corrente elétrica para funcionar, e são amplamente usados em aplicações que necessitam de alta fidelidade, como gravações de estúdios, Fig. 3.



Figura 3 - Microfone dinâmico modelo BLX24R/SM58, sistema sem fio. Fonte: <https://www.shure.com/>.

### 1.3.3 Microfone Condensador

O microfone condensador é um dos microfones mais sensíveis e precisos disponíveis. Ele é composto por duas placas metálicas, uma fixa e uma móvel, separadas por um espaço muito pequeno, preenchido por uma fina camada de material isolante. Quando o som atinge a placa móvel, ela vibra e altera a distância entre as duas placas, gerando uma carga elétrica proporcional ao som, Fig. 4. Esse tipo de microfone é amplamente utilizado em estúdios de gravação, podcasts, transmissões ao vivo e outras aplicações que requerem alta qualidade de áudio, Fig.5.

Os pequenos microfones embutidos nos telefones celulares utilizam esse tipo de microfone.

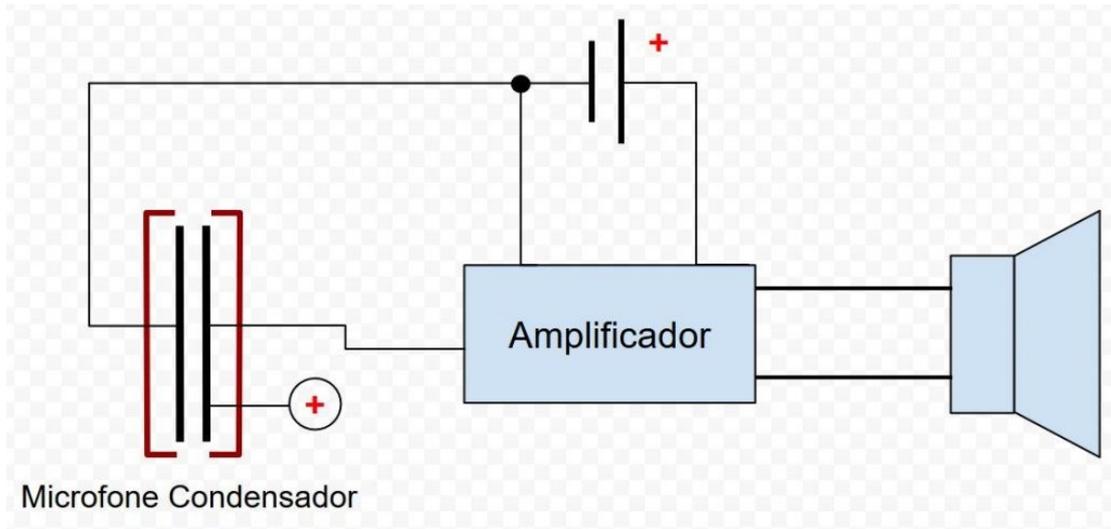


Figura 4 - Esquema de ligação de um microfone condensador. Fonte: Boson Treinamentos (2018). Disponível em: <http://www.bosontrainamentos.com.br/wp-content/uploads/2018/07/microfone-condensador-esquema-ligacao-768x369.jpg>.



Figura 5 - Microfone condensador cardioide para instrumento modelo Shure PGA81. Fonte: <https://www.shure.com/>.

### 1.3.4 Microfone de Eletreto

Os microfones de eletreto seguem a mesma ideia de como os microfones condensadores funcionam, Fig. 6. A diferença é que a placa é feita de um material ferromagnético que conserva uma carga elétrica.

Se trata de microfones baratos com qualidade que rivaliza com os microfones condensadores atuais.



Figura 6 - Microfone de Eletreto. Fonte: <http://www.bosontreinamentos.com.br/wp-content/uploads/2018/07/microfone-eletreto-sparkfun.jpg>.

Usualmente esses microfones possuem um transistor FET interno ou amplificador operacional para amplificar os sinais recebidos, pois geram correntes elétricas de amplitude muito pequena para alimentar satisfatoriamente um pré-amplificador. Este amplificador requer uma tensão externa, que geralmente é de 1,5 V a 10 V para operar, Fig. 7.

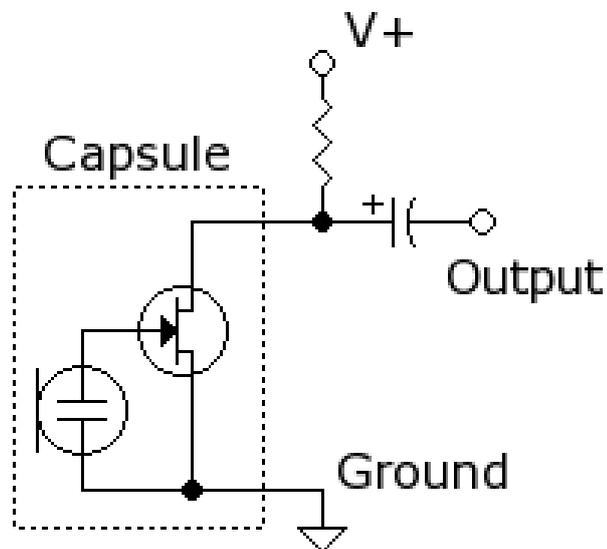


Figura 7 - Esquema de ligação de microfone de eletreto. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1148170>

