

Jurandir Primo

Tecnologia Wireless  
Wi-Fi - Bluetooth - RFID

*Jurandir Primo*  
*Copyright @ 2019*  
*1ª edição – janeiro de 2020*

*Capa: Jurandir Primo – Sorocaba/SP*

*Primotech - Engineering Manuals*

*Primo, Jurandir & Primo, Nilson*

*RF & Wireless Technology - Wi-Fi and Bluetooth  
Principles*

*Índice para pesquisas: Tecnologia da Informação, TI,  
Wireless Systems*

*ISBN:*

*Livro no sistema de auto-publicação cuja edição, revisão,  
diagramação e capa foram selecionadas pelo próprio autor,  
para diminuir custos e facilitar a todos os interessados em  
engenharia e tecnologia.*

*O autor permite que todas as partes do livro possam ser  
copiadas ou reproduzidas para fundamentos educacionais,  
instrutivos e treinamento técnico.*

*Para adquirir esta ou outras publicações do autor, enviar  
solicitação para:*

[\*primotechcourses@hotmail.com\*](mailto:primotechcourses@hotmail.com)

**TECNOLOGIA WIRELESS  
WI-FI - BLUETOOTH - RFID**

**CONTENTS:**

- I. INTRODUÇÃO:**
- II. ONDAS ELETROMAGNÉTICAS:**
- III. ANTENAS:**
- IV. TECNOLOGIA SEM-FIO (WIRELESS):**
- V. AVANÇO DA REDE WIRELESS:**
- VI. EVOLUÇÃO DO BLUETOOTH:**
- VII. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL WIRELESS:**
- VIII. TECNOLOGIA RFID:**
- IX. LINKS E REFERENCIAS:**

## I. INTRODUÇÃO:

**RF ou Radiofrequência:** A taxa de oscilação de uma corrente elétrica alternada ou de um campo eletromagnético também pode ser gerada por um sistema mecânico, geralmente na faixa de **frequência** de cerca de 3 kHz (quilohertz) e 300 GHz (gigahertz). O Universo está imerso em todas as formas de **energia**, e nossa galáxia **emite** ondas de radiofrequências, que se propagam no espaço, geralmente abaixo de 3.000 GHz. Estas ondas eletromagnéticas espaciais são medidas por unidades de frequência ou "**Hertz**" (ciclos por segundo), que foi nomeado em homenagem ao pesquisador e cientista alemão Heinrich Rudolf Hertz, o primeiro pesquisador a estudar e provar a existência de ondas eletromagnéticas, baseado no importante trabalho do cientista escocês James Clerk Maxwell sobre eletricidade, magnetismo e luz.

As ondas de radiação começam pelo Sol, a maior e mais importante fonte de radiação para os seres terrestres, cujas vidas dependem do calor e da luz recebidos através da radiação eletromagnética. A Terra recebe **ondas** eletromagnéticas emitidas por átomos de hidrogênio neutros que povoam o espaço interestelar. Estas emissões estão na faixa de frequências de "**quasares**" (objetos ópticos que estão a enormes distâncias da Terra, muito além da nossa galáxia, e que produzem enorme quantidade de energia), e pulsos intensos de radiação dos "**pulsares**" (pequenas estrelas cuja média densidade é de cerca de 10 trilhões de vezes a densidade média do Sol). Assim, existem também fontes terrestres de ondas eletromagnéticas, usadas em estações de rádio e TV, sistemas de telecomunicações, microondas, computadores, luzes, aquecimento e muitos outros.

A frequência de **1 GHz** e acima é convencionalmente, chamada de **microondas**, enquanto a frequência de **30 GHz** e acima é designada como **onda milimétrica**. Ondas de rádio que têm comprimentos de onda de 10 a 1 milímetro são geralmente chamadas de **bandas milimétricas ou ondas milimétricas**, às vezes abreviadas como mmW. As frequências de rádio são geradas e processadas em muitas unidades funcionais, como transmissores, receptores, computadores, televisores, etc., e também aplicadas em sistemas atuais de operadoras, incluindo circuitos de telefonia e controle. Esta é a **base** da **tecnologia** de rádio. Outras características e propriedades mais comuns da frequência de rádio são:

- A energia das correntes de RF nos condutores também pode irradiar para o **espaço** como ondas eletromagnéticas (ondas de rádio). A onda é um fenômeno de transporte que transporta a energia eletromagnética de um ponto para outro ponto. O comprimento de uma onda é a **distância** de qualquer ponto em uma onda até o mesmo ponto na próxima onda, comumente usando antenas e sistemas sem fio. O comprimento de onda começa desde o **ponto** de partida da onda e termina no "**círculo completo**" da onda.
- A **corrente** de RF, quando conduzida por um cabo elétrico comum, tem uma tendência a refletir a partir das discontinuidades no cabo, como conectores e viajar de **volta** em direção à fonte, causando uma condição chamada "**standing waves**". Portanto, a corrente de RF deve ser transportada por tipos especializados de cabos chamados linhas de transmissão, como cabos coaxiais. Em contraste, a corrente de RF pode ser **bloqueada** por uma bobina de arame, ou

mesmo por uma curva do fio, devido à reprodução indutiva do circuito que aumenta com a frequência.

