

Rádio Difusão Sonora



Antena Edições Técnicas

Antena Edições Técnicas Ltda

Av. Marechal Floriano, 151, Centro
20080-005 Rio de Janeiro, RJ
Tel.: 0xx21 2223-2442
Fax: 0xx21 2263-8840

PY1BOJ



Contato para apostilas e cursos

Tel (021) 2437.0482

julioross@msn.com

<http://julioross.hd1.com.br>

Declaração de Propriedade: Este manual ou quaisquer partes do mesmo não podem ser copiados sem a permissão expressa por escrito de seu idealizador.

Meta dos Cursos: São planejados para as pessoas envolvidas com a instalação, operação, manutenção e projetos de sistemas de **Rádio Difusão Sonora** para que tenham uma fonte de consulta de referência no seu trabalho.

Documentação de Produto : Os manuais são elaborados em formato Workbook com breves explicações sobre conceitos e amplo espaço para anotações. Foi projetado para acompanhar a descrição tecnológica que envolve os produtos utilizados, contendo detalhes técnicos pertinentes aos conceitos apresentados na aula. Quando apropriado, os manuais fazem referência a informações específicas de produtos.

Declaração de Isenção de Responsabilidade: seu idealizador não oferece garantias nem apresenta declarações no que diz respeito ao conteúdo ou uso deste manual e nega especificamente quaisquer garantias expressas ou implícitas, acerca de seu potencial comercial ou adequação para qualquer propósito em particular. O idealizador reserva-se ao direito de alterar seu conteúdo a qualquer momento, sem notificação prévia.

Comentários do Usuário: O autor esta sempre procurando formas de tornar seus cursos e manuais mais simples de usar. Você pode ajudar, oferecendo seus comentários e sugestões de como este manual pode se tornar mais útil e apontando falhas de informação. Envie seus comentários para julioross@msn.com. Gostaríamos de conhecer seus comentários sobre este curso.

Pertence

Aluno:

Endereço:

Obs:

Data:

tel:

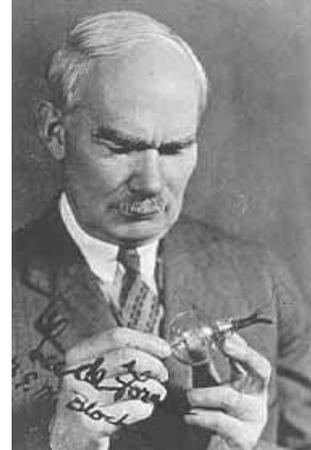
Histórico



Heinrich Hertz



Guglielmo Marconi



Lee de Forest

Histórico

Tudo começou em 1863 quando, em Cambridge - Inglaterra, *James Clerck Maxwell* demonstrou teoricamente a provável existência das ondas eletromagnéticas. James era professor de física experimental e a partir desta revelação outros pesquisadores se interessaram pelo assunto. O alemão *Henrich Rudolph Hertz* (1857-1894) foi um deles.

O princípio da propagação radiofônica veio mesmo em 1887, através de *Hertz*. Ele fez saltar faíscas através do ar que separavam duas bolas de cobre. Por causa disso os antigos "quilociclos" passaram a ser chamados de "ondas hertzianas" ou "quilohertz".

A industrialização de equipamentos se deu com a criação da primeira companhia de rádio, fundada em Londres - Inglaterra pelo cientista italiano *Guglielmo Marconi*. Em 1896 Marconi já havia demonstrado o funcionamento de seus aparelhos de emissão e recepção de sinais na própria Inglaterra, quando percebeu a importância comercial da telegrafia.

Até então o rádio era exclusivamente "telegrafia sem fio", algo já bastante útil e inovador para a época, tanto que outros cientistas e professores se dedicaram a melhorar seu funcionamento como tal. *Oliver Lodge* (Inglaterra) e *Ernest Branly* (França), por exemplo, inventaram o "coesor", um dispositivo que melhorava a detecção. Não se imaginava, até então, a possibilidade do rádio transmitir mensagens faladas, através do espaço.

Em 1897 *Oliver Lodge* inventou o circuito elétrico sintonizado, que possibilitava a mudança de sintonia selecionando a frequência desejada.

Lee de Forest, desenvolveu a válvula triodo. *Von Lieben*, da Alemanha e o americano *Armstrong* empregaram o triodo para amplificar e produzir ondas eletromagnéticas de forma contínua.

Nos Estados Unidos foram anos de pesquisas, tentativas e aprimoramentos até *Lee de Forest* instalar a primeira "estação-estúdio" de radiodifusão, em Nova Iorque, no ano de 1916.

Aconteceu então o primeiro programa de rádio, que se tem notícia. Ele tinha conferências, música de câmara e gravações. Surgiu também o primeiro registro de radiojornalismo, com a transmissão das apurações eleitorais para a presidência dos Estados Unidos.

No Brasil



Padre Roberto Landell de Moura, gaúcho de Porto Alegre, cientista foi o pioneiro na descoberta do telefone sem fio, ou rádio, como é hoje conhecido, o precursor da radiotelefonia, da transmissão de textos à distância, teletipo, ou mesmo do controle remoto pelo rádio.



Edgar Roquette Pinto, médico legista, professor, antropólogo, etnólogo e ensaísta, nasceu no Rio de Janeiro. Ele tentou convencer o governo federal a comprar toda a aparelhagem trazida pelos americanos. Quem a adquiriu foi a Academia Brasileira de Ciências. Surgiu, então, a primeira emissora do País, a Sociedade Rádio do Rio de Janeiro, fundada em 1923 e comandada por Roquette Pinto.

No Brasil

Padre Landell de Moura foi precursor nas transmissões de vozes e ruídos. Padre-cientista gaúcho, nascido em 21 de janeiro de 1861, construiu diversos aparelhos importantes para a história do rádio e que foram expostos ao público de São Paulo em 1893.

Teleauxiofono (telefonía com fio)

Caleofono (telefonía com fio)

Anematófono (telefonía sem fio)

Teletiton (telegrafia fonética, sem fio, com o qual duas pessoas podem comunicar-se sem serem ouvidas por outras)

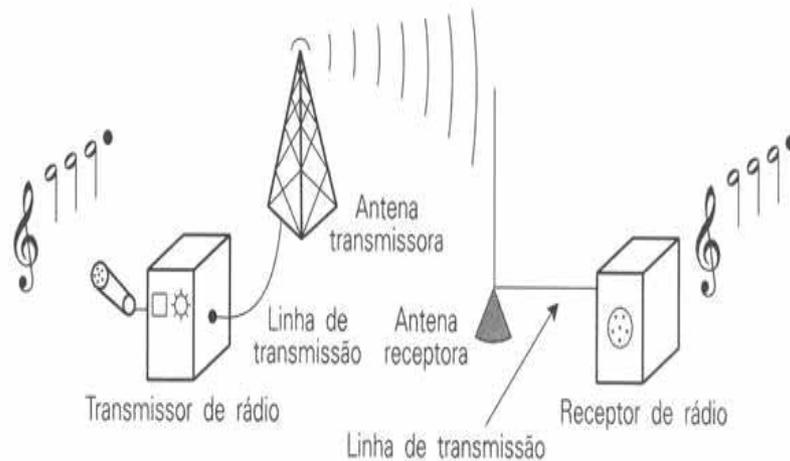
Edífono (destinado a ducificar e depurar as vibrações parasitas da voz fonografada, reproduzindo-a ao natural)

Já em 1890 o padre-cientista *Landell de Moura* previa em suas teses a "telegrafia sem fio", a "radiotelefonia", a "radiodifusão", os "satélites de comunicações" e os "raios laser". Dez anos mais tarde, em 1900, o *Padre Landell de Moura* obteve do governo brasileiro a carta patente nº 3279, que lhe reconhece os méritos de pioneirismo científico, universal, na área das telecomunicações. No ano seguinte ele embarcou para os Estados Unidos e em 1904, o "*The Patent Office at Washington*" lhe concedeu três cartas patentes: para o telégrafo sem fio, para o telefone sem fio e para o transmissor de ondas sonoras.

A primeira transmissão radiofônica oficial no Brasil, foi o discurso do Presidente Epitácio Pessoa, no Rio de Janeiro, em plena comemoração do centenário da Independência do Brasil, no dia 7 de setembro de 1922. O discurso aconteceu numa exposição, na Praia Vermelha - Rio de Janeiro e o transmissor foi instalado no alto do Corcovado, pela Westinghouse Electric Co.

O "pai do rádio brasileiro" foi *Edgard Roquete Pinto*. Ele e *Henry Morize* fundaram em 20 de abril de 1923, a primeira estação de rádio brasileira: *Rádio Sociedade do Rio de Janeiro*. Foi aí que surgiu o conceito de "rádio sociedade" ou "rádio clube", no qual os ouvintes eram associados e contribuíam com mensalidades para a manutenção da emissora.

Introdução



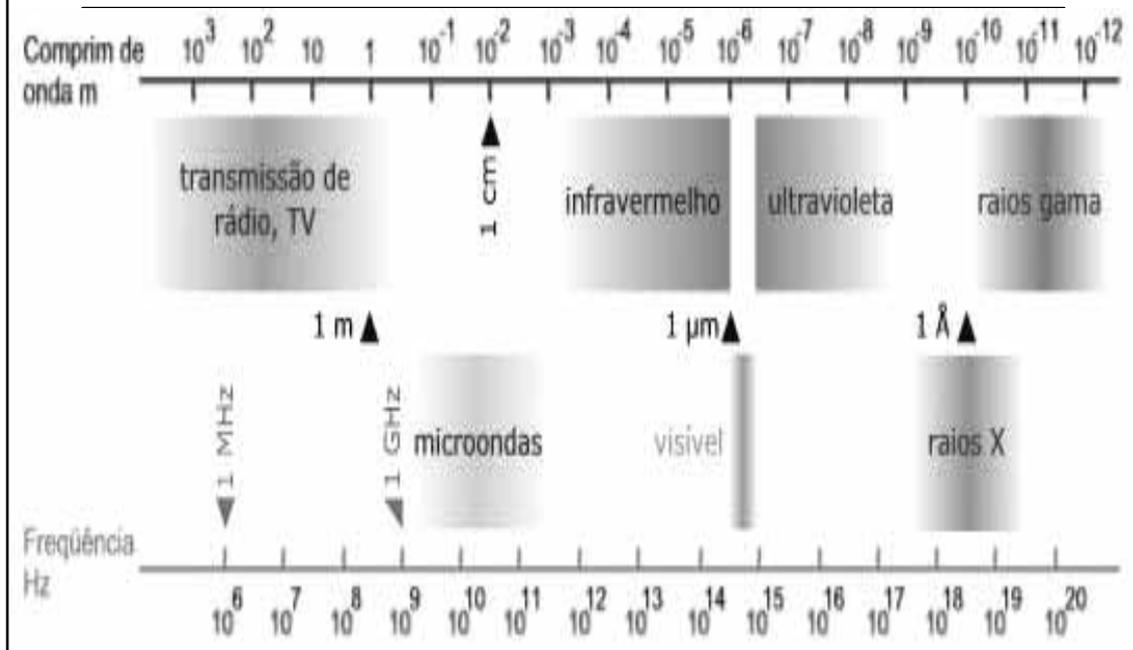
Introdução

Os componentes necessários para a transmissão de informação por meio de ondas de rádio são mostrados no slide. Nesse sistema, a energia elétrica contendo informação é gerada por um equipamento eletrônico no transmissor, enviada para a antena por meio de uma linha de transmissão especial e radiada para o espaço na forma de onda eletromagnética. Antenas receptoras, quando colocadas no caminho da onda eletromagnética, absorvem parte da sua energia e a enviam para um equipamento receptor, onde a informação original é recuperada.

A potência do transmissor, a distância entre o transmissor e o receptor e a sensibilidade do receptor são alguns fatores importantes para a viabilização de comunicação por meio de ondas eletromagnéticas. Além disso, a escolha da frequência da onda é influenciada pelas condições da atmosfera terrestre e da natureza do solo entre os pontos de transmissão e recepção; sinais interferentes podem fazer a recepção impossível durante algum intervalo de tempo; ruídos e perdas presentes na linha de transmissão dificultam a identificação do sinal.

Qualquer dispositivo ligado a uma fonte de energia e destinado a produzir, em uma região externa, campos eletromagnéticos variáveis com o tempo, é um sistema radiante. Quando esse sistema é construído de modo a tornar máxima ou a acentuar a radiação de energia de uma de suas partes e, ao mesmo tempo, tornar mínima ou suprimir a radiação restante, a parte que irradia energia é denominada de antena. A teoria de antenas, portanto, admite implicitamente que ela esteja acoplada a uma fonte de energia não radiante por meio de uma linha de transmissão também não-radiante.

Espectro Eletromagnético



Características da Propagação das Ondas de Rádio

Os sinais de rádio propagam-se de maneira diferente no ar devido as variações no tamanho dos comprimentos de onda. Quanto mais alta a frequência, menor a distância que o sinal percorrerá. Altas frequências sofrem maior atenuação, ou seja, perda de intensidade do sinal. Frequências com comprimentos de onda longos tendem a seguir a curvatura da terra e são chamadas ondas terrestres. Isto explica porque as bandas de frequências muito baixas (VLF) e as de baixa frequência (LF) são especialmente adequadas para transmissão global e para finalidades de navegação de longo alcance.

Sinais abaixo de 30 MHz, principalmente aqueles na banda de frequência média (MF), viajam para cima no céu, mas alguma parte da sua energia é refletida de volta, ocasionando o "salto" da onda. Estas são chamadas ondas celestes. Esse efeito de salto permite as comunicações de longo alcance, mas não é sempre confiável. As condições atmosféricas mudam durante o dia, alterando as áreas de recebimento do sinal de salto.

Na faixa de frequências muito altas (VHF) e acima, os sinais de rádio não se curvam e aqueles transmitidos no ar não são refletidos de volta. Estas são chamadas de ondas espaciais. Estas frequências são úteis para as comunicações do tipo "linha-de-visada". Elas não são úteis para comunicações de longa distância (além de 64 Km entre os locais) a menos que elas sejam destinadas a um satélite que as retransmite de volta para a terra. Quanto mais alta a frequência, menor será esta distância (cerca de 56 Km a 6 GHz e 8 Km a 38 GHz).

Características Principais

<i>FREQÜÊNCIA</i>	<i>MODO DE PROPAGAÇÃO</i>	<i>ALCANCE</i>	<i>VARIAÇÃO</i>
menor do que 3 MHz (VLF, LF e MF)	Ondas Terrestres (é usada exclusivamente à polarização vertical)	Inversamente proporcional à frequência do sinal. Necessita potência elevada	Pequena
entre 3 MHz e 30 MHz (HF)	Ondas Ionosféricas e Ondas Diretas (nas frequências mais elevadas)	Proporcional à frequência	Depende da hora do dia e da estação do ano
acima de 30 MHz (VHF, UHF, SHF e EHF)	Ondas Diretas	Depende da altura das antenas	Muito pequena

Características Principais

A propagação das ondas eletromagnéticas nas proximidades do solo depende da frequência e das características do percurso.

As ondas eletromagnéticas, principalmente as das faixas de VHF e superiores, propagam-se em linha reta, sendo chamadas, por essa razão, de ondas diretas, espaciais ou troposféricas.

Frequências inferiores a 3 MHz propagam-se acompanhando a curvatura da Terra. Por isso são chamadas de ondas de superfície ou terrestres. Esse tipo de onda é responsável, por exemplo, pela recepção dos sinais das emissoras de ondas médias.

As ondas de rádio da faixa de HF são refletidas pelas camadas ionizadas da atmosfera. Por isso, são chamadas de ondas ionosféricas ou indiretas

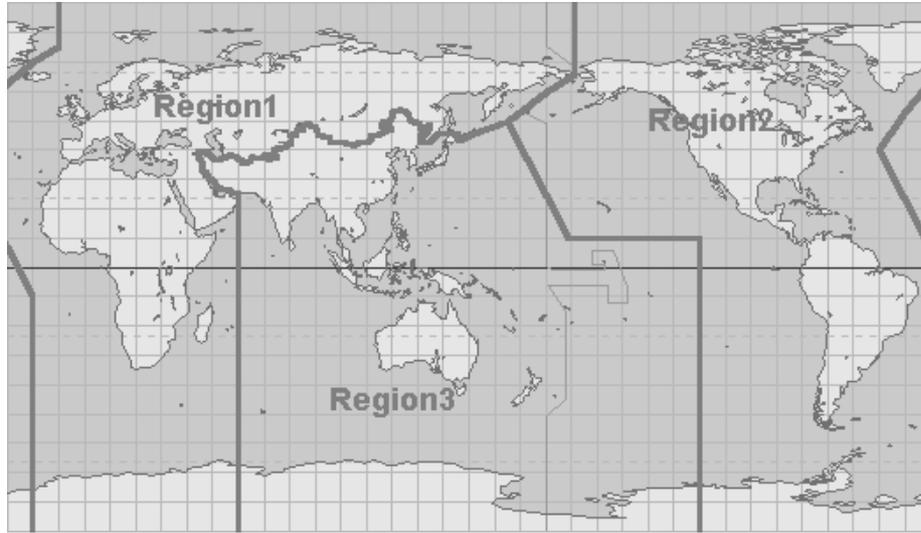
Bandas de Frequência e Aplicações em Rádio-Comunicações

Frequência	Designação	Aplicações
30 – 300 Hz	ELF Extremely Low Frequency	Comunicação submarina e subterrânea
0,3 – 3 kHz	VF Voice Frequency	Telefonia, comunicação de dados
3 – 30 kHz	VLF Very Low Frequency	Navegação, telefonia e telegrafia, padrões de tempo e de frequência, SONAR
30 – 300 kHz	LF Low Frequency	Comunicação industrial (linhas de energia), ajudas de navegação marítima e aeronáutica (rádio-faróis)
0,3 – 3 MHz	MF Medium Frequency	Rádiodifusão em AM, rádio-amadores, segurança pública e costeira
3 – 30 MHz	HF High Frequency	Rádiodifusão internacional, rádio-amadores (banda do cidadão), comunicações industriais, marítimas e aeronáuticas
30 – 300 MHz	VHF Very High Frequency	Rádiodifusão em FM e de TV, comunicações de transportes terrestres (táxis, autocarros, combóios), controlo de tráfego aéreo
0,3 – 3 GHz	UHF Ultra High Frequency	Rádiodifusão de TV, telemetria espacial (rádio-sondas), RADAR, comunicações móveis pessoais sem fios (GSM, UMTS, WLAN)
3 – 30 GHz	SHF Super High Frequency	Comunicações por satélite e com o espaço exterior (sondas), feixes hertzianos terrestres (ligações por microondas), RADAR aéreo
30 – 300 GHz	EHF Extremely High Frequency	Feixes hertzianos terrestres, rádio-astronomia, comunicações móveis pessoais e por satélite (próxima geração)

Espectro Eletromagnético de Rádio Frequências

A parte do espectro eletromagnético que inclui as rádio frequências (RF) se estende de 30 kHz a 300 GHz, embora a propagação de ondas eletromagnéticas também seja possível abaixo de alguns kHz. Por acordo internacional o espectro de rádio frequências é dividido em bandas, cada banda sendo designada por um nome. Uma grande variedade de enlaces via rádio pode ser implementada usando qualquer frequência do espectro eletromagnético. A tabela do slide mostra as várias bandas de frequências com a designação e aplicações típicas

Regiões da ITU



Regiões da ITU

Assim como o petróleo, o espectro de RF é um recurso natural escasso e, portanto, deve ser utilizado de forma prudente e conservativa. Vários serviços como rádio AM, rádio FM, TV, celular, satélite e enlaces fixos terrestres devem compartilhar desse espectro comum. Além disso, cada um desses serviços deve crescer e se expandir sem causar interferência em outro.

A tarefa de alocar e controlar as partes individuais do espectro é de responsabilidade de um comitê internacional de padronização, criado pelas Nações Unidas e denominado de União Internacional de Telecomunicações (ITU - International Telecommunications Union). Os órgãos do ITU de interesse para comunicações via rádio são as agências chamadas de ITU-T (anteriormente CCITT) e ITU-R (anteriormente CCIR). Dentro do ITU-R, a WARC (World Administrative Radio Conference) é responsável pela alocação de uma banda específica de frequência para os serviços atuais e futuros e a RRB (Radio Regulations Board, anteriormente IFRB) define as regras internacionais para a utilização da frequência dentro dessas bandas. O ITU dividiu o mundo em três regiões. A Região 1 inclui a Europa, a África e a Comunidade dos Estados Independentes; a Região 2 inclui a América do Norte e a América da Sul; a Região 3 inclui a Ásia, a Austrália e o Pacífico.

Modulação Conceito

- **A operação de modulação permite:**
 - **Deslocar o espectro do sinal a transmitir para a banda de frequências mais apropriada disponível;**
 - **Produzir um sinal modulado com um espectro mais estreito (ou mais largo) que o sinal original;**
 - **Tornar o sistema de transmissão mais robusto relativamente a algum tipo de ruído e / ou interferência;**
 - **Adaptar a sensibilidade do receptor às características do canal.**
-

Conceito

O processo de modulação consiste numa operação realizada sobre o sinal, analógico ou digital, que se deseja transmitir e produzir um outro sinal apropriado para a transmissão, através do meio em causa. A escolha da técnica de modulação permite “moldar” as características do sinal a transmitir e adaptá-lo às características do canal.

As técnicas de transmissão dividem-se em dois grandes grupos: as técnicas destinadas à transmissão de sinais analógicos e as técnicas destinadas à transmissão de dados digitais.

Nos dois grupos a transmissão pode ser efetuada em Banda Base ou com recurso de portadoras (elétricas ou ópticas). No entanto, a transmissão de sinais analógicos em banda base está, normalmente, limitada a sistemas de transmissão a muito curtas distâncias, uma vez que esta solução é muito pouco imune aos efeitos do ruído e interferência. Um exemplo da utilização desta solução é o da transmissão de voz entre os telefones e as centrais da rede telefónica convencional.

A transmissão de sinais analógicos recorrendo a técnicas baseadas na modulação de portadoras é muito utilizada na difusão de som (radiodifusão) e sinais de televisão. As duas principais técnicas são a modulação de amplitude (AM) e a modulação de frequência (FM).

Tipos de Transmissão

- Sinais Analógicos
 - Podem estar envolvidos com ambos os tipos de transmissão
- Sinais Digitais
 - Sempre estão relacionados com transmissões digitais

A diferença básica está em como se mantém a integridade dos sinais ao longo dos meios de transmissão

Tipos de Transmissão

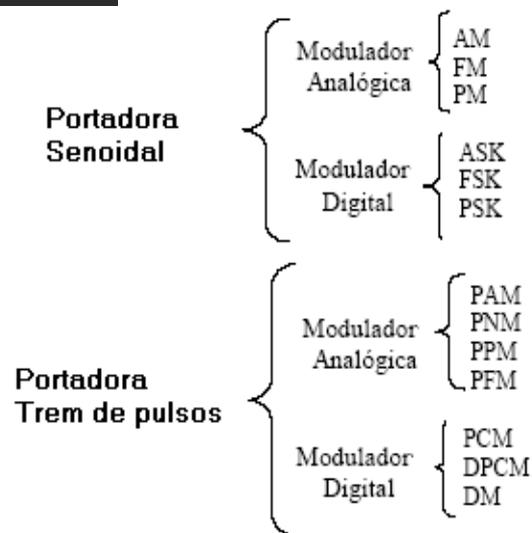
Também é possível classificar o tipo de transmissão como digital ou analógica, porém este aspecto é muito menos relevante. Os sinais digitais sempre estão relacionados com transmissões digitais, mas os analógicos podem ser envolvidos com ambos os tipos. A diferença básica está no tipo de manutenção empregada para manter a integridade dos sinais ao longo dos meios de transmissão. A transmissão digital emprega repetidores, enquanto que a analógica emprega amplificadores.

Os sinais eletromagnéticos que são capazes de se propagar por diversos meios físicos podem também carregar informações. Os modos pelos quais os sinais são codificados para carregar as informações determinam a eficiência e a confiabilidade de transmissão.

As informações podem se apresentar basicamente como sinais analógicos (contínuos) ou digitais (discretos).

Modulação Digital

- Nos sistemas de transmissão digital, os sinais podem ser transmitidos utilizando técnicas de modulação em banda base ou técnicas baseadas em portadoras.



Modulação Digital

A modulação digital oferece muitas vantagens quando comparada à modulação analógica. Entre elas, pode-se citar: maior imunidade a ruído e a outros efeitos nocivos do canal; maior facilidade e praticidade de se multiplexar várias formas de informação, como voz, dados e vídeo, por exemplo; e maior segurança nas informações. Além disso, esquemas de modulação digital podem comportar códigos de detecção e/ou eliminação de erros e ainda códigos complexos de codificação e equalização, entre outros, para melhorar o desempenho geral do sistema.

Muitos fatores devem ser considerados quando da escolha do esquema de modulação, incluindo: largura de banda requerida, minimização de interferências intersimbólica e de canal adjacente, e desempenho quanto à taxa de erros.

Um esquema de modulação ideal provê baixas taxas de erro de bit (BER) com baixos níveis de relação sinal-ruído na recepção, tem bom desempenho em situações de propagação com multipercursos (e, portanto, sujeito a desvanecimentos), ocupa uma banda mínima, e ainda é fácil e econômico de ser implementado. Nenhum esquema de modulação atual satisfaz a todos esses requisitos simultaneamente. Alguns esquemas possuem melhor desempenho em termos de taxa de erro de bit, enquanto que outros utilizam melhor o espectro alocado. Portanto, um compromisso deve ser estabelecido na escolha do esquema de modulação, dependendo das demandas da aplicação.

O desempenho de um esquema de modulação é usualmente medido em termos de eficiência de potência e eficiência de uso da banda. Eficiência de potência está relacionada com a habilidade do esquema de modulação em preservar a fidelidade da mensagem original com baixos níveis de potência. Em um sistema de comunicação, para que se obtenha maior imunidade a ruído é necessário que se aumente o nível de potência do sinal. Entretanto, o quanto o nível do sinal deve ser aumentado para que se obtenha determinada qualidade (ou seja, uma taxa de erro de bit aceitável) em um sistema digital depende da técnica de modulação empregada. A eficiência de potência (também chamada eficiência de energia) é uma medida do quanto bom é o compromisso entre qualidade e potência do sinal, e é frequentemente expressa como a razão entre a energia por bit e a densidade espectral de ruído (E_b / N_0) necessária na entrada do receptor para que se obtenha uma dada probabilidade de erro máxima.

Modulação das Ondas de Rádio

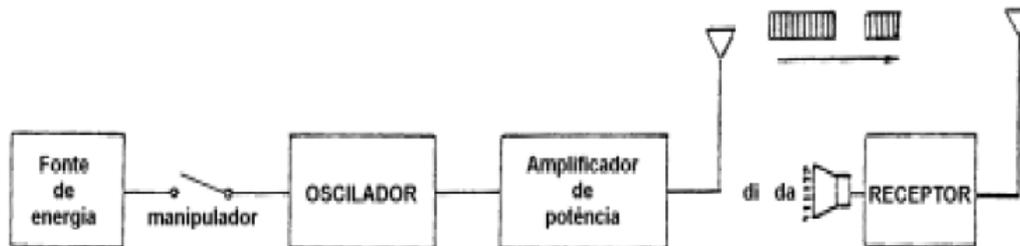


Diagrama em Bloco de um Transmissor CW

Modulação das Ondas de Rádio

Quando uma série de ondas eletromagnéticas é transmitida em frequência e amplitude constantes, ela é denominada de onda contínua, ou, abreviadamente, CW (do inglês “continuous wave”).

Estas ondas só poderão ser ouvidas em VLF (frequências muito baixas), quando produzirão um forte zumbido no receptor. Entretanto, usando no receptor um oscilador de batimento (ou oscilador de frequência de batimento), poderia ser ouvido um tom constante de áudiofrequência. Ao receber um sinal de radiofrequência, o oscilador de batimento (“beat frequency oscillator”) gera um sinal com uma frequência diferente da do sinal recebido, dentro da faixa audível (de 20 a 20.000Hz), que pode ser percebido pelo ouvido humano.

Contudo, um sinal contínuo não tem significado algum, mas pode-se formar um código se variarmos, por meio de interrupções, esse sinal. É isso que se faz em radiotelegrafia. Interrompe-se a produção da onda contínua não modulada, por meio de uma chave, denominada manipulador. O código usado é constituído de sinais longos (traços) e curtos (pontos) e denomina-se Código Morse. Um transmissor de radiotelegrafia de onda contínua não modulada é mostrado na figura. A transmissão em onda contínua é conhecida como transmissão em CW (“continuous wave”).

Devido ao fato de uma onda contínua não poder conduzir muitas informações, na *Navegação Eletrônica* ela é quase sempre modificada, ou seja, modulada de alguma forma. Quando isso ocorre, a onda CW passa a ser chamada de *onda portadora*.

Na prática, existem três maneiras mais comuns para modularmos uma onda CW para que conduza as informações desejadas:

- Modulação em Amplitude;
- Modulação em Frequência; e
- Modulação em Pulsos.

Histórico

- O código Morse é um sistema de representação de letras, números e sinais de pontuação através de um sinal codificado enviado intermitentemente. Foi desenvolvido por Samuel Morse e Alfred Vail em 1835



Samuel Morse

Histórico

Este sistema representa letras, números e sinais de pontuação apenas com uma seqüência de pontos, traços, e espaços.

Portanto, com o desenvolvimento de tecnologias de comunicação mais avançadas, o uso do código Morse é agora um pouco obsoleto, embora ainda é empregado em algumas finalidades específicas, incluindo rádio faróis, e por CW (continuous wave-ondas contínuas), operadores de radioamadorismo. Código Morse é o único modo de modulação feito para ser facilmente compreendido por humanos sem ajuda de um computador, tornando-o apropriado para mandar dados digitais em canais de voz.

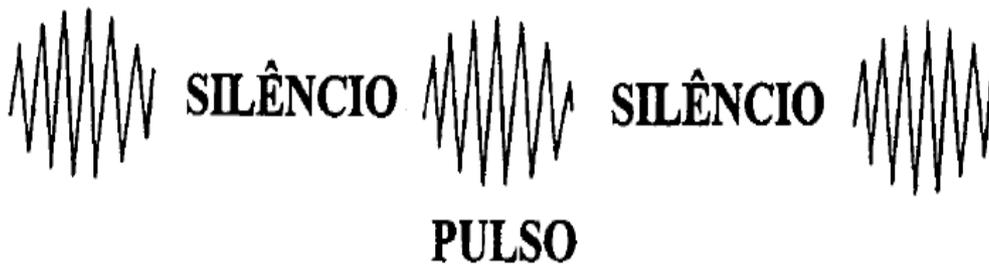
O código Morse foi desenvolvido de modo que os operadores pudessem traduzir as identificações marcadas na fita de papel em mensagens de texto. Inicialmente, Morse planejou transmitir somente números, e usar um dicionário para procurar cada palavra de acordo com o número que foi enviado. Porém, o código foi expandido para incluir letras e caracteres especiais, podendo assim ser usado para mensagens mais completas. As marcas curtas foram chamadas de "pontos", e as longas de "traços", e as letras mais comuns usadas na língua inglesa foram nomeadas nas menores seqüências.

No telégrafo original de Morse, as armações dos receptores fizeram um barulho de clicado como se movessem dentro e fora da posição da marcação da fita. Operadores logo aprenderam a ler os clicados como o início e o fim dos pontos e traços, mostrando que não é necessário muito tempo para usar a fita.

Quando o código Morse foi adotado no rádio, os pontos e os traços foram normalmente enviados como tons curtos e longos. Isso foi posteriormente provado que as pessoas se tomariam mais hábeis na recepção do código Morse quando é ensinado como uma linguagem ouvida, ao invés de lida de páginas. Para refletir o som do código Morse, profissionais vocalizaram os pontos como "dit" e os traços como "dah". Quando um "dit" não é o elemento final do caractere, seu som é encurtado para "di" para manter um melhor ritmo vocal.

Mensagens Morse são geralmente transmitidas por uma ferramenta de transmissão manual, como o telégrafo, mas há variações introduzidas pela prática de enviar e receber — operadores mais experientes conseguem enviar e receber em altas velocidades. Em geral, qualquer código representando símbolo escrito como sinais de durações variadas pode ser transmitido por código Morse, mas o termo é usado especialmente para dois tipos de código Morse usado para o alfabeto inglês e símbolos associados.

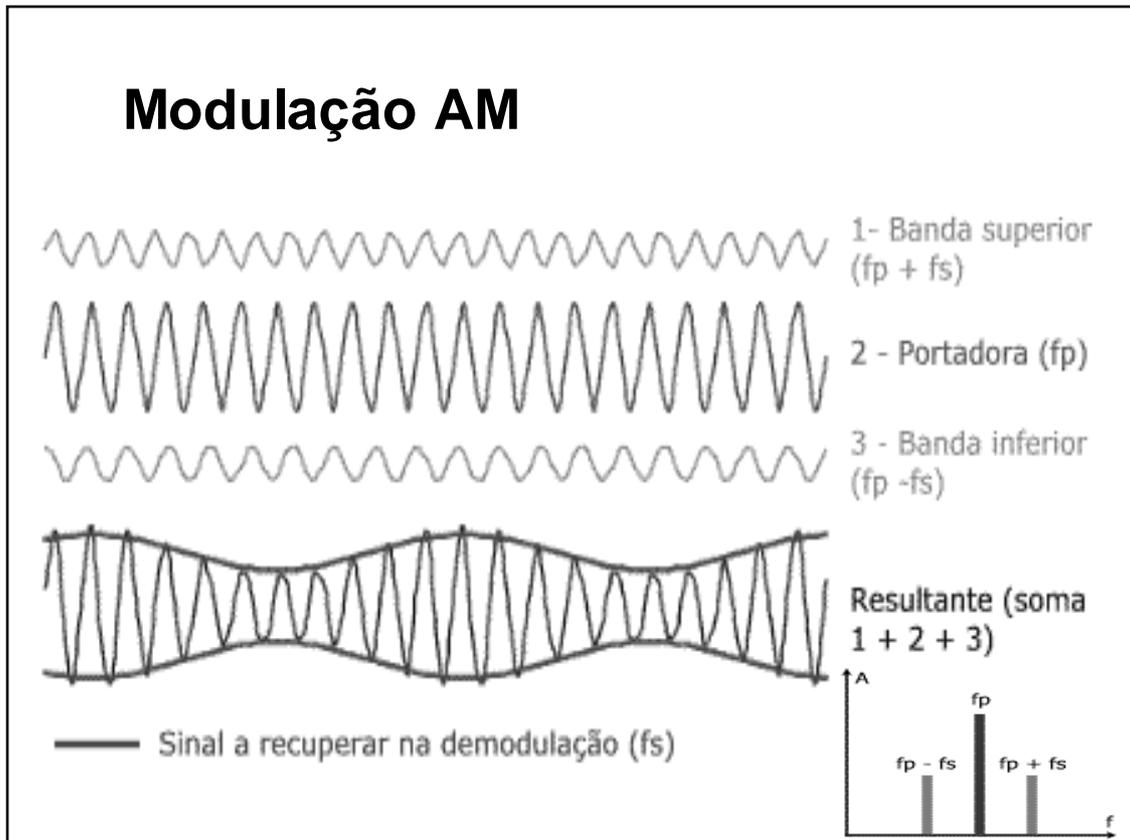
Modulação por Pulsos



Modulação por Pulsos

Na modulação por pulsos (PM) não existe onda moduladora. A onda contínua é transmitida de forma interrompida. Pulsos extremamente rápidos de energia são transmitidos, seguidos por períodos relativamente longos de "silêncio", durante os quais não há transmissão. A figura mostra este tipo de modulação, que é usado na maioria dos radares de navegação marítima, inclusive radares de busca de superfície. A modulação por pulsos é, também, empregada em alguns auxílios eletrônicos de longo alcance, dos quais o mais conhecido é o LORAN. E também o código Morse que foi muito utilizado nas comunicações civis e militares. Hoje restrito ao uso de radioamadores.

Modulação AM



Modulação AM

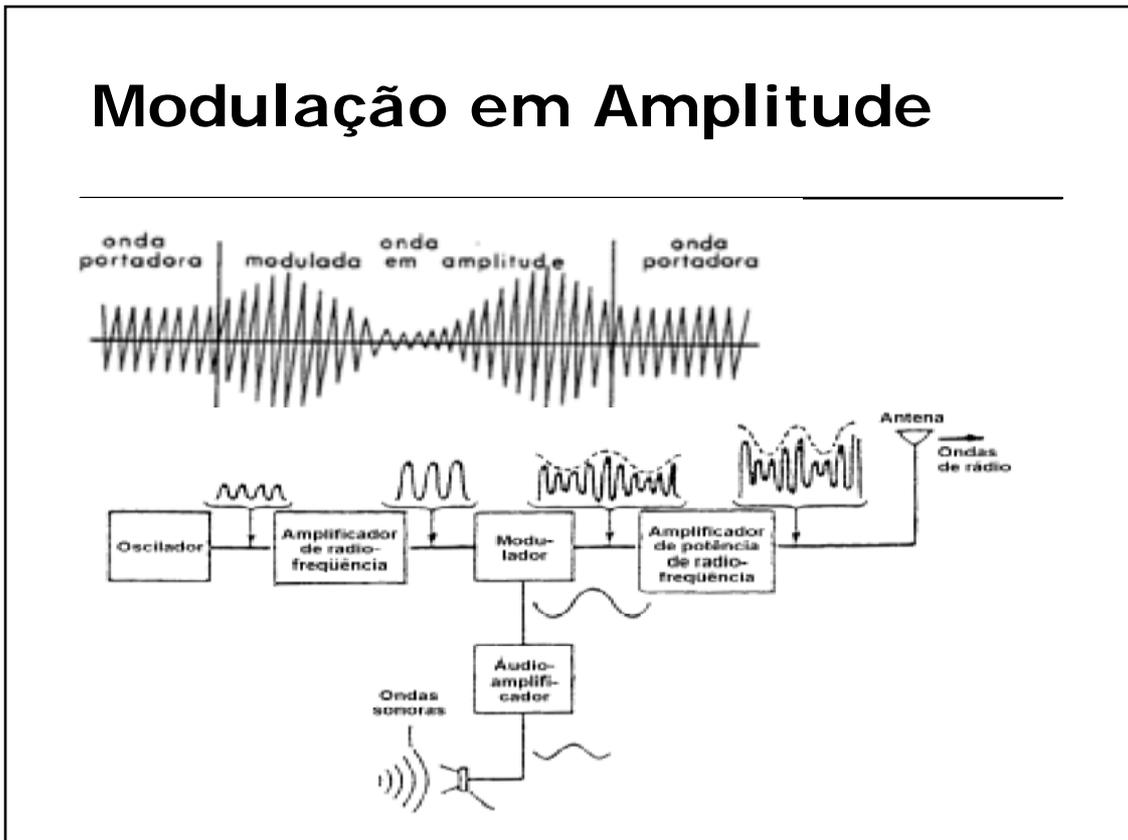
As ondas de rádio transportam informação de um lugar para outro. A frequência da onda de rádio que faz o transporte é conhecida como frequência portadora. A informação a ser transportada é misturada na frequência portadora por um processo conhecido como modulação.

A modulação é necessária porque a informação do sinal (por exemplo, voz ou dados) usualmente é de tão baixa frequência que não pode ser prontamente irradiada diretamente no espaço. Duas formas amplamente utilizadas de modulação são: Modulação em Amplitude (AM). Modulação em Frequência (FM).

A modulação em amplitude (AM) foi a primeira forma de modulação desenvolvida e é ainda bastante comum, particularmente nas estações de rádio comerciais. A amplitude, ou tamanho, da onda senoidal da frequência portadora cresce ou decresce na mesma proporção da forma de onda do sinal de voz.

