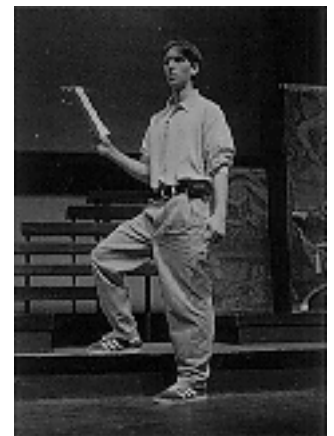




**SHURE®**

ESCOLHA  
*e*  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS  
DE MICROFONE  
SEM FIO



Introdução .....	2
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO: COMO FUNCIONAM.....</b>	<b>3</b>
Transmissão de Rádio .....	3
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>DESCRIÇÃO .....</b>	<b>6</b>
Fonte de Entrada .....	6
Transmissor: Descrição Geral .....	6
Transmissor: Circuito de Áudio .....	7
Transmissor Circuito de Rádio .....	8
Receptor: Descrição Geral .....	9
Receptor: Circuito de Rádio .....	9
Receptor: Circuito de Áudio .....	10
Receptor: Squelch .....	10
Diversidade .....	11
Antenas .....	13
Cabo de Antena .....	15
Distribuição de Antenas .....	15
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>BANDAS DE FREQUÊNCIA PARA SISTEMAS SEM FIO.....</b>	<b>16</b>
VHF .....	16
UHF .....	17
Escolha de Frequências .....	18
Compatibilidade de Sistema .....	18
Frequências Operacionais: Intermodulação .....	18
Frequências Internas: LO, IF, Multiplicadores a Cristal .....	21
Interferências de Rádio de Fora do Sistema .....	22
Transmissão de Televisão .....	22
Transmissão de Rádio .....	23
Outros Serviços de Rádio .....	23
Alcance dos Sistemas de Microfone sem Fio .....	26
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>SISTEMAS SEM FIO: COMO FAZÊ-LOS FUNCIONAR .....</b>	<b>27</b>
Escolha de Sistema .....	27
Controle por Cristal Vs. Síntese de Frequência .....	27
Configuração: Receptores .....	29
Configuração: Antenas de Recepção .....	30
Configuração: Baterias .....	31
Verificação e Operação do Sistema .....	32
Eliminando Problemas em Sistemas de Microfone sem Fio .....	33
Guia para Eliminação de Problemas .....	34
Apresentações .....	35
Instrumentos Musicais .....	35
Vocalistas .....	36
Aulas de Aeróbica/ Dança .....	36
Teatro .....	37
Casas de Culto .....	37
Bingo .....	38
Cinema/ Videografia .....	38
Broadcast .....	39
Aplicações em Ambientes Grandes/ Múltiplos Ambientes .....	39
Conclusão .....	40
Sobre o Autor .....	40

# INTRODUÇÃO

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

Os muitos usos dos sistemas de microfones sem fio vão desde o entretenimento ao vivo até comunicações em órbita terrestre. Podem incluir dispositivos desde um sistema simples como o “Mr. Microphone” até sistemas de parques temáticos com até 60 canais. Estes sistemas podem evocar visões de liberdade nos usuários em potencial, e lembranças de antigos desastres em engenheiros de som veteranos. Em todas as suas formas, os sem fio tornaram-se um fato da vida para as pessoas que projetam e usam sistemas de áudio. Com o crescente uso de sistemas de microfones sem fio surgiu a necessidade de maior quantidade e qualidade de informações sobre o assunto.

O objetivo deste guia é limitado aos sistemas de microfones sem fio usados em aplicações de áudio. Presume-se que o leitor tenha certa familiaridade com áudio básico. Entretanto, uma vez que sistemas de microfones sem fio estão sujeitos a certos princípios gerais de rádio, incluímos também algumas informações sobre rádio básico. Embora haja similaridades entre transmissão de som e transmissão de rádio, muitas das características dos sistemas de rádio não são nem análogas aos sistemas de áudio, nem tampouco intuitivas. Mesmo assim as idéias chave, embora talvez novas, são relativamente simples.

O objetivo deste guia é proporcionar ao leitor interessado informações adequadas para permitir a escolha de equipamentos sem fio adequados para uma dada aplicação, e a usar aquele equipamento com sucesso. Além disso, espera-se que os fundamentos apresentados aqui forneçam a usuários regulares de sem fio uma moldura que os ajude a entender mais profundamente esta tecnologia em evolução.

Este guia é apresentado em duas partes: como os sistemas de microfones sem fio funcionam, e como fazer com que sistemas de microfones sem fio funcionem. A primeira parte é uma introdução técnica aos princípios básicos do rádio e às características dos transmissores e receptores sem fio. A segunda parte discute a prática de escolha e operação de sistemas de microfones sem fio para aplicações gerais e específicas. As duas partes foram feitas para serem independentes. A primeira deverá ser de interesse para aqueles que especificam ou integram equipamentos sem fio profissionais, enquanto que a segunda parte será útil a qualquer pessoa que trabalhe regularmente com sistemas de microfones sem fio.

# CAPÍTULO 1

## COMO FUNCIONAM

### TRANSMISSÃO DE RÁDIO

O rádio pertence a uma classe de campos eletromagnéticos variáveis no tempo criados por voltagens e/ ou correntes variáveis em certas fontes físicas. Estas fontes podem ser “artificiais”, como a energia elétrica e circuitos eletrônicos, ou “naturais”, como a atmosfera (relâmpagos) e as estrelas (manchas solares). As variações dos campos magnéticos radiam para longe da fonte, formando um padrão chamado de onda de rádio. Assim, uma onda de rádio é uma série de variações de campo eletromagnético viajando pelo espaço. Embora, tecnicamente, qualquer fonte variável de voltagem ou de corrente produza um campo variável próximo à fonte, aqui o termo “onda de rádio” descreve variações de campo que se propagam até uma distância significativa da fonte.

Uma onda sonora tem somente um único componente “de campo” (pressão do ar). Variações neste componente criam um padrão de mudanças de pressão do ar na direção em que a onda de som viaja, mas fora disso não tem qualquer orientação em particular. Em contrapartida, a onda de rádio inclui tanto um componente de campo elétrico quanto um componente de campo magnético. As variações nestes componentes têm o mesmo padrão relativo ao longo da direção em que a onda de rádio viaja, mas são orientados a um ângulo de 90° em relação um ao outro, conforme visto na ilustração adiante. Em particular, é a orientação do componente de campo elétrico que determina o ângulo de “polarização” da onda de rádio. Isto é particularmente importante para o projeto e operação de antenas.

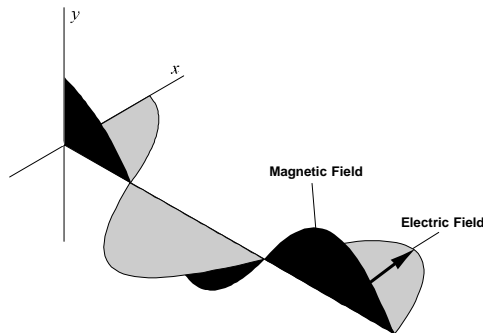


Figura 1: onda de rádio

Como o som, uma onda de rádio pode ser descrita por sua frequência e amplitude. A frequência de uma onda de rádio é a taxa de variações do campo medida em Hertz (Hz), onde 1 Hz equivale a 1 ciclo por segundo. O espectro de rádio, ou faixa de frequências, estende-se de alguns Hz passando pelas faixas de Quilo Hertz (KHz) e Megahertz (MHz), até além da faixa do Gigahertz (GHz). Os sufixos KHz, MHz e GHz referem-se a milhares, milhões e bilhões de ciclos por segundo, respectivamente. Até onde se sabe atualmente, os seres humanos somente são diretamente sensíveis às ondas de rádio nas frequências numa faixa de alguns milhões de GHz, que são percebidas como luz visível, e naquelas frequências na

faixa logo abaixo da luz visível, que são percebidas como calor (radiação infravermelha). O espectro total de rádio inclui tanto fontes naturais quanto artificiais conforme indicado na figura 2.

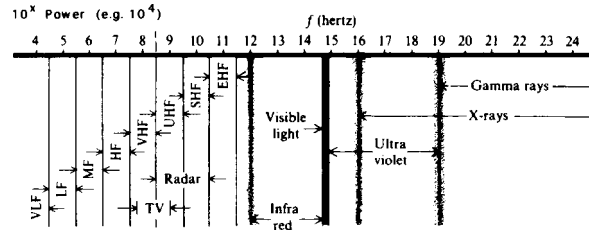


Figura 2: espectro de rádio frequência

A amplitude de uma onda de rádio é a magnitude das variações de campo e é característica que determina a “força” da onda de rádio. Especificamente, ela é definida como a amplitude da variação do campo elétrico. É medida em Volts por unidade de comprimento e varia de nanovolts/metro (nV/m) a kilovolts/ metro (KV/m), onde nV se refere a um bilionésimo de um Volt e KV significa um mil Volts. O nível mínimo necessário para captação de um receptor típico de rádio é de somente alguns décimos de microvolts ( $\mu V$ , um milionésimo de Volt), porém níveis muito mais altos podem ser encontrados próximo a transmissores e outras fontes. A grande gama de amplitudes de ondas de rádio que podem ser encontradas em aplicações típicas exige grande cuidado no projeto e uso de sistemas de microfone sem fio, particularmente os receptores.

Outra característica das ondas de rádio, relacionada à frequência, é o comprimento da onda. O comprimento da onda é a distância física entre o início de um ciclo e o início do próximo à medida que a onda se move no espaço. O comprimento de onda relaciona-se com a frequência pela velocidade à qual a onda de rádio viaja.

A velocidade das ondas de rádio (no vácuo) é igual a aproximadamente  $3 \times 10^8$  elevado à oitava potência metros/ segundo, ou cerca de 300.000 Km/s, a mesma velocidade que a luz. Ela não muda com a frequência ou com o comprimento de onda, mas relaciona-se com estes no seguinte sentido: a frequência de uma onda de rádio, multiplicada por seu comprimento de onda, é sempre igual à velocidade da luz. Assim, quanto maior a frequência de rádio, tanto menor o comprimento de onda, e quanto mais baixa a frequência, maior o comprimento de onda. Comprimentos de onda típicos para certas frequências de rádio são dadas na figura 3. O comprimento da onda também tem importantes consequências no projeto e uso de sistemas de microfone sem fio, particularmente para antenas.

Diferente do som, as ondas de rádio não necessitam de uma substância física (como o ar) para transmissão. De fato, elas se “propagam” ou viajam mais eficientemente no vácuo do espaço. Entretanto, a velocidade das ondas de rádio é um pouco mais baixa através de vidro do que através do ar. Este efeito contribui para a “refração” ou curvatura da luz por uma lente. As ondas de rádio também podem ser afetadas pelo tipo e composição dos objetos em seu caminho. Em particular,

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO: COMO FUNCIONAM

# CAPÍTULO 1

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

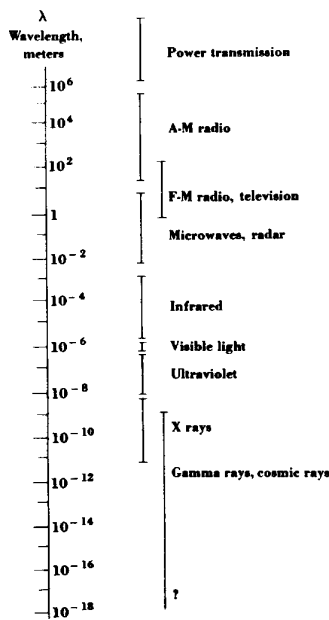


Figura 3: tabela de comprimentos de onda de rádio

elas podem ser refletidas por metal se o tamanho deste objeto de metal for comparável ou maior que o comprimento da onda de rádio. Superfícies grandes podem refletir tanto ondas de baixas frequências (comprimento grande de onda) quanto de altas frequências (comprimento pequeno), mas superfícies pequenas somente podem refletir ondas de alta frequência (curtas).

Interessante é que um objeto refletor de

metal pode ser poroso, i.e., pode conter buracos ou espaçamentos. Contanto que os buracos sejam bem menores que o comprimento de onda, a superfície de metal comporta-se como se fosse sólida. Isto significa que telas, grades, barras ou outras estruturas de metal podem refletir ondas de rádio cujo comprimento seja maior que o espaço entre os elementos da estrutura e menores que o tamanho geral desta. Se o espaço entre os elementos for maior que o comprimento de onda, as ondas de rádio passarão através da estrutura. A tela de metal na porta de vidro de um forno de microondas reflete as microondas de volta para dentro do forno, mas permite a passagem de ondas de luz (de comprimento menor), o que torna o interior do forno visível.

Mesmo objetos de metal menores que o comprimento de onda podem dobrar ou “difratar” ondas de rádio. Geralmente, o tamanho, localização e quantidade de metal na vizinhança das ondas de rádio terão efeito significativo em seu comportamento.

Substâncias não metálicas (como o ar) não refletem ondas de rádio, mas também não são totalmente transparentes. Até um certo ponto, elas geralmente “atenuam”, ou seja, causam perda na força das ondas de rádio que passam por elas. A quantidade dessa atenuação ou perda é uma função da densidade e composição do material (ou meio), e também uma função do comprimento da onda de rádio. Na prática, materiais densos produzem mais perdas que materiais mais leves, e ondas longas de rádio (baixas frequências) podem se propagar a distâncias maiores através de materiais ‘com grande perda’ do que as ondas curtas de rádio (altas frequências). O corpo humano causa perdas significativas a ondas curtas de rádio que o percorram.

Um objeto que seja grande o bastante para refletir as ondas de rádio ou denso o bastante para atenuá-las pode criar uma “sombra” no caminho das ondas, a qual pode diminuir muito a recepção de rádio na área atrás do objeto.

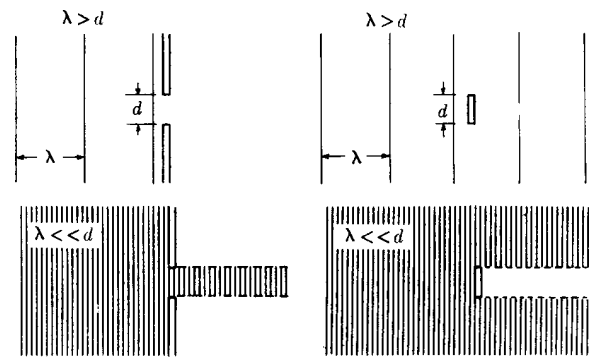


Figura 4: propagação de onda de rádio vs. comprimento de onda ao encontrar obstáculos condutores

Um paralelo final entre ondas de som e ondas de rádio está na natureza do padrão ou “campo” da onda de rádio, produzido por várias fontes em um dado local. Caso hajam reflexões presentes (que é quase sempre o caso em eventos em ambiente fechado), o campo de rádio incluirá tanto as ondas diretas (aquelas que trafegam pelo caminho mais curto desde a fonte até o local) quanto as ondas indiretas (aquelas que foram refletidas). As ondas de rádio, como as de som, tornam-se mais fracas à medida que se distanciam de suas fontes, a uma taxa determinada pela lei do inverso do quadrado: ao dobro da distância, a força diminui a um fator de 4 (o quadrado de dois). As ondas de rádio que chegam a um dado local, por caminhos diretos ou indiretos, possuem diferentes amplitudes em relação à força da(s) fonte(s) original(is), e à quantidade de perdas devidas a reflexões, atenuação material e à distância total percorrida.

Após muitas reflexões as ondas de rádio se tornam mais fracas e essencialmente não direcionais. No limite, elas contribuem para o “ruído” de rádio ambiente, isto é, a energia geral de rádio produzida por muitas fontes naturais e feitas pelo homem através de uma longa faixa de frequências. A força do ruído ambiente de rádio é relativamente constante em uma dada área, isto é, ela não diminui com a distância. O campo total de rádio em um dado local consiste de ondas diretas, ondas indiretas e do ruído de rádio.

O ruído de rádio é quase sempre considerado como indesejável. As ondas diretas e indiretas podem provir tanto da fonte desejada (a transmissão pretendida) quanto de fontes indesejadas (outras transmissões e transmissores de energia de rádio em geral). A recepção com sucesso de rádio depende de um nível favorável da transmissão desejada comparado com (os níveis de) transmissão indesejada e ruído.

Até agora, esta discussão sobre transmissão de rádio só lidou com a onda básica de rádio. Entretanto, também é necessário considerar como esta informação é transportada por estas ondas. A “informação” de áudio é transmitida por ondas sonoras que consiste em variações da pressão do ar sobre uma grande variedade de amplitudes e frequências. Esta combinação de amplitudes variantes e de frequências variantes criam um campo sonoro muito complexas. Estas ondas de pressão variável podem ser processadas por nosso sistema auditivo para perceber a fala, música, e outros sons inteligíveis (informação).

# CAPÍTULO 1

A “informação” de rádio geralmente é transmitida usando só uma frequência. Esta onda eletromagnética única varia em amplitude, frequência, ou alguma outra característica (tal como a fase), e na maioria das transmissões de rádio nem a onda nem sua variação podem ser detectadas ou processadas diretamente pelos sentidos humanos. De fato, a onda em si não é a informação, mas sim o “portador” da informação. Na realidade, a informação é contida na variação de amplitude ou na variação de frequência, por exemplo. Quando uma onda de rádio contém informações, é chamada de “sinal” de rádio. O termo para variação de ondas de rádio é ‘modulação’. Se a amplitude da onda é variada, esta técnica é chamada de Modulação de Amplitude, ou AM. Se é a frequência que varia, isto é chamado de Modulação de Frequência ou FM.

A quantidade de informação que pode ser transportada em um sinal de rádio depende da quantidade e tipo de modulação que pode ser aplicada à onda de rádio básica, bem como da frequência base da onda de rádio. Isto é limitado pela física até um certo ponto, mas também é limitado por órgãos reguladores, como o DENTEL, no caso brasileiro. Para sinais AM, a onda de rádio tem uma frequência única (constante) de alguma amplitude básica (determinada pela potência do transmissor). Esta amplitude é variada para mais e para menos (modulada) pelo sinal de áudio para criar o sinal de rádio correspondente. A quantidade máxima (legal) de modulação de amplitude permite apenas um sinal de áudio de resposta de frequência limitada (em torno de 50 a 9000 Hz) e de faixa dinâmica limitada (cerca de 50 dB).

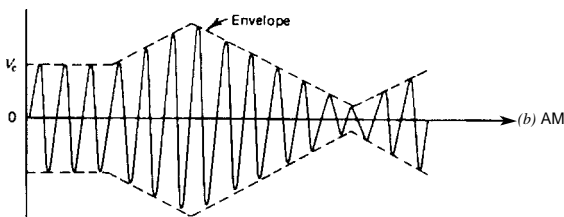


Figura 5: portadora de AM modulada

Para sinais FM, a onda de rádio tem uma amplitude constante (novamente determinada pela potência do transmissor) e uma frequência básica. A frequência básica de rádio é variada para mais e para menos (modulada) pelo sinal de áudio para criar o sinal de rádio correspondente. Esta modulação de frequência é chamada “desvio”, uma vez que faz com que a portadora se desvie para cima e para baixo de sua frequência básica, ou sem modulação.

O desvio é uma função da amplitude do sinal de áudio e é geralmente medida em Quilo Hertz (KHz). Valores típicos de desvio de sistemas de microfone sem fio vão de cerca de 12 KHz a 45 KHz, dependendo da banda de frequência operacional. A quantidade máxima (legal) de desvio permite um sinal de áudio de maior resposta de frequência (cerca de 50 a 15.000 Hz) e maior faixa dinâmica (mais de 90 dB) que a faixa de AM.

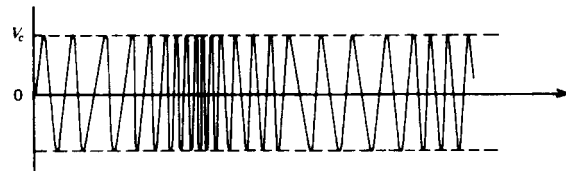


Figura 6: portadora de FM modulada

Embora os detalhes dos transmissores e receptores de microfone sem fio devam ser abordados na próxima seção, deve ser mencionado aqui que todos os sistemas discutidos nesta apresentação usam a técnica FM. As razões para isto são as mesmas encontradas para os sistemas de transmissão comercial. Mais “informações” podem ser enviadas em um sinal típico de FM, permitindo a transmissão de sinais de áudio de maior fidelidade. Além disso, receptores de FM são inerentemente menos sensíveis a muitas fontes comuns de ruído de rádio, tais como relâmpagos e equipamentos de geração de energia elétrica, porque o componente AM de tais interferências é rejeitado.

## SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO: DESCRIÇÃO

A função de um rádio ou de um sistema “sem fio” é enviar informações na forma de um sinal de rádio. Nesta apresentação, consideramos a informação como sendo um sinal de áudio, mas é claro que vídeo, dados ou sinais de controle podem todos ser enviados por meio de ondas de rádio. Em cada um dos casos, a informação precisa ser convertida em um sinal de rádio, transmitida, recebida e reconvertida à sua forma original. A conversão inicial consiste em usar a informação original para criar um sinal de rádio “modulando-se” uma onda básica de rádio. Na conversão final, uma técnica complementar é usada para “demodular” o sinal de rádio, para recuperar a informação original.

Um sistema de microfone sem fio consiste geralmente de três componentes principais: uma fonte de entrada, um transmissor, e um receptor. A fonte de entrada fornece um sinal de áudio para o transmissor. O transmissor converte o sinal de áudio em um sinal de rádio e o “irradia”, ou transmite, para a região à sua volta. O receptor “capta” ou recebe o sinal de rádio e o reconverte em um sinal de áudio. Componentes adicionais de um sistema incluem antenas e, possivelmente, cabos de antena e sistemas de distribuição. Os processos e os componentes básicos são funcionalmente similares ao rádio, TV comerciais e outras formas de comunicação de rádio. A diferença é a escala dos componentes e as configurações físicas do sistema.

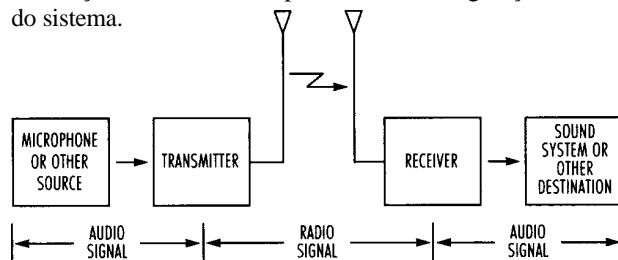


Figura 7: diagrama de sistema de rádio

## CAPÍTULO 2

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

### DESCRIÇÃO

Há quatro configurações básicas de sistemas de microfones sem fio, relacionadas à mobilidade dos componentes de transmissão e de recepção, conforme necessário para diferentes aplicações. Este trabalho irá focar em sistemas consistindo de um transmissor portátil e de um receptor estacionário. O transmissor é geralmente transportado pelo usuário, que é livre para se movimentar no local, enquanto que o receptor é fixo em uma posição. Numa configuração como esta, a fonte de entrada é geralmente um microfone ou um instrumento musical eletrônico. A saída do receptor é tipicamente enviada a um sistema de som, equipamento de gravação ou um sistema de *broadcast* (transmissão de ondas de rádio). Esta é a configuração do “microfone sem fio” padrão, e é o formato mais amplamente usado em aplicações de entretenimento, sistemas de reforço de som, e de *broadcast*.

A segunda configuração emprega um transmissor fixo e um receptor portátil. Neste caso, o receptor é carregado (transportado) pelo usuário, enquanto o transmissor é estacionário. A fonte de entrada do transmissor nestes casos é geralmente um sistema de som, de reprodução de som, ou outra fonte instalada. A saída do receptor é geralmente monitorada por meio de fones de ouvido ou de caixas acústicas. Ela pode alimentar um gravador portátil de áudio ou de vídeo. Esta é a configuração de sistemas de microfone sem fio para audição assistida (tipo aparelho para surdez – n. do t.), tradução simultânea, monitores tipo *in-ear* (dentro do ouvido), e vários usos pedagógicos. Esta também é, naturalmente, a configuração dos sistemas de rádio e de TV comerciais, quando o receptor é móvel, caso dos rádios portáteis ou automotivos.

A terceira configuração consiste de transmissor e receptor ambos móveis. Os usuários de ambos os componentes são livres para se movimentarem. Novamente, a fonte de entrada é geralmente um microfone, e a saída é geralmente um fone de ouvido. Esta é a configuração de sistemas “Intercom Sem Fio”, embora cada usuário, em geral, tenha tanto um transmissor quanto um receptor, para permitir comunicação de duas mãos. Outra aplicação desta configuração é em transmissão de áudio de um microfone sem fio para uma câmera/ gravador portátil em atividades de *broadcast*, cinema, e gravação em vídeo.

A quarta configuração compreende um transmissor e um receptor, ambos estacionários. A entrada típica seria uma fonte de reprodução ou um console de mixagem, enquanto que a saída poderia ser para um sistema de som ou uma estação transmissora. Exemplos desta configuração são fontes sem fio de áudio alimentando múltiplos conjuntos de amplificadores / caixas acústicas para sistemas temporários de som distribuído, conexões remotas a estúdio via rádio e, é claro, transmissões comerciais ou não-comerciais de transmissores fixos para receptores fixos.

### FONTE DE ENTRADA

A fonte de entrada é qualquer aparelho que forneça ao receptor um sinal de áudio apropriado. “Sinal de Áudio Apropriado” significa um sinal elétrico dentro de uma certa faixa de frequência (áudio), uma certa faixa de voltagem (nível de microfone ou nível de linha), e faixa de impedância (alta ou baixa) que possam ser processadas pelo transmissor.

Embora isto imponha alguns limites em fontes de entrada, veremos que quase todo tipo de sinal de áudio pode ser usado com um sistema ou outro.

A fonte mais comum de áudio é um microfone, que pode ter uma variedade de formas: de mão, de lapela, de cabeça, montado em instrumento, etc. O sinal de áudio fornecido por esta fonte é uma frequência de áudio, em nível de microfone, e geralmente de baixa impedância. Uma vez que a parte “sem fio” do microfone sem fio serve só para substituir o cabo, as características e o desempenho de um microfone em particular não deve mudar quando usado como parte de um sistema de microfone sem fio.

Por isso, a escolha do tipo de microfone para um sistema sem fio deve ser feita do mesmo modo como para os microfones com fio. As escolhas habituais de princípio operacional (dinâmico/ condensador), resposta de frequência (plana/ formatada), direcionalidade (omni ou unidirecional), saída elétrica (balanceada/ não balanceada, baixa ou alta impedância), e projeto físico (tamanho, formato, montagem, etc.) precisam ser feitas. Os problemas resultantes da má escolha de microfones somente serão agravados em uma aplicação sem fio.

Outra fonte de entrada muito comum é um instrumento musical, como uma guitarra elétrica, ou um teclado eletrônico portátil. O sinal destas fontes é outra vez frequência de áudio, em nível de microfone ou de linha, e geralmente de alta impedância. Os níveis potencialmente mais altos de sinal e as impedâncias mais altas podem afetar a escolha do transmissor.