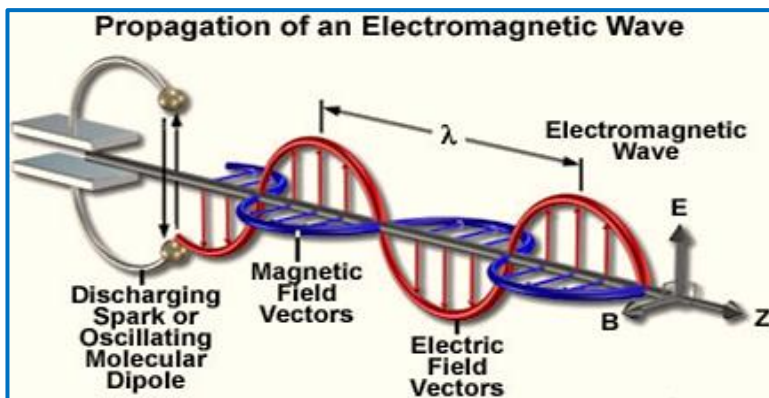
- As frequências de rádio (RF), em forma de ondas radiantes ou correntes elétricas, têm sido usadas em **tratamentos médicos** há mais de 75 anos, geralmente para **cirurgias** minimamente **invasivas** usando a ablação por radiofrequência. Correntes de RF aplicadas ao corpo muitas vezes não causam a sensação dolorosa e contração muscular do choque elétrico, que as correntes de menor frequência produzem. Isso ocorre porque a corrente muda de direção muito rapidamente para desencadear a despolarização das membranas nervosas. Mas, isso não significa que as correntes de RF são inofensivas; pois podem **causar** lesões internas, bem como graves queimaduras superficiais, chamadas **queimaduras RF**.
- Outra propriedade do RF é a capacidade de fluir através de caminhos que contêm material isolante, como o isolante dielétrico de um capacitor. Isto é porque a capacidade de reatância em um circuito diminui com frequência. As correntes de RF também podem facilmente **ionizar o ar**, criando um caminho condutor através dele. Esta propriedade é explorada por unidades de "*alta frequência*" usadas em **soldagens** a arco elétrico, que usam correntes em frequências mais altas do que o normal de distribuição de energia.

## II. ONDAS ELECTROMAGNETICAS:

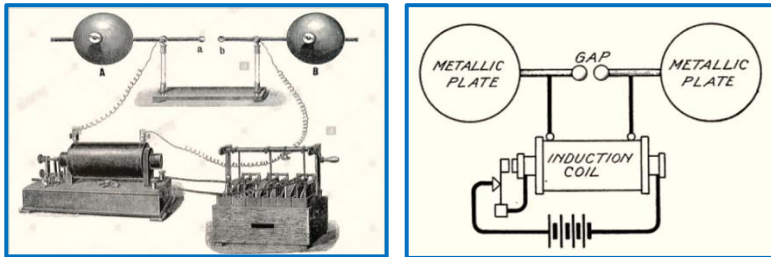
James Clerk Maxwell (1831-1879) foi um cientista escocês no campo da física matemática. Sua realização mais notável

foi a "*teoria clássica da radiação eletromagnética*", reunindo, pela primeira vez, **eletricidade, magnetismo e luz** como diferentes manifestações do mesmo fenômeno. As equações de Maxwell para o eletromagnetismo têm sido chamadas de "*segunda grande unificação na física*", após a primeira realizada por Isaac Newton. Com a publicação de "*A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*", em 1865, Maxwell demonstrou que os **campos elétricos e magnéticos** viajam pelo espaço como "*ondas*" se movendo à velocidade da luz.

A unificação dos fenômenos elétricos e leves levou sua previsão da existência de ondas de rádio. Maxwell mostrou que a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo é dada pela expressão:  $c = \sqrt{1/\mu_0 \epsilon_0} = 2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s} \sim 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  ou **300.000 km/s** (onde  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  e  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}$ ). A velocidade da luz no vácuo, comumente denotada "**c**" é uma constante física universal importante em muitas áreas da física. Maxwell também é considerado como um dos fundadores do campo moderno da engenharia elétrica.