## CAPÍTULO 2: O INÍCIO DA TECNOLOGIA SEM FIO

### 2.1 Áudio, vídeo, disco

A tecnologia de comunicação havia atingido a capacidade de enviar sinais por meio de fios por distâncias de alguns quilômetros, mas em 1890, a transmissão sem fio foi uma inovação revolucionária. Segundo Adam Clark Estes<sup>4</sup>, ao longo das décadas, ocorreram alguns fatos marcantes, como a transmissão do "*Detroit News Radiophone*" pelo rádio em 1920, a introdução de rádios móveis nas viaturas policiais de Detroit em 1921 e a criação da primeira estação de televisão do mundo em 1927, no laboratório da *General Electric* em Schenectady, Nova York.

Clark Estes ainda afirma que até então, a radiodifusão era considerada um fluxo unidirecional de dados. No entanto, a invenção da empresa Motorola em 1930, com a função de ser um comunicador bidirecional, ou seja, permitindo o envio e recebimento de dados, tornou-se o primeiro radiophone do mundo. Esse dispositivo foi adotado pela polícia e posteriormente foi lançada uma versão mais compacta e avançada, o "*Handie Talkie*", que desempenhou um papel histórico na Segunda Guerra Mundial, Fig. 8.



Figura 8 - Comercial de um dos primeiros rádios Motorola, mostrando o comunicador portátil de duas vias. Fonte: Motorola.

Com o tempo, a tecnologia sem fio tornou-se mais portátil e com bateria embutida. No entanto, a segurança e confiabilidade da comunicação ainda eram desafios a serem enfrentados. As descobertas e inovações continuaram a crescer. A transmissão FM (modulação em frequência) ganhou mais notoriedade em relação à modulação AM (modulação em amplitude) e trouxe mais qualidade para as transmissões, com menos ruídos e interferências. A ideia de

---

<sup>4</sup> ESTES, Clark. "Como Funciona um Microfone." Curso de Eletrônica. Boson Treinamentos, 2023. Disponível em: <http://www.boson treinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/como-funciona-um-microfone-curso-de-eletronica/>. Acessado em 16 de maio de 2023.

peças conversando entre si foi aprimorada, levando ao uso de rádios FM bidirecionais por táxis em 1944. Dois anos depois, a Motorola lançou o primeiro telefone sem fio automotivo.

Com a crescente demanda e a evolução da tecnologia, a Bell System e a Western Electric fecharam uma parceria em 1947 para construir infraestrutura e criar o serviço geral de rádio para celular, utilizando equipamentos VHF (*Very High Frequency*) e a transmissão em modulação FM. Inicialmente, o sistema era dividido em dois, um para atender às estradas e outro para atender às cidades. Todo o equipamento ficava dentro do carro, com as baterias dentro do capô, o transmissor no porta-malas e o telefone ao lado do banco do motorista. Logo, outras empresas seguiram o exemplo e construíram sistemas semelhantes.

Adam Clark Estes, ao discutir o avanço da tecnologia em seu artigo "Como começou essa história de transmitir informações sem fio", ressalta que na década de 1950 houve um notável progresso, resultando na redução dos aparelhos ao tamanho de uma maleta, popularmente denominados "telefones de mala", conforme ilustrado na Figura 9. Foi em 1960 que a Bell Labs introduziu o sistema avançado de telefonia móvel, conhecido como AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), proporcionando a base para a evolução das tecnologias sem fio até o formato contemporâneo. A chegada do AMPS marcou o início da era das tecnologias "G", que viriam a moldar profundamente nossa compreensão e uso das comunicações móveis.



Figura 9 - Imagem com o chamado "telefone de mala" Trigild Gemini 2 em 1946. Fonte: Wikipedia.

## 2.2 A chegada do celular

A primeira ligação foi realizada pelo pesquisador da Motorola em 1973, o aparelho era enorme, chegava a pesar um quilo, a bateria durava pouco tempo e levava horas para carregar completamente, porém foi o bastante para fazer história. Durante décadas de estudo e uso da tecnologia AMPS, se via infinitas possibilidades, como a quantidade de pessoas que poderiam realizar ligações simultaneamente de seus aparelhos móveis, utilizando da mesma frequência e sem causar interferência nas demais comunicações.