A AM é susceptível a sinais não desejados (por exemplo, ruído) que são incluídos juntamente com a informação assim que o sinal é irradiado, porque a AM varia a amplitude da onda portadora. Quando a onda portadora é removida no receptor de rádio (demodulada), o ruído permanece junto à informação, com a sua característica indesejável. Como resultado, a AM não é bastante adequada para aplicações móveis, devido ao ruído causado pelo sistema de ignição do veículo. A AM é usada em algumas aplicações (por exemplo, aviões, televisão..) nos quais as fontes de ruído são mais bem controladas.

Modulação em Amplitude



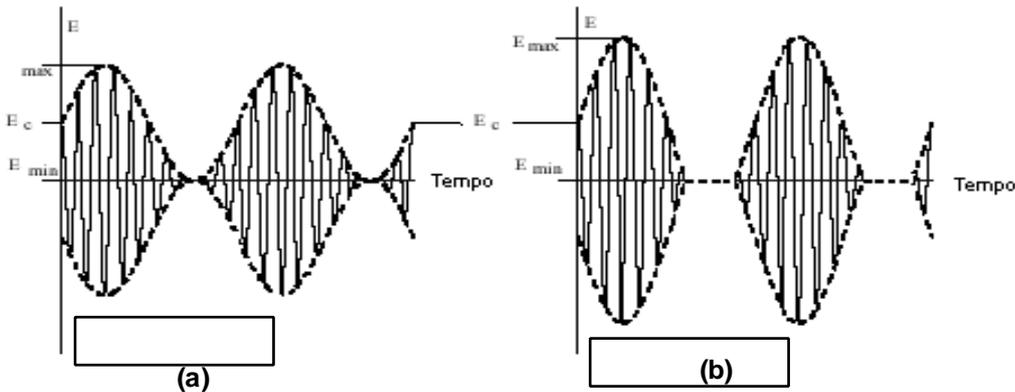
Modulação em Amplitude

Na modulação em amplitude (AM), a amplitude da onda portadora (onda de rádio freqüência) é modificada pela amplitude da onda moduladora (geralmente, porém nem sempre, uma onda de audiofreqüência). A figura mostra este tipo de modulação.

O processo no transmissor é o seguinte: após terem sua potência aumentada no amplificador de áudio, as ondas sonoras vão ao modulador, onde essa corrente elétrica de baixa freqüência é somada à corrente elétrica de alta freqüência das ondas de radiofreqüência que vêm do amplificador de RF. Ou seja, a modulação se dá pela soma das amplitudes das duas ondas. A corrente elétrica que sai do modulador é, então, a soma das duas ondas (a onda de áudio mais a onda de radiofreqüência). Esta onda, após mais um estágio de amplificação, é transmitida pela antena. No receptor, o sinal é demodulado, pela remoção da onda moduladora que, em caso de voz irradiada, é amplificada e, então, relatada ao ouvinte através de um alto-falante. Este tipo de modulação é bastante comum, sendo a forma usual de modulação na faixa de irradiação das estações comerciais AM.

Índice Percentual de Modulação $m(\%)$

$$m(\%) = [(E_{MAX} - E_{min}) / (E_{MAX} + E_{min})] \times 100$$



Índice de Modulação – $m(\%)$

Ao modularmos uma portadora com um sinal senoidal, sua amplitude variará de acordo com sinal modulante, isto é, a envoltória desse sinal assim modulado corresponderá ao sinal modulante.

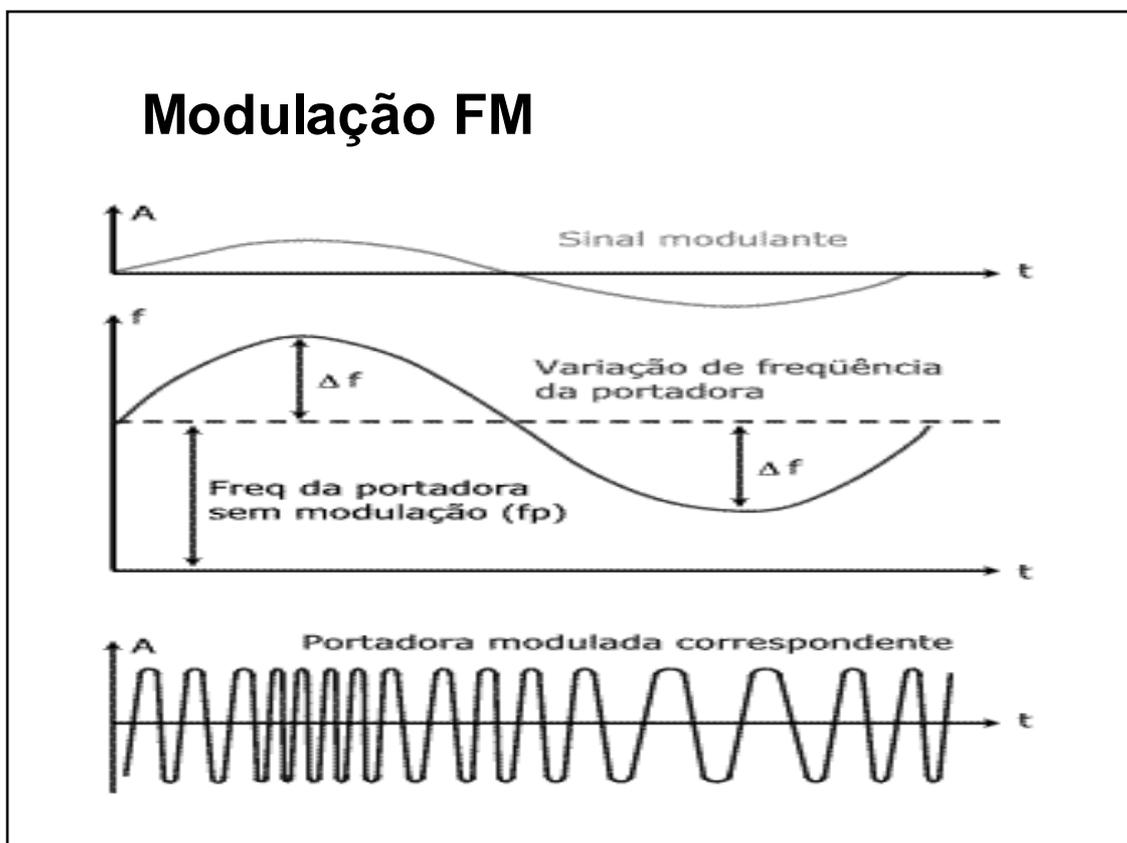
Se a amplitude do sinal modulante é aumentada, a variação em amplitude da onda modulada aumentará igualmente até uma supressão instantânea da envoltória, como mostrada na Figura em (a).

Se aumentarmos ainda mais amplitude do sinal modulante, a máxima amplitude de onda aumentará igualmente, mas existirá uma interrupção na onda por um curto período de tempo como mostrado na Figura em (b).

A ausência de modulação corresponderá a um índice demodulação de 0% e à modulação completa, um índice de 100%. Aos casos de sobre-modulação corresponderão percentagem superiores a 100%.

Efeitos da Sobre-Modulação: Se observarmos o caso da Figura em (b) poderá ser visto que a mesma forma do sinal modulado poderia ser obtido se, em lugar de termos uma sobre-modulação por um sinal senoidal, a portadora fosse modulada em 100% por um sinal senoidal com seu pico negativo cortado.

Modulação FM



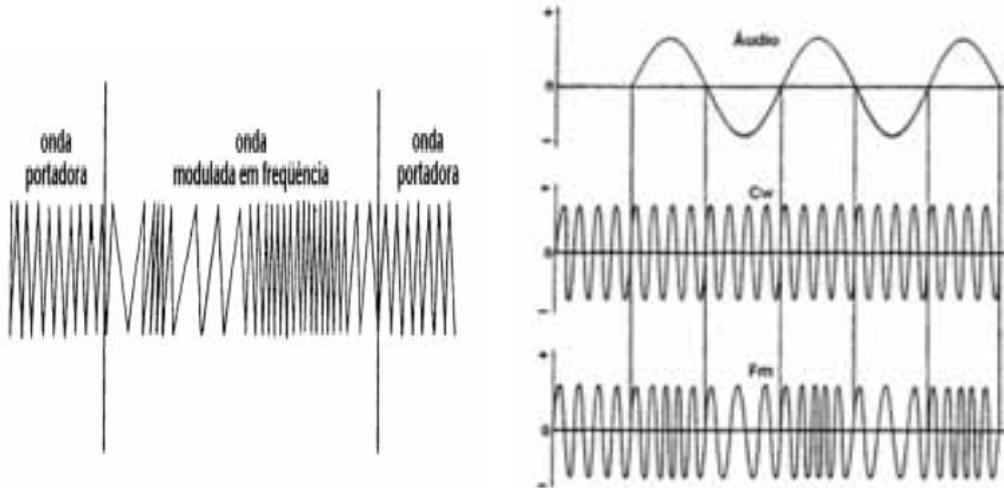
Modulação em Frequência (FM)

A modulação em frequência (FM) foi desenvolvida para contornar os problemas de ruído inerentes à AM. A FM varia a frequência da onda portadora (em lugar de sua amplitude) na mesma proporção que a forma de onda do sinal de voz (por exemplo, música). A FM não é largamente afetada pelo ruído encontrado depois que o sinal é irradiado já que a frequência é variada, em lugar da amplitude. A FM é utilizada quando são importantes o abrandamento do ruído (por exemplo, aplicações móveis) e a fidelidade do sinal (por exemplo, transmissões estéreo FM).

A modulação de amplitude apresenta a desvantagem da elevada sensibilidade a interferências. Isto é facilmente observado ao se sintonizar um receptor de AM.

Se, em vez de variar a amplitude, o sinal modulante variar a frequência da portadora, pode-se esperar uma melhor qualidade de transmissão, uma vez que a frequência do sinal não é afetada por interferências. A contrapartida para a melhor qualidade da FM é uma largura de banda maior. No caso de rádios, enquanto uma transmissão de AM pode ser razoavelmente efetuada numa faixa de 10 kHz, uma de FM precisa de larguras tão altas como 150 a 200 kHz para uma boa qualidade. Por isso, as frequências reservadas para transmissões comerciais de rádios de FM estão na faixa de VHF, de 88 a 108 MHz, para acomodar um número razoável de estações.

Modulação FM

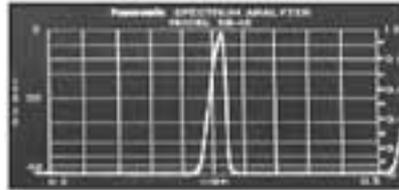


Modulação FM

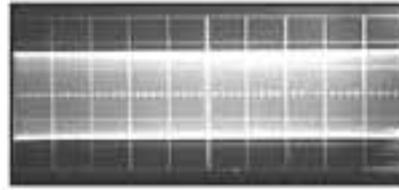
Na modulação em frequência (FM), a frequência da onda portadora é modificada pela frequência da onda moduladora (geralmente, mas nem sempre, uma onda de áudiofrequência), conforme mostrado na figura. É a modulação da onda de radiofrequência (portadora) de maneira que sua frequência instantânea difere da frequência da onda de áudio (moduladora) de uma quantidade proporcional à amplitude instantânea da moduladora. Este tipo de modulação é usado pelas estações de rádio comerciais em FM e, também, pelos canais de som das estações de TV. Uma outra modalidade de modulação em frequência é a denominada modulação em fase (PM = "phase modulation"). Neste modo, o ângulo de fase da portadora é desviado de seu valor original de uma quantidade proporcional à amplitude da moduladora.

Domínio da Frequência e do Tempo

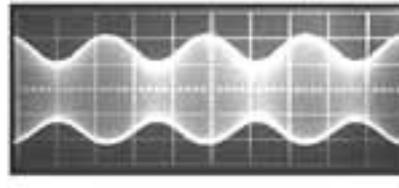
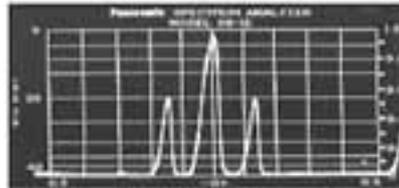
Analizador de Espectro



Osciloscópio



(A)



(B)

A - Portadora CW.

B - Portadora Modulada com um tom de áudio.

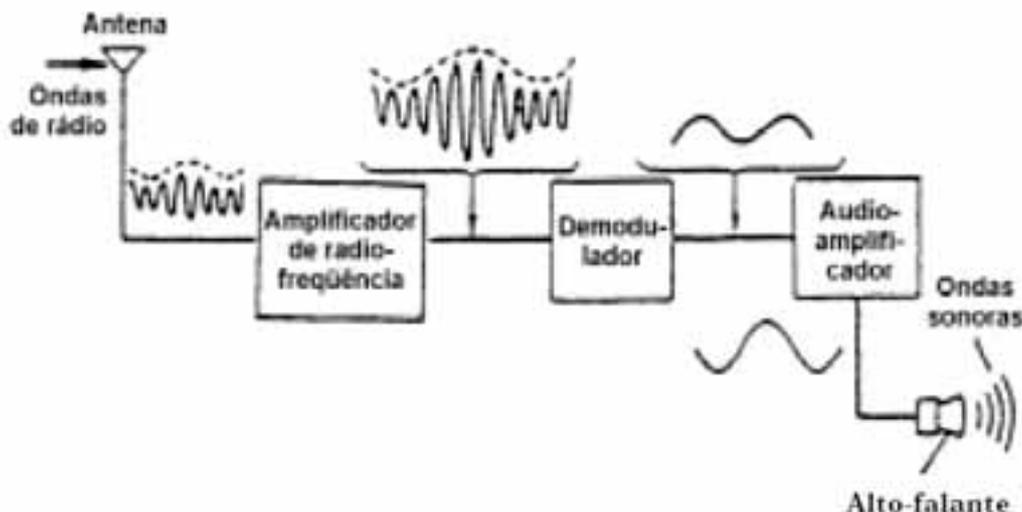
Domínio da Frequência e do Tempo

O *osciloscópio* é um instrumento eletrônico que permite observar sinais elétricos numa tela. Seu elemento básico é um tubo de raios catódicos, (como a tela do seu microcomputador). Nele, um feixe de elétrons é defletido na vertical pelo sinal elétrico que se quer estudar. Este feixe atinge a tela, que brilha. Normalmente, o feixe desloca-se ao mesmo tempo na horizontal, desenhando uma figura que corresponde ao sinal a ser estudado.

Como o deslocamento do feixe é proporcional à amplitude do sinal (tensão), é possível utilizar o osciloscópio para medir tensões elétricas (amplitude do sinal). É uma ferramenta essencial em qualquer oficina eletrônica ou laboratório que utilize sinais elétricos nas pesquisas.

Analizador de Espectro (Spectrum Analyser) - Equipamento utilizado para monitorar a resposta em frequência, mostrando os diferentes grupos de frequências em forma de gráfico de pontos verticais.

O Receptor de Rádio



O Receptor de Rádio

É um equipamento projetado para converter a onda de rádio em uma forma adequada de recebimento de informações. Ele deve ser capaz de selecionar as ondas portadoras de uma frequência desejada; demodular a onda; amplificá-la, se necessário; e apresentar a informação recebida de uma forma utilizável.

A saída do receptor pode ser através de fones de ouvido, de alto-falante, ou, ainda, de um mostrador, anteriormente constituído, em muitos sistemas, por uma válvula de raios catódicos (VRC), hoje substituída, nos modernos equipamentos eletrônicos de navegação, por um mostrador LCD ("liquid crystal display").

Um receptor deve incorporar os seguintes componentes básicos:

- Antena, para converter a onda de rádio recebida em corrente elétrica;
- demodulador, para separar a onda moduladora da portadora; e
- mostrador ("display"), que apresenta a informação de uma forma utilizável.

A figura mostra o diagrama de um receptor de fonia. As ondas eletromagnéticas que vêm do transmissor, ao baterem na antena, imprimem uma pressão elétrica, que provoca uma corrente alternada de intensidade muito fraca. Essa corrente é, então, aumentada de intensidade pelo amplificador de radiofrequência. Daí, ela é levada ao demodulador, onde são separadas as radiofrequências das audiofrequências, ou seja, a corrente alternada de audiofrequência que contém a mensagem é separada da portadora.

A corrente de audiofrequência é levada ao amplificador de áudio, que lhe aumenta a potência, e, por fim, no alto-falante são emitidas ondas sonoras (que correspondem às ondas sonoras que incidem no microfone do transmissor).

Os receptores devem possuir uma série de qualidades para que desempenhem a contento as tarefas para as quais foram construídos:

1. A faixa de frequências deve estar de acordo com as ondas eletromagnéticas que deve receber;
2. deve possuir a capacidade de separar sinais da frequência desejada de outros sinais de frequências aproximadas; a essa característica dá-se o nome de seletividade;
3. sensibilidade: deve possuir meios para detectar e amplificar um sinal fraco, de maneira a extrair as informações desejadas;
4. estabilidade: é a capacidade de resistir à derivação das condições ou valores nos quais foi sintonizado, permanecendo na frequência em que foi ajustado; e
5. fidelidade: deve repetir exatamente as características essenciais do sinal original (precisão na reprodução das características da onda moduladora original).

Algumas dessas características podem ser conflitantes. Por exemplo, se aumentarmos demais a seletividade de um receptor, podemos causar uma perda de fidelidade; se diminuirmos ao máximo uma abertura de faixa de um receptor de radiofonia, poderá acontecer do mesmo não receber todas as frequências de áudio, e os sons mais graves e os mais agudos poderão não ser apresentados no alto-falante.

Os receptores podem possuir dispositivos adicionais, como controle automático de volume, que se destina a minimizar os efeitos do "fading"; controle automático de ruídos, que tem como finalidade diminuir os ruídos de fundo; etc.

Os sinais indesejáveis na recepção de uma onda denominam-se interferências. As interferências podem ser produzidas pelo homem, intencionalmente ou não, ou por fontes naturais. As interferências intencionais, no sentido de obstruir as comunicações, ou interromper a transmissão ou recepção de informações, tais como o bloqueio, são objeto da *Guerra Eletrônica*. As interferências produzidas pelo homem não intencionalmente e as de fontes naturais denominam-se ruídos.

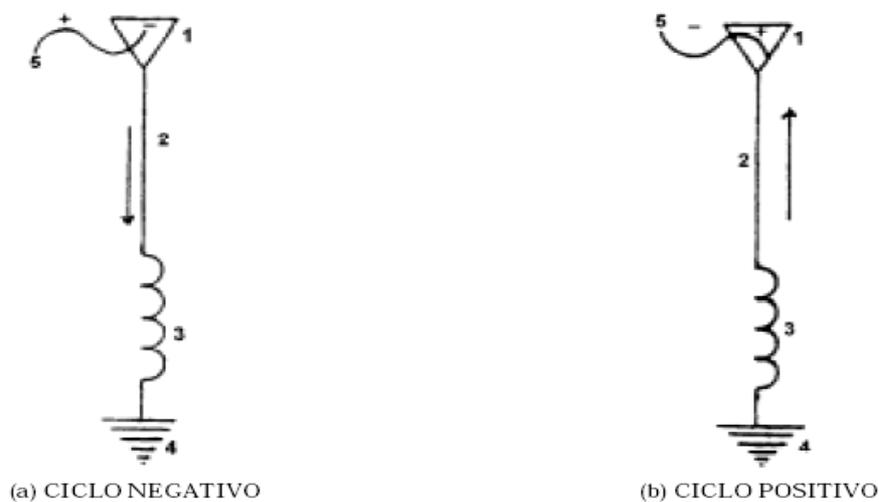
Os ruídos do próprio receptor (ruídos internos) são provocados pelos circuitos de corrente alternada, pela vibração de elementos eletrônicos, por maus contatos ou componentes defeituosos, etc. Os ruídos externos produzidos pelo homem não intencionalmente são provenientes de motores elétricos, geradores e outros equipamentos elétricos e eletrônicos.

Geralmente, eles diminuem com o aumento da frequência, com exceção da ignição de motores, que tem sua máxima interferência na faixa de frequências muito altas (VHF). Esses ruídos podem ser diminuídos pela aplicação de filtros ou pela blindagem do aparelho. Os ruídos de fontes externas não produzidos pelo homem são os ruídos atmosféricos, os ruídos cósmicos e ruídos térmicos. Os ruídos atmosféricos também são conhecidos como estática e provêm de descargas elétricas naturais. No globo terrestre, por segundo, ocorrem cerca de 100 relâmpagos, em sua maioria na faixa tropical da Terra. Eles se apresentam na saída do receptor como um murmúrio, sendo que os mais próximos apresentam-se como estalidos. Eles ocorrem em todas as frequências, mas diminuem com o aumento da mesma. Acima de 30MHz, geralmente, não apresentam problemas.

Os ruídos cósmicos são os provenientes da emissão rádio de várias fontes da galáxia, inclusive do Sol. Os ruídos térmicos são produzidos pela atmosfera aquecida e pela superfície da Terra.

O total desses ruídos soma-se na saída do receptor: ruídos de fontes externas + ruídos do próprio receptor. Melhorando os componentes de fabricação e adequando os circuitos, introduzindo filtros nas fontes de ruídos produzidos pelo homem e escolhendo apropriadamente a frequência, pode-se ter uma recepção mais livre de interferências.

Antena Unifilar Vertical - Conceito



Antena Unifilar Vertical - Conceito

Quando uma onda de rádio incide em uma antena, nela imprime uma pressão elétrica.

Contudo, o fato de existir uma voltagem na antena não significa que ela esteja sendo percorrida por uma corrente elétrica. Para que haja essa corrente é preciso que a pressão elétrica seja maior num lado que no outro da antena, ou seja, que exista uma diferença de potencial entre as extremidades da antena. Então, os elétrons escoarão do local onde estão em excesso, para o local onde estão em falta, produzindo a corrente elétrica.

Na figura (a), temos um sistema antena–terra, onde (1) é a antena, (2) o condutor da mesma, (3) o primário do transformador dentro do receptor e (4) a terra que fecha o circuito. A curva (5) representa um ciclo da onda de radiofrequência que, em sua propagação pelo espaço, encontrou a antena. Nessa figura, o ciclo da onda que encontrou a antena é negativo, logo, transfere à mesma elétrons, que descerão da antena para terra, criando uma corrente elétrica no sentido da seta. Quando passar o próximo ciclo da onda, agora positivo, a antena ficará carregada positivamente em relação à terra. E, como cargas de nomes contrários se atraem, os elétrons da terra sobem e, assim, criam uma corrente no sentido ascendente (b). É fácil identificar o sentido da corrente elétrica na antena unifilar vertical aplicando a lei da atração e repulsão das cargas elétricas: sendo o semi-ciclo negativo, os elétrons da onda repelem os elétrons “livres” da antena e a corrente tem sentido de cima para baixo. No semi-ciclo positivo, como as cargas elétricas de sinais contrários se atraem e a maior carga de elétrons está na terra, o sentido da corrente da antena é de baixo para cima.

Este é o princípio da antena unifilar vertical, que auxilia a compreender o funcionamento das antenas de recepção. Os outros tipos de antena de recepção são: unifilar horizontal, parabólica, em quadro, etc.

Radiodifusão Sonora

Os dois sistemas técnicos utilizados pela radiodifusão sonora - rádio - são AM (Amplitude Modulada) e FM (Frequência Modulada). No Brasil, tanto AM como FM, podem transmitir em MONO ou ESTÉREO possibilitam ao ouvinte uma sensação de profundidade.

Sistema AM (Amplitude Modulada): A radiodifusão de AM pode ser dividida conforme os diversos comprimentos de ondas. Os tipos mais comuns e utilizados entre nós, são: ondas médias - OM, ondas tropicais - OT (somente utilizadas acima de trópico de Capricórnio e abaixo do trópico de Câncer) e ondas curtas - OC.

Para *emissão estereofônica em AM*, devem ser observados os seguintes itens:

- a) a onda transmitida pelo sistema estereofônico deve atender aos limites estabelecidos.
- b) o sistema de transmissão estereofônico é de Modulação em Amplitude, em Quadratura Compatível (C-QUAM);
- c) o canal principal (soma do sinal esquerdo com o sinal direito), L + R deve modular a portadora em amplitude. Sob todas as condições de modulação em amplitude, no sistema estereofônico, o índice de modulação em amplitude não deve exceder o valor de 1 nos picos negativos;
- d) somente o sinal esquerdo (ou somente o sinal direito), separadamente, sob todas as condições de modulação, no sistema estereofônico, não deve exceder o índice de modulação de valor 1 nos picos negativos;
- e) o canal estereofônico (diferença entre o sinal esquerdo e o sinal direito), L - R, deve modular a portadora em fase, em quadratura, com faixas laterais compatíveis;
- f) a máxima modulação angular nos picos negativos do sinal esquerdo ou direito, cada um na ausência do outro, não deve exceder a 1,25 radianos;
- g) um pico de modulação de fase de +/- 0,785 radianos pelo canal estereofônico (L - R), na ausência do canal principal (L + R) e do sinal piloto, representa o índice de modulação 1 do canal estereofônico;
- h) o sinal composto deve conter um tom piloto de 25 Hz, que module a portadora em fase, com pico de +/- 0,05 radianos, que corresponde a 5% da modulação do canal quando nenhuma outra modulação estiver presente. O nível de injeção do tom piloto deve ser de 5% com tolerância de 1 %;
- i) a diafonia no canal principal, causada pelo sinal do canal estereofônico, deve estar pelo menos, 30 dB abaixo do nível correspondente a 75% de modulação, para sinais de áudio de 50 a 7.500 Hz;
- j) a diafonia no canal estereofônico, causada pelo sinal do canal principal, deve estar. Pelo menos, 30 dB abaixo do nível correspondente a 75% de modulação, para sinais de áudio de 50 a 7.500 Hz.

Ondas Médias – OM: As emissoras de onda média são as que estão compreendidas no dial entre as frequências de 535 a 1605 KHz.

Durante o dia, as ondas se propagam por terra e, durante a noite, a propagação é feita por terra e também se refletindo na camada ionosférica, aumentando seu alcance. Por isso, a noite maioria das emissoras baixam suas potências, visando evitar interferências em emissoras co-canais.

Ondas Tropicais - OT: As emissoras caracterizadas como de ondas tropicais, são as que operam na faixa compreendida entre 2300 e 5600KHz.

Este sistema não opera nos Estados do Sul, visto ser sistema destinado às regiões tropicais, pois com médias potências é possível se obter grandes áreas de cobertura.

Ondas Curtas – OC: Sua principal característica é o longo alcance o qual varia em função de múltiplos fatores, tais como: atividade solar e conseqüente grau de ionização das camadas altas da atmosfera, latitude e longitude, potência de transmissor e ganho de antena, estação do ano e hora do dia. Em geral pode-se considerar a faixa de 49m (5950 a 6200KHz) ótima para cobertura diurna em um raio de 200 a 300Km da emissora (a noite atinge milhares de Km, mas mais gera interferência do presta serviço).

A faixa de 31m (9550 a 9775KHz) tem um comportamento intermediário entre a de 49 e 25m e, a de 25m (11700 a 11975KHz) destina-se a cobertura de áreas distantes (+ de 300Km) tanto de dia quanto a noite.

Sistema Frequência Modulada – FM: O sistema de FM não possui subdivisões, visto que opera uma faixa de onda apenas, ou seja, de 88 a 108MHz.

Por ser um sistema que modula em frequência, possui a capacidade de transmitir em alta fidelidade, o sinal das emissoras de FM é transmitido em linha reta, e por esta razão a altura da antena é o fator mais importante: o alcance, devido a difração na atmosfera, resulta como se a Terra tivesse cerca de 4/3 do seu diâmetro.

Devido a largura do canal de uma emissora de FM é possível transmitir em estéreo com excelente separação entre os canais.

Características das Bandas

Ondas Médias: 550 a 1750 kHz

Ondas Tropicais

120 metros – (2300 à 2495 kHz)

90 metros – (3200 à 3400 KHz)

75 metros – (3900 à 4000 KHz)

60 metros – (4750 à 5060 KHz)

Ondas Curtas

49 metros – (5730 à 6295 KHz)

41 metros – (6890 à 7600 KHz)

31 metros – (9250 à 9990 KHz)

25 metros – (11500 à 12160 KHz)

22 metros – (13570 à 13870 KHz)

19 metros – (15030 à 15800 KHz)

16 metros – (17480 à 17900 KHz)

15 metros – (18900 à 19020 KHz)

13 metros – (21450 à 21850 KHz)

11 metros – (25670 à 26100 KHz)

Características das Bandas

São três os fatores determinantes que possibilitam a sintonia de emissoras em Ondas Curtas: *A hora do dia, a estação do ano (verão, inverno, outono e primavera) e a atividade solar.*

A camada da atmosfera responsável pela condução das ondas de rádio, em especial das ondas médias e curtas é a ionosfera, portanto o principal fator influente na qualidade da sintonia dessas frequências é a atividade solar.

Geralmente durante a intensa atividade solar conseguimos sintonizar emissoras brasileiras dos mais variados estados brasileiros, mas ao cair da noite é possível a sintonia de emissoras dos mais diversos países.

A maioria das emissoras que transmitem nas Ondas Curtas, utilizam, diversas frequências em bandas diferentes, isto para possibilitar alterações de escuta ao maior número de regiões e durante o maior tempo possível ao longo do dia e noite.

Abaixo estão relacionadas as bandas de rádio difundidas juntamente com suas características:

Ondas Médias – 550 à 1750 kHz: Ondas terrestres (Ground Waves) fornecem comunicação confiável até 150km durante o dia, quando não há outra forma de transmissão disponível. Caminhos de longa distância são feitos durante a noite através da camada F2. Ruídos atmosféricos e ruídos feitos pelo homem (man made noise) limitam a comunicação. Tempestades tropicais em latitudes médias causam elevados níveis de estática no verão, as noites de inverno são a melhor opção de trabalho de longa distância (DX). Uma boa escolha da antena receptora pode reduzir significativamente a quantidade de ruído recebida enquanto reforça os sinais desejados.

Ondas Tropicais de 120 metros – Durante o dia é possível ouvir estações de algumas centenas de quilômetros de distância (200 a 300 Km), mas ao cair da noite começam a aparecer estações mais distantes. As faixas de Ondas Curtas nestas bandas possibilitam durante o dia recepção razoavelmente boa num raio de até cerca de 400 Km, dependendo da potência do transmissor. À noite, especialmente durante o inverno, podemos sintonizar emissoras situadas a milhares de quilômetros, devido à propagação ionosférica favorável nesta época do ano. No inverno é normal sintonizarmos emissoras da África, Europa e Ásia, e também, emissoras do Norte e Nordeste do Brasil.

Ondas Tropicais de 90, 75 e 60 metros – São semelhantes a banda de 120m em muitos aspectos. Absorção diurna é significativa, mas não tão extrema como em 120 metros. Sinais com alto ângulo de irradiação podem penetrar as camadas E e F. Comunicação diurna, geralmente, é limitada a 400km através de ondas terrestres e propagação por ondas espaciais. À noite, sinais são freqüentemente propagados para metade de todo o mundo. Como em 120 metros, o ruído atmosférico é um incômodo, tornando o inverno mais atraente para a temporada de comunicação a longa distância.

Ondas Curtas de 49 e 40 metros – Durante o dia é possível ouvir estações de centenas de quilômetros de distância (aproximadamente 500 Km), mas ao cair da tarde já é possível ouvir estações mais distantes. As faixas começam a se fechar aproximadamente 2 horas após o nascer do Sol.

Ondas Curtas de 31 metros – Na faixa de 31 metros, a recepção é semelhante à da faixa de 49 metros, porém, com maior alcance, tanto à noite como durante o dia. Durante o dia, pode-se ouvir estações distantes, de até cerca de 2.000 Km. Um fato interessante é que logo ao amanhecer, podemos sintonizar estações distantes milhares de quilômetros, em função das condições de propagação da ionosfera. Durante o inverno, as condições de propagação nesta faixa são melhores que no verão.

Ondas Curtas de 25 metros – Esta faixa é apropriada para a recepção de emissoras situadas à longa distância, normalmente sintonizamos emissoras internacionais. Quando a atividade solar está em intensa, a recepção é possível durante 24 horas. Em períodos em que a atividade solar estiver baixa, a recepção é melhor durante o dia e ao amanhecer. Esta faixa começa a se fechar aproximadamente 4 horas após o nascer do sol e se abrem logo à tarde, aproximadamente 3 horas antes do pôr do sol. Durante o dia é possível captar estações de alguns milhares de quilômetros (cerca de 5.000 Km).

Ondas Curtas de 22 e 19 metros – Permanece quase sempre aberta, mas entre 11 e 17 horas somente estações de alta potência podem ser ouvidas. Logo pela manhã e à noite as faixas se abrem.

Ondas Curtas de 16, 13 e 11 metros – Permanecem sempre abertas e são as que mais são afetadas pelos ciclos de manchas solares que ocorrem a cada 11 anos, que é determinado pela quantidade de manchas solares que ocorrem na superfície do sol. Trata-se de um processo de liberação de energia magnética que causa grandes distúrbios na ionosfera de nosso planeta, assim, causando distúrbios na propagação, com certa regularidade.

Como podemos observar, na realidade é o Sol que determina o que podemos ouvir, em que frequência, em que hora do dia ou da noite, em que estação do ano, etc.

Radiodifusão Sonora em OM e Ondas Tropicais

	Potência Máxima		Campo Característico Mínimo
	Diurna	Noturna	
Classe A	100 kW	50 kW	310 mV/m
Classe B	50 kW	50 kW	295 mV/m
Classe C	1 kW *	1 kW	280 mV/m

* Existe uma região (zona de ruído 2) nas Américas onde este valor é de 5 kW.

Radiodifusão Sonora em Ondas Médias e Ondas Tropicais

Ondas Médias na faixa de frequências: 525 a 1705kHz e em onda tropical, na faixa de frequências de 2300 a 2495 kHz (120 metros).

A sub-faixa de 525 a 535kHz é compartilhada com os serviços móvel e de radio navegação aeronáutica. O canal de 530kHz somente pode ser utilizado por estações de radiodifusão com potência limitada a 0,25kW e consignada apenas para estações de finalidades específicas e estabelecidas pela Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL.

A faixa de 535 a 1605kHz é composta de 107 canais, com separação de 10kHz entre portadoras a partir de 540kHz, sendo cada canal identificado por sua frequência central, que é a frequência da onda portadora da emissora.

A faixa de 2300 a 2495 kHz é atribuída exclusivamente ao serviço de radiodifusão sonora em onda tropical, faixa de 120 metros, e é dividida em 19 canais, com separação de 10 kHz entre portadoras, a partir de 2310 kHz. Cada canal é identificado por sua frequência central que é a frequência da onda portadora.

Modulação em amplitude, com ambas as faixas laterais e portadora completa. Designação: 10K0A3EGN

Tolerância de frequência: A variação de frequência da portadora não deve ultrapassar o valor de ± 10 Hz, sob quaisquer condições de funcionamento da emissora.

Para adoção de critérios técnicos, as emissoras são classificadas nas Classes A, B e C. As características que definem as diversas classes são:

a) *Classe A* - é a estação destinada a prover cobertura às áreas de serviço primária e secundária estando protegida contra interferência objetável nestas áreas. Seu campo característico mínimo é de 310mV/m e suas potências máximas são de 100kW (diurno) e 50kW (noturna);

b) *Classe B* - é a estação destinada a prover cobertura regional das zonas urbana e suburbana e rurais de um ou mais centros populacionais contíguos contidos em sua área de serviço primária, estando protegida contra interferências objetáveis nesta área. Seu campo característico mínimo é de 295mV/m e sua potência máxima diurna ou noturna é de 50kW;

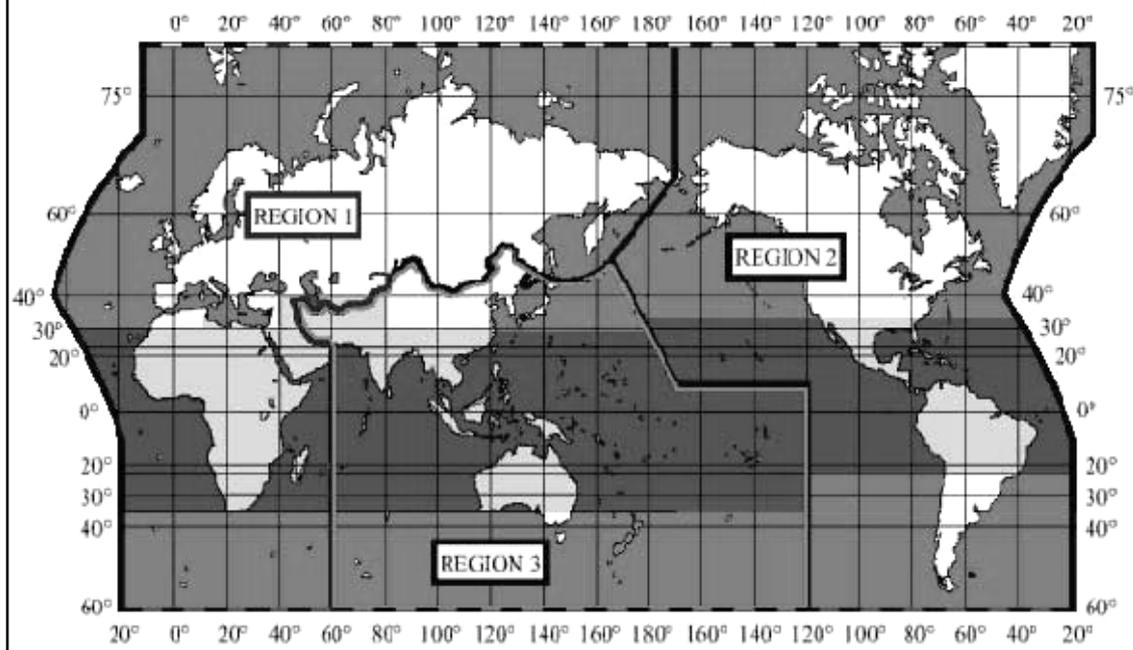
c) *Classe C* - é a estação destinada a prover cobertura local das zonas urbana e suburbana de um centro populacional contidas em sua área de serviço primária, estando protegida contra interferências objetáveis nesta área. Seu campo característico mínimo é 280mV/m.

Quando instaladas na Zona de Ruído 1, a potência máxima diurna e noturna é de 1kW.

Quando: instaladas na Zona de Ruído 2, a potência máxima diurna é de 5kW e a noturna de 1kW.

O campo característico mencionado é definido como a intensidade de campo elétrico do sinal da onda de superfície propagada através de solo perfeitamente condutor a distância de 1 km na direção horizontal, para uma estação de 1kW de potência, consideradas perdas em uma antena real omnidirecional. No caso de estações direcionais, para determinar o campo característico será considerada a intensidade de campo na direção horizontal de máxima radiação.

