

MICROFONES

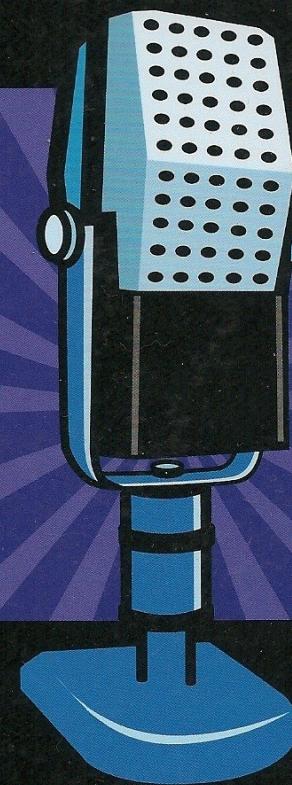
Por Sólon do Valle

Sem exagero, podemos afirmar que a captação do som é o procedimento mais fortemente responsável pela qualidade de áudio de uma gravação ou transmissão.

Nesta era em que a multimídia está tão presente em nossas vidas, não é difícil entender a importância da clareza nas mensagens transmitidas. E todos sabem que um som de baixa qualidade é fator de stress. E na sociedade atual, basta de stress!

Portanto, o domínio das técnicas de microfonação é – hoje mais do que nunca – parte essencial de todo o processo da comunicação. Seja na música, na dramaturgia, no jornalismo; seja no rádio, na televisão, no DVD ou ao vivo para muitos milhares de espectadores, a mensagem deve chegar clara e plena ao ouvinte.

Neste livro, o leitor fará uma viagem ao mundo dos microfones, conhecendo seus vários tipos e entendendo como funcionam, e aprendendo as técnicas para sua utilização, desde uma simples locução até as grandes gravações estéreo e surround com múltiplos microfones.



★ MICROFONES ★

por Sólon do Valle

Audio Música &
Tecnologia ...

MICROFONES

PARTE I - TECNOLOGIA DOS MICROFONES

Classificação Geral do Microfone

Conceito de Transdutor

Princípios de Operação

Microfones Condensadores

Microfones de Fio

Microfones de Fase

Microfones de Indução

Microfones de Vibratione

Microfones de Capacitância

Microfones de Indução



POR SÓLON DO VALLE, ENG.

2^a edição

Rio de Janeiro
Editora Música & Tecnologia

2002

Copyright © 1997 de Editora Música & Tecnologia Ltda.

Diagramação e ilustração da capa: Sopa Comunicação

Ilustrações: Sólón do Valle / fotos de catálogos

Impressão e acabamento: Gráfica Prol

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V181 Valle, Sólón do.
Microfones / Sólón do Valle . – 2.ed. – Rio de Janeiro :
Música e Tecnologia, 2002.
121p.

ISBN 85-89402-01-0.

1. Som - registro e reprodução. I. Título.

CDD 535.3

2002

Proibida a reprodução total ou parcial.
Os infratores serão processados na forma da lei.

Editora Música & Tecnologia Ltda.
Estrada de Jacarepaguá, 7655, sala 704
Rio de Janeiro - RJ - CEP 22.753-045

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| PREFÁCIO | 11 |
| Uma Pequena Introdução | 13 |
| | |
| PARTE I – TECNOLOGIA DOS MICROFONES | 13 |
| Classificação Quanto ao Princípio de Conversão | 13 |
| Conceito de Transdutor | 13 |
| Princípios da Transdução | 14 |
| Microfone Dinâmico | 14 |
| Membrana ou Diafragma | 15 |
| Características do Microfone Dinâmico | 17 |
| Microfone de Fita | 18 |
| Microfone a Condensador | 20 |
| O Capacitor | 21 |
| Carregando o Capacitor | 23 |
| Características dos Microfones a Condensador | 24 |
| Outros Tipos de Transdução | 26 |
| Piezoeletricos | 26 |
| Carvão | 26 |
| Classificação Quanto à Diretividade | 26 |
| Omnidirecionais | 27 |
| Unidirecionais (Família dos Cardióides) | 28 |
| Supercardióide | 30 |
| Hipercardióide | 30 |
| Microfone Bidirecional | 31 |

| | |
|--|----|
| Outros Nomes Mais... Científicos | 32 |
| Microfone de Superfície (<i>Boundary Microphone</i>) | 33 |
| Indo Adiante.... | 35 |
| Shotgun | 36 |
| Noise Cancellers ou Diferenciais | 38 |
| Ângulos que Caracterizam a Diretividade | 40 |
| Ângulo de Cobertura | 40 |
| Ângulo de Cancelamento | 41 |
| Tabela de Ângulos Típicos dos Microfones | 41 |
| Como Reconhecer "a Olho" a Diretividade | 41 |
| Microfones Multipattern | 42 |
| Microfone de Lapela | 43 |
| Microfone Headworn | 44 |
| Microfone Parabólico | 45 |
| Resposta de Freqüências dos Microfones | 46 |
| Efeito da Proximidade | 48 |
| Microfones para Medição | 49 |

| | |
|--|-----------|
| PARTE II – OPERAÇÃO DE MICROFONES | 51 |
| Instrumentos Musicais | 51 |
| Cordas (violino, viola e violoncelo) | 51 |
| Captação em Ambientes de Boa Acústica | 51 |
| Captação em Ambientes com Acústica Deficiente e/ou com Risco de Vazamento | 52 |
| Contrabaixo Acústico | 53 |
| Madeiras (exceto saxofone) | 55 |
| Metais e Saxofones | 56 |
| Cordas Puxadas | 57 |
| Cravo | 59 |
| Piano em locais com boa acústica | 59 |
| Piano em locais com ruído e/ou vazamento | 60 |
| Percussão | 62 |
| Tambores | 62 |
| Pratos | 64 |
| Outros Instrumentos | 65 |
| Instrumentos Amplificados | 65 |
| Uso de Microfones de Superfície para Ambiências | 66 |
| Captação da Voz | 67 |
| Situação Ideal..... | 67 |
| Locais de Ruído Elevado | 68 |
| Microfonia | 68 |
| Caixas de Retorno × Microfonia | 69 |
| Som Direto (Dramaturgia) | 72 |
| O "Boom" | 72 |
| Planos Sonoros | 73 |
| Microfone na Mão | 74 |