*“Há 50 anos, no dia 3 de abril de 1973, Martin Cooper, ex-VP e diretor de Pesquisa & Desenvolvimento da Motorola, usou o Motorola DynaTAC 8000X para fazer a primeira chamada comercial de telefone celular, na 6ª Avenida em Nova York.”*

*33giga.com.br*

De acordo com informações disponíveis no site telecom.com.br, "Em 1974 a FCC (*Federal Communication Commission*, agência fiscalizadora e reguladora norte-americana para todos os tipos de comunicações eletrônicas e de rádio interestaduais) regulamentou a faixa para telefonia celular... Com base nessa regulamentação de faixa, os Laboratórios Bell da AT&T iniciaram em 1975 o desenvolvimento daquele que seria o primeiro grande sistema comercial de telefonia móvel: o AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), que implementou na prática todas as propostas inovadoras anteriores, relacionadas com a adoção de operação em células e uso de menores potências operacionais."

De forma intrínseca, a tecnologia usada nos celulares divide áreas geográficas em compartimentos de áreas específicas, onde cada uma possui ferramentas tecnológicas suficientes para uma torre de sinal, por exemplo, conseguir captar um sinal em até mais de 30 quilômetros. Sendo assim, caso o indivíduo usufrísse desse serviço, mesmo em caminhos longos, viagens ou áreas mais dificultadas, o sinal seria enviado de torre em torre, pelo processo intitulado de Transmissão. É por esse motivo que se consegue comunicar nessas situações sem maiores problemas ou interferências. Não chega a ser algo completamente perfeito, porém sua performance consegue ser mais alta do que os rádios que foram substituídos, como os bidirecionais. Como efeito colateral à sua introdução, os primeiros aparelhos não eram fabricados para o interesse das grandes massas populacionais, sendo comercializados a valores muito altos.

Em termos de telefones celulares, é extremamente visível seu grandioso impacto a partir dos anos 90. Essas épocas foram marcantes para a indústria telefônica, já que as mesmas

trouxeram grandes avanços e melhorias dos aparelhos que conhecemos hoje. Os aparelhos, agora mais compactos e com valor mais acessível, conseguiram chegar à maioria da população, e as redes ficavam cada vez mais rápidas. Sua acessibilidade para grande maioria podia ser percebida nas medidas de comparação entre serviços de telefonia, que cobravam inicialmente valores por minuto, e posteriormente, após se tornar um serviço mais barateado e abrangente, tornava possível a compra de pacotes com grande número de minutos.

Em seu artigo intitulado "Quais são as diferenças entre redes 1G, 2G, 3G, 4G, 5G e 6G?", escrito por André Lourenti Magalhães, afirma que as taxas de dados aprimoradas alteraram profundamente a maneira de uso desses aparelhos celulares, da maneira como são utilizados até hoje. Dessa forma, a tecnologia 1G acaba perdendo espaço para padrões digitais mais recentes que oferecem meios mais eficientes de codificação de dados, proporcionando melhor acesso no aspecto de conexão sem fio e sendo mais veloz e confiável. Após a segunda era da conectividade móvel 2G, houve um grande avanço: a internet foi usada em quase todos os lugares. E depois há as grandes melhorias como 3G, que é a terceira geração.

A tecnologia móvel 3G dava acesso a taxas de dados mais rápidas. O 4G, traz a evolução com taxas de dados aumentada em dezenas de vezes em comparação a tecnologia 3G. “Em termos de impacto para os consumidores e para a sociedade, nos tornamos muito mais conectados ao nosso trabalho e ao mundo exterior por termos conexão constante com a internet.” (BEHESTHI, 2017)

Os pequenos dispositivos portáteis, agora chamados de telefones celulares, transformaram as formas de comunicação social e o olhar do ser humano ao mundo, trazendo uma revolução marcante e grandiosa no que se refere às organizações e convenções sociais. Dessa maneira, essas adaptações evolutivas da tecnologia que são abordadas gradualmente, se mostraram com grande poder de impacto no mundo.

### **2.3 Microfone sem fio**

O microfone sem fio, também conhecido como microfone de rádio ou RF, funciona com o mesmo princípio de uma estação de rádio em miniatura. Pode ser uma ou duas partes. Em um corpo o microfone, bateria, transmissor e antena estão todos integrados em um único gabinete. Com as duas partes, o microfone é conectado a uma unidade transmissora separada. A unidade de microfone (do tipo dinâmico ou condensador) transmuda as ondas sonoras em sinais elétricos. O sinal é enviado para um transmissor de baixa potência que o espalha para um receptor que por sua vez transforma o sinal de radiofrequência em sinal elétrico. A saída do receptor é conectada à entrada do mixer ou gravador por cabo.

Microfones sem fio, utilizados por profissionais, transmitem em frequência de rádio VHF ou UHF e recebem uma variedade de sinais que eliminam pontos sem sinal causados pela reflexão das ondas de rádio nas paredes e outras superfícies. As frequências VHF variam de 30 MHz a 300 MHz. Canais de TV analógica também se encontram nesta faixa de frequência. Os microfones sem fio VHF normalmente têm uma frequência fixa, o que significa que o usuário não pode alterar as frequências ao se deparar com interferência. Devido as grandes possibilidades de interferência por sinais de TV ou por usuários que estejam na mesma frequência, então os microfones em VHF acabam por serem uma opção pouco viável.