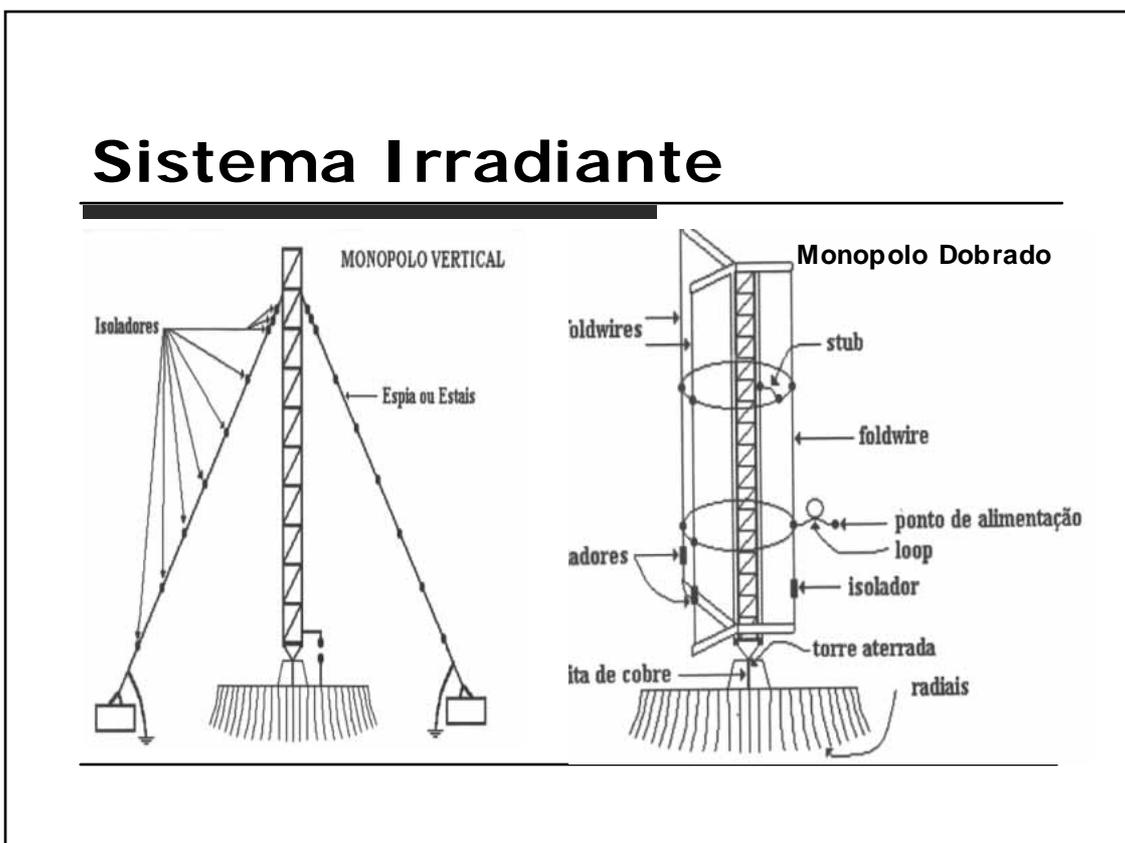
Zonas de Ruído



Zonas de Ruído

- a) ZONA DE RUÍDO 1: Compreende toda a Região, 2 excluindo-se a Zona de Ruído 2.
- b) ZONA DE RUÍDO 2: Compreende a área dentro da linha definida pelas coordenadas 20° Sul - 45° Oeste, e meridiano 45° Oeste até as coordenadas 16° Norte - 45° Oeste, e paralelo 16° Norte até as coordenadas 16° Norte - 68° Oeste, e meridiano 68° Oeste até as coordenadas 20° Norte - 68° Oeste, e paralelo 20° Norte até as coordenadas 20° Norte - 75° Oeste, e meridiano 75° Oeste até as coordenadas 18° Norte - 75° Oeste, com exclusão da JAMAICA, e paralelo 18° Norte até a costa de BELIZE, a costa nordeste de BELIZE, e a fronteira entre MEXICO e BELIZE, a fronteira entre MEXICO e GUATEMALA, a costa sul de GUATEMALA e EL SALVADOR, até o meridiano 90° Oeste, e meridiano 90° Oeste até as coordenadas 5° Norte - 90° Oeste, e paralelo 5° Norte até as coordenadas 5° Norte - 95° Oeste, e meridiano 95° Oeste até o paralelo 20° Sul e paralelo 20° Sul até a costa do CHILE, a costa norte do CHILE, a fronteira entre CHILE e PERU, a fronteira entre BOLIVIA e CHILE, a fronteira entre BOLIVIA e a ARGENTINA, a fronteira entre PARAGUAI e BOLIVIA, a fronteira entre PARAGUAI e o BRASIL até o paralelo 20° Sul, o paralelo 20° Sul até as coordenadas 20° Sul - 45° Oeste.

Sistema Irradiante



Sistema Irradiante

A antena da emissora de onda média ou de onda tropical é constituída de um ou mais elementos monopolo verticais, montados sobre um sistema de terra.

Poderá ser autorizada a instalação de outros tipos de sistema irradiante desde que seja apresentado um estudo elaborado por profissional habilitado, comprovando que as características do tipo proposto atendem às disposições do Regulamento e submetido à aprovação da ANATEL.

A altura da antena a ser utilizada deve permitir o atendimento das condições de cobertura e interferência, para cada classe de estação.

Para cada torre deverá ser construído um sistema de terra, composto, em princípio, por 120 condutores metálicos, encapados ou não, denominados radiais, dispostos radialmente a partir da base de cada torre. Estas radiais deverão estar com espaçamento angular uniforme.

O comprimento mínimo da radial deverá ser tal que o campo característico resultante seja compatível com a classe da emissora. De qualquer maneira, este comprimento não poderá ser inferior a $0,1\lambda$. Os sistemas de terra constituídos por radiais de comprimento igual ou inferior a $0,2\lambda$ deverão ter, no mínimo, 120 radiais. A bitola mínima dos condutores metálicos que constituem as radiais deverá ser de 4mm^2 (#10 AWG) para condutores de cobre ou aquela que resulte em equivalência elétrica para outro material.

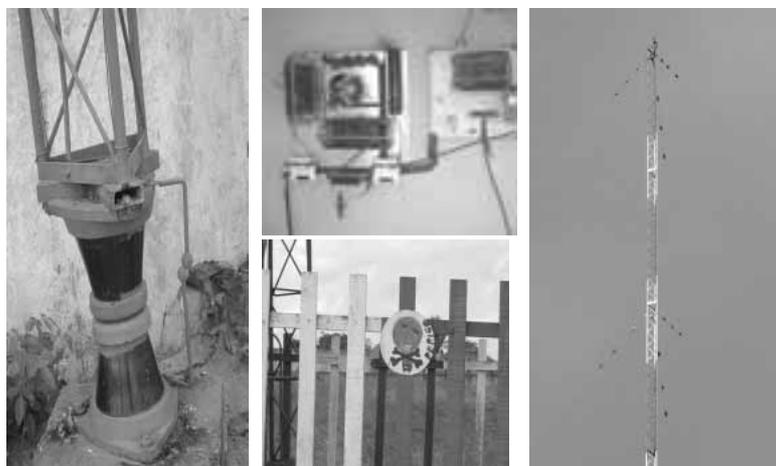
Poderão ser utilizadas outras configurações de sistema de terra, desde que seja submetido à ANATEL um estudo técnico demonstrando ter o sistema de terra proposto, pelo menos a mesma eficiência, além do atendimento do campo característico adequado à classe da estação. Poderão ser exigidas medições após a instalação.

Será permitido o uso simultâneo de uma só antena por duas ou mais emissoras. Neste caso, para fins de licenciamento, após concluída a instalação das estações, deverá ser apresentado à ANATEL um relatório contendo os resultados das seguintes medições:

a) de irradiação de espúrios nas frequências soma e diferença de cada par envolvido e seus segundo e terceiro harmônicos; os níveis dessas irradiações não devem exceder os limites fixados, relativos à atenuação de espúrios, para todas as frequências envolvidas;

b) o valor do resíduo de modulação de cada uma das portadoras, causado pelo sinal modulado das demais; este resíduo deverá estar atenuado de, no mínimo 45dB em relação ao nível correspondente ao índice de modulação de 100%, em 400Hz.

Sistema Irradiante (cont)



Sistema Irradiante (cont)

As antenas onidirecionais podem ser alimentadas em série, em paralelo, ou na configuração de monopolo vertical dobrado, que é uma forma particular de alimentação em paralelo. As antenas diretivas podem ser alimentadas em série ou na configuração de monopolo dobrado.

Nas antenas alimentadas na configuração de monopolo dobrado, os cabos metálicos que constituem os alimentadores deverão ser múltiplos inteiros do número de faces da torre, paralelos à torre e dispostos simetricamente em relação a ela.

A base da antena deve ser protegida por uma cerca com pelo menos um metro de altura, instalada a uma distância superior a dois metros da antena; a exigência de construção da cerca será dispensada quando todas as partes vivas da antena ficarem situadas a mais de 2,5 metros de altura sobre o solo.

Junto à base da antena deve ser afixado um aviso pictórico de perigo de vida.

As antenas não aterradas nas suas bases deverão ainda atender às seguintes exigências:

- deve ser instalado na base da antena um deflagrador de centelhas, a fim de permitir o escoamento rápido para a terra das descargas elétricas atmosféricas que atinjam a antena; o deflagrador deverá ser ligado a um poço de terra de baixa resistência elétrica construído junto à base da torre;
- entre a antena e a linha de transmissão deve ser instalado um dispositivo que permita a descarga permanente para a terra de tensões contínuas de eletricidade estática, porventura induzidas na torre.
- No caso de estruturas estaiadas, os estais metálicos deverão ser seccionados por isoladores, afastados de frações ímpares de comprimento de onda e no máximo de $l/7$ (uma vez que frações ímpares de comprimento de onda dificultam o surgimento de correntes harmônicas espúrias induzidas nos estais da torre, as quais podem comprometer a habilidade da emissora em irradiar níveis de harmônicos abaixo dos valores mínimos estabelecidos. No caso de multiplexação, deverá, ser considerada a maior frequência envolvida.
- As linhas de transmissão poderão ser do tipo aberto ou fechado. As linhas de transmissão concêntricas deverão ter o condutor externo firmemente ligado à terra. As linhas do tipo aberto deverão ser conduzidas em posteação utilizada exclusivamente para este fim, com altura sobre o solo igual ou superior a 2,5 metros. Nas extremidades destas linhas, deverão ser instalados deflagradores de centelha, para proteção contra sobretensões.
- Para possibilitar o perfeito casamento das impedâncias da linha de transmissão e da antena, deverá ser instalado entre elas um dispositivo para casamento de impedâncias. Este circuito deverá ser instalado o mais próximo possível da antena, sendo que o condutor que o liga à antena é considerado parte integrante da mesma.

Transmissores

Transmissor OM – 25kW

Apenas três válvulas de potência	Possui filtro de bandas laterais com corte em 25KHz
Fonte chaveada para controle de potência e modulação	Estado sólido nos excitadores
Automático com reciclo	130% de capacidade positiva de modulação
Possui medição de saída calibrada KW	Longa durabilidade média das válvulas
Baixo custo operacional	65% eficiência geral
Manutenção simples	Reduções para 20 - 10 - 5kW
Memoriza as interrupções	Refletômetro e proteção ROE
Excelente recursos de medições	Não utiliza transformadores de áudio
Dimensões reduzidas	Oscilador e Modulador e excitador destacáveis
90% de eficiência no estágio de potência R.F.	Tropicalizado



Transmissores

Transmissor Principal: é o equipamento utilizado pela emissora quando irradia a sua potência nominal mais elevada.

É permitido utilizar como transmissor principal dois transmissores de igual potência em funcionamento simultâneo, com as saídas combinadas de tal forma que a potência de operação do conjunto seja igual à potência autorizada à emissora.

Transmissor Auxiliar - é o equipamento que pode ser utilizado pela emissora para irradiação de sua programação normal, nos seguintes casos:

- falha do transmissor principal;
- período de manutenção do transmissor principal, ou
- para a operação da emissora com potências diferentes nos períodos diurno e noturno, no período de menor potência.

A potência de operação do transmissor auxiliar será, no máximo, igual à do transmissor principal, e no mínimo igual a 1/10 daquela correspondente ao período de maior potência.

As emissoras com máxima potência nominal menor que 5kW, bem como aquelas que funcionem com transmissores em paralelo, não estão obrigadas a instalar transmissor auxiliar.

Requisitos Mínimos

SERVIÇO	TOLERÂNCIA FREQENCIA	HARMÔNICOS E/OU ESPURIOS		POTÊNCIA	ALTURA	AZIMUTE
RADIODIFUSÃO SONORA EM ONDA MÉDIA						
525 a 1705 kHz	±10 Hz	Afastam ento (kHz)	Nível (dB)	+10% a - 15%	±5%	±5° (plano de antenas de sistema direto)
		10 a 20 20 a 30 30 a 60	-25 -35 (-5+10dB/kHz)			
		>75	-[73+P(dBk)] se P≤5 kW -80 se P>5 kW			

Requisitos Mínimos

Somente será permitida a instalao e a utilizao pelas emissoras de equipamentos transmissores cujas especificaoes atendam aos seguintes requisitos mínimos:

- quando o oscilador for submetido a variaoes de tensão de alimentao primária de até ± 10%, sua freqncia deverá manter-se automaticamente dentro de limites tais que a emissão varie de, no máximo, ± 10Hz;
- a potência média de toda irradiao não essencial gerada no transmissor deverá estar atenuada de 50dB em relao  potência média na freqncia fundamental, sem exceder então, o valor de 50mW; para transmissores de potência nominal maior que 50kW, quando não inibidos para operar com potência igual ou inferior, a atenuao mínima deve ser de 60dB, não vgorando o limite de 50mW;
- o transmissor deve ser dotado de instrumentos para leitura dos seguintes valores:
 - corrente contínua de placa ou coletor do estágio final de RF, por método direto ou indireto;
 - tensão contínua no mesmo ponto;
- o transmissor deve ser dotado de conector externo, com indicao da tensão máxima de radiofreqncia  disponível, para ligao de medidor da freqncia do oscilador. Deve também ser dotado de ponto para ligao de monitor de modulao;
- entre a unidade osciladora e o estágio final de RF deve haver, pelo menos, um estágio separador;
- deve ser previstos circuitos ou dispositivos que impeçam a aplicao das diferentes tensoes de alimentao dos estágios em outra seqncia que não seja a adequada para o funcionamento correto do equipamento;
- a fonte de alimentao de alta tensão deverá ter dispositivo de proteo contra sobrecarga de corrente e deflagradores de centelha, em caso de sobretensão;
- deverão ser instalados resistores de descarga ou outro dispositivo apropriado para descarregar todos os capacitores de filtro quando a alta tensão  desligada;
- no caso de circuitos com resfriamento forçado, deve haver dispositivo de segurança, que impeça o funcionamento na falta de resfriamento adequado;
- o transmissor deve ser completamente encerrado em gabinete(s) metálico(s); todas as partes expostas ao contato dos operadores serão eletricamente interligadas e conectadas  massa;
- todas as partes e tampas que permitam o acesso, sem a utilizao de ferramentas, às partes do transmissor onde existam tensoes expostas maiores que 350 Volts, devem dispor de interruptores que automaticamente desliguem essas tensoes quando qualquer das portas ou tampas for aberta e/ou removda;
- todos os ajustes dos circuitos sujeitos a tensoes maiores que 350 Volts devem ser feitos externamente, com todas as portas e tampas do gabinete fechadas;
- todo transmissor deve ter fixado, na parte externa do gabinete, uma placa de identificao onde conste, no mínimo, o nome do fabricante, o modelo, a data de fabricao, o número de série, o valor da potência nominal, o(s) valor(es) da(s) potência(s) de saída, a freqncia e o consumo, além daquelas exigidas por legislao específica.

Potência de Operação

Bird Modelo 43



Potência de Operação

O valor da potência de operação da estação transmissora deve ser mantido, sempre, o mais próximo possível da potência autorizada para a emissora. As eventuais variações da potência de operação devem ser restritas aos limites de +10% a -15% da potência de operação autorizada.

Nos casos de sistemas irradiantes diretivos e multiplexados, a potência medida no ponto comum poderá estar permanentemente até +15% da potência autorizada.

A operação da estação com potência menor que o limite mínimo acima, por mais de 48 horas, será admitida em emergências, mediante comunicação imediata ao Escritório Regional ou à Unidade Operacional da ANATEL em cuja jurisdição se encontra a estação, com explicação dos motivos da redução e estimativa do prazo previsto para o retorno à situação normal.

As emissoras que tenham especificadas na Licença de Funcionamento de Estação potências diurna e noturna de valores diferentes, devem observar os horários constantes da tabela em anexo para efetuar as alterações diárias de potência, de acordo com sua localização geográfica e época do ano.

A potência de operação será normalmente determinada pelo método direto, isto é, pelo produto da resistência da antena (RA) pelo quadrado da corrente de alimentação (IA), sem modulação, ambos os valores medidos num ponto que é o de alimentação da antena.

Para estações que operem com sistema irradiante diretivo que utilizem pelo menos 2 elementos ativos, a potência de operação é calculada pelo produto da resistência no ponto comum de alimentação (entrada do divisor de potência) pelo quadrado da corrente medida neste mesmo ponto, sem modulação. Na ausência do valor de resistência da antena e não havendo possibilidade de medi-la, ou quando houver motivos para crer que o valor da resistência de alimentação da antena sofreu variações desde a última medição, a potência de operação será determinada pelo método indireto de acordo com a seguinte expressão:

$$P_{op} = E_p \cdot I_p \cdot F$$

onde:

P_{op} = potência de operação

E_p = tensão contínua na placa ou coletor do último estágio amplificador de RF.

I_p = corrente contínua na placa ou coletor do último estágio amplificador de RF, sem modulação.

F = Fator de eficiência.

O fator de eficiência " F " será determinado em função dos valores obtidos para os parâmetros da expressão abaixo, constantes do laudo da última vistoria realizada na estação:

$$F = RA \cdot I_A^2 / EP \cdot I_P$$

Caso os valores acima não sejam disponíveis, o valor de " F " a utilizar será o fator de eficiência do transmissor, e especificado pelo fabricante, na folha de serviço do mesmo ou, na falta deste, no laudo de ensaio mais recente do transmissor.

Equipamentos Compulsórios

- LIMITADOR;*
 - MONITOR DE MODULAÇÃO;*
 - MONITOR DE AUDIÇÃO;*
 - AMPERÍMETROS DE RF;*
 - CARGA ARTIFICIAL;*
 - CERTIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS;*
 - CONTROLE REMOTO.*
-

Equipamentos Compulsórios

LIMITADOR: É o equipamento de funcionamento permanente na emissora, capaz de limitar automaticamente o nível do sinal de áudio oriundo do estúdio, a fim de evitar a sobremodulação do transmissor, sem degradar a qualidade do sinal acima dos limites estabelecidos neste Regulamento.

MONITOR DE MODULAÇÃO: É o equipamento a ser instalado na estação transmissora ou no ponto de controle remoto, destinado a indicar continuamente a percentagem de modulação do sinal.

MONITOR DE AUDIÇÃO: É o equipamento de funcionamento permanente na estação transmissora ou no ponto de controle remoto, destinado a monitorar o sinal de áudio irradiado pela emissora.

AMPERÍMETROS DE RF: Deverão ser instalados de tal forma que permitam a medição da intensidade da corrente pertinente à(s) base(s) do(s) elemento(s) do sistema. Adicionalmente, nos sistemas diretivos, tais dispositivos de medição também deverão ser inseridos no ponto comum de alimentação do sistema irradiante (entrada de RF do divisor de potência - fasor).

CARGA ARTIFICIAL: As emissoras que operam com potência superior a 10kW devem possuir uma carga artificial com a mesma potência do transmissor principal e a mesma impedância da linha de transmissão.

CERTIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS: Somente os transmissores estão sujeitos a certificação, pela ANATEL, nos termos da regulamentação vigente.

CONTROLE REMOTO: Será permitido o controle da operação da estação transmissora a partir de local remoto.

Emissoras Brasileiras em Ondas Tropicais : Anatel

KHz	UF	Emissora	Localidade	Latitude	Longitude	kW	Horário
2380	SP	RADIO EDUCADORA DE LIMBEIRA LTDA	Limeira	22S3339	47W2508		
2410	AC	RADIO TRANSAMAZÔNICA LTDA	Senador Guiomard	10S0300	67W3700		
2420	SP	RADIO SÃO CARLOS LTDA ME	São Carlos	22S0100	47W5400		
2460	AC	PROGRESSO DO ACRE COMUNICAÇÕES LTDA	Rio Branco	09S5600	67W4600		
2470	SP	RADIO CACIQUE DE SCROCABAL LTDA	Sorocaba	23S3000	47W2800		
2490	SP	RADIO OITO DE SETEMBRO LTDA	Descalvado	21S4919	47W3622		
3205	AM	RADIO VALE DORIO MADEIRA LTDA	Humaitá	08S1021	71W3030	5	00:00-24:00
3205	SP	RADIO RIBEIRÃO PRETO LTDA	Ribeirão Preto	21S1147	47W5111	1	00:00-24:00
3235	SP	RADIO CLUB DE MARILIA LTDA (R. GUARUJÁ)	Marília	22S1333	49W5746	0.5	00:00-24:00
3245	MG	SOCIEDADE RADIO CLUBE DE VARGINHA LTDA	Varginha	21S3300	45W2600	1	00:00-24:00
3325	SP	S/C MAIS COMUNICAÇÃO LTDA	Guarulhos	23S2600	46W2500	2.5	00:00-24:00
3365	SP	RADIO CULTURA ARAQUARAL LTDA	Araquara	21S4800	48W1100	1	05:00-21:00
3375	AP	Z SISTEMA EQUATORIAL DE COMUNICAÇÕES LTDA	Macapá	00N0116	51W0403	5	00:00-24:00
3375	MS	SOCIEDADE RADIO DOURADOS LTDA	Dourados	22S1200	54W5300	1	00:00-24:00
3375	RO	FUNDAÇÃO DOMREY	Guajará-Mirim	10S4700	65W2000	5	06:00-18:00
3385	AM	FUNDAÇÃO DOM JOAQUIM	Tefé	03S2200	64W4200	5	06:00-22:30
3385	SP	Rádio Guarujá Paulista	Guarujá			0.5	00:00-24:00

Emissoras Brasileiras em Ondas Curtas : Anatel

KHz	UF	Emissora	Localidade	Latitude	Longitude	kW	Horário
4755	MA	RADIO E TV DIFUSORA DO MARANHÃO LTDA	São Luís	02S34 06	44W 1942	5	05:00-17:00
4755	MS	RADIO EDUCAÇÃO RURAL LTDA	Campo Grande	20S27 00	54W 3700	10	00:00-24:00
4765	PA	RADIO EMISSORA DE EDUCAÇÃO RURAL SANTARÉM LTDA	Santarém	02S26 55	54W 4358	10	04:00-24:00
4775	MG	FUNDAÇÃO RADIODIFUSORA DE CONGONHAS	Congonhas	20S30 00	43W 5200	1	00:00-24:00
4775	MT	RADIO PORTAL DA AMAZÔNIA LTDA	Cuiabá	15S36 00	56W 0600	1	00:00-24:00
4775	PA	RADIO LIBERAL LTDA	Belém	01S25 43	48W 2622	5	00:00-24:00
4775	RO	RADIO AMARELA LTDA	Rolim de Moura	11S34 00	61W 4700	5	00:00-24:00
4785	MA	RADIO VALE-RADIO E TELEVISÃO VALE DO FARINHA LTDA	São Luís	02S33 13	44W 1535	5	04:00-23:00
4785	RO	SOCIEDADE DE CULTURA RADIO CAIARI LTDA	Porto Velho	08S45 00	63W 5500	10	00:00-24:00
4785	SP	RADIO BRASIL SOCIEDADE LTDA - EPP	Campinas	22S56 52	47W 0105	1	00:00-24:00
4795	MS	RADIO DIFUSORA DE AQUIDAUANA LTDA	Aquidauana	20S29 00	55W 4800	1	00:00-24:00
4805	AM	RADIO DIFUSORA DO AMAZONAS LTDA	Manaus	03S08 28	59W 5930	10	00:00-24:00
4805	MG	RADIO ITATIAIA LTDA	Belo Horizonte	19S56 00	43W 5700	10	00:00-24:00
4815	PR	RADIO DIFUSORA DE LONDRINA LTDA	Londrina	23S20 16	51W 1318	10	00:00-24:00
4825	PA	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA DO ROSÁRIO	Bragança	01S03 48	46W 4624	5	00:00-24:00
4825	SP	FUNDAÇÃO JOÃO PAULO II	Cachoeira Paulista	22S38 39	45W 0438	10	00:00-24:00
4835	MS	RADIO ROSA PANTANEIRA LTDA	Corumbá	19S00 00	57W 3900	5	00:00-24:00
4845	AM	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Manaus	03S06 00	60W 0200	250	00:00-24:00
4845	SP	SOCIEDADE RADIO METEOROLOGIA PAULISTA LTDA	Ibitinga	21S46 20	48W 5010	1	07:00-20:30
4855	MG	FUNDAÇÃO JOÃO XXIII	Governador Valadares	18S51 00	41W 5600	1	00:00-24:00
4865	AC	FUNDAÇÃO VERDES FLORESTAS	Cruzeiro do Sul	07S38 00	72W 4000	5	06:00-22:00
4865	BA	FUNDAÇÃO SANTO ANTONIO	Feira de Santana	12S15 00	38W 5800	1	00:00-24:00
4865	PA	RADIO MISSÕES DA AMAZÔNIA LTDA	Óbidos	01S55 00	55W 3100	5	00:00-24:00
4865	PR	FUNDAÇÃO MATER ET MAGISTRA DE LONDRINA	Londrina	23S24 17	51W 0919	5	00:00-24:00
4875	RR	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Boa Vista	02N4900	60W 4000	10	00:00-24:00
4885	AC	FUND DES REC HCULTURA E DO DESPORT GOV EST ACRE	Rio Branco	09S58 00	67W 4900	5	04:00-23:00
4885	GO	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA APARECIDA	Anápolis	16S15 25	49W 0108	1	
4885	PA	RADIO CLUB DO PARA PRC5 LIMITADA	Belém	01S27 00	48W 2900	10	00:00-24:00
4895	AM	RADIO BARE LTDA	Manaus	03S08 04	59W 5839	5	00:00-24:00
4895	MS	IPB-INTEGRAÇÃO MATOGROSSENSE DE RADIO E TV LTDA	Campo Grande	20S31 12	54W 3500	5	00:00-24:00
4905	RJ	RADIO RELÓGIO FEDERAL LTDA	Rio de Janeiro	22S46 41	42W 5902	5	00:00-24:00
4905	TO	RADIO ARAGUAIA LTDA	Araguaína	07S12 00	48W 1200	1	00:00-24:00
4915	AP	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Macapá	00N0350	51W 0220	10	00:00-06:00
4915	GO	RADIO ANHANGUERA S/A	Goiânia	16S39 27	49W 1406	10	00:00-24:00
4925	SP	RADIO DIFUSORA TAUBATÉ LIMITADA	Taubaté	23S01 00	45W 3400	1	00:00-24:00
4935	AM	RADIO JORNAL A CRITICA LTDA	Manaus	03S05 33	59W 5943	5	00:00-24:00
4935	ES	RADIO CAPIXABA LTDA	Vitória	20S19 00	40W 1900	1	00:00-24:00
4935	GO	FUNDAÇÃO CULTURAL DIVINO ESPÍRITO SANTO DE JATAÍ	Jataí	17S53 00	51W 4300	2.5	00:00-24:00
4945	MG	RADIO DIFUSORA DE POÇOS DE CALDAS LTDA	Poços de Caldas	21S47 52	46W 3226	1	00:00-24:00
4945	PE	FUNDAÇÃO EMISSORA RURAL A VOZ DO SÃO FRANCISCO	Petrolina	09S24 00	40W 3000	1	00:00-24:00
4945	RO	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Porto Velho	08S45 00	63W 5500	50	00:00-24:00

Emissoras Brasileiras em Ondas Curtas : Anatel

KHz	UF	Emissora	Localidade	Latitude	Longitude	kW	Horário
4965	AM	FUNDAÇÃO EVANGELII NUNTIANDI	Parintins	02S3700	56W4500	5	05:00-22:00
4975	MA	GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO	São Luís	02S3200	44W0300	5	07:00-24:00
4975	SP	RADIO IGUATEMI LTDA	Osasco	23S3051	46W3539	1	00:00-24:00
4985	GO	AGENCIA GOIANA DE COMUNICAÇÃO	Goiania	16S4000	49W1500	10	00:00-24:00
5015	MT	RADIO CULTURA DE CUIABÁ LTDA	Cuiabá	15S3600	56W0600	1	00:00-24:00
5015	PI	FUNDAÇÃO DOM AVELAR BRANDÃO VILELA	Teresina	05S0513	42W4539	1	05:00-24:00
5025	PA	RADIO JORNAL DA TRANSAMAZÔNICA LTDA	Alta mira	03S1200	53W1200	5	00:00-24:00
5025	RO	EMPRESA DE RADIODIFUSÃO MORIMOTO LTDA	Ji-Paraná	10S5300	61W5400	5	06:00-24:00
5035	AM	FUNDAÇÃO SANTÍSSIMO REDENTOR	Coari	04S0659	63W0731	5	05:50-22:30
5035	SP	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA APARECIDA	Aparecida	22S5047	45W1313	10	00:00-24:00
5045	PA	FUNDAÇÃO DE TELECOMUNICAÇÕES DO PARA	Belém	01S2200	48W2100	10	06:00-24:00
5045	SP	RADIO DIFUSORA DE PRESIDENTE PRUDENTE LTDA	Presidente Prudente	22S0621	51W2510	1	05:00-24:00
5055	MT	RADIO DIFUSORA DE CÁCERES LTDA	Cáceres	16S0436	57W3827	1	00:00-24:00
5955	SP	FUNDAÇÃO CASPER LIBERO	São Paulo	23S4010	46W4500	10	23:30-19:00
5965	RS	FUNDAÇÃO SISTEMA RTM DE RADIO E TELEVISÃO	Santa Maria	29S4418	53W3319	7.5	10:00-22:00
5970	MG	RADIO ITATIAIA LTDA	Belo Horizonte	19S5834	43W5600	10	00:00-24:00
5980	SC	SOCIEDADE RADIO GUARUJÁ LTDA	Florianópolis	27S3609	48W3151	10	08:00-03:00
5990	DF	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Brasília			250	00:00-24:00
6000	RS	RADIO GUAÍBA LTDA	Porto Alegre	30S0300	51W2300	10	00:00-24:00
6010	MG	GOV. DO ESTADO DE MINAS G-RADIO INCONFIDÊNCIA LTDA	Belo Horizonte	19S5359	44W0316	25	00:00-24:00
6020	RS	RADIO GAÚCHA SA	Porto Alegre	29S5950	51W1708	10	00:00-24:00
6030	RJ	RADIO GLOBO SA	Rio de Janeiro	22S5500	43W1300	10	00:00-24:00
6040	PR	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA DO ROCIO	Curitiba	25S2334	49W1004	7.5	00:00-24:00
6050	MG	SA RADIO GUARANI	Belo Horizonte	19S5300	43W5700	10	00:00-24:00
6060	PR	RADIO TUPI LTDA	Curitiba	25S2708	49W0650	10	00:00-24:00
6070	RJ	RADIO UNIVERSITÁRIA METROPOLITANA LTDA	Rio de Janeiro	22S4643	43W0056	7.5	07:00-03:00
6080	GO	RADIO ARAGUAIA LTDA	Goiania	16S4000	49W1500	5	00:00-24:00
6080	PR	RADIO NOVAS DE PAZ LTDA	Curitiba	25S2548	49W2349	10	00:00-24:00
6090	SP	RADIO E TELEVISÃO BANDEIRANTES LTDA	São Paulo	23S3854	46W3602	10	08:00-03:00
6105	PR	RADIO CULTURA DE FOZ DO IGUAÇU LTDA	Foz do Iguaçu	25S3103	54W3030	7.5	00:00-24:00
6105	SP	FUNDAÇÃO JOÃO PAULO II	Cachoeira Paulista	22S3845	45W0442	5	11:00-19:00
6120	SP	RADIO GLOBO DE SÃO PAULO LTDA	São Paulo	23S3300	46W3800	10	08:00-23:00
6135	SP	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA APARECIDA	Aparecida	22S5047	45W1313	25	08:00-01:00
6150	SP	RADIO E TELEVISÃO RECORD S.A	São Paulo	23S4102	46W4435	7.5	10:00-22:00
6160	AM	RADIO RIO MAR LTDA	Manaus	03S0600	60W0200	10	00:00-24:00
6160	RS	FUNDAÇÃO JOSE DE PAIVA NETTO	Porto Alegre	29S4941	51W0954	10	00:00-24:00
6170	SP	FUNDAÇÃO PADRE ANCHIETA CENTRO PAULISTA DE RADIO	São Paulo	23S3042	46W3341	7.5	09:00-05:00
6180	DF	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Brasília	15S3640	48W0753	250	00:00-24:00

KHz	UF	Emissora	Localidade	Latitude	Longitude	kW	Horário
9530	RS	FUNDAÇÃO SISTEMA RTM DE RADIO E TELEVISÃO	Santa Maria	29S4418	53W3319	10	07:00-18:00
9550	RS	FUNDAÇÃO JOSE DE PAIVA NETTO	Porto Alegre	29S5159	51W0611	10	00:00-24:00
9565	PR	RADIO TUPI LTDA	Curitiba	25S2708	49W0650	20	00:00-24:00
9585	SP	RADIO GLOBO DE SÃO PAULO LTDA	São Paulo	23S3300	46W3800	10	00:00-24:00
9600	RJ	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Rio de Janeiro	22S5500	43W1300	7.5	07:00-24:00
9615	SP	FUNDAÇÃO PADRE ANCHIETA	São Paulo	23S3042	46W3341	7.5	08:00-24:00
9630	SP	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA APARECIDA	Aparecida	22S5047	45W1313	10	09:00-24:00
9645	SP	RADIO E TELEVISÃO BANDEIRANTES LTDA	São Paulo	23S3854	46W3602	7.5	08:00-24:00
9665	DF	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Brasília			250	00:00-24:00
9665	SC	RADIO MARUMBY LTDA	Florianópolis	27S3514	48W3217	10	08:00-24:00
9675	SP	FUNDAÇÃO JOÃO PAULO II	Cachoeira Paulista	22S3845	45W0442	10	11:00-06:00
9685	SP	FUNDAÇÃO CASPER LIBERO	São Paulo	23S4010	46W4500	7.5	02:30-19:00
9695	AM	RADIO RIO MAR LTDA	Manaus	03S0600	60W0200	7.5	10:00-20:00
9705	RJ	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Rio de Janeiro	22S5500	43W1300	7.5	08:00-24:00
9725	PR	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA DO ROCIO	Curitiba	25S2334	49W1004	7.5	09:00-21:00
9820	SP	FUNDAÇÃO METROPOLITANA PAULISTA	São Paulo	23S3251	46W3810	10	00:00-24:00
11725	PR	RADIO NOVAS DE PAZ LTDA	Curitiba	25S2548	49W2349	10	00:00-24:00
11735	RS	FUNDAÇÃO SISTEMA RTM DE RADIO E TELEVISÃO	Santa Maria	29S4418	53W3319	50	07:00-19:00
11750	SC	RADIO MARUMBY LTDA	Florianópolis	27S3514	48W3217	1	00:00-24:00
11765	PR	RADIO TUPI LTDA	Curitiba	25S2708	49W0650	20	09:00-03:00
11780	DF	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Brasília			250	00:00-24:00
11785	RS	RADIO GUAÍBA LTDA	Porto Alegre	30S0300	51W2300	7.5	00:00-24:00
11805	RJ	RADIO GLOBO SA	Rio de Janeiro	22S5500	43W1300	10	00:00-24:00
11815	GO	AGENCIA GOIANA DE COMUNICAÇÃO	Goiania	16S4000	49W1500	7.5	08:00-03:00
11830	GO	RADIO ARAGUAIA LTDA	Goiania	16S4000	49W1500	10	00:00-24:00
11855	SP	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA APARECIDA	Aparecida	22S5047	45W1313	1	06:00-24:00
11895	RS	FUNDAÇÃO JOSE DE PAIVA NETTO	Porto Alegre	29S5159	51W0611	10	00:00-24:00
11915	RS	RADIO GAÚCHA SA	Porto Alegre	29S5950	51W1708	7.5	00:00-24:00
11925	SP	RADIO E TELEVISÃO BANDEIRANTES LTDA	São Paulo	23S3854	46W3602	10	05:00-27:00
11935	PR	FUNDAÇÃO NOSSA SENHORA DO ROCIO	Curitiba	25S2334	49W1004	7.5	00:00-24:00
11950	DF	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Brasília			250	00:00-24:00
11965	SP	RADIO E TELEVISÃO RECORD S.A	São Paulo	23S4102	46W4435	7.5	
15135	SP	RADIO E TELEVISÃO RECORD S.A	São Paulo	23S4102	46W4435	7.5	07:00-19:00
15190	MG	RADIO INCONFIDÊNCIA LTDA	Belo Horizonte	19S5359	44W0316	5	00:00-24:00
15215	MA	GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO	São Luís	02S3200	44W0300	2.5	06:00-10:00
15325	SP	FUNDAÇÃO CASPER LIBERO	São Paulo	23S4010	46W4500	1	14:00-16:00
15415	SP	SISTEMA CLUBE DE COMUNICAÇÃO LTDA	Ribeirão Preto	21S0825	47W5138	1	05:00-01:00
17815	SP	FUNDAÇÃO PADRE ANCHIETA	São Paulo	23S3042	46W3341	10	
17875	RJ	RADIOBRAS EMPRESA BRASILEIRA DE COMUNICAÇÃO S/A	Rio de Janeiro	22S5500	43W1300	7.5	00:00-00:00

Radiodifusão Sonora em FM

FREQUÊNCIA (MHz)	CANAL	FREQUÊNCIA (MHz)	CANAL	FREQUÊNCIA (MHz)	CANAL
87,9	200	94,7	234	101,5	268
88,1	201	94,9	235	101,7	269
88,3	202	95,1	236	101,9	270
88,5	203	95,3	237	102,1	271
88,7	204	95,5	238	102,3	272
88,9	205	95,7	239	102,5	273
89,1	206	95,9	240	102,7	274
89,3	207	96,1	241	102,9	275
89,5	208	96,3	242	103,1	276
89,7	209	96,5	243	103,3	277
89,9	210	96,7	244	103,5	278
90,1	211	96,9	245	103,7	279
90,3	212	97,1	246	103,9	280
90,5	213	97,3	247	104,1	281
90,7	214	97,5	248	104,3	282
90,9	215	97,7	249	104,5	283
91,1	216	97,9	250	104,7	284
91,3	217	98,1	251	104,9	285
91,5	218	98,3	252	105,1	286
91,7	219	98,5	253	105,3	287
91,9	220	98,7	254	105,5	288
92,1	221	98,9	255	105,7	289
92,3	222	99,1	256	105,9	290
92,5	223	99,3	257	106,1	291
92,7	224	99,5	258	106,3	292
92,9	225	99,7	259	106,5	293
93,1	226	99,9	260	106,7	294
93,3	227	100,1	261	106,9	295
93,5	228	100,3	262	107,1	296
93,7	229	100,5	263	107,3	297
93,9	230	100,7	264	107,5	298
94,1	231	100,9	265	107,7	299
94,3	232	101,1	266	107,9	300
94,5	233	101,3	267		

Radiodifusão Sonora em FM

A faixa de radiodifusão sonora em frequência modulada estende-se de 87,4 a 108MHz, e é dividida em 103 canais, cujas portadoras estão separadas de 200kHz.

Cada canal é identificado por sua frequência central, que é a frequência da portadora da estação de FM. A cada canal é atribuído um número de 198 a 300,

OBS 1: O canal 200 é reservado para uso exclusivo das estações do Serviço de Radiodifusão Comunitária.

OBS 2: Os canais 198 e 199 são reservados para uso exclusivo das estações do Serviço de Radiodifusão Comunitária, nos casos de manifesta impossibilidade técnica quanto ao uso do canal 200 em determinada região

DESIGNAÇÃO:

monofônica: 1 80K F3EGN

estereofônica : 256K F8EHF

estereofônica + canal secundário : 300K F8EWF

A frequência central da emissão de uma emissora de radiodifusão sonora em FM não deve variar mais que $\pm 2.000\text{Hz}$ de seu valor nominal.

Classes

CLASSIFICAÇÃO DAS EMISSORAS EM FUNÇÃO DE SEUS REQUISITOS MÁXIMOS

CLASSES	REQUISITOS MÁXIMOS			
	POTÊNCIA(ERP)		DISTÂNCIA MÁXIMA AO CONTORNO PROTEGIDO (66dB μ) (km)	ALTURA DE REFERÊNCIA SOBRE O NÍVEL MÉDIO DA RADIAL (m)
kW	dBk			
E1	100	20,0	78,0	600
E2	75	18,8	66,0	450
E3	60	17,8	54,0	300
A1	50	17,0	40,0	150
A2	30	14,8	36,0	150
A3	15	11,8	31,0	150
A4	5	7,0	24,0	150
B1	3	4,8	16,0	90
B2	1	0	12,0	90
C	0,3	- 5,2	7,0	60

OBS: a) Poderão ser utilizadas alturas de antena ou ERP superiores às especificadas nesta Tabela, desde que não seja ultrapassada, em qualquer direção, a distância máxima ao contorno protegido.

b) Apenas para as emissoras de classe C poderá ser permitida a utilização de transmissor com potência nominal inferior a 50W.