Finalmente, fontes gerais de sinal de áudio, como as saídas de um console de mixagem, cassette ou CD-players podem ser consideradas, embora apresentem uma grande variação de níveis e impedâncias. Contudo que estas características estejam dentro das capacidades de entrada do transmissor, estas fontes podem ser usadas com sucesso.

### TRANSMISSOR: DESCRIÇÃO GERAL

Como foi dito antes, os transmissores podem ser fixos ou móveis. Independente do tipo, os transmissores geralmente possuem somente uma entrada de áudio (tipo microfone ou linha), mínimos controles e indicadores (força, ajuste de ganho de áudio) e uma só antena. Internamente, também são funcionalmente o mesmo, exceto pela fonte de alimentação: força AC para os de tipo fixo, e baterias para os modelos portáteis. Os importantes recursos do projeto de transmissores serão mostrados no contexto das unidades portáteis.

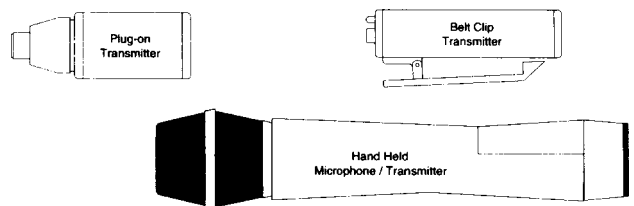


Figura 8: ilustração do transmissor

Transmissores portáteis possuem três formas: *bodypack* (usado preso ao corpo), de mão e de encaixe. Cada um destes tem suas variações quanto a tipos de entrada, controles, indicadores e antenas. A escolha do tipo de transmissor é

geralmente indicada pela escolha da fonte de entrada: microfones de mão geralmente necessitam de transmissores de mão ou de encaixe, enquanto que quase todas as outras fontes são usadas com transmissores tipo *bodypack*.

Os *bodypacks* (também chamados às vezes *transmissores de cinto*) são tipicamente de tamanho reduzido, em formato retangular. Geralmente são providos de um clipe que é fixado na roupa ou no cinto, ou colocado no bolso. A entrada da fonte ao *bodypack* se dá por meio de um cabo que pode estar permanentemente preso ou solto do transmissor. Este conector pode permitir que um mesmo transmissor possa ser usado com uma variedade de fontes de entrada.

Os controles de um transmissor *bodypack* incluem pelo menos uma chave de Liga/Desliga e uma chave de mute (emudecimento), permitindo que a entrada de áudio seja silenciada sem interromper o sinal de rádio. Outros controles podem incluir ajuste de ganho, atenuadores, limitadores, nos sistemas sintonizáveis, a possibilidade de escolha de frequência. Indicadores (geralmente LEDs) de transmissor ligado e de carga da bateria são comuns e desejáveis, ao passo que unidades sintonizáveis às vezes incluem leituras digitais de frequência. Finalmente, a antena para o *bodypack* pode ser na forma de um fio flexível, uma antena curta de borracha, ou o próprio cabo de entrada, como o cabo da guitarra ou de um microfone de lapela.

Transmissores de mão, como o nome indica, consistem de um microfone de mão com cápsula vocal integrada a um transmissor embutido no corpo do microfone. O conjunto completo parece só ligeiramente maior que um microfone de mão com fio. Ele pode ser levado na mão ou montado em um pedestal de microfone, usando-se o adaptador basculante apropriado. A entrada da cápsula ao transmissor é direta, por meio de um conector interno ou de fios. Alguns modelos possuem cápsulas removíveis ou intercambiáveis.

Os controles dos transmissores de mão geralmente se limitam a uma chave Liga/Desliga, uma chave de mute, e ajuste de ganho, embora, do mesmo modo, alguns modelos possam incluir uma seleção de frequência. Os indicadores são comparáveis aos dos transmissores *bodypack*. A antena é geralmente oculta dentro do transmissor de mão, embora certos tipos (geralmente UHF) usem uma antena externa curta.

Transmissores “de encaixe” são um tipo especial projetado para serem conectados diretamente a um microfone de mão típico, permitindo de modo eficiente que muitos microfones comuns se transformem em “sem fio”. O transmissor fica instalado em um pequeno compartimento retangular ou cilíndrico, com um conector integral tipo XLR fêmea. Os controles e indicadores são comparáveis aos encontrados nos *bodypacks*, e a antena geralmente é interna.

Enquanto os transmissores podem variar grandemente em sua aparência externa, internamente todos precisam desempenhar a mesma tarefa: usar o sinal de áudio de entrada para modular uma (onda) portadora de rádio e transmitir o sinal de rádio resultante de modo eficiente. Embora haja muitos modos diferentes de se projetar transmissores sem fio, certos elementos funcionais são comuns à maioria dos projetos atuais. É útil descrever estes elementos, para termos uma visão do desempenho geral e dos usos dos sistemas de microfone sem fio.

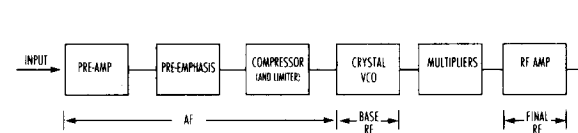


Figura 9: diagrama de blocos de um transmissor controlado a cristal

## TRANSMISSOR: CIRCUITO DE ÁUDIO

A primeira parte do transmissor típico é o circuito de entrada. Esta seção faz o casamento elétrico adequado entre a fonte de entrada e o resto do transmissor. Ela precisa lidar com a gama de níveis de entrada prevista e apresentar a impedância correta à fonte. Controles de ganho e chaves de impedância permitem maior flexibilidade em alguns projetos. Em certos casos, o circuito de entrada também oferece energia elétrica para a fonte (para cápsulas de microfones a condensador).

O sinal deste estágio de entrada passa para a seção de processamento de sinal, que otimiza o sinal de áudio de várias maneiras, face às restrições impostas pela transmissão de rádio. O primeiro processo é

uma equalização especial chamada pré-ênfase, que é projetada para minimizar o nível aparente de ruído de alta frequência (Hiss, ou chiado), que é inevitavelmente acrescentado durante a transmissão. A ‘ênfase’ nada mais é que um reforço especialmente projetado das altas frequências. Quando combinada com uma “de-ênfase” igual (mas oposta) no receptor, o efeito resultante é uma redução do ruído de alta frequência em até 10 dB.

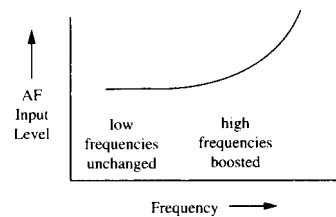


Figura 10a: pré-ênfase no transmissor

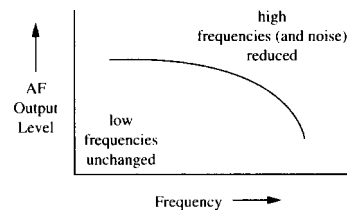


Figura 10b: de-ênfase no transmissor

O segundo processo é chamado “companding” (mistura de compressão e expansão), que é projetada para compensar a faixa dinâmica limitada da transmissão de rádio. A parte do processo efetuada no transmissor é “compressão”, na qual a faixa dinâmica do sinal de áudio é reduzida ou comprimida, tipicamente por um fator de 2:1. De modo semelhante, quando esta é conjugada com uma “expansão” igual mas oposta do sinal no receptor, a faixa dinâmica original do sinal de áudio é restaurada. Quase todos os sistemas de microfone sem fio atuais empregam algum tipo de ‘compressão/ expansão’, permitindo uma faixa dinâmica potencialmente maior que 100 dB.

Um refinamento encontrado em alguns projetos de ‘companding’ é a divisão do sinal de áudio em duas ou mais faixas de frequência. Cada faixa sofre então uma pré-ênfase e é comprimida individualmente. No receptor são aplicadas de-ênfase e expansão separadamente para cada uma destas faixas,

# CAPÍTULO 2

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

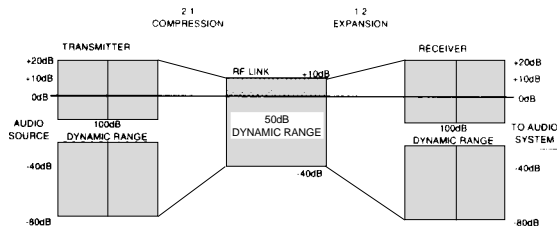


Figura 11: compander

antes de serem combinadas novamente em um sinal de faixa completa. Embora mais caros, os sistemas *companding* multi-faixas podem ter uma capacidade maior de aumentar a faixa dinâmica e a relação sinal-ruído aparente através de toda a faixa de áudio.

Em muitos transmissores, um processo adicional chamado de limitação é aplicado ao sinal de áudio. Isto é feito para evitar sobrecarga e distorção nos estágios subsequentes de áudio, ou para evitar “supermodulação (desvio excessivo de frequência) do sinal de rádio. O ‘limitador’ evita automaticamente que o nível do sinal de áudio exceda alguns níveis previamente determinados, e geralmente é aplicado após a pré-ênfase e o ‘companding’.

## TRANSMISSOR: CIRCUITO DE RÁDIO

Após o processamento, o sinal de áudio é enviado a um oscilador controlado por voltagem (VCO). Esta é a seção que realmente converte o sinal de áudio em um sinal de rádio, por meio de uma técnica chamada Modulação de Frequência (FM). O sinal de áudio de frequência (relativamente) baixa controla um oscilador de alta frequência para produzir um sinal de rádio cuja frequência “modula” ou varia em proporção direta ao sinal de áudio.

O valor máximo de modulação é chamado de desvio, e é especificado em Quilo Hertz (KHz). A quantidade de desvio produzida pelo sinal de áudio é uma função do projeto do transmissor. Sistemas com desvio maior que a frequência de modulação são chamados *de banda larga* (wide band), enquanto que sistemas como desvio menor que a frequência de modulação são chamados de banda estreita (narrow band). Muitos transmissores sem fio situam-se na faixa superior da categoria ‘banda estreita’.

A frequência “base”, ou seja, sem modulação, do oscilador de um sistema de frequência única é fixa. Por projeto, a frequência do sinal do VCO (para um transmissor convencional, controlado a cristal) é muito mais baixa que a frequência de saída desejada par ao transmissor. Para poder obter uma dada frequência de transmissor, a saída do VCO passa por uma série de estágios multiplicadores de frequência. Estes multiplicadores são geralmente uma combinação de dobradores, triplicadores, ou mesmo de quadruplicadores. Por exemplo, um transmissor que empregue dois triplicadores (para uma multiplicação por 9) usaria um VCO com uma frequência base de 20 MHz para obter uma frequência transmitida de 180 MHz. Os multiplicadores também funcionam como amplificadores, para que o sinal de saída esteja também no nível de potência desejado.

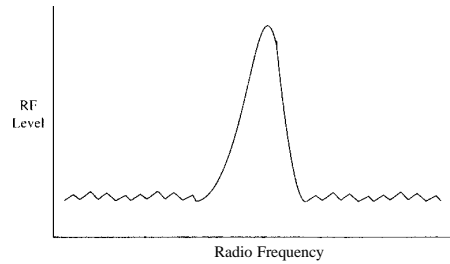


Figura 12a: espectro de sinal FM não modulado

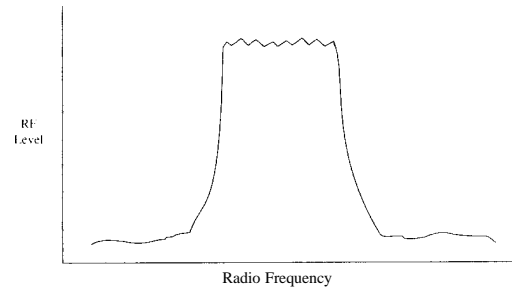


Figura 12b: espectro de sinal FM modulado

Alguns transmissores ajustáveis usam múltiplos cristais para obter múltiplas frequências. A frequência base do VCO para a maioria dos sistemas ajustáveis é determinada por uma técnica chamada de síntese de frequência. Um circuito de controle chamado Phase-Locked-Loop (PLL, ou Loop de Fase Travada) é usado para calibrar a frequência do transmissor em relação a um “clock” de referência, por meio de um divisor de frequência ajustável. Quando se muda o divisor em passos individuais, a frequência do transmissor pode ser variada com precisão ou afinada na faixa desejada. Projetos de frequência sintetizada permitem que o sinal de áudio module o VCO diretamente na frequência do transmissor. Não há necessidade de estágios multiplicadores.

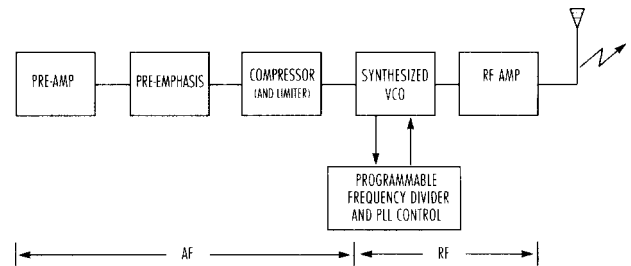


Figura 13: diagrama de blocos de transmissor por síntese de frequência

O último elemento interno do transmissor é a fonte de alimentação. Para transmissores portáteis, a potência é fornecida por baterias. Uma vez que o nível de voltagem de baterias diminui à medida que se descarregam, é necessário projetar o aparelho de modo a que possa operar em uma ampla gama de voltagens e/ou usar um circuito regulador de voltagem. Muitos projetos, especialmente aqueles que usam uma bateria de 9 Volts, usam diretamente a voltagem da bateria. Outros, tipicamente aqueles usando pilhas de 1,5 V, possuem conversores DC - DC que elevam a baixa voltagem até o valor operacional desejado. A vida da bateria varia

SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO: DESCRIÇÃO

# CAPÍTULO 2

grandemente entre os transmissores, desde somente algumas horas até vinte horas, dependendo da potência de saída, tipo de bateria, e da eficiência geral do circuito.

## RECEPTOR: DESCRIÇÃO GERAL

Existem projetos de receptores tanto fixos quanto portáteis. Receptores portáteis parecem externamente com transmissores portáteis: eles são caracterizados por seu tamanho pequeno, uma ou duas saídas (microfone/ linha, fone de ouvido), controles e indicadores mínimos (energia, nível) e (geralmente) uma única antena. Internamente eles são funcionalmente similares a receptores fixos, mais uma vez com a exceção da fonte de alimentação (bateria versus AC). Os recursos importantes dos receptores serão apresentados no contexto das unidades fixas, que possuem uma variedade maior de opções.

Os receptores fixos oferecem vários recursos: as unidades podem ser posicionadas livremente ou montadas em rack; as saídas podem incluir nível de microfone ou de linha, balanceado ou desbalanceado<sup>1</sup>, bem como fones de ouvido. ; indicadores de energia e de nível de sinal de áudio/ rádio geralmente estão presentes; as antenas podem ser removíveis ou instaladas de modo permanente.

Como os transmissores, os receptores podem variar grandemente na forma, mas internamente todos devem atingir um objetivo comum: receber o sinal de rádio eficientemente e convertê-lo em uma saída de sinal de áudio adequada. Também aqui é proveitoso examinar os principais elementos funcionais do receptor típico.

## RECEPTOR: CIRCUITO DE RÁDIO

A primeira seção do circuito receptor é o “front end”, ou entrada. Sua função é oferecer um primeiro estágio de filtragem de rádio frequência (RF), para evitar que sinais de rádio indesejados causem interferência nos estágios subsequentes. Ele deve rejeitar efetivamente sinais que sejam substancialmente maiores ou menores que a frequência

operacional do receptor. Para um receptor de frequência única, a entrada pode ser relativamente estreita. Para um receptor ajustável esta deve ser ampla o bastante para acomodar a faixa de frequências desejada, caso o próprio filtro de entrada não seja ajustável. Estes filtros de entrada usam circuitos de filtro que vão de simples bobinas a “ressonadores helicoidais” de precisão.

A segunda seção do receptor é o “oscilador local” (geralmente abreviado como “LO”). Este circuito gera uma frequência de rádio constante que é relativa à frequência do sinal de rádio recebido, mas que difere deste por um “valor definido”. Receptores de frequência única possuem um oscilador local (LO) de frequência fixa, novamente usando um cristal de quartzo. Receptores ajustáveis possuem um LO ajustável, que geralmente usa um projeto de síntese de frequência.

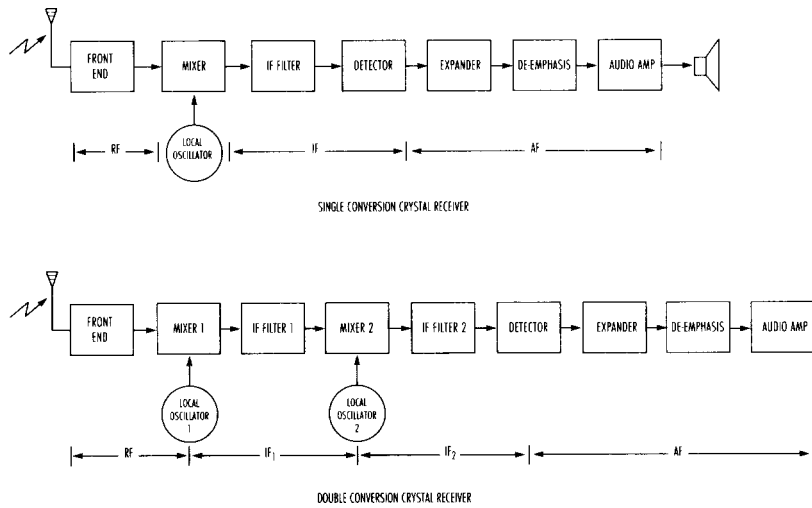


Figura 15: diagrama de blocos de um receptor a cristal

A seguir, o sinal recebido filtrado e a saída do oscilador local são injetados na seção do ‘mixer’, o misturador. O mixer, em um receptor de rádio, é um circuito que combina estes sinais (em um processo chamado ‘heterodinização’) para produzir dois ‘novos’ sinais: o primeiro sinal é a uma frequência que é a soma do sinal frequência recebido e a frequência do oscilador local, enquanto que o segundo é a uma frequência que é a diferença entre o sinal frequência recebido e a frequência do oscilador local. Tanto o sinal somado quanto o sinal subtraído contem a informação de áudio contida no sinal recebido.

Deve ser notado que a frequência LO pode ser maior ou menor que a frequência recebida, e mesmo assim apresentar a mesma diferença de frequência quando combinado no mixer. Quando a frequência LO é menor (mais baixa) que a frequência recebida (o caso mais comum), o projeto é chamado “low-side injection”, injeção da parte inferior; quanto ele é acima, é chamado “high-side injection”, injeção da parte superior.

Os sinais soma e diferença são então enviados a uma série de estágios de filtro, todos afinados na frequência do sinal diferença. Esta frequência é a “frequência intermediária” (IF), assim chamada porque é menor que a frequência de rádio recebida mas ainda assim maior que a frequência de áudio final.

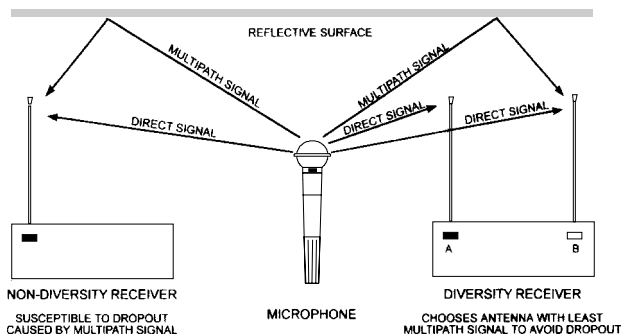


Figura 14: ilustração de um receptor

## CAPÍTULO 2

### ESCOLHA E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO

Ela é também a “quantidade definida” usada para determinar a frequência do oscilador local da seção anterior. Os filtros de IF precisamente afinados são projetados para rejeitar completamente o sinal soma, assim como a frequência LO e o sinal original recebido, e quaisquer outros sinais de rádio que possam ter passado pela entrada (“front end”). Os filtros IF permitem a passagem somente do sinal diferença. Isto converte efetivamente a frequência de rádio recebida (RF) a um sinal de frequência intermediária muito mais baixa (IF), e torna o processamento subsequente de sinal mais eficiente.

Se somente um LO e um estágio de mixer são usados, então só uma frequência intermediária é produzida, e o receptor é chamado de tipo “conversão simples”. Em um receptor de “conversão dupla”, o sinal recebido é convertido no IF final em dois estágios sucessivos, cada qual com seu próprio LO e mixer. Esta técnica pode oferecer maior estabilidade e rejeição de interferência, embora com maior complexidade de projeto e custo. A conversão dupla é mais comum em projetos de receptores UHF, onde frequência de sinal recebida é extremamente alta.

O sinal IF é finalmente injetado no estágio “detetor”, que “demodula, ou seja, extrai o sinal de áudio por meio de um entre vários métodos possíveis. Uma técnica padrão é conhecida como “quadratura”. Quando dois sinais estão fora de fase em relação um ao outro por exatos 90°, diz-se que estão em quadratura. Quando tais sinais são multiplicados juntos, e passados por um filtro passa-baixas, o sinal de saída resultante consiste somente de variações de frequência do sinal de entrada original. Isto elimina efetivamente a frequência portadora (de alta frequência), deixando apenas a informação de modulação de baixa frequência (o sinal de áudio original).

Em um detetor FM de quadratura, o sinal IF passa através de um circuito que introduz uma defasagem de 90° em relação ao sinal IF original. O sinal IF com defasagem é então multiplicado pelo sinal IF direto. Um filtro passa baixa é aplicado ao produto, o que resulta em um sinal que é agora o sinal de áudio originalmente usado para modular a portadora no transmissor.

### RECEPTOR: CIRCUITO DE ÁUDIO

O sinal de áudio passa então por um processamento para completar a recuperação da faixa dinâmica e a ação de redução de ruído iniciada no transmissor: primeiro uma expansão de 1:2, seguida por uma de-ênfase de alta frequência. Como mencionamos na seção do transmissor, este pode ser um processo de múltiplas bandas. Finalmente, um amplificador de saída fornece as características de sinal de áudio (nível e impedância) necessárias para conexão a um aparelho externo como a entrada de um console de mixagem, gravadores, fones de ouvido, etc.

### RECEPTOR: SQUELCH

Um circuito adicional que é importante para o comportamento correto do receptor é chamado de “squelch”, ou emudecimento. A função deste circuito é emudecer ou silenciar a saída de áudio de um receptor na ausência do sinal de rádio desejado. Quando o sinal desejado é perdido (devido a queda em caminhos múltiplos, distância excessiva, perda

de potência do transmissor, etc.) o receptor “aberto” pode captar outro sinal ou “ruído” de fundo de rádio. De modo típico, este é ouvido como um ruído “branco” e é muitas vezes mais alto que o sinal de áudio da fonte desejada.

O circuito tradicional de *squelch* é uma chave de áudio controlada pelo nível do sinal de rádio usando um nível (threshold) fixo ou ajustado manualmente. Quando a força do sinal recebido cai abaixo deste nível, a saída do receptor é emudecida. Idealmente, o nível do *squelch* deve ser ajustado logo acima do ruído de fundo de rádio, ou no ponto onde o sinal desejado começa a tornar-se ruidoso demais para ser aceitável. Ajustes mais altos de *squelch* exigem níveis mais altos de sinal recebido para “desemudecer” o receptor. Uma vez que a força do sinal recebido diminui à medida que a distância aumenta, ajustes mais altos de *squelch* irão diminuir a faixa operacional do sistema.

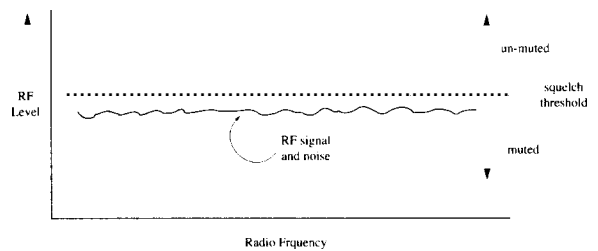


Figura 16: limite de squelch.

Um refinamento do circuito padrão de *squelch* é chamado de “*squelch* de ruído”. Esta técnica baseia-se no fato de que o áudio de um ruído de rádio indesejado tem muito mais energia de altas frequências quando comparado a um sinal de áudio típico. O circuito de *squelch* de ruído compara a energia de alta frequência do sinal recebido a uma voltagem de referência, determinada pelo ajuste do *squelch*. Neste sistema o controle *squelch* determina essencialmente a “qualidade” do sinal (relação sinal/ ruído) necessário para desemudecer o receptor. Isto permite operação a níveis mais baixos de *squelch* com menos possibilidade de ruído, caso o sinal desejado seja perdido.

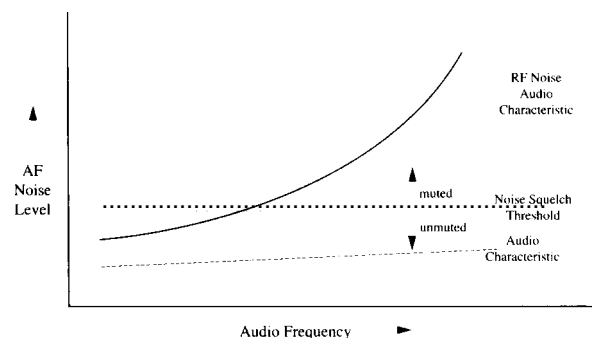


Figura 17: squelch de ruído.

Outro refinamento é conhecido como “tone key”, tecla de tom, ou “tone-code”. Este permite que o receptor identifique o sinal de rádio desejado por meio de um som abaixo ou acima da faixa audível de áudio, o qual é gerado no transmissor e enviado junto com o sinal normal de áudio. O receptor irá desemudecer-se somente quando captar um sinal de rádio de

## CAPÍTULO 2

força adequada e detectar a presença do 'tone-key'. Isto impede de modo eficiente a possibilidade de ruído do sistema quando o sinal do transmissor é perdido. Retardos (delays) para ligar e desligar o aparelho são incorporados para que a chave de força trabalhe de modo silencioso, eliminando a necessidade de uma chave separada para emudecimento.

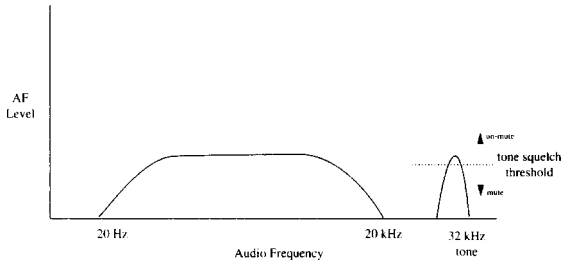


Figura 18: squelch por tecla de tom

### DIVERSIDADE

Receptores fixos são oferecidos em duas configurações externas básicas: diversidade e não-diversidade. Receptores de não-diversidade são equipados com uma única antena, enquanto que os receptores de diversidade possuem geralmente duas antenas. Fora isso, ambos os sistemas podem oferecer recursos similares: as unidades podem ser projetadas para se apoiarem em alguma superfície, ou montadas em rack; as saídas podem incluir nível de microfone ou de linha, balanceadas ou desbalanceadas, bem como fones de ouvido; indicadores de força e de nível de sinal de áudio/ rádio podem estar presentes.