A banda de frequência UHF que está entre a faixa dos 300 MHz e 3 GHz, também é usada também por telefones celulares. No Brasil até o ano de 2016, os microfones sem fio podiam operar na faixa de frequência de 470 MHz a 865 MHz. Entretanto, isso varia de país para país de acordo com suas regulamentações. A faixa dos 700 MHz (698 MHz a 806 MHz) foi designada pela Anatel e regulamentada para a radiodifusão em função da tecnologia 4G. Mais adiante, será discutido o impacto dessa regulamentação. Essas frequências são colocadas em conjunto com outros canais de TV. Ao selecionar uma frequência, o usuário deve saber quais frequências evitar para evitar interferências.

### 2.3.1 VHF ou UHF?

A escolha entre a frequência VHF ou UHF, Fig. 10, depende da finalidade a ser usada. O VHF é usado principalmente em situações de ambientes pequenos, com menor estrutura técnica, sendo assim, bastante comum em reuniões ou até mesmo em escolas, por isso encontram-se melhores preços nesta categoria. O VHF tem sua frequência baixa, lembrando que isso significa que a interferência com outros rádios é algo bem comum.

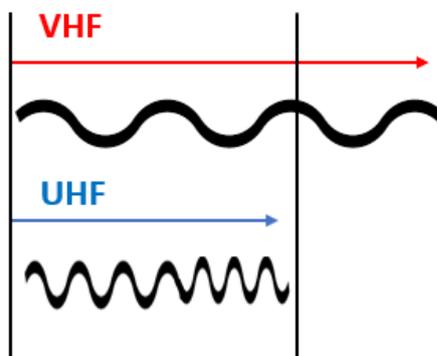


Figura 10 - Ondas VHF e UHF. Fonte: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0282/1396/8995/files/uhf\\_vhf\\_graph.png?467](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0282/1396/8995/files/uhf_vhf_graph.png?467).

Uma vantagem de usar o sistema UHF é que haverá menos probabilidade de sofrer interferência de outros aparelhos eletrônicos, sendo assim mais adequado para utilização em ambientes internos.

### **2.3.1 Vantagem do microfone sem fio**

Tendo em vista a liberdade de poder estar segurando um microfone e andar sem se preocupar com um cabo, poderia se dizer que esta é a maior vantagem que este dispositivo proporciona. Seja em um evento artístico, uma gravação, missa/culto, em todos eles o usuário do microfone estará desimpedido de andar pelo palco ou pelo espaço determinado, sem a preocupação de um cabo ficar preso, ou delimitar demais seu espaço. Isso pelo fato de microfones sem fio transmitirem sinais em frequências de rádio em vez de cabos (Neves, 24/02/2021).

### **2.3.2 Desvantagem do microfone sem fio**

É necessário abordar as dificuldades enfrentadas pelo microfone sem fio. No que se refere à transmissão de informações via rádio, sempre estará susceptível a falhas, como distância entre emissor e receptor e possíveis interferências. A transmissão de dados e informações sempre será mais confiável e estável através de cabos físicos, e conseqüentemente muito menos sujeito a interferências (Neves, 24/02/2021).

As interferências podem vir de outros equipamentos emissores de ondas que são mais potentes. A exemplos de emissoras de rádio que se localizem próximo de onde o usuário esteja fazendo uso do microfone sem fio.

## CAPÍTULO 3: INTERFERÊNCIAS E A BUSCA DE SOLUÇÕES

### *Citação*

*A Anafima – Associação Nacional da Indústria da Música – esclarece aos proprietários de microfones sem fio com emissão de rádio frequência acima de 700 MHz que:*

No ano de 2014, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), publicou o edital nº2/2014-SOR/SPR/CD-ANATEL, referente ao leilão de radiofrequências nas faixas entre 708-803 MHz para o uso do sistema telefonia móvel 4G, em atendimento às políticas governamentais de desenvolvimento da banda larga no País. Esta mesma faixa é amplamente utilizada pela indústria de microfones sem fio.

A implantação do sistema de telefonia 4G é um processo escalonado e gradativo. Desta forma, os microfones sem fio disponíveis no mercado, que utilizam as faixas entre 708-803 MHz, podem sofrer interferência, de acordo com a implantação das antenas de propagação dos sinais 4G nas cidades.

<https://anafima.com.br/microfones-com-interferencia/>

### **3.1 Tipos de interferência**

Em uma pesquisa, Fernando José Peixoto Lopes<sup>5</sup>, afirma que “a interferência é um problema, pelo menos ocasional, para a maioria dos equipamentos de rádio, inclusive para os microfones sem fio. Os efeitos da interferência vão desde um pequeno aborrecimento até a inutilização completa do sistema sem fio.”

