



**TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE  
OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR**

**CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE  
Apostila 4**



# CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

## TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

### CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

(Apostila 4)

2

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>39 - descrever o funcionamento de um transistor no papel de uma Resistência de controle da corrente.....</b>	<b>7</b>
História do Transistor .....	7
Resistência de controle da corrente .....	8
<b>40 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal.....</b>	<b>10</b>
O funcionamento.....	11
<b>41 - definir o conceito de modulação de uma onda.....</b>	<b>13</b>
<b>42 - descrever a Modulação por Amplitude (AM) e a Modulação por Frequência (FM) de uma onda.....</b>	<b>14</b>
Modulação por Amplitude (AM).....	14
Modulação por Frequência (FM).....	15
<b>43 - estabelecer a diferença conceitual entre modulação de Dupla Faixa Lateral (DSB) e de Faixa Lateral Simples (SSB).....</b>	<b>16</b>
SSB Single Side Band.....	16
DSB – Dual Side Band.....	16
COMPARAÇÃO AM DSB x AM SSB.....	17
CW Continuous Wave.....	18
FSK Frequency-Shift Keying.....	18
Modos Digitais.....	19
<b>44 - estabelecer a diferença entre linha de transmissão balanceada e linha de transmissão desbalanceada.....</b>	<b>20</b>
Linha de transmissão.....	20
Linha de transmissão balanceada.....	20
Linha de transmissão desbalanceada.....	21
Baluns.....	21
<b>45 - descrever o funcionamento de uma antena.....</b>	<b>23</b>
Definição de antena.....	23
Campos de irradiação e propagação.....	23
Irradiação e diretividade de uma antena.....	24
<b>46 - descrever o funcionamento e principais características de uma antena dipolo e de uma antena vertical de 1/4 de onda.....</b>	<b>25</b>
Antena vertical de 1/4 de onda.....	26
<b>47 - calcular as dimensões de uma antena dipolo de fio para uma frequência determinada quando se conhece o fator de velocidade para o fio.....</b>	<b>27</b>
Como instalar uma antena dipolo para HF.....	27
<b>48 - identificar o tipo de polarização para vários tipos de antenas mais usadas.....</b>	<b>29</b>
Vantagens da polarização vertical.....	29
Vantagens da polarização horizontal.....	29
<b>49 - definir o conceito de Relação de Onda Estacionária em uma linha de transmissão.....</b>	<b>30</b>



# CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

## TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

### **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE**

**(Apostila 4)**

3

O Problema das Ondas Estacionárias .....	32
<b>50 - descrever as camadas da Ionosfera responsáveis pela reflexão dos sinais de rádio.....</b>	<b>34</b>
Divisão Atmosférica.....	34
Divisão iônica.....	34
Característica da ionosfera em termos de radio comunicação.....	36
Tipos de propagação de HF.....	39
<b>51 - descrever o processo de reflexão dos sinais de rádio na ionosfera, estabelecendo as principais características dos modos de propagação e suas relações com a hora do dia.....</b>	<b>39</b>
O intervalo de frequências utilizáveis.....	40
Modos de propagação.....	41
Frequência, alcance e ângulo de elevação.....	43
VHF e propagação de 27 MHz.....	45
Propagação de ondas celestes em Frequência Média ( MF ).....	46
<b>52 - descrever o uso de satélites artificiais em telecomunicações.....</b>	<b>47</b>
Satélites Artificiais (não tripulados).....	47
OSCAR - Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio.....	48
Operational OSCAR Satellite Status Summary.....	52
Equipamento necessário para trabalhar um satélite de rádio amador.....	53
Satélite Dove.....	53



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

4

#### INTRODUÇÃO

O Clube de Radioamadores de Rio do Sul, compilou a presente apostila com o objetivo único de oferecer material didático de apoio aos afeccionados à prática do radioamadorismo, sem fins lucrativos ou com qualquer conotação comercial.

O conteúdo visa exclusivamente a utilização para aprimoramento pessoal do interessado não sendo permitida a reprodução para comercialização.

Para executar o Serviço de Radioamador se faz necessário que o interessado seja titular de Certificado de Operador de Estação de Radioamador - COER.

#### **8.3. PROVA DE CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE**

O candidato deve ser capaz de:

- 1 - descrever um modelo simples para o tomo e as moléculas; *(Apostila 1)*
- 2 - descrever a propriedade Carga Elétrica associada às partículas do átomo; *(Apostila 1)*
- 3 - descrever o processo de Ionização e Recombinação; *(Apostila 1)*
- 4 - explicar como o conceito de Carga pode ser usado para descrever o estado elétrico de um corpo; *(Apostila 1)*
- 5 - definir Corrente Elétrica e sua unidade o Ampère; *(Apostila 1)*
- 6 - definir o conceito de Diferença de Potencial associado à energia de uma carga mencionar sua unidade; *(Apostila 1)*
- 7 - definir o conceito de Resistência Elétrica; *(Apostila 1)*
- 8 - estabelecer a diferença entre Condutores e Isolantes;
- 9 - associar a boa condutividade dos metais com a sua estrutura molecular; *(Apostila 1)*
- 10 - associar os conceitos de diferença de Potencial (V), Corrente (I) e Resistência (R) e suas unidades; *(Apostila 1)*
- 11 - usar a equação  $V = R I$  para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas; *(Apostila 1)*
- 12 - usar a equação  $V = R I$  em um circuito de uma única malha; *(Apostila 1)*
- 13 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com a Diferença de Potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo; *(Apostila 1)*
- 14 - determinar o valor da Resistência de um resistor mediante a associação de suas cores de código com as cores de uma tabela de código fornecida; *(Apostila 1)*
- 15 - calcular o valor da Resistência Equivalente quando vários resistores são associados em série e em paralelo; *(Apostila 1)*
- 16 - definir formalmente a relação entre Resistência, Resistividade, Comprimento e Área de Seção Reta de um resistor; *(Apostila 1)*
- 17 - associar o valor de uma corrente elétrica com a necessidade de um diâmetro mínimo para o condutor elétrico que a transporta; *(Apostila 1)*
- 18 - descrever o papel de um Fusível em um circuito elétrico; *(Apostila 2)*
- 19 - descrever um procedimento simples de medida de resistência com o uso de Ohmímetro; *(Apostila 2)*
- 20 - descrever com palavras ou figuras o uso de um Amperímetro para a determinação da corrente elétrica em um circuito simples; *(Apostila 2)*



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

5

- 21 - descrever com palavras ou figuras o uso do Voltímetro na determinação da diferença de potencial entre pontos de um circuito simples; (Apostila 2)
- 22 - descrever um Capacitor; (Apostila 2)
- 23 - descrever o processo de Carga e Descarga de um Capacitor; (Apostila 2)
- 24 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a ação de uma força magnética; (Apostila 2)
- 25 - descrever experimentos simples no qual se pode observar a visualização do conceito de linha de campo magnético; (Apostila 2)
- 26 - descrever as linhas do Campo Magnético de um ímã da Terra, e de um Solenóide; (Apostila 2)
- 27 - descrever o funcionamento de um eletroímã simples e de seu uso em um relé; (Apostila 2)
- 28 - descrever o fenômeno da Indução Magnética em um solenóide; (Apostila 2)
- 29 - descrever a ação de uma bobina em um circuito de corrente contínua; (Apostila 2)
- 30 - definir o conceito de Auto-indução; (Apostila 2)
- 31 - descrever o funcionamento de um Transformador; (Apostila 3)
- 32 - estabelecer a diferença entre corrente contínua e corrente alternada; (Apostila 3)
- 33 - definir os conceitos de Corrente Efetiva e Tensão Efetiva e relaciona-los com Corrente de Pico e Tensão de Pico; (Apostila 3)
- 34 - desenhar o circuito de uma Fonte de corrente contínua, usando diagrama de blocos, no qual conste os seguintes elementos: transformador, ponte de retificação de diodos, capacitor de filtragem e regulador de tensão e descrever o papel de cada um destes elementos; (Apostila 3)
- 35 - descrever o funcionamento de uma válvula diodo; (Apostila 3)
- 36 - descrever o funcionamento de uma válvula tríodo; (Apostila 3)
- 37 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão; (Apostila 3)
- 38 - descrever o funcionamento de um diodo semicondutor em um circuito; (Apostila 3)
- 39 - descrever o funcionamento de um transistor no papel de uma Resistência de controle da corrente; (Apostila 4)
- 40 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal; (Apostila 4)
- 41 - definir o conceito de modulação de uma onda; (Apostila 4)
- 42 - descrever a Modulação por Amplitude (AM) e a Modulação por Freqüência (FM) de uma onda;
- 43 - estabelecer a diferença conceitual entre modulação de Dupla Faixa Lateral (DSB) e de Faixa Lateral Simples (SSB); (Apostila 4)
- 44 - estabelecer a diferença entre linha de transmissão balanceada e linha de transmissão desbalanceada; (Apostila 4)
- 45 - descrever o funcionamento de uma antena; (Apostila 4)
- 46 - descrever o funcionamento e principais características de uma antena dipolo e de uma antena vertical de 1/4 de onda; (Apostila 4)
- 47 - calcular as dimensões de uma antena dipolo de fio para uma freqüência determinada quando se conhece o fator de velocidade para o fio; (Apostila 4)
- 48 - identificar o tipo de polarização para vários tipos de antenas mais usadas; (Apostila 4)
- 49 - definir o conceito de Relação de Onda Estacionária em uma linha de transmissão; (Apostila 4)
- 50 - descrever as camadas da Ionosfera responsáveis pela reflexão dos sinais de rádio; (Apostila 4)



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

6

- 51 - descrever o processo de reflexão dos sinais de rádio na ionosfera, estabelecendo as principais características dos modos de propagação e suas relações com a hora do dia; (Apostila 4)
- 52 - descrever o uso de satélites artificiais em telecomunicações;
- 53 - descrever um experimento destinado a produzir uma oscilação forçada;
- 54 - definir e empregar conceitos usados na descrição de osciladores forçados: Excitador, Oscilador, Amplitude, Frequência de excitação, Frequência natural de oscilação e Amortecimento;
- 55 - distinguir Oscilação Forçada de Oscilação Livre;
- 56 - citar exemplos de Oscilação Forçada;
- 57 - definir o conceito de Ressonância;
- 58 - formular a condição para a ocorrência de Ressonância quando existe Oscilação Forçada;
- 59 - definir os conceitos Comprimento de Onda, Frequência, Velocidade de Propagação e Amplitude de uma onda;
- 60 - citar experimentos com os quais pode-se determinar as grandezas acima mencionadas;
- 61 - usar a equação  $C = l f$  para calcular uma das grandezas, quando as outras duas são dadas;
- 62 - distinguir Ondas Transversais de Ondas Longitudinais e dar exemplos;
- 63 - definir o conceito de Interferência (Superposição de ondas de mesmo Comprimento de Onda) e citar exemplos;
- 64 - estabelecer as condições para a existência de Interferência Construtiva e Interferência Destrutiva;
- 65 - descrever a geração de uma Onda Estacionária a partir de uma Onda Incidente e de uma Onda Refletida;
- 66 - definir os conceitos de Polarização Linear, Polarização Circular e Polarização Elíptica;
- 67 - descrever a ocorrência de Reflexo e Refração quando uma onda ao se propagar encontra um outro meio de características diferente do primeiro meio;
- 68 - descrever o Efeito Doppler;
- 69 - calcular a frequência de recepção quando o Efeito Doppler ocorre para:
  - a. receptor móvel e emissor parado;
  - b. receptor parado e emissor móvel.

#### **8.4. PROVA DE RECEPÇÃO AUDITIVA E TRANSMISSÃO DE SINAIS EM CÓDIGO MORSE**

Textos, em linguagem clara, com 125 caracteres (letras, sinais e algarismos), para candidatos à classe "B".

#### **8.5. PROVA DE CONHECIMENTOS TÉCNICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE**

O candidato, além do citado no item 8.3, deve ser capaz de:

- 1 - associar a boa estrutura dos metais com a sua estrutura molecular;
- 2 - definir formalmente a relação entre resistência, resistividade, comprimento de onda e área de seção reta de um resistor;
- 3 - descrever microscopicamente a corrente gerada em um semicondutor sujeito a uma tensão;
- 4 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal;
- 5 - usar a Lei de Joule para relacionar a potência dissipada em um resistor com diferença de potencial aplicada e com a corrente fluindo pelo mesmo.

Bons estudos

CRARSUL



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

7

#### **39 - descrever o funcionamento de um transistor no papel de uma Resistência de controle da corrente**

##### **História do Transistor**

O primeiro projeto surgiu em 16 de Dezembro de 47, onde era usado um pequeno bloco de germânio (que na época era junto com o silício o semiconductor mais pesquisado) e três filamentos de ouro. Um filamento era o polo positivo, o outro o polo negativo, enquanto o terceiro tinha a função de controle. Tendo apenas uma carga elétrica no polo positivo, nada acontecia, o germânio atuava como um isolante, bloqueando a corrente.

Porém, quando uma certa tensão elétrica era aplicada usando o filamento de controle, um fenômeno acontecia e a carga elétrica passava a fluir para o polo negativo.

Haviam criado um dispositivo que substitua a válvula, sem possuir partes móveis, gastando uma fração da eletricidade gasta por uma e, ao mesmo tempo, muito mais rápido.

Este primeiro transistor era relativamente grande, mas não demorou muito para que este modelo inicial fosse aperfeiçoado.

Durante a década de 50, o transistor foi gradualmente dominando a indústria, substituindo rapidamente as problemáticas válvulas. Os modelos foram diminuindo de tamanho, caindo de preço e tornando-se mais rápidos. Alguns transistores da época podiam operar a até 100 MHz.

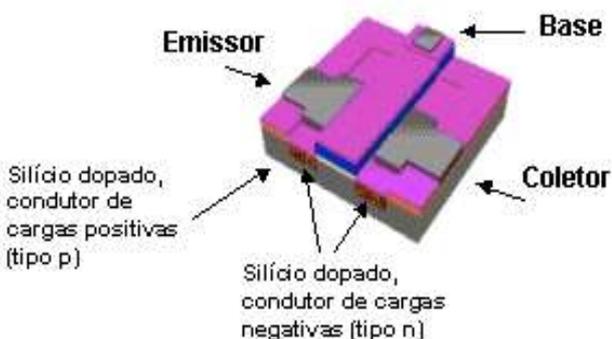
Os primeiros transistores de junção comerciais foram produzidos partir de 1960 pela Crystalonics.

A idéia do uso do silício para construir transistores é que adicionando certas substâncias em pequenas quantidades é possível alterar as propriedades elétricas do silício. As primeiras experiências usavam fósforo e boro, que transformavam o silício em condutor por cargas negativas ou condutor por cargas positivas, dependendo de qual dos dois materiais fosse usado. Estas substâncias adicionadas ao silício são chamadas de impurezas, e o silício “contaminado” por elas é chamado de silício dopado.

O funcionamento de um transistor é bastante simples, quase elementar. É como naquele velho ditado “as melhores invenções são as mais simples”. As válvulas eram muito mais complexas que os transistores e assim foram rapidamente substituídas por eles.

Um transistor é composto basicamente de três filamentos, chamados de base, emissor e coletor. O emissor é o polo positivo, o coletor o polo negativo, enquanto a base é quem controla o estado do transistor, que como vimos, pode estar ligado ou desligado. Quando o transistor está desligado, não existe carga elétrica na base, por isso, não existe corrente elétrica entre o emissor e o coletor (temos então um bit 0). Quando é aplicada uma certa tensão na base, o circuito é fechado e é estabelecida a corrente entre o emissor e o receptor (um bit 1).

Outro grande salto veio quando os fabricantes deram-se conta que era possível construir vários transistores sobre o mesmo waffer de silício. Havia surgido então o circuito integrado, vários transistores dentro do mesmo encapsulamento. Não demorou muito para surgirem os primeiros microchips. Atualmente, os processadores contém milhões de transistores.





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

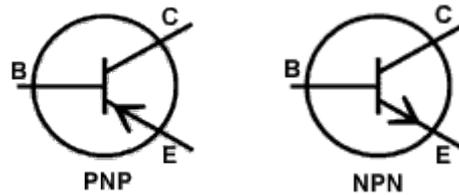
### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

8

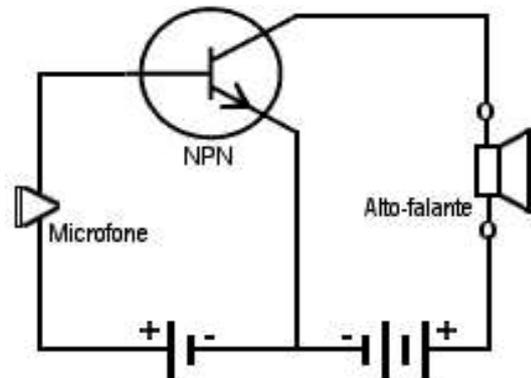
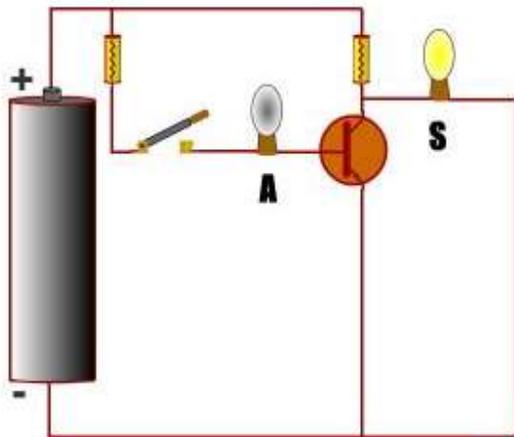
Um Pentium 4 possui 42 milhões, um Athlon Thunderbird possui 37 milhões e assim por diante. Apesar disso, tudo o que é processado baseia-se nestes dois estados: 1 e 0.

Existe um segundo tipo de transistor, que ainda é razoavelmente usado em situações onde é necessário lidar com uma grande tensão elétrica, que tem a mesma função, mas é composto de um bloco de germânio ao invés de silício. O germânio também é um material semicondutor e foi a base dos primeiros transistores.

Nos esquemas eletrônicos, que são os "mapas" de como um circuito eletrônico é desenhado, os transistores são representados pelos símbolos das figuras ao lado.



Circuito com um transistor

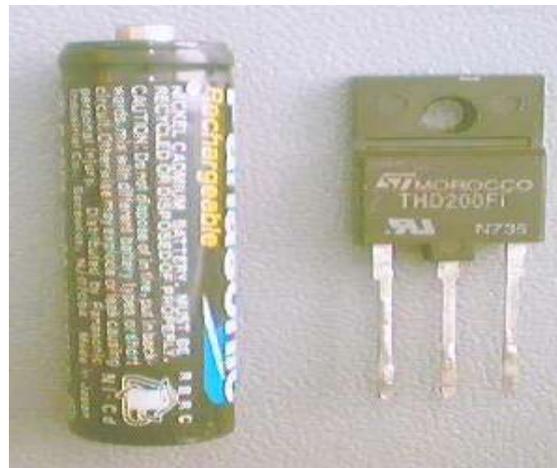


#### **Resistência de controle da corrente**

O transistor é um componente eletrônico que transforma uma corrente de pequena intensidade numa corrente de grande intensidade. Também pode ser utilizado como amplificador e interruptor da corrente elétrica. O processo de transferência de resistência, no caso de um circuito analógico, significa que a impedância característica do componente varia para cima ou para baixo da polarização preestabelecida.

Graças à esta função, a corrente elétrica que passa entre colector e emissor do transistor varia dentro de determinados parâmetros preestabelecidos pelo projetista do circuito eletrônico.

Esta variação é feita através da variação de tensão num dos terminais chamado base, que conseqüentemente ocasiona o processo de amplificação de sinal.





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

9

Desde as primeiras transmissões de sinais elétricos de um lado a outro do Atlântico feitas por Marconi em 1901, já havia a necessidade de um estágio de detecção no receptor para as ondas eletromagnéticas produzidas no transmissor uma vez que a codificação de informações é feita com dois sinais elétricos: o sinal a ser transmitido (geralmente de baixa frequência) e um outro chamado de portador (geralmente de alta frequência, conhecida como rádio-frequência), responsável pelo transporte do primeiro.

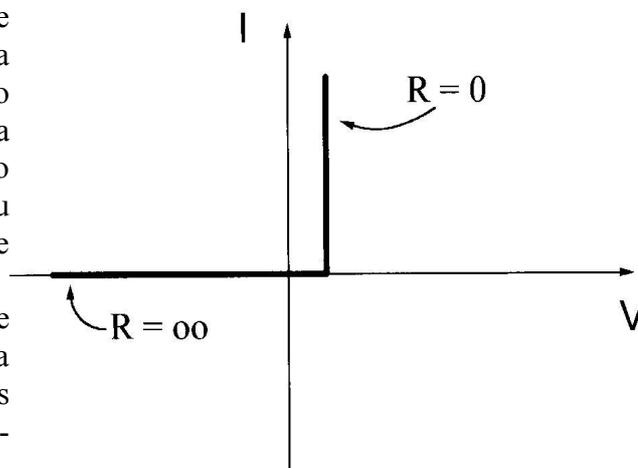
O processo de detecção consiste na separação dos sinais através de um retificador que, a grosso modo, elimina o sinal alternado portador deixando passar somente o sinal de baixa frequência. Um dos primeiros estágios de detecção construídos foi o “coesor de Branly”, que consistia em um tubo contendo limalha de ferro. Em seguida, foi descoberto que o cristal de galena (mineral do qual extrai-se o chumbo) tinha as mesmas “propriedades detectoras” apresentadas pelo “coesor” e poderia ser usada na detecção de ondas de rádio mais facilmente que o tubo de limalha de ferro.

As “propriedades detectoras” mencionadas acima, referem-se à propriedade que foi, sem dúvida, o que inicialmente motivou a pesquisa em semicondutores.