| | | | |
|--|------------|---|------------|
| Evitando o Ruído e o Vazamento | 74 | Captação com Barreira | 101 |
| Captação por Zonas | 75 | Duplo PZM | 101 |
| Microfones de Lapela | 75 | Aplicação dos Métodos de Captação Estéreo | 102 |
| Microfones Sem Fio | 77 | Captação Surround | 102 |
| Microfone Sem Fio de Mão | 77 | Restauração de Áudio | 104 |
| Microfone Sem Fio de Corpo (<i>Bodypack</i>) | 78 | | |
| Uso dos Microfones sem Fio | 79 | | |
| Posicionamento de Antenas | 80 | | |
| O Receptor | 80 | | |
| Diversidade | 81 | | |
| Troca de Baterias do Transmissor | 82 | | |
| Escolha das Freqüências | 82 | | |
| O Batimento | 83 | | |
| Microfones Digitais | 84 | | |
| Uso de Múltiplos Microfones: Interferência e Cancelamento | 84 | | |
| Cancelamento de Fase – Como Funciona | 85 | | |
| Na Prática | 87 | | |
| A Técnica de 3 para 1 | 88 | | |
| Técnicas de Captação Estéreo | 88 | | |
| Captação Espaçada (A/B) | 89 | | |
| Captação Coincidente ou X/Y | 90 | | |
| Par Quase-Coincidente | 92 | | |
| Captação M/S | 93 | | |
| Precisão da Imagem | 98 | | |
| Compatibilidade | 98 | | |
| Decca Tree | 98 | | |
| Captação Binaural | 100 | | |
| Outros Métodos | 101 | | |
| Captação com Barreira | 101 | | |
| Duplo PZM | 101 | | |
| Aplicação dos Métodos de Captação Estéreo | 102 | | |
| Captação Surround | 102 | | |
| CONCLUSÃO | 105 | | |
| APÊNDICE | 107 | | |
| Uso de Fórmulas Trigonométricas para a Representação de Diagramas Polares Teóricos | 107 | | |
| Diagrama Polar: Representação Matemática | 108 | | |
| Omni | 109 | | |
| Subcardióide | 110 | | |
| Cardióide | 111 | | |
| Supercardióide e Hipercardióide | 112 | | |
| Bidirecional | 114 | | |
| Gradiente de Pressão × Velocidade | 115 | | |
| Microfone de Superfície | 115 | | |
| Outros Padrões | 116 | | |
| Combinando Diagramas | 116 | | |
| Microfones <i>Multipattern</i> | 117 | | |
| Técnicas M/S: Omni + Bidirecional | 118 | | |
| Técnicas M/S: Cardióide + Bidirecional | 119 | | |
| BIBLIOGRAFIA | 121 | | |

PREFÁCIO

Cada vez mais, para felicidade de todos nós, e vindo ao encontro das nossas expectativas, surgem livros e revistas sobre Áudio, em português. Não apenas versões de autores estrangeiros como também originais produzidos por nossos compatriotas. Aqui temos mais um desses exemplos, agora em sua segunda edição, e é leitura obrigatória para todos nós que lidamos com Áudio.

Escrito por um dos mais reconhecidos profissionais da área, graças à sua competência e o entusiasmo com que tem contribuído para o desenvolvimento da mesma, “Microfones – Tecnologia e Aplicação”, como o nome já sugere, trata da construção e mostra a utilização destes equipamentos que, juntamente com os alto-falantes *“constituem a parte acústica e, por que não dizer, mais artística, da Eletroacústica”*, como ele próprio gosta de dizer.

As idéias e conceitos são passados de forma clara, numa linguagem bastante direta, e muitas vezes original. Para quem está acostumado ao tema, é uma releitura pra lá de agradável. Para quem não está, uma forma fácil de se inteirar dele.

Nesta segunda edição, alguns assuntos tiveram o tratamento ampliado, como é o caso de “Microfones Sem Fio”, onde é mostrada a análise da interação entre portadoras em sistemas de rádio. É o caso também das “Técnicas de Captação Estéreo”, bem mais detalhadas aqui. Para aqueles que apreciam o tratamento matemático, são dadas, no final, as equações que descrevem as diversas figuras de captação. E outras tantas novidades.

Observemos ao longo de todo o livro, como era de se esperar de seu autor, o apelo ao uso da nossa sensibilidade quando estivermos lidando com tão delicadas ferramentas.

Portanto, boa leitura!

MICROFONES

Uma Pequena Introdução...

Durante os muitos anos em que tenho trabalhado com Áudio, sempre gostei dos microfones. Junto com os alto-falantes, eles constituem a parte acústica e, por que não dizer, mais *artística*, da Eletroacústica.

É uma tecnologia que nunca pára. Desde o início desse meu estudo, novos tipos de microfones apareceram e, no futuro, certamente mais tipos aparecerão.

A tecnologia dos microfones se compara à de fabricação de jóias, e seu uso se compara ao de instrumentos musicais.

Uma captação de som mal feita dificilmente pode ser reparada por meios eletrônicos, mesmo usando sofisticados processadores ou softwares. Por outro lado, se a captação é bem feita, em muitos casos nada será preciso acrescentar ao material.

Neste livro, estudaremos os diversos tipos de microfones, suas características e aplicações, estabelecendo uma base para que o leitor possa desenvolver suas próprias técnicas de captação do som.