Há três tipos básicos de interferência: interferência de radiofrequência (RF), interferência elétrica e intermodulação. O simples conhecimento de qual tipo de interferência está ocorrendo, ajuda a evitar a perda de tempo com procedimentos improdutivos e simplifica muito o processo de encontrar a origem real do problema.

#### **3.1.1 Interferência de Radiofrequência**

Como o próprio nome já diz, são interferências causadas por sinais de radiofrequência (RF), interferência na frequência do aparelho do receptor sem fio ou até mesmo uma frequência

---

<sup>5</sup> Fernando José Peixoto Lopes é Técnico operador de áudio, escreveu a pesquisa sobre Interferências em microfones sem fio. Disponível em <https://pt.scribd.com/document/370497956/INTERFERENCIAS-EM-MICROFONES-SEM-FIO-pdf>

próxima. Estas interferências podem ter causas intencionais ou não, como exemplo de aparelhos defeituosos.

Aos que usam sistemas de microfone sem fio, deve ter ciência que as frequências por estes sistemas utilizados não são devidamente regulamentadas pela ANATEL, ou seja, não são exclusivas. As interferências podem ser causadas por sistemas sem fio muito próximos, podem vir a interferir nos sinais mútuos mesmo a uma distância de mais de 500 metros. Lugares prováveis ou próximos de haver interferências são clubes, edifícios, igrejas, locais de entrevistas. Em raras ocasiões pequenos dispositivos que achamos ser improváveis podem trazer um desconforto, como: telefones sem fio, controles de portões automáticos e sistemas de TV a cabo.

Para solução destes problemas dados por interferência de radiofrequência em sua maioria das vezes o correto é eliminar a fonte emissora do sinal, ou alterar a frequência. A mudança de frequência por si só já resolve na maioria das vezes.

### **3.1.2 Interferência Elétrica**

Neste exemplo de interferência, em sua quase totalidade das ocorrências são não intencionais, pois nenhum sistema se beneficia sobre outro causando este tipo de interferência.

Geralmente as interferências elétricas são geradas por algum defeito, falha, ou falta de manutenção, os quais tendem e podem ter uma rápida correção.

É possível categorizar a interferência elétrica em 3 tipos: fontes naturais (descarga elétrica, como raios), ruídos de dispositivos eletrônicos (celulares, computadores), e ruídos de equipamentos elétricos. Esse tipo de interferências é pouco provável de acontecer, devido à prioridade dada pelo governo e pela própria indústria de ter solucionado e reduzidos essas interferências danosas.

### **3.1.3 Intermodulação**

Interferência por Intermodulação (IM) é um tipo de interferência em sistemas de comunicação sem fio causado pela combinação de dois ou mais sinais de diferentes frequências dentro de um dispositivo. Esses sinais combinados geram novas frequências que podem se sobrepor e interferir com outras comunicações próximas. A IM pode ocorrer em vários componentes de um sistema de comunicação, incluindo amplificadores, antenas e misturadores de frequência. Isso pode levar a uma degradação na qualidade do sinal recebido e a uma redução na capacidade de recepção do dispositivo.

### 3.2 CHEGADA DO 4G

A ANATEL, agência reguladora das telecomunicações no Brasil deu início em junho de 2012 às licitações das faixas de 450 MHz a 2,5 GHz, para implementação da tecnologia 4G. Com a implementação desta nova tecnologia a velocidade de transmissão nos dispositivos móveis teria um ganho de até 10 vezes em relação a tecnologia 3G. (BRAGA, 12 de junho de 2012)

O trabalho de desligamento das TV's analógicos deu início em 2016, impactando diretamente nos microfones sem fio, pois os canais de TV não utilizavam de toda a banda de frequência determinada para tal canal, e então esses espaços dentro da banda não utilizados pelo canal eram utilizados pelos microfones sem fio.

Então com a chegada da TV digital essas sobras se extinguíram, não apenas pelo uso total da faixa dos 700 MHz pelos canais digitais, mas também pelo início do funcionamento da tecnologia 4G, trazendo um alcance em torno de 4 vezes mais que as frequências mais altas já utilizadas, com isso a quantidade de antenas necessárias é menor, trazendo menos custo e aumentando a cobertura.

Muitos microfones no mercado ainda em 2016 eram vendidos nesta faixa, foram poucos os fabricantes que se preocuparam em antecipar a resolução do problema, deixando de fabricar microfones sem fio na faixa dos 700 MHz. Na Fig. 11 segue um exemplo de uso de canal analógico, ocupando 6 MHz no espectro, e como mostrado na figura, o canal não faz uso total da faixa.

Cada canal de TV ocupa um espaço de 6 MHz no espectro eletromagnético, seja digital ou analógico. A grande diferença entre os dois tipos é a forma como ocupam este espaço de 6 MHz. A TV analógica não ocupa completamente este espaço e sobram alguns “pedaços vazios”, onde é possível alocar alguns microfones sem fio, conforme exemplificado na Fig. 12.