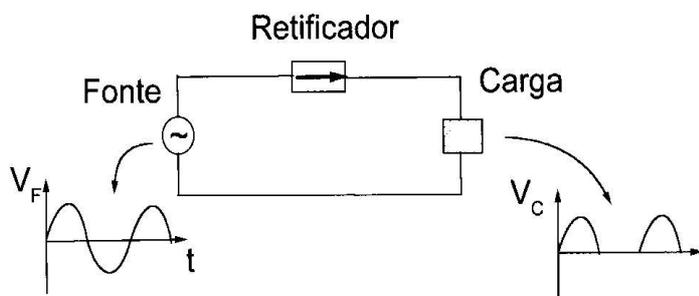
Um semicondutor é um material que exibe um comportamento muito interessante quando lhe aplicada uma diferença de potencial: *sua resistência à passagem de corrente elétrica varia conforme variam a intensidade da d.d.p. aplicada e sua polaridade.*

Um retificador ideal seria aquele que apresentasse uma resistência infinita para uma dada polarização e resistência nula a polarização inversa como mostrado na figura ao lado (na prática, obtemos valores de resistência muito elevados, da ordem de megaohms ou desprezivelmente pequenos, da ordem de microohms).

Obviamente, este material não obedece a Lei de Ohm neste regime de operação, e esta característica pode ser aproveitada para várias finalidades, como o detector usado em rádio-comunicação.



Na figura ao lado pode-se observar o efeito de um retificador quando submetido a uma diferença de potencial alternada: quando a polaridade da fonte é tal que a corrente fornecida tem a mesma direção da seta do retificador, há a passagem de corrente para a carga.

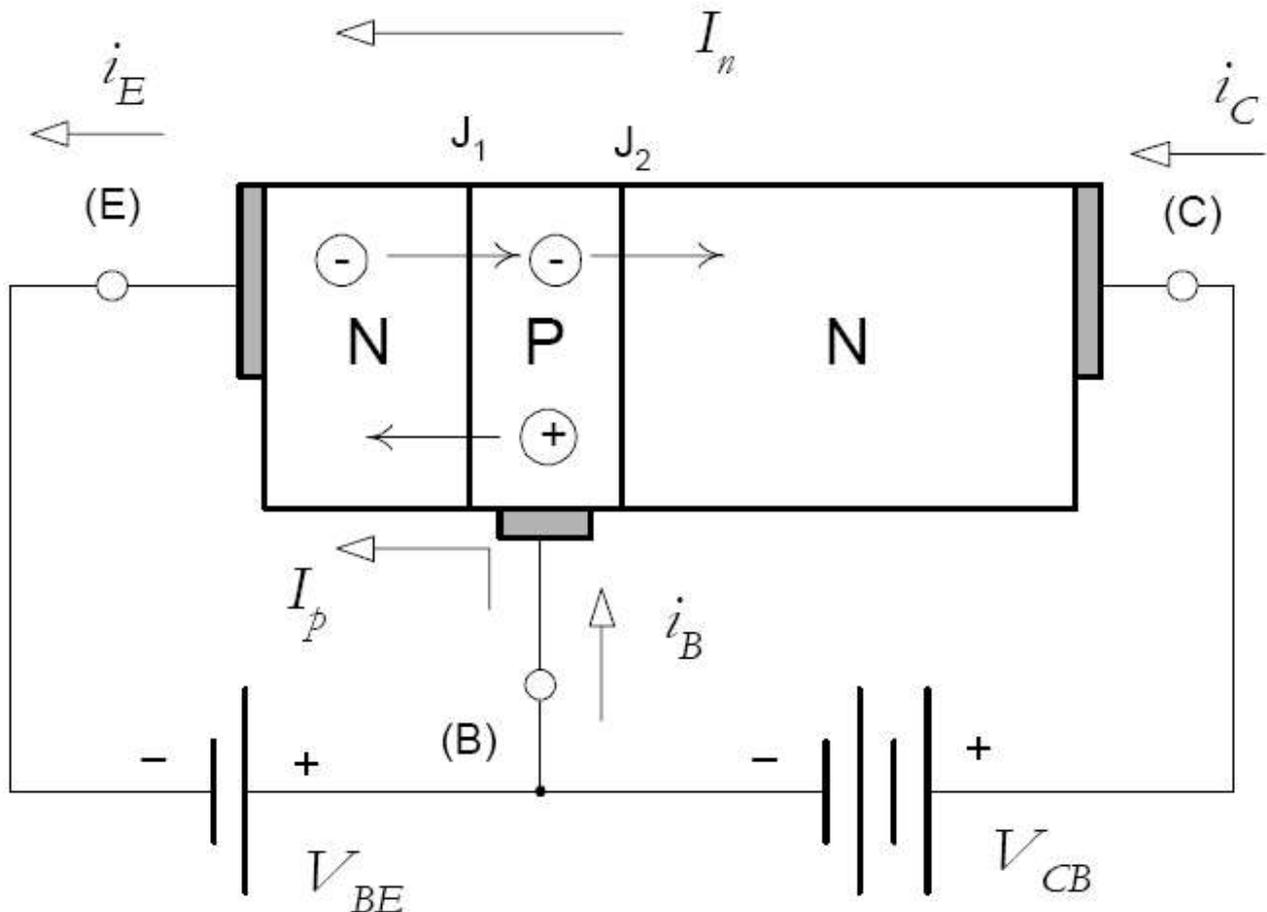


A d.d.p. alternada apresenta dois semiciclos de polaridade oposta variando no tempo mas, após o retificador (na carga), teremos apenas uma polaridade definida. De forma análoga, é possível separar os sinais elétricos provenientes da antena em um receptor de rádio, usando para isso um retificador.



**40 - descrever o funcionamento de um transistor em um circuito simples de amplificação de sinal**

Na figura abaixo o fluxo real de portadores é indicado por setas no interior do componente, ao passo que a convenção de corrente elétrica é mostrada pelas setas externas. Os portadores de corrente, elétrons e lacunas, também são indicados no corpo do dispositivo.



Transistor polarizado para operar como amplificador.  
Representação dos principais fluxos de corrente elétrica.

Em função da polarização direta de J1, surge uma corrente de elétrons ( $I_n$ ) e de lacunas ( $I_p$ ). Pode-se dizer que o emissor injeta (ou emite)  $I_n$ , enquanto a base é responsável por  $I_p$ . Por construção, a base é feita muito estreita, o que torna a junção J1 muito mais próxima de J2 que do terminal da base. Desta forma, a maior parte dos portadores injetados atinge o limiar da região de depleção de J2. A polaridade VCB é normalmente superior a VBE o que, adicionalmente, favorece o rápido TRANSPORTE dos elétrons provenientes do emissor para o coletor. Produz-se, então, uma corrente de coletor que é praticamente igual a  $I_n$ , permanecendo a corrente de base igual a  $I_p$ . Dessa discussão, fica evidente que a corrente total (terminal) de emissor é, na verdade, a soma de  $I_n$  com  $I_p$ .



# CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

## TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

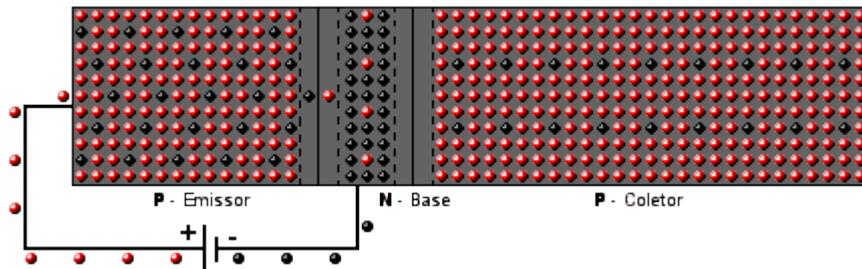
11

Devido à alta concentração de elétrons no emissor (dopagem elevada) e à fraca concentração de lacunas na base,  $I_n$  é muito maior que  $I_p$ . Devido a este comportamento,  $i_C$  pode ser de 100 a 1000 vezes maior que  $i_B$ , sendo este fator de amplificação denominado  $\beta_F$  (beta direto - *forward*).

A descrição de funcionamento do transistor nesta seção é bastante simplificada. Foram desprezadas as correntes de deriva devido aos portadores minoritários, bem como as relativas à recombinação de elétrons do emissor com lacunas na base. Porém, tais efeitos são relativamente muito menos proeminentes que os fenômenos aqui relatados, sendo comum desprezá-los para um primeiro entendimento do comportamento do dispositivo.

### O funcionamento

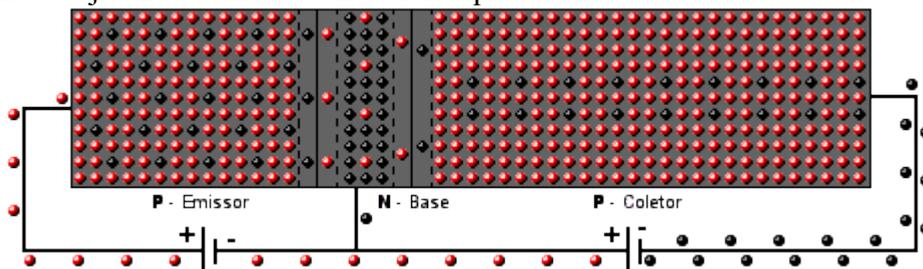
Primeiro, vamos colocar uma bateria entre o emissor e a base. Para fazer uma polarização direta, ligamos o terminal negativo (fluxo de elétrons) da bateria ao emissor (porção N - excesso de elétrons) e o terminal positivo (fluxo de lacunas) à base (porção P - excesso de lacunas). Desta forma, a região N, com excesso de elétrons, recebe ainda mais elétrons, e a porção P recebe ainda mais lacunas.



Como vimos no caso do diodo, a polarização direta faz com que a porção emissor-base se comporte exatamente como um condutor.

Ao mesmo tempo, vamos polarizar inversamente o conjunto base-coletor. Para isso, conectamos o terminal positivo (fluxo de lacunas) da bateria ao coletor (porção N - excesso de elétrons) e o terminal negativo (fluxo de elétrons) à base (porção P - excesso de lacunas). Desta forma, os elétrons do coletor serão atraídos pelas lacunas do pólo positivo da bateria e as lacunas da base serão completadas pelos elétrons do pólo negativo. Como também vimos no caso do diodo, essa polarização inversa faz com que a porção base-coletor não conduza corrente.

Mas agora veja a parte mais importante: dissemos que iríamos fazer as duas polarizações anteriores simultaneamente. Veja então o interessante efeito que obtemos:





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

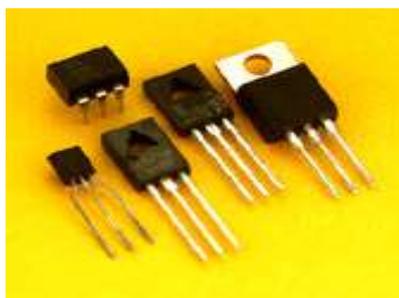
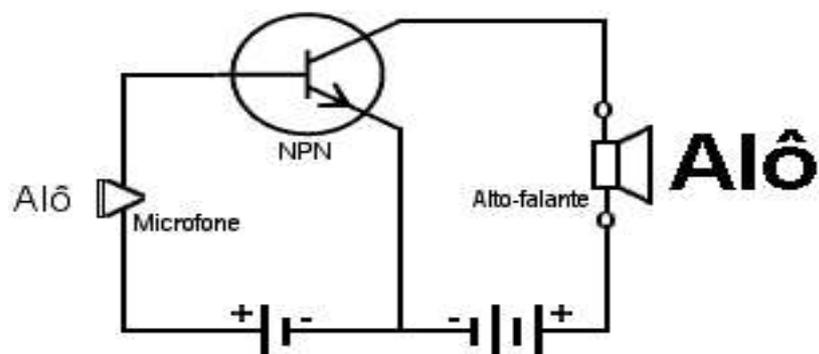
12

- na polarização emissor-base (a primeira que vimos), os elétrons se dirigiam para a base, atraídos pelo pólo positivo da bateria. Mas agora o coletor, que é bem maior e está com energia extra vinda do pólo negativo da bateria, exerce uma atração muito maior sobre esses elétrons. Como a base é muito fina, os elétrons tendem muito mais a atravessar a base e ir para o coletor do que fluir pela base para o pólo positivo da bateria. Desta forma, uma pequena parte da corrente fluirá pela base; a maior parte da corrente fluirá para o coletor.

A "mágica" da amplificação já está acontecendo. Só nos falta entender o porquê:

- se aumentarmos a corrente que flui pela base (emissor-base), haverá um aumento na corrente que flui pelo coletor. Ou seja, podemos controlar a corrente vinda do emissor para o coletor agindo sobre a corrente da base. Noutras palavras: a corrente da base controla a corrente entre o emissor e o coletor.
- como a corrente da base é muito pequena, basta aplicarmos uma pequena variação na corrente da base para obtermos uma grande variação na corrente do coletor. Pronto: entramos com uma pequena corrente (via base) e saímos com uma grande corrente (via coletor).

Esta é toda a mágica do transistor. Dê uma olhada à sua volta e com certeza você encontrará uma série de dispositivos que lhe dão conforto que funcionam baseados justamente nesse princípio. São os elétrons fluindo, permitindo tudo o que conhecemos como *eletrônico*. Esse foi o princípio da nossa Era Digital.



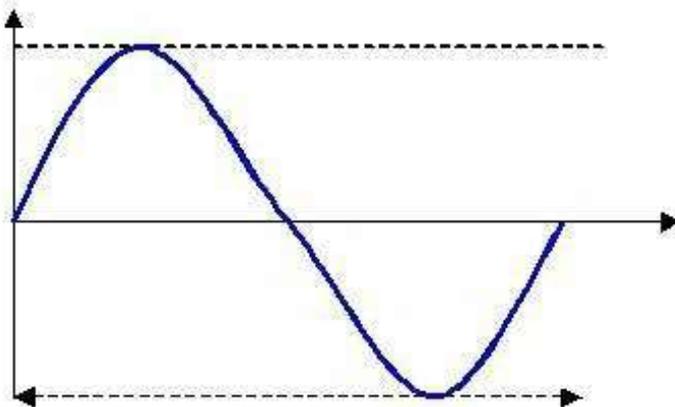


#### 41 - definir o conceito de modulação de uma onda

Para realizar a transmissão de informações, sinais sonoros ou imagens por rádio ou televisão, é necessário realizar algum tipo de modulação em ondas eletromagnéticas.

De modo geral, os sinais não podem ser transmitidos diretamente ao espaço sob a forma de ondas eletromagnéticas e manter suas características e sua forma original. Para isso, é necessário um veículo portador de transmissão. Esse veículo deve satisfazer determinadas exigências a fim de que o sinal de informação por ele transportado possa cobrir a distância prevista.

O veículo ou o meio de transmissão nada mais é do que um sinal permanente de frequência mais elevada, que recebe o nome de portadora.



Sinal de informação

O procedimento pelo qual o sinal é associado à portadora denomina-se modulação.

Há vários tipos de modulação possíveis, mas entre os tipos de modulação analógica mais utilizados estão as modulações em amplitude (AM) ou em frequência (FM). Em ambos os casos uma onda de alta frequência (vários kHz ou MHz) é utilizada como onda portadora do sinal. Em AM - Amplitude Modulada, para que a informação seja transmitida, uma onda de frequência mais baixa, correspondente ao som ou à codificação da imagem a ser transmitida, deve ser usada para fazer variar a amplitude da onda portadora. Este processo é chamado de modulação.

A onda utilizada para realizar a modulação do sinal é a onda modulante e o resultado da modulação é uma onda de frequência igual à da portadora, em que a amplitude varia ao longo do tempo, com a mesma frequência e forma de onda que a onda modulante. É a essa variação que chamamos *envoltória*. No receptor de rádio ou TV, a envoltória é separada da portadora através da demodulação do sinal. Isso reconstitui as informações originais, permitindo que o som seja ouvido e a imagem seja formada na tela.

Para facilitar a transmissão do sinal através dos meios físicos, e adequar as frequências aos sistemas de comunicação, se utiliza a chamada onda portadora, em cima da qual viaja o sinal a ser transmitido.

A onda portadora é um sinal senoidal caracterizado por três variáveis: Amplitude, Frequência e Fase. Por definição este sinal existe ao longo de todo o tempo, ou seja com "t" variando de menos infinito a mais infinito.

A equação de uma onda portadora é dada por:

$$F = A \text{ sen } ( W t + O )$$

F, é a amplitude instantânea da onda para o instante t.

A, é a amplitude máxima da onda.

W, é a frequência angular da portadora  $W = 2 \cdot \text{PI} \cdot f$  (onde f é a frequência da onda em [Hertz](#)).

O, é a fase da onda portadora.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

14

As três características observadas ao início, podem ser variadas em função do sinal modulante e do tipo de modulação que está sendo utilizado.

Há dois tipos comuns de modulação empregados para as transmissões de rádio e televisão: a Modulação de Amplitude e a Modulação de Freqüência.

#### **42 - descrever a Modulação por Amplitude (AM) e a Modulação por Freqüência (FM) de uma onda**

##### **Modulação por Amplitude (AM)**

A Modulação de Amplitude, indicada com a sigla AM (do inglês Amplitude Modulation), consiste em sobrepor, por meio dos circuitos chamados moduladores, o sinal de informação à portadora, de tal modo que a amplitude da portadora varie constantemente em função das características do sinal modulante.

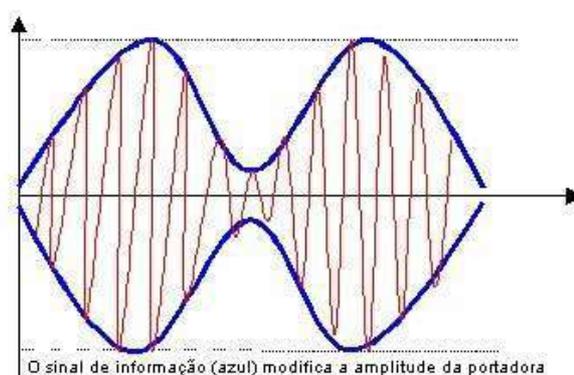
As transmissões em AM são empregadas para a radiotransmissão nas faixas de freqüência conhecidas como Ondas Longas (OL), Ondas Médias (OM) e Ondas Curtas (OC) até 30 MHz. Elas também são usadas para modular os sinais de vídeo em TV.

A onda EM, dita "portadora", é MODULADA por outra onda de freqüência mais baixa, o "sinal", que pode ser de áudio ou de vídeo. Depois de modulada em amplitude a onda EM fica com a forma vista em baixo e leva a informação da onda moduladora da emissora para o receptor. No receptor, a eletrônica "extrai" o sinal AM modulado e transforma-o em vídeo ou áudio ou ambos.

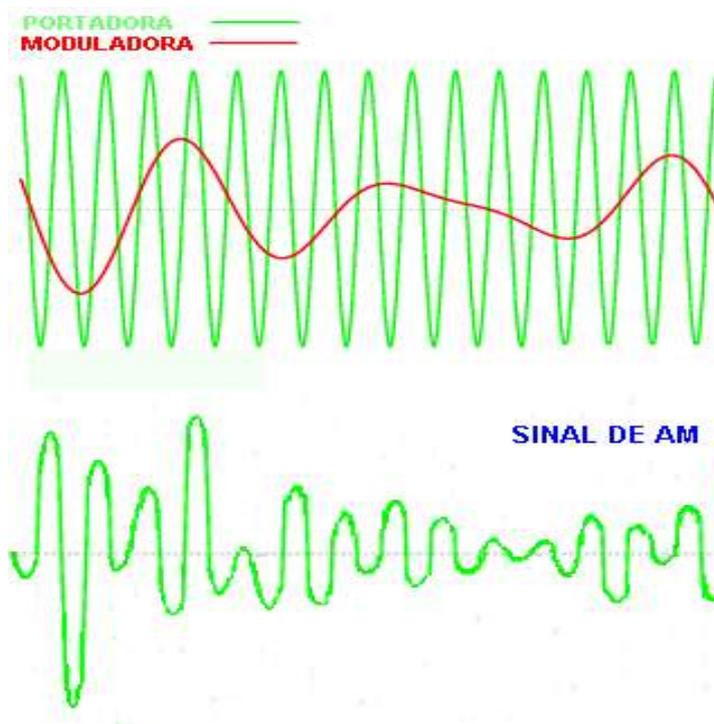
Essa forma de modulação ainda é usada nas emissoras de rádio mas não é propícia para transportar sinais de vídeo com boa qualidade. Para isso, são usados outros tipos de modulação.

Quando se fala no microfone de um transmissor AM, o microfone converte a voz em tensão ( voltagem ) variada.

Esta voltagem é amplificada e então usada para variar a potencia da saída do transmissor. A amplitude modulada adiciona potencia a portadora, com a quantidade adicionada sendo dependente da intensidade da voltagem de modulação.



**Modulação em Amplitude**





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

15

#### Modulação por Frequência (FM)

Outra forma muito usada de modulação de uma onda EM consiste em deixar a amplitude invariante e modificar a frequência segundo as variações da onda moduladora. Essa é a chamada Frequência Modulada (FM) usada pelas rádios mais chiques, que gostam de programas musicais. A frequência da onda modulada passa a variar em torno da frequência da onda portadora, sendo acrescentada ou subtraída das frequências da onda moduladora.

O resultado é que a onda EM passa a ter uma distribuição de frequências em torno da frequência da portadora. Essa distribuição em geral é contínua variando de uma frequência mínima a uma frequência máxima em torno da frequência da portadora.

Quando um sinal modulado é aplicado, a frequência do transmissor de FM irá ondular acima e abaixo da frequência central conforme o sinal modulado. A quantidade de "ondulação" dentro da frequência transmitida em qualquer direção acima ou abaixo da frequência central é chamada de desvio.

O espaço de frequência total ocupado por um sinal de FM é o dobro de seu desvio.

Como você pode suspeitar, o sinal FM ocupa um grande espaço de frequência. O desvio de uma emissora de FM é 75 kHz, para um espaço total de frequência de 150 kHz.

A maioria dos outros usuários de FM ( departamentos de policia, bombeiros e etc ), usam um desvio de 5 kHz, para um espaço total de frequência ocupada de 10 kHz.