Parte I – TECNOLOGIA DOS MICROFONES

Classificação Quanto ao Princípio de Conversão Conceito de Transdutor

Denomina-se *transdutor* qualquer dispositivo que transforma um tipo de energia em outro. Por exemplo, uma lâmpada elétrica é um transdutor,

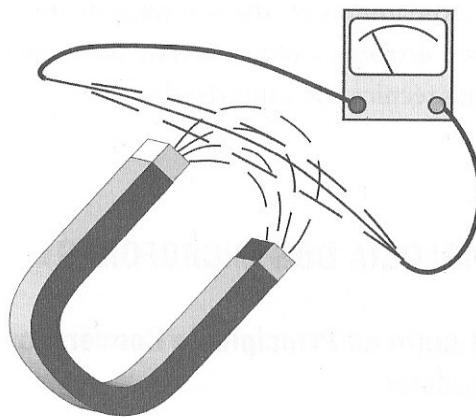
pois transforma energia elétrica em energia luminosa; um motor a gasolina é um transdutor, pois converte energia química em energia mecânica. Outros transdutores são o ferro de passar roupa, a geladeira, o violão, etc.

No Áudio, temos alguns tipos de transdutores. O alto-falante transforma energia elétrica em energia acústica (som); o captador piezoelétrico (usado em instrumentos como o violão) transforma energia mecânica (vibração da corda) em eletricidade; e o microfone converte som em sinal elétrico.

Princípios da Transdução

Microfone Dinâmico

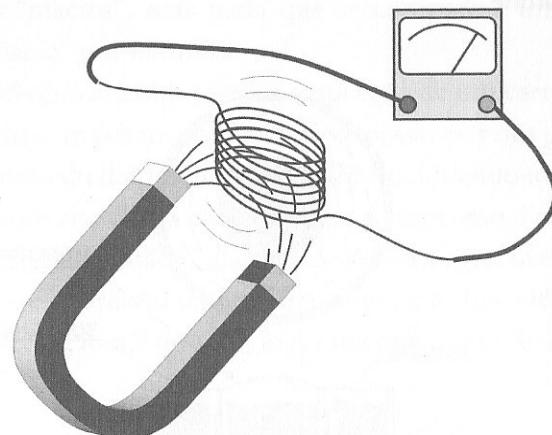
Quando um fio condutor de eletricidade se movimenta em relação ao campo magnético de um ímã, ocorre uma variação de fluxo magnético (“linhas de força magnética”) que atravessa o fio. Quando isso ocorre, é induzida no fio uma corrente elétrica.



Um condutor produz corrente ao passar por um ímã

Se, em vez de um fio reto, temos n voltas ou espiras, o mesmo fio atravessará n vezes o mesmo campo magnético. Se o fio se move em relação ao campo magnético, então será induzida uma tensão n vezes maior, pois a cada espira, é mais uma vez que o fio atravessa o campo.

Este conjunto de espiras é denominado bobina, e aparece não somente nos microfones, mas em muitos outros componentes elétricos, como indutores, transformadores, motores e alto-falantes.



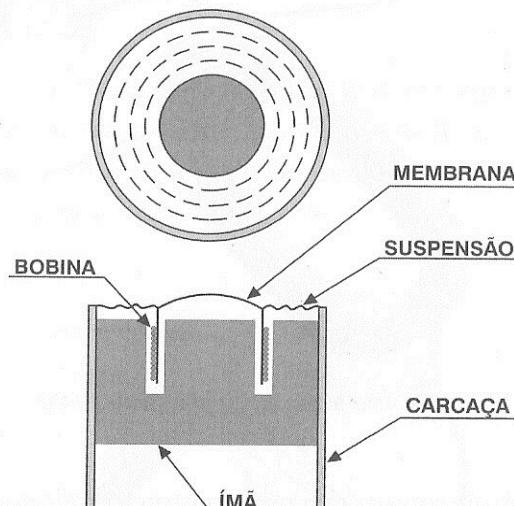
Uma bobina produz muito maior tensão

O alto-falante comum tem uma construção basicamente idêntica à do microfone dinâmico: um conjunto magnético e uma bobina, acoplada a um cone. A única diferença é no sentido da transdução: a corrente elétrica, aplicada à bobina, a faz deslocar-se em relação ao ímã, fazendo vibrar o cone que produz som.

Membrana ou Diafragma

Uma superfície razoavelmente extensa e leve tem a propriedade de vibrar acompanhando o som que incide sobre ela. Quando a massa dessa superfície é

pequena para a área, temos então uma *membrana* que vibra intensamente de acordo com o som incidente. Um *microfone dinâmico* é constituído de uma membrana acoplada a uma *bobina móvel*, a qual trabalha submetida a um forte campo magnético. Este é produzido por um ímã redondo, cuja seção é em “E”, com o formato parecido com uma forma de pudim. Essa membrana ou *diafragma*, junto com a bobina móvel, é mantida em posição por uma suspensão corrugada. Nessa suspensão, no conjunto magnético, e na membrana muito leve e ao mesmo tempo muito rígida, reside a tecnologia de fabricação deste tipo de microfone.



Estrutura de um microfone dinâmico

Logo, quando o som incide sobre a membrana, o conjunto entra em movimento, acompanhando as ondas sonoras, o que faz variar o fluxo magnético através da bobina, produzindo corrente elétrica diretamente proporcional à variação da pressão no diafragma – isto é, ao som.

Características do Microfone Dinâmico

Sensibilidade Baixa a Média (“Duro”): em virtude da massa do conjunto diafragma + bobina, e da elasticidade limitada da suspensão, sons de pequena intensidade tendem a ser ignorados pelo microfone. Diz-se, neste caso, que o microfone é “duro”. Um microfone “duro” atua como um filtro de dinâmica, eliminando os sons mais fracos e reproduzindo normalmente os sons mais fortes. Mais tarde veremos a utilidade desse efeito. Alguns microfones dinâmicos são mais “duros” do que outros. Pode-se até considerar alguns dinâmicos “macios”, mas nada que se compare a um microfone a condensador, “macio” por natureza.