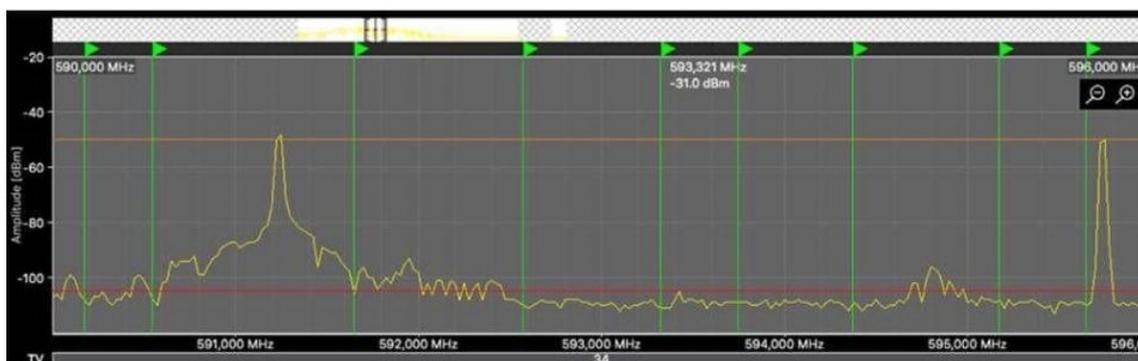


Figura 11 - Canal de TV UHF analógico 34 (traço amarelo) e 9 microfones sem fio compartilhando o espaço deste canal (bandeiras verdes). O canal vai de 590 a 596 MHz. Fonte: <https://musicaemercado.org/microfones-sem-fio-em-700mh/>

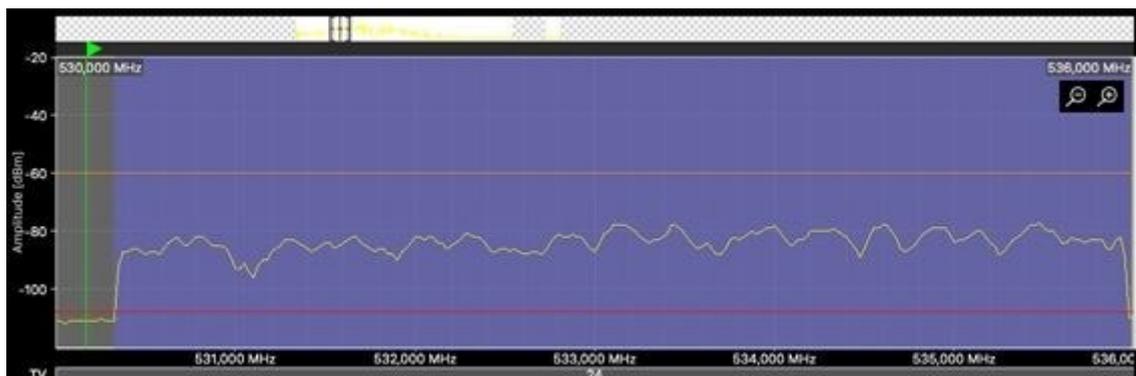


Figura 12 - Canal de TV UHF digital 24 (traço amarelo / faixa lilás) e um microfone posicionado em 530,175MHz (bandeira verde). O canal vai de 530 a 536 MHz. Fonte: <https://musicaemercado.org/microfones-sem-fio-em-700mh/>.

Entrando no caso de estudo deste trabalho vemos que o sistema de microfone sem fio aqui apresentado e que se faz uso na faixa acima dos 700 MHz acaba sendo excluído e escanteado para a faixa abaixo dos 698 MHz. A partir de agora então existe uma proibição de uso de sistemas de transmissão livres na faixa acima dos 700 MHz.

### 3.3 CHEGADA DO 5G

A chegada da tecnologia 5G é o resultado de décadas de pesquisa e desenvolvimento em telecomunicações. A primeira geração de tecnologia móvel sem fio (1G) foi lançada na década de 1980, seguida pelo 2G, 3G e 4G, cada uma delas com melhorias significativas em velocidade e capacidade da rede.

A necessidade de uma nova geração de tecnologia sem fio surgiu com o aumento da demanda por serviços de internet móvel em todo o mundo. A explosão da Internet das coisas (IoT), carros autônomos, cidades inteligentes e outras tecnologias conectadas está aumentando a demanda por uma rede móvel que possa suportar esses novos casos de uso, Fig. 13.



Figura 13 - Ilustração do 5G (internet das coisas). Fonte: <https://www.mobilite.com.br/5g-o-que-e/>

De acordo com artigo de Gustavo de Lins e Horta, escrito em 29 de abril de 2023, uma das principais promessas do 5G é oferecer velocidades de conexão muito mais rápidas do que as gerações anteriores de tecnologia sem fio, como o 4G. A tecnologia 5G, como apontado por Horta, pode fornecer velocidades de download e upload de dados de até 10 Gbps e 1 Gbps, respectivamente, o que é cerca de dez vezes mais rápido do que o 4G. Isso significa que os usuários podem desfrutar de benefícios como baixar um filme em segundos ou transmitir um jogo ao vivo em alta definição sem interrupções.