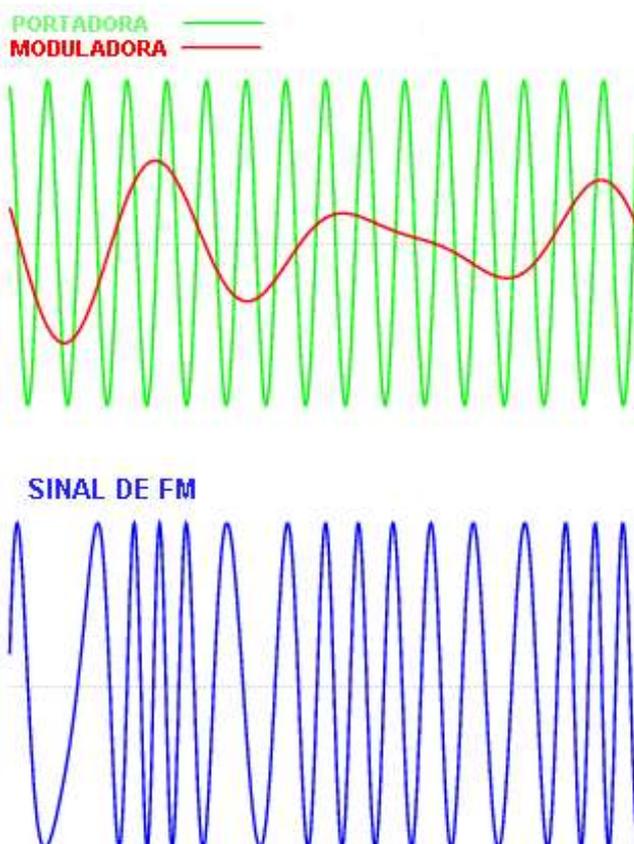
Por estas razoes, o FM é usado principalmente em frequências acima de 30 MHz, onde o espaço de frequência suficiente está disponível. Isto é o porque da maioria da rádios tipo "scanner" receberem apenas sinais FM, devido aos sinais encontrados acima de 30 MHz serem FM.

A grande vantagem do FM é a sua qualidade de áudio e imunidade a ruído. A maioria das formas de ruído estático e elétrico são naturalmente AM, e um receptor FM não responderá a sinais AM.

Os receptores FM também apresentam uma característica conhecida como efeito de captura. Se dois ou mais sinais de FM estão na mesma frequência, o receptor de FM irá responder ao sinal mais forte e ignorar o resto.

A qualidade de áudio de um sinal FM aumenta conforme seu desvio aumenta, o qual é o porque das estações comerciais de FM usarem tão largo desvio. A principal desvantagem do FM é a quantidade de espaço de frequência que um sinal requer.

Matematicamente, **uma onda FM tem variações de fase proporcionais a integral do sinal modulante.**





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

16

#### 43 - estabelecer a diferença conceitual entre modulação de Dupla Faixa Lateral (DSB) e de Faixa Lateral Simples (SSB)

##### SSB Single Side Band

Desde que tanta potência é gasta em AM, os engenheiros de rádio vislumbraram um método para transmitir apenas uma banda lateral e colocar toda a potência do transmissor em enviar inteligência utilizável. Este método é conhecido como banda lateral única (SSB - single side band).

Nos transmissores SSB, a portadora e uma banda lateral são removidas antes do sinal ser amplificado. Tanto a banda lateral superior (USB) como a banda lateral inferior (LSB) do sinal AM original podem ser transmitidos.

SSB é um modo muito mais eficiente que o AM devido a toda potência do transmissor ser direcionada em transmitir a mensagem. Um sinal SSB também ocupa em torno de apenas metade do espaço de frequência de um sinal AM comparável. Entretanto, os transmissores e receptores SSB são mais complicados que aqueles destinados a AM. Na realidade, um sinal SSB não pode ser recebido de forma inteligível em um rádio AM; o sinal SSB terá um som muito distorcido do tipo voz do "Pato Donald". Isto é porque a portadora do sinal AM de fato tem um papel maior na demodulação (isto é, recuperar o áudio transmitido) das bandas laterais do sinal AM. Para demodular com sucesso um sinal SSB, é necessário uma "portadora substituta".

A portadora substituta pode ser suprida através do circuito BFO usado para receber sinais CW. Entretanto, isto significa que o sinal SSB deve ser cuidadosamente sintonizado para precisamente "bater" contra a portadora substituta do BFO. Para melhor performance, um receptor SSB requer sintonia mais precisa e estável que um receptor AM, e precisa ser sintonizado com mais cuidado que um receptor AM. Mesmo quando precisamente sintonizado, a qualidade de áudio de um sinal SSB é menor que a de um sinal AM.

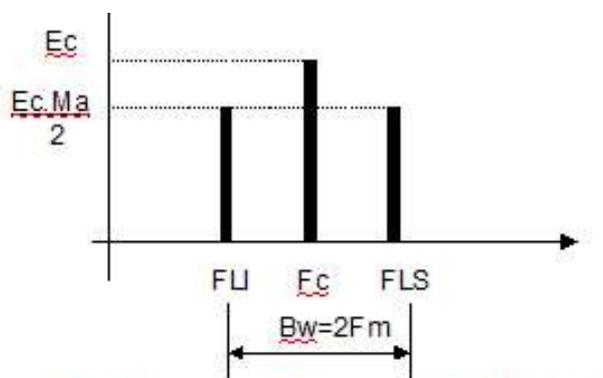
O SSB é usado principalmente por operadores de rádio amadores, serviços militares, marítimos e aeronáuticos, e outras situações onde operadores habilidosos e equipamentos receptores de qualidade são comuns. Existem alguns poucos experimentos no uso de SSB para rádio difusão nas ondas curtas, mas o AM continua sendo o modo preferido pelas emissoras devido a sua simplicidade.

##### DSB – Dual Side Band

Processo de modulação em amplitude que gera duas bandas laterais em torno da frequência portadora. A informação está contida repetidamente em cada uma dessas bandas.

A portadora não transmite nenhuma das características que definem a mensagem e mesmo assim consome a maior parte de energia da onda modulada.

A largura de faixa necessária para a transmissão da informação é duas vezes a frequência do sinal modulante, provocando um desperdício no espectro



**Espectro de raios AM-DSB**



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR

#### CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE

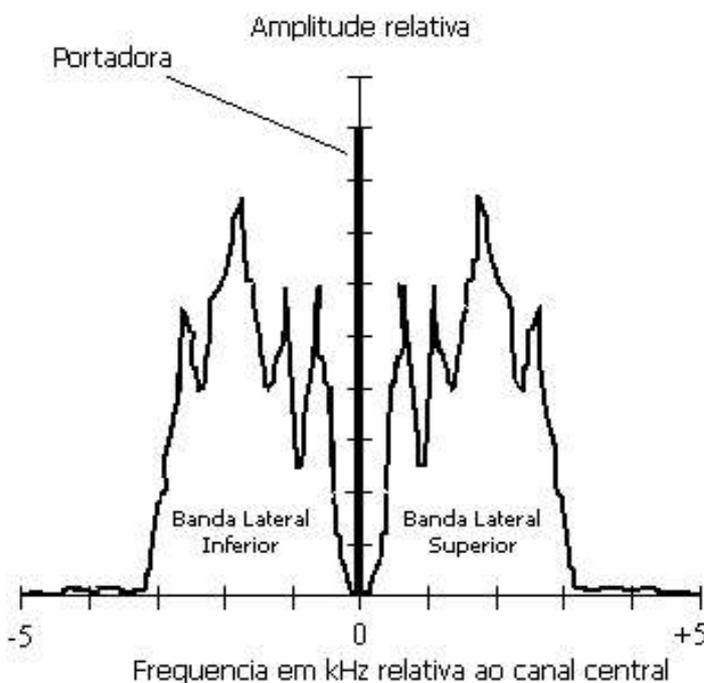
##### (Apostila 4)

17

A amplitude modulada resulta em três frequências separadas sendo transmitidas : a frequência da portadora original, uma banda lateral inferior ( LSB - lower side band ) abaixo da

frequência da portadora, e uma banda lateral superior ( USB - upper side band ) acima da frequência da portadora. As bandas laterais são "imagens espelhadas" de cada uma e contem o mesma mensagem. Quando o sinal AM é recebido, estas frequências são combinada para produzir os sons que ouvimos.

Na figura ao lado, podemos visualizar os componentes do sinal modulado em relação à frequência. Cada banda lateral ocupa o mesmo espaço de frequência que a mais alta frequência de áudio que está sendo transmitida.



Se a mais alta frequência de áudio que está sendo transmitida é de 5 kHz, então o espaço total de frequência ocupado por um sinal AM será de 10 kHz ( a portadora ocupa espaço desprezível ).

O AM tem a vantagem de ser fácil de ser produzido em um transmissor e os receptores AM são simples em projeto.

Sua principal desvantagem é sua ineficiência. Aproximadamente dois terços da potencia de um sinal AM é concentrada na portadora, a qual não contem "inteligência". Um terço da potencia está dentro das bandas laterais, as quais contem a inteligência do sinal. Considerando que as bandas laterais contem a mesma inteligência, entretanto, uma é essencialmente "desperdiçada".

Da potencia total de saída de um transmissor AM, apenas aproximadamente um sexto é realmente produtiva, saída utilizável !

Outra desvantagem do AM inclui a relativamente larga quantidade de espaço de frequência que o sinal AM ocupa e sua suscetibilidade à estática e outras formas de ruído elétrico.

Afora isto, o AM é simples de sintonizar em receptores ordinários, e isto é o porque de ser utilizado em quase toda radio difusão de ondas curtas.

#### COMPARAÇÃO AM DSB x AM SSB

##### •LARGURA DE FAIXA DO SINAL MODULADO

Este fator traz dois pontos positivos para o SSB em relação ao DSB, pois como o primeiro ocupa uma faixa de 3 a 4 KHz e o DSB ocupa uma faixa de 10 KHz, observamos, a princípio, que na banda de frequência ocupada por uma determinada quantidade de estações AM-DSB, teremos mais que o dobro de estações AM-SSB. O outro ponto positivo é devido ao fato de o ruído presente ao sinal ser proporcional à banda ocupada e, assim, o sistema AM-SSB tem presente em seu sinal modulado a metade do ruído presente no sinal AM-DSB.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

18

#### •POTÊNCIA DO TRANSMISSOR

Como o sinal modulado em AM-DSB tem, além das raias de informação, a raia da portadora, a potência do transmissor é dividida, cabendo a cada raia de informação no máximo 16,7 % da potência total do transmissor. Como a raia do SSB é única, ela aproveita 100 % da potência total do transmissor, o que corresponde a uma potência efetiva de informações 6 vezes maior.

#### •COMPLEXIDADE DO EQUIPAMENTO

Neste ponto é notório que, apesar do baixo rendimento de potência de informação na transmissão, o sistema AM-DSB tem em seus receptores o que há de mais simples em termos de concepção e circuito. Em contrapartida, os receptores AM-SSB são extremamente complexos e, em virtude disso, bastante caros.

#### •TOLERÂNCIA DO EQUIPAMENTO

Um receptor AM-DSB sempre conta com um erro de rastreamento, sendo neste ponto bastante tolerante, enquanto o sistema SSB não permite variações de frequências, maiores que poucas dezenas de Hz, o que obriga o uso de caros osciladores a cristal ou controlados por PLL, que muitas vezes são mantidos em ambiente com temperatura constante, para evitar desvios.

#### **CW Continuous Wave**

CW ( Onda Contínua ) é a mais simples forma de modulação. A saída do transmissor é chaveada ligada e desligada, tipicamente para formar os caracteres do código Morse.

Os transmissores de CW são simples e baratos, e o sinal CW transmitido não ocupa muito espaço em frequência ( geralmente, menos que 500 Hz ).

Entretanto, os sinais de CW serão difíceis de serem ouvidos em um receptor normal; você irá ouvir apenas um rápido e fraco período onde o ruído de fundo se torna muito conforme os sinais CW são transmitidos. Para superar este problema, os receptores de radio amadores e de ondas curtas incluem um circuito oscilador de frequência de batimento ( BFO - beta frequency oscillator ).

O circuito BFO produz uma segunda portadora gerada internamente que "bate" contra o sinal CW recebido, produzindo um tom que se liga e desliga junto com o sinal CW recebido.

Isto é como os sinais de código Morse são recebidos nas ondas curtas.

#### **FSK Frequency-Shift Keying**

Parecido com o FM, o FSK ( sintonia por deslocamento de frequência ) desloca a frequência da portadora do transmissor. Diferente de FM entretanto, o FSK desloca a frequência entre apenas dos pontos fixos separados. A maior frequência é chamada de frequência de marco enquanto a menor das duas frequências é chamada de frequência de espaço. Por contraste, um sinal FM pode ondular para qualquer frequência dentro do seu intervalo de desvio.

Podemos visualizar como ocorre este processo através da figura abaixo. Repare que a cada deslocamento de frequência ou fase, atribui-se um valor binário, que efetivamente irá conduzir a informação.

O FSK foi originalmente desenvolvido para enviar texto através de dispositivos de rádio teleimpressor. O deslocamento da portadora entre o marco e o espaço foi usado para gerar caracteres no código Baudot, o qual pode ser pensado como uma versão mais elaborada do código Morse. No receptor, os sinais Baudot foram usados para produzir texto impresso em impressoras e, depois, telas de vídeo.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

19

Conforme a tecnologia evolui, o FSK foi usado para transmitir mensagens no código ASCII usados por computadores, isto permitiu o uso de caracteres caixa baixa e alta e símbolos especiais.

A introdução de micro processadores tornou possível usar o FSK para enviar mensagens com capacidade de verificação e correção automática de erros. Isto é feito através da inclusão de códigos de verificação de erro nas mensagens e permitindo a estação receptora requisitar a retransmissão se uma mensagem ou os códigos de verificação de erro estiverem em conflito ( ou se o código não foi recebido ). Entre os modos mais comuns tais como o FSK estão o AMTOR ( amateur teleprinting over radio - tele impressão amadora através do radio ) e FEC ( forward error correction - correção adiantada de erro ).

O FSK é o modo mais rápido de se enviar texto pelo radio, e os modos de correção de erro oferecem alta acuracidade e confiabilidade. O espaço de frequência ocupado depende da quantidade de deslocamentos, mas um sinal típico de FSK ocupa menos que 1.5 kHz de espaço. A grande desvantagem do FSK é a necessidade de um mais elaborado equipamento de recepção.

Terminais de recepção especial e adaptadores estão disponíveis para que você "veja" os modos FSK. Muitos deles trabalham em conjunto com os computadores pessoais.

#### **Modos Digitais**

Os modos digitais podem organizar informação em pacotes que contem campos de endereçamento, informação a respeito do protocolo que está sendo utilizado, código de detecção de erros, umas poucas centenas de bytes de dados, e bits para indicar onde cada pacote começa e termina.

Ao invés de transmitir mensagens em fluxos contínuos, os modos de pacotes os quebram em pacotes. No terminal de recepção, os diferentes pacotes são reagrupados para formar a mensagem original. Se um pacote está perdido ou for recebido com erros, a estação receptora pode requisitar a retransmissão do pacote. Os pacotes podem ser recebidos fora de seqüência ou até de múltiplas fontes ( tais como de diferentes estações retransmissoras ) e continuarão a ser agrupadas dentro da mensagem original pela estação receptora.

Enquanto os modos de pacotes tem sido usados principalmente para enviar texto, qualquer informação que pode ser convertida em formato digital - som, gráficos, vídeo etc - pode ser transmitida por modos digitais.

Outra vantagem dos modos de pacotes é que os pacotes podem ser endereçados a estações específicas no campo de endereço de cada pacote. Outras estações irão ignorar os pacotes não endereçados a elas.

A grande desvantagem dos modos pacotes é a complexidade do sistemas necessário para recepção e transmissão. O espaço de frequência ocupado é diretamente proporcional a velocidade a qual as mensagens são transmitidas, e os modos de radio digital são muito lentos comparados a seus equivalentes na Internet. A mais lenta conexão através da Internet é de 14.400 baud ( 14.4 K ), enquanto a taxa máxima na pratica do modo digital é de 9600 baud ( 9.6 K ). Em frequências abaixo de 30 MHz, é ainda mais baixa; velocidade são geralmente restritas a apenas 300 bauds ( 0.3 K ). Como resultado, os modos digitais através de radio entregam performance muito menor que seu potencial.

Adaptadores especiais de recepção para os modos pacotes estão disponíveis, e esta usualmente trabalham em conjunto com computadores pessoais. A maioria oferece capacidade de recepção de FSK também.



#### 44 - estabelecer a diferença entre linha de transmissão balanceada e linha de transmissão desbalanceada

##### Linha de transmissão

É um sistema usado para transmitir energia eletromagnética. Esta transmissão não é irradiada, é sim guiada de uma fonte geradora para uma carga consumidora, podendo ser uma guia de onda, um cabo coaxial ou fios paralelos ou torcidos.

As equações de telegrafista determinam a propagação da energia elétrica ao longo da linha de transmissão. Para uma linha considerada sem perdas, as equações podem ser expressas como a figura ao lado:

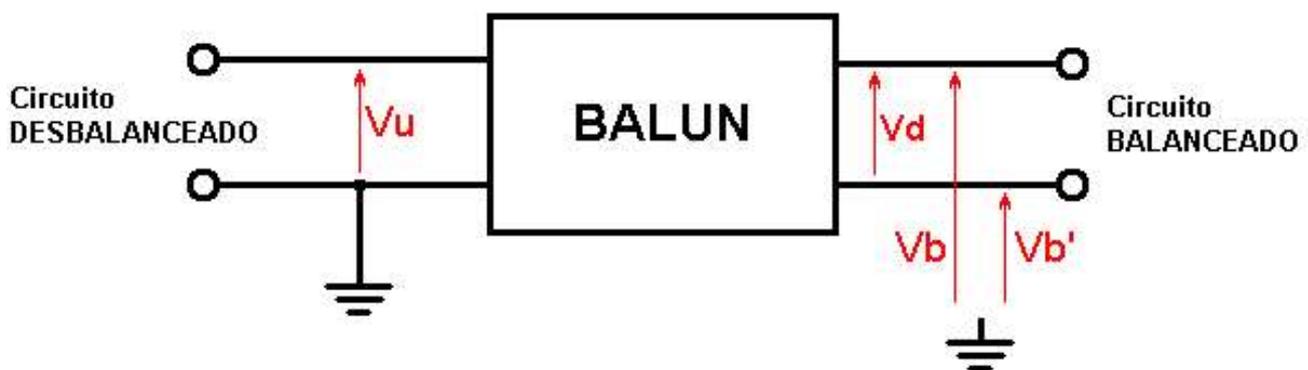
$$\frac{\partial^2 V(x)}{\partial x^2} + \omega^2 LC \cdot V(x) = 0$$
$$\frac{\partial^2 I(x)}{\partial x^2} + \omega^2 LC \cdot I(x) = 0$$

A linha de transmissão guia a energia até a carga, esta pode ser uma antena ou resistência pura. No primeiro caso a linha pode ou não ser balanceada, no segundo, não há necessidade de balanceamento, pois, a carga executa o trabalho de consumidor final de energia e não de irradiador. Portanto, no caso do uso em radiofrequência, a linha de transmissão pode servir em dois sentidos, tanto para guiar a energia eletromagnética que vai ser emitida pela antena em forma de sinais eletromagnéticos, quanto para guiar a energia absorvida pela antena.

A Antena pode ser considerada como um gerador, onde a energia após ser guiada pela linha de transmissão, vai ao "RCVR" ou receptor de ondas eletromagnéticas (um radioreceptor, por exemplo, que neste caso pode ser considerado como uma carga consumidora).

##### Linha de transmissão balanceada

A linha de transmissão balanceada é um meio cujas correntes são simétricas com respeito ao terra, então toda corrente flui através da linha de transmissão e a carga, e nenhuma através do terra. Note que o balanço da linha depende da corrente através da linha, não da voltagem através da linha.



Um **circuito elétrico é balanceado** quando os seus **dois** condutores (ida e retorno) ou terminais, tem potencial (tensão) **simétricos** (**Vb e Vb'** na figura acima) em relação ao "terra", ou seja, cada terminal tem instantaneamente o **mesmo** potencial do outro, em relação ao "terra", e com  **sinal trocado**. Por exemplo, se num determinado instante um terminal tem +10 V em relação ao "terra", o outro terá -10 V. A tensão que interessa mesmo é a diferença entre Vb e Vb', chamada tensão diferencial **Vd**. A média entre Vb e Vb' deve ser zero e é chamada de tensão em modo comum.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

21

O nome balanceado é por analogia a balança de pratos, onde um deles está sempre em posição simétrica em relação ao outro, com referencia a horizontal. E ainda, num circuito balanceado, os dois condutores ou componentes do circuito são sempre **idênticos**, apresentando as mesmas características elétricas, como capacitâncias em relação ao "terra", etc...

Um exemplo de circuito balanceado é a antena **dipolo** de meia onda com alimentação no centro. Num circuito balanceado, nenhum dos dois terminais pode ser conectado ao "terra" (sem algum prejuízo ao seu correto funcionamento), pois ambos tem tensão em relação ao "terra".

Um secundário de transformador com derivação central ligada ao "terra", é outro exemplo de circuito balanceado: os dois extremos do enrolamento tem sempre tensões iguais e com sinais opostos em relação ao "terra".

Outro exemplo de circuito balanceado é a **linha bifilar** de transmissão, onde os dois condutores são idênticos e isolados da terra.

#### **Linha de transmissão desbalanceada**

O circuito desbalanceado se caracteriza por ter um dos terminais (ou condutores) ligado ao "terra", sendo que apenas um dos condutores tem tensão ( $V_u$  na figura acima) em relação ao "terra". Os dois condutores (ida e retorno) de um circuito elétrico desbalanceado são diferentes, sendo geralmente um deles (retorno) é a "massa", chassis, blindagem, ou plano terra do circuito. Um exemplo de circuito desbalanceado é o cabo coaxial, que é feito com dois condutores diferentes, o interno e a blindagem. A blindagem, mesmo que não ligada à terra, serve de referencia de potencial para o condutor interno. Somente o condutor interno tem potencial em relação ao "terra", a blindagem não (em condições normais). A maioria dos circuitos eletrônicos comuns, como amplificadores, osciladores, etc..., são circuitos desbalanceados (embora possam ser realizados de forma balanceada, ao custo de necessitarem o dobro de componentes).