Embora receptores de diversidade tendam a incluir mais recursos que os do tipo não-diversidade, a escolha entre diversidade x não-diversidade é geralmente feita levando-se em conta considerações de desempenho e confiabilidade. Receptores de diversidade podem aumentar significativamente ambas as qualidades por minimizarem o efeito das variações na força do sinal de rádio em uma dada área.

Um elemento necessário no conceito de recepção de rádio por diversidade é a ocorrência de efeitos "multi-vias" na transmissão de rádio. No caso mais simples as ondas de rádio procedem diretamente da antena transmissora à antena receptora em uma linha reta. A força do sinal recebido é só uma função da potência do transmissor e da distância entre as antenas de transmissão e de recepção. Na prática, esta situação só ocorre ao ar livre em terrenos planos e sem obstáculos.

Na maioria das situações, entretanto, existem objetos que atenuam as ondas de rádio, e objetos que as refletem. Uma vez que ambas as antenas (transmissora e receptora) são essencialmente omnidirecionais, o receptor está captando ao mesmo tempo uma combinação variável de ondas de rádio diretas e refletidas. As ondas refletidas e as diretas caminham distâncias diferentes (caminhos, ou vias) até chegarem à antena receptora, daí o termo "multi-via". Estas múltiplas vias resultam em diferentes níveis, tempos de chegada e relacionamentos de fase entre as ondas de rádio.

A força final do sinal recebido em qualquer ponto é a soma das ondas diretas e refletidas. Estas ondas podem reforçar-se ou interferir umas nas outras, dependendo de suas amplitudes relativas e fases. O resultado é uma variação substancial na força média do sinal em toda a área. Isto cria a possibilidade de degradação ou perda do sinal de rádio em certos pontos do espaço, mesmo quando o transmissor está a uma distância relativamente curta do receptor. Pode ocorrer cancelamento do sinal quando as ondas direta e indireta forem iguais em amplitude e opostas em fase.

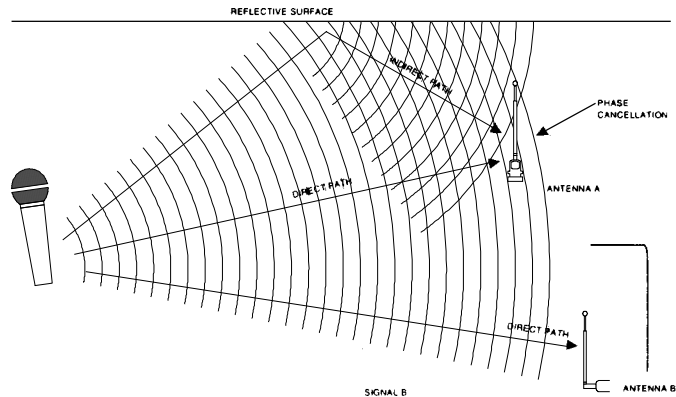


Figura 19: ilustração de multi-vias

Os efeitos audíveis de tal variação de força de sinal variam de um leve som sibilante a ruídos fortes, e até a perda total do áudio. Efeitos similares são notados às vezes na recepção de rádios de automóvel em áreas com muitos edifícios altos. Entretanto, o efeito geralmente dura pouco porque um movimento de apenas um quarto do comprimento de onda é suficiente para escapar da área de problema. Mesmo assim, os resultados são imprevisíveis, desconfortáveis e, no limite, inevitáveis com receptores de uma só antena (não-diversidade).

Diversidade refere-se ao princípio geral de uso de múltiplas (duas) antenas para beneficiar-se da probabilidade muito pequena de quedas simultâneas em dois locais diferentes das antenas. "Diferente" significa que os sinais são substancialmente independentes em cada localização. Isto também é chamado às vezes de "diversidade espacial", referindo-se ao espaço entre as antenas. Em muitos casos, uma separação de pelo menos  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda entre as antenas é necessário para um efeito significativo de diversidade, embora possa se obter um benefício maior se esta distância for aumentada, até uma vez o comprimento de onda. Além desta distância (uma vez o comprimento de onda) o desempenho não aumenta de modo significativo, mas podem-se cobrir áreas maiores devido ao posicionamento mais favorável das antenas.

Há pelo menos cinco técnicas de diversidade que tiveram algum grau de sucesso. O termo "true diversity", diversidade verdadeira, passou a significar aqueles sistemas que possuem dois setores de recepção, mas tecnicamente, quaisquer sistemas que capturem o "campo" de rádio em dois (ou mais) lugares, e que possam escolher ou combinar "inteligentemente" os sinais resultantes são sistemas com diversidade verdadeira.

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

# CAPÍTULO 2

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

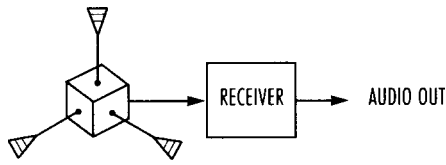


Figura 20: diversidade com antena passiva

A técnica mais simples, chamada “diversidade por antena (passiva)” utiliza um único receptor com uma combinação passiva de duas ou três antenas. Em sua forma mais eficiente (três antenas, cada qual a um ângulo reto em relação às outras duas) consegue evitar perdas totais de sinal, mas ao custo do raio de alcance. Isto é causada pela combinação simples das antenas, que fornece um sinal de saída que é a média do conjunto (de antenas). Isto quase sempre será menos que a saída de uma única antena, posicionada no melhor lugar possível. Também podem ocorrer perdas de sinal quando se usam duas antenas, devido a cancelamentos de fase entre elas. O custo é relativamente baixo, mas a configuração pode ser um pouco trabalhosa.

Uma segunda técnica, chamada de “antena comutadora” (*switching antenna*), consiste de um único receptor com

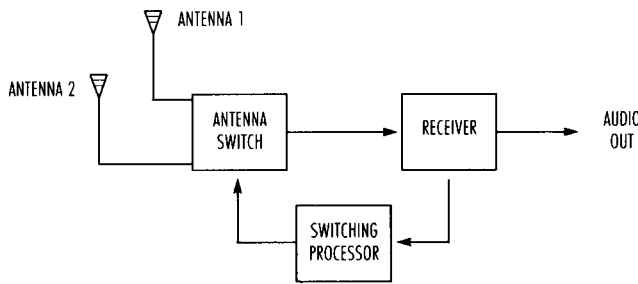


Figura 21: ilustração de antena chaveada

duas antenas. O receptor inclui circuito, às vezes controlado por um microprocessador, que seleciona a antena com melhor sinal, de acordo com uma avaliação do sinal de rádio ou do sinal de áudio. Pode ocorrer ruído na comutação (ou chaveamento), mas este sistema evita a possibilidade de cancelamento de fase entre as antenas porque estas nunca são combinadas. Como o receptor tem uma só seção de rádio e uma só seção de áudio, ele não pode antecipar o efeito que a comutação terá no áudio. O sistema deve avaliar o resultado após cada decisão de chaveamento (ou comutação entre as antenas) rápido o bastante para evitar qualquer efeito audível. Se o chaveamento for incorreto, poderão ocorrer efeitos

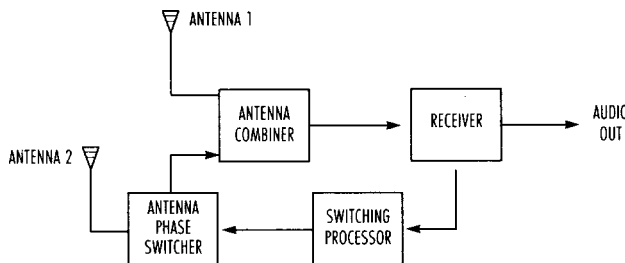


Figura 22: ilustração de sistema de chaveamento de fase de antena

audíveis. O alcance é o mesmo de um sistema de antena única. O custo é relativamente baixo, e a configuração é conveniente.

Uma variação das primeiras duas técnicas é a “Combinação e Comutação de Fase de Antena”. Esta também emprega duas antenas e um só receptor mas oferece um circuito combinador das duas antenas que pode alterar a fase de uma antena em relação à outra, com base na avaliação do sinal. Isto elimina a possibilidade de cancelamento de fase entre as duas antenas. Entretanto, pode ocorrer ruído de comutação, bem como outros efeitos audíveis, caso a comutação seja incorreta: este sistema não consegue antecipar os resultados audíveis antes que a comutação ocorra. O alcance é às vezes maior com combinações favoráveis de antena. O custo é relativamente baixo. A configuração necessita de um espaçamento maior entre as antenas, para um melhor resultado.

“Receptor com Diversidade por Comutação” é o tipo mais comum de sistema de diversidade.

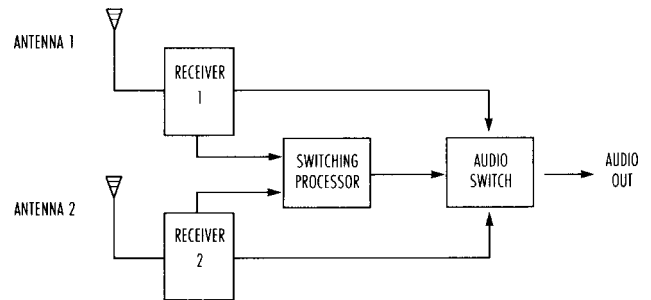


Figura 23: ilustração de comutação do receptor

Ele consiste de duas seções completas de recepção, cada qual com sua própria antena, e de um circuito que seleciona o áudio do receptor que tiver o melhor sinal. É possível ocorrer ruído de comutação, mas estes sistemas podem ter proteção muito boa contra perdas de sinal, quando são corretamente projetados, com pouca probabilidade de outros efeitos audíveis devidos a escolha incorreta. Isto se dá porque o sistema compara a condição do sinal na saída de cada receptor antes de ocorrer a comutação de áudio. O alcance é o mesmo que nos sistemas de antena única. O custo é relativamente maior, e a configuração, conveniente.

“Diversidade por Combinação de Proporção” também usa duas seções de recepção completas com antenas associadas.

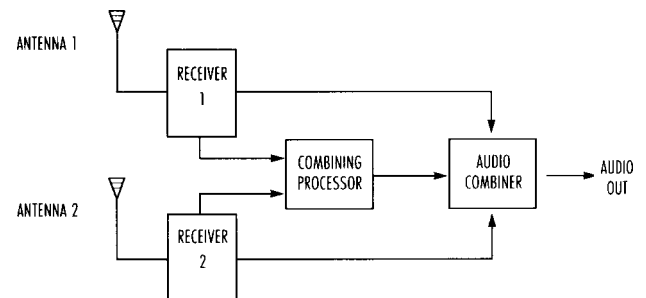


Figura 24: ilustração de combinação de receptores.

Este projeto se beneficia do fato que, na maior parte do tempo, o sinal em ambas as antenas é utilizável. O circuito de diversidade combina as saídas das duas seções de recepção ao mixar ambas proporcionalmente, em vez de comutar -

alternar - entre elas. A qualquer dado momento, a combinação é proporcional à qualidade do sinal de cada receptor. A saída geralmente consistirá de um mix das duas seções de áudio. Em casos de perda de recepção em uma antena, a saída da outra antena é selecionada. Consegue-se excelente proteção contra perda de sinal, sem possibilidade de ruído de comutação, pois o circuito de diversidade é essencialmente um botão de “pan” (o ‘panorâmico’, que leva o som mais para o lado esquerdo, mais para o direito ou ao centro, em um console de mixagem comum) inteligente, não uma chave. A relação sinal/ruído aumenta em 3 dB. O alcance pode ser maior que com sistemas de antena única. O custo é um pouco mais alto, a configuração, conveniente.

Um sistema de diversidade corretamente implementado pode fornecer melhorias mensuráveis em confiabilidade, alcance, e relação sinal/ ruído. Embora um sistema em não-diversidade comparável funcione de modo adequado a maior parte do tempo, em aplicações típicas, a segurança extra permitida por um sistema em diversidade geralmente vale a pena. Isto é particularmente verdadeiro se o ambiente de RF for severo (multivias), o tempo para correção de problemas for mínimo (sem ensaio), ou onde seja exigida uma performance sem perda de sinal (idealmente sempre). Como ultimamente a diferença de preço entre os tipos de sistema, diversidade e não diversidade, tem se tornado menor, o sistema em diversidade é tipicamente o escolhido, exceto nas aplicações mais centradas no aspecto do orçamento.

## ANTENAS

Além dos circuitos contidos em transmissores e receptores, um elemento crítico do circuito é geralmente localizado fora da unidade: a antena. De fato, o projeto e implementação das antenas é pelo menos tão importante quanto os aparelhos aos quais estas são conectadas. Embora haja algumas diferenças práticas entre antenas de transmissão e de recepção, há algumas considerações que se aplicam a ambas. Em particular, o tamanho das antenas é diretamente proporcional ao comprimento de onda (e inversamente proporcional à frequência). Frequências mais baixas de rádio exigem antenas maiores, enquanto que frequências mais altas usam antenas menores.

Outra característica das antenas é sua eficiência relativa ao converter energia elétrica em potência irradiada vice versa. Um aumento de 6 dB em potência irradiada, ou um aumento de 6 dB na força do sinal recebido pode corresponder a um aumento de alcance de 50%. De modo simétrico, uma perda de 6 dB no sinal pode resultar em diminuição de 50% no alcance. Embora estas sejam a melhor (e a pior) possibilidades, a tendência é clara: maior eficiência de antena pode resultar em maior alcance.

A função de uma antena é atuar como interface entre o circuito interno do transmissor (ou receptor) e o sinal de rádio externo. No caso do transmissor, ela deve radiar o sinal desejado tão eficientemente quanto possível, isto é, com a força desejada e na direção desejada. Uma vez que a saída de muitos transmissores é limitada pelos órgãos governamentais reguladores a certos níveis máximos, e uma vez que a vida da bateria (ou pilhas) é uma função da saída de potência, a eficiência da antena é crítica. Ao mesmo tempo, o tamanho e a portabilidade são geralmente muito importantes. Isto resulta em apenas alguns projetos adequados de antenas para transmissor.

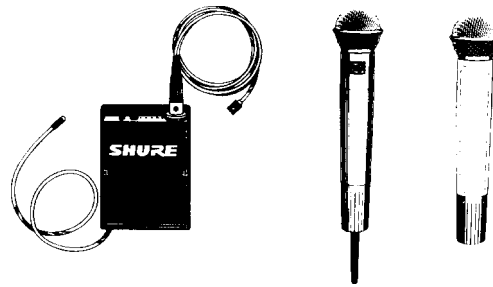


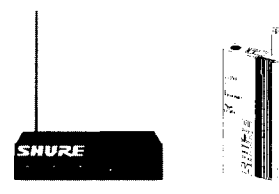
Figura 25: antenas de transmissão

A menor antena simples que é consistente com razoável saída do transmissor é aquela que mede fisicamente (e eletricamente) um quarto do comprimento da onda da frequência de rádio transmitida. Esta é chamada de “antena de 1/4 de onda”. Ela assume diferentes formatos, dependendo do tipo de transmissor usado. Para alguns transmissores *bodypack*, a antena é um pedaço de fio solto, de tamanho adequado. Em outros projetos o cabo que liga o microfone ao transmissor pode ser usado como antena. De qualquer modo, a antena precisa estar estendida em sua totalidade, para máxima eficiência. A largura efetiva de banda deste tipo de antena é grande o bastante para que somente cerca de três diferentes comprimentos sejam suficientes para cobrir toda a região superior da banda de VHF.

Quando a aplicação exige tamanhos ainda menores de antena, usa-se uma antena curta “rubber duckie”<sup>2</sup>, uma antena de 1/4 de onda que é enrolada como uma bobina helicoidal, resultando em um tamanho mais compacto. Há alguma perda de eficiência devido à menor “abertura”, ou comprimento físico. Além disso, estas antenas tem uma largura de banda mais estreita. Isto pode exigir até seis diferentes comprimentos para cobrir toda a faixa alta da gama VHF, por exemplo.

Transmissores de mão geralmente ocultam a antena dentro do corpo da unidade, ou usam as partes metálicas externas do estojo como antena. Qualquer que seja o projeto, a antena raramente tem “mesmo” 1/4 do comprimento de onda. Isto resulta em potência irradiada um tanto menor para um transmissor de mão com uma antena interna versus um projeto *bodypack* comparável que use uma antena externa. Entretanto, a saída da antena é um tanto reduzida quando colocada próxima do corpo do usuário. Uma vez que a antena de uma transmissor de mão está geralmente a uma certa distância do corpo, a diferença prática é geralmente pequena. Transmissores do tipo ‘de encaixe’ normalmente usam o corpo do microfone e o próprio estojo do transmissor como antena, embora os modelos de alguns fabricantes tenham usado uma antena externa. Na prática, a antena típica para transmissão VHF tem eficiência inferior a 10%. As do tipo UHF podem ser significativamente melhores devido ao fato de o comprimento de onda mais curto destas frequências se mais consistente com o uso de uma antena pequena.

Figura 26: receptores sem fio de antena simples



## CAPÍTULO 2

### ESCOLHA E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO

Em todos estes projetos, o padrão de onda de rádio emitido pela antena de  $\frac{1}{4}$  de onda é omnidirecional no plano perpendicular ao eixo da antena. Para uma antena de  $\frac{1}{4}$  de onda orientada verticalmente, o padrão de radiação é omnidirecional no plano horizontal, que é o caso típico de uma antena do tipo fio solto. A saída ao longo do eixo da antena é muito pequena. Uma representação tridimensional da força do campo de uma antena vertical lembra a forma de uma rosquinha horizontal com a antena passando pelo orifício central.

Lembre que uma onda de rádio tem tanto um componente de campo elétrico quanto um componente de campo magnético. Uma antena transmissora de  $\frac{1}{4}$  de onda orientada verticalmente radia um componente de campo elétrico que é também vertical (enquanto que o componente de campo magnético é horizontal). Esta onda é chamada de “polarizada verticalmente”. Orientação horizontal da antena produz uma onda com “polarização horizontal”.

Quando se tratam de receptores, a antena deve captar o sinal de rádio desejado de modo tão eficiente quanto possível. Como a força do sinal recebido é sempre muito menor que o sinal transmitido, isso exige que a antena seja muito sensível ao sinal desejado e na direção desejada. Entretanto, como o tamanho e a localização do receptor são menos restritivas, e como a captação direcional pode ser útil, há uma gama muito maior de tipos de antenas à disposição para uso em receptores.

Aqui novamente, o tamanho mínimo para captação adequada é  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda. Uma antena tipo ‘chicote’ ou telescópica deste tamanho é fornecida com a maioria dos receptores, e também ela é omnidirecional no plano horizontal quando está orientada verticalmente. Uma consideração importante quanto ao desempenho de uma antena receptora de  $\frac{1}{4}$  de onda é que sua eficiência depende até um certo ponto da presença de um “plano de terra”, isto é, uma superfície de metal com comprimento de pelo menos  $\frac{1}{4}$  de onda em uma ou em ambas as direções, e conectada ao terra do receptor na base da antena. Tipicamente, o chassi do receptor ou a placa de circuito impresso do receptor ao qual a antena está conectada age como um plano de terra suficiente.

Caso se deseje maior sensibilidade, ou se for necessário montar uma antena omnidirecional afastada do receptor, geralmente se usam antenas de  $\frac{1}{2}$  comprimento de onda, ou de  $\frac{5}{8}$  de comprimento. Estas antenas tem um “ganho” teórico (aumento de sensibilidade) até 3 dB maior que a antena de  $\frac{1}{4}$  de onda, em algumas configurações. Isto pode resultar em um alcance maior para o sistema. Entretanto, a antena de  $\frac{5}{8}$  de onda, como a do tipo  $\frac{1}{4}$  de onda, somente alcança seu desempenho com um plano de terra apropriado. Sem um plano de terra, efeitos imprevisíveis podem ocorrer, resultando em padrões assimétricos de captação e perda potencial de sinal devido à interface não-ideal entre cabo/ antena.

Uma antena de  $\frac{1}{2}$  comprimento de onda corretamente projetada dispensa o plano de terra, permitindo sua montagem remota com relativa facilidade. Ela também consegue manter a impedância adequada na interface cabo/ antena, ou pode ser ligada diretamente a um sistema de distribuição de antenas receptoras ou transmissoras. Além disso, ela resiste aos efeitos de ruídos elétricos, que poderiam de outro modo ser captados pela interface.

Quando o tamanho da antena é relevante, como é o caso dos receptores portáteis, a *rubber duckie* de  $\frac{1}{4}$  de onda mencionada

anteriormente é uma opção. Projetos de UHF podem usar *rubber duckies* de  $\frac{1}{2}$  onda devidos aos comprimentos menores de onda. Outro tamanho relativamente pequeno de antena pode ser encontrado na forma de uma antena de  $\frac{1}{4}$  de onda com um conjunto de elementos radiais que funcionam com um plano de terra integral. Ambos estes tipos são omnidirecionais no plano horizontal quando montados verticalmente.

Para máxima eficiência, antenas receptoras devem ser orientadas na mesma direção que a antena transmissora. Do mesmo modo como a antena transmissora produz uma onda de rádio que é “polarizada” na direção de sua orientação, também a antena receptora é mais sensível às ondas de rádio que sejam polarizadas na direção em que estiver orientada. Por exemplo, a antena receptora deve ser vertical se a antena transmissora for vertical. Se a orientação da antena transmissora for imprevisível (i.e., uso ‘de mão’), ou se a polarização da onda recebida for desconhecida (devido a reflexões multi-vias), um receptor de diversidade pode ter um benefício ainda maior. Neste caso, muitas vezes é conveniente orientar as duas antenas receptoras em ângulos diferentes, às vezes até a  $45^\circ$  da vertical.

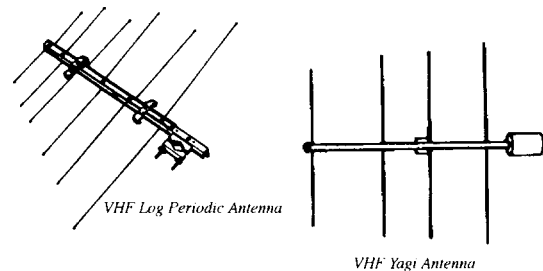


Figura 27: ilustração de antena direcional

Antenas unidirecionais também são disponíveis para sistemas de microfone sem fio. Estes projetos são constituídos de uma haste horizontal com múltiplos elementos transversais, e são do mesmo tipo geral que as antenas para TV de longo alcance. Elas podem ter um alto ganho (até 10 dB comparado com o tipo de  $\frac{1}{4}$  de onda) em uma direção, e podem também rejeitar fontes de interferência que venham de outras direções por até 30 dB.

Dois tipos comuns são o Yagi e a log-periódica. A Yagi consiste de um elemento dipólo e um ou mais elementos adicionais: aqueles localizados na parte de trás da haste são maiores que o elemento dipólo e refletem o sinal de volta para o dipólo, enquanto que os elementos localizados na frente são menores que o dipólo e agem de modo a direcionar o sinal para o dipólo. O (tipo) Yagi tem excelente diretividade mas uma largura de banda um tanto estreita; geralmente é usada para sintonizar apenas um canal de TV (6 MHz).

A Log-periódica alcança largura maior de banda que a Yagi usando múltiplos elementos dipólo em sua estrutura. O tamanho e espaçamento entre os dipólos varia em uma progressão logarítmica, para que a qualquer dada frequência um ou mais dipólos estejam ativos, enquanto os outros funcionam com elementos de reflexão ou de direcionamento, dependendo de seu tamanho e localização em relação ao(s) elemento(s) ativo(s). Quanto maior a haste e quanto maior o número de elementos, tanto maior a largura de banda e a diretividade.

# CAPÍTULO 2

Embora estas antenas direcionais sejam um tanto grandes (90 cm a 1,5 m para VHF) e possam ser mecanicamente desajeitadas para serem montadas, elas podem fornecer maior alcance e maior rejeição de fontes de interferência para certas aplicações. Deve-se notar também aqui que estas antenas precisam ser orientadas com os elementos transversais na direção vertical, em vez de horizontal (do modo como se usaria para recepção de TV), novamente porque as antenas transmissoras são geralmente verticais.

## CABO DE ANTENA

Um componente importante de muitos sistemas de microfone sem fio, que muitas vezes passa despercebido, é o cabo de antena. Aplicações em que o receptor é localizado longe da vizinhança do transmissor e/ ou dentro de racks de metal exigirão o uso de antenas remotas e cabos de conexão. Comparada aos sinais de frequência de áudio, a natureza da propagação de um sinal de frequência de rádio em cabos é tal que perdas significativas podem ocorrer em cabos de comprimento relativamente curto. A perda é uma função do tipo de cabo e da frequência do sinal. A ilustração abaixo dá as perdas aproximadas para vários cabos de antena usados comumente, em diferentes frequências de rádio.

Pode-se notar nesta tabela que estes cabos possuem uma impedância “característica”, tipicamente 50 ohms ou 75 ohms. Idealmente, para perda mínima de sinal em sistemas de antenas, todos os componentes deveriam ter a mesma impedância: isto abrangeria as antenas, cabos, conectores e as entradas dos receptores.

	CABOS DE 50 Ohms	CABOS DE 75 Ohms
PEQUENO DIÂMETRO	RG-58 C/U Belden 8262 Perda: 7,5 dB/ 30 metros Notas: Este é um cabo muito flexível com condutores múltiplos (cabo multifilar), com o qual é fácil de se trabalhar, mas útil somente em tamanhos muito curtos nesta frequência devido a perdas.	RG-59 J/U Belden 9259 Perda: 4,5 dB/ 30 metros Notas: Este cabo possui um condutor central multifilar e blindagem em cobre trançado, mas possui um isolamento celular em polietileno que não é tão irregular quanto o polietileno. Outras versões possuem condutores centrais maciços, que não são tão flexíveis.
DIÂMETRO NOMINAL EM POLEGADAS 0,195 (50 Ohms) 0,242 (75 Ohms)		
DIÂMETRO MÉDIO		RG-6 J/U Belden 9248 Perda: 3,1 dB/ 30 metros Notas: Este cabo possui um condutor central maciço. Pode ser terminado com um conector BNC "crimpado" (Belden BNC0048).
DIÂMETRO NOMINAL EM POLEGADAS 0,274		
DIÂMETRO GRANDE	RG-213 J/U Belden 8267 Perda: 1,8 dB/ 30 metros Notas: Este é um cabo rugoso com condutores multifilares e isolamento de polietileno, apropriado para instalações temporárias ou permanentes tanto para uso interno quanto externo.	RG-11 J/U Belden 9238 Perda: 2,9 dB/ 30 metros Notas: Este cabo possui um condutor central trançado e isolamento multifilar, blindagem em polietileno semi-expandido. Há outras versões com perda menor, mas estes possuem condutores maciços centrais e blindagem por lâmina metálica, não sendo tão flexíveis.
DIÂMETRO NOMINAL EM POLEGADAS 0,405	RG-8 J/U Belden 9913 Perda: 1,8 dB/ 30 metros Notas: Este é um cabo especial de baixa perda para VHF/ UHF, com condutor central maciço e isolamento em polietileno semi-macioso com espaçador espiralado. É um cabo superior para instalações permanentes, mas que não aceita os constantes flexionamentos das instalações temporárias, como ocorre durante turnês de shows.	