Classes

As emissoras de que trata este Regulamento são divididas em categorias Especial, A, B e C, e classificadas em Classes E1, E2, E3, A1, A2, A3, A4, B1, B2 e C, sob o ponto de vista de seus requisitos máximos, conforme indicado na tabela.

A classe de uma emissora de FM é identificada pela maior distância ao contorno protegido (66dB μ), que deverá estar enquadrada nos valores fixados na tabela. As distâncias devem ser calculadas com base nas curvas E (50,50). A distância máxima ao contorno de 66dBm não poderá ser excedida em nenhuma das radiais, bem como a média aritmética das distâncias a este contorno não poderá ser menor do que a distância ao contorno máximo da classe imediatamente inferior. A Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL analisará os casos excepcionais em que o relevo do terreno não permite o atendimento total do disposto.

ÁREAS DE SERVIÇO

- Área de Serviço Primária (Contorno 1): limitada pelo contorno de 74dB μ (5mV/m).
- Área de Serviço Urbana (Contorno 2): limitada pelo contorno de 66dB μ (2mV/m).
- Área de Serviço Rural (Contorno 3): compreendida entre o contorno 2 e o contorno de 54dB μ (0,5 mV/m).

Sistema Irradiante

Consideram-se parte integrante do sistema irradiante a antena, sua estrutura de sustentação e os dispositivos destinados a transferir a energia de radiofrequência do transmissor para a antena.



Sistema Irradiante

Consideram-se parte integrante do sistema irradiante a antena, sua estrutura de sustentação e os dispositivos destinados a transferir a energia de radiofrequência do transmissor para a antena.

Obs: Nenhuma modificação que altere as características do sistema irradiante poderá ser feita sem a prévia autorização da ANATEL .

O sistema irradiante deve ser instalado em local onde não cause interferências prejudiciais a outros serviços de telecomunicações já autorizados, ou a sistemas de comunicações, industriais ou comerciais, conforme abaixo estabelecido:

- a) se a altura física do sistema irradiante da estação transmissora for igual ou maior que 45 metros, este deverá estar afastado de, pelo menos, três vezes o comprimento de onda da estação de radiodifusão sonora que utiliza monopolo vertical;
- b) o sistema irradiante da estação deve ficar totalmente fora do cone de proteção das antenas transmissoras ou receptoras de microondas; o cone de proteção é definido como um cone circular reto com vértice no foco da parábola do enlace, cujo eixo é uma linha que une os centros dessas antenas, cuja altura é de 1000 m e cujo diâmetro da base é de 175m.

Será permitida a utilização simultânea de uma só antena por duas ou mais emissoras, desde que seja aprovado o projeto da multiplexação. Neste caso, após concluída a instalação das estações, deverão ser executadas as seguintes medições:

- a) de irradiação de espúrios nas frequências correspondentes à soma e à diferença de cada par de frequências envolvido; de seus harmônicos de 2ª e 3ª ordens; os níveis dessas irradiações não devem exceder os valores limites fixados sobre irradiações espúrias.
- b) do valor do resíduo de modulação de cada uma das portadoras, causado pelo sinal modulado das demais; este resíduo deverá estar atenuado de, pelo menos, 45dB em relação a 100% de modulação.

Será permitida a fixação da antena em estruturas metálicas pertencentes ao sistema irradiante de outros serviços de telecomunicações, desde que não provoquem interferências prejudiciais a serviços de telecomunicações autorizados.

No caso de ser utilizada torre de emissora de radiodifusão sonora em ondas hectométricas (onda média e onda tropical de 120 metros), deverá ser executado o previsto na regulamentação técnica aplicável.

OBS: Quando a antena for instalada em estrutura estaiada, se os estais forem metálicos, deverão estar devidamente seccionados, de maneira a não alterar as características do sistema irradiante. Fica dispensado o seccionamento quando a antena estiver totalmente situada em nível superior a todos os estais.

Poderá ser autorizada a utilização de sistema irradiante auxiliar, para casos emergenciais, desde que a cobertura da estação, resultante de sua utilização, seja igual ou inferior à obtida com o sistema irradiante principal e desde que seja instalado no mesmo local do sistema irradiante principal.

Transmissores

TRANSMISSOR PRINCIPAL: É o transmissor previsto para ser utilizado na maior parte do tempo e que satisfaça aos requisitos da classe da emissora. É permitido utilizar como transmissor principal, transmissores em funcionamento simultâneo, com as saídas combinadas de tal forma que se obtenha a potência de operação autorizada para a emissora.

Só será permitida a instalação e a utilização pelas emissoras de equipamentos transmissores cujas especificações atendam aos seguintes requisitos mínimos:

- a) o transmissor deverá operar em condições satisfatórias, com um desvio de frequência correspondente a 100% de modulação;
 - b) os transmissores não poderão ter dispositivos externos que permitam a alteração de sua frequência de operação;
 - c) os transmissores deverão possuir dispositivos tais que, uma vez ajustada a potência de operação autorizada, permitam a inibição de quaisquer controles externos que possam permitir ultrapassar aquele valor;
 - d) em temperatura ambiente variável entre +10°C e +50°C e com variações de +10% na tensão primária de alimentação, a frequência central de operação do oscilador deve manter-se, automaticamente, dentro de limites, tais que a frequência de saída do transmissor seja mantida dentro de $\pm 2.000\text{Hz}$;
 - e) qualquer emissão presente em frequências afastadas de 120 a 240 kHz (inclusive) da frequência da portadora deverá estar, pelo menos, 25 dB abaixo do nível da portadora sem modulação;
 - f) as emissões em frequências afastadas da frequência da portadora de 240kHz até 600kHz, inclusive, deverão estar, pelo menos, 35dB abaixo do nível da portadora sem modulação;
 - g) as emissões em frequências afastadas de mais de 600kHz da frequência da portadora deverão estar abaixo do nível da portadora sem modulação de $(73 + P)$ dB, onde P é a potência de operação do transmissor em dBk; a maior atenuação exigida será de 80dB;
 - h) o transmissor deverá estar dotado de instrumentos para determinação das seguintes grandezas:
 - corrente contínua na placa ou coletor do estágio final de RF;
 - tensão contínua nesse mesmo ponto;
 - potência relativa de saída, incidente e refletida.
 - i) o transmissor deverá ser dotado de pontos internos ou externos de RF adequados para ligações de monitor de modulação e de frequência;
 - j) a fonte de alimentação de alta tensão deve possuir dispositivos de proteção contra sobrecargas;
 - l) o transmissor deverá possuir resistores de sangria ou outro dispositivo apropriado para descarregar todos os capacitores de filtro quando a alta tensão é desligada;
 - m) no caso de existir sistema de resfriamento forçado, deverá haver dispositivo de segurança que impeça o funcionamento do transmissor na falta ou insuficiência do citado resfriamento;
 - n) o transmissor deverá estar completamente encerrado em gabinetes metálicos, e todas as partes expostas ao contato dos operadores serão eletricamente interligadas e conectadas à terra;
 - o) as portas e tampas de acesso a partes do transmissor, onde existam tensões maiores que 350 Volts, deverão dispor de interruptores que automaticamente desliguem essas tensões, quando qualquer delas for aberta ou removida;
 - p) todos os ajustes normais de operação e sintonia a serem feitos pelo operador, em circuitos sujeitos a tensões maiores que 350 Volts, deverão ser executados externamente, com todas as portas e tampas do gabinete fechadas;
 - q) todo transmissor deve ter fixada no gabinete uma placa de identificação onde constem, no mínimo, o nome do fabricante, o modelo, a data de fabricação, o número de série, a potência nominal, a frequência e o consumo.
- OBS - A instalação e utilização de qualquer transmissor dependerá de prévia autorização da ANATEL .

- Somente serão autorizados transmissores certificados.

- Somente poderão ser utilizados transmissores que tenham sido ensaiados individualmente e cujo parecer conclusivo de atendimento aos requisitos mínimos tenha sido submetido à apreciação da ANATEL.

Poderá ser autorizada a utilização de sistema de transmissão auxiliar, para casos emergenciais, desde que o contorno de 66dB μ da estação, resultante de sua utilização, esteja circunscrito ao obtido com o sistema de transmissão principal e desde que seja instalado no mesmo local daquele ou junto ao estúdio principal da emissora.

TRANSMISSOR AUXILIAR: É o transmissor utilizado eventualmente pelas emissoras, para irradiação de sua programação nos casos de falhas do transmissor principal ou durante os períodos de sua manutenção. As emissoras de classe Especial são obrigadas a possuir um transmissor auxiliar, cuja potência nominal seja, no mínimo, igual a 25% da potência do transmissor principal. Emissoras que possuem transmissores redundantes estão dispensadas da obrigatoriedade de possuir transmissor auxiliar.

Poderá ser autorizada a utilização de sistemas de transmissão reforçadores de sinal para cobrir zonas de sombra dentro da área de serviço primária (74dB μ) de estação de Classe E1, E2, E3 e A1, observadas as seguintes condições:

- a) a frequência de operação dos sistemas reforçadores deverá ser a mesma consignada à emissora;
- b) os transmissores da estação e os dos sistemas de transmissão reforçadores de sinal deverão operar em sincronismo;
- c) o contorno de 66dB μ de qualquer sistema de transmissão reforçador de sinal deverá estar circunscrito ao contorno protegido da estação de FM;
- d) os sistemas de transmissão reforçadores de sinal não deverão se interferir mutuamente;
- e) os sistemas de transmissão reforçadores de sinal deverão possuir equipamentos que atendam aos seguintes requisitos básicos:
 - transmissores em estado sólido;
 - sistemas referenciais de base de tempo de alta precisão para sincronismo das portadoras, baseados em padrão GPS;
 - geradores de sinal de precisão como osciladores básicos das portadoras.

Requisitos da Estação Transmissora

PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS: O gabinete do transmissor deve estar convenientemente aterrado e ligado ao condutor externo da linha de transmissão de RF.

Todas as partes elétricas, submetidas a tensões maiores que 350 volts, deverão estar protegidas e ter placas de aviso para se evitar o contato inadvertido das pessoas.

CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS PARA IRRADIAÇÕES EXPERIMENTAIS: Dentro do prazo estipulado para entrada no ar em caráter definitivo, a emissora que o desejar, poderá fazer irradiações experimentais, para fins de ajustes, medições e testes dos equipamentos instalados e do sistema irradiante, observadas as seguintes condições:

a) as irradiações experimentais serão comunicadas, por escrito com antecedência mínima de cinco dias úteis;

b) o período de irradiações experimentais será de 30(trinta) dias, prorrogáveis a critério da ANATEL;

c) a potência máxima de operação será aquela autorizada para o funcionamento normal da emissora;

d) as irradiações experimentais poderão ter sua suspensão determinada, no caso de aparecimento de interferências prejudiciais em outros serviços de telecomunicações regularmente instalados;

e) durante o período de irradiações experimentais, a emissora poderá ser convocada para emitir ou cessar a emissão de seus sinais durante períodos determinados, a fim de possibilitar medições de frequência e determinação de interferências;

REALIZAÇÃO DE VISTORIAS TÉCNICAS : As vistorias serão realizadas nas épocas determinadas na legislação vigente ou sempre que a ANATEL julgar conveniente.

POTÊNCIA DE OPERAÇÃO: O valor da potência de operação do transmissor deve ser mantido, sempre, o mais próximo possível da potência autorizada. As eventuais variações da potência de operação devem ficar restritas aos limites de $\pm 10\%$, em condições normais, da tensão da rede e de $\pm 15\%$, excepcionalmente, em função da variação da mesma.

DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA: A potência de operação será determinada pelo método indireto, de acordo com a seguinte expressão:

$$P_o = V_p \times I_p \times \eta$$

onde:

P_o = Potência de operação em Watts;

V_p = tensão contínua na placa ou coletor do estágio final de RF, em Volts;

I_p = corrente contínua na placa ou coletor do estágio final de RF, em Ampères;

η = fator de eficiência.

O fator de eficiência η será o indicado no manual de instruções fornecido pelo fabricante ou, quando não disponível, o constante do laudo de ensaio realizado na fábrica, com carga resistiva (carga artificial) que apresente uma impedância tal que o coeficiente de onda estacionária não seja superior a 1,1:1.

A potência de operação do transmissor poderá ser medida pelo método direto, por um wattímetro acoplado à saída do transmissor, devendo a leitura ser feita para um coeficiente de onda estacionária máxima de 1,3:1

MODULAÇÃO: O nível de modulação da onda portadora, em qualquer condição de funcionamento da emissora, deve ser tal que os picos de modulação cuja repetição é freqüente (acima de 15 por minuto), em nenhum caso, tenham valores percentuais maiores que 100%.

Em nenhuma situação o desvio máximo de frequência da portadora principal poderá exceder 100% (desvio de ± 75 kHz) ou 110% (desvio de $\pm 82,5$ kHz) para operação em canal secundário.

REDUÇÃO EVENTUAL DE HORÁRIO E INTERRUPÇÕES

a) Para fins de ajuste do equipamento, o horário de funcionamento de uma emissora poderá ser reduzido de até 50% durante, no máximo, 5 dias por mês. Reduções eventuais do horário, além deste limite, só poderão ocorrer após a aprovação da ANATEL.

b) A ANATEL poderá, a qualquer época, determinar a interrupção imediata do funcionamento da emissora quando estiver causando interferências prejudiciais a outros serviços autorizados, ou for constatada na instalação da emissora, situação que possa causar riscos à vida humana. A interrupção vigorará até que seja corrigida a situação que a motivou. A situação de risco à vida humana fica caracterizada quando a estação não dispuser dos dispositivos de proteção e de prevenção de acidentes estabelecidos na regulamentação em vigor, ou então, quando não estiverem em perfeito estado de funcionamento.

Equipamentos Compulsórios

- CARGA ARTIFICIAL:*
 - LIMITADOR:*
 - MONITOR DE MODULAÇÃO:*
-

Equipamentos de Uso Compulsório

Os equipamentos e instrumentos abaixo relacionados são de uso compulsório pelas emissoras.

CARGA ARTIFICIAL: As emissoras das Classes E1, E2, E3 e A1 devem possuir uma carga artificial com a mesma potência do transmissor principal e mesma impedância da linha de transmissão.

LIMITADOR: As emissoras manterão em funcionamento permanente um equipamento capaz de limitar, automaticamente, o nível de pico do sinal de áudio modulante, para estereofonia ou monofonia, conforme o caso, a fim de evitar a sobre-modulação do transmissor, sem degradar a qualidade do sinal acima dos limites estabelecidos neste Regulamento. As emissoras que transmitem sinais secundários manterão em funcionamento permanente outros limitadores para a mesma finalidade.

MONITOR DE MODULAÇÃO: As emissoras manterão em funcionamento permanente um monitor de modulação para monofonia ou estereofonia e/ou sinais secundários, conforme o caso, destinado a indicar a percentagem de modulação do sinal. A saída de áudio do monitor de modulação deverá estar interligada a amplificadores, de forma a permitir a contínua monitoração do sinal irradiado.

Rádio Comunitária – RadCom

Segundo o Ministério das Comunicações, que concede a outorga e licença para esse Serviço de radiodifusão sonora, em frequência modulada, de baixa potência, 25 Watts e cobertura restrita a um raio de 1 km a partir da antena transmissora. Podem explorar esse serviço somente associações e fundações comunitárias sem fins lucrativos, com sede na localidade da prestação do serviço. As estações de rádio comunitárias devem ter uma programação pluralista, sem qualquer tipo de censura e devem ser abertas à expressão de todos os habitantes da região atendida. Para o primeiro passo necessário à habilitação de emissoras de radiodifusão comunitária, as entidades competentes para pleitear tal Serviço, associações comunitárias e fundações também com essa finalidade, ambas sem fins lucrativos, deverão fazer constar em seus respectivos estatutos o objetivo "executar o Serviço de Radiodifusão Comunitária".

A Anatel definirá uma frequência para ser utilizada pelas emissoras prestadoras do Serviço de Radiodifusão Comunitária em todo o País. Em caso de impossibilidade técnica quanto ao uso desse canal em determinada região, a Anatel designará um canal alternativo, que pode variar de 88 a 108 Mhz.

Características Técnicas:

Designação: monofônica: 180KF3EGN, estereofônica: 256KF8EHF

Polarização: a polarização da onda eletromagnética emitida pela antena poderá ser linear (horizontal ou vertical), circular ou elíptica.

Tolerância de frequência: a frequência central da estação de radiodifusão comunitária não poderá variar mais que ± 2000 Hz de seu valor nominal.

Espúrios de radiofrequência: qualquer emissão presente em frequências afastadas de 120 a 240kHz, inclusive, da frequência da portadora deverá estar pelo menos 25dB abaixo do nível da portadora sem modulação; as emissões em frequências afastadas de mais de 240kHz até 600kHz, inclusive, da frequência da portadora deverão estar pelo menos 35dB abaixo do nível da portadora sem modulação; as emissões em frequências afastadas de mais de 600kHz da frequência da portadora deverão estar pelo menos $(73 + P)$ dB (P= potência de operação do transmissor, em dBk) abaixo do nível da portadora sem modulação.

É estabelecida a referência de 75kHz no desvio de frequência da portadora para definir o nível de modulação de 100%.

A potência efetiva irradiada - ERP por emissora do Serviço de Radiodifusão Comunitária será de, no máximo, 25 watts.

O máximo valor de intensidade de campo que a estação poderá ter a uma distância de um quilômetro da antena e a uma altura de 10 metros sobre o solo será de 91dB μ , obtido a partir da expressão:

$E (dB\mu) = 107 + ERP (dBk) - 20 \log d (km)$, onde:

ERP (dBk) – potência efetiva irradiada, em dB relativos a 1kW (tomado o valor máximo, de -16dBk, correspondentes a 25W), sendo:

$ERP (dBk) = 10 \log (P_t \times G_{ht} \times G_{vt} \times \eta)$, em que:

P_t - potência do transmissor, em kW;

G_{ht} - ganho da antena, no plano horizontal, em relação ao dipolo de meia onda, em vezes;

G_{vt} - ganho da antena, no plano vertical, em relação ao dipolo de meia onda, em vezes;

η - eficiência da linha de transmissão;

d - distância da antena transmissora ao limite da área de serviço, em km, (tomado o valor máximo de um km).

Em nenhuma direção o valor da intensidade de campo, a um quilômetro, poderá ser superior a 91dB μ .

A área de serviço de uma emissora do Serviço de Radiodifusão Comunitária é aquela limitada por uma circunferência de raio igual ou inferior a mil metros, a partir da antena transmissora, e será estabelecida de acordo com a área da comunidade servida pela estação.

O sistema irradiante de estação do Serviço de Radiodifusão Comunitária deverá estar localizado, preferencialmente, no centro da área de serviço da emissora.

O diagrama de irradiação da antena utilizada por estação do Serviço de Radiodifusão Comunitária deverá ser omnidirecional.

O ganho da antena transmissora será de, no máximo, 0dB, em relação ao dipolo de meia onda.

A altura da antena com relação ao solo será de, no máximo, trinta metros.

Acota do terreno (solo), no local de instalação do sistema irradiante, não poderá ser superior a trinta metros, com relação à cota de qualquer ponto do terreno no raio de um km em torno do local do sistema irradiante.

Aligação entre o transmissor e a antena deve ser feita por meio de cabo coaxial.

O estúdio e o transmissor devem estar instalados, preferencialmente, na mesma edificação, não sendo permitida a instalação de estúdio auxiliar.

No caso em que o estúdio e o transmissor não estejam instalados na mesma edificação, o uso de frequências destinadas aos serviços auxiliares de radiodifusão e correlatos, somente será autorizado, em caráter excepcional, em caso de interferência comprovada na recepção de televisão.

A separação mínima entre duas estações do Serviço de Radiodifusão Comunitária será de quatro quilômetros.

É vedada, às estações do Serviço de Radiodifusão Comunitária, a transmissão no Canal secundário.

Somente será permitida a utilização de equipamentos transmissores certificados pela ANATEL. Os equipamentos transmissores utilizados no Serviço de Radiodifusão Comunitária deverão ser sintonizados na frequência de operação consignada à emissora e deverão ter sua potência de saída nibida à potência de operação constante da Licença para Funcionamento de Estação.

- Os transmissores não poderão ter dispositivos externos que permitam a alteração da frequência e da potência de operação.

- Os transmissores devem estar completamente encerrados em gabinete metálico e todas as partes expostas ao contato dos operadores serão eletricamente interligadas e conectadas à terra.

- Todo o transmissor deve ter fixado no gabinete uma placa de identificação onde conste, no mínimo, o nome do fabricante, o número de série, a potência nominal, a frequência de operação e a homologação.

- O dispositivo de controle da frequência deve ser tal que permita a manutenção

automática da frequência de operação entre os limites de mais ou menos 2000Hz da frequência nominal.

- Qualquer emissão presente em frequências afastadas de 120 a 240kHz (inclusive) da frequência da portadora deverá estar pelo menos 25dB abaixo do nível da portadora sem modulação.

- As emissões em frequências afastadas da frequência da portadora de 240kHz até 600kHz, inclusive, deverão estar pelo menos 35 dB abaixo do nível da portadora sem modulação.

- As emissões em frequências afastadas de mais de 600kHz da frequência da portadora deverão estar abaixo do nível da portadora sem modulação de $(73 + P)$ dB, onde P é a potência de operação do transmissor em dBk.

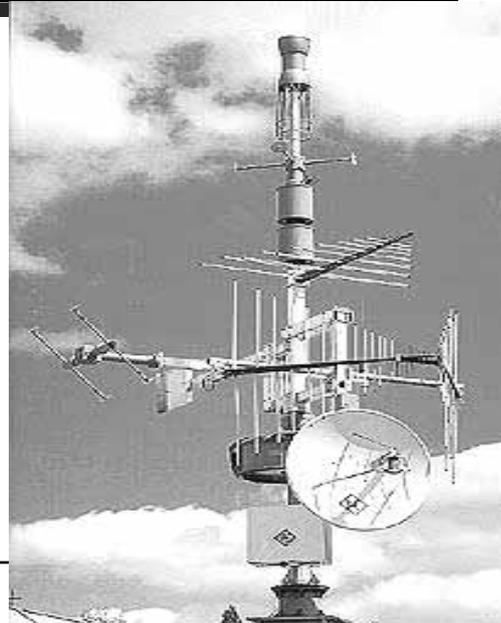
- A distorção harmônica total das frequências de áudio, introduzidas pelo transmissor, não deve ultrapassar o valor eficaz de 3% na faixa de 50 a 15.000 Hz para percentagens de modulação de 25, 50 e 100%.

- O nível de ruído, por modulação em frequência, medido na saída do transmissor, na faixa de 50 a 15.000Hz, deverá estar, pelo menos, 50dB abaixo do nível correspondente a 100% de modulação da portadora por um sinal senoidal de 400Hz.

O nível de ruído, por modulação em amplitude, medido na saída do transmissor, na faixa de 50 a 15.000Hz, deverá estar, pelo menos, 50dB abaixo do nível que represente 100% de modulação em amplitude.

Intensidade de Campo

Tabela de conversão			
0 dBm = 1mW sobre 50Ω			
mV	μV	dBμV	dBm
316,26	316228	110	3
100	100000	100	-7
31,62	31623	90	17
10	10000	80	-27
3,16	3162	70	-37
1	1000	60	-47
0,31	316	50	-57
0,1	100	40	-67
0,032	31,6	30	-77
0,001	10	20	-87
0,0031	3,16	10	-97
0,0001	1	0	-107
0.00032	0.32	-10	-117



Intensidade de Campo

A unidade de medida de intensidade de campo comumente utilizada é o volt por metro (V/m), acompanhada de seus correspondentes submúltiplos. Esta unidade só é rigorosamente aplicável à componente elétrica do campo, embora também seja geralmente utilizada, para expressar medidas de campos magnéticos ou das componentes magnéticas dos campos irradiados. Para campos irradiados no espaço livre, as energias nos dois campos são iguais e o valor em *microvolts por metro* em ambos é o mesmo. O tipo de antena selecionada deve ser apropriado ao campo particular sob análise. Se a largura de banda da emissão que está sendo medida for mais extensa do que ao filtro do sistema de medição, deverão ser feitas considerações a respeito do ponto para o qual a medição da intensidade campo com largura de banda limitada interpreta corretamente a real intensidade de campo do sinal captado. Nestes casos, um fator de correção normalmente é aplicado. Para a medida de intensidade de campo em determinado local, é de praxe a utilização de unidades logarítmicas para o nível e em dBμV/m isto é, dB sobre μV/m. $e = 20 \log E$

Em altas frequências, especialmente acima de 1GHz, medidas em termos da densidade de potência (P), visam em muitos casos, fornecer mais diretamente informações úteis unidade de medida de intensidade de campo utilizável para uma determinada emissão. No caso de uma onda linearmente polarizada no espaço livre, $P = E^2 / 120\pi$ onde "E" é a intensidade de campo em volts por metro. O denominador é o valor aproximado da impedância no espaço livre, que é dado por: $H=E/377$.

Medição de Intensidade de Campo

- Usualmente, divide-se as técnicas de medição de intensidade de campo e densidade de fluxo de potência em três faixas de frequência:
 - Frequências abaixo de 30MHz.
 - Frequências entre 30MHz e 1000MHz.
 - Frequências acima de 1GHz, estendendo-se aproximadamente até 30GHz.
-

Medição de Intensidade de Campo

Esta divisão é útil porque a melhor técnica de medida difere em cada uma dessas faixas, sendo a mesma relacionada com as dimensões práticas das antenas e dos comprimentos de onda dos sinais a serem medidos, bem como com os efeitos da proximidade de acidentes do terreno, que influenciam as medidas de forma diferente nas diversas faixas. Abaixo de 30MHz (comprimentos de onda maiores do que 10m), as antenas práticas são usualmente pequenas comparadas com o comprimento de onda. A antena utilizada para medição é do tipo "loop", apresentando versões com uma ou mais voltas, eletricamente isoladas, possuindo um diâmetro da ordem de 0,30 m, ou uma antena vertical do tipo "rod" (vareta) com um comprimento pequeno em relação a um quarto do comprimento de onda. Estas antenas podem ser ativas e passivas. No caso das antenas ativas, deve-se tomar cuidado especialmente para se evitar saturação.

Abaixo de 30MHz

- Nesta faixa utiliza-se habitualmente uma antena vertical tipo “rod” ou de fio longo (Longwire)



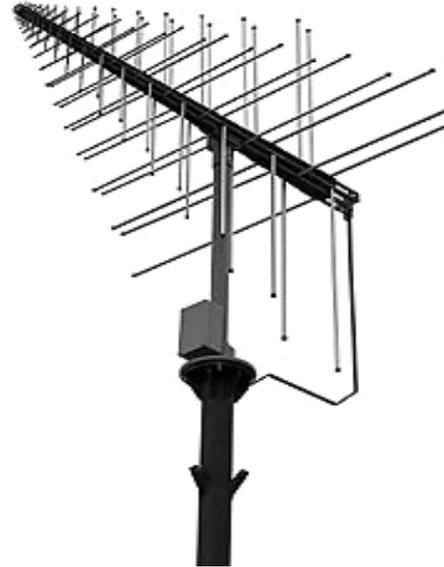
Abaixo de 30 MHz

Abaixo de aproximadamente 30 MHz as características do solo e da vegetação, os condutores e as estruturas afetam diferentemente as intensidades das componentes elétrica e magnética do campo e o ângulo de polarização. Estes fatores podem influenciar também a impedância da antena. As medições efetuadas com antenas do tipo “loop” eletricamente isoladas são geralmente, influenciadas pela proximidade de objetos num grau bem menor do que as antenas do tipo “rod”.

Nesta faixa utiliza-se habitualmente uma antena vertical tipo “rod” ou de fio longo (Wire) com comprimento total inferior a 10% do comprimento de onda de frequência de interesse, juntamente com sistema de terra adequado. A recomendação ITU-R SM.378 sugere que o sistema de terra consista de condutores radiais com no mínimo duas vezes o comprimento da antena e espaçados 30° , ou um pouco menos, ou então um rede de terra equivalente. Para comprimentos de até 5m, uma antena tipo “Whip” (Chicote) ou rod auto-suportante atende bem às necessidades. Em alguns casos particulares é preferível a utilização de uma antena projetada para uma única frequência ou faixa estreita de frequências, e nessa situação as características especiais da antena devem ser levadas em conta no cálculo ou medição do “fator de correção da antena”.

Entre 30MHz e 1GHz

- Na faixa de 30MHz a 1GHz (comprimentos de ondas compreendidos entre 10m e 30cm), as antenas possuem dimensões que são comparáveis ao comprimento de onda.



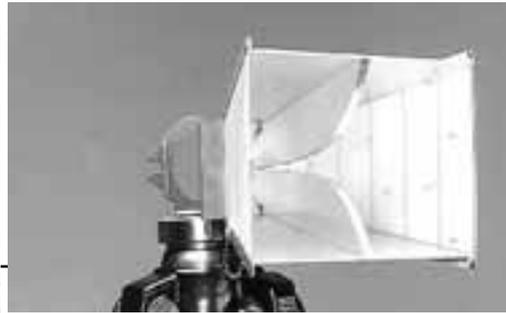
Entre 30MHz e 1GHz

Na faixa de 30MHz a 1000MHz (comprimentos de ondas compreendidos entre 10m e 30cm), as antenas possuem dimensões que são comparáveis ao comprimento de onda. A antena mais comumente utilizada para medidas de intensidade de campo nesta faixa é um dipolo ressonante de meio comprimento de onda. O dipolo é conectado ao instrumento de medida através de uma linha de transmissão coaxial e de um transformador balun para efetuar o casamento linha balanceada/desbalanceada. A antena dipolo difere das antenas “loop” e “rod” no tocante a sua alta eficiência (perdas resistivas muito baixas em relação a resistência de irradiação). Algumas vezes são utilizadas antenas faixa larga ou direcionais na parte superior desta faixa de frequências.

Nesta faixa de frequências comumente utiliza-se um dipolo faixa larga ou antena direcional especial como por exemplo um dipolo instalado num refletor de canto ou refletor parabólico, montado a uma altura de aproximadamente 10m e com orientações apropriadas para o azimute e polarização do sinal que se deseja captar. Quando é necessário efetuar medições numa faixa extensa de frequência é conveniente a utilização de uma antena log-periódica. O sinal captado pela antena é conduzido para o receptor por meio de cabo coaxial adequado. Se for usado um dipolo de meia onda balanceada ou se a impedância da antena difere da referente ao cabo coaxial, deve ser instalado um transformador casador de impedância entre a antena e cabo coaxial. Visto que os receptores de VHF/UHF mais modernos são projetados para uma impedância nominal de 50Ω, é normalmente desejável o uso de cabos de 50Ω afim de ocorrer um casamento de impedância perfeito no final do cabo proveniente da antena. E em algumas situações, uma instalação única pode ter necessidade de efetuar medidas simultâneas de duas ou mais frequências, e neste caso são utilizadas antenas afastadas uma da outra. A separação necessária entre as antenas pode ser efetuada por meio de mastros individuais distanciados de diversos comprimentos de onda para minimizar a interação entre as mesmas. Se isto for feito, a localização das antenas deve ser escolhida levando-se em conta as perdas envolvidas nos cabos. Normalmente, é dada bastante atenção à frequência superior de trabalho da antena, uma vez que as perdas nos cabos aumentam bruscamente com a frequência. Se forem utilizados antenas com ganho elevado, como por exemplo, dos tipos parabólica ou refletor de canto e se os azimutes de orientação estão em direções opostas é possível provar a viabilidade de instalar duas antenas no mesmo mastro.

Acima de 1GHz

- Nessas frequências, é prática comum empregar antenas com sistemas de refletores parabólicos ou de antena "horn" (corneta)



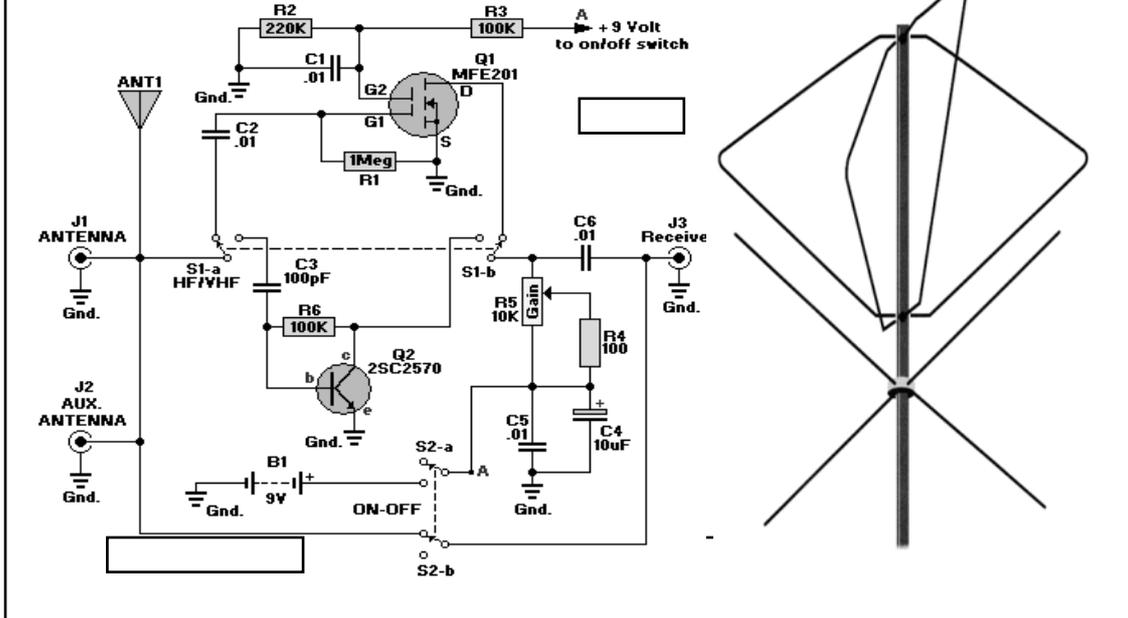
Acima de 1GHz

Acima de 1GHz (comprimentos de onda menor que 30cm), a área de captação de energia do dipolo torna-se muito pequena para fornecer a sensibilidade necessária. Nessas frequências, é prática comum empregar antenas que captam a energia através de aberturas de grandes dimensões em relação ao comprimento de onda, como, por exemplo, sistemas de refletores parabólicos e de antena "horn" (corneta). Estas antenas caracterizam-se pela alta eficiência e considerável diretividade, sendo utilizados cabos coaxiais ou guias de ondas para conectá-las ao sistema de medida. A frequência superior limite para medidas úteis para intensidade de campo não é bem definida, porém as técnicas utilizadas para frequências acima de 1GHz podem ser aplicadas para frequências muito elevadas, existindo receptores adequados e atenuadores de precisão.

Nesta faixa, especialmente acima de alguns GHz, ganhos elevados assumem grande importância, especialmente quando os níveis dos sinais são baixos, devido ao pequeno comprimento (ou área) dos coletores de abertura limitada típicos (por exemplo, dipolos de meia onda e antenas tipo "horn") e devido às elevadas perdas nas transmissões através de guias de onda e cabos coaxiais. Essas limitações podem ser minimizadas pela instalação de uma antena num refletor parabólico ou outro coletor de abertura larga. Uma antena comercialmente disponível do tipo "horn" ou log-periódica instalada num refletor parabólico com cerca de 1m de diâmetro constituirá um sistema com mais de 25dB de ganho em 10GHz, enquanto que sinais da ordem de 60dB ou mais (com respeito a uma antena isotrópica) podem ser captados com coletores de abertura larga. Antenas com ganho elevado podem ser normalmente ajustadas em pequenos passos, tanto horizontalmente quanto verticalmente, de forma que o conjunto esteja perfeitamente ajustado para captar o máximo sinal da emissão desejada. No caso de sinais provenientes de satélites ou foguetes, a antena deve estar montada de forma a permitir um ajuste vertical de aproximadamente 0° a 90° e nos completos 360° de azimute, manual ou automaticamente, devido ao fato da direção de chegada do sinal estar constantemente mudando. Existem sistemas especialmente desenvolvidos que sincronizam a orientação da antena com o movimento do satélite ou foguete numa rota predeterminada.

Antenas Ativas

HF/VHF/UHF Active Antenna



Antenas Ativas

Antenas ativas podem ser utilizadas com o propósito de medição da intensidade de campo nas várias faixas de frequência mencionadas acima. A principal vantagem das antenas ativas é usar faixa larga, independente do modelo de irradiação. Sua pequena dimensão, quando comparada com antenas passivas especialmente as de frequência abaixo de 100MHz, permite a sua instalação em espaços limitados. Em adição, um elevado número de antenas ativas de diversos fabricantes exibem fatores de correção de antena independente da frequência, tornando a medida de intensidade de campo mais fácil.

Vale salientar que medidas de intensidade de campo tomam-se mais precisas quando são feitas com antenas específicas para cada faixa de frequência a ser medida.

Medidor Isotrópico



Medidor Isotrópico

O medidor isotrópico possibilita a verificação dos níveis de intensidade de campo elétrico (V/m), magnético (A/m) e densidade de potência (W/m^2 ou mW/m^2) presente no local sob análise.

Possui a característica de efetuar a média dos valores eficazes de energia, captados em intervalos programáveis, podendo ser utilizado como referência para a verificação do somatório de todas as contribuições de campos eletromagnéticos recebidas no local avaliado. O equipamento fornece as informações de maior valor RMS, valor médio e valor de pico.

Os dados das medições gravados no equipamento podem ser enviados a um Notebook por meio de interface óptica com adaptador RS 232, o que pode ser feito em tempo real ou diferido.

Inicialmente deve ser feita uma verificação do local sob análise, buscando afastamento de superfícies metálicas, grades, portões e telas, de forma a evitar reflexão dos sinais recebidos falseando a leitura do medidor.

Elaborar croqui do local de medição identificando as condições de relevo, muros, edificações, estações transmissoras de RF, linhas de transmissão e distribuição de energia, linhas férreas, vegetação, existência de espelho d'água. Identificar no croqui os pontos de medição com coordenadas geográficas e anotar a temperatura ambiente no momento da medição.

No caso em uma estação específica de RF seja o objeto da análise, certificar se o transmissor (ou transmissores) esteja operando com sua potência máxima autorizada, de forma a avaliar a situação mais crítica.

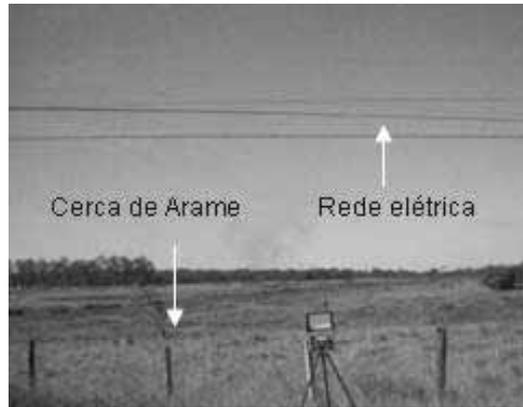
Não circular próximo do equipamento e principalmente da sonda isotrópica, ao coletar os dados. Não utilizar aparelhos portáteis de telecomunicações inclusive telefones celulares próximos ao equipamento durante a coleta dos dados, sob risco de falsear a leitura.