#### **Baluns**

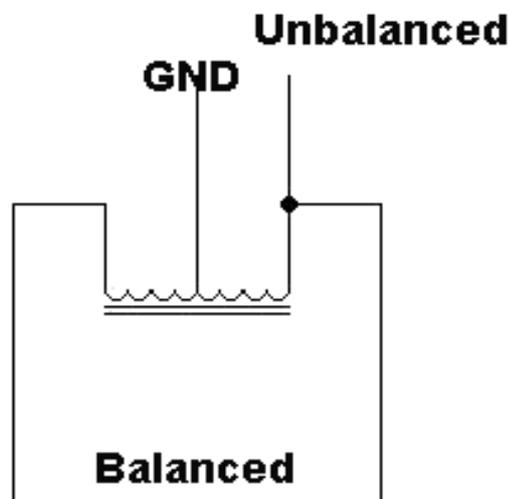
**Balanced Unbalanced (balun)**- são circuitos destinados a converter sinais balanceados em não balanceados ou vice-versa.

- Pode ser considerado como um tipo especial de transformador que desempenha uma ou duas funções:

- Fazem a ponte entre meios balanceados e não balanceados

- Podem ou não fazer adaptação de impedâncias

Além do mais o balun pode simultaneamente alterar a impedância de entrada, convertendo-a em outro valor na saída e desta maneira fazendo o casamento de impedância.





# CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

## TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

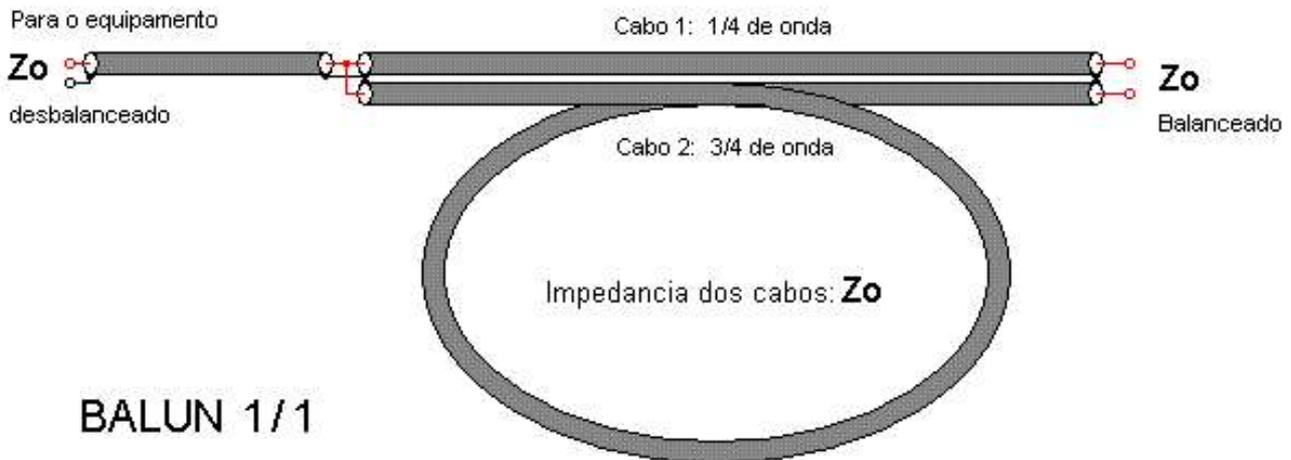
22

Um exemplo típico de uso de balun é para ligar uma antena dipolo de meia onda comum (que é um circuito balanceado) a um cabo coaxial (que é um circuito desbalanceado). Quando se faz esta conexão sem uso de balun, haverá uma circulação de corrente extra na blindagem do cabo, devido ao potencial existente nos dois terminais do dipolo, o que causa uma série de efeitos (as vezes prejudiciais) como a irradiação pelo próprio cabo coaxial, o que deforma o diagrama de radiação da antena, entre outros.

Um BALUN muito usado é o 1 para 4 (ou 4/1). Esta relação de 1/4 ou 4/1 se refere ao fato de que, além da função óbvia de BALUN, ainda funciona como transformador de impedância, transformando a impedância do lado desbalanceado em outra 4 vezes maior do lado balanceado, ou ainda, transforma a impedância do lado balanceado em outra 4 vezes menor do lado desbalanceado. A figura seguinte mostra o circuito correspondente:



A figura seguinte mostra um circuito que é realmente apenas BALUN, pois não causa nenhuma transformação de impedância, donde o apelido 1/1:





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

23

#### **45 - descrever o funcionamento de uma antena**

##### **Definição de antena**

Antena é o dispositivo cuja função é transformar energia eletromagnética guiada pela linha de transmissão em energia eletromagnética irradiada, pode-se também dizer que esta lei serve também no sentido inverso, isto é, transformar energia eletromagnética irradiada em energia eletromagnética guiada para a linha de transmissão. Portanto, sua função é primordial em qualquer comunicação onde exista radiofrequência. A relação entre as potências de emissão e recepção é proporcional e obedece à Fórmula de Friis.

As primeiras antenas presume-se, foram criadas por Heinrich Hertz, em 1886, com a finalidade de auxiliar no estudo e desenvolvimento das teorias eletromagnéticas.

Hertz pesquisou diversos dispositivos durante a realização de seus experimentos para testar e provar a teoria eletromagnética, esta proposta pelo matemático e físico James Clerk Maxwell.

As primeiras antenas que se tem notícia foram produzidas por Hertz. Na verdade eram duas placas de metal conectadas a dois bastões metálicos. Estes dispositivos eram ligados a duas esferas, e estas separadas entre si por uma distância pré-determinada. Nas esferas era adaptada uma bobina que gerava descargas por centelhamento. As centelhas por sua vez, ao atravessar o espaço entre esferas, produziam ondas eletromagnéticas oscilatórias nos bastões.

Desde as primeiras antenas até a atualidade, os princípios físicos que regem seu projeto e desenvolvimento foram sendo aprimorados e descobertas novas maneiras e tecnologias de se transmitir e receber sinais eletromagnéticos.

##### **Campos de irradiação e propagação**

O princípio da pedra jogada numa lagoa, é o mais elucidativo exemplo de campos de irradiação e propagação.

As ondas produzidas no meio de uma massa líquida por uma pedra lançada, depois que chegou ao fundo, continuam se propagando.

A pedra e sua queda, não são necessárias à manutenção das ondas, mas foram prementes à sua criação, cessou a causa (Queda da pedra), porém o efeito (propagação de ondas) teve seu prosseguimento, independente daquela ter cessado.

As linhas de fluxo, concêntricas em forma de ondas transportam energia, a este deslocamento, define-se como propagação. A energia contida nas ondas, chama-se energia irradiada ou campo distante (analogamente no caso da água), a água espirrada acelerada pelo impacto da pedra e, em volta dela, para efeito de analogia pode ser definida campo próximo.

##### **Campo próximo**

Existem dois tipos de distribuição de linhas de campo, as mais próximas da antena que deixam de existir imediatamente ao cessar a causa. Isto é, quando cessa a corrente esta sofre a anulação por um semi-ciclo, e as linhas não chegam a se fechar, portanto, não se propagam. Este efeito é definido *campo próximo, de Fresnel ou campo de indução*."

##### **Campo distante**

Quando as linhas se fecham, portanto se propagam no espaço carregando consigo energia irradiada, análogo ao exemplo acima, denomina-se *campo distante, ou de Fraunhofer, ou campo de irradiação*."



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

24

Nas antenas que utilizam refletores, ambos são importantíssimos, "o campo elétrico na região distante varia com o inverso da distância, enquanto que na região próxima isto não acontece."

#### **Importância do campo próximo**

A região de indução (campo próximo) é geralmente usada no projeto de antenas com um ou vários elementos de forma a induzir nestes a energia que estaria perdida. Desta forma aproveitando-a, induzindo-a ao elemento parasita, tanto diretor, quanto refletor, se for o caso.

#### **Importância do campo distante**

A região distante é importante para as radiocomunicações, portanto, deve ser delimitada a fronteira entre elas.

#### **Irradiação e diretividade de uma antena**

O diagrama de irradiação nada mais é do que o mapeamento da distribuição de energia irradiada, levando em conta o campo tridimensional. Este se faz de duas maneiras, ou em campo ou através de simulações em computadores.

Para levantar-se o diagrama de irradiação, deve-se tomá-lo a partir de uma distância e localização onde não seja possível a interferência de elementos estranhos ao meio onde se encontram a antena de prova e a antena de teste.

Elementos estranhos que interferem podem ser desde árvores, calhas, rufos, arames, linhas de transmissão de energia ou telefônicas. Estruturas de concreto armado também interferem no resultado de um diagrama de irradiação/recepção pelo fato de existir ferro em seu interior.

Portanto, para executar experiências de aferição de antenas, estas devem ser em campo aberto.

Normalmente levanta-se o diagrama à separações entre antenas de prova e teste não inferiores a dez vezes ao comprimento de onda da frequência de teste.

Deixa-se a antena de teste a uma distância confiável da antena de prova (Em campo aberto), de forma a não haver interação de sinais entre elas e o meio circundante.

Três passos devem se seguidos, após tomadas todas as precauções.

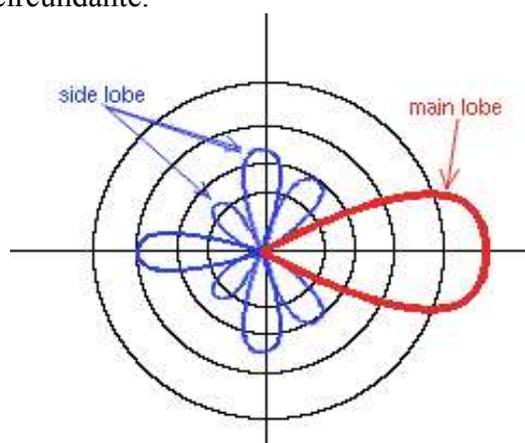
1-Gira-se a antena sob teste de forma a descrever um círculo.

2- A intervalos regulares, a cada dez graus por exemplo, toma-se a medida do campo irradiado de forma a obter-se um gráfico.

3- Os valores devem ser anotados ou em valores absolutos, ou em valores relativos ao seu máximo.

As medidas e características servem tanto para transmissão quanto para a recepção, obedecendo a lei da reciprocidade.

Na resultante da experiência temos o que se chama diagrama de irradiação do campo da antena, e por consequência torna-se mister em suas especificações se tratamos de campo ou de potência, se a polarização é vertical, ou horizontal, e o principal, o levantamento, sempre que possível deve ser executado em 360 graus.



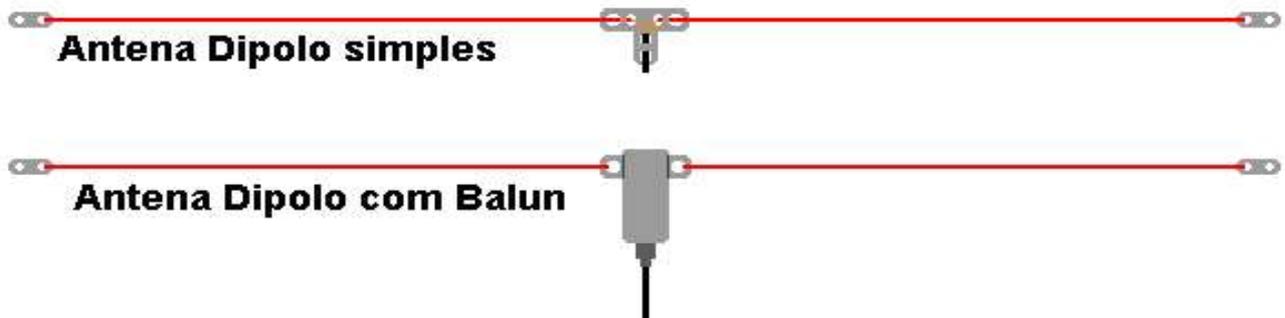


## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

25

46 - descrever o funcionamento e principais características de uma antena dipolo e de uma antena vertical de 1/4 de onda



A dipolo de  $\frac{1}{2}\lambda$  é provavelmente a mais simples antena utilizada pelos radioamadores, ela consiste de dois  $\frac{1}{4}\lambda$  de comprimento de fio. Como mostrado, o dipolo tem uma performance melhor através da frente e costa de sua tela, mas terá um nulo (área reduzida/baixo rendimento) em qualquer lateral de seu monitor. Isto pode ser extremamente útil se você deseja operar Leste de estações ou Oeste de você, mas pode evitar interferência de estações para o Norte ou Sul (ou vice-versa).

A primeira antena na figura acima mostra a antena usada com uma conexão simples a um cabo coaxial de 75ohms. Como a impedância característica de uma antena dipolo de  $\frac{1}{2}\lambda$  é aproximadamente de 75ohms, pode-se ligar a mesma diretamente ao radio.

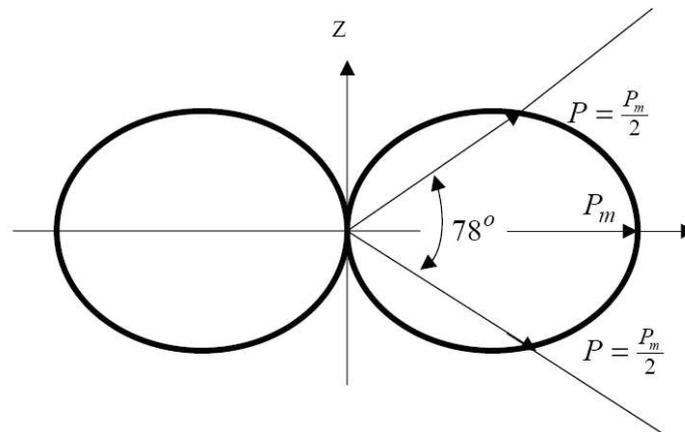
Claro que, se trata de uma alternativa, mas pode alimentar o dipolo diretamente com o cabo de 50ohms.

A segunda antena na figura acima mostra o dipolo com um balun de 1:1 inserido no centro da antena. Este é o método preferido de construção, e normalmente tem uma melhor performance que o método de isolador central previamente mostrado.

A impedância a um determinado ponto na antena é determinada pela relação da voltagem pela corrente àquele ponto. Por exemplo, se tiver 100 V e 1.4 A de RF a um ponto especificado em uma antena e se elas estiverem em fase, a impedância seria aproximadamente 71 Ohms.

O tamanho de uma antena dipolo de  $\frac{1}{2}\lambda$  depende do diâmetro do condutor utilizado, bem como da distancia da antena com relação ao solo e outros, onde o ideal seria acima de  $\frac{1}{2}\lambda$  em metros.

Padrão de radiação do dipolo de meia onda



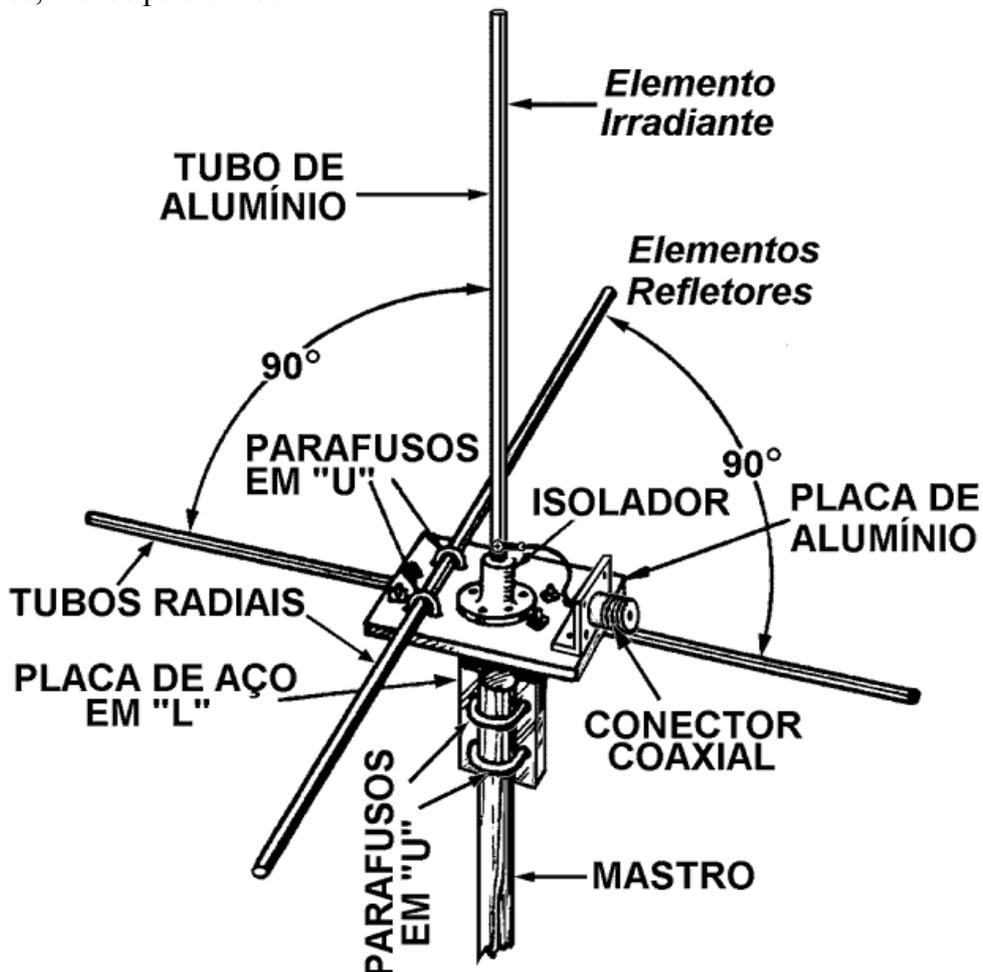


### Antena vertical de 1/4 de onda

As antenas plano-terra 1/4 de onda são as mais populares em uso atualmente. Isto deve-se à facilidade de ajustes bem como ao excelente desempenho, produzido por elas. Uma plano-terra 1/4 pode ter três radiais espaçados a  $120^\circ$ , ou quatro com espaçamento de  $90^\circ$ . A plano-terra 1/4 de onda poderá ser calculada usando-se formulas, e seu ajuste é de certa maneira muito fácil. Sua construção deverá ser totalmente em tubos de Alumínio anodizado, garantindo assim uma boa durabilidade.

A antena com o plano-terra a  $90^\circ$  em relação ao irradiante tem uma impedância de 30 a 36 Ohms, abaixando-se os radiais até formarem um ângulo de  $45^\circ$  em relação ao eixo do irradiante, a impedância da antena sobe para 50 Ohms, facilitando o acoplamento com o transmissor. Com o ajuste do comprimento do irradiante, obtém-se uma Relação de Ondas Estacionárias (R.O.E.) na razão de 1:1,0 ou seja o acoplamento perfeito. É preferível a melhor antena com um transmissor modesto que uma péssima antena com o melhor transmissor.

Os radiais dessa antena servem como refletores, impedindo tanto que sinais que venham num ângulo descendente sejam perdidos quanto que sinais ascendentes, que tendem a ser interferência, sejam captados. Podemos dizer que o elemento irradiante é "quase omnidirecional", pois ele irradia para todos os lados, menos para cima.





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

27

#### **47 - calcular as dimensões de uma antena dipolo de fio para uma frequência determinada quando se conhece o fator de velocidade para o fio**

Vejam agora como podemos dimensionar um dipolo de  $l/2$  para uma frequência qualquer desejada. O comprimento de onda em uma determinada frequência é igual à velocidade de propagação da onda eletromagnética no vácuo ( 300 000 000 m/s) dividido pela frequência (em Hertz) em questão ou então:

$$\lambda = 300 / f \text{ (MHz)}$$

Na situação acima,  $f$  é dado em MHz e  $\lambda$ , em metros. Como a velocidade de propagação da onda eletromagnética no vácuo é máxima e que em outros meios ela é menor, o fio condutor da antena terá o comprimento de onda 5% menor. Dessa forma,  $l$  será:

$$\lambda = 0,95 \times 300 / f \text{ (MHz)} = 285 / f \text{ (MHz)}$$

Como um dipolo meia onda é  $l/2$ , resulta:

$$\lambda/2 = (1/2) \times (285/f) = 142,5 / f \text{ (MHz)} = \text{comprimento total ( extremo a extremo)}$$

Com esta equação temos um meio de calcular o tamanho para a antena desejada.

Vejam um exemplo:

Qual deve ser o comprimento de uma antena de meia onda para um transmissor que trabalha em 7050 MHz?

$$\text{Comprimento da antena} = 142,5 / 7,050 = 20,21 \text{ metros}$$

O comprimento de 20,21 metros é de extremo a extremo, portanto teremos dois pedaços de fio de 10,10 metros. Veremos como efetuar a instalação de uma antena dipolo clássica a seguir.

#### **Como instalar uma antena dipolo para HF**

A instalação desse tipo de antena é muito fácil, mas deve-se ter alguns cuidados para evitar campos parasitas e valores de ROE indesejáveis. Como ela é uma das mais usadas, vale a pena nos aprimorarmos um pouco mais no assunto.

A primeira coisa a fazer é o cálculo do comprimento da antena pelas equações vistas anteriormente. Por exemplo, para calcularmos um dipolo que funcione em 7060 MHz, temos:

$$l = \lambda/2 = 142,5 / 7,060 \text{ (MHz)} = 20,18 \text{ metros}$$

Feito isso, o próximo passo é a escolha do fio a ser empregado. Na maioria das vezes o que se costuma fazer é utilizar uma bitola de fio que sirva para os casos mais frequentes, ou seja, casos em que temos potências envolvidas relativamente pequenas. Essa bitola pode ser 12 ou 14 AWG para potências de até 1 kW (1000 watts).

Estações de radioamadores, faixa do cidadão e alguns serviços comerciais se enquadram perfeitamente nessa categoria.

Os *QRPistas* (operação em baixa potência) não enfrentam tal problema, mas a bitola do fio maior será interessante, pois assegura boa resistência mecânica. Utilize preferencialmente o fio 12 AWG, pode ser encapado mesmo.

A maneira tecnicamente correta de se instalar um dipolo de  $l/2$  onda é pendurá-lo por suas extremidades, deixando o cabo coaxial sair em ângulo reto para baixo de seu centro ou então prendê-lo em sua parte central pelo isolador, fazendo com que as duas metades formem um V invertido,



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

28

num ângulo de 90 graus. Essa configuração chama-se justamente V invertido.

Qualquer que seja a configuração escolhida, vemos que o fio ficará tracionado, o que acabará por alongá-lo, principalmente porque a liga geralmente empregada nos condutores não é pura. Devemos então compensar um pouco esse efeito, alongando um pouco o fio antes de fazer a antena. Isso evitará que com o passar do tempo o próprio peso do cabo coaxial acabe por deformar o dipolo.