Figura 28: tabela de cabos de antena

Na prática, as perdas reais devidas a descasamentos de impedância em sistemas de antena para receptores sem fio são desprezíveis comparadas com as perdas devidas ao comprimento do cabo de antena. Por esta razão, indicamos tipos de cabos de ambas as impedâncias, que podem ser usadas indistintamente na maioria das aplicações.

Obviamente, mesmo os benefícios de uma antena de alto ganho podem ser rapidamente perdidos se for usado o tipo errado de cabo, ou com comprimento demasiado grande. Em geral, os comprimentos de cabos de antena devem ser mantidos tão curtos quanto possível. Além disso, a construção do cabo deve ser considerada: cabos coaxiais com um condutor central maciço e blindagem/ isolamento firmes são mais adequados para instalações permanentes, enquanto que cabos com condutores multifilares e

blindagem/ isolamento flexíveis devem ser usados para aplicações portáteis, que demandam instalações repetidas. Finalmente, o número de conexões no caminho do sinal da antena deve ser mantido em um mínimo.

## DISTRIBUIÇÃO DE ANTENAS

O último componente encontrado em alguns (dos maiores) sistemas de microfone sem fio é algum tipo de distribuição de sinal de antena. Geralmente é desejável reduzir o número total de antenas em sistemas múltiplos, distribuindo-se o sinal de um conjunto de antenas para vários receptores. Isto geralmente é feito para simplificar a configuração do sistema, mas também pode aumentar o desempenho ao reduzir certos tipos de interferência como será visto mais adiante.

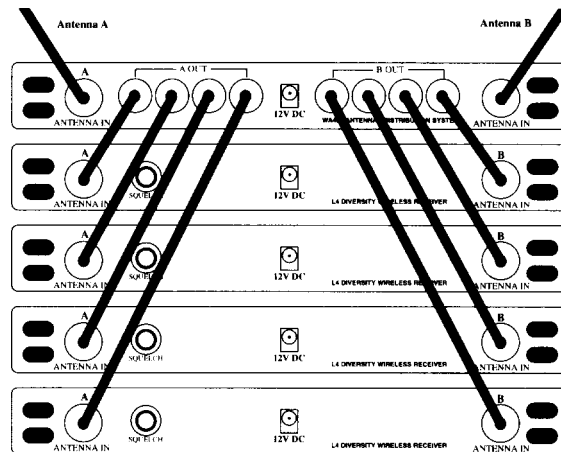


Figura 29: distribuição de antenas

Há dois tipos gerais de distribuição de antenas disponíveis: passivo e ativo. A divisão passiva de antenas é obtida com dispositivos simples em linha que oferecem casamento de impedância de RF para garantir mínima perda. Ainda, uma só divisão passiva resulta em perda de cerca de 3 dB, o que pode significar alguma perda de alcance. Múltiplas divisões passivas são impraticáveis devido à perda excessiva de sinal.

Para permitir o acoplamento de sinais de antenas de mais receptores e para superar a perda dos divisores passivos, usam-se amplificadores ativos de distribuição de antena. Estes também são conhecidos como “divisores ativos de antenas”, ou “multi-acopladores de antenas”.

Embora ofereçam amplificação suficiente para compensar as perdas do divisor, eles geralmente operam com ganho geral “unitário”, isto é, não ocorre amplificação líquida. Embora um multi-acoplador seja geralmente um acessório separado, alguns projetos de receptor são equipados com distribuição interna de antena quando múltiplas seções de receptor são incorporadas no mesmo chassi, como em sistemas modulares ou ‘card-cage’ (caixa de cartas).

Divisores ativos de antena separados podem tipicamente alimentar até quatro receptores a partir de um único conjunto de antenas. Se mais receptores forem necessários, as saídas de um amplificador de distribuição podem alimentar as entradas de um segundo conjunto de amplificadores de distribuição. Cada um destes pode então alimentar vários receptores. Um número maior de divisores ativos é impraticável, devido à possibilidade de maior distorção e interferência de RF.

# CAPÍTULO 3

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

## BANDAS DE FREQUÊNCIA PARA SISTEMAS SEM FIO

Todo sistema de microfone sem fio transmite e recebe em uma frequência específica de rádio, chamada de frequência operacional. A alocação e regulamentação do uso de rádio frequências é supervisionada por órgãos específicos do governo de cada país, daí resultando que as frequências e bandas de frequências permissíveis (legais) variam de país para país. Além das frequência, estes órgãos tipicamente especificam outros aspectos do próprio equipamento, incluindo: potência permitida para o transmissor, o desvio máximo (para FM), emissão de espúrios, etc. Estas especificações diferem de uma banda para outra, e de um usuário para outro dentro de uma dada banda. Por este motivo, não é possível escolher uma frequência específica ou mesmo uma banda de frequência que seja (legalmente) utilizável em todas as regiões do mundo. Além disso, não é possível projetar um só tipo de equipamento sem fio que satisfaça as especificações de todos ou mesmo de muitos destes órgãos do mundo todo.

O uso destas bandas nos Estados Unidos é regulamentado pelo FCC (Comissão Federal de Comunicação) e certas frequências dentro de cada banda foi projetada para uso por microfones sem fio, assim como por outros serviços. Nos Estados Unidos as frequências usadas para estes sistemas podem ser agrupadas em quatro bandas ou faixas gerais.

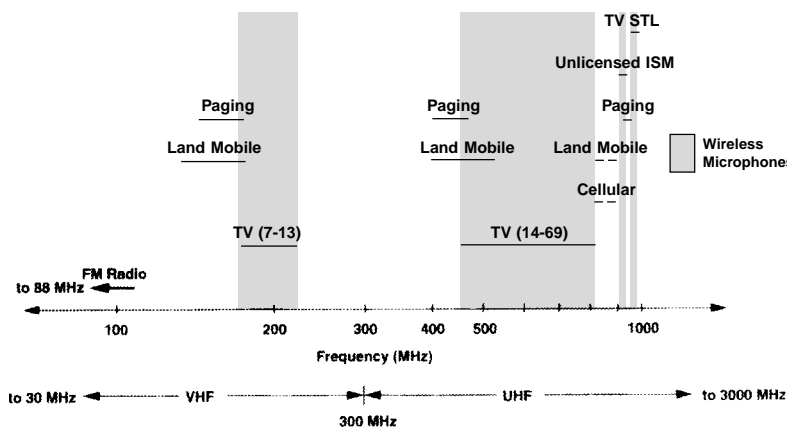


Figura 30: ilustração de banda de frequência

VHF banda baixa (49 - 108 MHz), VHF banda alta (169 - 216 MHz), UHF banda baixa (450 - 806 MHz) e UHF banda alta (900 - 952 MHz). VHF vem de *Very High Frequency*, e UHF de *Ultra High Frequency*.

O FCC determina ainda quem pode operar em qual banda e quem tem prioridade se mais de um usuário estiver operando. Usuários “primários” incluem emissoras (*broadcasters*) licenciadas (rádio e TV) e serviços de comunicação comercial (rádios 2 vias, pagers e telefones celulares). Os sistemas de microfone sem fio são sempre considerados como de uso “secundário”. Em geral, a prioridade é dos usuários primários: usuários secundários não podem interferir com usuários primários mas usuários secundários devem aceitar (sofrer) interferência de usuários primários.

Sobre a questão do licenciamento, deve ser notado que enquanto os fabricantes tiverem que ser licenciados pelo FCC para vender equipamentos sem fio, é responsabilidade do operador observar as regulamentações do FCC quanto ao seu uso prático.

Vamos descrever brevemente cada banda e suas vantagens e desvantagens para operação de sistema de microfone sem fio, com base nos usuários designados da banda, as características físicas desta, bem como suas limitações regulamentares.

### VHF

No começo da faixa de VHF banda baixa está a região dos 49 MHz, usada não só por microfones sem fio como também por telefones sem fio, walkie-talkies, e brinquedos controlados por rádio. 54 a 72 MHz é ocupada pelos canais de TV por VHF de 2 a 4. A área de 72 MHz é usada para sistemas de microfone sem fio do tipo audição assistida. A banda de 76 a 88 MHz é destinada aos canais de TV por VHF 5 e 6. No topo, 88 a 108 MHz é a banda para transmissão de rádios comerciais por FM. Todas estas regiões foram usadas em um momento ou outro por sistemas de microfone sem fio. Os limites de desvio permitidos (tipicamente até 15 KHz) podem acomodar áudio de alta fidelidade (assim como para transmissão em FM). A propagação destas ondas pelo ar é muito boa, assim como sua capacidade de atravessar muitas substâncias não metálicas (devido ao seu comprimento de onda relativamente grande). O recurso de operação mais atraente nesta banda é o baixo custo do equipamento.

Exceto para os sistemas de audição assistida, entretanto, o VHF banda baixa não é recomendado para aplicações sérias. Devido ao grande número de usuários primários e secundários, e altos níveis de “ruído” geral de rádio frequência (RF), esta banda é propensa a interferência de muitas fontes. A potência do transmissor é limitada a menos de 50 mW (exceto na banda de 72 a 76 MHz, onde até 1 watt é permitido para audição assistida). Finalmente, o tamanho mínimo apropriado de antena para unidades nesta banda podem ter mais de 1 metro de comprimento (1/4 de uma onda de cinco metros), o que pode limitar severamente a portabilidade e/ou a eficiência.

A seguir vem a faixa de VHF banda alta, a mais amplamente usada para aplicações profissionais, e na qual existem sistemas de qualidade a uma variedade de preços. Nos Estados Unidos a faixa de VHF banda alta é dividida em duas bandas que podem ser usadas por usuários de microfones sem fio. A primeira, de 169 a 172 MHz, inclui oito frequências específicas designadas pela FCC (Parte 90.263b ou simplesmente “Part 90”) para uso de microfones sem fio pelo público em geral. Estas frequências são geralmente chamadas “travelling frequencies”, ou frequências de viagem, porque podem (teoricamente) ser usadas em todos os Estados Unidos sem preocupação de interferência de emissoras de televisão. Os limites legais de desvio (+12 KHz) permitem transmissão de áudio de alta qualidade.

BANDAS DE FREQUÊNCIA PARA SISTEMAS SEM FIO

# CAPÍTULO 3

Repete-se limitação da potência a 50 mW. As características de propagação são boas, e o comprimento de antena é mais cômodo, cerca de meio metro para uma do tipo ¼ de onda.

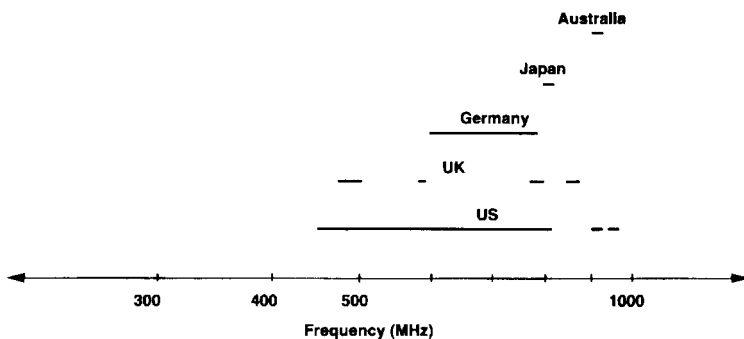
Infelizmente, os usuários primários nesta banda incluem muitas bandas comerciais e operações governamentais como controle florestal, usinas hidroelétricas, e a guarda costeira. Como a categoria de usuário secundário não é restritiva, o potencial de interferência tanto de usuários primários quanto de outros usuários secundários está sempre presente. Ainda, o ruído geral de RF é ainda bem alto nesta banda. Além do que, devido à limitação da largura do espectro de frequências disponível, e ao espaçamento para as oito bandas prescritas, só é possível operar no máximo, duas ou três unidades simultaneamente em frequências de viagem ('travelling'). Finalmente, estas frequências geralmente não são legais fora dos Estados Unidos e Canadá.

A maior região de VHF banda alta é a que vai de 174 a 216 MHz. Os usuários primários desta banda são os canais de TV de 7 a 13. Também aqui é possível a transmissão de áudio de alta qualidade dentro dos limites legais de desvio (+15 KHz). A restrição de potência a 50 mW é a mesma que para a banda baixa, as perdas na propagação são mínimas, e os tamanhos aceitáveis de antenas de ¼ de onda vão até menos que 35 cm.

A possibilidade de interferência de outros usuários secundários e ruído de RF geral existe, mas é muito menos provável que para as frequências da banda baixa. Além disso, embora esta faixa inclua usuários primários (os canais de TV de 7 a 13), há muitas frequências disponíveis (canais locais de TV que não são usados) na maior parte do território dos Estados Unidos e em muitos outros países também.

## UHF

Como a região VHF, a de UHF contém várias bandas que são usadas por sistemas de microfones sem fio. Entretanto, existem certas diferenças físicas, de regulamentação e econômicas entre as bandas de VHF e de UHF que devem ser notadas.



**Nota: Não há um único sistema UHF que seja Legal no mundo todo.**

Figura 31: tabela de alocação mundial de UHF

A característica física primária das ondas de rádio UHF é seu comprimento de onda muito mais curto (um terço a dois terços de um metro). A consequência mais aparente disto é o

comprimento muito menor das antenas para sistemas de microfones sem fio UHF. Outra consequência menos óbvia é a propagação reduzida das ondas de rádio tanto através do ar quanto outros materiais não metálicos, como paredes e seres humanos, resultando em potencialmente menos alcance para uma potência irradiada comparável. Outra é o aumento das reflexões das ondas de rádio devido a objetos menores, resultando em interferência comparativamente mais frequente e mais severa devido a multi-vias (quedas ou perdas de sinal). Entretanto, receptores por diversidade são muito eficientes na banda UHF, e o espaçamento exigido pelas antenas é mínimo.

Se por um lado a regulamentação para usuários e para licenciamento é essencialmente a mesma nas bandas de VHF e de UHF, são permitidas duas diferenças em potencial. Os sinais de FM na banda UHF podem ocupar uma largura maior de banda. Isto permite efetivamente maior desvio, para largura de banda e faixa dinâmica potencialmente mais amplas. Além disso, permite-se maior potência de transmissão (até 250 mW). Finalmente, o espectro de rádio disponível para uso por sistemas de microfones sem fio UHF é quase oito vezes maior que para a banda alta de VHF. Isto permite que um número muito maior de sistemas seja operado simultaneamente.

Na prática, os limites efetivamente maiores de desvio de UHF geralmente não são usados devido à redução resultante do número de sistemas que podem operar simultaneamente. A maior largura da faixa da banda possível para cada um dos sistemas ocupa mais 'espaço' na faixa de frequências disponíveis. Também é raro o uso de maior potência do transmissor devido à diminuição da vida das baterias e ao maior risco de interferência mútua entre os sistemas. Entretanto, mesmo com desvio e potência limitados, a possibilidade de maior número de sistemas simultâneos é um grande benefício em certas aplicações. Isto é especialmente verdadeiro pelo fato de sistemas UHF poderem ser usados junto com sistemas VHF no mesmo local, sem interferência.

A diferença primária entre operar com sistemas VHF ou UHF é o custo relativamente maior do equipamento UHF. Os aparelhos UHF são tipicamente mais difíceis e portanto mais caros de se projetar e fabricar. Em diversos aspectos, isto decorre do comportamento de sinais de rádio de alta frequência (comprimento de onda curto, 'ondas curtas'). Os sistemas UHF atuais custam de 2 a 10 vezes mais que sistemas VHF comparáveis. Este diferencial de custo aplica-se a antenas, cabos e outros acessórios, bem como ao transmissor e receptor básicos. Esta diferença tende a se manter até que a economia de escala atinja a banda UHF, embora a tendência seja em direção a menos opções de preços de equipamentos de UHF.

A faixa de frequências UHF banda baixa pode ser considerada como a interseção de duas bandas: baixa (450 - 536 MHz) e alta (470 - 806 MHz). Os usuários primários destas bandas são serviços comerciais como radiofonia móvel em terra e pagers (450 - 536 MHz) e canais de TV UHF de 14 a 69 (470 - 806 MHz). Assim como na região de VHF banda alta, os canais de TV não ocupados são destinados ao uso de sistemas de microfones sem fio por transmissoras e produtores

# CAPÍTULO 3

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

de vídeo/ cinema. Estes são os usuários primários (comércio e TV) na parte inferior da banda, mas é raro ocorrer interferência de usuários primários na parte alta (não comercial) da banda, devido número relativamente pequeno e ao menor alcance das estações transmissoras de TV por UHF. Outros usuários secundários e ruído de RF também são menos prováveis nestas frequências.

Assim com no VHF alta banda, também é necessário licenciamento na banda UHF. O tamanho mínimo necessário para uma antena de  $\frac{1}{4}$  de onda é de 10 cm a 17 cm (somente de um quarto a metade da necessária para VHF).

O equipamento tem preço moderadamente alto, e recomenda-se enfaticamente o uso de sistemas de diversidade, mas pode-se obter áudio de alta qualidade junto com o uso de um grande número de sistemas simultâneos.

A banda alta de VHF (acima de 900 MHz) inclui links STL (Studio to Transmitter Links) e outros usuários primários. Esta banda oferece canais adicionais e potencialmente menos interferência por ruído de RF, assim como comprimentos de antena de 7,5 cm a 10 cm. Outras características operacionais são similares à UHF banda baixa. Finalmente, deve-se ter em mente que a alocação destas bandas é sempre sujeita a mudanças à medida que aumenta a demanda por espectro. Nos Estados Unidos, por exemplo, estão sendo consideradas propostas de uso de canais de TV por VHF não ocupados em grandes centros urbanos por serviços móveis em terra, assim como propostas para designar largura de banda adicional para estações existentes, como HDTV - TV de Alta Definição. Tecnologias como a transmissão por espectro aberto (*spread spectrum transmission*) também podem diminuir ainda mais a disponibilidade de certas bandas para uso de microfones sem fio. Como sempre, estas alocações (de bandas) variam de país para país de um modo ainda menos previsível.

## ESCOLHA DE FREQUÊNCIAS

O processo de escolha do sistema de microfone sem fio envolve escolher primeiro uma banda apropriada de frequência de rádio, e segundo o número de frequências de operação desejado naquela banda. Como indicado acima, há um número finito de sistemas de microfone sem fio que podem ser usados simultaneamente em qualquer faixa de frequência. As razões para estas limitações são muitas, e situam-se na categoria geral de coordenação de frequências, ou “compatibilidade”. Iremos definir cada um destes fatores e examinar cada um em termos de origem, efeitos, e importância relativa em relação à compatibilidade total do sistema. Na primeira seção consideraremos somente interações que podem ocorrer entre os próprios sistemas de microfone sem fio individuais. Interações externas (não do sistema) serão discutidas na segunda seção.

Neste ponto deve ser dito que a coordenação de frequências é um processo que deve levar em conta vários fatores, incluindo físicos (limitações), matemáticos (cálculos) e políticos (regulamentações). Para muitos usuários não é necessário ler os detalhes deste processo. Os fabricantes de sem fio oferecem este serviço por meio de grupos de frequências pré selecionadas, e também pode auxiliar aplicações complexas usando programas próprios de computador. A seguir, uma apresentação do processo para o usuário interessado.

## COMPATIBILIDADE DE SISTEMA

As duas principais áreas de preocupação são: interação entre transmissores e receptores relacionada com suas frequências operacionais, e interações entre transmissores e receptores relacionada com suas frequências internas. O primeiro tipo é o mais importante, e pode ocorrer em qualquer grupo de sistemas de microfone sem fio. Ele também pode ser o mais trabalhoso para calcular. O segundo tipo é menos problemático e também relativamente fácil de prever. Entretanto, ele é determinado por características específicas do sistema.

## FREQUÊNCIAS OPERACIONAIS: INTERMODULAÇÃO

Teoricamente, um único sistema de microfone sem fio pode ser usado em qualquer frequência operacional. Quando se acrescenta um segundo sistema, este deve ser de outra frequência operacional, para ser usado ao mesmo tempo que o primeiro. Esta limitação decorre da natureza dos receptores de rádio: eles não conseguem demodular adequadamente mais que um sinal na mesma frequência. Em outras palavras, um receptor não consegue “mixar” os sinais enviados por múltiplos transmissores. Se um sinal for substancialmente mais forte que outros, ele irá “capturar” o receptor e bloquear os outros sinais. Se os sinais tiverem força comparável, nenhum deles será recebido claramente.

O efeito disso é geralmente notado em rádios de automóveis que viajam e saem do alcance de uma estação e entram no alcance de outra estação de mesma frequência. O receptor oscilará entre uma e outra à medida que seus sinais relativos mudam, geralmente com considerável ruído e distorção. O resultado é que nenhuma das estações é audível quando os sinais são quase iguais.

Mas qual deve ser esta “diferença”, já que os sistemas sem fio têm que ter frequências diferentes? Neste aspecto, a característica restritiva do receptor é a sua “seletividade”, ou seja, sua capacidade de diferenciar entre frequências adjacentes, ou ‘vizinhas’. Quanto maior a seletividade, mais próximas poderão ser as frequências operacionais. Muitos fabricantes recomendam uma diferença mínima de 400 KHz (0,4 MHz) entre dois sistemas quaisquer.

Quando se acrescenta um terceiro sistema ao grupo, já não basta que as frequências tenham pelo menos 400 MHz de distância. Para escolher uma terceira frequência que seja compatível com as duas primeiras é necessário considerar interações potenciais entre as frequências operacionais. O tipo mais importante de interação é chamado intermodulação (IM), e surge quando sinais são aplicados a circuitos não lineares.

Uma característica de um circuito não linear é que a saída contém “novos” sinais, além dos sinais originais aplicados ao circuito. Estes sinais adicionais são chamados produtos de IM e são produzidos dentro dos próprios componentes. Consistem de somas e diferenças dos sinais originais, múltiplos dos sinais originais, e somas e diferenças dos múltiplos. Circuitos não lineares são inerentes ao projeto de componentes sem fio, e incluem os estágios de saída de transmissores e estágios de entrada de receptores.

Pode ocorrer IM quando os transmissores estiverem muito próximos um do outro. O sinal de cada transmissor gera produtos de IM no estágio de saída do outro. Estes novos

# CAPÍTULO 3

sinais são transmitidos junto com os sinais originais e podem ser captados pelos receptores que estiverem operando na frequência correspondente.

Também pode ocorrer IM quando transmissores são operados muito próximos dos receptores. Neste caso os produtos de IM são gerados no estágio de entrada do receptor, que pode interferir com o sinal desejado ou ser detectado pelo receptor se o sinal desejado (transmissor) não estiver presente.

Os produtos de IM mais simples que podem ocorrer entre quaisquer duas frequências operacionais ( $f_1$  e  $f_2$ ) são a soma das duas frequências e a diferença (subtração) entre as duas frequências.

$$f_1 + f_2$$

$$f_1 - f_2$$

Se escolhermos  $f_1 = 200$  MHz e  $f_2 = 195$  MHz, então:

$$f_1 + f_2 = 200 + 195 = 395 \text{ MHz}$$

$$f_1 - f_2 = 200 - 195 = 5 \text{ MHz}$$

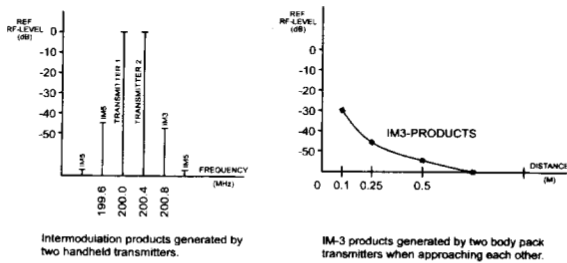


Figura 32: ilustração de comportamento de circuito não linear

Estes produtos de IM são suficientemente afastados das frequências originais para geralmente não causar problemas a um terceiro sistema de microfone sem fio na banda de frequência original.

Entretanto, como mencionado antes, os outros produtos dos circuitos não lineares são múltiplos da frequência original (fundamental). Isto é, a aplicação de uma única frequência a um circuito não linear irá gerar produtos adicionais com o dobro, o triplo, quádruplo, etc., da frequência original. Felizmente, a força destes produtos cai rapidamente à medida que o multiplicador aumenta. O resultado prático é que somente os produtos com o dobro e o triplo da frequência original são significativos. Uma vez que estes produtos combinam-se então com as frequências originais, podem ocorrer os seguintes produtos adicionais:

- (2 x  $f_1$ )
- (2 x  $f_2$ )
- (3 x  $f_1$ )
- (3 x  $f_2$ )
- (2 x  $f_1$ ) ±  $f_2$
- (2 x  $f_2$ ) ±  $f_1$
- (2 x  $f_1$ ) ± (2 x  $f_2$ )
- (3 x  $f_1$ ) ±  $f_2$
- (3 x  $f_2$ ) ±  $f_1$
- (3 x  $f_1$ ) ± (2 x  $f_2$ )
- (3 x  $f_2$ ) ± (2 x  $f_1$ )
- (3 x  $f_1$ ) ± (3 x  $f_2$ )

A “ordem” ou tipo de produto de IM é identificada pela combinação particular de frequências que o criou. A ordem de um produto de IM é a soma dos multiplicadores (coeficientes) das frequências nas expressões acima.

O grupo completo de frequências possíveis (frequências originais, produtos e combinações de intermodulação) que podem existir quando dois sistemas (a 200 MHz e 195 MHz para este exemplo) são operados simultaneamente é o seguinte:

Product	Order	Frequency	Significant
$f_1$ (fundamental)	1	200	Yes
$f_2$ (fundamental)	1	195	Yes
$2 \times f_1$	2	400	No
$2 \times f_2$	2	390	No
$f_1 + f_2$	2	395	No
$f_1 - f_2$	2	5	No
$3 \times f_1$	3	600	No
$3 \times f_2$	3	585	No
(2 x $f_1$ ) + $f_2$	3	595	No
(2 x $f_1$ ) - $f_2$	3	205	Yes
(2 x $f_2$ ) + $f_1$	3	580	No
(2 x $f_2$ ) - $f_1$	3	190	Yes
(3 x $f_1$ ) + $f_2$	4	795	No
(3 x $f_1$ ) - $f_2$	4	405	No
(3 x $f_2$ ) + $f_1$	4	785	No
(3 x $f_2$ ) - $f_1$	4	385	No
(2 x $f_1$ ) + (2 x $f_2$ )	4	790	No
(2 x $f_1$ ) - (2 x $f_2$ )	4	0	No
(3 x $f_1$ ) + (2 x $f_2$ )	5	990	No
(3 x $f_1$ ) - (2 x $f_2$ )	5	210	Yes
(3 x $f_2$ ) + (2 x $f_1$ )	5	985	No
(3 x $f_2$ ) - (2 x $f_1$ )	5	185	Yes
(3 x $f_1$ ) + (3 x $f_2$ )	6	1185	No
(3 x $f_1$ ) - (3 x $f_2$ )	6	15	No

# CAPÍTULO 3

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

Embora esta lista de combinações calculadas de frequências seja longa, pode-se ver que somente os produtos de IM a 185, 190, 205 e 210 MHz estão na mesma banda geral de frequência que as duas frequências operacionais originais. Estes produtos não causarão problemas de compatibilidade entre os dois sistemas originais, mas podem interferir com outros sistemas que podem ser acrescentados nesta faixa. Neste exemplo, a frequência operacional de um terceiro sistema deve ser escolhida de modo a evitar estas quatro frequências de IM.