Escolha do Local

Situação aceitável



Situação a ser evitada



Escolha do Local

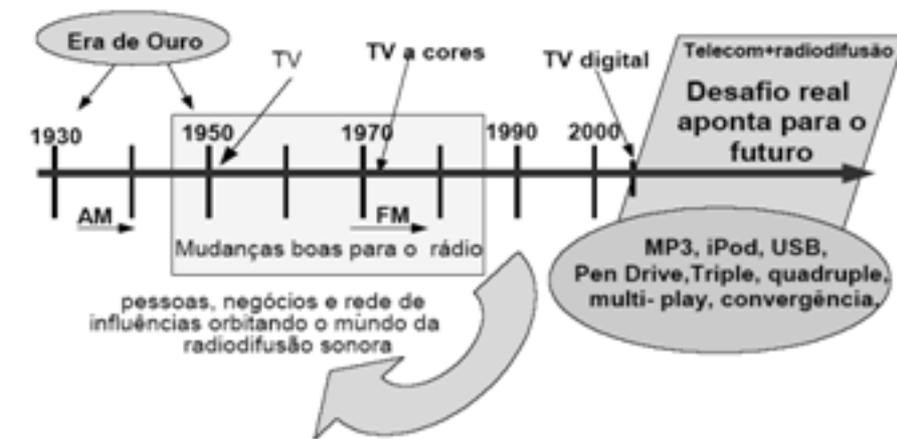
Deve ser escolhido, um local onde os campos das emissões a serem observadas sejam o mínimo possível influenciados por estruturas locais e característica de terreno. A proximidade de redes aéreas, prédios, árvores de grande dimensões, montanhas e outras estruturas naturais ou construídas pelo homem podem perturbar ou distorcer seriamente a frente de onda da emissão. O ponto para o qual essas condições limitam a validade das medidas depende de um número de fatores que inclui a faixa de frequência e o tipo de orientação da antena usada em conjunto com os equipamentos de medidas de intensidade de campo. Em frequências situadas nas faixas de HF ou menores, é prática comum a utilização de antenas tipo monopolo vertical ou conjuntos faixa larga com característica de recepção voltada essencialmente para emissões polarizadas verticalmente. Essas antenas são especialmente vulneráveis a redes aéreas e estruturas. Em frequências elevadas, onde são utilizadas antenas com grande diretividade, é importante que o trajeto entre a fonte do sinal e o ponto de medida esteja desobstruído. A recepção por múltiplos trajetos, produzida por reflexões locais ou de irradiação do sinal, deve ser minimizada.

Para escolha dos locais a serem utilizados, principalmente no que se refere a medidas abaixo de 30MHz, são sugeridos os seguintes critérios:

- a vizinhança imediata do local deve consistir de um terreno plano situado em uma área relativamente plana.
- solo com condutividade relativamente alta e livre de cascalho ou afloramento de rochas.
- não deve haver de preferência, redes aéreas (linhas telefônicas ou de energia elétrica) e telhados ou edifícios com estruturas de metal num raio de 100m do local onde está instalada a antena.

Nas baixas frequências, onde 100m representam meio comprimento de onda ou menos, na frequência de operação, é desejável que quaisquer elementos condutores sejam afastados da antena receptora a uma distância de pelo menos meio comprimento de onda, adicionando-se a essa distância 20m ou mais, para cada 1m de elevação destes condutores acima do nível do terreno.

Fatos na Linha do Tempo



Fatos na Linha do Tempo

Consideramos importante destacar, numa linha de retrospectiva que segue para o futuro, algumas ocorrências que se atrelam às alterações tecnológicas e seus impactos. Disto, identificamos algumas propensões para, então, avaliarmos o fenômeno no tempo presente e iluminarmos nosso entendimento do real desafio para a radiodifusão sonora brasileira.

Era de Ouro, nos anos decorridos entre 1930 e 1950 o rádio incorporou-se ao cotidiano das pessoas de todas as classes sociais. O rádio revelou-se fonte efetiva de entretenimento e de informações sobre uma audiência sempre crescente. Como efeito, surgiu o que denominamos Radiocentrismo: pessoas, negócios e rede de influências orbitando o mundo da radiodifusão. Admitimos que tal conceituação pode ser apurada sob a óptica da comunicação, e das mídias. Entretanto, nessa

elaboração enfocamos a tecnologia de radiodifusão como estrutura de sustentação, que permanece em atuação até o momento presente, e que é foco para digitalização.

Desde o final da Segunda Guerra até a metade dos anos 1980 as mudanças tecnológicas foram muito expressivas e favoráveis para o rádio e, até mesmo, para a concepção de uma indústria eletrônica nacional. Nos anos 50, um susto! Com a implantação da televisão brasileira, houve muito temor de que o negócio de radiodifusão sonora fosse extinto. Não havia força política capaz de impedir aquela transformação tecnológica. Considerar migrar para a transmissão televisiva exigia investimento financeiro elevadíssimo.

Passado o primeiro impacto, rapidamente as coisas ficaram mais claras. Percebeu-se que o espaço do rádio sonoro estava preservado. Da competição no mercado de publicidade, distribuição de audiência e acesso às classes sociais, nos horários distribuídos ao longo do dia, evidenciou-se que haviam diferenças e complementaridades entre a televisão e o rádio. Os próprios empresários da

televisão perceberam vantagens em estender investimentos para emissoras de rádio. Entretanto, desta evolução tecnológica surgira a primeira distinção entre radiodifusores: televisão – a classe especial; radiodifusão sonora – outra classe, que se subdividia em faixas para cobertura local e para áreas distantes, resultado das diferenças de propagação em ondas médias, curtas e tropicais.

Novo fato, a industrialização massiva dos transistores bipolares permitiu a miniaturização dos rádios e a aplicação de fontes de energia pequenas e descartáveis. Isso representou a viabilidade de transportar um receptor para qualquer lugar em qualquer hora – a portabilidade. Imediatamente, ocorreu a incorporação de rádios transistorizados nos veículos automotivos, substituindo aqueles incômodos e frágeis rádios valvulados. Os receptores foram aos estádios de futebol e, até mesmo, foram jogados nos juizes incompreendidos.

Desde os anos 1960, passou-se à aplicação dos sistemas de rádio com modulação em frequência, que, aos poucos, veio tomando audiência e dominando as transmissões para cobertura em área local.

Os principais argumentos voltaram-se para a qualidade sonora, com menor nível de ruído, maior robustez às interferências e efetivação de estereofonia em alta fidelidade. Somente na década de 70 os radiodifusores migraram em profusão para o VHF/FM. Desde então, aqueles que se mantiveram no rádio AM, especialmente em ondas médias, por circunstâncias diversas, observaram uma significativa queda de audiência. A distinção entre radiodifusores se refinou: televisão – a classe especial; radiodifusão sonora FM – dominante na cobertura local; radiodifusão sonora AM – a alternativa na cobertura local e única em serviço à distâncias.

Até então, num contexto comum a todos radiodifusores, as transformações tecnológicas foram favoráveis, pois representaram crescimento no número de espectadores. Mais pessoas tiveram acesso e interesse voltados para a radiodifusão sonora, mais regiões do país foram atendidas, enfim, ocorreu um crescimento exponencial de audiência. O rádio fora, efetivamente, incorporado ao cotidiano das pessoas, imersas em seu meio social.

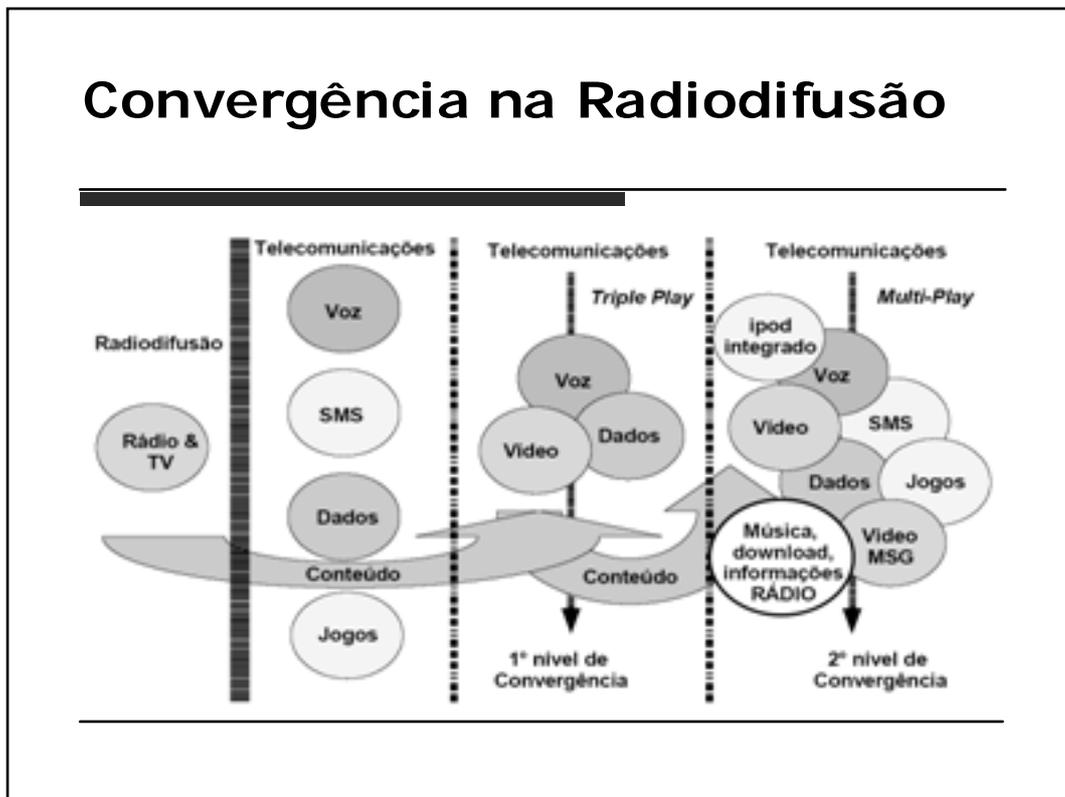
Por simples e óbvia que consideremos tal constatação, prevalece o entendimento, inconsciente para muitos, de que as mudanças tecnológicas são favoráveis à radiodifusão sonora. O desdobramento lógico deste continuum histórico é manter tal concepção, exceto se algo com ação externa nos despertar para novos elementos, diferentes de tal ordem natural.

Atualmente, as novas mídias de armazenagem e reprodução de áudio provocam rupturas na forma de interagir com o rádio. A tecnologia, progênie e aliada histórica do rádio, reapresenta-se como um obstáculo – mais poderoso que todos os outros empecilhos concebíveis – metamorfoseando-se em comportamento sócio tecnológico que está mergulhado num novo contexto de serviços e de mercado. Não é admissível desenvolver tecnologias aplicáveis às massas populacionais sem considerar os comportamentos sociais.

Novos dispositivos de reprodução audiovisual irrompem o mercado internacional, sem restrições técnicas de dimensão, capacidade, tempo de operação, recarga de energia, etc. As interações destes novos aparelhos adaptam-se em diferentes infraestruturas de redes, televisores, telefones celulares, multiformatos e multimídias. Estes dispositivos são concebidos como produtos que se articulam às expressões sócio-culturais, individuais e coletivas.

Para pensar mudanças tecnológicas no rádio, de jeito consciente, devemos compreender que os desafios não estão colocados, apenas, nas características técnicas que determinem robustez na propagação eletromagnética e na qualidade sonora a ser obtida. Outros serviços e dispositivos, que oferecem individualização extrema já disputam o mesmo mercado: o ouvinte.

Convergência na Radiodifusão



Convergência na Radiodifusão

A nova evolução tecnológica, decorrente da digitalização e otimização de processamentos digitais, teve início nos dispositivos de telecomunicações. O impacto destas evoluções nas redes de telecomunicações, e nas empresas prestadoras destes serviços, está em curso inicial, mas já entende-se avassalador. Modelos de negócio, fusões e investimentos incrementais ou transformadores estão em cabal elaboração.

A tecnologia digital neutraliza fronteiras entre serviços oriundos de redes distintas, exigindo ousadia empresarial. O mundo das telecomunicações avança sobre serviços da, até então, distinta radiodifusão. Não mais se trataria de regulamentação legal, uma pseudo-estrutura tal qual um dique de contenção e manutenção da separação. Usuários-ouvintes são seduzíveis, especialmente, pelas aplicações da tecnologia que estão materializadas em dispositivos personificados.

Na Figura apresentamos a diversidade de serviços que estão em implementação pelas redes de telecomunicações em ação de convergência. Os serviços originais de voz passaram da condição de serviço principal para um serviço complementar. Largura de banda em serviços de dados é recurso primordial. Cada tecnologia de estruturação de rede é levada à maximização e otimização de banda; qualidade de serviço é princípio. Há tendências de que redes fixas se fundamentem em fibras ópticas e que as redes móveis se encaminhem para sistemas em multiportadoras, tal qual estão empregadas na modulação OFDM - *Orthogonal frequency-division multiplexing*.

A maximização de banda é objetivada, essencialmente, para a implementação de serviços múltiplos e, principalmente, individualizados. Com isso, as redes de telecomunicações passam a demandar conteúdos diferenciados, cuja especialização para seu preparo está, historicamente, em mãos da radiodifusão.

Objetivamente, tal consideração não é fruto de elaboração ficcional. Especialmente, as redes de telefonia móvel celular já oferecem serviços de rádio, e televisão móveis. Conforme nossa elaboração, compreendemos que este nível de diferenciação em serviços constitua um segundo nível de convergência, que está fundamentada na capacidade do dispositivo *handheld5* e, adicionalmente, na diversidade de serviços oferecidos pela rede.

Naturalmente, reconhecemos a dificuldade de expansão dos serviços de telecomunicações no território nacional e, em sentido oposto, sua rápida disseminação e atualização nos grandes centros urbanos brasileiros. Áreas onde os sistemas de telecomunicações estão mais análogos ao estado da arte coincidem com as áreas onde ocorrem maior número de emissoras de rádio, especialmente em FM. Nestas áreas ocorrem as maiores concentrações de ocupação espectral e, concomitantemente, são perceptíveis os efeitos de degradação e de interferências que oprimem a qualidade do serviço na radiodifusão sonora.

Por discrepância, em áreas de menor conurbação a radiodifusão sonora é fonte essencial, muitas vezes única, de informação e, mesmo, de comunicação. Nem por isso, tais localidades estarão definitivamente isoladas da evolução tecnológica. Há esforço e financiamento para que a inclusão digital seja efetiva em todo o território nacional.

Rádio Digital no Brasil

Qualquer emissora de rádio pode pedir autorização à Agência Nacional de Telecomunicações e iniciar a transmissão digital.

O sistema adotado aqui, até agora, é o americano *in-band on-channel* (Iboc), que permite que as transmissões analógica e digital caminhem na mesma frequência, sem necessidade de utilizar novos canais. Isso permite que o ouvinte continue a usar seu aparelho analógico atual, com chiado e interrupções. Mas quem comprar um rádio digital ouvirá AM com a qualidade de FM e FM com som de CD.



Rádio Digital no Brasil

Na radiodifusão tradicional (rádios AM e FM) a informação é transmitida na forma de sinais analógicos. Com o rádio digital os sinais de áudio são digitalizados antes de serem transmitidos, o que torna possível obter uma melhor qualidade de som e aumentar o número de estações. As rádios AM passariam a ter uma qualidade de som semelhante às rádios FM e as FM uma qualidade semelhantes aos CDs.

Os sistemas de rádio digital podem ser classificados em duas categorias:

Sistemas em que a transmissão do rádio digital é feita no mesmo canal de frequência utilizado pela estação AM ou FM. Estes sistemas são conhecidos com In-band on-channel (IBOC). Os sistemas principais são o HD Radio do consórcio iBiquity (FM e AM), o FMExtra da Digital Radio Express e o DRM de um consórcio europeu. Os dois primeiros têm como origem os Estados Unidos.

Sistemas que utilizam um novo canal para transmissão do rádio digital, como o Eureka 147, de origem europeia, que utiliza um novo canal na faixa de FM ou na Banda L (1.452 a 1.592 MHz). Existe ainda o NISDB-T (Japão) que compartilha o canal da TV Digital em UHF.

Os sistemas de rádio digital utilizam OFDM, sistema de multiplexação em que a banda de operação é sub-dividida em várias sub-portadoras que podem se sobrepor. Os dados são transmitidos em paralelo utilizando uma ou mais sub-portadoras. Este método de transmissão é muito eficiente em canais de banda larga, característica explorada por sistemas como o Eureka 147 que não precisam se limitar às bandas dos canais AM e FM.

Os sistemas IBOC apresentam um menor custo de implementação e a vantagem do usuário continuar sintonizando o seu rádio nas mesmas frequências das estações AM e FM atuais. Em qualquer sistema será necessário adquirir um receptor de rádio digital.

A Anatel e emissoras de rádio do Brasil demonstram uma preferência por sistemas em que o sinal digital compartilha o mesmo canal do sinal analógico, devido ao seu menor custo de implementação.

Para avaliar os sistemas existentes a Anatel autorizou que as emissoras AM e FM realizassem testes para avaliar o desempenho dos sistemas e a compatibilidade como os sistemas analógicos existentes.

A prioridade da Anatel é definir o sistema a ser utilizado pelas rádios AM, que passariam a ter uma qualidade de áudio próxima à das rádios FM.

Digitalização

Hélio Costa não descartou a adoção de mais de um padrão, já que o americano não faz transmissões em ondas curtas (OC). O europeu, por sua vez, não contempla a FM. “A proposta do rádio digital no Brasil vem com a exigência de que seja atendido o rádio AM, FM e OC. O sistema IBOC já tem testes sendo conduzidos no Brasil atendendo AM e FM e estamos iniciando entendimentos para que seja conduzido teste de OC com o sistema europeu, que é o único que tem OC”.

Digitalização

Os sons, que são variações de pressão, propagam-se no ar e quando captadas por um microfone e amplificadas por um dispositivo eletrônico transformam-se em variações de tensão. A tensão é então amostrada em um certo número de vezes por segundo pelo quantizador a fim de digitalizar o sinal.

Com a utilização conjunta das tecnologias MPEG (*Motion Pictures Expert Group*) e COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) no rádio digital é possível oferecer programas de áudio com excelente qualidade sonora, livre de interferências e grande capacidade de transmissão de dados.

A tecnologia MPEG possibilita a compressão de dados de áudio por um fator maior que sete vezes a capacidade de transmissão utilizada por um CD. Com isso, é reduzida a quantidade de dados para a transmissão com qualidade de CD (em torno de 1,4Mbps) a uma taxa mais baixa (na faixa de 192Kbps).

A compressão utiliza recursos da ciência "Psico-Acústica" - estudo da forma como o ouvido humano percebe o som - que é de fundamental importância para a alocação de *bits* necessária à quantização e codificação das frequências, pois a partir do modelo do sistema auditivo determinam-se as características necessárias para eliminar as fontes de ruídos e frequências não-audíveis.

A modulação OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) em conjunto com a codificação COFDM é responsável pela transmissão de grande quantidade de dados, utilizando as características de um sistema multiplexado, em que cada subportadora possui uma taxa de transmissão tão baixa quanto maior o número delas empregada, possibilitando uma diminuição da sensibilidade à seletividade em frequência, eliminando os efeitos de multipercurso.

Com essas técnicas de codificação e transmissão de dados, é possível associar o rádio digital aos serviços de valor adicionado (SVA) tais como: informações sobre trânsito, viagens, tempo, localização, notícias e serviços de transmissão de dados em geral, independentemente dos dados fornecidos pelos provedores de serviços, sendo que alguns destes serviços podem alcançar velocidades de transmissão de até 1,7Mbps, com possibilidade de acesso via terrestre SFN (*Single Frequency Network*), via satélite, híbrido terrestre/satélite e via Internet.

Sistemas de Radio Digital



Sistemas de Radio Digital

O sistema de radiodifusão digital DAB funciona para as transmissões em FM num ambiente multi-serviços, e foi projetado para possuir uma recepção robusta para estações móveis, portáteis e fixas, usando antena não diretiva. É baseado em dois elementos principais: as tecnologias MPEG e COFDM.

O sistema DAB pode ser transmitido nas frequências de FM (88 MHz a 108 MHz), mas os serviços que têm sido introduzidos na Europa, Canadá e Austrália, junto com a Índia, estão usando outras frequências. Alguns países, incluindo Grã-Bretanha, usam também a Banda III na frequência de 221 MHz. Diferente destes, Alemanha e Canadá estão usando Banda L, na faixa de 1.452 a 1.492 MHz.

Além do sistema DAB Terrestre que opera na Banda I, há também o sistema DAB via Satélite também conhecido como DSR (*Digital Satellite Radio*), que pode operar nas Bandas II, III e IV. Na Europa os sistemas de rádio via satélite estão definidos e com suas frequências regulamentadas pela WARC-92 (*World Administrative Radio Conference*), que é a conferência internacionalmente reconhecida para designar as radiofrequências para a radiodifusão.

Existem outros sistemas, como o DRM (*Digital Radio Mondiale*) administrado por um consórcio constituído pelas emissoras e estatais europeias para as transmissões em AM, uma vez que o sistema DAB só se aplica às transmissões em FM; e o japonês ISDB (*Integrated Services Digital Broadcast*) que diferentemente dos demais permite o rádio no mesmo canal de TV digital.

O sistema DRM surgiu em 1996 em uma reunião da qual participaram alguns dos maiores radiodifusores internacionais e fabricantes de equipamentos, com o objetivo de que alguma coisa fosse feita, senão os dias da radiodifusão nacional e internacional em AM, abaixo de 30 MHz, estariam limitados.

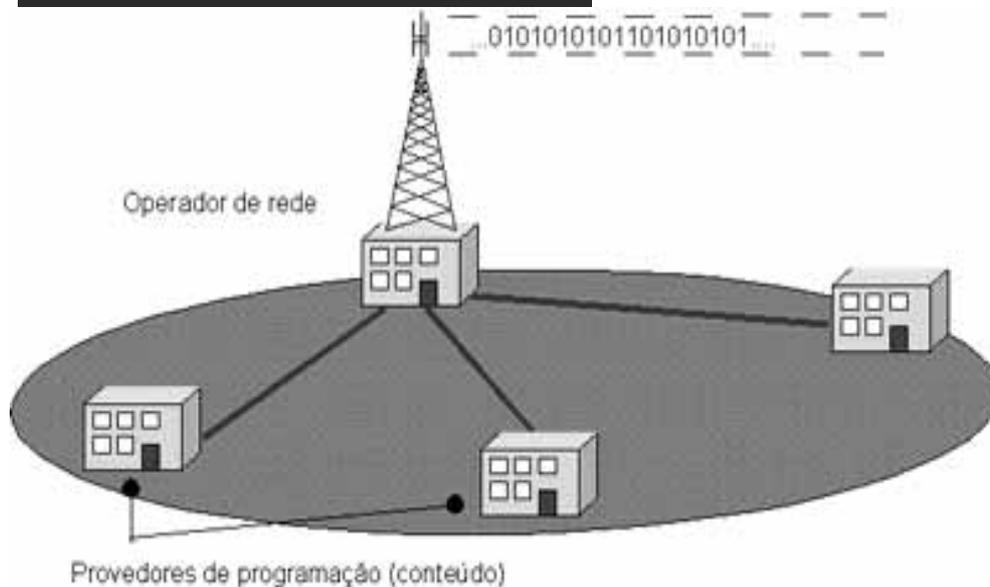
O sistema ISDB, ou ISDB-T, tem sido testado em campo e demonstrado nas faixas de 189-192 MHz e 2,535-2,655 GHz no Japão. Trata-se de um sistema flexível, concebido para prover transmissão digital com alta robustez, mesmo para a recepção móvel, de áudio de alta qualidade e de dados.

Os EUA divergindo novamente da Europa e do Japão, desta vez no rádio digital, utilizam o padrão "iBiquity" com o processo IBOC (*In Band - On Channel*), que significa "na mesma faixa e no mesmo canal". O processo IBOC foi desenvolvido pelo consórcio americano "iBiquity Digital", tanto para as transmissões em AM como em FM. Transmitem na mesma frequência atual, de forma simultânea o sinal analógico e o digital, sem a necessidade de faixas adicionais, com transmissão de dados e áudio simultaneamente.

O consórcio "iBiquity Digital" desenvolveu a tecnologia norte-americana de rádio digital permitindo que as transmissões em FM tenham qualidade de CD e que a performance do rádio AM se compare ao FM estéreo de hoje. Além disso, também será possível transmitir dados, como informações em texto diretamente para o display dos aparelhos de rádio. A tecnologia de rádio digital prepara ainda o terreno para a introdução de um crescente número de novos serviços, criados e especialmente para levar a radiodifusão sonora para a era digital.

A entidade NRSC (*National Radio Systems Committee*) patrocinada pela NAB e pela "Consumer Electronics Association", adotou a norma NRSC-5 para a radiodifusão baseada no sistema da "iBiquity Digital Corporation", denominando o sistema como "HD Radio" que foi aprovada pela FCC (*Federal Communications Commission*) em 2002, como o sistema digital dos EUA para a radiodifusão digital em AM e FM.

DAB – Digital Audio Broadcasting



DAB – Digital Audio Broadcasting

DAB é a sigla para *Digital Audio Broadcasting*, ou seja, emissão digital de áudio ou ainda radiodifusão digital. Este termo contextualiza-se no âmbito da rádio, tal como conhecemos atualmente como meio de comunicação utilizando o FM (frequência modulada) ou o AM (amplitude modulada) para transmitir o seu sinal analógico.

O DAB será num futuro próximo o padrão de rádio, em que teremos uma nova banda em que não será preciso memorizar as frequências. O som terá qualidade praticamente igual à de CD, sem interferências.

Por fim, este sistema é mais econômico que o FM, pois além de permitir que várias rádios utilizem o mesmo emissor, a potência de emissão é substancialmente menor para cobrir uma mesma área o que leva a grandes economias elétricas.

EUREKA 147: Este é o padrão de rádio Digital a nível mundial. O EUREKA DAB é sistema confiável de broadcasting multiserviços para recepção móvel, fixa e portátil por receptores com uma simples antena não direcional. Podendo ser operada em qualquer frequência entre os 30MHz e 3GHz para recepção móvel (ou mais para recepção fixa) e pode ser usado em redes terrestres, satélite, híbridas (satélites com complemento terrestre) e cabo. Para além de suportar programas áudio com uma vasta gama de taxa de codificação e qualidade diferentes, tem também um multiplex digital que pode transportar uma variedade de serviços incluindo dados associados aos programas áudio e serviços de dados independentes.

Funcionamento

A recepção de sinais analógicos pode ser deteriorada pelas condições atmosféricas e falhas dos sinais elétricos. Esses sinais podem também ser interrompidos pela proximidade de edifícios no terreno ou edifícios - especialmente nas cidades. Este tipo de interferência no FM é chamado de harmônicas. O DAB evita este problema enviando uma série de bits que podem ser reconhecidos mesmo na presença de interferência. Essa interferência é praticamente ignorada pelos receptores DAB com a ajuda de um sistema chamado COFDM.

O significado de COFDM é *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*. Este sistema usa uma relação matemática precisa para dividir a largura de faixa por 1.536 diferentes subportadoras como pelo atraso temporal. Isto certifica que, mesmo que alguns sinais sejam afetados por interferência ou caso o sinal seja perdido por um pequeno período, o receptor é capaz de recuperá-lo e reconstruí-lo perfeitamente.

O COFDM também permite que a mesma frequência seja usada por uma vasta área. Isto significa que não é necessário re-sintonizar a rádio quando se viaja de carro ou se leva um aparelho portátil de um local para outro. Há centenas de frequências usadas pelas rádios locais e as rádios nacionais, que utilizam até 20 frequências diferentes para serem escutadas em toda a área coberta.

Com o DAB a mesma frequência é utilizada por todos os transmissores e, em áreas de sobreposição, os sinais reforçam o sinal total recebido. Isto é uma forma inteligente de utilizar o que antes era considerada uma interferência como uma vantagem.

Como consequência, com o DAB não existem mais frequências para separar. Um único bloco de frequências, conhecido como multiplex é utilizado para transportar não apenas um serviço mas entre 6 a 8. Da mesma forma como se pode visitar um cinema multiplex e ver uma variedade de filmes à escolha, neste caso pode sintonizar um multiplex e selecionar de um conjunto de programas e serviços de dados apenas com um botão.

O som límpido e cristalino que o DAB produz é criado por uma compressão de som altamente eficiente, conhecida por MUSICAM, que funciona extraindo os sons que não são detectáveis pelo ouvido humano.

Este processo de codificação de áudio permite que a grande quantidade de informação digital seja reduzida, fazendo um ótimo uso do espectro disponível. O MUSICAM tem semelhanças com o MPEG (*Motion Pictures Experts Group*), ISDN (*Integrated Services Digital Network*), MiniDiscs, CDs e DAT (cassetes digitais utilizadas nas rádios).

O sistema foi testado e melhorado e atingiu um novo nível de sofisticação que tem como grande vantagem permitir às emissoras rádios de variar a taxa de transmissão nas fontes de emissão. Por exemplo, uma taxa de transmissão baixa pode ser utilizada para fóruns telefônicos enquanto uma alta para um concerto sinfônico. Este sistema é semelhante à forma como os arquivos de som são gravados com diferentes especificações de qualidade num computador.

Cada multiplex pode ser dividido numa mistura de emissões estéreo e mono, e serviços de dados. Quanto menos serviços transportados, maior a qualidade áudio de cada um. Como citado acima, partes grandes do multiplex são utilizadas para música e pequenas para discursos ou texto.

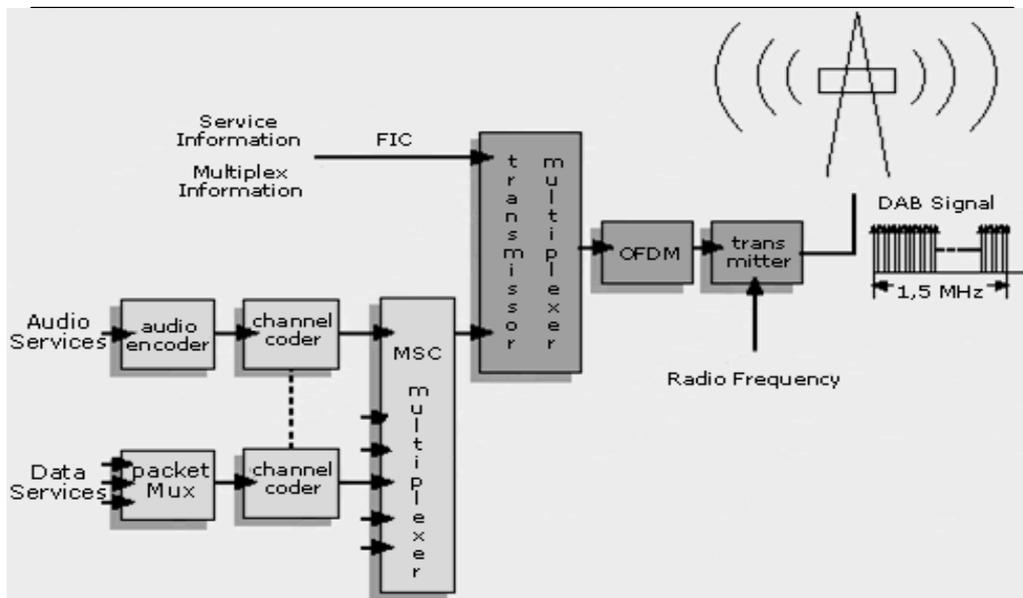
Até agora apenas um simples texto podia ser associado à emissão FM. Foi desenvolvido o PTY (*Program Type Codes*) que resultou num RDS (*Radio Data System*) que mostra o nome da estação e permite a re-sintonia automática para o sinal mais forte e informação de trânsito. O espectro adicional que o DAB oferece vai fazer que o RDS pareça básico. Já está sendo utilizado um software que permite enviar para um display LCD ligado ao receptor DAB o nome da música, artista e mesmo o nome do álbum.

Cerca de 10% do espectro DAB disponível está alocado para transmissão de dados, além daquele já disponível para emissão de dados associados ao programa (PAD). Isto é suficiente para enviar imagens animadas para um display a cores bem como páginas HTML.

Várias idéias surgiram para utilização da componente de dados do DAB. Uma idéia é uma versão radiofônica de texto com melhores gráficos, outra idéia é permitir transferência de arquivos de áudio e *vídeo on demand* (VoD) que seriam gravados em memória para ver mais tarde.

Possíveis arquivos seriam informações de trânsito, resultados esportivos ou meteorologia. Esses serviços poderiam ser gratuitos ao usuário, contendo publicidade ou utilizar uma criptografia para *pay-per-view*. Outra utilização diferente poderia ser empresarial, para transferência de grandes blocos de dados por vários pontos do país à velocidade da luz.

Geração do Sinal



Geração do Sinal

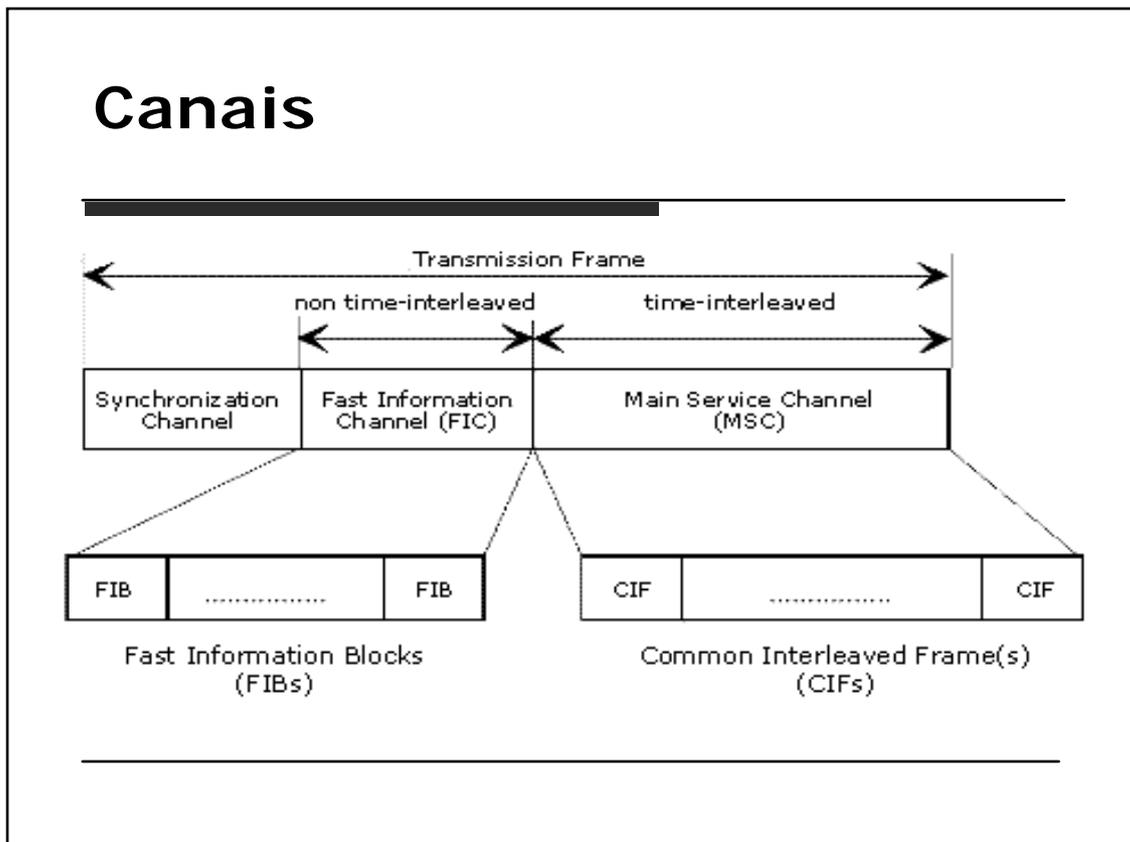
A figura mostra o diagrama de bloco do gerador de sinal DAB. Cada sinal de serviço é codificado individualmente na fonte, no erro protegido e no tempo da fonte intercalado no codificador do canal.

Então os sinais dos serviços são multiplexados no MSC (*Main Service Channel*), de acordo com a configuração pré-determinada do multiplexador, podendo também ser ajustável. O sinal de saída do multiplexador é combinado com as informações vindas do *Multiplex Control* e o SI (*Service Information*), que chegam através do FIC (*Fast Information Channel*), que serão os responsáveis por dar forma ao quadro que serão enviados através do Transmissor Multiplex.

O sistema DAB é feito para transportar vários sinais de áudio digitais junto com sinais de dados. Sinais áudio e de dados são considerados como componentes de serviço que podem ser agrupados em serviços.

Finalmente, o sinal multiplexado será aplicado ao OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) onde será dada uma nova forma ao sinal DAB, que consiste em um grande número de portadoras, após essa etapa o sinal é enviado para o transmissor onde será ampliado, convoluído à faixa de frequência do DAB e transmitido, utilizando uma largura de banda de 1,5 MHz.

Canais



Canais

O sistema de transmissão DAB combina três canais:

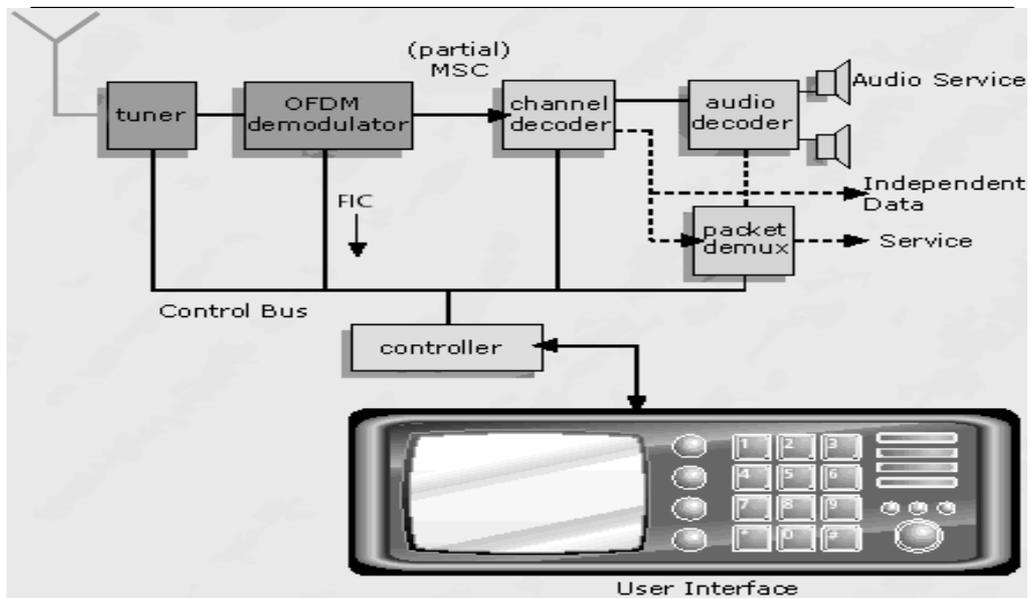
Main Service Channel (MSC): utilizado para transportar componentes de serviço de áudio e de dados. O MSC é um canal de dados intercalados no tempo dividido em vários sub canais que são codificados individualmente, com proteção de erros igual ou não. Cada sub-canal pode transportar um ou mais componentes de serviço. A organização dos sub-canais é chamada a configuração do multiplex.

Fast Information Channel (FIC): utilizado para acesso rápido a informação por um receptor. Em particular é usado para enviar a informação de configuração do multiplex e opcionalmente informação do serviço e serviços de dados. O FIC é um canal de dados não intercalado no tempo com proteção de erros de tamanho fixo.

Synchronization Channel: utilizado internamente, dentro do sistema de transmissão para funções básicas do demodulador, tal como a transmissão de quadros de sincronização, controle automático da frequência, estimação do estado do canal e identificador do transmissor.

Cada canal fornece dados de diferentes lados e forma um quadro de transmissão. A sua organização e tamanho depende do modo de transmissão.