Para alongá-lo, amarra-se uma das pontas do fio a ser usado em uma árvore ou poste, e por meio de um apoio amarrado na outra ponta puxa-se o fio até que tenhamos um alongamento de uns 5% do tamanho original.

Um outro detalhe, posso mesmo utilizar fio encapado? Sim, não há motivo para preocupação, pois tanto o fio encapado como esmaltado se prestam igualmente a isso.

O único detalhe é que no caso do fio esmaltado devemos raspá-lo antes de soldá-lo.

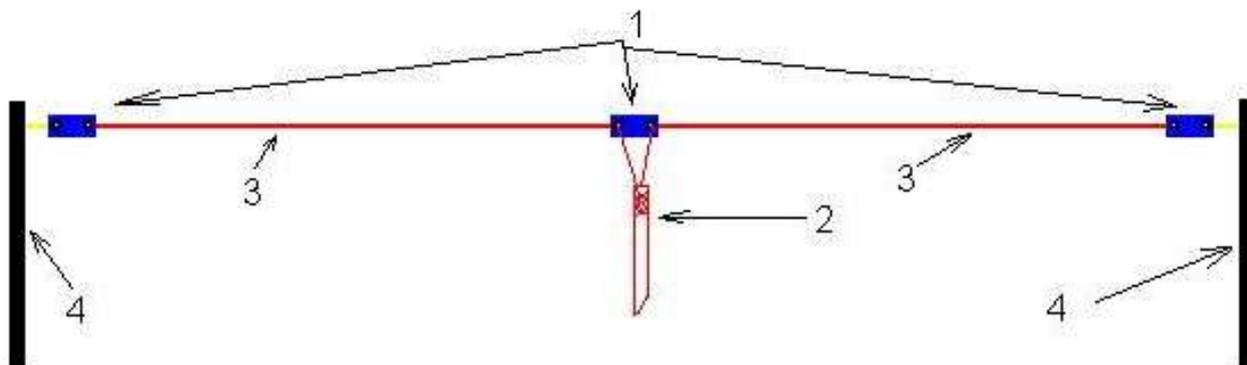
Quando efetuar a soldagem, procure raspar bem todas as superfícies antes de juntá-las para a solda. Uma boa idéia seria a de dar uma estanhada nos dois lugares antes de uni-los, para garantir que a solda faça contato quando as superfícies são bem limpas.

Depois de esticar o fio, com auxílio de uma trena medimos o comprimento  $l$  e, deixando uma certa folga (mais ou menos 1 metro) para ambos os lados, cortamos o fio no seu ponto central.

O cabo coaxial deverá ter a sua extremidade desencapada (capa preta de vinil) uns cinco centímetros; a malha deve ser desfiada e agrupada como um único condutor. O condutor central deverá ter o isolante do coaxial removido um centímetro a partir da ponta, soldando-se a malha e o fio interno do coaxial num dos extremos de cada fio utilizado um isolador central que pode ser comprado em casas especializadas ou feito de madeira ou plástico.

Como último detalhe temos as pontas extremas da antena. poderemos usar castanhas de cerâmica ou isoladores de material plástico, vendido em casas do ramo.

A antena está pronta para ser instalada entre dois pontos previstos para essa finalidade. Não devemos esquecer que essa é uma antena direcional e que o máximo desempenho, tanto na transmissão como recepção, se dá nas direções perpendiculares ao eixo do fio condutor.



Antena dipolo

1 - Isoladores

3 - Condutores da antena

2 - Linha de transmissão

4 - Mastros da antena



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

29

#### **48 - identificar o tipo de polarização para vários tipos de antenas mais usadas**

Para RF, a polarização é o processo de fazer a radiação oscilar numa determinada forma, tal que os percursos das vibrações num plano perpendicular ao raio sejam linhas retas, elipses ou círculos, o que constitui respectivamente uma polarização plana, elíptica ou circular.

É a orientação, ou a direção de um vetor elétrico numa onda de RF polarizada linearmente, quando irradiada de uma antena transmissora. Em HF para frequências superiores, (VHF, UHF, SHF), se pode orientar a polarização de antenas de duas formas, polarização horizontal e polarização vertical. Ou seja, quando polarizado horizontalmente, um sinal de RF é captado bastante fraco, ou não é captado por uma antena em polarização vertical e vice-versa, salvo distâncias entre emissor e receptor bastante pequenas.

A polarização de uma antena sempre é tomada em relação ao plano que por ela é enxergado como a terra, ou seja pela posição do vetor campo elétrico. Assim, estando o campo elétrico na horizontal, este estará polarizado horizontalmente, se na vertical, dir-se-á que o campo é polarizado verticalmente.

Um exemplo de polarização vertical de antenas, são as chamadas "monopolos", para estas, é necessária uma referência de terra, ou um "plano de terra", cujas dimensões e formas devem ser tais que propiciem um diagrama de irradiação (Ou recepção) adequado ao maior rendimento possível.

Conforme o tipo de propagação ou mesmo da antena utilizada, sua polarização, conforme dito anteriormente, pode ser linear, circular ou elíptica e é o campo elétrico que a determinará.

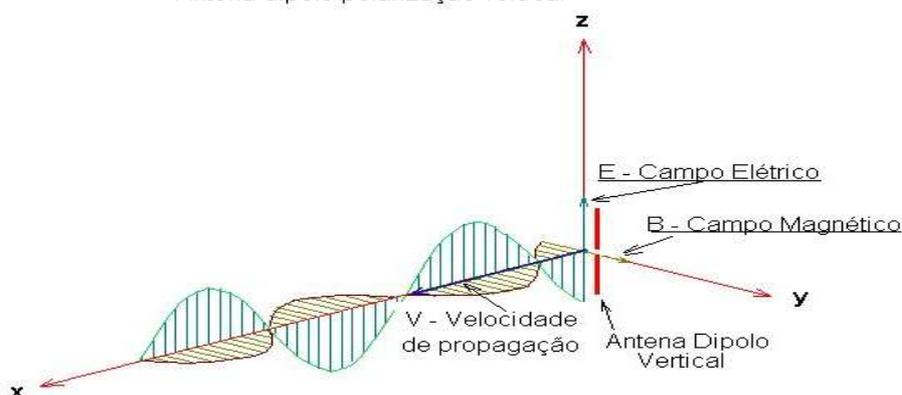
#### **Vantagens da polarização vertical**

A polarização vertical permite a propagação omnidirecional, muito útil em comunicações em movimento, por exemplo a emissão da rádio. Também em zonas urbanas, que normalmente tem um alto nível de radiações electromagnéticas em VHF e UHF (televisão) e que normalmente tem polarizações horizontais, pelo que esta polarização vertical está menos sujeita a ruídos. Normalmente, com esta polarização, a frequência de trabalho está abaixo dos 100 MHz.

#### **Vantagens da polarização horizontal**

A polarização horizontal permite a propagação direcional ou bidirecional. Com isto podemos reduzir interferências de outras direções. A polarização horizontal é menos sujeita a perdas em zonas urbanas ou mesmo florestas (obstáculos verticais). As antenas com esta polarização não são afectadas pela distância entre o emissor e o receptor, por outro lado o alinhamento com o emissor é crucial. Normalmente a frequência de trabalho é superior a 100 MHz.

Antena dipolo polarização vertical





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

30

#### 49 - definir o conceito de Relação de Onda Estacionária em uma linha de transmissão

Toda antena tem uma determinada impedância, que é igual à resistência de irradiação mais uma componente reativa, acontecendo o mesmo com os cabos coaxiais (ou outra linha de transmissão qualquer), só que esses não apresentam a parte reativa. Acontece que se não houver casamento entre a impedância da antena e a do cabo, ao alimentarmos tal conjunto com um sinal de radiofrequência, teremos um efeito que se chama *onda estacionária*, efeito esse que será tanto maior quanto maior for o descasamento entre o cabo e a antena.

Um dipolo ou outro tipo qualquer de antena apresenta uma certa impedância entre seus terminais na frequência de ressonância. Vamos considerar que nesse ponto sua impedância esteja perfeitamente casada com a do cabo. Se mudarmos um pouco a frequência do sinal para cima ou para baixo em relação à frequência de ressonância, a impedância da antena também será alterada ocasionando assim um descasamento entre ela e o cabo de alimentação, o que nos leva a um aumento do coeficiente de ondas estacionárias.

A sigla ROE (relação de onda estacionária) ou COE (coeficiente de ondas estacionárias) podem também aparecer como SWR, que vem do inglês *standing wave ratio*.

Quando não for possível a medição do coeficiente de ondas estacionárias, existe um método de cálculo muito simples que nos dará esse valor. No entanto, ele só é válido quando a impedância da antena for puramente resistiva. A ROE será dada por:

$$ROE = Zl/Za \text{ ou } ROE = Za/Zl$$

O uso de uma ou outra dessas fórmulas depende apenas de  $Zl$  (impedância resistiva da linha) e da  $Za$  (impedância resistiva da antena). Como a ROE tem sempre que ser maior que um, basta colocar o valor maior sempre no numerador. Vamos ver um exemplo:

Qual a ROE para uma antena de 80 W de impedância ligada a um cabo coaxial de 50 W?

$$80 \text{ W} / 50 \text{ W} = 1,6 = ROE \text{ (então a ROE é } 1,6 : 1)$$

Como o nome diz, são ondas eletromagnéticas (frequências) estacionadas na antena. Um transmissor de rádio frequência, manda para a antena uma frequência com uma determinada potência, para que esta seja irradiada ao espaço livre com o máximo rendimento possível. Acontece que parte desta potência aplicada na antena não é irradiada para o espaço livre, e sim refletida internamente na mesma, ficando esta parte das ondas eletromagnéticas, estacionadas na antena, sendo que em alguns casos (dependendo da potência e da frequência), elas podem retornar a etapa de saída do rádio transmissor causando sérios prejuízos, como a queima desta etapa.

Portanto, "ondas estacionárias" é a relação entre a potência irradiada e a potência refletida por uma antena. Esta onda estacionária pode ser medida basicamente de duas maneiras:

- 1- Através de um medidor da R.O.E(ondas estacionárias), com escala direta e própria.
- 2- Através de um wattímetro, onde fazemos o cálculo em percentual da potência refletida.

Ex: Se um wattímetro instalado entre o rádio e a antena, acusar uma potência irradiada de 200 mw e uma potência refletida de 5 mw, a onda estacionária nesta antena será de 2,5 %

Vejamos a comparação entre a escala da R.O.E e percentuais:

R.O.E : 1 = 0% , 1.2 = 1% , 1.5 = 4% , 2 = 11% , 3 = 25% , 4 = 36% e 5 = 50%



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

31

Classifico a onda estacionária de uma antena pelo percentual como segue:

Até 4% ótima, entre 4 e 8% boa, entre 8 e 11% regular, entre 11 e 18% ruim, entre 18 e 25% péssima. Esta classificação é válida individualmente por antena, para comparação entre duas ou mais antenas, elas deverão ter o mesmo ganho em dbi.

Ex:

A) uma antena omni de 8dbi e uma de 15 dbi possuem estacionária de 4%, ambas estão ótimas, porém a de 15 dbi tem um ganho maior, portanto um alcance também maior. duas antenas omnis de 8 dbi, uma tem estacionária de 1% e a outra de 4%, a omni com estacionária de 1% é melhor que a com 4%, porque mesmo as duas tendo ganhos iguais, a com 1% de estacionária terá melhor qualidade no sinal irradiado bem como maior alcance. C) uma antena omni de 8 dbi com 1% de estacionária irradiará um sinal com melhor qualidade e em maior distância que uma omni de 9 dbi com estacionária de 11%.

Importante sabermos que não se pode determinar a qualidade da antena, levando em conta isoladamente, o ganho ou a estacionária, estes dois fatores estão atrelados entre si.

Ex:

a) uma antena com ganho de 30 dbi e estacionária de 75%, só causará problemas. uma resistência de 50 ohms, colocada na ponta de um cabo RG 213, com comprimento em múltiplos da frequência, terá estacionária de aproximadamente 2%, não irradiará nada, pois não é uma antena.

Bem, acredito que ficou claro o que são "ondas estacionária" (R.O.E), agora vamos ver os fatores que determinam a R.O.E em uma antena, como acontece e por que acontece.

Uma antena tem como finalidade acoplar a impedância de saída de um transmissor com a impedância do espaço livre, e para que isto aconteça, a antena deverá estar sintonizada para a frequência deste transmissor. Obs: Quando falo em impedância de saída de um transmissor de RF, não estou falando em impedância resistiva a cargas elétricas e sim a ondas eletromagnéticas.

Alerto para este detalhe, pois muitos já tentaram achar os 50 ohms tanto no cabo coaxial quanto no conector da antena de transmissão de dados em 2.4 ou 5.8 ghz. As antenas podem funcionar, dependendo do tipo, com o gama (elemento irradiante vivo) em aberto ou em curto com relação à massa (malha do cabo, plano terra etc.), portando um multímetro comum usado em eletrônica, ou vai acusar curto zerando o mostrador, ou não vai registrar nada.

Quanto mais precisa for esta sintonia, menor será o percentual de ondas estacionárias nesta antena.

Para que uma antena esteja sintonizada na frequência que queremos irradiar, é necessário que seus componentes ativos e as distâncias entre eles, sejam calculados com base no comprimento de onda desta frequência.

Ex:



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 4)**

32

Normalmente em 2.4 ghz, usamos 11 canais que vão de 2.412(canal 1) a 2.462(canal 11) Mghz, uma antena para atender todos estes canais, deverá estar sintonizada na frequência de 2.437(canal 6) Mghz, para que sua R.O.E tenha uma alteração uniforme, tanto para os canais acima quanto para os canais abaixo do 6°. Portanto seus componentes terão como base para os cálculos o comprimento de onda de 123,1 mm. Esta antena irradiará um sinal com melhor qualidade no canal seis, mas sem comprometer a qualidade nos canais um e onze. Se, no entanto ela estiver sintonizada no canal onze, o canal um, ou vice-versa, poderão ficar comprometidos com relação a estacionária, pois serão dez canais distantes da sintonia e não cinco como no caso anterior.

Este é o principal fator que pode determinar o valor da estacionária de uma antena, existem outros fatores, bem mais complexos que podem auxiliar na formação da onda estacionária (composição do circuito ressonante da antena), de acordo com suas capacidades resistivas, indutivas e capacitivas, conforme o tipo e modelo do mesmo.

Bem, como vimos, uma antena já vem com sua R.O.E (ondas estacionárias), pré determinada quando de sua fabricação, portanto não podemos melhorá-la após isto, e sim cuidar para que a mesma não venha a piorar com o uso.

Uma antena pode ter sua R.O.E aumentada, pós fabricação, por alguns fatores, sendo que os mais comuns são: Poluição interna do gama através do acúmulo de elementos poluentes encontrados no ar sobre o mesmo(elemento irradiante vivo), por oxidação deste ou por infiltração de umidade na antena.

Para tentarmos evitar que tal aconteça, devemos impermeabilizar (o melhor possível) toda e qualquer conexão que fique exposta ao tempo, tomando o cuidado de não fechar nenhum orifício natural existente na antena.

#### **O Problema das Ondas Estacionárias**

Observando periodicamente os casamentos de impedâncias, por meio da leitura da relação de onda estacionária de tensão, você estará zelando pela saúde de seu equipamento.

Mas, nenhum "casamento" é perfeito eternamente, como é provado pelo aumento da razão da onda estacionária de tensão. Gradualmente, o revestimento do cabo coaxial começa a rachar, a corrosão introduz-se nos conectores e condutores, uma soldadura fria começa a exibir resistência ohmica, a oxidação evita que um conector faça um contacto perfeito com a terra, ou uma base de montagem torna-se isolada da carcaça do veículo. Qualquer um desses problemas envolverá você e seu equipamento nas redes das ondas estacionárias.

Como os fabricantes parecem vender mais medidores de ondas estacionárias (também chamados reflectómetros) do que qualquer outro acessório para radioamadores, eles merecem uma análise mais detalhada. Medir a relação de ondas estacionárias com um reflectómetro é uma tática inteligente, porque reparar um sistema de antena por outros meios iria requerer os recursos de um laboratório da NASA. Você poderia ligar um wattímetro de RF na saída do transceptor, mas ele revelaria apenas a quantidade de potência entregue ao cabo coaxial. Agora, descobrir se aquela potência está sendo transferida para a antena e se ela está irradiando com eficiência, é um outro assunto.

A Lei de Ohm não fornece ajuda significativa, porque muitos operadores não têm os meios necessários para medir os parâmetros de um sistema de antena, operando a 27 MHz; por exemplo, se o seu aparelho fornece 4 watts, sobre uma carga de 50 ohms, a Lei de Ohm diz que a corrente na



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

33

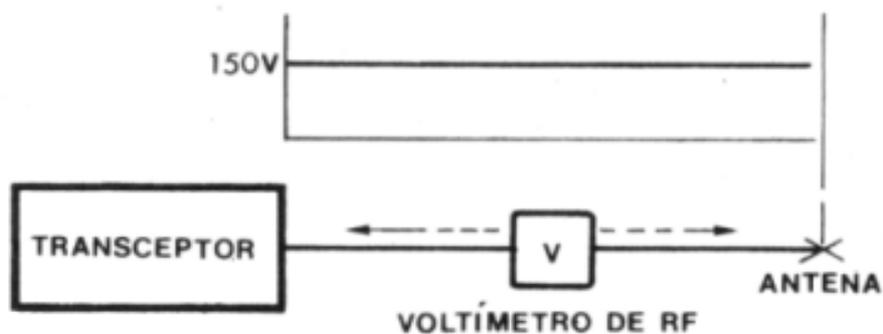
antena deveria ser de 300 mA. Contudo, um amperímetro de RF capaz de indicar 300 mA, com precisão, está acima das posses de muitos operadores.

Em conclusão, se você não possui sofisticados instrumentos de RF, a solução mais barata é o reflectômetro, quando se trata de observar casamentos de impedâncias.

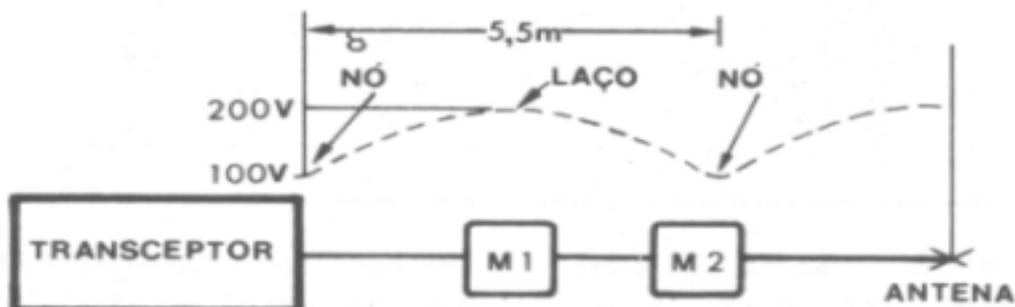
Como o transceptor deve ter seus circuitos de saída ajustados na fábrica, para cargas de 50 ohms, é raro acontecer o surgimento de ondas estacionárias no ponto de encontro entre o aparelho e o cabo coaxial. A linha de transmissão, por si só, não deve produzir descasamento, pois as linhas padronizadas exibem uma impedância constante de  $50 \pm 2$  ohms, independentemente de seu comprimento, quando são conectadas a cargas de 50 ohms.

Caso você suspeite que há algo errado com o ajuste do transmissor, ligue um wattímetro de RF e uma carga simulada, de 50 ohms, à saída do transceptor, com pedaços curtos de cabo coaxial. A leitura deverá estar próxima ao limite máximo permitido de 4 W.

A situação mais feliz ocorre quando toda a potência entregue à linha de transmissão passa para a antena e é irradiada para o espaço. Neste sistema ideal, um voltímetro de RF, colocado na linha de transmissão, como se vê na figura abaixo, indicará uma tensão constante, ao longo de toda a extensão da linha. Sem nenhum pico de tensão, diz-se que a linha está "plana".



Entretanto, a influência do tempo e dos elementos, perturbam essa plácida convivência. O resultado aparece graficamente na figura abaixo; ao invés de aceitar e irradiar toda a potência de RF, a antena envia de volta parte do sinal, pela linha de transmissão. Assim, agora duas ondas percorrem a linha: uma onda original e uma refletida. A onda refletida se opõe à onda original e cancela parte da mesma, dando origem a uma onda estacionária de tensão.





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

34

O voltímetro de RF revelaria tal fenômeno. Vamos imaginar, por exemplo, que o voltímetro M1 seja ligado à linha, no ponto de tensão máxima (também chamado de laço ou antinodo) e forneça uma leitura de 200 volts; o segundo voltímetro, M2, é instalado no ponto de tensão mínima da linha (chamado nodo) e indica 100 volts; a razão de onda estacionária, portanto, é expressa por  $V_{max}/V_{min}=200/100$ , ou 2 (diz-se também 2 : 1 ou <dois para um>). Se, por acaso, as tensões extremas fossem iguais a 400 V e 40 V, a razão seria igual a 10.

Os laços ou nós da figura 2 estão separados por uma distância de meio comprimento de onda (aproximadamente 5,5 m), nas frequências da banda do cidadão.

#### **50 - descrever as camadas da Ionosfera responsáveis pela reflexão dos sinais de rádio**

Vista do espaço, a esfera terrestre tem uma coloração azul brilhante devido efeito cromático produzido pela dispersão da luz solar sobre os gases atmosféricos. Estes envolvem-na em fina camada composta basicamente por gases e poeira, retidos pela ação da força da gravidade.

A Ionosfera é uma região ionizada partir de 50 Km de altitude até uma distância indeterminada, arbitrada em torno de 550 Km (Dependendo do autor). Nesta existe grande quantidade de íons gerados pelas influências da radiação solar, de partículas cósmicas e solares de alta energia incidentes sobre o Sistema Solar.

#### **Divisão Atmosférica.**

Segundo Kelley, M. C, and Heelis, ("The Earth's Ionosphere: Plasma Physics and Electrodynamics",1989), existe uma divisão em camadas ou regiões da atmosfera segundo suas propriedades físico-químicas e iônicas:

Troposfera (0 - 7/17 km);

Tropopausa, situada a uma altura média em torno de 17km;

Estratosfera fica situada entre 7 e 17 até 50 km;

Estratopausa, (É próximo à estratopausa que a maior parte do ozônio da atmosfera se situa, em torno de 22 Km);

Mesosfera, entre 50 a 85 km (É na mesosfera que ocorre o fenômeno da aeroluminescência das emissões da hidroxila);

Mesopausa, onde predomina a difusão molecular;

Termosfera, entre 80/85 Km até mais de 640 Km.