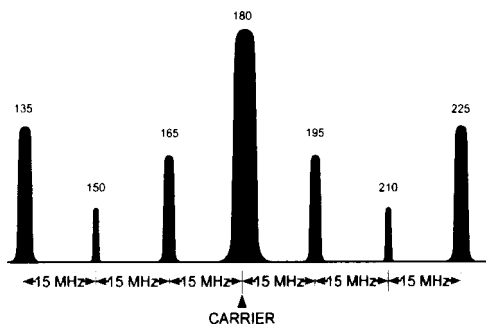


Figura 33: gráfico de produtos de intermodulação (carrier = portadora)

Em geral, somente se levam em conta os produtos de IM ímpares, já que os pares geralmente caem longe das frequências originais, como mostrado acima. Além disso, embora produtos de IM ímpares também possam cair perto das frequências originais, somente os produtos de IM de terceira e de quinta ordem são fortes o bastante para preocuparem.

Se três ou mais sistemas forem operados simultaneamente, a situação torna-se um tanto mais complicada, mas os princípios que se aplicam são os mesmos. Além dos produtos de IM calculados para cada par de frequências, é preciso considerar também os produtos resultantes das combinações de três transmissores.

Para determinar a compatibilidade de três frequências (200 MHz, 195 MHz e 185 MHz neste exemplo) as combinações significantes serão:

Product	Order	Frequency
f1	1	200
f2	1	195
f3	1	190
f1 + f2 - f3	3	205 *
f1 - f2 + f3	3	195
f2 + f3 - f1	3	185
(2 x f1) - f2	3	205
(2 x f2) - f1	3	190 *
(2 x f2) - f3	3	200 *
(2 x f3) - f2	3	185
(2 x f1) - f3	3	210
(2 x f3) - f1	3	180
(3 x f1) - (2 x f2)	5	210
(3 x f2) - (2 x f1)	5	185
(3 x f2) - (2 x f3)	5	205
(3 x f3) - (2 x f2)	5	180
(3 x f1) - (2 x f3)	5	220
(3 x f3) - (2 x f1)	5	170

Neste exemplo, pode-se ver que há dois produtos de terceira ordem (decorrentes do uso) de dois transmissores,  $(2 \times f2) - f1$  e  $(2 \times f2) - f3$ . O produto potencialmente criado pelos transmissores 1 e 2 cai diretamente na frequência operacional do receptor 3. Isto sugere que se os transmissores 1 e 2 forem colocados próximos, ou se forem ambos colocados próximos ao receptor f3 o produto de IM resultante poderá causar interferência no receptor 3, especialmente se o transmissor f3 estiver desligado. Uma situação similar ocorre com os transmissores f2 e f3 e o receptor f1.

Channel no.	Channel boundaries	Picture	Color	Sound	Receiver/processor local oscillator
VHF television frequencies (low band)					
2	54-60	55.25	58.83	59.75	101
3	60-66	61.25	64.83	65.75	107
4	66-72	67.25	70.83	71.75	113
5	76-82	77.25	80.83	81.75	123
6	82-88	83.25	86.83	87.75	129
(high band)					
7	174-180	175.25	178.83	179.75	221
8	180-186	181.25	184.83	185.75	227
9	186-192	187.25	190.83	191.75	233
10	192-198	193.25	196.83	197.75	239
11	198-204	199.25	202.83	203.75	245
12	204-210	205.25	208.83	209.75	251
13	210-216	211.25	214.83	215.75	257

Figura 34: intermodulação entre dois transmissores

A figura abaixo ilustra a possibilidade de interferência devida à combinação de todos os três transmissores. Neste caso, o produto de terceira ordem resultante de três transmissores  $(f1 + f2 + f3)$  cai diretamente na frequência operacional do receptor 4. De novo, esta possibilidade aumenta com a proximidade dos transmissores um ao outro ou ao quarto receptor.

Produtos de IM de quinta ordem geralmente não têm força suficiente para causar problemas, mas podem ser um fator em casos

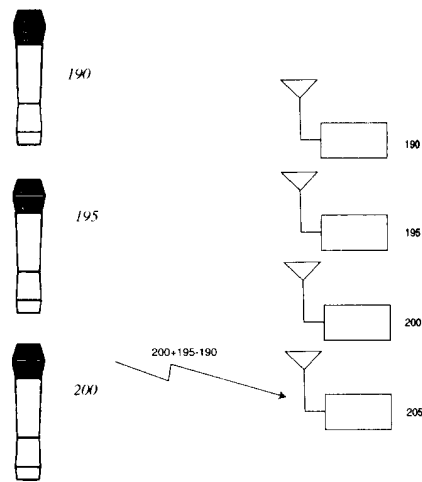


Figura 35: intermodulação de três transmissores

de extrema proximidade entre transmissores ou receptores. Produtos de IM de quinta ordem com três transmissores tais como  $(3 \times f1) - f2 - f3$  e  $(2 \times f1) - (2 \times f2) + f3$  são geralmente fracos demais para preocupar.

Manter uma distância física adequada entre transmissores e entre transmissores e receptores irá minimizar a criação de Produtos de IM. A figura abaixo indica o efeito da distância sobre a amplitude dos produtos de terceira ordem criados por dois transmissores.

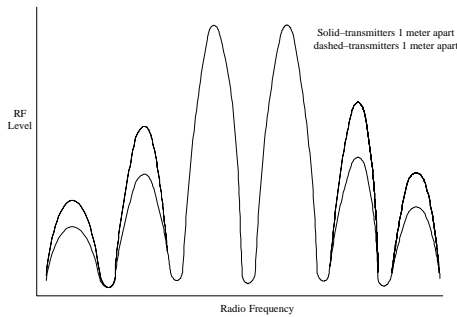


Figura 36: força do produto de intermodulação versus distância.

Para evitar problemas potenciais de IM muitos fabricantes recomendam uma margem mínima de 250 KHz (0,25 MHz) entre qualquer produto de terceira ordem e qualquer frequência operacional. Isto restringe ainda mais as opções de frequências, à medida que aumenta o número de sistemas simultâneos. Já deve estar claro, pelo que discutimos, que a previsão de problemas potenciais de compatibilidade devidos a produtos de IM deve ser feita por programas de computador. A complexidade aumenta exponencialmente para sistemas adicionais: um grupo de 10 sistemas de microfone sem fio envolve milhares de cálculos.

## FREQÜÊNCIAS INTERNAS:

### LO, IF, MULTIPLICADORES A CRISTAL

Além dos conflitos de frequência devidos a intermodulação entre frequências operacionais há certas outras fontes de conflitos potenciais, devidas às várias frequências “internas” presentes na operação normal de transmissores e receptores. Estas variam de um fabricante para outro, e mesmo entre os sistemas de um mesmo fabricante.

Uma destas fontes é o oscilador local (LO) do próprio receptor. Embora este seja somente um sinal de baixa intensidade que é geralmente confinado ao receptor, o oscilador local de um receptor pode ser captado por outro receptor sintonizado naquela frequência de LO, se suas antenas estiverem muito próximas (empilhadas, por exemplo). Para ilustrar, considerando uma frequência intermediária típica (IF) de 10,7 MHz; um receptor sintonizado em 200,7 MHz deveria ter seu LO operando a 190,0 MHz. Não deve ser usado outro receptor sintonizado a 190 MHz próximo ao primeiro receptor porque a segunda unidade poderia captar o LO do primeiro, especialmente se o transmissor de 190 MHz estiver desligado ou estiver operando a grande distância. Um bom projeto e blindagem nos receptores, e separação física destes irá minimizar a possibilidade de interferência de LO. Para unidades múltiplas, divisores ativos de antena irão isolar efetivamente as entradas umas das outras. Entretanto, ainda se recomenda que as frequências operacionais sejam escolhidas de modo a evitar frequências de LO por pelo menos 250 KHz.

Outra fonte de possível interferência é chamada de frequência “imagem” (ou ‘espelho’). Em um receptor, lembre-se que a frequência do oscilador local (LO) sempre difere da frequência do sinal recebido por um valor igual à frequência intermediária (FI). Especificamente, a frequência operacional

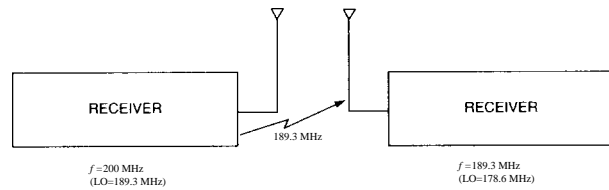


Figura 37: ilustração de oscilador local

fica a um intervalo de exatamente 10,7 MHz (ou qualquer valor de FI que o receptor use) acima da frequência do oscilador local. Quando estas duas frequências são aplicadas à seção do mixer (um circuito não linear) uma das frequências da saída do mixer é esta diferença (subtração) de frequência, que é a frequência sintonizada dos filtros subsequentes do estágio de IF.

Se a frequência de um segundo sinal fica no mesmo intervalo abaixo da frequência do oscilador local, a diferença entre esta segunda frequência e a frequência de LO seria novamente igual à frequência intermediária (IF). O estágio do mixer não diferencia entre diferenças “positivas” ou “negativas” de frequências. Se a segunda frequência (mais baixa) entrar no estágio do mixer, resultará em outro sinal (de diferença, ou negativo) nos estágios de IF, e causando possível interferência. Esta frequência mais baixa é chamada de ‘imagem’ da frequência original. Assumindo novamente um IF de 10,7 MHz, um receptor sintonizado em 200,7 MHz teria seu LO a 190,0 MHz. Um sinal de outro transmissor a 179,3 MHz apareceria como uma frequência imagem, já que está 10,7 MHz abaixo da frequência de LO ou 21,4 MHz abaixo da frequência operacional.

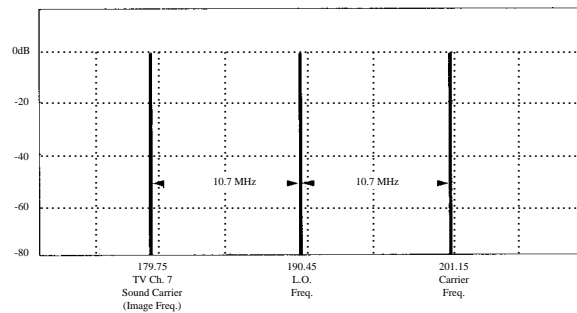


Figura 38: ilustração de frequência imagem

A frequência imagem difere da frequência operacional por um valor igual ao dobro da frequência intermediária (2 x IF). Assim a frequência imagem para o receptor de conversão única típico é pelo menos 20 MHz distante da frequência operacional. Receptores de conversão dupla, que possuem um primeiro IF relativamente alto, têm frequências imagem que são ainda mais distantes da frequência operacional. Em muitos casos, a entrada do receptor deve ser capaz de rejeitar uma frequência imagem a menos que ela seja muito forte. Todavia, recomenda-se que as frequências operacionais sejam escolhidas a pelo menos 250 KHz de qualquer frequência imagem.

A última questão referente a frequências internas refere-se ao VCO dos transmissores controlados a cristal. Lembre-se que a frequência verdadeira do VCO (oscilador controlado por

# CAPÍTULO 3

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

voltagem) é uma frequência de rádio relativamente baixa que é multiplicada para se obter a frequência final do transmissor. Uma pequena quantidade da frequência original do cristal permanece após cada estágio multiplicador. Deste modo, o sinal de saída contém não somente a frequência operacional final, mas também “espúrios” de baixo nível ou emissões espúrias devido aos multiplicadores. Estes espúrios ocorrem acima e abaixo da frequência operacional a intervalos iguais aos “harmônicos” (múltiplos) da frequência original do cristal.

Por exemplo, assumindo um multiplicador x 9, um transmissor de 180 MHz teria uma frequência de cristal de 20 MHz. Isto produziria espúrios a 160 MHz e 200 MHz, 140 MHz e 220 MHz, etc. Um bom projeto de transmissor irá minimizar a amplitude destes harmônicos de cristal mas, aqui também, a escolha de receptores adicionais terá que evitar estas frequências por pelo menos 250 KHz.

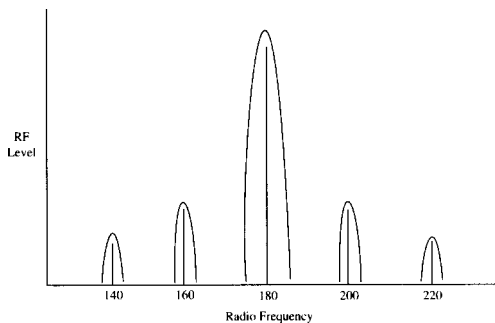


Figura 39: ilustração de harmônicos de cristal

Transmissores de frequência sintetizada não produzem emissões espúrias deste tipo porque não empregam multiplicadores. Entretanto, ambos os tipos de transmissores podem produzir outras emissões espúrias devido ao circuito regulador de potência, oscilações parasíticas, harmônicos portadores, etc. Todas estas emissões podem ser controladas por meio de um projeto cuidadoso.

Pode-se ver que o cálculo tanto dos conflitos de oscilador local quanto das frequências imagem depende da frequência intermediária (IF) do receptor, enquanto que os cálculos dos harmônicos de cristal dependem do número de multiplicadores no transmissor. Quando se usam ao mesmo tempo receptores com diferentes IF's ou transmissores com diferentes multiplicadores, deve-se levar isto em conta. Infelizmente, os programas de computador para escolha de frequência atualmente disponíveis não possuem esta capacidade. Os dados fornecidos a qualquer destes programas assumem que todas as unidades têm o mesmo projeto. Por este motivo, a previsão precisa da compatibilidade entre sistemas de projetos diferentes não é possível, atualmente.

## INTERFERÊNCIAS DE RÁDIO DE FORA DO SISTEMA

Embora seja possível, tomando-se o devido cuidado para evitar interferências mútuas, escolher um grupo de sistemas de microfone sem fio, sempre existe a possibilidade de interferência de fontes de fora do sistema. Estas fontes caem em duas categorias: de *broadcast* (incluindo TV e outras fontes definidas de rádio) e não - *broadcast* (fontes de ruído de rádio de banda estreita ou larga). Vamos examinar cada uma destas fontes em termos de problemas em potencial e possíveis soluções.

## TRANSMISSÃO DE TELEVISÃO

A transmissão de um canal de TV consiste na verdade de três sinais, cada um a uma frequência portadora especificada em um bloco de 6 MHz (nos Estados Unidos). A informação de imagem ou “vídeo” é um sinal AM situado 1,25 MHz acima do piso (região de frequências mais baixas) do bloco. A informação de som ou “áudio” é um sinal FM situado 0,25 MHz abaixo do topo (região de altas frequências) do bloco. A informação de cor ou “croma” é um sinal AM 3,58 MHz acima do sinal de vídeo. A distribuição de energia e a largura de banda ocupada destes três sinais não é igual: o sinal de vídeo tem as maiores potência e largura de banda, seguido pelo sinal de áudio e finalmente o sinal de croma, com a potência mais baixa e menor largura de banda.

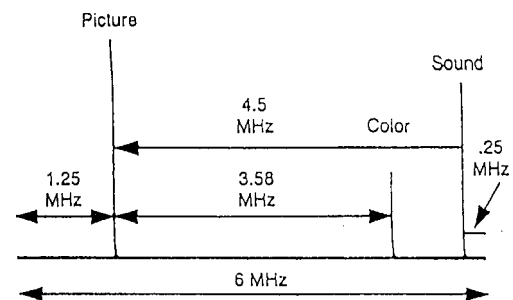


Figura 40: ilustração de canal de TV por RF

Como indicado previamente, os usuários primários tanto das frequências VHF banda alta quanto de UHF banda baixa são estações transmissoras de TV. Nos Estados Unidos estes são os canais de TV por VHF 7 a 13 e de TV por UHF 14 a 69. Cada canal de TV recebe um bloco de 6 MHz para sua transmissão. O canal 7 VHF começa a 174.0 MHz e estende-se até 180.0 MHz, o canal 8 ocupa de 180 a 186 MHz, e assim por diante até o canal 13, de 210 a 216 MHz. O canal 14 UHF começa a 470 MHz e vai até 476 MHz com canais sucessivos até o canal 69, de 800 a 806 MHz.

Este bloco de 6 MHz / canal de TV é encontrado nos Estados Unidos, no resto da América do Norte, América do Sul e Japão. Outros países, a maior parte da Europa e Índia, por exemplo, usam um bloco de 7 MHz / canal de TV, enquanto que a França e a China, entre outros, usam um bloco de 8 MHz / canal de TV. Nestes outros sistemas, os sinais de vídeo e áudio são localizados nas mesmas frequências em relação aos extremos (do bloco) como nos sistemas de 6 MHz, mas a frequência de croma difere ligeiramente em cada um para acomodar os vários sistemas de cores: NTSC (6 MHz), PAL (7 MHz) e SECAM (8 MHz).

Para evitar interferência potencial entre estações de transmissão de TV, órgãos reguladores não permitem a operação de canais vizinhos de TV numa dada área geográfica, garantindo assim a existência de certos canais “não utilizados” naquela área. Por exemplo, nos Estados Unidos, se existir um canal 9 de TV ativo, os canais 8 e 10 estarão vagos. Estes canais vagos podem ser usados por sistemas de microfone sem fio sem muita preocupação com interferência originada de transmissões de TV.

# CAPÍTULO 3

Channel Number	Channel Boundaries	Picture	Color	Sound
VHF Television Frequencies (Low Band)				
2	54-60	55.25	58.83	59.75
3	60-66	61.25	64.83	65.75
4	66-72	67.25	70.83	71.75
5	76-82	77.25	80.83	81.75
6	82-88	83.25	86.83	87.75
(High Band)				
7	174-180	175.25	178.83	179.75
8	180-186	181.25	184.83	185.75
9	186-192	187.25	190.83	191.75
10	192-198	193.25	196.83	197.75
11	198-204	199.25	202.83	203.75
12	204-210	205.25	208.83	209.75
13	210-216	211.25	214.83	215.75
UHF Frequencies				
14	470-476	471.25	474.83	475.75
15	476-482	477.25	480.83	481.75
.				
.				
.				
.				
.				
.				
68	794-800	795.25	798.83	799.75
69	800-806	801.25	804.83	805.75

Figure 41: Tabela de frequências portadoras de TV no EUA

Muitos fabricantes pré-selecionam grupos de frequências de sistemas de microfone sem fio com base na disponibilidade de canais de TV desocupados. Eles também têm informações sobre a distribuição de canais de TV ao longo do EUA. Normalmente basta indicar o destino do equipamento sem fios na ocasião em que é especificado para evitar interferência por radiodifusão de TV. A figura seguinte indica as estações de TV por VHF banda alta em várias cidades de EUA.

Uma consequência da distribuição relativamente densa de canais de TV por VHF no EUA é que geralmente não é possível usar um determinado jogo de sistemas de microfone sem fios de frequências fixas em todos lugares no país. Como a distribuição de canais desocupados varia de cidade para cidade é quase inevitável que um sistema “travelling” “experimentará interferência de alguma estação de TV em algum lugar. Por exemplo, Los Angeles tem os canais de TV por VHF banda alta 7, 9, e 11 ativos. Então, uma configuração satisfatória para uso naquela cidade incluiria sistemas de microfone sem fios em frequências que correspondem à TV encana 8, 10, e/ou 12.

Se esta configuração fosse levada para San Diego que tem os canais de TV 8 e 10, é provável que uma ou mais das unidades sofresse interferência, especialmente se usada ao ar livre ou mesmo em ambiente fechado em um local próximo a uma dessas emissoras de televisão.

Uma situação semelhante também poderia acontecer na banda de UHF, embora a distribuição de canais de TV UHF não seja tão densa.

Os efeitos de interferência de transmissão de TV são dependentes da força do sinal de TV e a frequência operacional do sistema de microfone sem fios. Conflitos diretos com quaisquer dos três sinais que compõem uma determinada transmissão de TV podem produzir ruído, distorção, e alcance pequeno ou perda de sinal. A captação de sinais de vídeo ou de croma (que são AM) pode causar um “buzz”, ou zumbido distinto no receptor sem fio, enquanto que a captação do sinal de áudio (FM) fará com que o som da TV seja ouvido. Às vezes é possível usar frequências logo acima ou logo abaixo da portadora de croma, já que aquele sinal tem a menor potência e largura de banda ocupada mais estreita, embora isto não seja sempre confiável.

A solução mais eficiente para interferência de transmissão de TV é evitar usar as frequências de canais de TV locais ativos. Transmissores de TV podem operar a níveis de potência de vários milhares de watts enquanto que os sistemas de microfone sem fio tipicamente têm só 50 mW (cinquenta milésimos de um watt!) de potência de saída. Por este motivo, não é prudente escolher frequências de microfone sem fio que caiam (coincidam) em um bloco de TV local ativo.

“Local” é geralmente considerado um raio de 120 km, dependendo da área de cobertura daquele transmissor de TV em particular, e da localização do sistema de microfone sem fio. Sistemas usados em ambientes fechados estão menos sujeitos a interferência do que quando usados ao ar livre, porque as estruturas do edifício irão em geral atenuar fortemente os sinais de TV. Mesmo assim, já que a localização e as frequências das estações locais de TV são bem conhecidas, é relativamente fácil escolher frequências para um sistema fixo de microfone sem fio que evitem tais problemas em uma área em particular.

## TRANSMISSÃO DE RÁDIO

Sistemas sem fio por FM em VHF banda alta geralmente não são sujeitos a interferência vinda de estações comerciais AM ou FM. Tanto a banda de AM quanto a de FM são bem abaixo da banda de VHF, e estes sistemas em particular não são geralmente sensíveis a sinais moderados de AM. Os sistemas UHF são ainda menos sujeitos a responder a fontes de rádio comercial. Entretanto, poderão ocorrer interferências ocasionais na forma de distorção ou alcance reduzido, em casos de extrema proximidade a um transmissor comercial de alta potência.

## OUTROS SERVIÇOS DE RÁDIO

A captação direta de rádio comunicadores, pagers, banda comercial é rara. Entretanto, como algumas destas fontes podem ser muito fortes localmente, há a possibilidade de interferência devida a intermodulação ou se a fonte aparecer como uma frequência imagem. Por exemplo, operar um walkie-talkie próximo a um receptor sem fio pode causar ruído, distorção ou perda aparente de alcance.

Em particular, as frequências “travelling” dos sistemas de microfone sem fio (169 a 172 MHz) dividem espaço com um

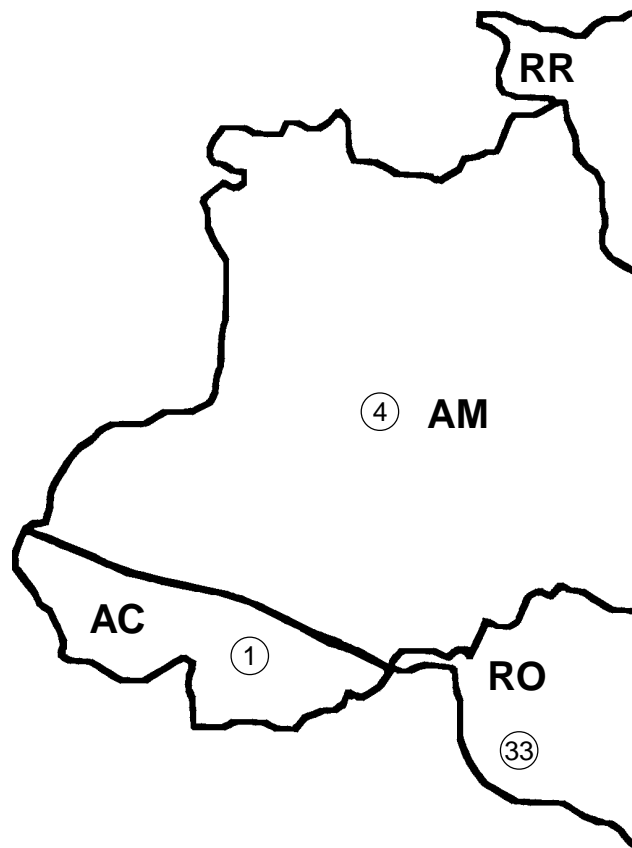
ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

BANDAS DE FREQUÊNCIA PARA SISTEMAS SEM FIO

# CAPÍTULO 3

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

CIDADE	CANAIS
1 - RIO BRANCO (AC)	8 E 11
2 - MACEIÓ (AL)	7 E 11
3 - MACAPÁ (AP)	8 E 13
4 - MANAUS (AM)	8, 10 E 13
5 - SALVADOR (BA)	7 E 11
6 - FORTALEZA (CE)	8, 10 E 12
7 - BRASÍLIA (DF)	8, 10 E 12
8 - VITÓRIA (ES)	7
9 - GOIÂNIA (GO)	9, 11 E 13
10 - SÃO LUIS (MA)	10
11 - CUIABÁ (MT)	8, 10 E 12
12 - CAMPO GRANDE (MS)	8, 11 E 13
13 - BELO HORIZONTE (MG)	7, 9 E 12
14 - DIVINÓPOLIS (MG)	13
15 - UBERABA (MG)	7
16 - UBERLÂNDIA (MG)	8 E 10
17 - BELÉM (PA)	7, 10 E 13
18 - CAMPINA GRANDE (PB)	9 E 11
19 - JOÃO PESSOA (PB)	7, 10 E 13
20 - CURITIBA (PR)	7, 9 E 12
21 - LONDRINA (PR)	7 E 13
22 - MARINGÁ (PR)	8 E 13
23 - PONTA GROSSA (PR)	7 E 9
24 - RECIFE (PE)	13, 2 E 6
25 - TERESINA (PI)	10
26 - RIO DE JANEIRO (RJ)	7, 9, 11 E 13
27 - NATAL (RN)	8, 11 E 13
28 - CAXIAS DO SUL (RS)	8
29 - PELOTAS (RS)	7 E 13
30 - PORTO ALEGRE (RS)	7, 10 E 12
31 - PASSO FUNDO (RS)	7
32 - SANTA MARIA (RS)	8 E 12
33 - PORTO VELHO (RO)	8, 11 E 13
34 - BOA VISTA (RR)	10
35 - BLUMENAU (SC)	9 E 13
36 - CRICIÚMA (SC)	9 E 12
37 - FLORIANÓPOLIS (SC)	9 E 12
38 - ITAJAÍ (SC)	10
39 - JOINVILLE (SC)	8 E 11
40 - ARACAJÚ (SE)	8 E 13