Recepção

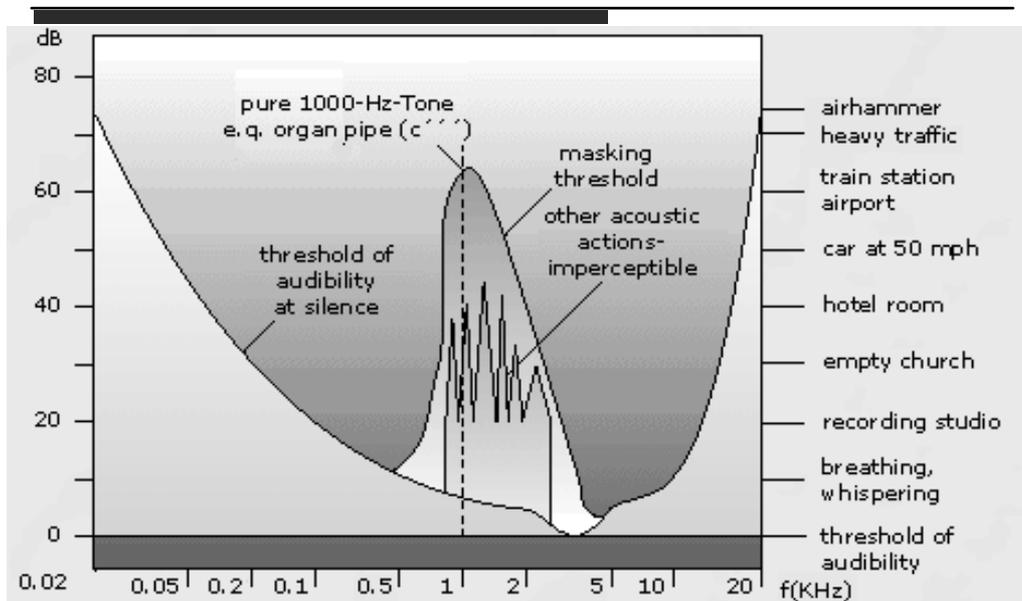


Recepção

A figura mostra o diagrama de bloco do receptor DAB. O sinal DAB é selecionado no sintonizador passando somente as faixas destinadas às radiofrequências desejadas, a saída digitalizada é alimentada no demodulador OFDM, uma parte vai para o decodificador de canal (*Channel Decoder*) para eliminar os erros de transmissão e a outra parte é enviada ao FIC que será repassada para a interface do usuário onde ele irá selecionar o serviço desejado, com isso ajustando o receptor apropriadamente.

Os dados do MSC vindos do OFDM serão enviados para o decodificador de áudio (*Audio Decoder*), onde serão produzidos os sons, ou para o decodificador de dados (*Packet Demux*).

Serviços de Áudio (Audio Services)



Serviços de Áudio (Audio Services)

Comparado ao PCM convencional, a taxa de bits é reduzida de 6x para 12x através de técnicas avançadas de compressão de áudio digital. Este sistema utiliza uma taxa de bits baixa sendo reforçado por um modelo psico-acústico: devido ao formato específico interno da orelha, o sistema auditivo humano percebe apenas uma pequena parte do complexo espectro de áudio.

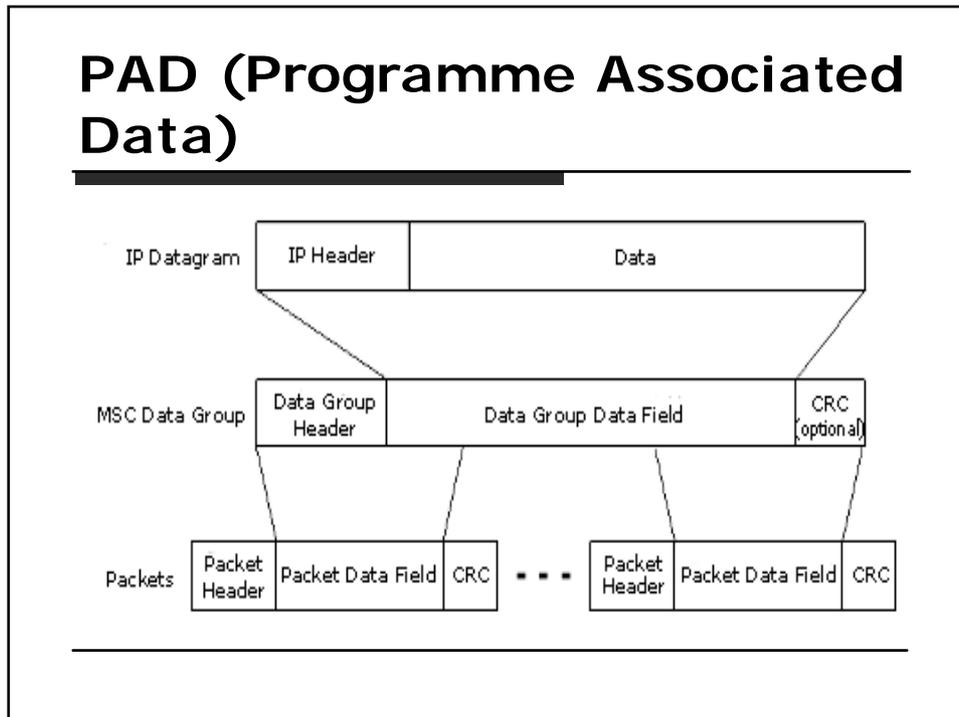
Somente a parte do espectro localizada acima do efeito mascarado (*masking threshold*) dará a contribuição de som perceptível, visto que qualquer ação acústica que ocorra ao mesmo tempo, mas com intensidade menor e situada sob seu efeito mascarado não será ouvido, pois este será mascarado pelo som principal e de maior intensidade.

Para extrair a parte perceptível do sinal de áudio o espectro é dividido em 32 sub-bandas equidistantes. Em cada sub-banda, o sinal é quantizado de tal maneira que o ruído quantizado agregado ao sinal será mascarado. Este sistema de codificação para sinais de áudio de alta qualidade é conhecido como MUSICAM, é padronizado pelo ISO/IEC 11172-3 (*Layer II MPEG 1*) e ISO/IEC 13818-3 (*Layer II MPEG 2*).

As especificações do DAB permitem uso completo da flexibilidade da *Layer II* com exceção do fato que somente a frequência de amostragem padrão de estúdio de 48 kHz e a metade da frequência de amostragem de 24 kHz são utilizados. A *Layer II* é capaz de processamento mono, estéreo e duplo-canal como programas bilíngües, estando também disponíveis diversas opções de taxas de codificação (8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160 ou 192 por canal mono). Na modalidade estéreo ou duplo-canal, o codificador produz 2x a taxa de bits do canal mono.

A opção de faixas possível pode ser utilizada pelas emissoras, dependendo da qualidade e do número de programas a ser transmitido. Um sinal estéreo pode ser carregado em modo estéreo, ou - particularmente a baixas taxas de bits - no modo estéreo comum. Este modo utiliza a redundância dos 2 canais estéreos intercalando-os de modo a maximizar a qualidade total do sinal recebido.

PAD (Programme Associated Data)



PAD (Programme Associated Data)

Cada quadro DAB contém uma certa quantidade de bytes que permite transportar dados associados ao programa (PAD). Esta informação é síncrona com o áudio e os seus conteúdos podem estar ligados ao áudio. Os bytes do PAD nos sucessivos quadros de áudio constituem o canal PAD. Estes estão sempre localizados no fim do quadro de áudio DAB.

Em cada quadro de áudio DAB existem dois bytes chamados PAD fixo (F-PAD). Estes campos transportam informação de controle de carácter de tempo real e dados com fluxo muito baixo. O canal PAD pode ser estendido utilizando o campo X-PAD, feito para levar informações adicionais ao ouvinte, como texto relacionado com o programa. O tamanho deste campo é escolhido pelo fornecedor do serviço.

IP (Datagram Tunneling): Um outro serviço que está sendo testado com o DAB e que poderá vir a ter muito impacto na forma como conteúdos multimídia é emitido em grande escala é a transmissão de pacotes TCP/IP. Isto permite o broadcast de grande quantidade de informação para imensos receptores em simultâneo, sendo possíveis o envio de jornais eletrônicos, um texto mais sofisticado, mapas das estradas, etc...

Os pacotes IP são enviados pelo modo de pacote DAB *Service Component*. Isto é feito por encapsulamento do pacote IP num grupo de dados MSC no modo de pacote ao nível de transporte. O encapsulamento é feito levando o pacote IP como carga no MSC, tal como é mostrado na figura. No entanto, os protocolos mais utilizados na camada de transporte de Internet são UDP e TCP.

Informação de Serviço (Service Information): Os seguintes elementos de informação de serviço (SI) podem ser feitos disponíveis ao ouvinte para a seleção de programas e para a operação e controle do receptor:

Informação básica sobre o programa;

Informação o tipo de programa (ex. notícias, esportes, musica clássica);

Informação de texto dinâmico (título do programa, nomes dos artistas);

Língua do programa;

Hora, data, para o display ou para o controle do registrador;

Comutar para relatórios de trânsito, notícias, ou anúncios em outros serviços;

Cruzar referência ao mesmo serviço que está sendo transmitido em um outro DAB ou através de AM ou FM e a outros serviços;

Informação de identificação do transmissor (ex. informação de seleção geográfica).

Itens essenciais do SI que são usados para seleção de programas são carregados no FIC. As informações que não são requeridas imediatamente ao ligar o receptor, tal como uma lista de programas, podem ser carregados separadamente como um serviço geral de dados (*Auxiliary Information Channel*).

Multiplexador Principal de Serviço (Main Service Multiplex)

Número de canais de áudios possíveis em um sinal DAB em níveis taxa de bits/s e proteção	Audio bit-rate Kbit/s	Protection level (increasing protection) →				
		5	4	3	2	1
24*	n/a	64	48	36	24	
32	54	41	36	29	24	
64	27	20	18	14	12	
128	13	10	9	7	6	
192	9	7	6	5	4	
224	7	6	5	4	3	
256	6	5	4	3	3	

Multiplexador Principal de Serviço (Main Service Multiplex)

Os dados codificados e intercalados são alimentados ao Multiplexador Principal de Serviço (MUX) onde a cada 24 ms os dados são recolhidos nas seqüências. A saída do canal de bits combinada do multiplexador é conhecida como Canal Principal de Serviços (*Main Service Channel - MSC*) e tem uma capacidade bruta de 2,3 Mbps. Dependendo da taxa de codificação, que pode diferir de uma aplicação à outra, a taxa de bits líquida varia de aproximadamente 0,6 a 1,8 Mbps, acomodado no sinal DAB.

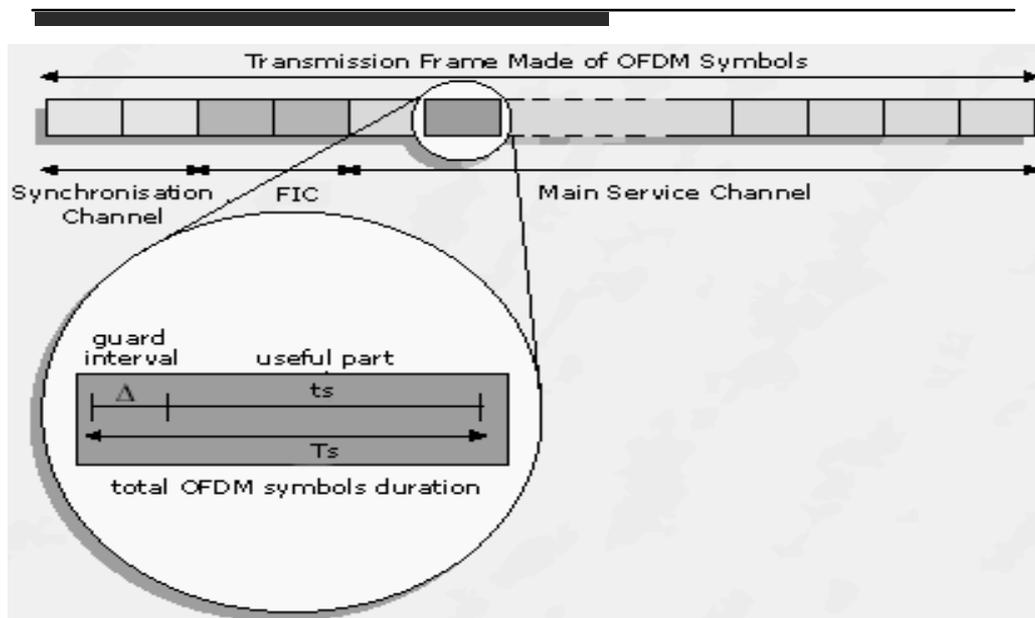
A Tabela mostra o número de canais de áudios possíveis em um sinal DAB em níveis taxa de bits/s e proteção.

O sistema DAB permite que o MUX seja re-configurado de tempos em tempos. A informação sobre o conteúdo do MUX é carregado pelo FIC para comunicar ao receptor como acessar os serviços.

Esta informação é conhecida como *Multiplex Configuration Information (MCI)*. Este dado é altamente protegido e repetido frequentemente para assegurar robustez.

Quando a configuração do multiplexador está prestes a mudar, a nova informação, junto com o sincronismo de mudança, é transportados via MCI, e detalhes sobre que mudanças estão ocorrendo.

Transmissão de Quadros



Transmissão de Quadros

A fim de facilitar a sincronização do receptor, o sinal transmitido é projetado de acordo com a estrutura do quadro com uma seqüência fixa de símbolos. Cada quadro de transmissão começa com um símbolo nulo para a sincronização (quando nenhum sinal de RF é transmitido), seguido por um símbolo de referência da fase por uma modulação diferencial. Os próximos símbolos são reservados ao FIC e os símbolos restantes fornecidos pelo MSC. A duração total do quadro é 96 ms, 48 ms ou 24 ms, dependendo da modalidade da transmissão (tabela 2). Cada serviço dentro do MSC é alocado a um slot de tempo fixo no quadro.

Modo de Transmissão

System Parameter	Transmission Mode			
	I	II	III	IV
Frame duration	96 ms	24 ms	24 ms	48 ms
Null symbol duration	1297 μ s	324 μ s	168 μ s	648 μ s
Guard interval duration	246 μ s	62 μ s	31 μ s	123 μ s
Nominal maximum transmitter separation for SFN	96 Km	24 Km	12 Km	48 Km
Nominal frequency range (for mobile reception)	\leq 375 MHz	\leq 1.5 GHz	\leq 3 GHz	\leq 1.5 GHz
Speed/coverage trade-off	No	No	No	Yes
Useful symbol duration	1 ms	250 ms	125 ms	500 ms
Total symbol duration	1246 ms	312 ms	156 ms	623 ms
Nº of radiated carriers	1536	384	192	768

Modo de Transmissão

O sistema DAB usa um esquema com multi-portadoras conhecido como *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM). Neste tipo de modulação pode-se transmitir digitalmente a altas taxas de bits para receptores móveis, portáteis e fixos, especialmente em ambientes multipercurso.

Antes da transmissão a informação é dividida em um grande número de canais de bits com baixa taxa de bits cada. Estes são usados para modular as portadoras ortogonais individuais (diferencial QPSK) de tal maneira que a duração do símbolo correspondente do símbolo se torne maior do que o atraso de propagação dos canais de transmissão. Inserindo um intervalo de tempo de guarda entre os símbolos sucessivos, a seletividade do canal e a propagação multipercurso não causam interferências inter-símbolos.

O sistema fornece 4 opções de modalidade de transmissão que permite uma faixa de frequências de transmissão entre 30 MHz e 3 GHz. Para as escalas de frequências nominais, as modalidades de transmissão foram projetadas para não sofrer os efeitos da propagação de Doppler nem de atraso de propagação, ambos inerentes em recepção móvel com ecos multipercurso.

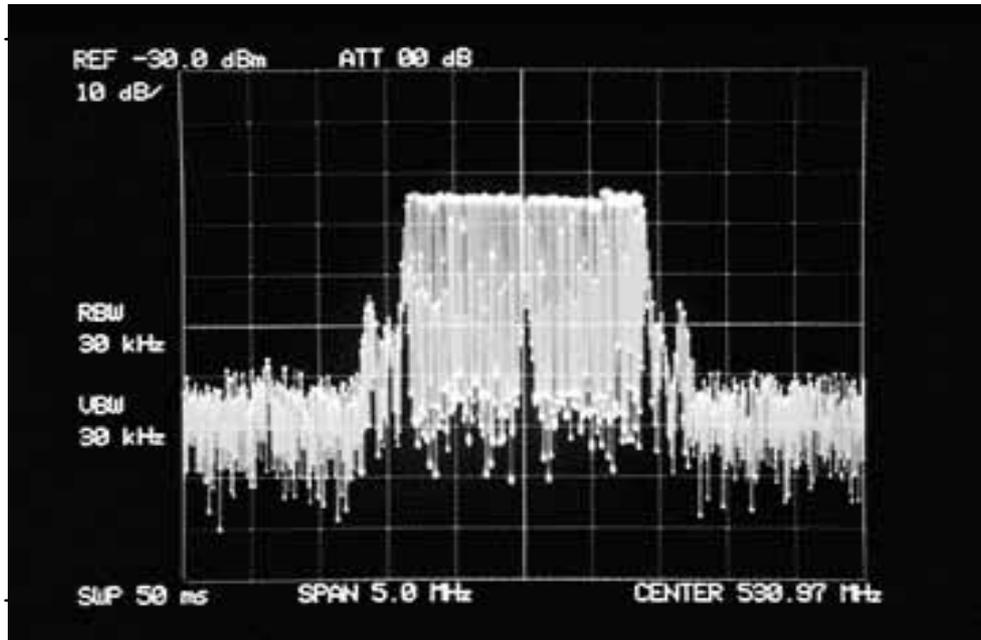
A Tabela fornece a duração do intervalo de guarda, a separação máxima nominal do transmissor e a faixa de frequência para recepção móvel em diferentes modos. A degradação do ruído nas frequências mais altas é igual a aproximadamente 1dB em 100 Km/h sob as mais críticas condições de multipercurso, que não ocorrem frequentemente na prática. A tabela mostra as frequências mais altas, os mais curtos intervalos de guarda disponíveis e o menor atraso do eco máximo não destrutível.

O Modo I é o mais apropriado para uma rede terrestre *Single-Frequency Network* (SFN) na faixa de VHF, porque permite as maiores separações entre os transmissores. Modo II será usado preferencialmente para a escala média SFN em L-band e para aplicações de rádio local que requerem um transmissor terrestre.

O afastamento maior do transmissor pode ser acomodado introduzindo um atraso artificial no transmissor e pelo uso de antenas direcionais. Modo III é o mais apropriado para transmissão terrestre via cabo e via satélite, desde que este possa ser operado em todas as frequências até 3GHz para recepção móvel e tenha maior tolerância ao ruído de fase.

Modo IV também é usado em L-band e permite um maior afastamento entre os transmissores na SFN. Entretanto, é menos resistente à degradação em veículos a altas velocidades.

Espectro de Saída



Espectro de Saída

O grande número de portadoras ortogonais, que podem ser facilmente geradas pelo método da transformada rápida de Fourier (*Fast Fourier Transformation - FFT*), é conhecida popularmente como um *DAB block*. O espectro do sinal é aproximadamente retangular, como o ruído Gaussiano, ocupando uma largura de faixa de 1,536 MHz.

A figura mostra um exemplo do espectro de saída do transmissor após ele ter sido filtrado e amplificado. Na prática, a relação média de pico pode ser limitada a aproximadamente 8 dB pelo processamento digital, embora isto possa ser mais reduzido pela adição de um sinal condicionador quando amplificado de uma maneira não-linear no transmissor.

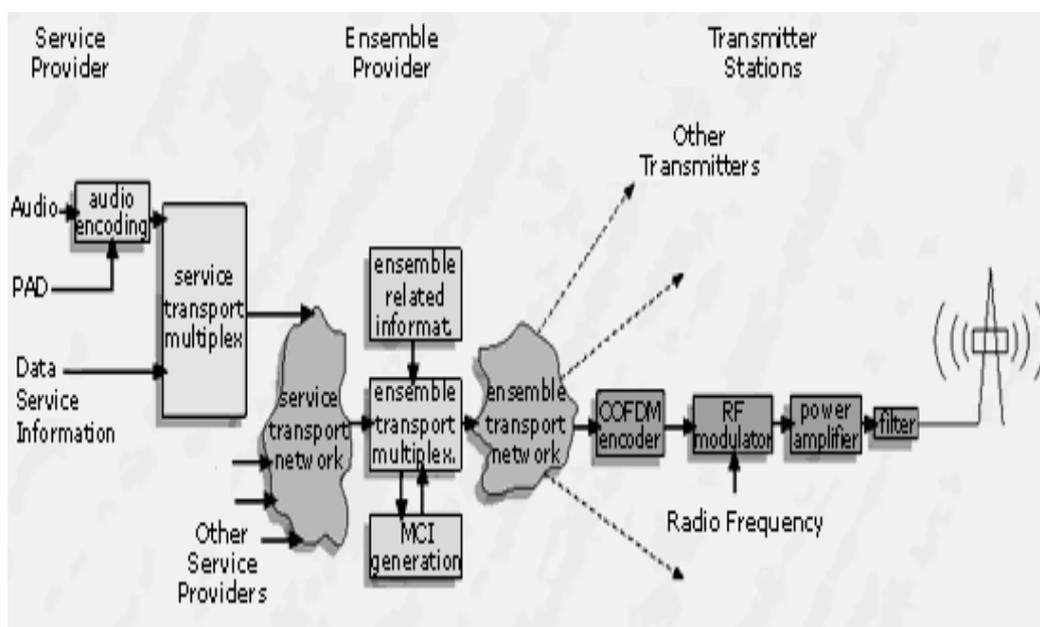
Com a propagação multipercurso, algumas portadoras serão amplificadas por sinais construtivos, enquanto outras sofreram interferências destrutivas (*frequency selective fading*).

Conseqüentemente, o sistema OFDM fornece frequências intercaladas pelo rearranjo dos canais digitais entre as portadoras, de modo que as sucessivas amostras não sejam afetadas pela *selective fade*.

Em receptores estacionários, esta diversidade no domínio da frequência é o principal meio para garantir uma recepção não enfraquecida (*unimpaired reception*); a diversidade no domínio do tempo é devido a intercalação no tempo provendo com isso um auxílio adicional ao receptor móvel.

Conseqüentemente, a propagação multipercurso é uma forma de diversidade do qual o DAB tira vantagem, em contraste com a FM convencional ou sistemas digitais de faixa estreita, onde isto pode destruir completamente um serviço.

Implementação da Rede Terrestre DAB



Implementação da Rede Terrestre DAB

A especificação do sinal DAB dá detalhes completos das características de um sinal que deva ser emitido dos transmissores na forma de um sinal DAB. Na prática, entretanto, pode não ser o melhor método para distribuir o DAB entre os transmissores. Outras formas mais apropriadas para distribuir o sinal têm sido desenvolvidas. A distribuição conceitual da rede DAB é mostrada na figura.

O provedor de Serviços (*Provider Service*) cria e controle os dados que devem se transformar em um serviço DAB. Estes dados são passados ao provedor de sinal (*Provider Ensemble*) através da rede de transporte de serviços (*Service Transport Network*). O provedor de sinal controla a capacidade do sinal completo. Tipicamente, informação sobre serviços será recebida de muitos fornecedores de serviços diferentes. Esta informação será montada num dado que representa o sinal completo do DAB.

A descrição do sinal completo é passado para as estações transmissoras (*Transmitter Stations*) onde o sinal completo DAB é gerado e radiado. A interface entre o provedor de sinal e a rede de transmissão (*Network Transmission*) é conhecida como interface de transporte do sinal completo (*Ensemble Transport Interface*). Permite a distribuição eficiente dos sinais do multiplexador de sinal completo DAB (*Ensemble Multiplex*) aos geradores de COFDM da rede de transmissão, por exemplo, SFN, rede de transporte de serviços (*Service Transport Network*).

Serviços Multimídia e Dados (Multimedia and Data Service)

O DAB não é apenas um sistema de recepção móvel de alta qualidade, e um melhoramento na utilização do espectro, é também um sistema aberto a novos serviços. No futuro, haverá certamente programas de rádio semelhantes aos atuais, mas a estes programas serão adicionados imagens, texto, mapas, que irão melhorar a qualidade de informação. Esta combinação pode ser designada por rádio multimídia.

Podemos tomar como exemplo a informação de trânsito, informação de apoio à viagem, informação empresarial, paging, assistência à navegação e determinação da posição (GPS), ensino à distância, jomais em formato digital, jogos, gravar músicas para ouvir mais tarde e diversos tipos de serviços com imagem em movimento.

Rádiodifusão Multimídia: A rádio multimídia necessita de um protocolo de transmissão para as aplicações multimídia e uma interface digital padrão. A interface disponibiliza dispositivos extras tais como decodificadores para as aplicações multimídia, ou computadores, para estarem ligados a um receptor DAB.

Ambos os meios estão a ser postos em prática e a ser padronizados para encorajar a introdução de serviços multimídia baseado em DAB.

As aplicações multimídia são baseadas normalmente em arquivos que contêm os dados necessários para os serviços (texto, figuras, som e vídeo) em conjunto com informação adicional permitem a classificação e a apresentação dos dados.

Cada item consiste num arquivo mais a informação adicional que é referenciada como um objeto multimídia. A transmissão dos objetos multimídia usa todos os mecanismos de transporte fornecidos pelo sistema DAB e é gerido por um protocolo chamado "Multimedia Object Transfer protocol" (MOT).

A especificação de uma interface de recepção de dados (RDI - Receiver Data Interface) é um passo importante para permitir a ligação de uma forma flexível entre os receptores DAB e terminais de dados.

Este consegue ler todos os multiplex de dados, isto é, todos os canais de áudio e dados são acessíveis por um computador, sistema de navegação automóvel ou outros equipamentos. O RDI permite uma transferência a alta velocidade (superior a 1.8 Mbit/s) numa variedade de serviços de áudio e dados em paralelo.

Controle de Dados (Data Management): Devido ao aumento do número de potenciais fornecedores de dados tais como mídias, turismo, transporte ou administração, foi necessário utilizar uma gestão de dados compreensiva, isto é, o *German Data Service* (DSC) foi configurado para formar uma interface entre o fornecedor de serviços e a rede DAB.

O DSC permite gravar dados em formatos padrões enviados por uma transferência de arquivos, por fax, ou por telefone, para processamento indefeido e introduzir estes dados num servidor central e multiplexar DAB.

Informação de Trânsito e Viagem (Traffic and Travel Information): A informação de trânsito e viagem pode ser transmitida pelo DAB em diversos formatos, incluindo o protocolo TMC (*Traffic Message Channel*) desenvolvido pelo *Radio Data System* (RDS) existente no FM. Prevêem-se os seguintes serviços:

Mensagens de Trânsito (Traffic Message): A informação sobre os problemas do trânsito, sugestões de estradas alternativas, etc, poderá ser transmitida por um dos canais DAB. A informação pode ser apresentada ao condutor por voz sintetizada ou no display, através de textos e mapas.

Sistema de navegação (Traffic Navigation): São transmitidos mapas de estradas com a indicação da posição corrente no sistema de navegação. Passa a ser fácil encontrar uma forma de encontrar um caminho alternativo para veículos em caso de emergência, táxis, etc.

Informação de viagem (Travel Information): Informações sobre hotéis (preço dos quartos, imagens dos quartos), locais de eventos, existência de espaço livre em parques de estacionamento, bombas de abastecimento, localização de supermercados e outras informações obtidas pelo receptor e visualizadas.

Transmissão de texto (Text Transmission): A informação textual é um suplemento de grande importância para um programa áudio e podem mostrar detalhes sobre o compositor da música, informações sobre o programa que está no ar, incluindo o número de telefone, local para enviar mais informação ou até um guia eletrónico do programa. A especificação do DAB oferece dois tipos de transmissão de texto:

Dynamic Label: Tem características similares às do texto rádio conhecido no FM por *Radio Data System* (RDS). Funciona com mensagens curtas para serem mostradas num display simples do receptor com mais de 16 caracteres, usados para mostrar a informação, tais como o nome da estação de rádio ou o tipo de programas. As mensagens do *Dynamic Label* são limitadas a 128 caracteres cada.

Sistema interativo de transmissão de texto (*ITTS - Interactive Text Transmission System*)

O ITTS é o sistema de transmissão de texto mais eficiente, que permite operações sobre menus, mas também pode ser usado para transmitir texto à velocidade que a rádio desejar, poderá por exemplo transmitir a letra da música que está no ar. Pode também processar diversos conjuntos de informação em diversas línguas ou transmitir uma programação ao mesmo tempo em que são dados detalhes sobre os programas que estão a passar. O ITTS suporta variados caracteres de texto até display a cores.

Jornais Digitais (Electronic Newspaper): Uma grande parte dos jornais fornecem informação complementar on-line, acedendo a serviços que integram conteúdos multimídia. O DAB oferece serviços inovadores de envio de mídia em formato eletrônico. Existem outros benefícios dependendo da transmissão:

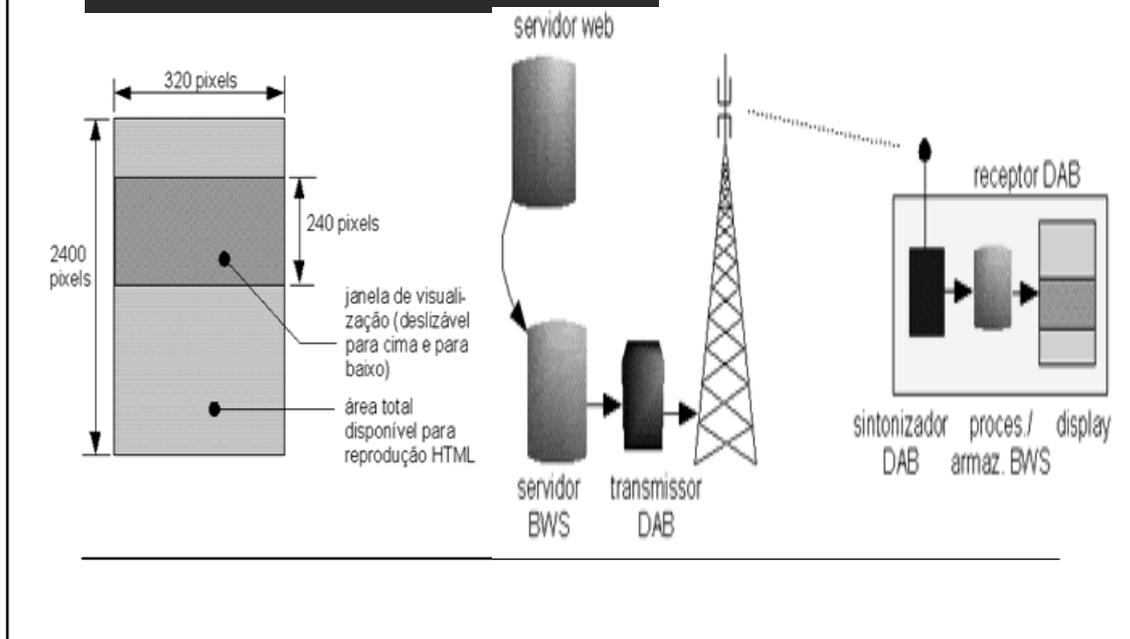
Cobertura de uma grande área geográfica em tempo real;

Entrega imediata: o jornal é disponível logo que o documento seja produzido, em qualquer local, as alterações são possíveis a qualquer momento;

Poderá haver um grande número de leitores. Custos baixo para cada leitor;

Não será necessário o uso de recursos (papel).

Multimídia no DAB Eureka 147



Multimídia no DAB Eureka 147

Na concepção original do DAB Eureka 147, a transmissão de dados é limitada ao transporte de fluxos de dados a taxas relativamente baixas. Por tal motivo, no final da década de 90 foram iniciadas pesquisas visando o suporte às aplicações multimídia. Esse trabalho resultou na concepção do BWS - *Broadcast Web Site*. O BWS consiste na transmissão de pacotes (trechos de páginas HTML e outros objetos) através do DAB. Esses pacotes, ao serem recebidos no receptor, são armazenados e formam então um pequeno site local, possibilitando ao usuário navegar através de *hiperlinks* locais. A figura apresenta esse conceito. Para o canal de retorno, pode-se utilizar as redes de telefonia móvel.

O padrão BWS estabelece, para o caso de receptores portáteis, uma "área de renderização" de 320x2400 pixels. Ou seja, é desejável que as páginas HTML (ou fotos ou qualquer outro objeto) sejam formatados com esse objetivo. O display de exibição padrão é de 320x240 pixels (portanto, com 1/4 de tamanho de uma janela VGA), de modo que o display possa correr para cima e para baixo ao exibir o documento. O receptor deve possuir uma memória de pelo menos 256 kbytes. O "website" a ser transmitido é segmentado em pequenos pacotes, tipicamente de 500 a 1000 bytes cada. Esses pacotes são retransmitidos periodicamente, de forma cíclica (carrossel), de modo que o usuário pode ligar o aparelho (ou sintonizar o canal) em qualquer instante e, após alguns segundos, toda a informação necessária estaria carregada no receptor.

Pesquisadores na Alemanha estão propondo em esquema mais inteligente, em que um jornal completo é transmitido, cíclicamente, pelo DAB. No receptor, um filtro baseado no perfil de preferências do usuário faria com que apenas as notícias relativas ao perfil desejado fossem armazenadas na limitada memória do aparelho, possibilitando uma navegação imediata. Caso o usuário clicasse em algum link fora do perfil especificado, o aparelho carregaria a notícia solicitada assim que ela viesse no carrossel transmitido (o que demoraria alguns segundos).

Histórico



Histórico

Paris, setembro de 1996. Um grupo de emissoras se reúne para discutir, entre outras coisas, as perspectivas de seu futuro. Estão presentes as rádios Voice of America (VOA), a Deutsche Welle, a Radio France Internationale e a Télé Diffusion de France (TDF), além da fabricante Thomcast. Essas emissoras têm um ponto em comum: são emissoras "internacionais", ou seja, transmitem a sua programação, em ondas curtas, com alcance mundial.

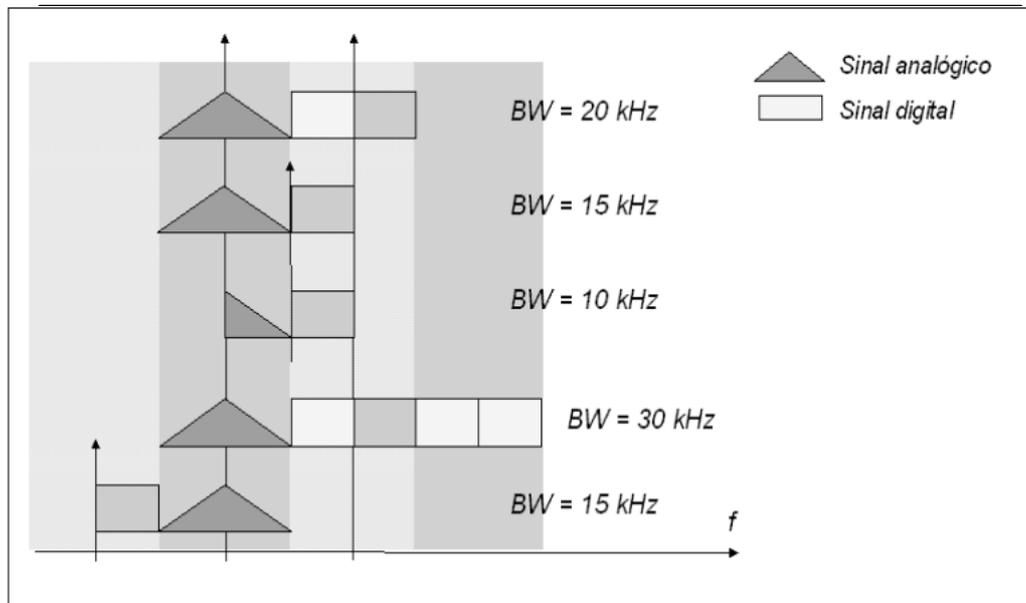
Essas emissoras surgiram entre as duas guerras mundiais (1919-1945) e tiveram, durante muito tempo, um importante papel de levar suas culturas (e suas ideologias) aos quatro cantos do mundo. No Brasil, durante o auge da repressão à imprensa na década de 70 (e portanto antes do surgimento da Internet), essas emissoras eram uma das poucas alternativas para os nossos ouvintes terem uma versão não censurada das notícias. Do ponto de vista técnico, isso era possível porque as ondas curtas (OC - faixa de frequências de 300 kHz a 3 MHz) possuem um alcance muito grande, embora um tanto quanto instável pelos padrões atuais de comunicação. Uma outra faixa de frequências bastante utilizada é as ondas médias (OM, que abrange a faixa de 30 a 300 kHz, embora seja utilizada para a radiodifusão apenas na faixa de 540 a 1600 kHz), possuindo um alcance bem menor - geralmente, de algumas dezenas de quilômetros no caso de ondas de propagação direta, e de algumas centenas no caso de ondas troposféricas, que se refletem na atmosfera.

Uma preocupação que as une é que elas empregam uma técnica de transmissão que remonta ao início do século XX. E se questionam se as novas técnicas digitais não poderiam tomar suas transmissões mais eficientes, agregando novas funcionalidades, para fazer face ao avanço da Internet e de outras mídias que estão ameaçando a "velha rádio OM/OC" cair no desuso.

Um novo encontro é marcado para dali a dois meses. Esse último acaba contando com um maior número de participantes, e são definidos alguns rumos essenciais: o grupo investiria na criação de um sistema de rádio digital para as faixas de ondas médias e curtas, e o nome adotado foi o DRM - Digital Radio Mondiale.

A partir daí, começam a ocorrer uma série de reuniões técnicas: Las Vegas (Estados Unidos, 1997), Berlim (Alemanha, 1997), Guangzhou (China, 1998), Amsterdam (Holanda, 1998). Em 2001, é publicada a primeira especificação do sistema². Essa especificação foi ratificada pela UIT no ano seguinte (2002). Em 2003, a Deutsche Welle, a Radio Netherlands, a Radio France Internationale e a Radio Sweden iniciam suas transmissões experimentais

A Versão Inicial do Sistema In Band Simulcasting



A Versão Inicial do Sistema In Band Simulcasting

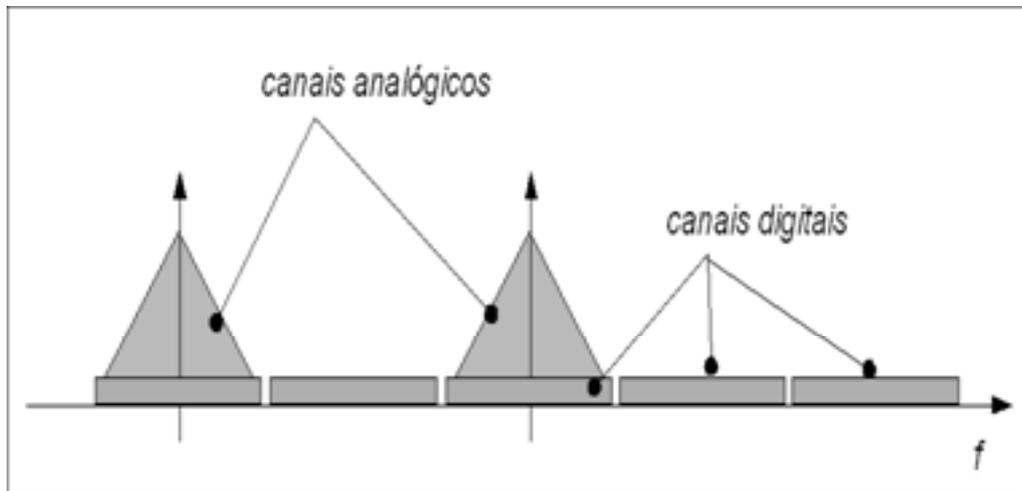
Na versão inicial do sistema DRM, e especificada na norma ETSI TS 101 980 (ETSI 2001:147), o sinal digital é transmitido em uma das bandas laterais do sinal analógico, seja a banda inferior, seja a superior, conforme indicado na figura.

Conforme indicado na figura, existem diversas combinações possíveis. O sinal analógico (indicado como um triângulo verde) pode ser do tipo DSB (double side band), ocupando 9 ou 10 kHz, que é o caso típico das emissoras de ondas médias e da maioria das de ondas curtas; ou pode ser um sinal do tipo SSB (single side band), ocupando 4,5 ou 5 kHz. O sinal digital, que pode ser alocado tanto acima quanto abaixo do sinal analógico, pode ocupar meio canal (4,5 - 5 kHz), um canal inteiro (9 ou 10 kHz) ou dois canais (18 ou 20 kHz).