#### **Divisão iônica**

A Ionosfera está sujeita a variações geográficas, temporais e à dinâmica terrestre e celeste. Exerce um efeito sobre as características de propagação das ondas eletromagnéticas abaixo de si e no próprio meio, está sujeita também às variações ocasionadas pelas anomalias geomagnéticas à exemplo das anomalias Equatorial e do Atlântico Sul.

A composição iônica, é determinada pelas influências das radiações e partículas solares e cósmicas energéticas incidentes. Levando-se em conta a distribuição e densidade iônica, a atmosfera é dividida por camadas (Ou regiões). Se distribui desde a mesosfera até termosfera, aproximadamente 550 km de altitude, suas separações são determinadas segundo a natureza físico química e densidade iônica:



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

35

Camada D: A mais próxima ao solo, fica entre os 50 e 80 km;

Camada E, acima da camada D, embaixo das camadas F1 e F2, altitude média é entre 80 e 100-140km. Semelhante à camada D;

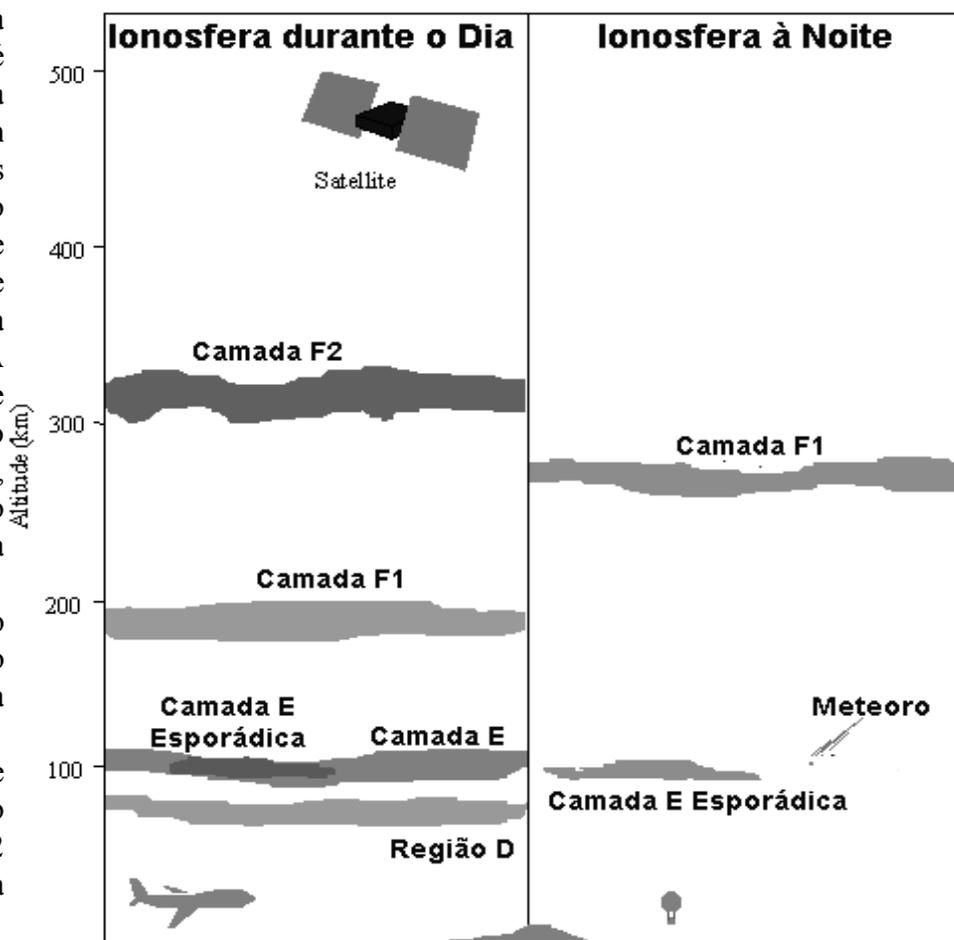
Camada E Esporádica, fica mais ativa quanto mais perpendiculares são os raios solares que incidem sobre si;

Camada F1, está acima da camada E, embaixo da camada F2 ~100-140 até ~200 Km. Existe durante os horários diurnos;

Camada F2, a mais alta das camadas, está entre os 200 e 400km.

Durante o dia, a "Esporádica E, é algumas vezes observada na região E, e em algumas determinadas vezes durante o ciclo solar a região F1 pode não ser distinta de F2, e sim, se juntarem para formar a região F. À noite, as regiões D, E e F1 se tornam muito vazias de elétrons livres, deixando apenas a região F2 disponível para comunicações; entretanto não é raro ocorrer a região Esporádica E durante a noite.

Apenas a E, F1 e Esporádica E quando presentes, e a região F2 refratam ondas de alta frequência ( HF ).



A região D também é importante, porque apesar de não refratar ondas de rádio, ela absorve ou as atenuam. A região F2 é a mais importante para a propagação das ondas de rádio HF devido a :

- está presente 24 horas do dia;
- sua alta altitude permite os mais longos caminhos de comunicação;
- geralmente refrata as mais altas frequências na faixa de HF

O tempo de vida dos elétrons é maior na região F2 o qual é uma razão de porque estar presente a noite.

Tempos típicos de vida de elétrons nas regiões E, F1 e F2 são 20 segundos, 1 minuto e 20 minutos, respectivamente.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

36

#### **Característica da ionosfera em termos de radio comunicação**

A mais importante característica da ionosfera em termos de radio comunicação é sua habilidade de refletir ondas de rádio. Entretanto, apenas aquelas ondas dentro de determinados intervalos de frequência serão refletidas.

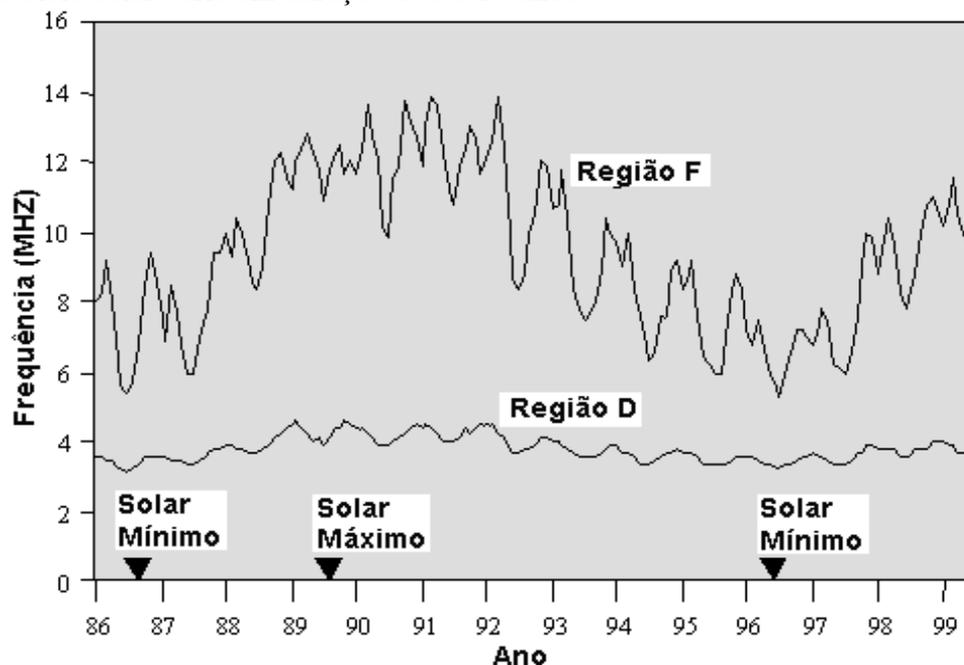
A ionosfera não é o meio estável o qual permite o uso de uma frequência ao longo do ano, ou até durante 24 horas. O ionosfera varia com o ciclo solar, as estações, o circuito e durante qualquer dia em questão. Então, uma frequência poder prover propagação com sucesso agora, e pode não ser o mesmo uma hora depois.

#### **Variações devidas ao ciclo solar**

O Sol passa através de um período de elevação e queda em sua atividade o qual afeta as comunicações em HF, o ciclo solar varia em duração de 9 a 14 anos.

Na atividade mínima, apenas as frequências mais baixas da banda de HF serão suportadas pela ionosfera, enquanto na máxima as frequências mais altas serão propagadas com sucesso.

Isto se deve a existência de mais radiação emitida pelo Sol no período de pico, o que produz mais elétrons na ionosfera o que permite o uso de frequências mais altas.



Existem outras consequências para o ciclo solar. Em torno do pico máximo solar existem maiores incidências de labaredas solares. As labaredas são grandes explosões no Sol que emitem radiações e ionizam a região D causando maior absorção de ondas de HF. Considerando que a região D é presente apenas durante o dia, apenas os caminhos de comunicação que passam através do dia serão afetados. A absorção de ondas de HF que viajam através da ionosfera depois da ocorrência das labaredas é chamada de desvanecimento das ondas curtas. Desvanecimentos ocorrem instantaneamente e afetam baixas frequências em sua maioria. As frequências mais baixas são as últimas a se recuperarem. Se for suscitado ou confirmado que um desvanecimento aconteceu, pode ajudar tentar usar uma frequência mais alta. Entretanto, se uma labareda é muito grande, o espectro inteiro da HF pode se tornar inutilizado. A duração de desvanecimentos pode variar entre 10 minutos até uma hora dependendo da intensidade e duração da labareda.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

37



#### **Variações sazonais**

As frequências da região E são maiores no verão do que no inverno, Entretanto, a variação nas frequências da região F são mais complicadas. Em ambos hemisférios, as frequência de fim de tarde da região F geralmente atingem picos em torno dos equinócios (Março e Setembro). Em torno do mínimo solar, as frequências dos fins de tarde no verão são, como esperadas, geralmente maiores do que as do inverno, mas, em torno do máximo solar, as frequências de inverno em alguns locais, podem ser maiores do que as do verão. Adicionalmente, frequências próximo aos equinócios (Março e Setembro) são maiores do que aquelas no verão ou inverno para ambas situações de máximo e mínimo solar. A observação das tardes, das frequências de inverno serem geralmente maiores do que as de verão é chamado de anomalia sazonal.

#### **Variações diurnas**

As frequências de operação são normalmente maiores durante o dia e menores a noite. Com o amanhecer, a radiação solar causa a produção de elétrons na ionosfera e as frequências aumentar alcançando o seu máximo próximo da tarde.

Durante a tarde, as frequências começam a cair devido a perda de elétrons e com o anoitecer, as regiões D, E e F1 se tornam insignificantes.

As comunicações de HF em ondas celestes durante a noite é entretanto através da região F2 e a absorção de ondas de radio é menor por causa da falta da região D.

Através da noite, as frequências diminuem alcançando o mínimo imediatamente antes do amanhecer.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

38

#### **Variações na absorção**

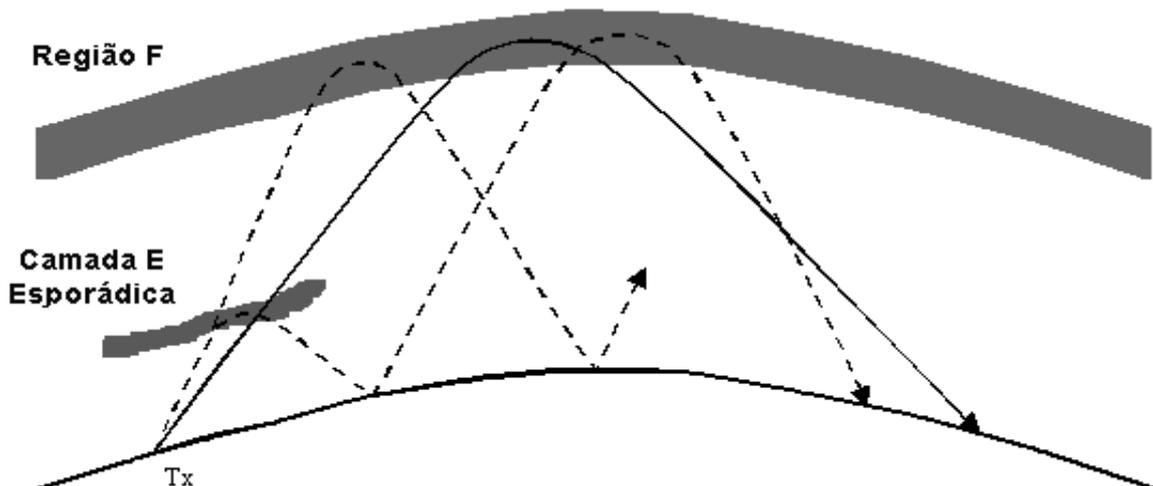
A região D, a qual se torna insignificante a noite, atenua as ondas quando estas passam através desta. A absorção na região D também varia com o ciclo solar, sendo maior em torno do máximo solar.

A absorção de sinal é maior no verão e durante o meio do dia. Existe uma variação na absorção conforme a latitude, com mais absorção ocorrendo próximo ao equador e diminuindo na direção dos pólos, sendo que certos eventos solares poderão significativamente aumentar a absorção nos pólos. Frequências menores são absorvidas em uma extensão maior, logo, é aconselhável usar a mais alta frequência possível.

Ao redor das regiões polares a absorção podem afetar as comunicações dramaticamente as vezes. Algumas vezes prótons de alta energia ejetados do Sol durante grandes labaredas solares se moverão para as linhas do campo magnético da Terra e as regiões polares. Estes prótons podem causar acréscimo na absorção de ondas de radio de HF quando passam através da região D. Esta absorção elevada pode durar um numero de dias que é um evento chamado de Absorção da Calota Polar - Polar Cap Absorption PCA.

#### **Esporádica E**

A Esporádica E pode se formar a qualquer momento. Ocorre a altitude entre 90 a 140 km ( dentro da região E ), e pode se espalha a uma grande área ou ser confinada a uma pequena região. É difícil saber onde e quando ocorrera e quanto tempo irá persistir. A Esporádica E poder ter uma densidade de elétrons comparada com a região F, implicando que pode refratar frequências comparáveis a região F. A Esporádica E entretanto pode ser usada para comunicações de HF em frequências mais das altas que seriam normalmente usadas para a comunicação para as camadas E eventualmente. Algumas vezes uma camada Esporádica E é transparente e permite que a maioria das ondas de radio a atravessem até a região F, entretanto, em outras vezes a camada Esporádica E obscurece a região F totalmente e o sinal não alcança o receptor . Se a camada Esporádica E é parcialmente transparente, a onda de radio parece ser refratada as vezes da região F e em outras ocasiões da Esporádica E. Isto pode conduzir a transmissões parciais do sinal ou desvanecimento.



A Esporádica E nas baixas e medias latitudes ocorrem com mais frequência durante o dia e no inicio da noite, e se prevalece mais durante os meses de verão. Em altas latitudes, a Esporádica E tende a se formar a noite.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

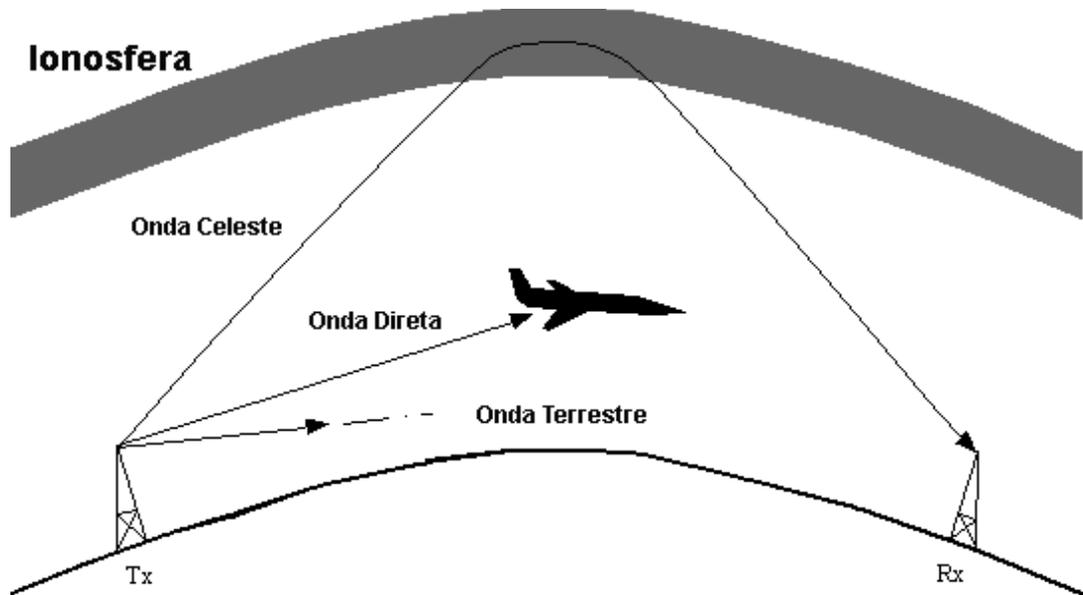
### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

39

#### **Tipos de propagação de HF**

Os sinais de rádio de alta frequência ( 3 a 30 MHz ) podem se propagar a um receptor distante, através de :

- onda terrestre : próximo ao chão para distancias curtas, em torno de 100 km sobre a terra e 300 km sobre o mar. Este alcance da onda depende da altura da antena, polarização, frequência, tipo de solos, vegetação, estado do terreno/mar;
- onda direta ou de linha-de-visada : esta onda pode interagir com a onda refletida de terra em separação terminal, frequência e polarização;
- ondas celestes : refratadas pela ionosfera, todas as distancias.
- 



**51 - descrever o processo de reflexão dos sinais de rádio na ionosfera, estabelecendo as principais características dos modos de propagação e suas relações com a hora do dia**

#### **Limites de frequência das ondas celestes**

Nem todas as ondas de HF são refratadas pela ionosfera, existem limites superiores e inferiores de frequências para comunicações entre dois terminais. Se a frequência é muito alta, a onda irá penetrar na ionosfera, e se for muito baixa, a potência do sinal será atenuada devido a absorção da região D. O intervalo de frequências utilizáveis poderá variar :

- ao longo do dia;
- com as estações;
- com o ciclo solar
- de lugar para lugar
- depende na região da ionosfera usada para comunicações.

Enquanto o limite superior das frequências variam principalmente com estes fatores, os limites inferiores são também dependentes do ruído do lugar de recepção, a eficiência da antena, potência do transmissor, entelamento da camada E e absorção pela ionosfera.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

40

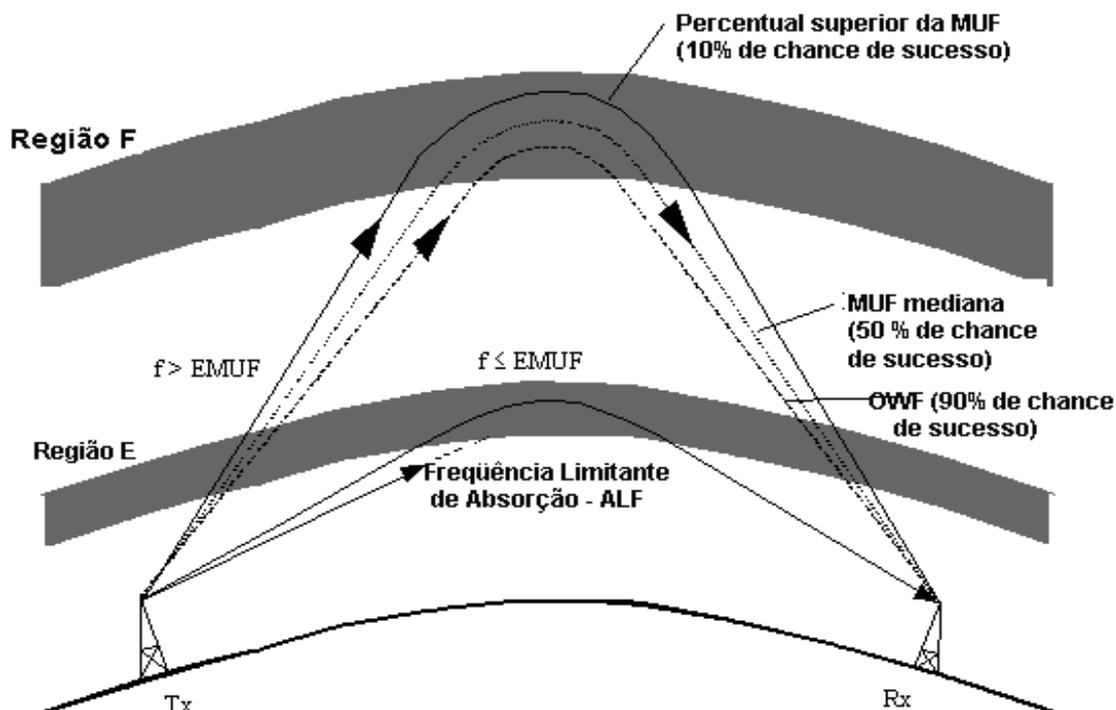
#### O intervalo de frequências utilizáveis

Para qualquer circuito existe uma Máxima Frequência Utilizável - **Maximum Usable Frequency (MUF)** - a qual é determinada pelo estado da ionosfera na proximidade da área(s) de refração e comprimento do circuito. A MUF é refratada a partir da área da máxima densidade de elétrons. Entretanto, frequências mais altas que a MUF para uma região em particular irá penetrar naquela região. Durante o dia é possível se comunicar com ambas camadas E e F usando diferentes frequências. A mais alta frequência suportada pela camada E é a EMUF, enquanto aquela suportada pela camada F é denominada FMUF.

A MUF da região F em particular varia durante o dia, sazonalmente e com o ciclo solar. Dados de coletados ao longo do tempo indicam um intervalo de frequências observadas e algumas previsões espelham as observações. Um intervalo MUF da região F é provido nas previsões e este intervalo se estende a partir do mais baixo décimo percentual do MUF (denominado de Ótima Frequência de Operação - OWF) através da MUF mediana até o percentual superior da MUF.