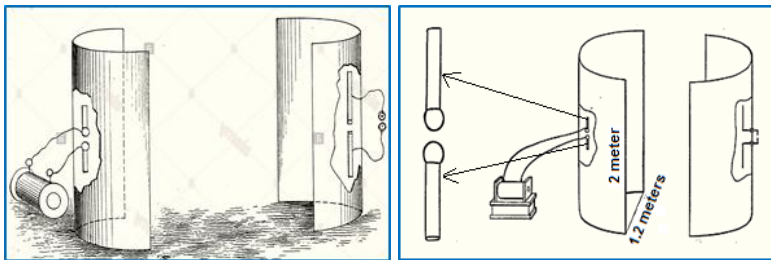
**Origem da Radiofrequência:** Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) foi um físico alemão que primeiro **provou** conclusivamente a existência das "*ondas eletromagnéticas*" previstas pelas equações de James Clerk Maxwell. Entre 1886 e 1889 Hertz observou e conduziu uma série de **experimentos** que provariam os efeitos das ondas eletromagnéticas previstas por Maxwell. Em 1886, para dar base à tese de Maxwell, ele desenvolveu um **transmissor de rádio**, um tipo de **oscilador de faísca**, com o qual ele demonstrou a existência das **ondas** de rádio. Foi construído com um par de um metro de fios de cobre com uma abertura da faísca de 7.5 mm entre eles, com placas do zinco de 30 cm de diâmetro nas extremidades, onde os dois lados foram conectados a uma **bobina de indução**, designada como **bobina** de Ruhmkorff.



A função da bobina de indução era de aplicar pulsos de alta tensão (ver figura acima). A bobina de Ruhmkorff é um tipo de transformador elétrico usado para produzir pulsos de alta tensão a partir de uma corrente direta de baixa tensão (DC). Quando uma alta tensão era aplicada entre os dois lados, causava ondas eretas de tensão na antena, que **irradiava** a energia como **ondas de rádio**. A **frequência** das ondas foi determinada pelo **comprimento** da antena, que funcionou como um **dipolo** de meia onda. As antenas curtas usadas por Hertz geraram altas frequências de **50 a 450 MHz**. Em

novembro de 1887, com seu trabalho, "*On Electromagnetic Effects Produced by Electrical Disturbances in Insulators*", Hertz enviou uma série de artigos para a Academia de Berlim que demonstravam **ondas eletromagnéticas** espaciais transversais viajando a uma velocidade **finita** ao longo de uma distância. A **unidade de frequência** (ciclos/s) foi nomeada "**Hertz**" em sua homenagem.

Em outro experimento, Hertz usou um "*transmissor e um receptor*" para demonstrar **ondas estacionárias, difração, refração e polarização** de ondas de rádio, provando que as ondas eletromagnéticas são como **ondas de luz**, com um comprimento de onda mais longo. O "*transmissor*" consistia em duas hastes de bronze de 10 mm de diâmetro, com cerca de 130 mm de comprimento, com bolas de metal presas às suas extremidades, para fazer uma lacuna de faísca de cerca de 3 mm de largura, como uma **antena dipolo**. As hastes de bronze foram suspensas no centro de um refletor meio parabólico, feito de chapa metálica, presa a uma moldura de madeira para fazer uma antena paraboloide com 1,2 m de largura x 2 m de altura com uma distância focal de 12,5 cm.



O "*receptor*" consistia em dois pedaços de arame de 500 mm de comprimento, com uma lacuna de faísca micrometricamente ajustável. As hastes de bronze foram anexadas a

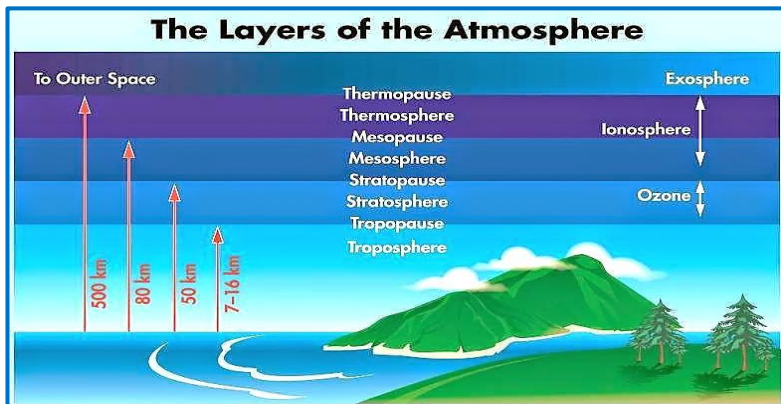
uma bobina de indução alimentada por uma bateria em uma mesa atrás da antena, que aplicava **pulsos de alta tensão** e causavam faíscas na lacuna, excitando oscilações de alta frequência nos fios. As ondas produzidas pelo transmissor foram medidas em 66 cm, resultando em uma frequência de 454 MHz. Estas foram as **primeiras antenas parabólicas**.