A parte digital é modulada em COFDM, com as mini-portadoras podendo ser moduladas em 4, 16 ou 64-QAM. Com isso, obtém-se uma capacidade de transporte de 16 a 40 kbit/s.

A codificação empregada no DRM é o MPEG-4: AAC-SBR (Advanced Audio Coding, Spectral Band Replication).

A Segunda Versão Single Channel Simulcasting (SCS)



A Segunda Versão Single Channel Simulcasting (SCS)

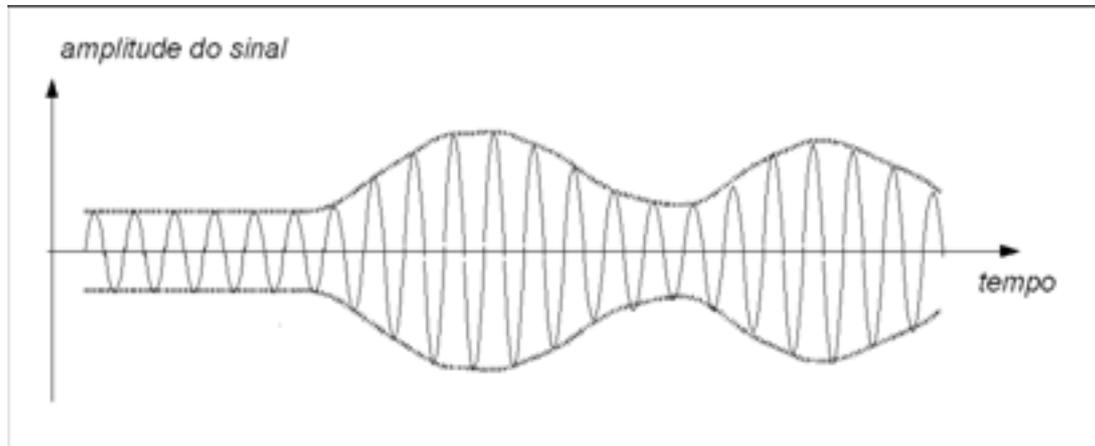
A versão inicial do DRM aplica-se sem maiores problemas para o caso das emissoras de ondas curtas. Entretanto, no caso das ondas médias, é comum haver um congestionamento do espectro, de modo que os canais adjacentes em geral não estão livres. Ou melhor, eles servem de banda de guarda entre emissoras analógicas adjacentes. Assim, ao se colocar um sinal digital nesse canais, corre-se o sério risco de promover interferências em outras emissoras geográficas e espectralmente próximas.

A solução encontrada foi batizada de Single Channel Simulcasting (SCS), em contraposição ao Multichannel Simulcasting (MCS) do modelo anterior, em que o simulcasting era realizado ocupando-se vários canais. No Single Channel Simulcasting, toda a parte digital do sinal é transmitido estritamente dentro da faixa de 10 kHz da própria emissora, de modo a não provocar interferências em eventuais estações adjacentes. Uma grande vantagem dessa solução, além do fato da introdução do serviço digital não degradar o serviço analógico (não perturbando as emissoras vizinhas), é que ela possibilita uma maior ocupação do espectro, dobrando o número de emissoras possíveis na modalidade digital.

Conforme indicado na figura, o sinal digital é transmitido dentro do próprio canal (10 kHz) da emissora analógica, com uma potência mais baixa. E os canais de guarda do sistema analógico poderiam vir a ser ocupados com sinais puramente digitais, de novas emissoras.

Entretanto, embora seja conceitualmente simples, do ponto de vista tecnológico, não é fácil obter esse resultado. Qualquer sinal digital que seja colocado dentro da mesma faixa do espectro ocupado pelo sinal analógico, tende a degradar o mesmo, devido às interferências provocadas. A solução encontrada foi bastante engenhosa, conforme veremos a seguir. Mas para que você possa compreender isso, talvez seja melhor fazermos uma breve recapitulação de como funciona um sistema AM.

Sistema AM

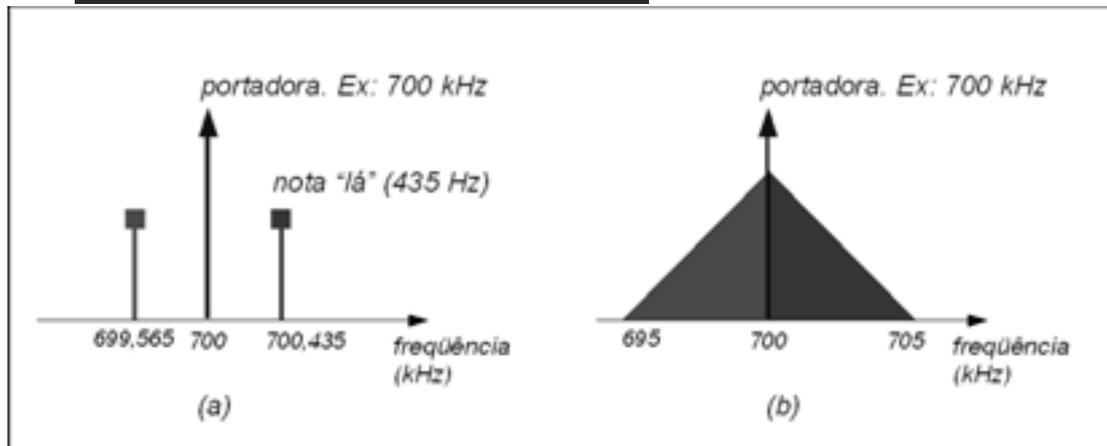


Sinal AM visto no tempo

Sistema AM

As rádios em ondas médias (OM) e curtas (OC) em geral empregam a modulação em amplitude (AM - amplitude modulation). Na modulação AM, um sinal de rádio-freqüência (RF, denominado "portadora") tem a sua amplitude variada, conforme a amplitude do sinal de áudio. A figura procura mostrar como seria isso. Na parte esquerda da figura tem-se o sinal de RF puro, sem modulação. Nesse caso, a amplitude do sinal é constante ao longo do tempo, ou seja, as "subidas e descidas" do sinal de rádio (a linha azul) têm todas elas a mesma intensidade. Quando esse sinal de RF é "modulado", a amplitude dele passa a variar em função das "subidas e descidas" do sinal de áudio (que são muito mais lentas). Assim, as "subidas e descidas" do sinal de RF passam a ser mais intensas ou menos intensas - como numa montanha russa - conforme o sinal de áudio (denotado pela linha pontilhada em vermelho) estiver naquele instante. Esse sinal de RF é então amplificado e irradiado - ou seja, "jogado no ar" - pela emissora. Na outra ponta da cidade, o teu receptor estará tentando captar esses sinais. O receptor não enxerga a "linha vermelha" (o sinal de áudio), porém enxerga as variações de intensidade do sinal de RF (as linhas azuis), e a partir dessa informação consegue recuperar o sinal original de áudio que se queria transmitir. A linha vermelha da figura é tecnicamente conhecida como "envoltória" ou "envelope" do sinal modulado em amplitude (AM).

Sinal AM (cont)



Sinal AM visto no espectro de freqüências. (a) Sinal de RF modulado com um tom monofônico (nota "dó"); (b) sinal de RF modulado com um sinal de áudio complexo com 5 kHz de banda passante.

Sinal AM (cont)

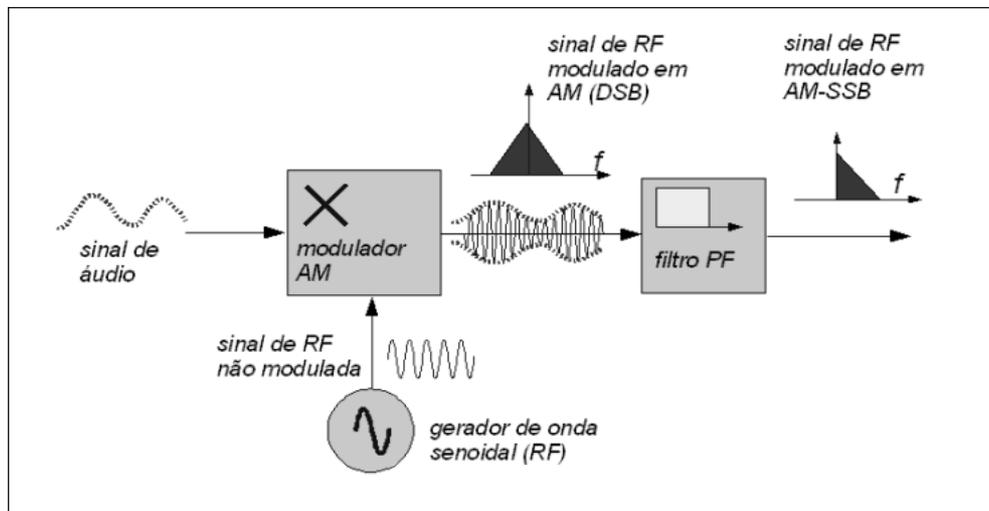
Quando o sinal AM é visto no espectro de freqüências, verifica-se um fenômeno curioso, conforme indicado na figura. Inicialmente, o sinal de RF, ou seja, a "portadora", aparece como um traço no espectro. No exemplo a, a portadora é de 700 kHz, e tem-se um traço no espectro de freqüências, nessa posição. Agora, se esse mesmo sinal for modulado por um sinal de áudio, começam a surgir raias em volta dele. Digamos que a nossa portadora foi modulada com uma nota "lá" (que é um tom de 435 Hz). Na figura, que mostra o sinal ao longo do tempo, você "veria" a linha azul subindo e descendo 700 mil vezes no intervalo de um segundo (700 kHz), enquanto que a linha vermelha (que representaria a nossa nota "lá") subiria e desceria 435 vezes nesse mesmo intervalo (435 Hz).

No espectro de freqüências, indicado na figura a, esse fenômeno corresponde a uma raia da portadora (denotada em azul) na posição de 700 kHz, e uma segunda raia (denotada em vermelho) em 770,435 kHz (= 770.000 + 435 Hz). Mas além disso, aparece uma "raia fantasma", na posição 699.565 kHz (= 700.000 - 435 Hz). Esse "espelhamento" do sinal é um pouco complexo para eu explicar em poucas palavras, por isso por ora peço apenas que acredite e aceite essa informação.

Na figura b, está ilustrada uma situação um pouco mais complexa - e real. O espectro de áudio - vozes, música - na verdade é uma complexa composição de tons de várias freqüências. Assim, o mais provável é que, se a gente prestar atenção nele por alguns instantes, ouviremos uma gama muito grande de freqüências de áudio - ou seja, algo variando entre 20 Hz e 5 kHz.

É como se você ficasse numa rua movimentada, por alguns instantes, olhando a altura das pessoas que passam: Embora exista um certo limite, você verá pessoas altas e baixas, aleatoriamente. Mas o mais notável, na figura b, é que o "espectro de áudio" (20 Hz a 5 kHz) aparece, de forma refletida, também na parte do espectro abaixo da portadora (denotado na figura b em lilás), exatamente da mesma forma que ocorreu no caso da nota "lá" da figura a. Esse sinal AM é conhecido também como AM-DSB (Double Side Band), porque o sinal modulante ocupa as duas bandas laterais da portadora.

Obtenção do Sinal em SSB



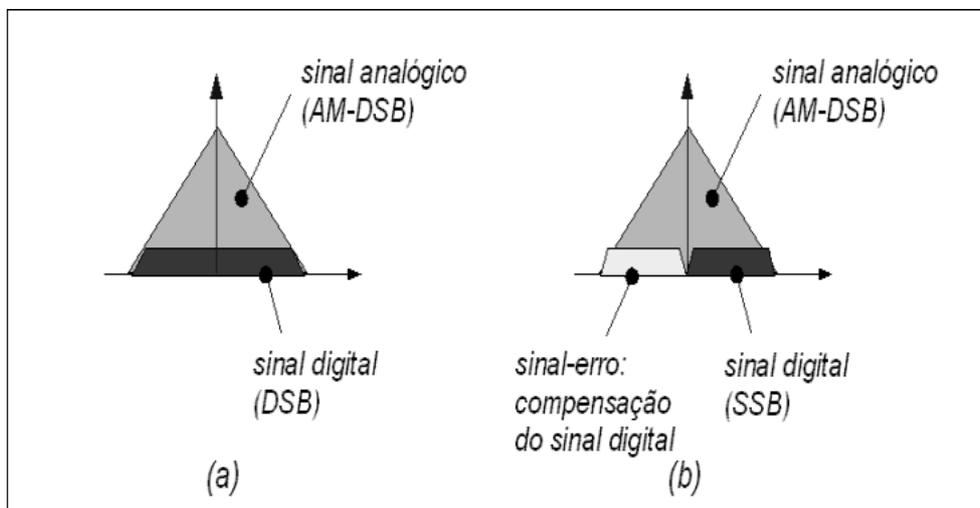
Obtenção do Sinal em SSB

Na figura, tem-se uma versão um pouco mais sofisticada. Como as duas bandas laterais do sinal DSB transportam a mesma informação, teoricamente, uma delas poderia ser suprimida. Isso é feito na técnica denominada AM-SSB (Single Side Band). A figura mostra como o sinal SSB pode ser obtido. Inicialmente, um sinal senoidal puro na faixa de rádio-freqüência (por exemplo, de 700 kHz) passa por um circuito modulador de amplitude (AM). Esse circuito vai variar a amplitude do sinal de RF de forma proporcional ao sinal de áudio que estiver recebendo em sua entrada. A saída do modulador AM é um sinal do tipo DSB, conforme comentamos nas figuras anteriores. Esse sinal DSB passa então por um filtro que vai deixar passar apenas uma parte das freqüências (filtro passa-faixa). Esse filtro vai deixar passar a portadora e a banda lateral superior, mas vai bloquear a banda lateral inferior. E assim se obtém um sinal SSB, que no caso ocupa apenas a banda lateral superior da portadora.

Apesar do sinal SSB ser mais econômico em termos de banda (espectro) que o AM-DSB, ele tem um problema: o circuito receptor de um sinal AM-DSB é relativamente simples, enquanto o receptor de um sinal SSB é relativamente complexo (e portanto caro). Por tal motivo, o AM-DSB, a despeito de sua menor eficiência espectral, tem sido a solução empregada em larga escala nos sistemas convencionais de rádio AM.

Feita essa explicação preliminar, acredito que estejamos em condições de compreender o funcionamento do DRM SCS.

DRM SCS



DRM SCS

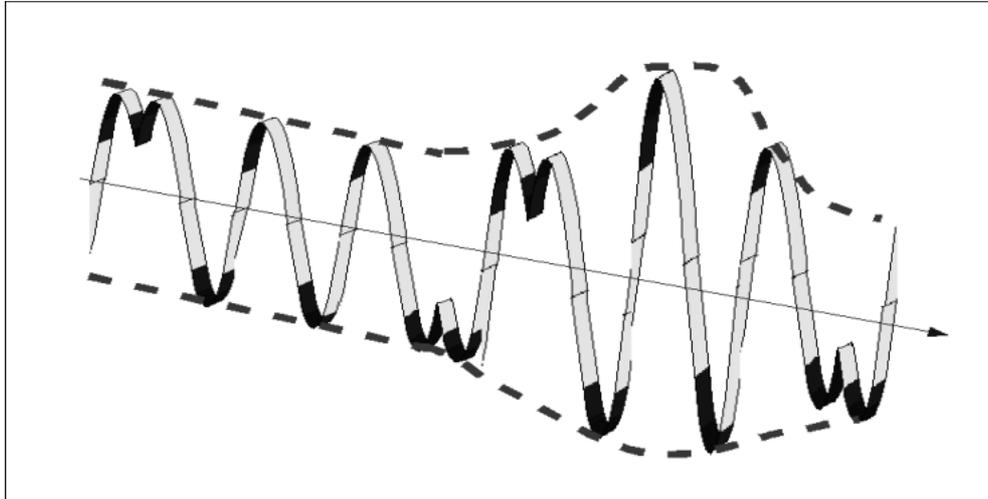
A solução encontrada pelos engenheiros para a transmissão do sinal digital ocupando apenas o canal atual está delineada na figura.

Ao se colocar o sinal digital na mesma janela de frequências do sinal analógico, tem-se um resultado como o delineado na figura a, onde a parte analógica está representada pelo triângulo verde e a parte digital, geralmente de menor potência, representada pelo trapézio vermelho.

Ocorre que o receptor AM, ao receber e demodular esse tipo de sinal, não saberá distinguir o que é informação analógica e o que é digital: para ele é tudo a mesma coisa, pois ele só "enxerga" a variação de potência da emissora distante localizada alhures. O sinal digital, então, passa a ser ouvido como um barulho de fundo (chiado de "chuva", conhecido como ruído branco).

A técnica concebida pelos engenheiros do DRM consiste em transmitir, não as duas bandas laterais do sinal modulante digital, mas apenas uma delas - ou seja, o sinal digital é transmitido em modo SSB, conforme indicado na figura b. E na banda lateral inferior, é transmitido um sinal de erro, cuja finalidade é a de compensar o ruído introduzido pelo sinal digital SSB. Esse sinal é calculado matematicamente a partir do próprio sinal digital. Um receptor convencional AM (DSB), ao receber essa mistura de sinais, automaticamente soma todas elas ao realizar a detecção do envelope. Como o sinal de compensação é calculado para anular o sinal digital numa operação de soma, o receptor convencional (AM-DSB) passa a enxergar somente a porção analógica (triângulo verde) desse conjunto. Já o receptor DRM é projetado para identificar o sinal digital SSB e ignorar o sinal de compensação.

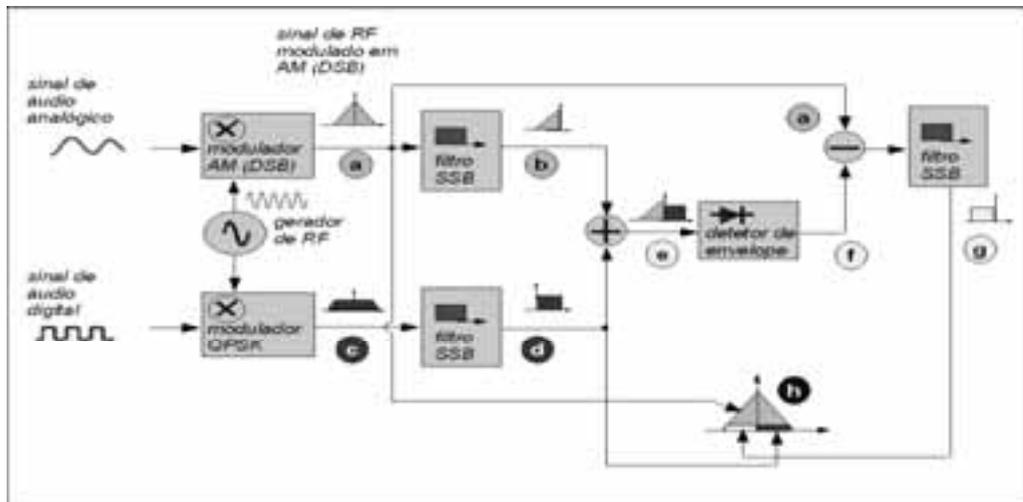
Modulação digital da portadora em fase (PSK)



Modulação digital da portadora em fase (PSK)

A informação digital é transmitida modulando-se (ou seja, variando-se) a fase da onda portadora, conforme indicado na figura 7. Na parte esquerda da figura 7 está representada uma onda senoidal modulada apenas em fase, com a amplitude constante; e na parte direita, a composição dos dois efeitos, modulando-se tanto a fase quanto a amplitude. Comparando-se essa figura com a figura 3, observa-se que quando há uma modulação da fase, ocorrem "mudanças abruptas" no sobe e desce da onda senoidal, que acabam resultando em pequenos sons de "click" sobrepostos ao áudio. Esses sons são em geral imperceptíveis, porque a amplitude deles é pequeno, quando comparado ao áudio (envelope).

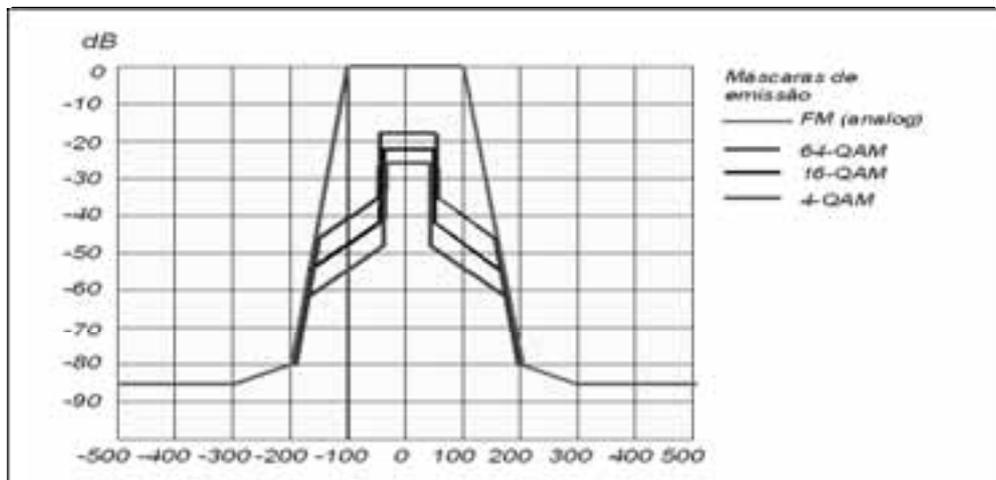
Geração do Sinal DRM-SCS



Geração do Sinal DRM-SCS

Finalmente, na figura 8, tem-se a solução encontrada pelos engenheiros do DRM para o simulcasting intra-canal (SCS). O sinal analógico é modulado em amplitude (AM), obtendo-se o clássico sinal DSB, indicado no ponto "a". O sinal digital é modulado em fase, obtendo-se inicialmente um sinal QPSK, que ocupa as duas bandas laterais da portadora, conforme indicado no ponto "c". Tanto o sinal analógico quanto o digital passam por filtros SSB, de modo a se ter, no ponto "d", a banda lateral superior do sinal QPSK e no ponto "b", a banda lateral inferior do sinal AM-DSB. Essas duas metades são somadas, de modo que no ponto "e" tem-se um sinal modulado contendo uma composição dos dois sinais originais, ou seja, o áudio analógico corrompido pelo digital. Procede-se então à detecção de envelope desse sinal, e o sinal resultante ("f") é subtraído do sinal AM original, obtendo-se dessa forma o sinal-erro. Com uma última filtragem SSB, aproveita-se apenas a metade inferior do sinal-erro ("g"). A soma das componentes "a" (sinal AM-DSB do analógico), "d" (metade superior do sinal QPSK) e "g" (metade inferior do sinal-erro) resulta no sinal composto "h", que é o sinal DRM-SCS, pronto para ser transmitido.

Futuro: O DRMplus



Modulação	4-QAM	16-QAM	64-QAM
Taxa bruta (kbit/s)	187	352	475

Futuro: O DRM plus

Em paralelo ao desenvolvimento de uma solução intra-canal para as ondas médias, surgiu o interesse de que o DRM provesse também uma solução para as rádios na faixa de FM. Essa solução, denominada DRMplus, foi especificada em 2005, e encontra-se em desenvolvimento. A proposta é a de se empregar a modulação COFDM, com as mini-portadoras moduladas em 4, 16 ou 64-QAM (Bernhardt, 2005). O sinal digital deverá ocupar uma largura de 100 kHz (± 50 kHz em torno da portadora analógica, conforme indicado na figura)

A capacidade de transporte do DRMplus depende dos parâmetros de modulação empregada (constelação QAM, FEC). A tabela indica os valores esperados de taxas brutas (sem o FEC):

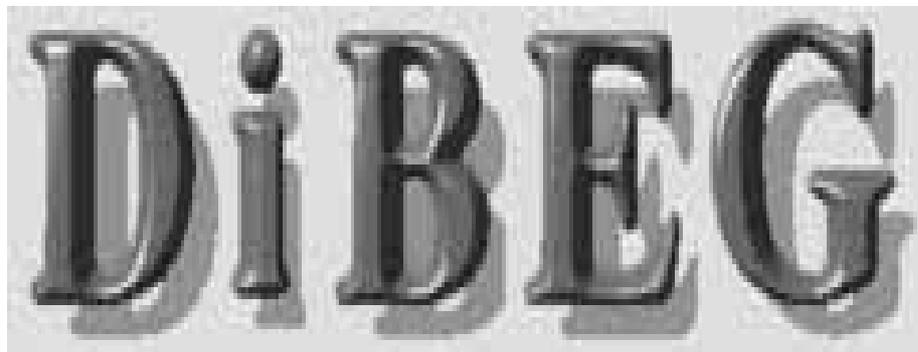
Rádios DRM no Mundo

UTC	Days	kHz	Beam	Target	Power	Programme	Language
0000-0059	daily	1431	ND	Canberra	0.05	MCS	English
0000-0300	daily	177	ND	Germany	150	DLR Kultur	German
0000-2400	daily	1386	ND	AUS-NSW	3	ABC	English
0000-2400	daily	1008	ND	Prov. Hunan	4	Economic Ch.	Chinese
0000-2400	daily	243	ND	Denmark	0.2	Test	Danish
0000-2400	daily	999	ND	Paris	8	DRM test	French
0000-2400	daily	25775	ND	Rennes	0.1	TDF Radio	French
0000-2400	daily	59500	ND	Rennes	0.15	TDF	French
0000-2400	daily	729	ND	NE Germany	1	DKultur	German
0000-2400	daily	855	ND	Berlin	10	DLF	German
0000-2400	daily	909	ND	Nuernberg	0.1	biteXpress	German
0000-2400	daily	1485	ND	Berlin	1	Oldiestar Radio	German
0000-2400	daily	1593	ND	W Germany	10	WDR 2 Klassik	German
0000-2400	daily	15896	ND	Erlangen	0.1	biteXpress	German
0000-2400	temp.	26000	ND	Neumarkt	0.1	Campus Radio	German
0000-2400	daily	25695	-	London	0.1	DW, Premier Radio	English
0000-2400	daily	693	ND	Italy	30	RAI tests	Italian
0000-2400	daily	846	ND	Italy	25	RAI	Italian
0000-2400	daily	26010	ND	Italy	0.1	Radio Maria	Italian
0000-2400	daily	25740	ND	Rwanda	0.08	Radio Rwanda	various
0000-2400	daily	26060	ND	Roma	0.2	Raiway Roma	Italian
0200-0258	daily	15785	45	East Asia	90	DW	English
0200-0259	daily	1548	35	S Asia	100	DW	English
0200-0400	daily	15735	213	Asia	90	VoR	Russian
0400-0600	daily	15735	213	Asia	90	VoR	English
0400-2200	daily	6085	ND	Europe	10	BR-B5akt	German
0459-0658	daily	11675	0	Pacific	25	RNZI	English
0500-0559	daily	3995	40	Europe	90	BBC_DW	English
0500-0700	daily	1296	96	Europe	35	BBC_DW	English
0500-0759	02/22-02/26	12055	345	India	90	BBC_DW	English
0600-0700	daily	3995	121	Europe	100	BBC_DW	English
0600-1200	Fri-Sun	11900	306	Europe	20	BNR digital	Bulgarian
0600-1800	daily	6095	60	Europe	50	RTL Radio	German
0659-1058	daily	9870	0	Pacific	25	RNZI	English
0700-0800	daily	6130	45	Europe	90	BBC_DW	English
0700-0800	daily	11635	240	Europe	35	VoR	English
0700-0800	daily	3995	120	Europe	100	BBC_DW	English
0700-0900	daily	9780	50	Europe	100	REE	Spanish
0700-1300	Fri-Sun	11900	306	Europe	20	BNR digital	Bulgarian
0700-1500	daily	594	ND	Europe	10	Glas Hrvatske	various
0700-1610	Mon-Sat	1611	ND	Europe	25	Vatican Radio	various
0700-1700	daily	1440	45	Europe	240	RTL Radio	German
0800-0858	daily	12005	345	India	90	DW	English
0800-0900	Mon	6015	60	Europe	150	TDFradio	Dance Music
0800-0900	daily	11635	240	Europe	35	VoR	Russian
0800-1000	daily	9610	45	Europe	90	BBC_DW	English
0800-1200	Tue/Thu	9925	167	S Europe	100	RTBF	French
0803-1400	daily	13810	30	Europe	90	BBC_DW	English
0830-1159	feb/25	17570	80	India	150	TDF	various
0830-1200	02/23-02/25	17590	-	India	40	CVC	Hindi
0900-1000	Tue	6015	60	Europe	150	TDFradio	Dance Music
0900-1000	daily	13760	240	Europe	35	VoR	English
0900-1200	test	6100	ND	India	50	AIR	various
0900-1500	daily	1575	ND	NE Germany	20	OldieStar Radio	German
0915-1610	Sun	1611	ND	Europe	25	Vatican Radio	various
0930-1100	Sat/Sun	9815	52	Europe	80	RDP Int.	Portuguese
1000-1100	Wed	6015	60	Europe	150	TDFradio	Dance Music
1000-1300	Mon-Thu	11900	306	Europe	20	BNR digital	Bulgarian
1000-1300	daily	7325	220	Europe	14	VoR	German
1000-1300	daily	13760	240	Europe	35	VoR	German
1000-1400	daily	9545	114	Europe	100	BBC_DW	English
1000-1400	daily	9545	114	Europe	100	BBC_DW	English
1059-1158	daily	9870	325	Pacific	25	RNZI	English
1100-1130	Sat/Sun	15280	35/225	Europe	4	HCJB	Spanish
1100-1130	Fri	9760	102	Europe	60	NHK	English

Rádios DRM no Mundo

1100-	daily	###	80	SW Pacific	8	Radio Australia	English
1100-	Mon-Fri	###	35/225	Europe	4	HCJB	Spanish
1100-	Thu	6015	60	Europe	150	TDPradio	Dance
1130-	Fri	9760	102	Europe	60	NHK	Russian
1130-	Sat/Sun	###	35/225	Europe	4	HCJB	German
1200-	Mon-Fri	###	35/225	Europe	4	HCJB	German
1200-	Fri	6015	60	Europe	150	TDPradio	Dance
1200-	fev/25	###	80	India	150	TDF	various
1200-	daily	5995	10	Papua New	8	Radio Australia	English
1300-	Fri/Sat	9850	102	Europe	60	Radio Prague	German
1300-	Sat	6015	60	Europe	150	TDPradio	Dance
1300-	daily	###	240	Europe	35	VoR	Russian
1330-	Fri/Sat	9850	102	Europe	60	Radio Prague	English
1400-	Sat	9750	102	Europe	60	RNZI	English
1400-	Sun	6015	60	Europe	150	TDPradio	Dance
1400-	daily	9545	114	Europe	100	BBC_DW	English
1400-	daily	5905	260	Europe	35	VoR	Russian
1400-	daily	###	30	Europe	90	BBC_DW	English
1400-	Mon-Thu	9400	306	Europe	20	BNR digital	Bulgarian
1430-	Fri	9750	102	Europe	60	KBS World	English
1500-	daily	6060	350	Europe	125	Vatican Radio	German
1500-	Mon-Sat	5955	210	SW Europe	40	RNW	Dutch
1500-	daily	6015	60	Europe	150	TDPradio	Dance
1500-	daily	5905	260	Europe	35	VoR	English
1500-	daily	9675	260	Europe	35	VoR	English
1500-	daily	###	110	Brazil	4	HCJB	Portuguese
1500-	daily	5790	172	Europe	100	BBC_DW	English
1505-	Sat/Sun	9800	268	NE USA	70	RCI	Russian
1505-	Mon-Fri	9800	268	NE USA	70	RCI	Russian
1515-	daily	6060	350	Europe	125	Vatican Radio	Polish
1535-	Sat/Sun	9800	268	NE USA	70	RCI	Ukrainian
1551-	daily	7145	35	Pacific	25	RNZI	English
1600-	daily	9675	260	Europe	35	VoR	German
1600-	daily	3995	121	Europe	100	BBC_DW	English
1605-	daily	9800	268	NE USA	70	RCI	English
1651-	daily	9890	35	Pacific	25	RNZI	English
1700-	daily	5875	160	Europe	35	RRI	German
1700-	daily	1296	96	Europe	35	BBC_DW	English
1700-	daily	9675	260	Europe	35	VoR	French
1745-	test	9950	312	Europe	50	AIR	various
1800-	daily	5895	220	UK	35	RRI	English
1800-	daily	6015	300	NW Europe	40	Polskie Radio	English
1800-	daily	###	45	Brazil	15	CVC	Portuguese
1800-	daily	1296	96	Europe	35	BBC_DW	English
1800-	daily	3995	121	Europe	100	BBC_DW	English
1805-	Mon-Fri	9800	268	NE USA	70	RCI	French
1900-	daily	3965	65	France	1	RFI	French
1936-	daily	###	0	Pacific	25	RNZI	English
1951-	daily	###	0	Pacific	25	RNZI	English
2000-	daily	6105	220	Europe	14	VoR	French
2030-	daily	3975	ND	Europe	40	Polskie Radio	German
2045-	daily	9800	268	NE USA	70	Vatican Radio	English
2051-	daily	###	0	Pacific	25	RNZI	English
2100-	daily	3995	121	Europe	100	BBC_DW	English
2100-	daily	1296	96	Europe	35	BBC_DW	English
2120-	daily	1611	ND	Europe	25	Vatican Radio	various
2200-	daily	###	350	NE USA	120	MOI Kuwait	Arabic
2200-	daily	3965	65	France	1	RFI	French
2200-	daily	9800	268	NE USA	70	RCI	English
2200-	daily	3995	40	Europe	90	BBC_DW	English
2200-	daily	6105	220	Europe	14	VoR	Russian
2236-	daily	###	0	Pacific	25	RNZI	English
2300-	daily	1575	ND	Europe	100	OldieStar Radio	German
2300-	varies	252	ND	Ireland	100	RTE	English
2300-	daily	7370	300	N America	125	Vatican Radio	English
2300-	daily	9790	227	NE USA	70	TDPradio	Dance

Introdução



Digital Broadcasting Experts Group

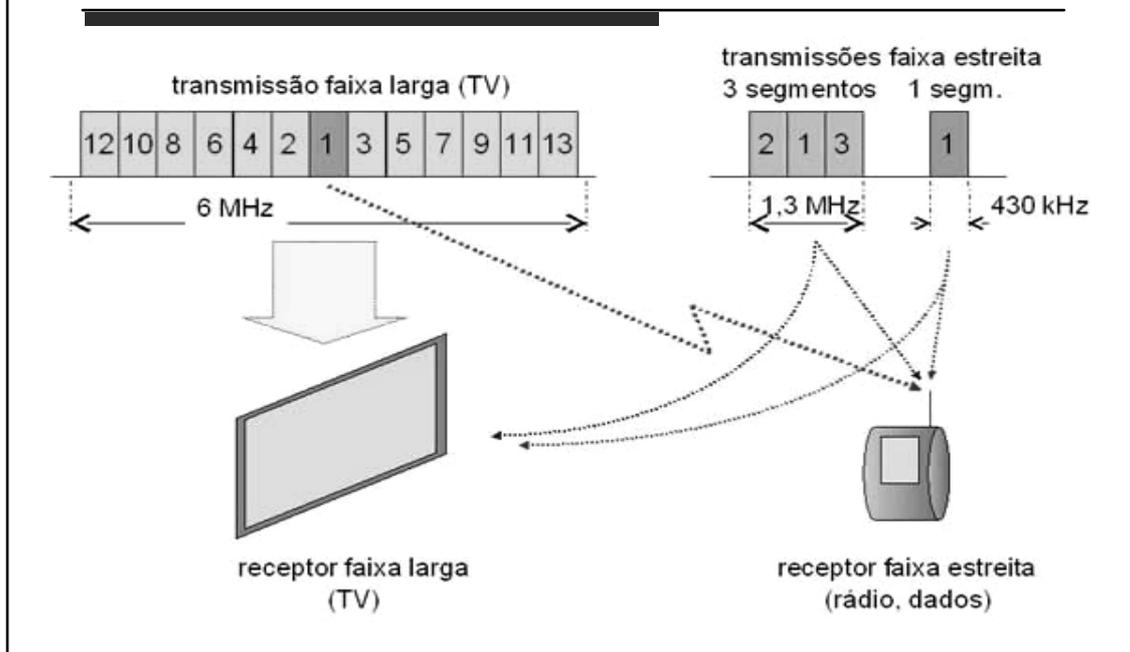
Introdução

Os sistemas de rádio digital visam, essencialmente, a transmissão de áudio com uma melhor qualidade (som de CD), incluindo, adicionalmente, novos recursos, tais como a transmissão de textos, imagens, gráficos e até mesmo vídeos de baixa resolução. Como todas as informações estão em formato digital e como o receptor possui capacidade de processamento de dados, as funcionalidades possíveis são limitadas, em tese, apenas pela imaginação.

Analisando-se os sistemas de rádio digital, verifica-se que elas se dividem em duas grandes vertentes. Na primeira, o rádio digital é visto como uma *evolução* das atuais rádios. Como decorrência dessa visão, o sistema é todo concebido para apresentar uma *"transição suave"* entre o analógico e o digital. Exemplo desse enfoque é o IBOC norte-americano. Em outra vertente, o rádio digital é concebido como um *novo serviço* - não uma mera evolução, mas algo *diferente, complementar*, como foi o caso da introdução do FM num mundo dominado pelas rádios AM, na década de 70. Exemplo desse enfoque é o DAB europeu (Eureka 147).

O sistema japonês de rádio digital adota a segunda abordagem: ele é visto como um serviço complementar ao atual serviço de rádio analógico AM/FM. Mais que isso, trata-se de um sistema desenhado em conjunto com a TV Digital, de modo a aproveitar as sinergias de sistema (se visto sob um prisma mais restrito) e criar um novo universo de comunicação (se visto sob um ângulo mais abrangente).

A Tecnologia



A Tecnologia

O sistema japonês de rádio digital é conhecido como ISDB-Tsb (*Integrated Services Digital Broadcasting, Terrestrial, Segmented Band*). A sua concepção tecnológica faz parte do sistema ISDB, o sistema de televisão digital do Japão. No caso da TV Digital, o ISDB-T é derivado do sistema europeu (DVB-T), utilizando modulação COFDM. Isso significa que o trem de bits a ser transmitido é por meio de milhares de pequenas portadoras - 1.400 no modo 2k, 2.800 no modo 4k e 5.600 no modo 8k. No entanto, ao contrário do DVB-T, no ISDB-T essas mini-portadoras são agrupadas em 13 grupos, chamados **segmentos**. Uma das vantagens dessa estratégia é que pode-se adotar diferentes parâmetros de transmissão em segmentos diferentes - por exemplo, em um segmento as mini-portadoras podem estar moduladas em 64-QAM, enquanto no segmento adjacente a modulação poderia ser QPSK. No caso da TV Digital, e mais especificamente no caso de se ter HDTV (TV de alta definição), todos os 13 segmentos seriam utilizados para transportar o trem de bits necessário ao programa (cerca de 19 Mbit/s).

O sistema de rádio digital, dentro do ISDB, era conhecido como N-ISDB (*Narrowband ISDB*). Como indicava o nome, ele não seria exatamente um sistema de rádio (no sentido de ser algo inerentemente ligado à transmissão de áudio), mas sim um sistema multimídia, apenas com a diferença de estar operando com uma banda mais estreita que a televisão. E que largura de banda seria essa? As opções são de se usar **um** ou **três** segmentos - o que corresponde a uma taxa líquida de transmissão da ordem de 200 a 300 kbit/s (no caso de 1 segmento) e 1 Mbit/s (no caso de 3 segmentos).

Ora, como o sinal ISDB-Tsb (o novo nome do N-ISDB) é uma fração do ISDB-T "pleno", o sistema pode ser desenhado para que ambos "modos" sejam compatíveis. Isso significa que se uma estação de televisão transmitir o seu áudio em um segmento específico, um receptor ISDB de faixa larga reproduziria a informação de televisão (áudio + vídeo), enquanto que um receptor ISDB de faixa estreita reproduziria o áudio somente. Da mesma forma, uma estação ISDB de faixa estreita que transmita programas de rádio poderia ser diretamente captada, seja por um receptor de rádio, seja por um receptor de televisão, conforme indicado na figura.