A implementação da tecnologia 5G começou em 2019, quando a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) leiloou as primeiras faixas de frequência para uso comercial do 5G no país. A partir daí, as operadoras de telecomunicações começaram a trabalhar no processo de implementação das redes 5G, realizando testes e estudos para identificar as melhores estratégias e tecnologias para a implementação da nova rede. Desde então, a cobertura do 5G tem sido gradualmente expandida em diversas regiões do Brasil, com algumas regiões e países liderando a adoção, enquanto outras estão apenas começando.

A frequência utilizada para o 5G pode variar de acordo com o país e com a operadora de telefonia. No Brasil, uma das faixas de frequência utilizadas é a de 3,5 GHz, que é considerada uma frequência intermediária entre as faixas mais altas e as mais baixas. Além disso, também estão sendo utilizadas as faixas de 700 MHz e 2,3 GHz em algumas regiões do país. É importante lembrar que o 5G é uma tecnologia que utiliza frequências mais altas do que o 4G, o que permite uma maior velocidade de transmissão de dados, mas também requer um número maior de antenas para garantir uma boa cobertura de sinal.

### **3.3.1 Impactos**

O 5G opera em frequências mais altas do que as usadas pelas tecnologias anteriores, o que pode levar a interferências em outros sistemas sem fio que operam na mesma frequência. Isso pode causar problemas para os usuários desses sistemas, como microfones sem fio em eventos ao vivo, que podem sofrer interferência e ruído.

Além disso, o 5G também pode ter um impacto na qualidade do som dos sistemas de áudio sem fio, como alto-falantes e fones de ouvido sem fio. Isso ocorre porque a tecnologia 5G utiliza a modulação de amplitude de pulso (PAM), que pode gerar interferência e ruído em sistemas de áudio sem fio.

Outra área que pode ser afetada pelo 5G é a tecnologia Bluetooth, que é amplamente utilizada para conectar dispositivos sem fio, como fones de ouvido, alto-falantes, teclados e mouses a smartphones, tablets e computadores. Embora o Bluetooth opere em uma faixa de

frequência diferente daquela do 5G, a proximidade dessas frequências pode causar interferências.

No entanto, é importante ressaltar que a maioria dos dispositivos sem fio é projetada para operar em várias faixas de frequência e, portanto, pode se adaptar às novas condições de frequência do 5G. Além disso, os fabricantes de dispositivos sem fio já estão trabalhando em soluções para minimizar os impactos do 5G em seus produtos.

Em resumo, embora a chegada do 5G possa ter um impacto nos sistemas sem fio existentes, os fabricantes estão trabalhando para minimizar esses impactos e a maioria dos dispositivos sem fio é projetada para operar em várias frequências, permitindo uma transição tranquila para a nova tecnologia.

### **3.3.2 Dificuldades e Interferências**

Com o aumento da implementação do 5G, muitos setores estão preocupados com a interferência que a nova tecnologia pode causar em outros sistemas sem fio. Uma das áreas que pode ser afetada é a indústria de entretenimento, mais especificamente, os microfones sem fio.

Os microfones sem fio utilizam frequências de rádio para transmitir sinais de áudio, normalmente na faixa entre 470 e 698 MHz. No entanto, o espectro de frequência entre 600 MHz e 6 GHz, que inclui as frequências utilizadas pelo 5G, é muito próximo a essas faixas de frequência utilizadas pelos microfones sem fio. Isso pode resultar em interferências na transmissão de sinais de áudio, gerando ruídos indesejáveis e prejudicando a qualidade do som.

Para minimizar os impactos da interferência, as autoridades regulatórias em todo o mundo estão trabalhando em medidas para proteger as faixas de frequência utilizadas pelos microfones sem fio. Uma dessas medidas é a realocação de frequências para assegurar que não haja sobreposição com as frequências utilizadas pelo 5G. No entanto, essa realocação pode ser difícil devido à escassez de espectro de frequência disponível.

Outra medida é o uso de tecnologias mais avançadas nos microfones sem fio, como a tecnologia de diversidade de frequência, que permite que o microfone alterne entre duas frequências diferentes para minimizar a interferência. Além disso, a utilização de tecnologias de codificação e decodificação de áudio pode ajudar a minimizar o impacto da interferência, tornando os sinais de áudio mais resistentes a interferências externas.

Em resumo, embora a implementação do 5G possa trazer muitos benefícios em termos de velocidade e capacidade de rede, a interferência em outros sistemas sem fio, como os microfones sem fio, pode ser um desafio a ser superado. As autoridades regulatórias e os fabricantes de equipamentos sem fio estão trabalhando em conjunto para minimizar os impactos

da interferência e garantir que as diversas tecnologias sem fio possam coexistir de forma harmoniosa.