Hertz **não percebeu** a importância prática de seus experimentos de **ondas de rádio**. Certa vez, questionado sobre as aplicações de suas descobertas, Hertz respondeu: "**Nada, eu acho**." No entanto, 10 anos depois, a existência das ondas eletromagnéticas, provada por Hertz, levou a uma explosão de **experimentos**, com novas formas de radiação eletromagnética, chamadas de "**ondas hertzianas**". Em seguida, muitos pesquisadores, como Oliver Lodge, Ferdinand Braun e Guglielmo Marconi empregaram **ondas de rádio** nos primeiros **sistemas de comunicação telegráfica sem fio**, levando à transmissão de rádio e, mais tarde, à **televisão**. Em 1909, **Braun e Marconi** receberam o **Prêmio Nobel** de Física por suas "*contribuições para o desenvolvimento da telegrafia sem fio*". Em 1930, a unidade SI "**hertz**" (Hz) foi criada em homenagem a Heinrich Hertz, pela Comissão Eletrotécnica Internacional para "**frequência**", o que significa o número de vezes que um **evento** repetido ocorre por **segundo**.

Ondas eletromagnéticas (EM) são basicamente criadas como resultado de **vibrações** entre um **campo elétrico** e um **campo magnético**. As ondas eletromagnéticas são formadas quando um campo elétrico entra em contato com um campo magnético. O campo elétrico e o campo magnético devem ser perpendiculares (em ângulos retos) uns aos outros, para formar uma onda eletromagnética. Em outras palavras, as ondas EM são compostas por campos magnéticos e

elétricos oscilantes. No entanto, as ondas eletromagnéticas são bastante influenciadas pela atmosfera da Terra e **obstáculos** como: montanhas, edifícios, íons e elétrons da ionosfera e gases que circulam na superfície da Terra. As ondas geralmente se **propagam** em linha reta, exceto quando há obstáculos que tendem a alterar sua trajetória. A propagação de ondas eletromagnéticas na atmosfera é dividida em duas faixas: troposfera e ionosfera.

A troposfera é uma camada que se estende desde a superfície da terra até aproximadamente **16 km** de altura, enquanto a ionosfera se estende aproximadamente de **50 a 500 km** de altura. A **troposfera** influencia principalmente nas propagações perto da superfície da Terra. A ionosfera influencia as ligações de **onda abaixo de 30 MHz**, que é um nome alternativo para "*rádio de ondas curtas*", como é o caso das propagações de ondas de **rádio AM**, e rádios amadores em HF (alta frequência).



A onda curta corresponde à alta frequência obtida pela **relação inversa** entre a frequência, o comprimento de onda e a

"onda curta", pois seu comprimento de onda é menor do que a "onda longa" usada no início das comunicações de rádio. O **espectro eletromagnético** tem frequências de 3 kHz a 300 GHz, o que corresponde a ondas curtas no espectro de frequência de 3.000 kHz a 30.000 kHz (3-30 MHz).

**Ondas, Frequência, Vibração:** Ondas eletromagnéticas são **ondulações** no espaço causadas por uma vibração ou perturbação, que têm a capacidade de transportar uma energia de oscilação especial de um local para outro. Uma onda física é uma mudança de percurso, uma deflexão ou uma flutuação que passa a energia de um lugar para outro. Existem **dois tipos** diferentes de ondas; transversal e longitudinal. Uma onda transversal é quando a onda está vibrando perpendicular à direção da onda.

Onda longitudinal, também chamada de onda de compressão, é uma onda na qual a **vibração** está na mesma direção que a onda está viajando. Quando alguém joga uma pedra em uma lagoa, a batida faz com que a água vibre, criando ondas. A lagoa tem um nível de equilíbrio e a gravidade serve como uma força de restauração. Quando uma vibração é feita na superfície para perturbar seu nível, uma onda transversal é produzida. As ondas também difamam. A difração é a curvatura das ondas quando atingem uma barreira.