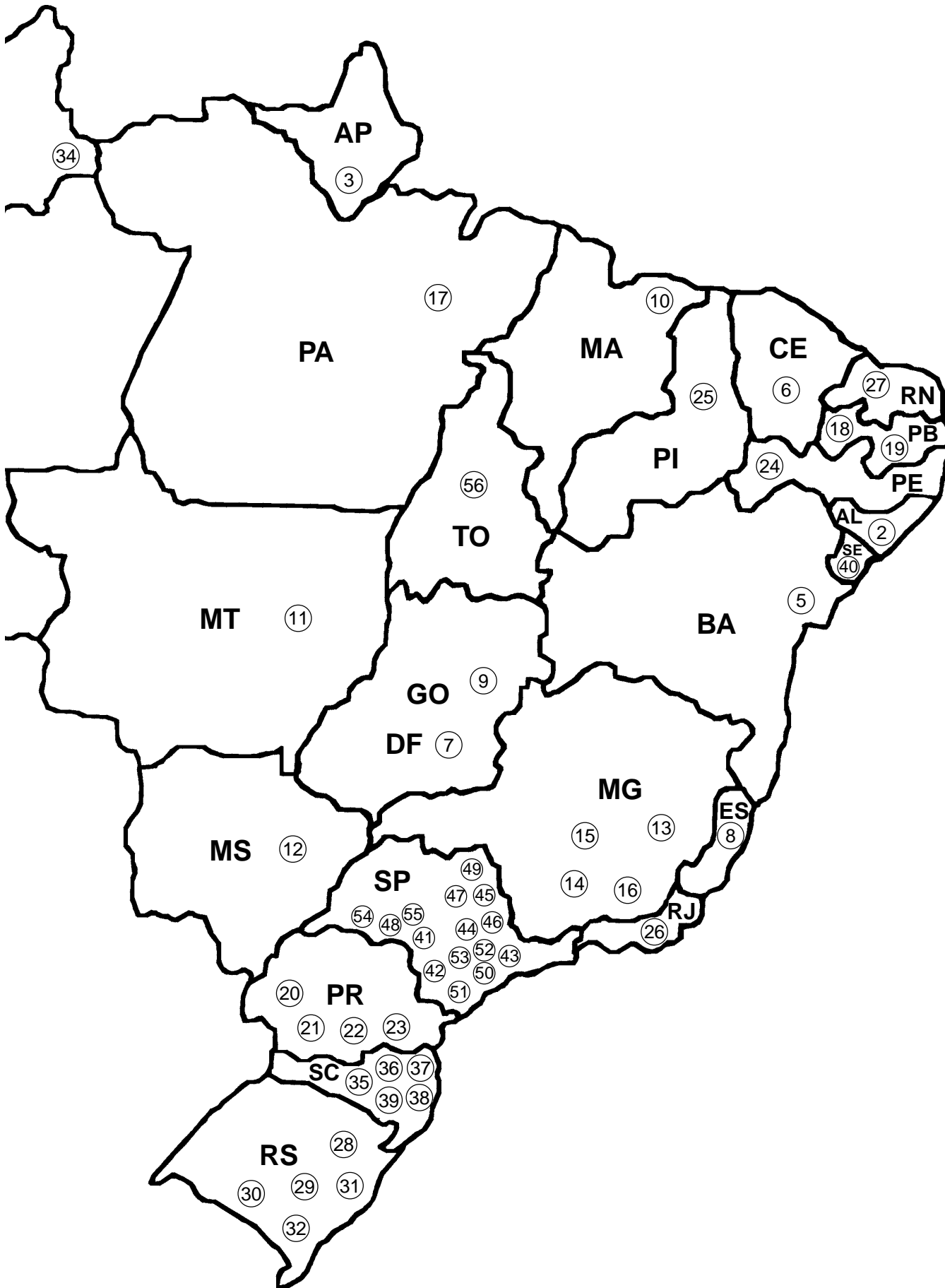


CIDADE	CANAIS
41 - ARAÇATUBA (SP)	13
42 - ARARAQUARA (SP)	9 E 13
43 - CAMPINAS (SP)	10 E 12
44 - ITAPETININGA (SP)	8
45 - ITÚ (SP)	4, 5, 12 E 13
46 - JAÚ (SP)	7 E 12
47 - LIMEIRA (SP)	11
48 - PRES. PRUDENTE (SP)	10
49 - RIBEIRÃO PRETO (SP)	7
50 - SANTOS (SP)	8 E 12
51 - S.JOSÉ DO RIO PRETO (SP)	8 E 11
52 - SÃO PAULO (SP)	7, 9, 11 E 13
53 - SOROCABA (SP)	4, 5, 12 E 13
54 - TAUBATÉ (SP)	8
55 - TATUÍ (SP)	5, 4, 13, 7 E 9
56 - PALMAS (TO)	7, 11 E 13

MAPA DOS CANAIS DE TRANSMISSÃO EM VHF

# CAPÍTULO 3

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO



MAPA DOS CANAIS DE TRANSMISSÃO EM VHF

## CAPÍTULO 3

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

número de usuários primários imprevisíveis, incluindo o governo (forças armadas), indústria (reflorestamento, hidroelétricas), rádio móvel de superfície e serviços de pager. Nesta banda pode ocorrer captação direta ou intermodulação destas fontes. Os sintomas podem novamente incluir ruído, perda de alcance ou captação mesmo de áudio.

É claro que o uso próximo de outros sistemas (inesperados) de microfone sem fio pode criar interferência por intermodulação ou por conflito direto de frequências. Dado o número finito de frequências disponíveis, é sempre possível encontrar outros usuários de microfones sem fio em locais como hotéis, centros de convenção, e em eventos de mídia.

Os remédios para tais interferências incluem identificar a fonte de interferência, se possível, e reposicionar ou a fonte ou o sistema de microfone sem fio para reduzir a proximidade. Se isto não for suficiente, pode ser necessário mudar a frequência operacional do sistema de microfone sem fio, especialmente se a fonte de interferência for um usuário primário.

### ALCANCE DOS SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO

Uma pergunta lógica com relação ao desempenho dos equipamentos sem fio é o alcance da transmissão dos vários sistemas. Infelizmente, a resposta é muito mais complicada que uma simples medida de distância. No limite, o receptor deve ser capaz de captar um sinal “utilizável” do transmissor. “Utilizável” significa que a força do sinal desejado deve estar dentro da faixa de sensibilidade do receptor e que ainda é suficientemente mais forte (ou é diferente) que sinais indesejados e ruídos de RF para produzir uma relação sinal/ ruído aceitável na saída de áudio do receptor. Os elementos que afetam a “utilidade” são o transmissor/ antena, o caminho de transmissão, o receptor/ antena e IFR. Algumas características destes elementos são controláveis, outras não.

As características importantes de um transmissor são a potência de saída e a eficiência da antena. A potência máxima é limitada por regulamentação governamental e pela capacidade da bateria. A eficiência da antena é limitada pelo tamanho e projeto. Lembre-se que a eficiência das antenas típicas de transmissores sem fio é um tanto baixa, cerca de 10% ou menos para VHF. Isto significa que a potência efetiva irradiada (PER) de um transmissor VHF de 50 mW é menos de 5 mW. Isto pode ser ainda mais atenuado pela proximidade do corpo ou de outros objetos causadores de perda.

Características importantes do receptor são a eficiência da antena, sensibilidade do receptor e a capacidade do receptor em rejeitar sinais indesejados, e ruído. A eficiência da antena é novamente limitada pelo tamanho e projeto, mas as antenas de recepção tendem a ser muito mais eficientes que as de transmissão, já que podem ser de tamanho maior, para permitir uma sintonia melhor da frequência correta. Outras características do receptor são limitadas pelo projeto. Ambos elementos são limitados pelo custo.

O caminho de transmissão é caracterizado pela distância, objetos existentes no meio do caminho e efeitos de propagação. Perdas devidas a estas características geralmente são dependentes da frequência: quanto mais alta a frequência, maior a perda. Quando a frequência operacional é escolhida, somente o comprimento do caminho (do sinal) e a localização da antena são controláveis. Estas geralmente são limitadas pela própria aplicação. Sob boas condições (linha - de - vista) a uma distância de uns 30 metros, a força do campo do sinal de um transmissor de 50 mW é da ordem de 1000 uV/m, bem dentro da faixa de sensibilidade de um receptor típico.

Finalmente, IRF é caracterizada por seu espectro, isto é, sua distribuição de amplitude e frequência. Ela consiste tipicamente tanto de ruído de banda larga quanto de frequências individuais. Sua força, entretanto, pode ser comparável ou até maior que o sinal desejado em condições desfavoráveis. Exceto no caso de algumas poucas fontes previsíveis, ela é largamente incontrolável.

Em vez de citar uma distância máxima operacional específica, muitos fabricantes de sistemas de microfone sem fio dão uma faixa “típica” de alcance. O alcance típico dos sistemas do tipo discutido aqui (50 mW, VHF ou UHF) pode variar de 30 a 300 m. O número mais baixo representa um ambiente (de operação) moderadamente severo, enquanto que o número maior pode ser obtido em condições absolutamente ideais. Condições extremamente pobres podem resultar em um alcance de 15 m ou menos. É impossível prever com precisão o alcance de um sistema arbitrário de microfone sem fio em uma aplicação arbitrária.

## SISTEMAS SEM FIO: COMO FAZÊ-LOS FUNCIONAR

### ESCOLHA DE SISTEMA

A escolha apropriada de um sistema de microfone sem fio consiste de vários passos que se baseiam na aplicação desejada e nas capacidades e limitações do equipamento necessário para aquela aplicação. Deve ser lembrado que, embora no limite os sistemas de microfone sem fio não sejam tão consistentes e confiáveis quanto sistemas com fio, o desempenho dos sem fio atualmente disponíveis pode ser muito bom, permitindo que se obtenham excelentes resultados. Seguir estes passos assegurará a escolha do(s) melhor(es) sistema(s) para uma dada aplicação.

**Primeiro, defina a aplicação.** Esta definição deve incluir a fonte de som desejada (voz, instrumento, etc.) e a destinação de som pretendida (sistema de som, gravação ou transmissão). Ela também deve incluir uma descrição da disposição física (características de arquitetura e acústicas). Qualquer exigência ou limitação deve ser notada: cosmética, alcance, manutenção, outras possíveis fontes de interferência de RF, etc. Finalmente, o nível de desempenho desejado deve ser definido: qualidade de rádio, qualidade de áudio, e confiabilidade geral.

**Segundo, escolha o tipo de microfone (ou outra fonte).** A aplicação geralmente irá determinar o projeto físico do microfone a ser usado: um microfone de lapela preso à roupa, ou um microfone tipo headset, ambos destinados a deixar as mãos livres; um microfone de mão para uso por um vocalista ou quando o microfone deva ser passado adiante, para diferentes usuários; um cabo de conexão quando um instrumento musical ou outra fonte que não um microfone for usada. Outras características do microfone (tipo de transdutor, resposta de frequência, direcionalidade) são decorrentes de imposições acústicas. Como mencionado antes, a escolha de um microfone para uma aplicação sem fio deve ser feita usando-se os mesmos critérios que para uma aplicação com fio.

**Terceiro, escolha o tipo de transmissor.** A escolha do microfone geralmente determinará o tipo de transmissor necessário (de mão, *bodypack* ou de encaixe), novamente com base na aplicação. As características gerais a considerar incluem: potência de saída (geralmente 50 mW para VHF), estilo de antena (interna ou externa), funções de controle e de detecção (energia, emudecimento, ganho, sintonia), indicadores (energia, condição da bateria), baterias (vida útil, tipo, acessibilidade), e descrição física (tamanho, formato, peso, acabamento, material). Para os tipos de mão e de encaixe, a possibilidade de intercambiar elementos pode ser uma opção. Para os transmissores tipo *bodypack*, a entrada pode ser com um cabo fixo ou destacável. Entradas multi-uso são muitas vezes desejáveis, e podem ser caracterizadas pelo tipo de conector, esquema de ligação elétrica e capacidade elétrica (impedância, nível, voltagem de bias, etc.).

**Quarto, escolha o tipo de receptor.** A escolha básica é entre os tipos diversidade e não-diversidade. Pelos motivos citados na seção Receptor, acima, os receptores tipo diversidade são recomendados para todas as aplicações, exceto somente aquelas limitadas seriamente pelo orçamento. Embora os tipos não-diversidade trabalhem bem em muitas situações, a

segurança oferecida pelo receptor por diversidade contra problemas de multi-vias é geralmente uma vantagem que supera bem o seu custo relativamente mais alto. Outras características a serem consideradas são: controles (potência, nível de saída, squelch, afinação), indicadores (energia, nível de RF, nível de áudio), antenas (tipo, conectores), saídas elétricas (conectores, impedância, nível de linha/ microfone/ fone de ouvido, balanceado/ desbalanceado). Em algumas aplicações, pode ser necessário que o sistema opere com bateria.

**Quinto, determine o número total de sistemas a serem usados simultaneamente.** Isto deve levar em consideração futuros acréscimos ao sistema: escolher um tipo de sistema que pode acomodar apenas algumas frequências pode acabar se revelando como uma eventual limitação. É claro que o número total deve incluir quaisquer sistemas de microfone sem fio existentes, com os quais o novo equipamento deva trabalhar.

**Sexto, especifique a localização geográfica na qual estes sistemas deverão ser usados.** Esta informação é necessária no próximo passo para evitar possível conflito com frequências de transmissão de TV. No caso de aplicações móveis (isto é, sistemas usados em várias regiões do país), isto pode incluir cidades no país e até fora deste.

**Sétimo, coordene as frequências para que o sistema tenha compatibilidade e para evitar fontes conhecidas de fora do sistema** consulte o fabricante ou um profissional gabaritado sobre a escolha de frequências e a integração do número planejado de sistemas. Isto deve ser feito mesmo para um único sistema, e deve com certeza ser feito para qualquer instalação com múltiplos sistemas, para evitar problemas potenciais de interferência. A coordenação de frequências inclui a escolha da banda operacional (VHF e/ ou UHF) e escolha das frequências operacionais individuais (visando compatibilidade e evitar outras transmissões). Para cidades determinadas (isto é, sistemas fixos), escolha frequências nos canais livres de TV. Para aplicações móveis, pode ser necessário levar sistemas adicionais com frequências alternativas, ou empregar unidades sintonizáveis para garantir o número necessário de sistemas em todos os locais de apresentação. Às vezes é possível usar até três frequências VHF “de viagem”, junto com as frequências dos canais livres de TV. Entretanto, conforme mencionamos na seção de escolha de frequências, acima, o VHF “de viagem” podem estar sujeitos a interferência de várias fontes imprevisíveis.

**Oito, especifique equipamentos acessórios conforme necessário.** Isto pode incluir antenas remotas (1/2 onda, 5/8 de onda, direcional), ferragem de suporte (suportes, planos-de-terra), divisores de antena (passivo, ativo), e cabos de antena (portáteis, fixos). Estas decisões dependem da frequências operacionais e da aplicação individual.

### CONTROLE POR CRISTAL VS. SÍNTESE DE FREQUÊNCIA

Unidades sem fio controladas por cristal podem ser projetadas com ampla resposta de frequência de áudio, baixo ruído, baixa distorção, e vida relativamente longa da bateria. Constituem a escolha com maior efetividade de custo para aplicações de frequência fixa envolvendo um número moderado de sistemas simultâneos. Uma limitação inerente

## CAPÍTULO 4

### ESCOLHA E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO

aos transmissores controlados a cristal é a geração de emissões espúrias devido aos estágios multiplicadores de saída, embora estas geralmente possam ser mantidas em um mínimo usando-se um projeto cuidadoso. A impedância de entrada do transmissor deve ser maior que a impedância de saída do microfone. Todos os transmissores deste tipo trabalharão bem com microfones dinâmicos típicos de baixa impedância. Se a impedância de entrada do transmissor for alta o suficiente (>10.000 ohms), pode-se usar também um microfone de alta impedância. A maioria dos transmissores do tipo de encaixe funcionarão tanto com saídas balanceadas quanto desbalanceadas.

Alguns transmissores de encaixe também são capazes de fornecer “phantom power” a um microfone a condensador. Isto só é possível havendo uma entrada de transmissor balanceada e uma saída de microfone balanceada. Mesmo assim, o transmissor fornecer pelo menos a voltagem mínima requerida pelo microfone (geralmente entre 11 e 52 Volts). Se a energia “phantom” disponível for menor que o mínimo, o desempenho do condensador será comprometido, com menos *headroom*<sup>3</sup> ou mais distorção. Esta preocupação não existe com microfones dinâmicos (que não necessitam de energia) ou com microfones a condensador energizados por uma pilha interna.

O transmissor tipo *bodypack* (usado preso ao corpo, ou à tira da guitarra ou baixo) apresenta a maior variedade de interfaces possíveis. O arranjo mais simples é o que traz um *headset* ou um microfone de lapela com fio fixo. Também aqui, é de se presumir que este projeto já oferece a melhor interface possível entre os componentes. Caso se disponha de várias opções de microfones com fio (cabo) fixo, a escolha deve ser feita com base na aplicação pretendida.

Muitos transmissores *bodypack* são equipados com um conector de entrada, para permitir uma variedade de microfones e outras fontes de entrada. Presume-se que os cabos de entrada e os microfones fornecidos por um fabricante com um dado sistema de microfone sem fio sejam compatíveis com aquele sistema. Entretanto, eles podem não ser diretamente compatíveis com os sistemas de microfone sem fio de outros fabricantes. No mínimo uma mudança (de fiação) em um conector será geralmente necessária. Em muitos casos serão necessários circuitos adicionais ou modificações em componentes. Um poucas combinações simplesmente não funcionam.

Para determinar a compatibilidade de um microfone em particular para uso com um transmissor em particular é necessário primeiro determinar o(s) tipo(s) de conector(es) envolvido(s). Estes podem variar de uma entrada tipo jack de fono (1/4”) e uma variedade de projetos multi-pinos.

Em seguida, deve-se comparar a fiação do conector do microfone com a do transmissor. É pena, mas não existe um conector de entrada padrão e, mais ainda, o esquema de fiação do mesmo conector pode variar de um fabricante a outro. Um jack de entrada de 1/4 geralmente é ligado em configuração desbalanceada, com o sinal de áudio na ponta e a blindagem na manga. A entrada multi-pino típica de um transmissor *bodypack* tem no mínimo um pino para a blindagem ou terra. Podem haver outros pinos para fornecer ‘bias’ (uma voltagem

DC para elemento de microfone a condensador) ou para fornecer uma impedância de saída alternativa. Alguns transmissores possuem pinos adicionais para aceitar sinais de áudio a diferentes níveis ou par a fornecer uma combinação Áudio + Bias para certos elementos de condensador.

As características elétricas do microfone e do transmissor devem então ser comparadas: o nível de saída do microfone deve estar na faixa aceitável de entrada do transmissor, e a impedância de saída do transmissor. Além disso, a configuração de entrada da maioria dos transmissores *bodypack* é desbalanceada. Os microfones destinados a uso com sistemas sem fio são invariavelmente desbalanceados, embora um microfone dinâmico com saída balanceada possa normalmente ser acomodado com um cabo adaptador.

Se o microfone tiver um elemento (cápsula) a condensador e não tiver sua própria fonte de energia, então a voltagem de bias necessária deverá ser fornecida pelo transmissor. Muitos transmissores fornecem cerca de 5 VCC, suficientes para o elemento a condensador típico, embora alguns elementos exijam até 9 VCC. Neste caso, é possível às vezes modificar o transmissor para que forneça uma voltagem maior.

Muitos elementos a condensador e os transmissores associados usam um cabo do tipo dois-condutores-mais-blindagem, em que o áudio é transmitido por um condutor, e a voltagem de bias por outro. Alguns poucos elementos a condensador e alguns transmissores usam um cabo tipo um-condutor-mais-blindagem, em que o áudio e a voltagem de bias passam pelo mesmo condutor. Para usar o microfone de um destes esquemas no outro é necessário modificar um ou ambos os elementos.

Em geral, para combinações fora do padrão, é melhor contatar diretamente o fabricante do sistema de microfone sem fio e/ou o fabricante do microfone, para determinar a compatibilidade dos componentes desejados. Eles estão em condição de fornecer as informações necessárias, além de descrever as limitações – se houver – e as modificações necessárias.

Fontes não-microfônicas incluem instrumentos musicais eletrônicos e talvez a saída de sistemas de som e aparelhos de reprodução. Embora nenhuma destas fontes necessite de voltagem de bias ou ‘phantom power’, suas interfaces apresentam uma faixa muito mais ampla de nível e de impedância que uma fonte típica de microfone.

Instrumentos musicais como uma guitarra ou baixo elétrico podem ter níveis de saída de alguns milivolts (nível de microfone) para instrumentos com captador passivo até alguns Volts (nível de linha) para aqueles com captadores ativos. O transmissor deve ser capaz de lidar com esta faixa dinâmica, para evitar supermodulação ou distorção.

Captadores magnéticos comuns de instrumentos musicais têm uma alta impedância de saída e exigem uma impedância de entrada no transmissor de cerca de 1 MegOhm para garantir uma resposta de frequência apropriada. Captadores ativos (amplificados) possuem uma impedância de saída um tanto baixa, e funcionarão bem com praticamente qualquer impedância de entrada de transmissor que seja igual ou maior que 20.000 ohms. Captadores piezelétricos possuem impedância de saída muito alta, e necessitam de uma impedância de entrada do transmissor de 1 a 5 MegOhm para evitar perda de baixas frequências.

Mixers (mesas ou consoles de mixagem) e aparelhos de reprodução produzem saída em nível de linha. Estas fontes possuem tipicamente impedância de saída de baixa a média, e podem ser balanceados ou desbalanceados. Muitas vezes podem ser interfaceados com um simples cabo adaptador. Entretanto, estas fontes com alto nível de entrada geralmente necessitam de atenuação (interna ou externa) para evitar sobrecarregar a entrada do transmissor, que normalmente espera (ou seja, está preparado para lidar com) um sinal em nível de microfone.

Depois que a interface fonte/ transmissor foi otimizada, deve-se ajustar os controles. Na maioria dos transmissores, o único controle disponível é o de nível ou sensibilidade de entrada. Este consiste de um pequeno potenciômetro e/ou uma chave. Muitas vezes este controle é instalado dentro do compartimento de pilhas ou bateria, ou em alguma região rebaixada para evitar que seja desajustado acidentalmente. Alguns aparelhos tipo *bodypack* possuem ajustes separados para entradas de microfone e entradas de instrumentos.

O(s) controle(s) deve(m) ser ajustados para que o som mais forte (ou nível mais alto do instrumento) em uso produza modulação plena do sinal de rádio. Isto geralmente se faz falando-se (ou cantando-se) no microfone (ou tocando o instrumento) enquanto se observa os indicadores de nível de áudio do receptor. Tipicamente, um LED de pico de áudio irá indicar modulação plena (ou próxima de plena). Alguns poucos projetos possuem indicadores de pico no próprio transmissor. Em sistemas que indicam picos ocorrendo abaixo da modulação plena, este LED pode iluminar-se com bastante frequência. Para sistemas que indicam modulação plena este LED somente irá iluminar-se por breves instantes, nos níveis máximos de saída. Em ambos os casos, indicação continuada de picos exige que se reduza a sensibilidade ou nível de entrada, para evitar distorção audível.

Se o transmissor for equipado com uma chave para anular o sistema *compander* (compressão seguida de expansão, um redutor de ruído), certifique-se de que esteja ajustado para o mesmo modo que o receptor. A única situação em que este sistema deve ser anulado é quando se usa um receptor que não seja equipado com um circuito *compander*.

Para sistemas sintonizáveis, certifique-se de que o transmissor está ajustado para a mesma frequência do receptor.

O último passo na configuração do transmissor é o seu posicionamento. Tanto para sistemas de mão quanto para os de encaixe, o posicionamento é o mesmo dos microfones com fio de mesmo tipo. A unidade pode ser montada em um suporte, braço ou girafa com um adaptador adequado, ou pode ser usada na mão.

O posicionamento do transmissor tipo *bodypack* depende de cada aplicação em particular. Se a fonte de entrada for um microfone, como um lapela ou um *headset*, o *bodypack* normalmente é preso pelo clipe em um cinto ou no cós da calça. Ele pode ser fixado de outros modos, contanto que a antena possa ser estendida livremente. O acesso aos controles, quando necessário, também deve ser preservado, assim como o comprimento do cabo de conexão, se houver, deve ser suficiente para permitir que se coloquem a fonte e o transmissor onde desejado. Quando a entrada é um

instrumento musical, geralmente se pode prender o transmissor diretamente no instrumento ou na correia, no caso de guitarras e baixos elétricos.

Tanto quanto possível, uma instalação adequada de transmissor deverá evitar objetos metálicos grandes e fontes de RF mencionadas anteriormente, como aparelhos digitais, e outros transmissores sem fio. Se um músico estiver usando mais de um sistema de microfone sem fio ao mesmo tempo, como um headset sem fio e um instrumento musical sem fio, os transmissores devem ser mantidos tão afastados quanto possível, para evitar intermodulação.

## CONFIGURAÇÃO: RECEPTORES

Configurar um receptor envolve duas interfaces: antena-para-receptor e receptor-para-sistema de som. Aqui discutiremos a interface com o sistema de som. Lembre-se que a função básica de um sistema de microfone sem fio é substituir o cabo de conexão entre a fonte e o sistema de som. No caso típico, a saída do receptor sem fio será parecida com a saída da fonte original tanto elétrica quanto fisicamente. Isto é, a maioria dos sistemas de microfone sem fio possui uma saída em nível de microfone balanceada, de baixa impedância, geralmente em um conector padrão de três pinos tipo XLR. Este pode ser conectado a uma entrada padrão de microfone de um sistema de som usando um cabo de microfone balanceado comum.

Alguns receptores, particularmente aqueles projetados para uso com instrumentos elétricos, podem ser equipados com jacks de ¼" tipo de guitarra em vez de (ou além de) um conector XLR. Normalmente, esta saída é um sinal em nível de microfone ou de instrumento, desbalanceado, de baixa ou média impedância. Ela pode ser conectada diretamente à entrada de um amplificador de instrumento, usando-se um cabo comum de guitarra, blindado.

Além disso, alguns receptores possuem saídas em nível de linha. Estas podem ser conectadas a entradas em nível de AUX ou de Linha de sistemas de som equipados com tipos similares de conectores de entrada.

Se for desejável (ou necessário) conectar um tipo de saída a um tipo diferente de entrada, algumas possibilidades devem ser consideradas. De uma saída XLR para uma entrada de ¼", desbalanceada, pode-se um adaptador que conecte o Pino 2 do XLR à ponta do plugue de fono, e que conecte os pinos 1 e 3 do XLR à manga do plugue de fono. Um adaptador similar (com o conector XLR apropriado) pode ser usado para conectar uma saída de ¼ desbalanceada a uma entrada XLR balanceada. Adaptadores simples deste tipo geralmente irão funcionar se os níveis e as impedâncias das saídas e entradas forem compatíveis.