Saturação Mecânica: assim como a suspensão de um carro absorve irregularidades do chão, mas bate no fundo ao se passar por um grande buraco, também a suspensão do diafragma tem seu limite. Quando um som de pressão exageradamente alta chega ao diafragma, a suspensão é exigida além de sua capacidade elástica. Então o diafragma não consegue mais acompanhar proporcionalmente a variação da pressão sonora, e o sinal elétrico gerado já não é uma representação fiel do som, mas uma representação deformada nas



Shure Beta 58 e Sennheiser MD421: Dois dinâmicos “clássicos”

extremidades: ocorre *distorção*, pela saturação mecânica do microfone. Dependendo do projeto e, sem dúvida, da qualidade do microfone, essa distorção pode ocorrer com relativa facilidade. Neste caso, a solução é afastar o microfone da fonte de som, ou se não for possível afastar o microfone, mudar para outro modelo menos sujeito à saturação.

Facilidade de Operação: por ser auto-suficiente (o microfone dinâmico extraí energia apenas do som e do ímã), o microfone dinâmico é mais fácil de usar, não requerendo fonte de alimentação externa, nem pilhas.

Microfone de Fita

O inconveniente da “dureza” dos microfones dinâmicos levou os projetistas a criarem uma variação do microfone eletromagnético, chamada de *Microfone de Fita*.

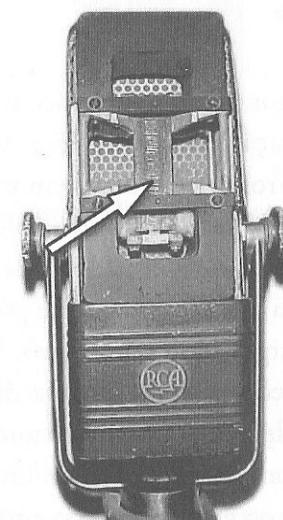


Na Era do Rádio: RCA 44BX, um “clássico” de fita

Neste tipo, todo o conjunto diafragma + bobina é substituído por uma finíssima fita de metal ou plástico impregnado de metal, a qual fica suspensa pelas pontas, dentro do campo de um potente ímã. Ao vibrar com o som, a fita produz uma pequeníssima tensão elétrica, a qual é elevada por um transformador, tornando-se um sinal elétrico de nível e impedância adequados.

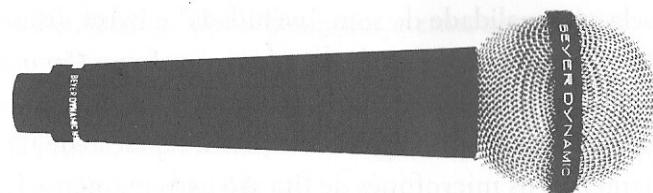
Este tipo de microfone, de grande tamanho, foi celebrizado nos modelos 44-BX e 77-DX da RCA, usados em grande escala na era do rádio (anos 40 e 50) pela sua qualidade de som “aveludada” e baixa distorção (quando não exigidos em excesso). Ainda hoje, esses microfones são usados por saudosistas, junto com modelos de outros fabricantes da mesma época, devido à sua agradável qualidade, principalmente para a captação de voz.

Infelizmente, os microfones de fita são extremamente frágeis e fáceis de saturar. Uma saturação violenta é capaz até de deformar a fita. Por isso, esses modelos “clássicos” caíram em desuso quase por completo, dando lugar a outros tipos mais modernos e mais práticos.



Microfone RCA 44-BX aberto, mostrando a fita corrugada

O microfone de fita não foi abandonado: alguns fabricantes incluem em seus catálogos modelos de microfones de fita. A moderna tecnologia de plásticos e metais leves permite construir hoje, microfones de fita de tamanho pequeno, leves, e sem os inconvenientes da saturação e deformação da fita. O som desses microfones é agradável, sem “coloração”, e eles não são “duros” como os dinâmicos de bobina.



Beyerdynamic M500, um microfone de fita moderno

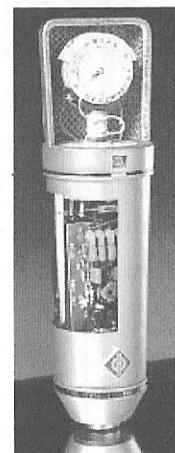
Microfone a Condensador

Os microfones até agora vistos (dinâmico e de fita) funcionam através de um princípio de transdução eletromagnética. Um outro princípio de operação muito usado é o eletrostático, que veremos agora.

Quando esfregamos um pente ou outro objeto de plástico em um tecido, este objeto passa a atrair pequenos pedaços de papel (todos certamente já fizeram essa experiência na escola). Isso ocorre porque, ao esfregarmos o objeto, ele adquiriu uma carga elétrica (estática). Da mesma maneira, é comum, quando andamos com sapatos de sola de borracha em um tapete, sentirmos uma descarga elétrica ao tocarmos numa maçaneta de porta, por exemplo. A carga elétrica adquirida estabelece uma diferença de tensão considerável entre o nosso corpo e o chão, e essa carga é mantida porque a sola do sapato é isolante. Ao tocarmos em alguma superfície, passa uma breve

mas forte corrente (“descarga”) pela pele, que é razoavelmente condutora de electricidade, desfazendo a carga acumulada e dando uma sensação de choque elétrico de curta duração, mas de grande intensidade.

Cargas de nomes opostos (negativa × positiva) se atraem; então, a existência de uma carga num objeto, induz uma carga oposta em outro objeto próximo. Isto é, se um objeto está carregado positivamente (com falta de elétrons), outro objeto próximo fica negativamente carregado em relação ao primeiro.