Estas MUFs tem chances de 90%, 50% e 10% respectivamente de serem suportadas pela ionosfera, respectivamente as previsões geralmente cobrem um período de um mês, logo, a OWF deve prover propagação com sucesso 90% do tempo ou 27 dias no mês. A MUF mediana deve prover comunicações 50% ou 15 dias do mês e o percentual superior da MUF 10% ou 3 dias no mês.

O percentual superior da MUF é a mais alta frequência do intervalo das MUFs e se parece mais propicia a penetrar na ionosfera.



As chances de propagação bem sucedida discutida acima dependem das previsões mensais da atividade solar da IPS serem corretas. Algumas vezes eventos não previstos ocorrem no Sol resultando em previsões mensais incorretas.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

41

Um dos papéis do Australian Space Forecast Centre ( ASFC ) - Centro de Previsão de Espaço Australiano - é prover correções as previsões mensais, alertando clientes de mudanças nas condições de comunicação.

A região D não permite que todas as frequências sejam usadas devido as frequências mais baixas serem mais propicias a serem absorvidas.

A Frequência Limitante de Absorção - Absorption Limiting Frequency (ALF ) é provida como um guia para o limite inferior da banda de frequência utilizável. O ALF é significante apenas para circuitos com pontos de refração no hemisfério iluminado pelo Sol.

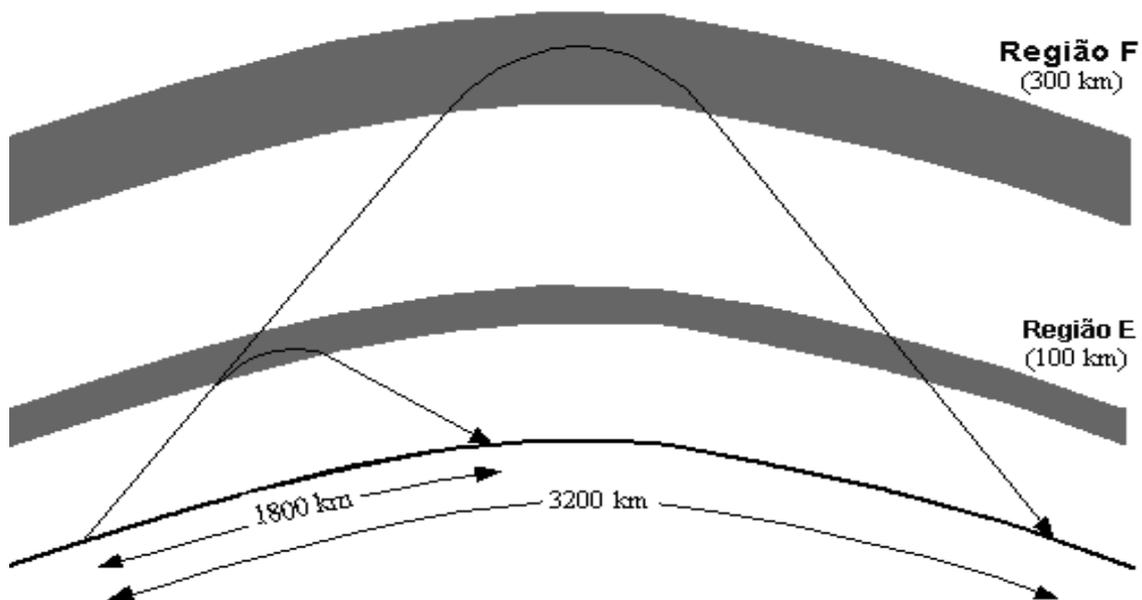
À noite, o ALF é zero, permitindo frequências que não são utilizáveis durante o dia se propagarem com sucesso.

#### **Comprimento do pulo**

O comprimento do pulo é a distancia no chão coberta por um sinal de radio apos ter sido refratado a partir da ionosfera e retornado a Terra. O limite superior do comprimento do pulo é determinado pelo comprimento da ionosfera e a curvatura da Terra.

Para as alturas de 100 km e 300 km das regiões E e F, os comprimentos máximos dos pulos com um ângulo de elevação de 4 graus, são 1800 km e 3200 km, respectivamente.

Distancias maiores que estas irão requerer mais que um pulo. Por exemplo, a distancia de 6100 km iriam requerer um mínimo de 4 pulos pela região E e 2 pulos via região F com tal ângulo de elevação. Mais pulos podem ser necessários com ângulos de elevação de antenas maiores.



#### **Modos de propagação**

Existem muitos caminhos ou modos por onde uma onda celeste pode viajar do transmissor para o receptor. O modo para uma camada em particular a qual requer o menor numero de pulos entre o receptor e o transmissor é denominado "modo de primeira ordem".

O modo que requer mais um pulo extra é chamado de "modo de segunda ordem". Para um circuito com comprimento de caminho de 5000 km, o modo de primeira ordem de F irá requerer pelo menos dois pulos ( 2F ), enquanto o modo de segunda ordem de F irá requerer três pulos ( 3F ).



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

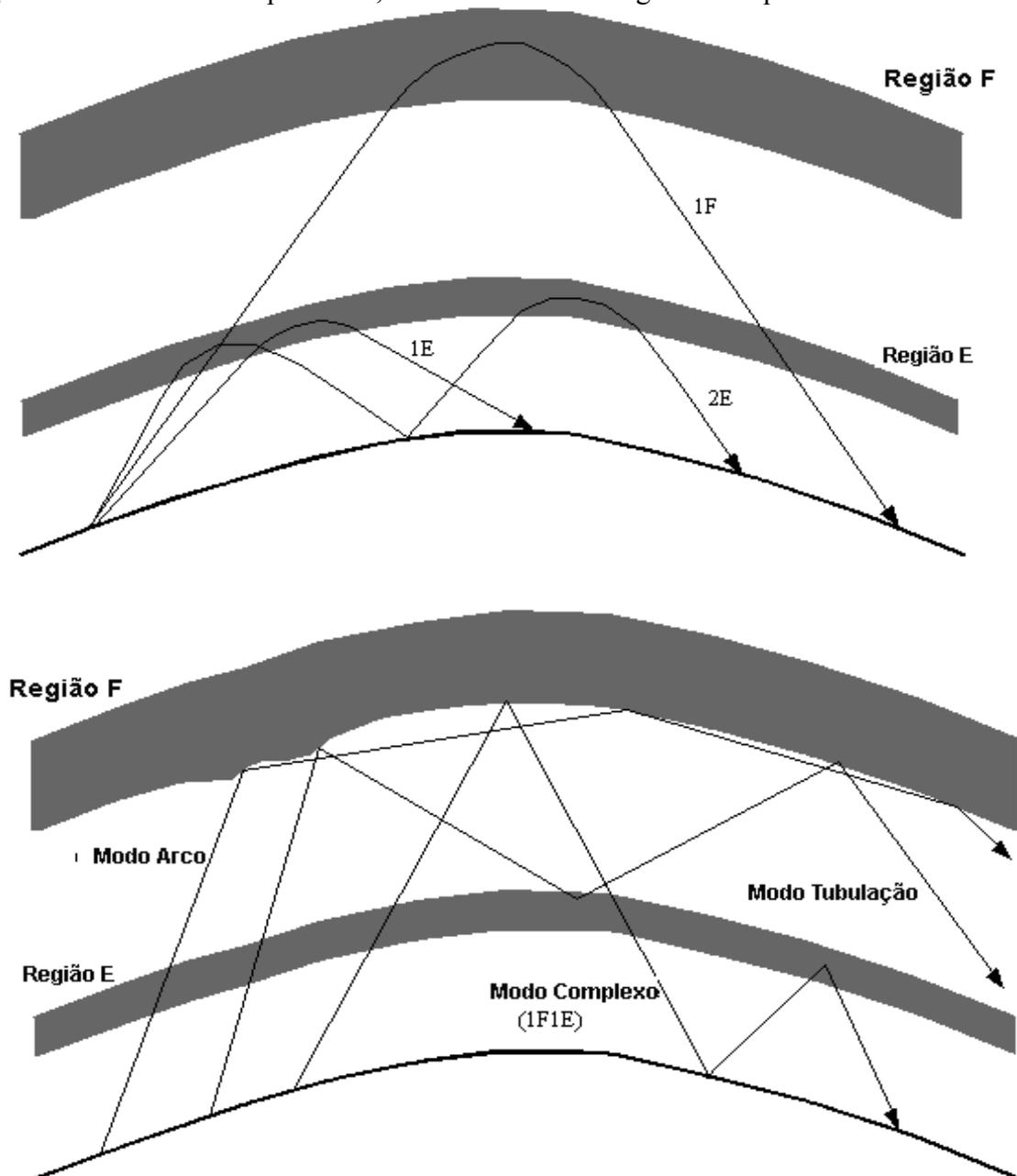
42

O modo de primeira ordem de E possui o mesmo numero de pulos que o modo de primeira ordem de F. Se isto resultar em um comprimento de pulo maior que 2050 km, o que corresponde a um ângulo de elevação de 0 graus, o modo E não é possível.

Isto também se aplica ao modo de segunda ordem de E. É claro, que os modos da região E estarão apenas disponíveis em circuitos durante a luz do dia.

Modos simples são aqueles propagados por uma região, digamos a região F na figura abaixo.

Modos mais complicados consistindo de combinações de refrações das regiões E e F, modos de tubulação e arco são também possíveis, conforme mostra a figura na seqüência.





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

43

Modos de arco e tubulação envolvem um número de refrações da ionosfera sem reflexões intermediários vindos do chão.

Existe uma tendência a se pensar que as regiões da ionosfera como sendo homogêneas, entretanto, a ionosfera move e se ondula, com ondas passando através desta o qual pode afetar a refração do sinal. As regiões da ionosfera podem falhar e quando isto acontece os modos de arco e tubulação podem acontecer. Falhas na ionosfera são mais comuns na proximidade da anomalia equatorial, através da latitude mediana e nos setores de por do sol e nascer do sol.

Quando estes tipos de modos ocorrem efetivamente, os sinais podem ser fortes devido as ondas gastam menos tempo transpassando a região D e sendo atenuadas durante as reflexões de chão.

Por causa da alta densidade da ionosfera diurna na proximidade de 15 graus do equador magnético ( próximo a anomalia equatorial ), os caminhos trans equatoriais podem usar estes aprimoramentos para propagar em frequências mais altas.

Qualquer falha da atmosfera pode resultar em modos de arco, produzem sinal com boa intensidade através de longas distancias.

A tubulação pode resultar se falhas ocorrem e as ondas se tornam capturadas entre as regiões de refração da ionosfera. Isto é mais comum de ocorrer na ionosfera equatorial, perto da zona aurora e através da latitude mediana.

Distúrbios à ionosfera, tais quais distúrbios de viagem de ionosfera, também podem contabilizar propagação de modo de arco e tubulação.

#### **Entelamento da camada E**

O entelamento da camada E ocorre se as comunicações requeridas pelo modo 1F e a frequência de operação são próximas ou abaixo da EMUF para o modo 2E.

Uma Esporádica E pode também transportar uma onda a partir da região F. Algumas vezes a Esporádica E pode ser discretamente transparente, permitindo que quase a onda inteira passe através desta. Em outras ocasiões irá parcialmente entelar a região F levando a uma situação de sinal fraco ou desvanecendo, enquanto outras vezes a Esporádica E pode obscurecer totalmente a região F com o resultado possível de que o sinal não atinja o receptor.

#### **Frequência, alcance e ângulo de elevação**

Para propagação oblíqua, existem três variáveis dependentes :

- frequência
- alcance ou comprimento do caminho
- ângulo de elevação da antena

ângulo de elevação fixo :

- conforme a frequência aumenta em direção ao MUF, a onda é refratada mais alta dentro da ionosfera e o alcance aumenta; caminho 1 e 2;
- na MUF para o determinado ângulo de elevação, o alcance máximo é alcançado, caminho 3;
- acima da MUF, a onda penetra a ionosfera, caminho 4.

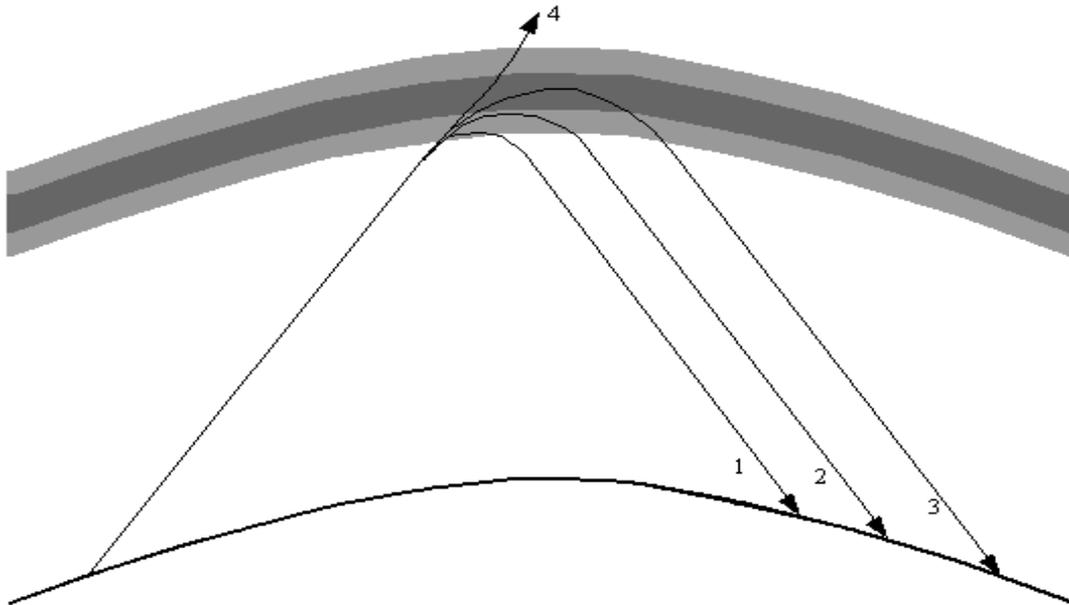
O diagrama abaixo ilustra as mudanças nos raios dos caminhos quando cada um deles é fixo em voltas.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

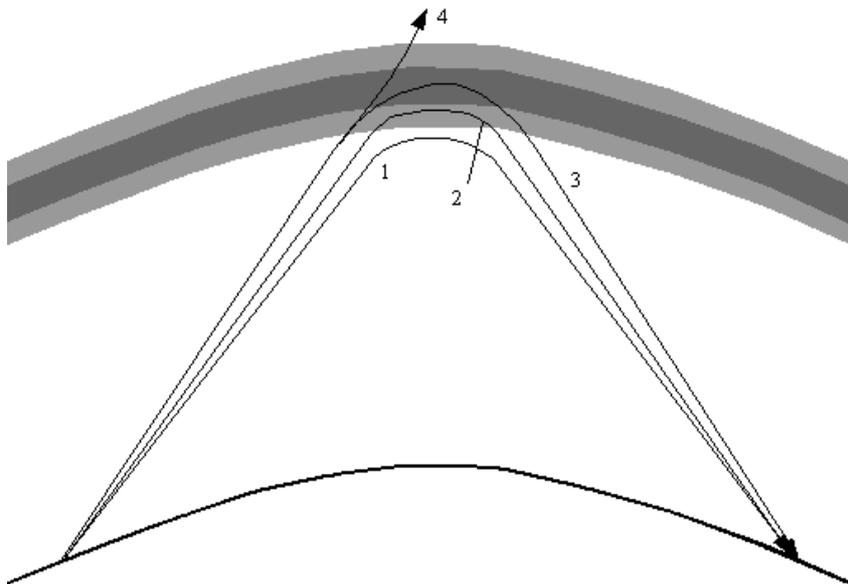
44



*Ângulo de elevação fixo*

Comprimento do caminho fixo ( circuito ponto-a-ponto ) :

- Conforme a frequência é aumentada em direção ao MUF, a onda é refratada a partir de mais alto dentro da ionosfera. Para manter o circuito de comprimento fixo, o ângulo de elevação deve ser por sua vez aumentado, caminhos 1 e 2;
- Na MUF, o ângulo de elevação crítico é alcançado, caminho 3. O ângulo de elevação crítico é o ângulo de elevação para uma frequência em particular, a qual, se aumentada, poderia causar penetração na ionosfera;
- acima da MUF, o raio penetra na ionosfera, caminho 4.





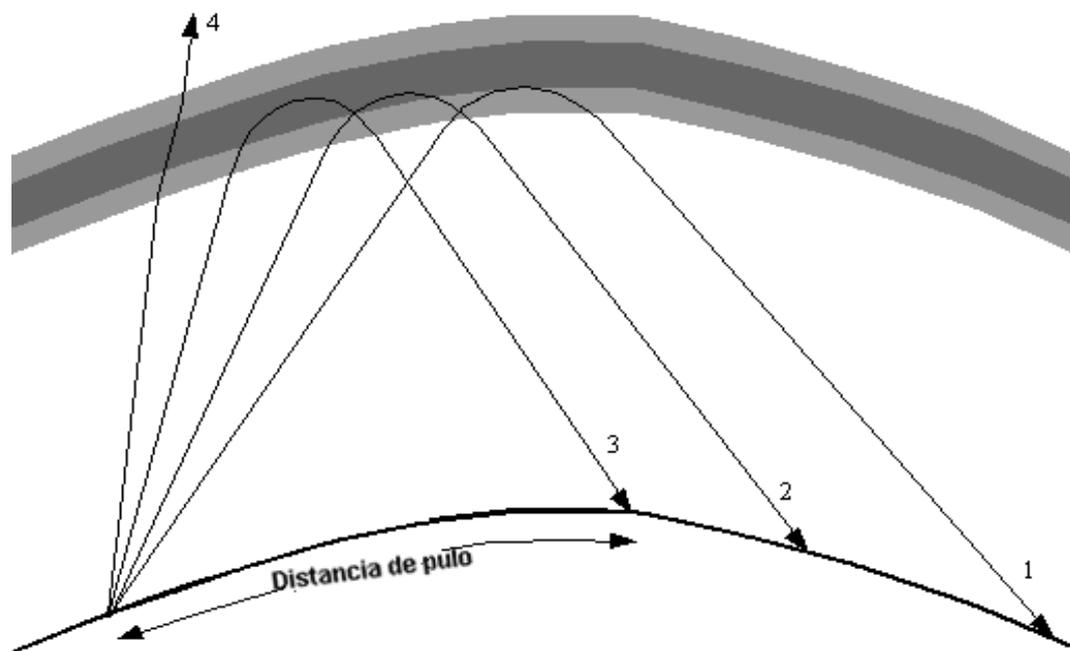
## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

45

Frequência fixa :

- em ângulos de elevação baixos os comprimentos dos caminhos é maior, caminho 1;
- conforme o ângulo de elevação é incrementado, o comprimento do caminho decresce e o raio é refratado a partir de mais alto na ionosfera, caminhos 2 e 3;
- se a frequência irá retornar quando enviada verticalmente acima para a ionosfera, então a distancia de pulo ( zona de silencio ou zona de sombra ) é zero. Entretanto, se este não é o caso, então, conforme o ângulo de elevação aumenta, o alcance diminui. Se o ângulo de elevação é aumentado abaixo do ângulo de elevação critico para aquela frequência, então a onda penetra na ionosfera e existe uma área em torno do transmissor na qual nenhuma comunicação de onda celeste pode ser recebida, caminho 4. Para se comunicar dentro da zona de pulo, a frequência deve ser abaixada.



### VHF e propagação de 27 MHz

A faixa de VHF e 27 MHz são usadas para linha-de-visada ou comunicações de ondas diretas, por exemplo, navio-a-navio ou navio-a-costa.

As bandas de frequência são divididas em canais e um canal é normalmente tão bom quanto o próximo. Isto é um contraste em relação a média frequência ( 200 kHz a 3 MHz ) e a HF onde a escolha do canal de frequência pode ser crucial para as boas comunicações.

Porque VHF e 27 MHz operam principalmente através da linha-de-visada, é importante montar a antena o mais alto possível e livre de obstruções.

Estações terrestres são geralmente localizadas no topo de colinas para prover o Maximo alcance, mas mesmo o mais alto lugar não prove cobertura muito maior que 80 km devido a curvatura da Terra.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

46

As antenas para VHF e 27 MHz devem concentrar a radiação em ângulos baixos ( em direção ao horizonte ) devido a radiação direcionada a altos ângulos serem normalmente passados acima das antenas de recepção, exceto quando ocorre comunicação com aeronaves. VHF e 27 MHz não sofrem normalmente de ruídos com exceção durante tempestades elétricas severas. A interferência pode resultar de muitos usuários que desejam usar o numero limitado de canais, o que pode ser um problema em áreas densamente povoadas.

Em 27 MHz e em frequências mais baixas na faixa de VHF, pode-se, de vez em quando, se propagar através de longas distancias, bem acima das limitações da linha-de-visada. Existem três formas que isto pode ocorrer :

- em torno do Maximo solar e durante o dia, a região F da ionosfera irá comumente suportar comunicações de ondas celestes de longa distancia em 27 MHz e acima;
- as camadas Esporádicas E podem geralmente suportar propagação de 27 MHz e mais baixas frequências de VHF através de circuitos de aproximadamente 1000 a 2000 km em comprimento. Este tipo de propagação é mais comum ocorrer em latitudes médias, durante o dia no verão;
- Os 27 MHz e VHF podem também se propagar através de inversão de temperatura em altitudes de poucos quilômetros. Sob estas condições, as ondas são gradualmente curvadas pela inversão de temperatura para acompanhar a curvatura da Terra. Distancias de diversas centenas de quilômetros podem ser cobertos desta forma.

#### **Propagação de ondas celestes em Frequência Média ( MF )**

Ambas as faixas de medias frequências (MF) e HF podem ser usadas para comunicações de longa distancia em ondas celestes à noite.

Durante a noite a região D desaparece, logo a absorção cai para níveis muito baixos. Este é o motivo das estações de radio difusão que operam nas bandas de MF e 4 MHz serem ouvidas à noite.

#### **Ondas terrestre de Frequências Medias ( MF ) e propagação de Alta Frequência ( HF )**

É possível se comunicar até a distancias de diversas centenas de quilômetros em bandas de MF/HF no mar através do uso da propagação de onda terrestre.

A onda terrestre segue a curvatura da Terra e seu alcance não depende da altura da antena. Entretanto, o alcance depende efetivamente do potencia do transmissor e também da frequência de operação. As baixas frequências viajam mais longe que as altas frequências.