## CONCLUSÃO

Ao finalizar este trabalho sobre os desafios dos microfones sem fio diante da interferência do 4G e 5G, é possível afirmar que a tecnologia sem fio tem um papel cada vez mais importante no mundo moderno. Seja na música, entretenimento, transmissões de TV e rádio, ou eventos esportivos, a capacidade de se comunicar sem a limitação dos fios é essencial.

No entanto, a chegada do 4G e posteriormente do 5G trazem novos desafios para os fabricantes de microfones sem fio, que precisam lidar com a interferência nas frequências utilizadas por essa tecnologia. Para solucionar esse problema, é fundamental buscar soluções tecnológicas, como a adoção de bandas de frequência dedicadas e o desenvolvimento de filtros para melhorar a qualidade do som.

É importante ressaltar que novas soluções tecnológicas continuarão a ser desenvolvidas para garantir a qualidade do som dos microfones sem fio, mesmo em ambientes onde as interferências são mais frequentes. Além disso, a evolução do 5G deve impulsionar ainda mais o desenvolvimento de tecnologias sem fio, trazendo novas possibilidades e avanços para diversas áreas.

Por fim, recomenda-se que fabricantes e profissionais que trabalham com microfones sem fio estejam sempre atentos às inovações tecnológicas, buscando soluções para os desafios do presente e antecipando-se às necessidades do futuro. Somente assim poderemos continuar a desfrutar da liberdade e mobilidade proporcionadas pelas tecnologias sem fio.

## REFERÊNCIAS

- ESTES, Adam Clark. "Como começou essa história de transmitir informações sem fio." Gizmodo, 2018.
- ESCOLA, Equipe Brasil. "David Edward Hughes"; Brasil Escola.
- DO VALLE, Solón. **Microfones**. Editora Música & Tecnologia LTDA, 2015.
- MAZZONI, Victor de Souza. Análise Histórica e Funcional das Redes 4G LTE, 2014.
- LOPES, Fernando José Peixoto. Interferências em microfones sem fio, 2018.
- REIS, Fabio. Como funciona um microfone - Curso de Eletrônica. Boson Treinamentos, 2018.
- NETO, Pedro de Alcântara. A história das comunicações e das telecomunicações.
- NEVES, Pedro. Microfone sem fio: o que você precisa saber antes de comprar um.
- HORTA, Gustavo de Lins e. O 5G no Brasil.

## SITES

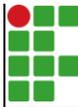
- Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/a-tecnologia-da-motorola-ao-longo-dos-anos-muito-alem-do-milestone/>
- Disponível em: <https://www.greelane.com/pt/humanidades/hist%C3%B3ria--cultura/history-of-microphones-1992144/>
- Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/como-comecou-essa-historia-de-transmitir-informacoes-sem-fio/>
- Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biografia/david-edward-hughes.htm>
- Disponível em: <https://www.jrtel.com.br/2018/10/02/por-que-meu-microfone-sem-fio-capta-tanta-interferencia/>
- Disponível em: <https://tecnoblog.net/noticias/2012/06/12/anatel-leilao-4g/>
- Disponível em: <https://tecnoblog.net/especiais/4g-700-mhz-brasil/>
- Disponível em: <https://musicaemercado.org/microfones-sem-fio-em-700mh/>
- Disponível em: <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/como-funciona-um-microfone-curso-de-eletronica/>
- Disponível em: <https://firstsourcewireless.com/pt-br/blogs/blog/all-you-need-to-know-about-the-difference-between-vhf-and-uhf>



Disponível em: [https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialbandcel/pagina\\_2.asp](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialbandcel/pagina_2.asp)

Disponível em: <https://blog.mundodamusica.com.br/microfone-sem-fio-o-que-voce-precisa-saber-antes-de-comprar-um/>

Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/o-5g-brasil-gustavo-de-lins-e-horta/?originalSubdomain=pt>

	<b>INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA</b>
	Campus João Pessoa - Código INEP: 25096850
	Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe, CEP 58015-435, Joao Pessoa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0002-56 - Telefone: (83) 3612.1200

## Documento Digitalizado Restrito

### TCC Versão final assinada

<b>Assunto:</b>	TCC Versão final assinada
<b>Assinado por:</b>	Fabio Almeida
<b>Tipo do Documento:</b>	Anexo
<b>Situação:</b>	Finalizado
<b>Nível de Acesso:</b>	Restrito
<b>Hipótese Legal:</b>	Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
<b>Tipo da Conferência:</b>	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Fabio Amorim de Almeida, ALUNO (20052430396) DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES - JOÃO PESSOA**, em 09/03/2024 12:05:42.

Este documento foi armazenado no SUAP em 09/03/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1109400

Código de Autenticação: c0c94f9a37