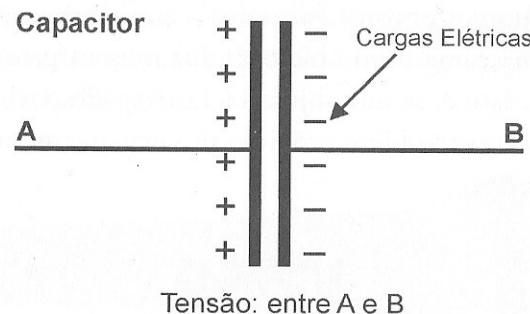


Vista Interna do Microfone Neumann U87

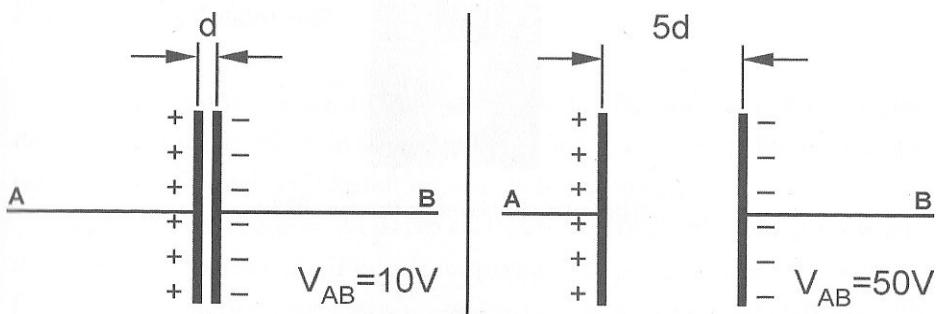
O Capacitor

O capacitor, antigamente chamado de *condensador*, consiste basicamente em duas placas condutoras paralelas. Quando aplicamos uma tensão (contínua) entre as placas, o capacitor se carrega com essa tensão, adquirindo uma carga elétrica. Essa carga é mantida para sempre, a menos que se descarregue o capacitor, isto é, que se ligue uma placa à outra permitindo a passagem de

corrente. Esta corrente é como o pequeno choque que levamos quando tocamos em alguma superfície ou em outra pessoa.



A *carga* de um capacitor é o produto da *tensão* aplicada, pela *capacitância* (propriedade do capacitor de reter cargas). A capacidade aumenta com a área paralela entre as placas, e diminui com a distância entre elas.



Já dissemos que, se um capacitor é mantido carregado, a tensão guardada se mantém constante indefinidamente. E vimos também, que a tensão é proporcional à carga e à capacidade. Assim, se mantivermos a car-

ga e fizermos variar a distância entre placas, a tensão irá variar na proporção direta da distância.

Daí para criar um novo tipo de microfone, não falta quase nada! Basta termos um capacitor com uma placa fixa, e outra placa móvel, esta atuando como membrana. Quando o som atinge a placa móvel (flexível), faz variar ligeiramente a distância entre as placas. A distância variando, a tensão entre placas varia na mesma proporção.

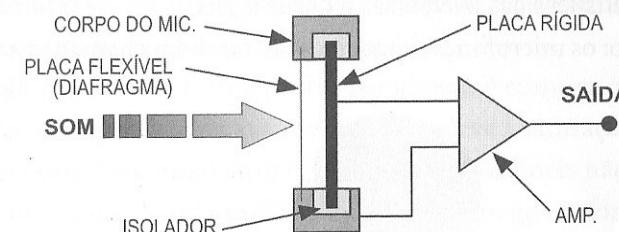


Diagrama Simplificado do Microfone a Condensador

Usando um dispositivo eletrônico que “sinta” a variação do tensão sem “roubar” corrente do capacitor, podemos amplificar essa pequena variação e obter sinais de áudio.

Os dispositivos usados são a válvula e o transistor de efeito de campo (FET = Field Effect Transistor), ambos capazes de amplificar a variação de tensão do capacitor-microfone, sem descarregá-lo.

Além de serem “macios” devido ao princípio de operação, os microfones a condensador comumente oferecem, devido ao preamplificador interno, níveis de saída mais altos que os dinâmicos.

Carregando o Capacitor

Para se obter uma variação de tensão, obviamente é preciso que haja tensão. Essa tensão pode ser suprida externamente, por uma fonte de ali-

mentação, ou pode ser aplicada ao capacitor no momento da *fabricação* do microfone; neste último caso, o capacitor (e portanto o microfone) é denominado *Eletreto*. Os microfones de eletreto, além do baixo custo (são mais simples), precisam de alimentação externa apenas para o amplificador, sendo comuns tensões muito baixas de alimentação (o capacitor já tem uma tensão “natural” relativamente alta). O funcionamento com uma pilha pequena de 1,5 volt é comum.

Características dos Microfones a Condensador

(Observação: os microfones capacitivos são também chamados *a Condensador*).



AKG C12, condensador: um “clássico”, a válvula

Alta Sensibilidade (“macios”): devido à leveza e flexibilidade do tipo de membrana usada, os microfones capacitivos respondem a sons de pequena

intensidade, captando os menores detalhes do timbre. A resposta de frequências é naturalmente plana e livre de irregularidades bruscas, produzindo uma sonoridade bem natural, melhor ainda que a do microfone de fita. A ressonância da membrana, por projeto, é sempre localizada fora da faixa de áudio (acima de 20 kHz).

Saturação Mecânica: devido aos movimentos mínimos realizados pela membrana, o microfone a condensador é, via de regra, pouco propenso à saturação mecânica. De fato, os microfones de laboratório, que além de resposta plana muitas vezes são exigidos em níveis de pressão sonora (L_p) surpreendentes, sem produzir distorção, são *sempre* capacitivos.