Logo em condições ideais de baixo ruído, é possível se comunicar até distancias de aproximadamente 800 quilômetros em 2 MHz através do uso de um transmissor de 100 W.

Em 8 MHz, sob as mesmas condições e usando a mesma potencia de transmissão, o alcance Máximo é reduzido a aproximadamente 250 quilômetros.

Repare que a propagação de onda terrestre é muito menos eficiente acima da terra do que acima do mar por causa da menor condutividade do chão e outros fatores.

Conseqüentemente, alcances através da terra são enormemente reduzidos em comparação com alcances acima da água do mar.

As comunicações de onda terrestre variam dia a dia com as estações. Excelente alcances de comunicação são atingidas durante a hora do dia no inverno devido aos menores níveis de ruídos de fundo durante estas horas.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

47

As comunicações bem sucedidas de ondas terrestres através de centenas de quilômetros podem ser apenas atingidas se as antenas transmissoras e receptores foram escolhidas para direcionar e receber radiações em ângulos baixos. Antenas verticais altas são ideais para este propósito.

#### **52 - descrever o uso de satélites artificiais em telecomunicações**

Satélites Artificiais (não tripulados)

Velho sonho perseguido por geniais sonhadores como Júlio Verne, Hermann Oberth, Konstantin Tsiolkovsky e grandes construtores, como Robert Goddard, Wernher von Braun e Sergei Korolev, o satélite artificial finalmente se materializou no dia 4 de outubro de 1957, com o lançamento, na União Soviética, do Sputnik 1, pequena esfera de alumínio com alguns medidores e transmissores de rádio. A União Soviética manteve a primazia nos primeiros tempos da corrida espacial, lançando o Sputnik 2, com a cadelinha Laika, em 3 de novembro do mesmo ano.

Já em 31 de janeiro de 1958, os Estados Unidos conseguiram lançar o seu primeiro satélite, o Explorer 1, responsável pela descoberta do cinturão radioativo de Van Allen. Seguiram-se mais Explorers e Vanguardas americanos e mais Sputniks soviéticos, e assim por diante. Estava aberto o caminho.

Enquanto persistiam no desbravamento da atmosfera terrestre e seus arredores, os cientistas soviéticos e americanos também começavam a arriscar suas primeiras tentativas de lançar satélites rumo à Lua. A soviética Luna 1, lançada em 2 de janeiro de 1959, embora não tenha acertado o caminho da Lua, foi a primeira sonda lunar. A Luna 3 enviou a primeira fotografia do lado oculto da Lua, em outubro de 1959 (apenas 2 anos após o lançamento do Sputnik 1). A Pioneer 4, lançada em 3 de março de 1959, foi o primeiro satélite americano a escapar da gravidade terrestre. Passou a 60.000 km da Lua, semanas após a Luna 1 russa também ter errado a Lua (por 5.000 km); porém, não transmitiu nenhuma informação relevante.

Nesta época, já os primeiros satélites militares eram lançados, com o objetivo de efetuar o reconhecimento fotográfico do território inimigo. As duas grandes potências desenvolviam e testavam ICBMs (Intercontinental Ballistical Missiles) capazes de carregar ogivas nucleares. Os norte-americanos ativavam seu projeto ultra-secreto KH-1, que contava com os satélites Discoverer (o Discoverer 1 foi lançado em 28 de fevereiro de 1959). Em 18 de agosto de 1960 o satélite Discoverer 14 subiu equipado com a primeira câmara fotográfica Corona. Apenas em 11 de dezembro de 1961 os soviéticos tentaram lançar, sem sucesso, o satélite espião Zenit 1. No dia seguinte, 12 de dezembro, os americanos lançaram o Discoverer 36, que já fazia parte do projeto KH-3.

Em 1 de abril de 1960 os norte-americanos lançaram seu primeiro satélite meteorológico bem sucedido, o Tiros 1, e em 10 de julho de 1962 lançaram o primeiro satélite de comunicações, o Telstar 1.

Além de outras sondas com destino à Lua (como as americanas Ranger, Surveyor e Lunar Orbiter), também os planetas Vênus e Marte passaram a ser alvo da corrida espacial. As naves soviéticas das séries Mars (a partir de outubro de 1960) e Venera (a partir de fevereiro de 1961) e algumas norte-americanas Pioneer (a partir de março de 1960) e Mariner (a partir de julho de 1962) desempenharam importantíssimo papel na descoberta das características dos planetas nossos vizinhos e seu espaço circundante, bem como do Sol.

Em 15 de setembro de 1968 os soviéticos lançaram a nave Zond 5 (na realidade, uma cápsula Soyuz



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

48

automática), o primeiro artefato humano a orbitar a Lua e retornar à Terra.

Outros feitos dignos de nota ocorreram após o pouso da Apollo 11 na Lua (21 de julho de 1969): a sonda soviética Luna 16, lançada em 12 de setembro de 1970, pousou na Lua e trouxe cerca de 100 gramas de solo lunar de volta para a Terra, fato repetido posteriormente pelas sondas Luna 20 e Luna 24. A nave Luna 17, lançada em 10 de novembro de 1970, carregava o robô automático Lunokhod 1, equipado com câmaras de televisão (extremamente nítidas) e diversos instrumentos científicos destinados a analisar o solo lunar. A Luna 21, lançada em 8 de janeiro de 1973, carregava o Lunokhod 2, uma versão ligeiramente mais evoluída.

Também Mercúrio foi visitado por uma sonda, a Mariner 10, entre março de 1974 e março de 1975. Novas gerações de sondas planetárias se sucederam, como as americanas Viking a partir de agosto de 1975 e Voyager (a partir de setembro de 1977) e as soviéticas Prognoz (abril de 1972 a agosto de 1996), VeGa (dezembro de 1984) e Phobos (julho de 1988), as sondas japonesas Sakigake e Suisei (janeiro e agosto de 1985), a sonda da Agência Espacial Européia, Giotto (julho de 1985), as americanas Lunar Prospector (julho de 1988), Galileo (outubro de 1989) e Mars Pathfinder (1995) com seu robô-miniatura Sojourner. Os alvos: Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno, o Sol e diversos cometas.

Ainda merece um grande destaque o Telescópio Espacial Hubble, lançado em 24 de abril de 1990, e que apresentou sérios problemas no início da sua vida útil mas que posteriormente foi consertado por astronautas americanos, em dezembro de 1993.

Outra aplicação fundamental, tanto para uso civil quanto militar, são as telecomunicações. As primeiras tentativas foram realizadas com satélites passivos, como o norte-americano Echo (1960), que nada mais era do que um balão de plástico e alumínio, de 30 metros de diâmetro, lançado numa órbita circular de baixa altitude.

Seguiram-se projetos mais elaborados (os norte-americanos Telstar, Relay, Intelsat, Syncom e outros, e os russos da série Molniya e Gorizont). Muitos países desenvolveram e lançaram seus próprios satélites de telecomunicações, inclusive o Brasil, com o Brasilsat.

Dentro das telecomunicações encontram-se, igualmente, os satélites destinados à telefonia celular. Diversos projetos foram e estão sendo elaborados com este objetivo, como o Globalstar (48 satélites), o Spaceway, o Teledisc (840 satélites) e o falido Iridium (66 satélites).

Também há outras aplicações, dentro das telecomunicações, como os satélites para radioamadorismo, a série Oscar.

#### **OSCAR - Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio**

A radio comunicação era limitada em frequências altas pela curvatura da terra e por efeitos de propagação. Tal fato obrigou os pesquisadores a buscar alternativas para tais dificuldades.

Eis um fato inusitado, mais de 70 satélites construídos por Radioamadores foram lançados nas últimas quatro décadas.

O número é surpreendente devido a estes sofisticados e únicos veículos espaciais serem pouco conhecidos fora da fraternidade radioamadorística.

Grupos particulares de Radio Amadores em torno do Mundo, construíram dúzias e dúzias de satélites de comunicação e de fins científicos desde o lançamento inicial do OSCAR – 1, primeiro satélite feito por Amadores em 12 de Dezembro de 1961.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 4)**

49

A maior organização da atualidade, envolvida com a atividade espacial e a Radio Amateur Satellite Corporation (AMSAT) com sede em Washington DC, AMSAT-DL na Alemanha e outras similares espalhadas pelo mundo. Os membros e entusiastas, associados ou não, são compostos por voluntários de todas as partes do mundo, que projetam, constroem e operam os satélites.

Nos primórdios, após o lançamento do primeiro artefato espacial, Sputnik-1, pela União Soviética em 4 de Outubro de 1957, naturalmente houve um imenso interesse e pressão política manifestada pelos Estados Unidos em colocar um satélite em órbita.

Na aquela época o Jet Propulsion Laboratory (JPL) of California Institute of Technology em Pasadena, operava como laboratório de pesquisa para o Exército Americano.

Um mês após o lançamento do Sputnik 1, o exército solicitou ao JPL a construção de um satélite composto de um módulo científico e outro de comunicações.

O resultado deste pedido foi a construção de um satélite de aproximadamente 20 lb. de peso, denominado Explorer I. O JPL e a Agência de Mísseis Balísticos do Exército dos EU, localizado em Huntsville, Alabama, lançaram o satélite em um foguete balístico tipo Redstone do, na época, campo de ensaios de Cabo Canaveral em 31 de Janeiro de 1958.

Este histórico lançamento do primeiro satélite Americano em órbita terrestre, abriu o caminho para a corrida espacial com ênfase para a Guerra Fria e foi também responsável pela criação da primeira agência espacial civil, a NASA da qual a JPL hoje faz parte.

Os Radioamadores a nível mundial, envolvidos pelo entusiasmo de escutarem o bip-bip-bip do Sputnik vindo do espaço, com entusiasmo aceitaram o convite de rastrear os sinais do Explorer I. Uma das muitas estações espalhadas pelo mundo fora, era operada por radioamadores, funcionários da JPL, localizada no escritório de um Sheriff do subúrbio de Los Angeles em Temple City.

Alguns radioamadores tiveram uma idéia brilhante, Amadores sabem tudo sobre comunicação, se o governo consegue construir um satélite de comunicações, por que nós não?

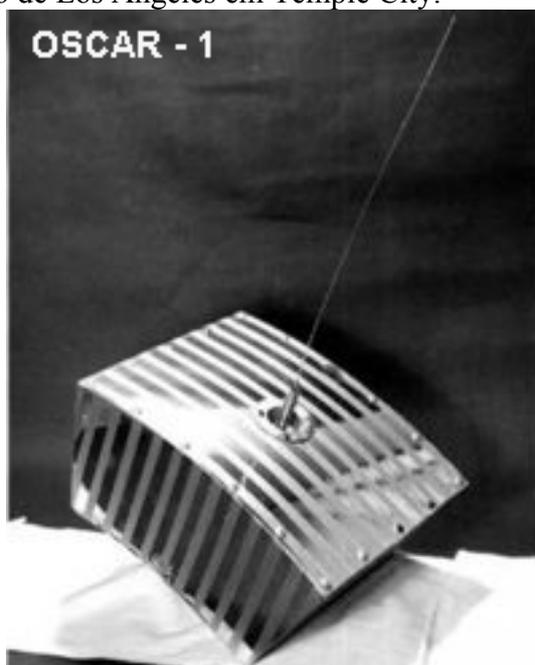
Um grupo de amadores californianos criaram um clube e se autodenominaram Projeto Oscar, construído o primeiro satélite de Radio Amador em 1961.

Desde então a maioria dos satélites feitos por Amadores foram chamados de OSCAR.

O Projeto OSCAR construiu os primeiros quatro satélites. Então em 1969 foi fundada a AMSAT cujo primeiro satélite a entrar em órbita foi o OSCAR-5, construído por estudantes Australianos.

Todos os satélites tipo 'high-tech' foram construídos através de doação de tempo, materiais e meios financeiros pelos radioamadores dos mais diversos países como Estados Unidos, Alemanha, Canadá, Inglaterra, Austrália, Rússia, França, Itália, Japão, Brasil, Argentina e outros sem querer ser injusto, omitindo alguém.

Todos os satélites lançados, patrocinados pela AMSAT, recebem o nome OSCAR que significa Orbital Satellite Carrying Amateur Radio.





## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

50

Até 2002 , o numero total de OSCAR's totalizou 50 satélites. Após o lançamento com sucesso, e operando nas frequências atribuídas ao serviço de Radioamadores, a AMSAT atribui um numero a cada OSCAR.

Como exemplo citamos o lançamento de dois OCARS em dezembro de 2002, um por grupo de Amadores Alemães, o AATiS OSCAR-49 (AO-49). A AATiS e um grupo que promove o Radioamadorismo nas escolas,e o satélite da Arábia Sau-dita, denominado Saudi OSCAR-50 (SO-50) .

No decorrer dos anos, além dos OSCARS a União Soviética e Amadores Russos, construíram e lançaram 20 satélites com a denominação de Radio-Sputnik , ou RS, que também eram conhecidos por 'Iskra' o que significa faísca.

Amadores Britânicos construíram na Universidade de Surrey os famosos satélites denominados UoSAT, operando nos modos packet, sendo que os Japoneses construíram os famosos Fuji (FO-20 e FO-29).

#### **Alguns números interessantes.**

Só quatro satélites existiam em órbita em 1960

Seis foram lançados em 1970

Sete satélites de Radioamador e relacionados foram lançados nos anos 80

Duas dúzias foram lançados em 1990.

Mais que uma dúzia foi lançada desde a virada do século.

O recorde foi no ano de 2000 com o lançamento de nove satélites para o nosso hobby, seguido do ano de 1981 e 1990 com oito satélites cada.

Logo a seguir vem os anos de 1993 e 1998 com cinco sats cada, sendo de que a maioria ainda esta em órbita e alguns ainda em uso.

Nada como uma carona para o espaço. Nas décadas passadas satélites de Radioamador muitas vezes se beneficiaram de caronas para o espaço como por exemplo nos lançamentos feitos pelos Russos, Americanos , Japoneses e outros países, porem hoje e com a frequência de cargas comerciais cada vez maiores, dificilmente esta sorte se repete e os lançamentos são bem pagos.

órbitas de satélites. Os projetos de satélites de radioamador mais importantes foram designados "Phase 1 , Phase 2 e Phase 3".

A maioria dos satélites ate então foram do tipo Phase 1 e 2 com órbitas no sentido norte – sul, órbita polar ou leste – oeste, órbita equatorial a uma altitude media entre 200 a 1000 milhas de altura.

Para comparação esta e a altura onde se encontra a Estação Espacial, porem um pouco mais alto.

Este tipo de satélite de baixa altitude circula o globo a cada hora pouco mais ou menos, permanecendo ao alcance de uma estação terrena por aproximadamente 15 a 30 minutos.

Satélites de órbita polar chegam ao alcance da estação terrena todos os dias aproximadamente no mesmo horário. Estes são os satélites denominados de Low Earth Orbit (LEO).

Os sats tipo 'Phase 1' estavam extremamente limitados em termos energéticos, tanto que ele só duravam poucas semanas.

Os satélites 'Phase 2' operam por períodos muito longos e possuem um alcance de ate 4000 milhas.

Com inicio em 1980, a AMSAT começou a projetar satélites de Radioamador com extensas órbitas elípticas no intuito de manter os mesmos ao alcance das estações terrenas durante muitas horas, nascendo desta forma os satélites 'Phase 3'.



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA E ELETRICIDADE** **(Apostila 4)**

51

Estes por seu turno iriam ser bem mais complexos e equipados com frequências de radio mais altas bem como tem a capacidade de serem usados para comunicações a grades distancias devido a sua altura em órbita que alcança entre 20.000 a 30.000 milhas no apogeu, retornando no perigeu para uma altura entre 1.500 a 2.500 milhas.

Este tipo de órbita e denominado de órbita 'Molniya' idealizada e utilizada pelos Russos nos seus satélites de comunicação.

Se algum dia vier a existir um satélite do tipo 'Phase 4', este será um satélite geoestacionario, e será um OSCAR a uma altura de aproximadamente 22.000 Milhas que porem só alcançara uma determinada área, mas não se fala ainda nesta possibilidade.

Na maioria das vezes os satélites de radioamador são repetidoras nos céus . os satélites 'transpõem', repetem , retransmitem a voz, bem como sinais de Morse e transmissões digitais de computador para computador ou armazenam mensagens e números digitados por computador para retirada posterior por uma outra estação terrena, chamados de BBS (bulletin board sys-tem).

Algumas vezes estes sats incluem pacotes científicos que medem os mais diversos parâmetros espaciais.

O satélite de Radioamador e um sistema aberto para o uso de qualquer Operador devidamente licenciado pelas autoridades competentes. Os satélites além de atenderem ao hobby, servem ao publico em condições de emergência ,na educação , ao serviço medico e outros.

Beacon, Sistemas de Gerenciamento. A grande maioria de satélites tem um sistema de gerenciamento interno que funciona via um computador de bordo.

Estes dados são transmitidos via um 'Beacon', baliza, em determinada frequência e os dados permitem a analise permanente do seu estado de funcionamento e eventuais necessidades de correção por uma estação de controle, podendo com isto ligar ou desligar funções, reorientar a atitude do satélite e etc.

Além de ter um bom QSO, bate papo ou 'rag chewing', como os colegas americanos o chamam, existem diversos tipos de conteste e outras atividades via satélite que produzem um desafio adicional como WAS, Satellite DXCC, contatando 100 países via sat e outros como o ZRO Technical Achievmnt Avard que se destina a estações com elevada sensibilidade e qualificações técnicas para a escuta de sinais fracos.

A operação via satélite e desenvolvida e tem o aval de organizações como a AMSAT, ARRL, RSGB, DARC , Projeto OSCAR , NASA e outras entidades.

Vários países já enviaram ao espaço seus satélites de amadores, inclusive o Brasil. No dia 21 de janeiro de 1990 a bordo de um foguete ARIANE, da agência espacial européia, lançado da base de Kourou na Guiana Francesa, o Brasil através dos esforços do radioamador PY2BJO, Junior Torres de Castro, envia o seu primeiro satélite. Denominado DOVE (Digital Orbiting Voice Encoder), ou OSCAR-17, que apesar de ter tido sucesso no lançamento, após algum tempo teve danificado seus equipamentos. A idéia do seu idealizador era transmitir à crianças de todo o mundo mensagens em várias línguas.



# CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

## TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

52

### Operational OSCAR Satellite Status Summary

Operational [▲] | Semi-Operational [▶] | Non-Operational [▼] | Future Launch [▲] | Unknown [?]

Name	Beacons	HF	VHF	UHF	L-Band	S-Band	C-Band	X-Band	K-Band	APRS	Packet
<a href="#">CAPE-1</a>	▲										
<a href="#">LIBERTAD-1</a>	▲		?	?						?	
<a href="#">GeneSat-1</a>	▲										
<a href="#">HO-59</a>	▲			▲							▲
<a href="#">CO-56</a>	▶			▶	?						
<a href="#">CO-58</a>	▲			▲							
<a href="#">VO-52</a>	▲		▲	▲							
<a href="#">AO-51</a>	▲	▲	▲	▲	▲	▲					▲
<a href="#">RS-22</a>	▲										
<a href="#">CO-57</a>	▲			▲							
<a href="#">CO-55</a>	▲			▲							▲
<a href="#">SO-50</a>			▲	▲							
<a href="#">NO-44</a>			▶	▼							
<a href="#">ARISS</a>			▲	▶						▶	▶
<a href="#">SO-33</a>	▶	▼	▼	▶	▼						
<a href="#">GO-32</a>			▲	▲	▲					▲	
<a href="#">FO-29</a>	?		?	?							▼
<a href="#">PO-28</a>				▲							
<a href="#">IO-26</a>			▼	▶							
<a href="#">AO-27</a>			▲	▲							
<a href="#">LO-19</a>	▲		▼	▼							
<a href="#">AO-16</a>			▲	▲		▼					
<a href="#">UO-11</a>	?		▶			▼					
<a href="#">AO-10</a>	▶		▼	▼							
<a href="#">AO-7</a>	▶	▶	▶	▶		▼					



## CLUBE DE RADIOAMADORES DE RIO DO SUL - CRARSUL

### TREINAMENTO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DE OPERADOR DE ESTAÇÃO DE RADIOAMADOR **CONHECIMENTOS BÁSICOS DE ELETRONICA E ELETRICIDADE** (Apostila 4)

53

#### **Equipamento necessário para trabalhar um satélite de rádio amador**

Isso depende muito do satélite, ou seja, modo de operação. A princípio um equipamento VHF/UHF com 25W, antena direcional, um computador (nem sempre necessário) e muito interesse no assunto. Os satélites atuais estão com uma forte tendência a trabalhar na banda de GHz o que os torna inacessíveis para a maioria dos radioamadores, infelizmente a falta de iniciativa está comprometendo o uso dessa atividade em países do terceiro mundo. De acordo com a UIT (União Internacional de Telecomunicações) os modos de operação de satélites são identificados por letras, assim é comum verificarmos apenas as letras e não os dados de uplink (Frequência de subida) e downlink (Frequência de descida).

<b>Modo</b>	<b>Uplink</b>	<b>Downlink</b>
A	2 metros (145MHz)	10 metros (29MHz)
B	70 cm (435MHz)	2 metros (145MHz)
J	2 metros (145MHz)	70 cm (435MHz)
K	15 metros (21.2MHz)	10 metros (29MHz)
L	23 cm (1.2GHz)	70 cm (435MHz)
S	70 cm (435MHz)	13 cm (2.4GHz)
T	15 metros (21.2MHz)	2 metros (145MHz)

#### **Satélite Dove**

Idealizado pelo Radioamador Junior Torres de Castro (PY2BJO), o Satélite DOVE (Digital Orbiting Voice Encoder) foi lançado ao espaço da Guiana Francesa em 22 de Fevereiro de 1990, montado na mesma plataforma com mais outros 5 Satélites de Radioamador (AO-16, LO-19, WO-18, UO-14 e UO-15).

Tem forma física de um cubo de aproximadamente 23 cm de lado pesando 9 Kg.

Em cada lado do cubo foi montado um painel com "celulas solares" com a função de fornecer energia para as baterias de NiCd.

O computador central emprega um microprocessador NEC V-40 (80188) utilizando de um sistema operacional multitarefa denominado de "Quadron".

O DOVE está inoperante desde Março de 1998.