Em alguns casos não se podem usar simples adaptadores devido a diferenças significativas de impedância ou de nível. Ainda, a ligação de ¼ para XLR descrita logo acima (que torna o circuito desbalanceado) pode ocasionalmente criar problemas de zumbidos audíveis devidos a loops ao terra entre o receptor e o sistema de som. Em ambos os casos, o uso de um transformador pode ser uma solução. Ele permite uma transição melhor entre as diferentes impedâncias, e entre circuitos balanceados e

## CAPÍTULO 4

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

desbalanceados. O transformador também permite eliminar os loops ao terra quando se levanta a conexão da blindagem na ponta do cabo balanceado do lado da fonte.

Finalmente, deve-se considerar a presença de phantom power na entrada balanceada de microfone do sistema de som. Se a saída do receptor for desbalanceada, a energia phantom pode causar ruído ou distorção no sinal. Se não, um transformador adequado ou um adaptador com capacitores irá bloquear a voltagem no caminho de conexão. Se a saída do receptor for balanceada, a energia phantom geralmente não é um problema, embora algum fabricante possa especificar a voltagem máxima que o receptor pode tolerar. Alguns poucos receptores apresentam uma carga considerável para a fonte phantom. Isto pode resultar em uma diminuição da voltagem phantom nas outras entradas em uma console cujas entradas apresentem um isolamento insuficiente de energia phantom entre si.

Uma vez que o receptor tenha sido conectado corretamente, então se pode configurar o sistema de som. O primeiro ajuste de controle em um receptor é o nível de saída. Este geralmente consiste de um botão giratório e possivelmente de uma chave para escolher o nível, se de microfone ou de linha. O procedimento geral é ajustar o nível de saída de modo que seja aproximadamente do mesmo nível que uma fonte do mesmo tipo, com fio. Isto permitirá uma estrutura de ganho normal no resto do sistema de som. Embora o nível de microfone seja o mais comum, o nível de linha pode ser apropriado para cabos muito compridos ou para excitar aparelhos em nível de linha, como equalizadores, crossovers ou amplificadores de potência. Para muitos receptores, os indicadores de nível de áudio são pré-controle de volume, e não são afetados pelos ajustes do botão de volume do receptor. Use os indicadores nos equipamentos subsequentes para conferir o nível real de saída.

O segundo ajuste importante em um receptor é o controle Squelch. Lembre-se da discussão anterior que o circuito de squelch destina-se a emudecer a saída de áudio de um receptor quando o sinal transmitido é perdido ou se torna inaceitavelmente ruidoso. Se houver um controle de squelch presente, o procedimento de ajuste usual é o seguinte:

- 1) Desligue o transmissor para eliminar o sinal desejado.
- 2) Ligue todos os outros equipamentos associados em torno ou em locais próximos, para criar o “pior caso” de condição de sinal.
- 3) Ajuste o controle de volume do receptor para o mínimo, para evitar ruído excessivo no sistema de som.
- 4) Ligue a chave de força do receptor.
- 5) Observe os indicadores de RF e de áudio do receptor.
- 6) Se os indicadores mostrarem uma condição de ausência de sinal, o ajuste de squelch pode ser deixado como está.
- 7) Se os indicadores mostrarem uma condição de sinal recebido estável ou intermitente, aumente o ajuste do controle Squelch até que a indicação seja de ausência de sinal. Ajuste o controle squelch um pouquinho além deste ponto, para permitir uma margem de folga.

- 8) Se, mesmo com ajustes altos de squelch, não conseguir obter uma condição de “ausência de sinal”, ainda assim é possível encontrar e eliminar o sinal indesejado. Do contrário, pode ser necessário escolher uma frequência operacional diferente.
- 9) Ligue a força do transmissor.
- 10) Certifique-se de que o receptor indica uma condição de sinal recebido (ou presente) com o transmissor à distância operacional normal. Lembre-se que ajustes altos de squelch diminuem a distância operacional (alcance).

Outros controles do receptor podem incluir nível de monitor (fone de ouvido), seletores de indicador ou de canal, etc. Estes podem configurados conforme a aplicação em particular. Se houver uma chave para desligar algum *compander* (redução de ruído), certifique-se de que esta está ajustada de modo coerente com o transmissor. Mais uma vez, não há necessidade de desligar o *compander* no receptor a menos que o transmissor não seja equipado com um circuito *compander*. Se o receptor for sintonizável, certifique-se de que esteja na mesma frequência do transmissor.

O posicionamento correto de receptores envolve tanto considerações mecânicas quanto elétricas. Mecanicamente, receptores sem fio geralmente são projetados para serem usados como outros produtos padrão para montagem em rack. As preocupações elétricas são possível interferência de RF e possível zumbido ou outro ruído elétrico induzido nos circuitos de áudio. Os receptores devem ser mantidos afastados de fontes de ruído de RF, tais como processadores digitais, computadores e equipamentos de vídeo. Eles também devem ser separados de fontes grandes de AC, como fontes de alimentação para equipamentos de alta corrente ou de alta voltagem, bem como de equipamentos de iluminação de teatro, reatores de lâmpadas fluorescentes e de motores.

Se receptores sem fio forem montados em racks com outros equipamentos, é melhor instalá-los próximo a aparelhos analógicos de baixa potência, e afastado de aparelhos potencialmente incompatíveis, se possível em outro rack. Obviamente, se os receptores forem instalados em racks de metal ou montados entre outros aparelhos de metal, será necessário verificar se a função da antena não será prejudicada.

### CONFIGURAÇÃO: ANTENAS DE RECEPÇÃO

A configuração de antenas de recepção envolve primeiro a interface antena-para-receptor e então o posicionamento da antena. O caso mais simples é o de um receptor com a(s) antenas instalada(s) permanentemente. A antena é tipicamente uma telescópica de ¼ de onda ou possivelmente uma do tipo “rubby ducky”. Receptores com antenas não destacáveis devem ser colocados em uma superfície aberta ou em prateleira, em linha-de-vista com o transmissor, para operarem corretamente. Geralmente não se prestam a montagem em rack, com a exceção talvez uma única unidade em cima (no topo) de um rack, e mesmo assim só se as antenas puderem ser montadas na frente do receptor, ou se puderem se projetar pelo (através do) topo do rack.

Um receptor com antenas destacáveis oferece mais versatilidade de instalação. Em muitos casos as antenas são presas na parte traseira do receptor. Se este tiver que ser montado em um rack de metal, as antenas precisam ser trazidas para o lado de fora do rack. Alguns projetos permitem que as antenas sejam movidas para a frente do receptor, enquanto outros fornecem um painel acessório para reposicionamento de antena. Novamente, o receptor deve ser montado alto o bastante no rack para que as antenas estejam essencialmente livres no ar.

A seguir, algumas regras gerais para instalação/configuração e uso de antenas de recepção:

**Primeiro, mantenha tanto quanto possível uma linha-de-vista entre as antenas de transmissão e de recepção.** Evite objetos de metal, paredes e um número alto de pessoas entre a antena do receptor e do transmissor a ele associado. Idealmente, isto significa que a antena de recepção deve estar na mesma sala que os transmissores e elevados acima da platéia ou outras obstruções.

**Segundo, mantenha a antena do receptor a uma distância razoável do transmissor.** A distância máxima não é constante, mas é limitada pela potência do transmissor, objetos que interfiram, interferência e sensibilidade do receptor. Próximo é preferível a longe, mas recomenda-se uma distância mínima de cerca de 3 metros, para evitar potenciais produtos de intermodulação no receptor. Idealmente, é melhor posicionar a combinação antena/receptor próxima do transmissor (e usar um cabo longo de áudio) do que usar um cabo de antena longo, ou transmitir a grandes distâncias.

**Terceiro, use o tipo certo de antena.** Uma antena de  $\frac{1}{4}$  de onda pode ser usada se for montada diretamente no receptor, ou em um aparelho de distribuição de antena ou em outro painel que atue como um plano de terra. Se a antena tiver que ser montada afastada do receptor, recomenda-se o uso de uma (antena) de  $\frac{1}{2}$  onda. Este tipo tem uma sensibilidade ligeiramente superior às de  $\frac{1}{4}$  de onda, e não precisa de um plano de terra. Para instalações que exijam um posicionamento mais distante da antena ou em casos de fontes fortes de interferência, pode ser necessário o uso de uma antena direcional (Yagi ou log-periódica) apontada adequadamente.

**Quarto, escolha a(s) antena(s) de recepção de sintonia correta.** Muitas antenas possuem uma largura de banda finita, o que faz com que sejam apropriadas para uso somente com receptores que operem dentro de determinada banda de frequência. Quando se usam sistemas de distribuição de antena os receptores devem tanto quanto possível ser agrupados com antenas da banda de frequência apropriada. Se as faixas de frequência dos receptores cobrirem duas bandas de antenas adjacentes (vizinhas), devem-se usar as antenas maiores (de menor frequência). Se as faixas cobrirem todas as três bandas de antena (no caso do VHF), deve-se usar uma antena longa e uma curta (sem antena de tamanho intermediário). Antenas telescópicas devem ser estendidas ao seu comprimento apropriado.

**Quinto, posicione antenas de receptores por diversidade separando-as por uma distância conveniente.** Para recepção por diversidade, a separação mínima para benefícios significantes de recepção é de  $\frac{1}{4}$  do comprimento

de onda (cerca de 43 cm para VHF). Há um certo aumento de desempenho até uma separação entre as antenas de um comprimento de onda. Além desta distância, o desempenho da diversidade não muda substancialmente. Entretanto, em algumas aplicações em ambientes grandes a cobertura geral pode ser melhorada usando-se uma separação maior. Nestes casos uma ou ambas as antenas são localizadas de modo a permitir uma distância média menor até o(s) transmissor(es) dentro da área operacional.

**Sexto, posicione as antenas do receptor longe de quaisquer fontes suspeitas de interferência.** Estas incluem outras antenas de recepção, bem como fontes mencionadas anteriormente, como equipamentos digitais, equipamentos de força AC, etc.

**Sétimo, monte as antenas de recepção longe de objetos metálicos.** Idealmente, as antenas em geral deveriam ser sempre montadas livres no ar ou então, perpendiculares a estruturas de metal como racks, telas, suportes de metal, etc. Elas devem estar a uma distância de pelo menos  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda de qualquer estrutura de metal paralela. Todas as antenas em uma instalação com sistemas múltiplos devem estar afastadas por pelo menos  $\frac{1}{4}$  do comprimento de onda.

**Oitavo, oriente corretamente as antenas de recepção.** Se as antenas de transmissão são geralmente verticais, então as antenas de recepção também deveriam ser aproximadamente verticais. Se a orientação da antena do transmissor for imprevisível, então as antenas do receptor podem ser orientadas até  $45^\circ$  da vertical. Antenas tipo Yagi e Log-Periódica devem ser orientadas com seus elementos transversais na vertical.

**Nono, use o cabo de antena apropriado quando usar antenas remotas de recepção.** Os melhores resultados são obtidos quando se usa um comprimento mínimo de um cabo apropriado, de baixa perda, equipado com conectores adequados. Devido a perdas crescentes nas altas frequências, sistemas UHF podem necessitar de cabos especiais.

**Décimo, use um sistema de distribuição de antena quando possível.** Isto minimizará o número geral de antenas e reduzirá os problemas de interferência com múltiplos receptores. *Para dois receptores pode-se usar um divisor passivo.* Para três ou mais, recomenda-se fortemente o uso de divisores ativos. Verifique a sintonia adequada da antena, conforme mencionado acima. Amplificadores de antena não são normalmente recomendados para sistemas VHF, mas podem ser necessários para sistemas UHF com cabos longos.

## CONFIGURAÇÃO: BATERIAS

Use sempre baterias (ou 'pilhas') novas do tipo correto no transmissor e/ou no receptor. Muitos fabricantes recomendam somente baterias do tipo alcalino para operação correta. Baterias alcalinas têm uma capacidade muito mais alta de potência, taxa de descarga muito favorável e armazenamento mais duradouro que outros tipos de baterias (pilhas) de uso único (não-recarregáveis), como as de carbono-zinco. As de tipo alcalino funcionarão por um tempo 10 vezes mais longo que as não-alcalinas ditas "de serviço pesado". Elas também são muito menos sujeitas a causar problemas de corrosão, caso sejam deixadas na unidade. Pense na

# CAPÍTULO 4

ESCOLHA E

OPERAÇÃO DE possibilidade de comprar pilhas alcalinas no atacado, para obter a maior economia: elas têm uma vida de prateleira de pelo menos um ano.

SISTEMAS DE

MICROFONE

SEM FIO

A condição da bateria deve ser verificada antes de usar o sistema e examinada periodicamente durante o uso, se possível. Muitos transmissores são equipados com um indicador do status da bateria de algum tipo, que será pelo menos um indicador tipo vai/ não vai, ou algum tempo mínimo de vida operacional. Algumas unidades têm um “indicador de combustível”, que dá uma idéia mais precisa do tempo de vida restante para a bateria. Alguns modelos têm até a capacidade de transmitir informações sobre a condição da bateria ao receptor, para monitoração remota.

Use baterias recarregáveis com extremo cuidado: sua capacidade de potência é muito menor que as alcalinas de mesmo tamanho, e sua voltagem inicial real é geralmente menor. A bateria recarregável convencional usa uma célula de Ni-Cad (níquel- cádmio). A voltagem de uma célula individual de Ni-Cad é de 1,2 Volts, em vez do 1,5 Volts de uma pilha alcalina. Esta é uma voltagem inicial 20% menor por célula. A bateria alcalina padrão de 9 Volts é composta de 6 células em série, o que dá uma voltagem inicial de pelo menos 9 Volts.

A típica bateria recarregável “tamanho 9 Volts” também tem 6 células, dando uma voltagem inicial de somente 7,2 Volts. Quando combinado com sua baixa capacidade de potência, o tempo operacional pode ser menor que 1/20 de uma alcalina, somente cerca de 15 minutos em algumas unidades. A “melhor” recarregável de 9 Volts tem sete célula (8,4 Volts iniciais), mas ainda só tem cerca de 1/10 do tempo operacional de uma alcalina. É possível obter baterias de Ni-Cad tamanho 9 Volts com 8 células (9,6 Volts iniciais), mas mesmo estas têm menos da metade do tempo operacional das alcalinas, e são bem caras.

Se for tomada a decisão de usar baterias recarregáveis, o gerenciamento das baterias torna-se muito importante. Para sistemas em serviço diário, recomenda-se um mínimo de três baterias por unidade devido ao tempo de recarga: uma carregada, uma sendo carregada, uma para ser carregada. Além disso, periodicamente as baterias devem ser totalmente cicladas para evitar o desenvolvimento de “memória” de descarga curta. Por fim, deve-se comparar a economia potencial de longo prazo com o curto tempo operacional, investimento inicial e as exigências permanentes de manutenção das baterias recarregáveis. Usuários experientes quase invariavelmente escolhem pilhas alcalinas.

## VERIFICAÇÃO E OPERAÇÃO DO SISTEMA

A boa prática em qualquer sistema de microfone sem fio inclui uma passagem do sistema antes do início do espetáculo ou apresentação. Como sugerido na seção de ajuste de squelch, isto deve ser feito com todos os outros equipamentos associados na produção também ligados. Isto pode revelar problemas potenciais, que não são aparentes num teste só do sistema de microfone sem fio.

1) Verifique se as baterias estão boas em todos os transmissores.

2) Verifique os ajustes de squelch de receptor conforme mostrado acima, ativando os sistemas individuais um por vez.

3) Faça um teste auditivo estacionário com cada um dos sistemas individuais por vez, para verificar os ajustes corretos de áudio.

4) Faça um teste auditivo na área da apresentação com cada um dos sistemas individuais por vez, para verificar se não ocorrem quedas (dropout, ou perda de sinal).

5) Ligue todos os receptores (sem os transmissores) e verifique os indicadores para checar se não há interferência.

6) Ligue os transmissores individuais um de cada vez para checar a ativação do receptor correto. Os transmissores devem estar todos a uma distância comparável (de pelo menos 3 metros) das antenas de recepção.

7) Ligue todos os transmissores (com receptores) para verificar a ativação de todos os receptores. Os transmissores devem estar todos a uma distância comparável (de pelo menos 3 metros) das antenas de recepção e a pelo menos 90 cm de distância uns dos outros.

8) Faça um teste auditivo na área da apresentação com cada um dos sistemas individuais por vez enquanto todos os sistemas estão ligados, para verificar se não ocorrem interferências audíveis ou dropouts.

Deve ser notado que no item 6), acima, que certas combinações de transmissores e receptores ativos podem indicar captação de um transmissor individual por mais de um receptor. Entretanto, no passo 7), quando todos os transmissores estão ativos, cada um é captado somente pelo receptor planejado. A menos que haja interferência audível quando todos estão ligados, isto não deve representar um problema, já que um receptor normalmente não deve estar ligado quando seu próprio transmissor não estiver ativo.

Depois dos sistemas de microfone sem fio passarem por esta verificação, siga as recomendações a seguir, para obter uma operação de sucesso durante a apresentação:

1) Verifique novamente a condição (boa) das baterias em todos os transmissores.

2) Os receptores devem ser emudecidos até que os transmissores sejam ligados

3) Não ative transmissores ou receptores desnecessários.

4) Quando o sistema tiver sido ligado, use a chave “mute” ou “microphone” para desligar o áudio, se necessário, não a chave Power. (isto não é preocupação para sistemas com squelch e tone-key – vide item apropriado no capítulo 2).

5) Não abra o nível de áudio do sistema de som para nenhum receptor que não estiver com seu respectivo transmissor ativo.

6) Mantenha linha-de-vista entre as antenas de transmissão e de recepção.

# CAPÍTULO 4

- 7) Mantenha uma distância entre as antenas de transmissão e de recepção de pelo menos 3 metros.
- 8) Mantenha uma distância entre os transmissores de pelo menos 90 cm, se possível.
- 9) Opere os transmissores na mesma área geral de apresentação.
- 10) No fim do evento, emudeça as saídas do receptor antes de desligar os transmissores.

## ELIMINANDO PROBLEMAS EM SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO

Mesmo que aparentemente os sistemas de microfone sem fio tenham sido escolhidos e configurados do modo apropriado, ainda assim podem surgir problemas durante o uso real. Embora não seja prático oferecer aqui soluções abrangentes para todas as situações possíveis, sugerimos aqui algumas orientações gerais.

Embora os problemas com sistemas de microfone sem fio eventualmente surjam como efeitos audíveis, estes efeitos podem ser sintomas de problemas de áudio e/ ou de rádio. O objetivo do 'eliminar problemas' é primeiro identificar a fonte do problema e segundo, reduzir ou eliminar o problema.

As seguintes abreviações são usadas nestas tabelas: AF - frequência de áudio, RF - frequência de rádio; IM - intermodulação; RFI - interferência de frequência de rádio, TX - transmissor, RCV - receptor.

Um sintoma comum na operação de múltiplos sistemas é a aparente ativação de dois receptores por um único transmissor. Isto pode ser devido a uma entre várias causas: frequências operacionais iguais ou muito próximas, harmônicos de cristal, transmissor na frequência - imagem do segundo receptor, IM com uma fonte desconhecida, etc. Se a ativação do segundo transmissor resultar em operação adequada de ambos os sistemas, este efeito pode usualmente ser ignorado. O procedimento operacional recomendado é somente ligar um receptor quando seu transmissor estiver ativo. Caso se deseje manter receptores abertos sem transmissores, reajustar o controle squelch pode ser suficiente. Caso contrário, as frequências operacionais terão que ser trocadas.

## NOTAS DE APLICAÇÃO

A seguir, algumas sugestões de escolha e uso de sistemas de microfone sem fio para algumas aplicações específicas. Cada seção dá escolhas e configurações típicas para microfones, transmissores e receptores, bem como algumas dicas operacionais.

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

# CAPÍTULO 4

## GUIA PARA ELIMINAÇÃO DE PROBLEMAS

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

Condições: TX ligado, RCV ligado, um só sistema

<b>Sintoma</b>	<b>Distância TX-RCV</b>	<b>Possível causa</b>	<b>Ação</b>
Ausência de sinal de AF e de RF	qualquer	bateria TX com carga baixa	substituir bateria
Ausência de sinal de AF e de RF	qualquer	TX e RCV sintonizados em frequências diferentes	re-sintonize uma ou ambas as unidades
Ausência de sinal de AF e de RF	média	dropout (queda) de multivias	use RCV por diversidade ou reposicione TX e/ou RCV
Ausência de sinal de AF e de RF	grande	fora de alcance	mova TX para mais perto do RCV
Ausência de sinal de AF mas sinal de RF normal	qualquer	TX emudecido	desligue o 'mute' do TX
Ausência de sinal de AF mas sinal de RF normal	qualquer	microfone ou outra fonte de entrada	verifique a fonte de entrada
Distorção sem indicação de pico de AF	qualquer	bateria TX com carga baixa	substituir bateria
Distorção com indicação de pico de AF	qualquer	nível excessivo de entrada do TX	diminua o nível da fonte ou o nível de entrada do TX
Distorção com indicação de pico de AF em equipamentos subsequentes	qualquer	nível excessivo de saída de RCV	diminua o nível de saída do RCV
Ruído com sinal de AF baixo e sinal de RF normal	qualquer	nível insuficiente de entrada de TX	aumente o nível da fonte ou o nível de entrada do TX
Ruído com sinal de AF baixo e sinal de RF normal	qualquer	Forte RFI	identifique e elimine a causa, ou mude a frequência do sistema de microfone sem fio
Ruído com sinal de AF normal e sinal de RF baixo	média	RFI moderado	aumente o ajuste de squelch até emudecer o RCV
Ruído com sinais normais de AF e de RF	qualquer	RFI muito forte	identifique e elimine a causa, ou mude a frequência do sistema de microfone sem fio
Sinal AF intermitente e sinal RF baixo	grande	fora de alcance	aproxime o TX do RCV
Sinal AF intermitente e sinal RF baixo	grande	ganho de antena insuficiente	use uma antena de ganho maior
Sinal AF intermitente e sinal RF baixo	grande	perda excessiva via cabo de antena	use cabo de baixa perda e/ ou menos (comprimento de) cabo
Sinais intermitentes de AF e RF	média	interferência de multivias	use RCV por diversidade ou reposicione TX e/ou RCV
Sinais intermitentes de AF e RF	média	obstruções no caminho do sinal	remova obstruções ou reposicione TX e/ou RCV
Sinais intermitentes de AF e RF	média	squelch ajustado alto demais	reduza o ajuste de squelch
Sinais intermitentes de AF e RF	média	RFI muito forte	identifique e elimine a causa, ou mude a frequência do sistema de microfone sem fio

SISTEMAS SEM FIO: COMO FAZÊ-LOS FUNCIONAR

## CAPÍTULO 4

Quando se usam múltiplos sistemas sem fio, alguns problemas adicionais podem ocorrer, devido a interação entre os sistemas. Ligar e desligar sistemas individuais e tentar sistemas em diferentes combinações pode ajudar a identificar a causa. Entretanto, isto pode se tornar muito mais difícil à medida que o número de sistemas aumenta.

A seguir estão algumas sugestões para eliminar problemas em sistemas múltiplos, que atacam sintomas observados quando todos os sistemas estão ativos.

Condições: TX ligado, RCV ligado, sistemas múltiplos

Sintoma	Distância	Possível causa	Ação
Distorção em dois (ou mais) sistemas sem indicação de pico de AF	qualquer	unidades de mesma frequência	mudar frequências
Distorção em um (ou mais) sistemas sem indicação de pico de AF	TX – TX curta	Intermodulação TX + TX	mudar frequências
Distorção em um (ou mais) sistemas sem indicação de pico de AF	TX – TX curta, TX – RCV curta	Intermodulação (TX + TX) ou (TX + TX + RCV)	aumente a distância TX para TX; mude frequências
Distorção em um (ou mais) sistemas sem indicação de pico de AF	TX – RCV curta	Intermodulação (TX + TX + RCV)	aumente a distância TX para RCV

### APRESENTAÇÕES

A escolha mais comum de microfone sem fio para apresentações é um sistema lapela/ bodypack, que permite liberdade para as mãos de uma única pessoa falando. Um pequeno microfone a condensador é conectado ao transmissor bodypack e a combinação é usada pelo apresentador. O receptor é instalado em um local fixo.

O transmissor bodypack é geralmente usado preso na cintura ou no cinto. Ele é posicionado de modo que a antena possa se estender livremente e que os controles possam ser alcançados com facilidade. O ganho do transmissor deve ser ajustado para fornecer um nível apropriado para o apresentador em particular.

O receptor deve ser colocado de modo a que suas antenas estejam em linha de vista com o transmissor e a uma distância apropriada, preferivelmente a pelo menos 3 metros. Após conectar o receptor ao sistema de som, deve-se ajustar o nível de saída e de squelch conforme as recomendações anteriores.

O fator mais importante para obter uma boa qualidade de som e ganho suficiente antes de ocorrer microfonia em um sistema de lapela é a escolha e posicionamento do microfone. O melhor ponto de partida é um microfone de alta qualidade posicionado tão perto quanto possível da boca do usuário. Um microfone de lapela omnidirecional deve ser preso à gravata ou gola do paletó a uns 20 ou 25 cm da boca, para a melhor captação.

Em situações de ganho limitado antes de ocorrer microfonia ou de altos níveis de ruído ambiente, um microfone unidirecional pode ser usado. Este tipo deve ser posicionado como o omnidirecional, mas também precisa ser apontado para a boca do usuário. O usuário deve estar consciente de que os tipos unidirecionais são muito mais sensíveis a ruídos de vento e explosões da respiração (os sons de P, B, T, D, etc.), bem como aos ruídos vindos das roupas roçando contra o microfone ou o cabo. Microfones de lapela unidirecionais devem sempre ser usados com um protetor anti-ruído de vento e montado de modo a reduzir o contato mecânico direto com roupas ou jóias.

### INSTRUMENTOS MUSICAIS

A opção mais apropriada para uma aplicação de instrumento sem fio é um sistema tipo bodypack que aceite o sinal de áudio de vários instrumentos-fonte. O receptor pode ser do tipo diversidade para o melhor desempenho ou tipo não-diversidade, para aplicações com orçamento mais limitado, e é instalado em uma posição fixa.

O transmissor pode em geral ser instalado no próprio instrumento ou na correia. Em todo caso seu posicionamento deve evitar interferir com o instrumentista, mas mantendo seus controles acessíveis. Os instrumentos-fonte incluem guitarras e baixos elétricos bem como instrumentos acústicos como saxofones ou trompetes. Fontes elétricas podem em geral ser conectadas diretamente, enquanto que fontes acústicas precisam de um microfone ou outro transdutor (ou captador).

Os receptores para sistemas de instrumentos são conectados a um amplificador de instrumento para guitarras e baixos ou à entrada de uma console de mixagem. Esteja atento à possibilidade de interferência vinda de processadores digitais de efeitos nas cercanias do amplificador ou da console de mixagem. As conexões devem ser bem blindadas e seguras. Aqui também se aplicam as considerações usuais sobre distância e linha de vista.