Saturação Elétrica: de forma muito paradoxal, é comum obtermos saídas distorcidas de microfones capacitivos. Isso se deve à saturação *elétrica* nos amplificadores dos capacitores. Isto é, embora os capacitores não apresentem problemas com altos L_p 's, os amplificadores não conseguem fornecer as tensões proporcionais a esses níveis de som, e temos distorção elétrica. Para evitar essa distorção, a maioria dos microfones capacitivos tem uma chave que insere um atenuador (de 10 a 30 dB) entre o capacitor e o amplificador, permitindo que o microfone seja exposto a grandes L_p 's sem saturar o amplificador – já que para a membrana não há problema sério.

Relativa Complexidade de Operação: devido à exigência da fonte de alimentação, a qual por sua vez costuma precisar de uma tomada de AC, os microfones capacitivos muitas vezes têm seu uso complicado, ou restrito a locais onde haja energia elétrica. Os microfones de eletreto, que geralmente operam até com uma pilha interna, não têm esta limitação; a única preocupação é com o desgaste da pilha, e com desligar ou retirar a pilha se o microfone não está em uso. Todavia, existem, para microfones que operam com tensões mais altas (até 48 volts), fontes de alimentação com baterias, ou mixers que, a partir de tensões menores, geram tensões suficientes para operar qualquer microfone. Este tipo de alimentação, aplicada ao microfone através do próprio cabo de áudio, é denominado *Phantom Power*.

Outros Tipos de Transdução

Piezoeletricos

Quando certos materiais, cristais e cerâmicas especiais, são deformados, aparece em suas extremidades uma tensão elétrica. Se acoplarmos a um material assim uma membrana, então teremos um microfone. Esse tipo de microfone, denominado *Piezoelettrico* ou “de cristal”, está hoje em total desuso, pela baixa qualidade de áudio. O princípio piezoelettrico, porém, está hoje muito desenvolvido em captadores mecânicos, que captam não som, mas vibração diretamente da fonte. Por exemplo, os captadores embutidos na ponte de vários modelos de violões, baixos e outros instrumentos de cordas.

Carvão

Um dos mais antigos tipos, o microfone a carvão consiste em um recipiente, cheio de pequenos grãos de carbono puro, através dos quais passa corrente elétrica. Tampando o recipiente, vai o diafragma do microfone. Quando as ondas sonoras defletem a membrana, comprimem e descomprimem as partículas de carvão, variando sua resistência e, portanto, variando a tensão sobre o microfone. Essa variação tem grande amplitude, e pode ser usada como sinal. Os telefones抗igos usavam este tipo de microfone, que se caracteriza pela durabilidade e péssima qualidade de áudio.

Classificação Quanto à Diretividade

Quando a fonte de som está bem em frente ao microfone, a captação sempre é ideal. Quando a fonte de som não está em frente ao microfone, a captação pode sofrer vários tipos de comportamento: pode ser normal, ligeiramente rejeitada, ou bastante rejeitada, em função da variação do *ganho eletroacústico* em função da direção, ou seja, da *diretividade* do microfone. Essa diretividade em

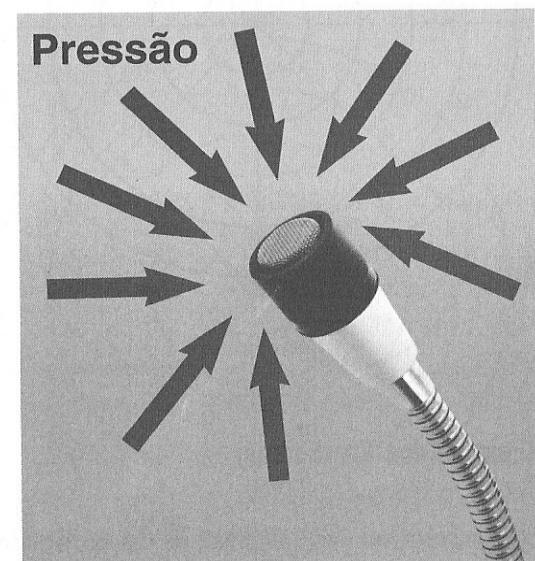
princípio independe do tipo de transdutor usado, embora certos tipos de transdutor facilitem a construção de microfones com determinado padrão direcional.

Omnidirecionais

Imaginemos um microfone (com qualquer tipo de transdutor), cujo único acesso ao diafragma seja pela frente do microfone.

Se a fonte de som está em frente ao microfone, uma variação positiva de pressão empurrará a membrana para dentro, produzindo uma saída elétrica positiva.

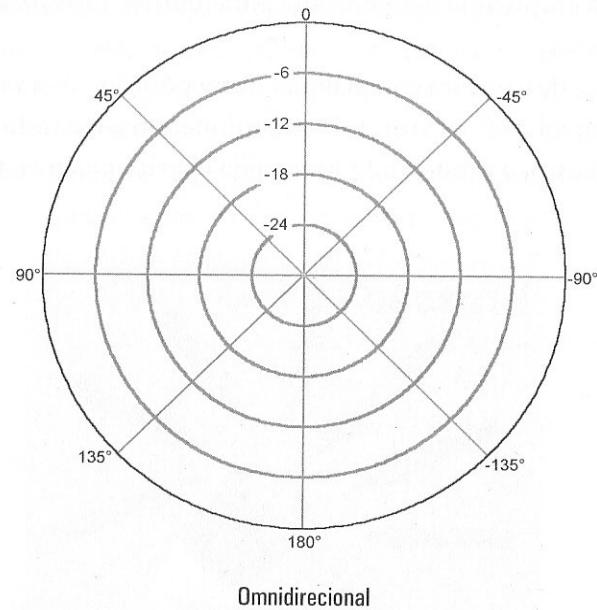
Se a fonte de som está em qualquer outra posição, uma variação positiva de pressão “envolverá” a carcaça do microfone, pressionando ainda a membrana para dentro, e produzindo uma saída elétrica positiva. Como o corpo



Pressão positiva = saída elétrica positiva

do microfone é geralmente pequeno em relação ao comprimento de onda (exceto microfones grandes em frequências muito agudas), a pressão positiva sempre empurra o diafragma para dentro. Neste caso, a captação do microfone não depende da direção, e diz-se que o microfone não é direcional, ou melhor, que o microfone é **OMNIDIRECIONAL**. Omni (em latim) significa “todos”: *omnidirecional* é o que capta em todas as direções.