Diagrama em blocos simplificado do ISDB-Tsb (transmissão).

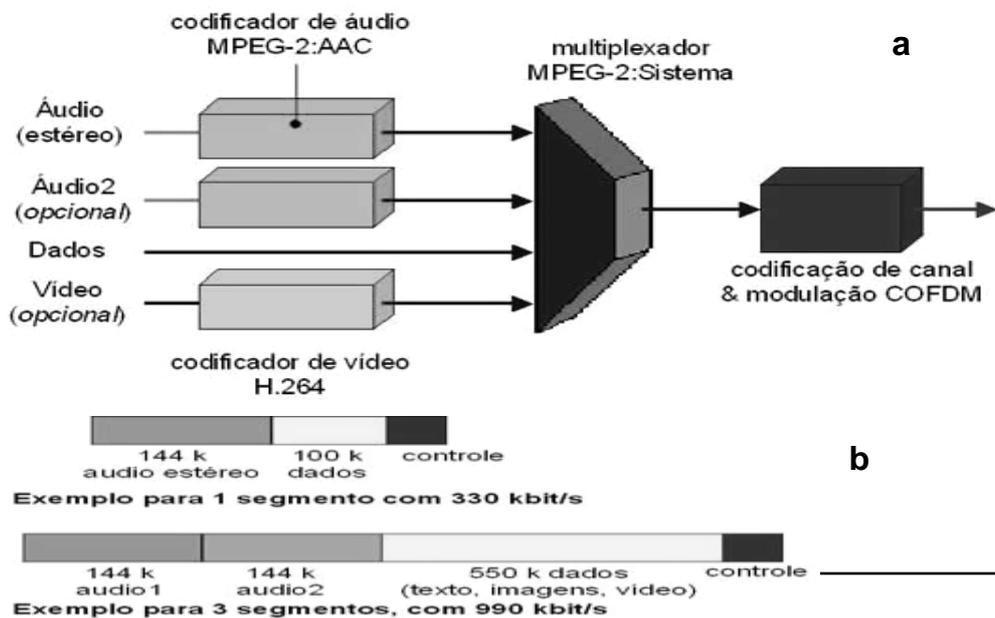
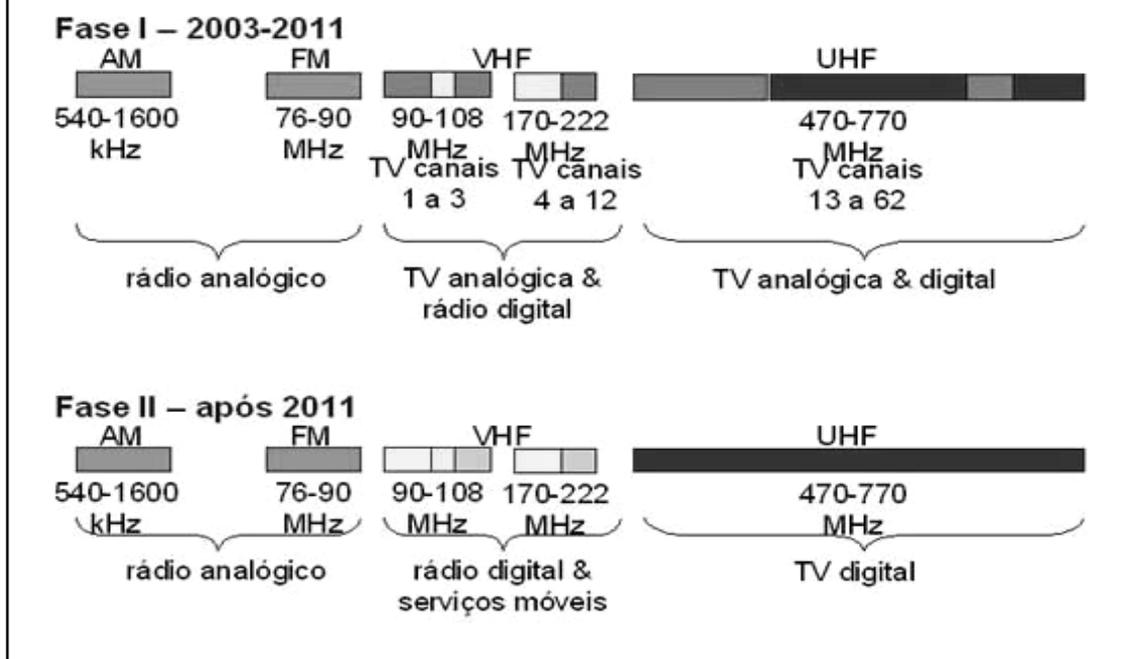


Diagrama em blocos simplificado do ISDB-Tsb (transmissão).

Lembremos que o ISDB-Tsb não serve somente para a transmissão de áudio. Assim como nos outros sistemas de rádio digital, o áudio é digitalizado e compactado por meio de um codificador (*encoder*, no caso, o MPEG-2: AAC). O fluxo digital assim decorrente é juntado a outros fluxos (que podem ser outros fluxos de áudio digital, dados ou vídeo), por meio de um multiplexador MPEG-2. Finalmente, o conjunto assim montado (denominado "feixe de transporte" ou *transport stream*) passa por um tratamento (codificação de canal) e é então transmitido por meio das portadoras do COFDM, conforme indicado na figura a.

A informação transportada no feixe de transporte fica a critério da prestadora. A figura b ilustra alguns exemplos típicos.

O Serviço

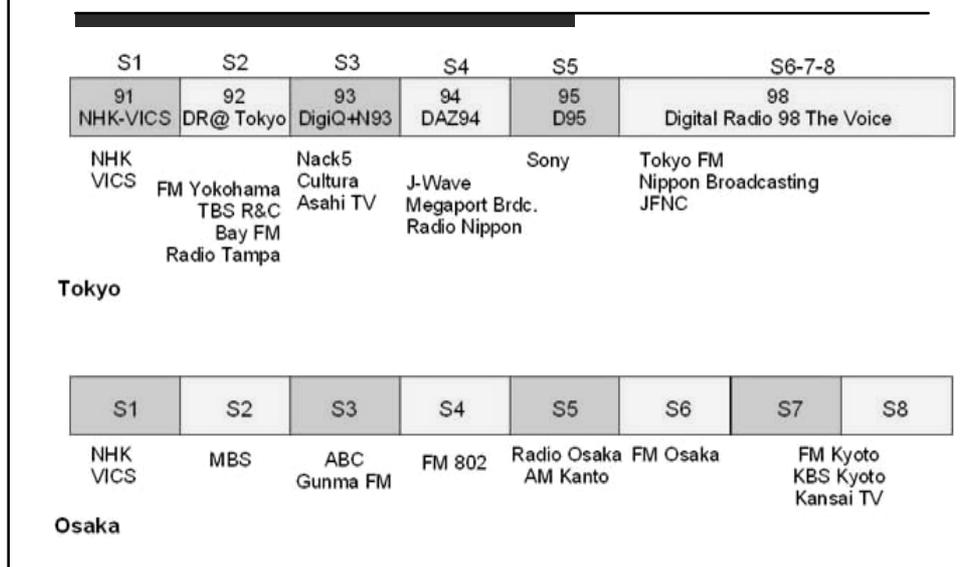


O Serviço

No planejamento de espectro do Japão, a longo prazo, as estações de televisão digital deverão ocupar a faixa de UHF e as estações de faixa estreita, o VHF, conforme indicado na figura 4. Durante a fase de transição (*simulcasting*), que vai de 2003 a 2011, a faixa de VHF é então compartilhada entre as atuais estações de TV analógicas e as novas estações ISDB-T sb. Na faixa de UHF, ter-se-ia o convívio entre as estações analógicas e digitais de televisão. Após o *simulcasting*, na faixa de VHF ter-se-iam os serviços ISDB-T sb e serviços de comunicações móveis.

Conforme indicado na figura, os serviços de rádio AM e FM analógicos persistiriam mesmo após 2011.

Planejamento de Espectro no Japão



Planejamento de Espectro no Japão

Devido a uma anomalia no planejamento do espectro analógico, aquele país experimenta uma situação *sui generis*: os canais 7 e 8 de televisão apresentam uma sobreposição de 2 MHz (ou seja, a parte superior do canal 7 coincide com os 2 MHz inferiores do canal 8). Por tal motivo, escolheu-se o canal 7 – ou melhor, os 4 MHz inferiores dele – para a introdução do serviço de ISDB-Tsb.

Esse serviço teve início em outubro de 2003, quando a DRP (*Digital Radio Promotion Association*) obteve licença para iniciar as transmissões em Tóquio e Osaka. A DRP surgiu como um consórcio de consórcios e atua no sentido de promover o rádio digital no Japão.

Conforme ilustrado na figura, o espaço de 4 MHz do "canal 7" em Tóquio e Osaka foi fragmentado em 8 segmentos. Os rótulos S1 a S8 identificam esses segmentos. No planejamento do espectro, eles correspondem aos canais 91 a 98. Os segmentos são transmitidos com potência de 100 W cada no caso de Tóquio (totalizando 800W para o conjunto) e 30 W em Osaka (total de 240 W).

Emissoras já existentes (de rádio FM, AM ou televisão), fabricantes e empresas de comunicação sozinhas ou em consórcio criaram "estações" de rádio digital (ISDB-Tsb). Na figura, o nome das estações aparece dentro das barras, enquanto que as entidades ou consórcios que as formaram aparecem abaixo de cada barra – por exemplo, a Sony para o segmento S5 em Tóquio.

As transmissões ainda são em caráter experimental. Em Tóquio, as transmissões começam às 9 da manhã, ou apenas ao meio-dia, no caso do canal 98. Os programas transmitidos constituem-se principalmente de áudio, com o canal 91 transmitindo notícias em forma de texto (NHK) e dados para o sistema de orientação para o trânsito (VICS). As transmissões encerram-se às 21 horas.

Osaka encontra-se em estágio mais introdutório. As transmissões iniciam-se às 11 horas e vão até as 19 horas. O canal 91 transmite a programação da NHK com o mesmo jornal eletrônico (NHK) e dados para o sistema auxiliar de trânsito (VICS). Nos demais canais, existe um rodízio de programação, e parte das estações é utilizada para a realização de testes de engenharia de transmissão no período da manhã, enquanto que parte é utilizada para testes no período da tarde. Nos horários ativos, são transmitidos programas culturais e musicais (basicamente, áudio). Cada "estação" gera a sua programação e a empacota em forma de feixe de transporte (*transport stream*), enviando-o então para a DRP, que fica na torre de Tóquio ou Osaka. A DRP procede então à transmissão desses sinais em forma de COFDM. Aqui cabe uma ressalva importante: embora exista uma figura de "operador de rede" (desempenhado pela DRP), esse papel é diferente do "multiplex" do DVB-T. Naquele caso, o "multiplex" recebe os sinais de vários programadores, e ele gera o feixe de transporte que será transmitido em forma de um único trem de bits de 20 e tantos megabits por segundo. Já no caso do ISDB-Tsb, a DRP transmite o sinal de cada estação de forma independente, ou seja, o sinal de cada estação é transportado pelo seu próprio feixe de transporte e as mini-portadoras de COFDM ocupam a sua janela de faixa estreita (segmento) do espectro.

Conclusão

Aqui cabe uma pergunta interessante: se cada estação ocupa, de fato, apenas a sua janela de espectro de faixa estreita (segmento), porquê os sinais são transmitidos inicialmente para a DRP? Existem dois motivos para isso. O menos importante é que, tanto no caso de Tóquio quanto Osaka, as transmissões são realizadas a partir de altas torres construídas em locais selecionados – mais ou menos como a Torre Eiffel em Paris. Portanto, a existência de uma infraestrutura comum facilita a transmissão. Mas o mais importante é que o ISDB-Tsb, embora adote a segmentação de espectro e estes possam ser manipulados de forma totalmente independente, na hora de se efetuar a modulação COFDM, eles são tratados como um único grupo, a fim de evitar a necessidade de se ter bandas de guarda entre os mesmos.

É cedo para se poder avaliar corretamente o potencial do ISDB-Tsb da forma como está concebida. Entretanto, o fato de ter sido planejado de forma integrada à televisão digital, permitindo a interoperabilidade dos dois sistemas e respectivos serviços, e o fato de utilizar um multiplexador quase universal como o Sistema MPEG-2, conferem-lhe uma grande flexibilidade e um bom potencial de evolução.

Introdução



Introdução

A tecnologia para o rádio digital adotada nos Estados Unidos é conhecida como IBOC (*In-Band-On-Channel*). O serviço em si passou por diversos nomes: primeiro foi o DARS (*Digital Audio Radio Service*); depois DAB (*Digital Audio Broadcasting*), "emprestado" dos europeus; e, mais recentemente, parece ter se estabilizado em HD Radio (*High Definition Radio*).

Da mesma forma que os outros sistemas de rádio digital (DAB Eureka 147, ISDB-Tsb, DRM), a idéia é levar ao ouvinte um som de melhor qualidade (como no CD), além de possibilitar a inclusão de outras informações por meio de um fluxo de dados ou mesmo um segundo canal de áudio independente.

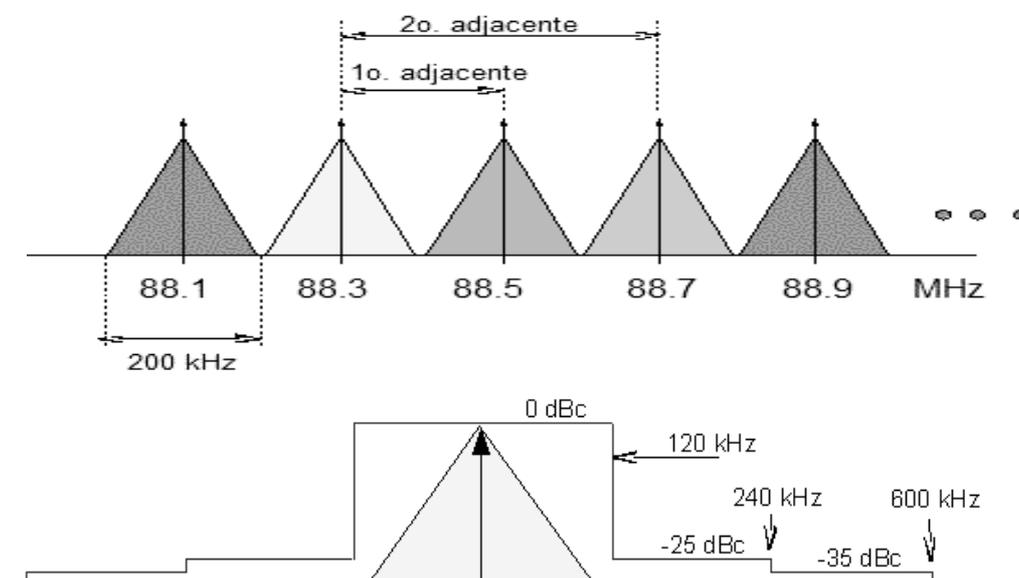
Entretanto, ao contrário dos demais sistemas, o IBOC foi concebido para possibilitar a transmissão simultânea dos sinais digitais dentro da mesma banda alocada para o sinal analógico da emissora. No modo híbrido, ambos os sinais – o analógico e o digital – convivem dentro do mesmo canal. Na etapa posterior, o sinal analógico seria desativado, tendo-se uma transmissão totalmente digital ocupando todo o canal. Existem duas versões do IBOC: uma para a faixa de ondas médias (IBOC AM) e outra para a faixa de 88-108 MHz (IBOC FM). Ambas adotam a mesma filosofia, o mesmo codificador de áudio e o mesmo processo de modulação, diferindo em alguns detalhes como a configuração de parâmetros ou a alocação do espectro. Em tese, por usar a mesma arquitetura e o mesmo codificador de áudio, um receptor "IBOC AM" e outro "IBOC FM", ambos digitais, teriam boa parte de seus circuitos em comum para as duas faixas.

Para a emissora, existem dois grandes atrativos. O primeiro é que ela pode usar o espectro de que já dispõe. O segundo é que o acréscimo de equipamento necessário para a transmissão digital é mínimo. Bem, essas são as vantagens que os defensores do IBOC alegam (as desvantagens serão abordadas na parte final deste artigo).

Este artigo versa sobre o IBOC FM. Embora do ponto de vista de circuitaria, como observado acima, o IBOC AM seja similar, o ambiente de ondas médias apresenta problemas distintos, que trataremos em outra ocasião. Para facilitar a compreensão dos leitores, apresentaremos inicialmente uma breve descrição técnica do sistema e, em seguida, o processo histórico de sua elaboração.

O que é surpreendente para muitos de nós, que vimos estudando esse tema há algum tempo, é que o rádio digital nos Estados Unidos, embora venha sendo implantado e testado em diversas estações, *ainda não é um sistema consolidado e homologado pela FCC* (como é, por exemplo, a TV Digital).

O FM Analógico

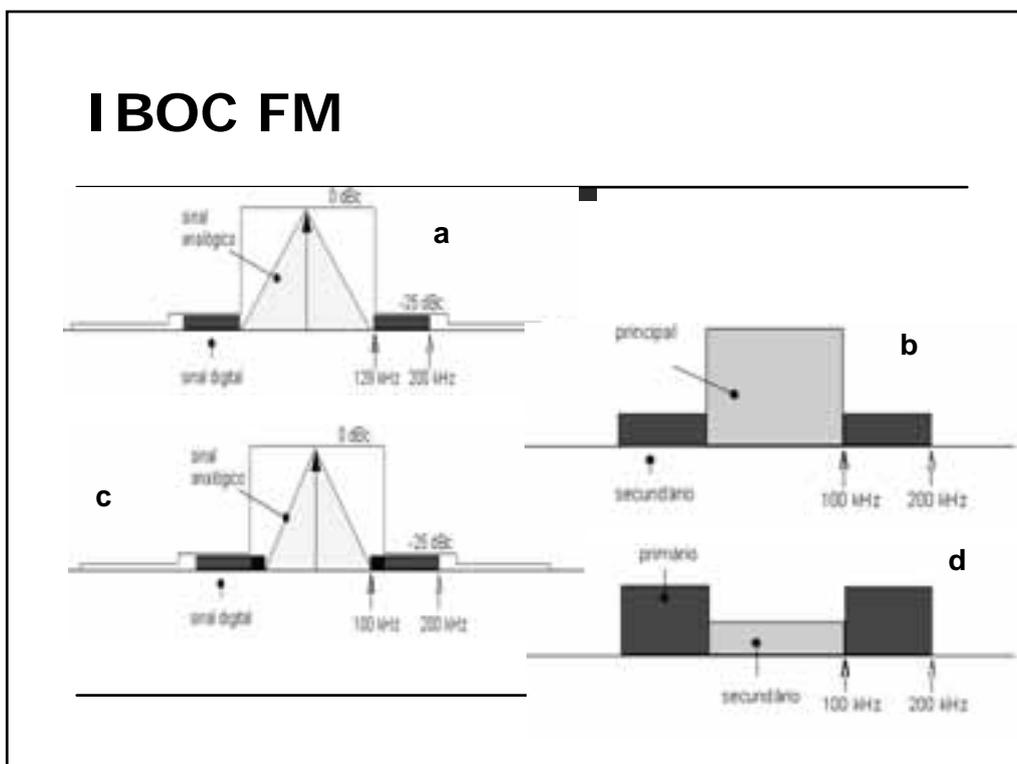


O FM Analógico

Para se entender o IBOC (FM), é útil revermos alguns conceitos do FM analógico. Basicamente, no FM, pega-se um sinal de rádio-freqüência (RF), batizado de portadora, e varia-se a sua freqüência conforme a intensidade do sinal de áudio que se deseja transmitir. Digamos que a portadora seja um sinal de 88,10 MHz. Se a amplitude do sinal de áudio for fraquinha, muda-se momentaneamente aquele sinal de RF para, digamos, 88,11 MHz (um desvio de 10 kHz). Se a amplitude do áudio aumentar, joga-se a freqüência do RF para 88,12 MHz (desvio de 20 kHz). E assim por diante. O espectro do sinal resultante (RF + áudio, ou RF modulado) é complexo, e varia de instante para instante, em função da excursão do sinal de áudio (modulante). A figura traz uma representação simplificada desse sinal modulado: cada estação está representada por um triângulo, com a sua portadora no centro. A largura do canal alocado a cada estação é de 200 kHz – ou seja, os sinais modulantes podem ocupar no máximo 100 kHz em torno da portadora, em cada lado.

Conforme ilustrado na figura, as estações são alocadas de 200 em 200 kHz (ou 0,2 MHz). Para uma dada estação – por exemplo, a de 88,3 MHz – as estações localizadas no canal adjacente, ou seja, cuja portadora esteja a 200 kHz no espectro (88,1 e 88,5 MHz), são chamadas de “*primeiro adjacente*”. Da mesma forma, aquela cuja portadora esteja afastada 400 kHz é denominada “*estação segundo adjacente*”. Se duas estações – localizadas em cidades distintas – estiverem ambas transmitindo na mesma freqüência, diz-se que elas são “*co-canal*”. Para evitar interferências entre as estações, a FCC estabelece uma distância mínima a ser observada entre as estações co-canal, primeiro adjacente e, em menor grau, no segundo e terceiro adjacentes. O motivo para o afastamento mínimo a ser observado entre as estações adjacentes no espectro é que as raias do sinal de FM, por este ser complexo, não se limitam ao espaço de ± 100 kHz em torno da portadora. A figura mostra a máscara de emissão adotada pela FCC para o FM. Essa máscara estabelece que podem existir espúrios na faixa entre 120 e 240 kHz afastados da portadora, desde que os mesmos estejam a 25 dB abaixo da potência da portadora não-modulada; e 35 dB abaixo da portadora não-modulada, na faixa entre 240 e 600 kHz.

IBOC FM



IBOC FM

A idéia básica do IBOC (*In-Band On-Channel*) é a de transmitir o sinal digital dentro do mesmo canal do sinal analógico. Isso possibilitaria, na visão de seus autores, que as estações de rádio atuais pudessem migrar para a tecnologia digital quando lhes fosse conveniente e sem interromper ou prejudicar a transmissão do modo analógico.

A proposta da *USA Digital Radio* (posteriormente, *iBiquity*) é a de transmitir os sinais digitais na "janela" entre 129 e 198 kHz, como indicado na *figura a*. Esses sinais estariam sendo transmitidos em uma potência bem baixa, de modo a ficarem restritos dentro da máscara de emissão especificado pela FCC.

O sinal digital apresentado na *figura a* é do tipo OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*), formado por 190 mini-portadoras de cada lado, e capacidade de transporte total de 96 kbit/s. Esse modo é chamado "híbrido", por conjugar a transmissão dos sinais analógico e digital. Um outro modo de transmissão, denominado "híbrido estendido" (*extended hybrid*) é apresentado na *figura b*. Nesse modo, o sinal analógico deve ser restrito a 100 kHz e a janela ocupada pelo sinal digital vai de 101 a 198 kHz. A capacidade de transporte, nesse caso, varia de 110 a 150 kbit/s, dependendo dos parâmetros de configuração adotados.

Após a fase de transição, a porção analógica do sinal seria substituída por sinais digitais, tendo-se então o chamado modo "totalmente digital". Existem diversas possibilidades para o mesmo. A proposta da *Lucent* era a de que, no sinal totalmente digital, a parte principal da informação fosse concentrada nas portadoras centrais, que seriam transmitidas com uma potência maior, conforme o indicado na *figura c*.

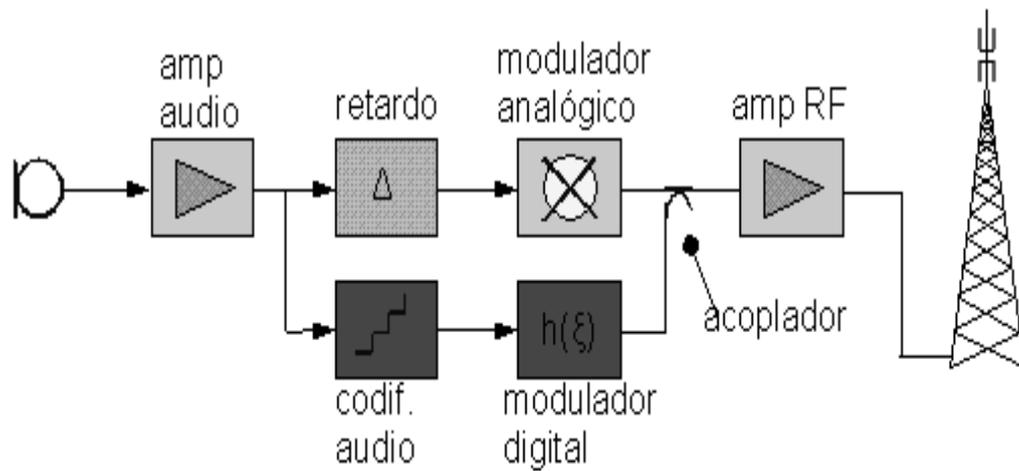
Já na proposta da *USA Digital Radio*, e que acabou prevalecendo na solução da *iBiquity*, no modo totalmente digital a parte principal da informação continuaria a ser transmitida nas raias laterais (como no modo híbrido), porém com maior potência, enquanto que a parte central do canal seria destinada à transmissão de informação secundária, conforme a *figura d*.

No modo totalmente digital, a capacidade de transporte varia de 200 a 300 kbit/s, dependendo dos parâmetros de configuração.

Como ocorre com a maioria dos sistemas digitais, a capacidade de transporte pode ser utilizada por uma mistura de sinais de áudio (um ou mais canais) e fluxos de dados. Por exemplo, no modo híbrido mais simples, pode-se ter dois fluxos de bits: um com 74 kbit/s e outro com 25 kbit/s. No modo estendido, acrescenta-se um fluxo adicional de 12, 25 ou 50 kbit/s, dependendo dos parâmetros de configuração. No modo totalmente digital, pode-se ter até quatro fluxos independentes, variando de 6 a 98 kbit/s.

Em tese, qualquer tipo de informação digital - seja de áudio ou dados - poderia ser transmitido nesses fluxos. A versão "original" do IBOC empregava um codificador proprietário, denominado PAC (*Perceptual Audio Coding*)³. Entretanto, as primeiras implantações nas emissoras indicaram um resultado muito insatisfatório, o que levou a *iBiquity* a substituí-lo por um segundo codificador, denominado HDC, desenvolvido pela *Coding Technologies*. O codificador HDC é escalonável - funciona em 18, 36, 64 e 96 kbit/s, o que permite compor diferentes combinações. Uma desvantagem é que, assim como o primeiro, este codificador é proprietário. A avaliação é a de que, em 96 kbit/s, a qualidade do som obtida é igual ao de um CD.

Esquema para a Transmissão Híbrida IBOC/Analógico

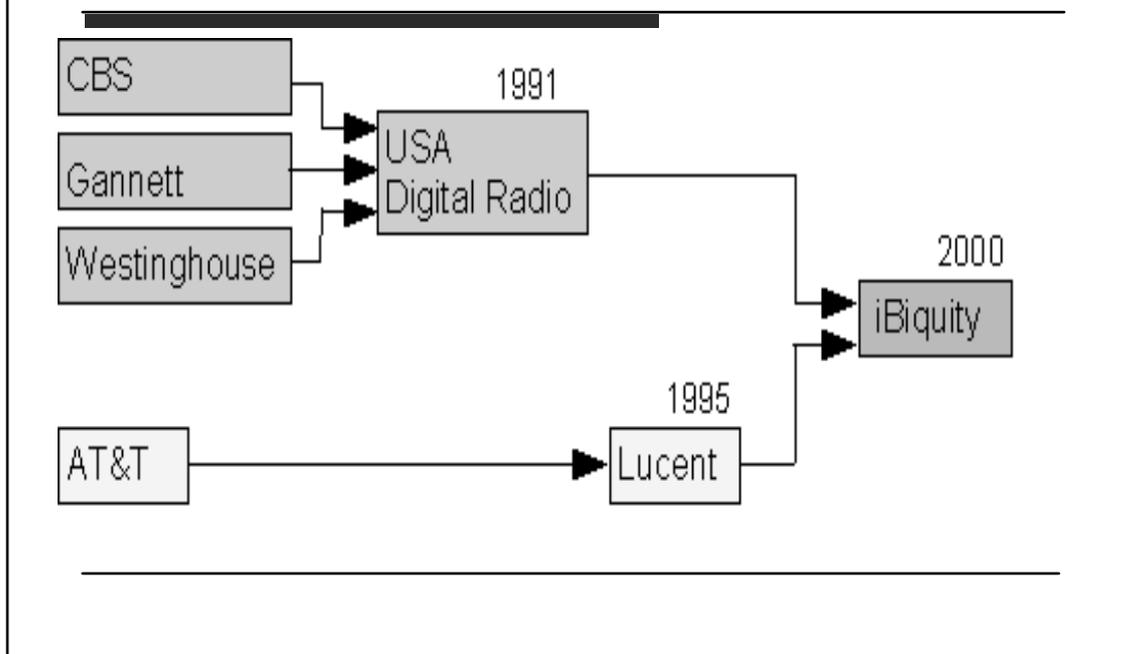


Esquema para a Transmissão Híbrida IBOC/Analógico

A figura ilustra, de modo simplificado, a organização de um sistema para transmitir um sinal IBOC juntamente com o analógico. Na linha de cima temos, simplificada, um sistema FM convencional, composto por um estágio de tratamento de áudio em banda-base (amplificador, mixers, etc.), um modulador FM analógico, seguido de um amplificador de potência (RF) e finalmente a antena.

No IBOC (linha de baixo), o sinal analógico passa por um codificador de áudio (HDC) e um modulador digital. A saída deste modulador é acoplada (por meio de um acoplador passivo) à saída do modulador analógico, de modo que ambos os sinais, assim juntados, são enviados ao elemento irradiante (antena). Um elemento adicional que aparece aqui no circuito analógico é a linha de retardo: como o processo digital é mais demorado (leva alguns segundos para ser executado), para que as informações dos sinais analógico e digital "aconteçam" no mesmo instante, faz-se necessário tal retardo. Dessa forma, um sintonizador IBOC poderia funcionar em modo "dual", como ocorre no FM mono/estéreo: Idealmente, o receptor IBOC estará sintonizando a parte digital do sinal. Entretanto, se devido às condições de recepção o sinal digital não puder ser recuperado, o receptor automaticamente mudaria para a fonte analógica, sem interromper a continuidade do programa para o ouvinte.

Sincronização entre as estações



Sincronização entre as estações

Um último tópico a ser observado refere-se à sincronização entre as estações. Como cada estação estará transmitindo de forma independente das demais, o receptor, ao ser mudado de estação, tem que "atracar" na nova estação. Esse processo de sincronização leva alguns segundos para ocorrer, o que significa que, em tese, o usuário ficaria com o seu receptor mudo durante alguns segundos cada vez que ele mudasse de estação. A forma proposta para evitar tal incômodo é o de que as estações sejam sincronizadas por meio de satélite (GPS).

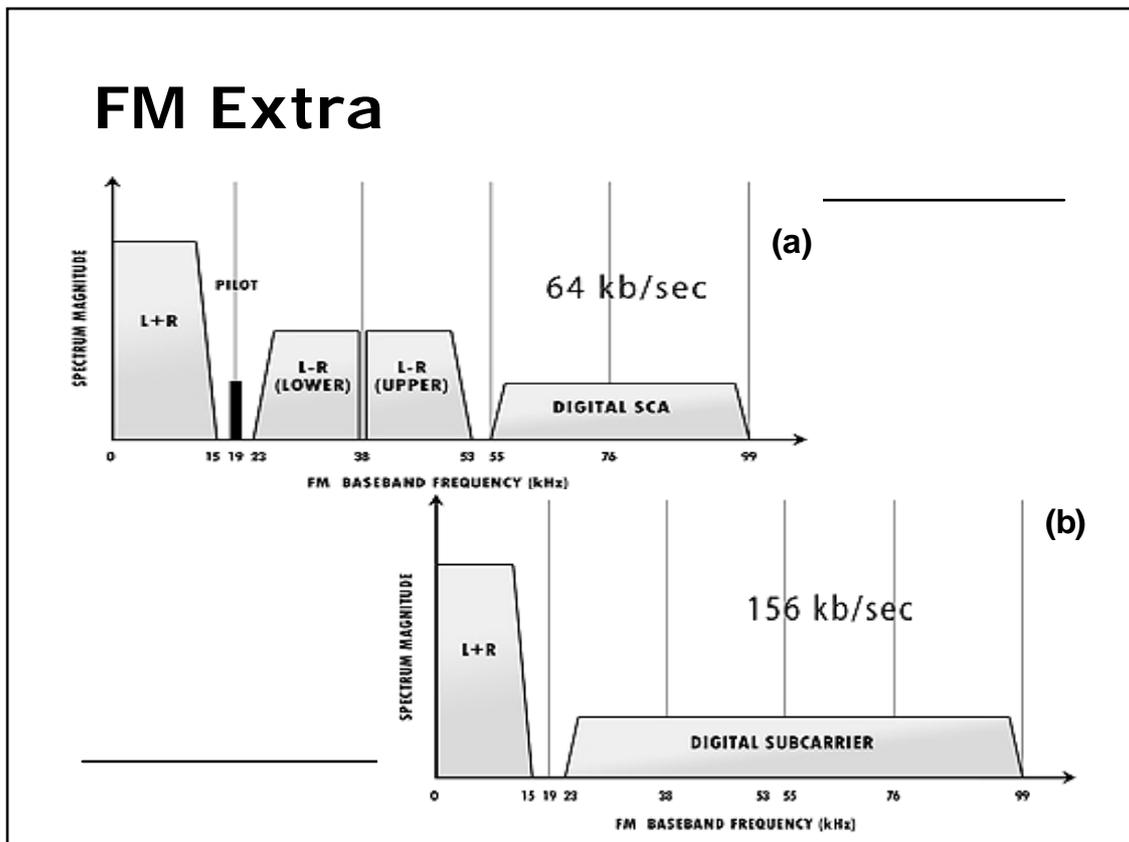
Conclusão

O princípio que norteou o desenvolvimento do IBOC é interessante, mas persistem uma série de questões não resolvidas. Os críticos do IBOC tendem a se concentrar no seu desempenho - um problema existente, porém possivelmente passageiro. Outras questões são mais graves, por terem fundo estrutural e, portanto, caráter permanente.

A primeira questão é que, o IBOC, de fato, não é IBOC: o sinal digital é transmitido no canal adjacente. De acordo com um crítico, "isso é como construir um prédio no terreno baldio vizinho, que você pensa que pode usar só porque está vazio". A Benton Foundation faz um alerta de mais longo alcance: ao ocupar os canais adjacentes e efetivamente aumentar a largura do canal ocupado por uma estação, está-se reduzindo a disponibilidade de espectro para eventuais novos atores.

Uma segunda questão é que os testes mostram, em geral, alguma degradação nos sinais analógicos existentes. A NRSC e a maioria das emissoras se conforma com isso, e o consideram um preço a ser pago (*trade-off*) para a obtenção de um sistema digital com mais recursos. Mas a FCC, se por um lado procura minimizar esse problema, por outro tomou a iniciativa de buscar melhorar a qualidade (seletividade) dos receptores, com base no incentivo ao uso de técnicas mais modernas. Para tanto, iniciou nova consulta pública em 2003, *Interference Immunity Performance Specifications for Radio Receivers*, visando a elaboração de especificações mais rígidas para os receptores. Essa iniciativa, se por um lado é interessante, por outro não resolve o problema dos aparelhos já existentes, e indica que as interferências que se pode esperar com o IBOC são mais severas que as reportadas nos relatórios.

A terceira questão é que, definido a opção pelo IBOC, e com o *Further Notice of Proposed Rulemaking*, o processo de definição do sistema de rádio digital nos Estados Unidos parece estar chegando ao seu desfecho. Entretanto, os pontos em aberto são um sério problema. Primeiro: o que a FCC pretende fazer com o modo totalmente digital? Isso pode ser apenas uma questão teórica na atual fase experimental, mas os receptores a serem vendidos ao público deverão trazer embutidos a resposta a essa pergunta. Segundo: como fica a questão da tecnologia proprietária? Aparentemente, a FCC acredita que as coisas irão se resolver por si (o procedimento adotado na TV Digital foi similar). E finalmente, o que se espera em termos de evolução do sistema? Essa foi uma pergunta que a própria FCC fez, e não obteve resposta.



FM Extra

As transmissões de FM são feitas por diversos sinais que são adicionados juntos como mostrado na figura (a). Mesmo que você não possa ouvir diretamente, a maioria deles, alguns desses sinais já são conhecidos, tais como o sinal de piloto (estéreo-piloto), que, quando presente, muitas vezes mostra-se como "ST" na display do rádio.

FMeXtra utiliza sinais adicionais inaudíveis conhecidos como *subcarriers*, ou mais precisamente, sinais SCA. A largura de banda disponível para *FMeXtra* do sinal SCA depende da configuração individual da estação - se tratar de radiodifusão de áudio mono ou estéreo, e se deve ou não transmitir sinais SCA já existentes. *FMeXtra* é projetado para ser flexível e para acomodar muitas configurações possíveis. Num típico sinal FM estéreo, pode utilizar o espectro entre 53kHz e 99kHz. Esta banda é suficiente para mais de 4 sinais AM. Diferentemente do sinal *FMeXtra*, o modo híbrido do sinal IBOC não faz parte do sinal FM. Sinais IBOC são gerados totalmente independentes. *FMeXtra* é compatível com o modo híbrido IBOC.

O espectro de FM foi subutilizado por muitos anos, porque a tecnologia de comunicação digital avançada não era suficiente para inserir um bom número de bits para o espaço disponível. Os mais antigos sinais RDS SCA contém apenas cerca de 700 bits / segundo, que é uma taxa muito baixa de dados, muito mais lento do que os modems telefônicos mais antigos, em comparação, a *players* de tecnologia *FMeXtra* até 64000 bits / segundo em configurações estéreo.

A tecnologia *FMeXtra* faz uso dos mais avançados princípios teóricos conhecidos da comunicação no momento presente.

A mais poderosa realização do sinal *FMeXtra* ocorre quando a radiodifusão analógica de áudio é mono como mostrado em (b). Nesta configuração, o sinal *FMeXtra* pode utilizar todas as bandas entre 20kHz e 99kHz e pode fornecer mais de 128000 bits / s.

Ao combinar o sinal *FMeXtra* com tecnologia avançada de compressão de áudio, tais como *aacPlus™* da Coding Technologies, Inc., é possível entregar múltiplos canais de áudio de alta qualidade ou som surround.

FMeXtra também pode ser usado para fornecer em tempo real, dips de vídeo, dados telemáticos, e muitos outros serviços, limitada apenas pela imaginação dos radiodifusores e das capacidades individuais do receptor.

Acredita-se que o futuro da rádio digital FM é a completa digitalização do estéreo e SCA (sinais subcarrier), com ou sem sinais híbridos IBOC adicionais, mantendo o serviço de transmissão analógico de áudio mono indefinidamente para compatibilidade com as centenas de milhões de rádios FM existentes no mundo.

Bibliografia Utilizada

Biblioteca particular do autor

Comunicações Via Rádio – Julio Ross

Antenas - Julio Ross – 2007

Rádiodifusão - Edilon Esaú dos Reis - 2004

Curso de Transmissão Básico - S. Rocha – 2007

Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Freqüência Modulada - Resolução nº 67, de 12 de novembro de 1998 - Anatel

Regulamento Técnico para Emissoras de Radiodifusão Sonora em Onda Média e em Onda Tropical - 120 metros – Anatel.

DAB – Eureka 147 – Takashi Tome – 2007

IBOC – Takashi Tome -2007

DRM – Takashi Tome – 2007

ISBT – Takashi Tome – 2007

Sistemas de Difusão de Áudio Digital – Guido Stolfi – 2003

A Nova Era da Radiodifusão Sonora Digital - Marcus Manhães - 2007

<http://www.teleco.com.br>

<http://www.anatel.gov.br>

<http://www.dreinc.com>