O fator mais importante no desempenho de um sistema para instrumento é a interface entre o instrumento e o transmissor. Os sinais dos instrumentos elétricos equipados com captadores magnéticos são geralmente comparáveis a sinais de microfones, embora os níveis e impedâncias possam ser um pouco mais altas. Outros transdutores como os do tipo piezelétrico também têm sinais de saída comparáveis a sinais de microfone, mas também eles têm níveis mais altos e impedâncias substancialmente maiores. Com qualquer destas fontes deve-se tomar cuidado para garantir a compatibilidade com a entrada do transmissor, em relação a nível, impedância, e tipo de conector.

# CAPÍTULO 4

## ESCOLHA E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO

Ocasionalmente se descobre que certos sistemas de microfone sem fio inicialmente não funcionam bem com certos instrumentos. Os sintomas podem incluir uma resposta de frequência pobre, distorção ou ruído. Em muitos casos isto pode ser causado por um descasamento de nível ou de impedância entre os dois. Mudanças na resposta de frequência são muitas vezes devidas a problemas de impedância. Certifique-se de que o transmissor tem uma impedância de entrada alta o suficiente. Distorção geralmente é causada por nível excessivo de entrada para o transmissor. Instrumentos com circuitos ativos (pré amplificadores a bateria) geralmente possuem níveis muito altos de saída, os quais precisam ser atenuados para certos transmissores. Eles também podem sofrer RFI causada pelo sistema de microfone sem fio. Isto pode ser reduzido instalando-se capacitores de *bypass* de RF no instrumento.

Um tipo comum de ruído que se ouve em sistemas de microfone sem fio é geralmente chamado ruído de modulação. Este é um chiado de baixo nível que acompanha o som real do instrumento. Embora ele geralmente seja mascarado pelo som do instrumento, certos fatores podem torná-lo mais pronunciado. Estes incluem níveis baixos de sinal de áudio, níveis baixos de sinal de RF e altos níveis de ruído de RF. O ruído de modulação pode ser mais perceptível quando o sistema de microfone sem fio está conectado a um amplificador de instrumento de alto ganho, com frequências reforçadas e circuitos de distorção ligados. O nível aparente de ruído de modulação pode ser reduzido ajustando-se o ganho do transmissor tão alto quanto possível (sem causar distorção), mantendo nível adequado de sinal de RF e evitando fontes de ruído de RF.

Algumas guitarras e baixos elétricos usados com sistemas de microfone sem fio também podem exibir ruído intermitente quando seus potenciômetros de controle são girados para um dos pontos extremos (máximo ou mínimo). Isto é devido ao contato metal/ metal que acontece nestes pontos em certos projetos de potenciômetros. Pode ser necessária a substituição por um tipo diferente.

Os microfones para instrumentos acústicos podem ser omnidirecionais, e geralmente são do tipo condensador. A escolha e posicionamento de microfones para instrumentos acústicos é um processo subjetivo que envolve uma certa quantidade de tentativa e erro. Veja as referências na bibliografia para sugestões. Também é aconselhável consultar o fabricante do equipamento sem fio e/ ou o fabricante dos instrumentos, microfones e transdutores, caso o problema persista.

Um benefício do sem fio que interessa diretamente aos guitarristas é a eliminação do risco potencial de ocorrer choque entre uma guitarra ligada com cabo e um microfone ligado com cabo. Eliminadas as conexões entre o instrumento e o amplificador ou entre o microfone e o P.A., a polaridade do amplificador de guitarra não interessa mais.

### VOCALISTAS

A escolha usual para vocalistas é um sistema de microfone sem fio de mão, para captação próxima da voz. Este consiste de um elemento microfone apropriado preso a um transmissor de mão usado com um receptor fixo.

O microfone/ transmissor pode ser usado na mão ou montado em um pedestal. A técnica de microfone é

essencialmente a mesma que para microfones com fio: posicionamento próximo dá o melhor ganho antes de ocorrer microfonia, a menor captação de ruído ambiente e o maior efeito de proximidade. Um filtro pop acessório pode ser usado, se o vento ou explosões da fala forem um problema. Se o transmissor for equipado com uma antena externa, evite colocar a mão em torno desta. Se os controles do transmissor forem acessíveis externamente, pode ser útil escondê-los com uma capa ou fita adesiva, para evitar acionamento acidental da chave durante a performance. A condição da bateria deve ser checada antes disto se o indicador estiver coberto. O ganho do transmissor deve ser ajustado para aquele(a) vocalista em particular cantando em níveis de apresentação.

O receptor deve ser posicionado a uma distância apropriada e em linha de vista com o transmissor. Como este geralmente está na posição da console de mixagem, verifique a possibilidade de eventual interferência de processadores digitais de sinal próximos. Também aqui, as conexões de áudio e de antena devem ser bem blindadas e seguras.

As considerações primárias para a qualidade de som em um sistema de microfone sem fio de mão é o elemento microfone e sua integração correta com o transmissor. A escolha do elemento para um sistema de microfone sem fio deve ser feita seguindo o mesmo critério que para um microfone com fio. Idealmente, a versão sem fio de um microfone deverá de modo idêntico à com fio. No limite, o que conta é o fabricante do sistema de microfone sem fio. Por este motivo, é altamente recomendável comparar o desempenho do sistema de microfone sem fio proposto com seu equivalente com fio, para ter certeza de que quaisquer diferenças na qualidade do som ou na direcionalidade serão mínimas.

### AULAS DE AERÓBICA/ DANÇA

Aplicações de aeróbica ou dança geralmente exigem sistemas de microfone sem fio tipo bodypack para permitir o uso livre das mãos pelo instrutor. O microfone é geralmente um do tipo usado na cabeça, com um elemento unidirecional. Este é o que permite melhores resultados quanto a controle de microfonia e qualidade geral do som. Um microfone de lapela também pode ser usado, caso o ganho antes de ocorrer microfonia não for um problema, mas a qualidade do som não será tão boa quanto um fone de cabeça. O receptor pode ser do tipo diversidade ou não-diversidade, dependendo do nível de desempenho requerido e de ser instalado em um local fixo.

O transmissor é usado na cintura e deve ser muito bem preso já que seu usuário é em geral muito ativo. A antena deve se estender livremente e os controles localizados de modo acessível. O ganho deve ser ajustado para o usuário em condições de uso real.

O receptor deve ser posicionado com o habitual cuidado com relação à distância e linha de vista. Além disso, ele deve ser instalado longe de transeuntes e pés. Uma vez que estes sistemas são montados e desmontados regularmente, as conexões devem ser sempre verificadas.

O critério primário para sistemas de aeróbica e de dança é a confiabilidade sob condições extremamente ativas. Estas condições incluem vibração, impacto, calor, umidade e vários fluidos corporais! O sistema básico deve certamente ser

durável mas há alguns passos adicionais que podem ser dados para aumentar a confiabilidade a longo prazo. Um cinto acessório ou uma pochete feita de neoprene pode proteger o transmissor contra danos mecânicos bem como contra perspiração. Isto também oferece um colchão entre o usuário e o transmissor, o que aumenta o conforto e permite que o transmissor seja reposicionado facilmente, caso o instrutor esteja fazendo exercícios no chão, etc. Um projeto que tampe os controles e/ou os conectores resistirá mais a danos causados por corrosão nestes pontos de entrada.

A vida do cabo de microfone pode ser prolongada se tomar-se o cuidado de direcionar o cabo de modo a evitar flexões ou puxões extremos. Permita folga na alça de cabeça e no ponto de entrada do transmissor. Um modelo com entrada lateral oferece mais alívio contra tensões e também permite uma argola “pingadeira”, que evita que gotas de suor corram pelo cabo e entrem pelo conector. Se for usada uma alça de cabeça ajustável, esta deve ser ajustada somente quando for necessário para manter a estabilidade adequada.

O elemento microfone pode ser um tanto protegido pelo uso de uma tela anti-vento de espuma. Remova o protetor de vento periodicamente, encharque-o em água morna com sabão, escorra e deixe secar. Substitua-o quando apresentar sinais de desgaste. Entretanto, mesmo com estas precauções, o conjunto microfone/ cabo em um tal sistema deve ser considerado como um item consumível.

### TEATRO

Aplicações teatrais também pedem em geral por sistemas de microfone sem fio lapela/ bodypack. O microfone e o transmissor são usados pelo ator enquanto o receptor acha-se em um local fixo. O teatro combina aspectos das aplicações para apresentador, vocalista e aeróbica/ dança com exigências que lhe são únicas.

Na prática habitual de teatro o microfone de lapela é em geral oculto em algum lugar na cabeça do ator: logo adiante da orelha, em sua testa, no cabelo ou na barba, etc. Em alguns casos ele é oculto em alguma parte da roupa, como um chapéu ou uma gola alta. A intenção é sempre aproximar o microfone o mais possível da boca do ator sem se tornar visível. O posicionamento próximo maximiza o ganho antes de ocorrer microfonia, e minimiza ruído e interferência acústica. Os tipos miniatura omnidirecionais são usados quase que exclusivamente, mas eles devem ser de alta qualidade tanto para fala quanto para canto. Evite obstruir as pequenas fendas (pórticos) dos microfones com maquiagem ou adesivos.

Os transmissores também são ocultos dentro ou sob as roupas, e em geral são sujeitos a ambientes ainda mais severo que o encontrado na situação aeróbica/ dança. Existem estojos e faixas especiais para fixar o transmissor a diversas partes do corpo. Direcionar cabos e antenas de microfone e ainda assim permitir mudanças rápidas de figurino coloca um desafio sério. O desgaste e as quebras normais de cabos e conectores rapidamente cobrarão seu tributo dos microfones e transmissores que não sejam os mais confiáveis.

Receptores para aplicações em teatro não são de um tipo especial, mas precisam ser de alta qualidade para permitir o uso de sistemas múltiplos livre de interferência. não é raro o

uso de até 30 sistemas de microfone sem fio simultâneos em uma produção profissional de teatro. Este número só pode ser operado com sistemas que operem na faixa de UHF. O limite prático para VHF é de 10 a 15 sistemas ao mesmo tempo. Além disso, qualquer instalação envolvendo um grande número de sistemas necessitará de antenas destacáveis e de distribuição do sinal das antenas.

Embora aplicações de teatro de menor escala possam ser feitas com um investimento moderado em planejamento e equipamento, as produções em larga escala irão em geral requerer a coordenação profissional de sistemas de microfone sem fio para atingir um resultados de sucesso. Isto se torna uma necessidade absoluta para uma produção móvel.

### CASAS DE CULTO

Serviços de culto podem incluir aplicações de apresentador, vocalista e de instrumentos. Como dissemos antes, o uso de sistemas sem fio ou com fio é essencialmente o mesmo, embora neste caso a função apresentador possa ser ligeiramente diferente. A escolha de microfone, transmissor e receptor é feita como antes, mas o posicionamento dos componentes pode exigir cuidados extra.

Em particular, a localização correta do microfone de lapela e/ ou do transmissor pode apresentar problemas devido às vestes ou paramentos. Ainda é necessário posicionar o microfone tão perto da boca do usuário quanto for prático, para obter o melhor resultado. Para isso, pode ser necessário o uso de diferentes métodos de fixação. O acesso aos controles do transmissor também pode ser problemático. A resposta pode ser o uso de chaves acessórias de mute de microfone, como aquelas usadas por árbitros de esportes.

Embora seja mais fácil usar um microfone de tipo omnidirecional, pode-se escolher um modelo unidirecional, para permitir maior ganho antes de ocorrer microfonia. Neste caso a sensibilidade ao “pop” da voz e a ruídos mecânicos deve ser levada em conta. Mais uma vez, é muito importante ajustar o nível do transmissor para a voz do indivíduo sob (isto é, simulando) condições reais de uso.

Devido ao fato de muitos serviços de culto incluírem tanto microfones com fio para púlpito quanto microfones de lapela sem fio, é comum que a pessoa que está usando um sistema sem fio também esteja falando no púlpito. Se a voz for captada por ambos os microfones, ocorrerá um fenômeno acústico chamado “filtro pente”<sup>4</sup>, que cria um som oco, não natural. A solução é abaixar um dos microfones sempre que estiverem de 30 a 60 cm um do outro. Na maioria dos casos, será menos perceptível abaixar o microfone do púlpito quando o usuário do sem fio se aproximar dele.

A escolha correta da frequência é necessária em qualquer aplicação de culto. Como uma instalação fixa é a norma, as frequências dos canais livres de TV são as mais recomendadas, não as frequências “travelling”, ou de viagem. O uso de outros sistemas de microfone sem fio por vocalistas e músicos durante o serviço também deve ser considerado. Além disso, sistemas de microfone sem fio em outros templos ou igrejas num raio de 300 metros do local também devem ser incluídos em qualquer programa para coordenação de frequências.

## CAPÍTULO 4

### ESCOLHA E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE MICROFONE SEM FIO

Finalmente, os receptores devem ser instalados e ajustados de acordo com as sugestões feitas anteriormente. Mesmo com os ajustes corretos de squelch, entretanto, recomenda-se fortemente desligar ou fechar as saídas de quaisquer receptores que não estejam com o transmissor ativo. Isto evitará que se ouça algum ruído de interferência aleatória de RF pelo sistema de som.

#### BINGO

Os sistemas de microfone sem fio se tornaram comuns em grandes casas de bingo. Embora o Anunciador esteja tipicamente em um local fixo e use um microfone com fio, os FISCALIS precisam ser capazes de se mover pelo ambiente, para verificar as cartelas. Microfones sem fio de mão são a escolha habitual, mas os sistemas lapela/ bodypack também são usados. Os receptores são instalados em um local fixo.

A escolha e operação dos sistemas sem fio nesta aplicação é direta, embora o orçamento muitas vezes seja uma forte influência. Em particular, geralmente se deseja que um só receptor seja usado para múltiplos transmissores na mesma frequência, já que só é preciso que haja um fiscal no ar por vez. Embora seja tecnicamente possível, isto se torna difícil na prática por dois motivos: falha em desligar o transmissor quando não estiver em uso e o ruído que ocorre quando os transmissores são ligados e desligados. Como indicado anteriormente, a operação simultânea de mais de um transmissor na mesma frequência cria interferência pesada. Além disso, é inevitável que ocorra algum ruído de chaveamento, exceto em sistemas de squelch com *tone-key*.

Os transmissores devem ser emudecidos quando não estiverem em uso, mas a força deve permanecer ligada para eliminar a possibilidade de ruído. Caso se deseje desligar os sistemas sem fio dos fiscais durante o evento, certifique-se de que os níveis de squelch estão ajustados adequadamente. Idealmente, o(s) receptor(es) correspondente(s) devem ser diminuídos (isto é, ter seus controles de entrada fechados) até que sejam necessários. Sistemas de squelch com *tone-key* são úteis nesta aplicação porque permitem que os transmissores possam ser ligados ou desligados sem ruído.

Os receptores e as antenas devem ser posicionados corretamente para cobertura da área desejada. As sugestões usuais referentes à escolha das frequências aplicam-se também a este caso. Recomendam-se em particular as frequências de TV livres, já que os sistemas de bingo são geralmente instalados em locais fixos.

#### CINEMA / VIDEOGRAFIA

Aplicações em cinema e em videografia geralmente beneficiam-se da descrição dos sistemas de microfone sem fio de lapela/ bodypack para minimizar a visibilidade do microfone. Transmissores de mão podem também ser usados quando a aparência visual não for relevante. Entretanto, os receptores podem ser fixos ou portáteis. Uma opção comum é um receptor adaptado para ser montado em uma câmera, ou *camcorder*.

A escolha e posicionamento do microfone/transmissor são como descrito em outras seções. Microfones direcionais são úteis para controlar o ruído do ambiente. O posicionamento

pode ser consistente com exigências de ordem visual, mas devem ser posicionados tão próximos quanto possível da fonte de som. A qualidade geral do áudio é grandemente determinada pela escolha e posicionamento dos microfones.

Uma área importante de uso dos sistemas de microfone sem fio com vídeo e equipamentos de filmagem é a interface elétrica entre eles. Esta interface é especificada em termo de nível, impedância, configuração (balanceado/desbalanceado) e conector. Enquanto as características dos receptores sem fio são bem especificadas e razoavelmente padronizadas, as características de entrada de áudio dos equipamentos de vídeo são frequentemente não especificadas e únicas. Isto é especialmente verdadeiro para camcorders tipo amador, de consumo. As unidades profissionais de vídeo são normalmente projetadas com entradas de áudio profissionais padrão.

Muitas camcorders que possuem um microfone embutido também possuem uma entrada para um microfone externo, geralmente um mini jaque de 1/8". Se o receptor sem fio for equipado com um jaque de saída em nível de microfone de 1/4", um simples adaptador será suficiente. Se o receptor só tiver saída tipo XLR, surgem algumas preocupações adicionais. Um cabo adaptador ou transformador pode ser usado conforme descrito antes, na seção Configurando o Receptor.

As camcorders estéreo geralmente usam um jack para microfone externo de 1/8" estéreo (ponta-anel-manga). Para fornecer um sinal monofônico sem fio, para ambos os canais, esquerdo/ direito, deve-se usar um adaptador mono-para-estéreo inserido no jaque de entrada. Alguns receptores montados em câmera incluem um cabo especial de saída projetado para trabalhar tanto com entradas mono quanto estéreo.

Certas entradas de microfone de camcorders também fornecem uma voltagem de DC de *bias* (phantom power) para microfones a condensador. Neste caso, pode ser necessário usar um transformador ou um capacitor de bloqueio para isolar a saída do receptor sem fio da DC. Consulte a literatura que acompanhou a camcorder ou o fabricante para mais detalhes.

Camcorders que não tiverem controles manuais de nível de áudio são equipadas com um controle automático de ganho (AGC). Sua função é manter um nível constante de gravação de áudio, aumentando o ganho para sinais fracos e diminuindo o ganho frente a sinais fortes. Este circuito geralmente não pode ser desligado. Quando se usa o microfone embutido, muitas fontes diretas de som estão a uma distância significativa. No microfone, a variação geral entre o nível do som direto e o nível do som de fundo não é muito grande.

Microfones usados a pouca distância, seja de lapela ou de mão, apresentam um sinal muito mais forte em relação ao nível de som de fundo. Com estes aparelhos o AGC irá operar a alto ganho somente quando houver ruído de fundo presente e irá reduzir rapidamente o ganho quando ocorrer um sinal de fala próxima (à cápsula, ou elemento microfone). Isto resultará em um "bombeamento" audível do nível do ruído de fundo. O mesmo efeito é ouvido tipicamente em transmissões ao vivo de esportes: o ruído da multidão é rapidamente suprimido quando o narrador fala e retorna lentamente quando o narrador

se cala. Infelizmente, se o AGC não pode ser desligado, não existe um modo conveniente de eliminar este efeito. Operar o sistema de microfone sem fio a níveis bem baixos pode forçar o AGC a operar a ganho pleno, mas isto resultará em pistas de áudio ruidosas.

A escolha de frequências para cinema / videografia deve ser feita segundo as orientações já apresentadas. Uma fonte adicional de interferência em potencial é o próprio equipamento de vídeo, já que contém circuitos digitais e de RF. Ouça atentamente, para tentar localizar possíveis efeitos audíveis tanto do transmissor quanto do receptor quando estes forem usados próximos à câmera e/ou ao gravador de vídeo.

## BROADCAST

Aplicações de broadcast podem necessitar de sistemas de microfone sem fio de mão, de encaixe e de tipo bodypack. Para entrevistar pessoas aleatórias, muitos repórteres de campo e apresentadores de talk-shows que se movimentam preferem um transmissor de mão ou um de encaixe, para máxima mobilidade e controle. Os sistemas bodypack são usados para captar uma única pessoa quando um microfone do tipo de mão seria desajeitado. Os receptores podem estar em um local fixo ou então ser do tipo portátil, para uso em campo.

Microfones omnidirecionais são os preferidos em situações em que o ruído ambiente não seja excessivo. Isto permite maior flexibilidade de posicionamento e de orientação, bem como sensibilidade menor a ruídos de vento e de manuseio. Quando o ruído ambiente for um fator, ou em uma configuração em que haja a possibilidade de ocorrência de microfonia, pode ser necessário usar um microfone unidirecional. Devem-se usar sempre microfones com boa qualidade de som e duráveis.

Microfones de lapela necessitarão de um transmissor tipo bodypack. Se o modelo do microfone de mão for disponível em versão sem fio, poderá ser usado diretamente. Como a maioria dos transmissores de mão usam elementos microfones unidirecionais, um transmissor de encaixe pode ser necessário para uso com microfones de mão omnidirecionais ou outros modelos de mão (projetados para uso) com fio.

Exceto para uso portátil ou montado em câmera, um receptor por diversidade é a escolha favorita para aplicações profissionais de broadcast. O posicionamento da antena deve ser bem planejado, especialmente quando usado em ambiente de estúdio, com grades de iluminação e outras grandes estruturas de metal. Os receptores devem ser localizados longe de controladores de luz, equipamentos de áudio digital e equipamentos de vídeo que possam produzir interferência. Linhas de áudio balanceadas também são procedimento padrão.

Os receptores usados em caminhões (unidades) remotos enfrentam interferência não só dos equipamentos de áudio e vídeo em torno mas também de sistemas de rádio – comunicação (duas-vias) e de transmissores remoto-para-estúdio operando em frequências VHF ou UHF. Transceptores de duas vias não devem ser operados próximos

a transmissores ou receptores sem fio. Os sistemas de microfone sem fio também devem ser localizados bem distantes de links de transmissão remota. Além disso, tanto as antenas do sistema de microfone sem fio quanto a do link de transmissão remota devem ser instaladas corretamente para mínima interferência recíproca.

A escolha de frequências para broadcast envolve as mesmas considerações usuais em aplicações em estúdio. Em situações de ENG (Electronic News Gathering, ou coleta eletrônica de notícias) ou de EFP (Electronic Field Production, produção eletrônica em campo), os fatores adicionais de transmissores remotos nas imediações e a possibilidade de sistemas de microfone sem fio em uso por outras equipes de broadcast devem ser levadas em conta. Em uma área local é possível, às vezes, coordenar antecipadamente as frequências a serem usadas pelas diferentes estações para diminuir a possibilidade de conflitos de frequências no local de um evento. Especificar equipamentos sem fio de alta qualidade minimiza ainda mais eventuais problemas de interferência.

## APLICAÇÕES EM AMBIENTES GRANDES/ MÚLTIPLOS AMBIENTES

Às vezes é desejável usar um único transmissor sem fio em um espaço bastante grande ou em múltiplas salas. Mas, se as salas forem muito distantes ou o local for extremamente grande, será difícil conseguir uma recepção confiável dos transmissores, especialmente se houver muitas obstruções ou forte interferência de RF. Essa situação pode ser melhorada com o uso de uma antena de recepção posicionada centralmente. Posicionar mantendo **linha-de-vista** entre o transmissor e o receptor é sempre o modo preferido.

Caso o receptor usado seja um do tipo diversidade com antenas destacáveis, as duas antenas podem ser instaladas em salas diferentes, embora isso essencialmente reduza o modo de recepção para duas seções em não-diversidade. Para manter a recepção por diversidade, devem-se instalar duas antenas em cada sala, com o uso de um combinador de antenas. A antena “A” em uma sala é combinada com a antena “A” na outra sala usando-se o combinador de antenas. As antenas “B” são conectadas de modo similar as saídas “A” e “B” do combinador são injetadas nas entradas de antena “A” e “B” do receptor.

Também é possível usar múltiplos receptores e antenas sintonizados na frequência de um único transmissor. As saídas de áudio dos receptores podem ser combinadas em um misturador (mixer, console) para permitir a captação contínua do sinal de múltiplos locais. Entretanto, deve-se empregar algum tipo de controle de nível de áudio, já que o nível de áudio de um sistema como esse aumentará 3 dB cada vez que dobrar o número de receptores ativos. Isto é, se o transmissor for captado por dois receptores ao mesmo tempo, o nível geral de áudio será 3 dB mais alto que quando captado por somente um receptor. Mixers automáticos podem controlar este efeito.

---

## CAPÍTULO 4

ESCOLHA E  
OPERAÇÃO DE  
SISTEMAS DE  
MICROFONE  
SEM FIO

### CONCLUSÃO

Deve estar claro depois desta apresentação que os sistemas de microfone sem fio são uma tecnologia que engloba uma gama muito ampla de princípios e aplicações. Os equipamentos atuais evoluíram a um ponto em que excelentes resultados podem ser obtidos com mínima interferência do usuário casual. Espera-se que o material apresentado aqui seja de maior uso para os usuários profissionais e projetistas de sistemas de áudio que precisem tentar fazer com que sistemas de microfone sem fio funcionem sob condições inusuais e exigentes.

À medida que os sistemas de microfone sem fio evoluem, espera-se que alguns dos detalhes apresentados aqui se tornem menos críticos em seu uso no dia-a-dia. Até o ponto em que um projeto mais elaborado pode superar ou compensar algumas das limitações inerentes à transmissão de rádio, os sistemas de microfone sem fio devem continuar a tornar-se cada vez mais confiáveis e fáceis de serem usados. Mesmo assim, um entendimento dos princípios básicos e do uso dos sistemas de microfone sem fio permitirão um sucesso ainda maior em futuras aplicações.

---

## SOBRE O AUTOR

Tim Vear nasceu em Chicago. Escolheu o campo do áudio por permitir combinar os grandes interesses de sua vida: entretenimento e ciência.

Neste caminho, adquiriu experiência em áudio tanto no aspecto técnico quanto musical. Foi engenheiro de gravação, de rádio e de som ao vivo, tendo operado seu próprio estúdio e empresa de som, além de ter tocado durante muitos anos como músico profissional. Formou-se bacharel em Engenharia Aeronáutica e Astronáutica na Universidade de Illinois, em Urbana-Champaign. Ainda na Universidade, Tim trabalhou também como técnico chefe dos departamentos de Fala e de Ciência da Audição e Linguística.

Em sua permanência na Shure Brothers, Tim atuou na equipe de suporte técnico para os departamentos de vendas e de marketing. Tem sido ativo no treinamento de produtos e de aplicações para clientes, revendedores e instaladores, além do pessoal da própria empresa.

Um de seus maiores objetivos tem sido o aumento da consciência quanto à qualidade do áudio, com ênfase particular na escolha e técnica corretas para microfones. Neste papel, Tim tem apresentado seminários para uma variedade de organizações profissionais, como a AES (Audio Engineering Society), a National Sound Contractors Association, a Society of Broadcast Engineers, e a White House Communications. Seus artigos apareceram na Recording Engineer/ Producer, na Creator e em outras importantes revistas.

---

<sup>1</sup> Balanced/ unbalanced – Há quem use balanceado/ não-balanceado. Vale a idéia: o terra não é separado.

<sup>2</sup> ‘Patinho de borracha’

<sup>3</sup> A palavra headroom não tem tradução literal. Significa a margem de segurança que se tem, em dB, antes que a senoidal que representa o sinal de áudio seja destruída, o que é percebido audivelmente como distorção.

<sup>4</sup> Tradução literal de comb filtering.– O que se vê no osciloscópio quando isto ocorre lembra a forma de um pente.