Diagrama Polar: No microfone omnidirecional “ideal”, a intensidade ou ganho é constante para qualquer direção, portanto o diagrama polar do microfone omni é um círculo.



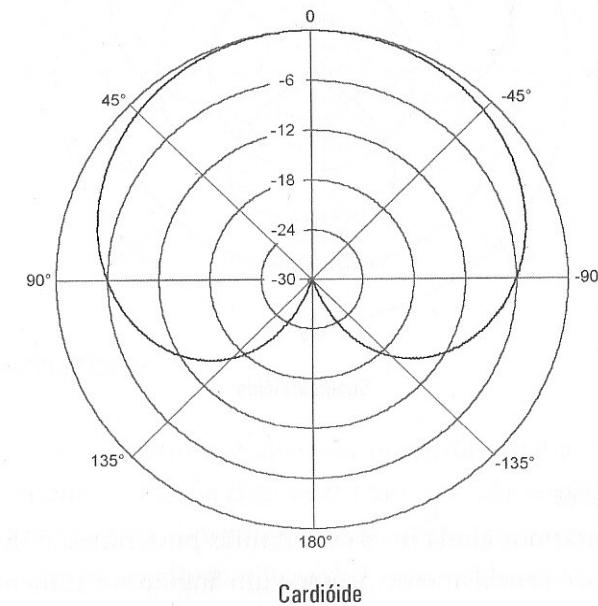
Unidireccionais (Família dos Cardióides)

Se, na parte traseira ou lateral traseira do corpo do microfone, for criada uma entrada secundária de som, o que acontece com a diretividade

do microfone? Quando a fonte sonora estiver em frente ao microfone, uma variação positiva de pressão empurrará normalmente a membrana para dentro. Pela abertura secundária, entrará algum som, mas muito pouco devido à dificuldade (impedância) acústica oferecida pelo tipo de abertura.

Quando a fonte sonora se desloca para o lado do microfone, começa a acontecer que o som consegue entrar, em parte, pela abertura secundária. Assim fazendo, uma pressão positiva empurra a membrana para fora. Isso produz um cancelamento parcial do deslocamento da membrana, o que vale dizer que, de lado, o microfone tem menos ganho.

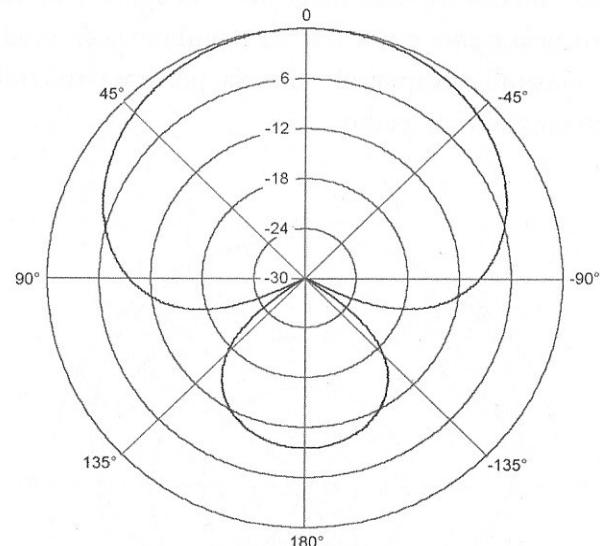
Ao deslocarmos a fonte para a traseira do microfone, se a impedância da abertura secundária for calculada para ser igual à da frente, entra a mesma pressão pela frente e por trás da membrana, de modo que há um cancelamento máximo na captação – ou seja, por trás o microfone exibe um ganho mínimo ou nenhum ganho.



Este tipo de microfone, que é *unidirecional* (favorece uma direção), é denominado CARDIÓIDE, porque seu diagrama polar lembra a forma de um coração (*cardios* em latim).

Supercardióide

Se aumentarmos o tamanho das aberturas secundárias (traseiras) do Cardióide, acontecerá que, antes de chegarmos a 180° , (traseira do microfone), teremos o cancelamento máximo. Além disso, notaremos que o diagrama polar se estreitou, tornando portanto o microfone mais direcional que o cardióide. Este tipo de diagrama é chamado *Supercardióide*.



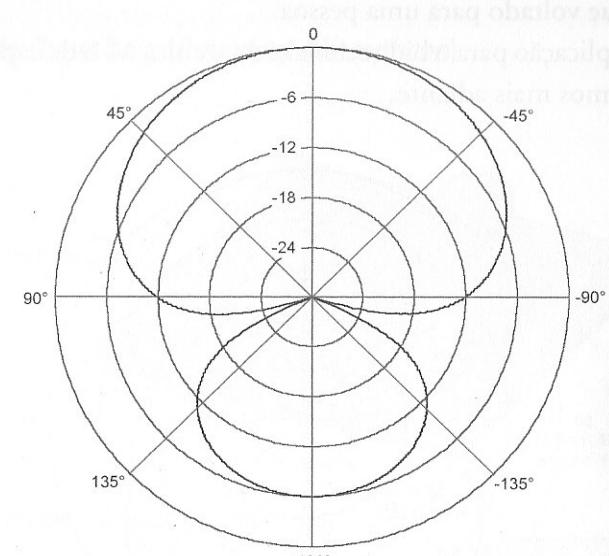
Supercardióide

Hipercardióide

Se aumentarmos ainda mais as aberturas posteriores, o diagrama polar se estreita mais, o cancelamento ocorre a um ângulo ainda menor, e o lóbulo

posterior aumenta um pouco mais. O lóbulo posterior é provocado pelo som que entra pelas aberturas traseiras, já com maior intensidade que pela abertura frontal. Então, uma pressão positiva oriunda de trás do microfone, empurra a membrana para fora, produzindo uma captação com a fase invertida: uma pressão positiva vinda de trás produz tensão de saída negativa.

Obs.: devido à resposta de frequência irregular do lóbulo posterior, este nunca deve ser usado para captação, sendo considerado apenas um vazamento.



Hipercardióide

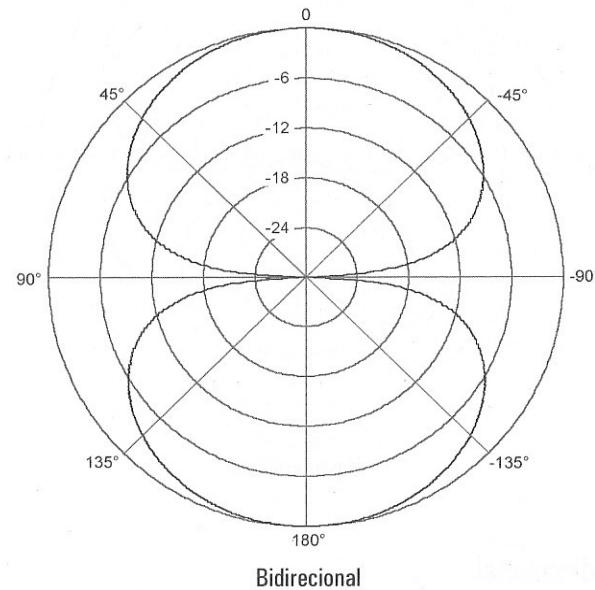
Microfone Bidirecional

Finalmente, se fizermos a abertura posterior igual à abertura frontal, teremos agora um microfone com duas frentes. Cada uma destas duas frentes, evidentemente, terá as mesmas características que a outra, de modo que o microfone captará igualmente bem de frente ou de costas.

Neste caso, o lóbulo posterior, embora captando fora de fase, terá perfeitas condições de captação. O cancelamento ocorrerá exatamente aos lados ($\pm 90^\circ$), e este tipo de diagrama é denominado BIDIRECIONAL ou então "FIGURA DE 8".

O microfone bidirecional é utilizado, principalmente em rádio, para entrevistas onde o repórter e o entrevistado se colocam frente a frente. Neste caso, o microfone é posicionado entre ambos, de modo a que cada lóbulo de captação fique voltado para uma pessoa.

Outra aplicação para o bidirecional é na técnica M-S de captação estéreo, que estudaremos mais adiante.

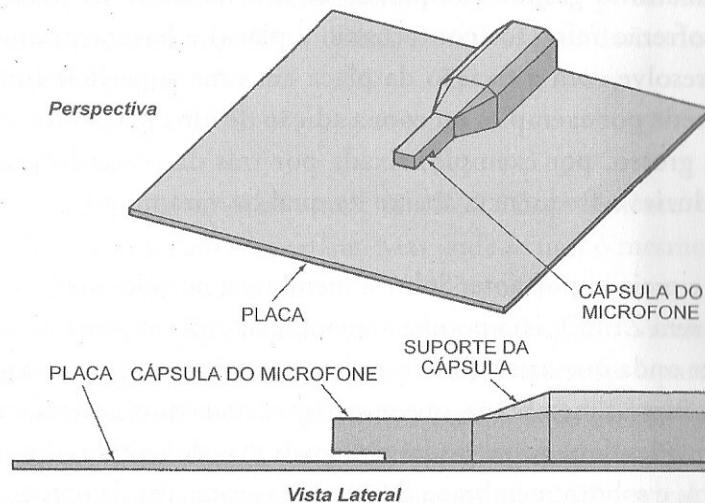


Outros Nomes Mais... Científicos

Por não trabalhar com diferenças de pressão e sim com a velocidade das partículas de ar, o microfone bidirecional é um microfone chamado *de velocidade* ou *velocity microphone*.

Por outro lado, o microfone omnidirecional, que opera por diferencial de pressão (entre os dois lados do diafragma), é denominado microfone de gradiente de pressão ou *pressure gradient microphone*. Os cardióides são intermediários entre os omni e os bidirecionais, e portanto são comumente chamados *velocity/gradient microphones*, ou outros nomes que sugerem a utilização de ambos os princípios.

Microfone de Superfície (*Boundary Microphone*)



Microfone de Superfície: Crown PZM-30

O microfone de superfície é um conceito relativamente recente (cerca de 1977) em microfones, e realmente tem algumas qualidades que o distinguem dos demais tipos. Foi inventado por Ken Wahrenbrock, que vendeu a patente à fábrica Crown, a qual o lançou no mercado com o nome comercial

"PZM" (*Pressure Zone Microphone*). Por esta razão, é comum (embora incorreto) chamar todos os microfones deste tipo de "PZM" – tão comum e incorreto como chamar todas as lâminas de barbear de "gilete".

Se montarmos um microfone (omni) com a membrana extremamente próxima de uma superfície lisa e rígida, acontecerão duas coisas com o som captado:

1^a: O som que vier de trás da placa será rejeitado, por encontrar a placa como barreira. Portanto, todo o som captado é aquele que for refletido pela placa. Se, porém, o comprimento de onda do som de trás da placa for muito grande comparado com o tamanho da placa, então as ondas sofrerão refração (contornarão a placa) e haverá vazamento; mas isso se resolve com a fixação da placa em uma superfície limite, como uma parede por exemplo, ou com a adição de uma placa suplementar (de acrílico grosso, por exemplo) fixada por trás da placa do microfone, a qual reduzirá a frequência abaixo da qual há vazamento.

2^a e mais importante: Sobre a membrana no microfone, a velocidade do som será ZERO. Isso porque a membrana está tão próxima à placa, que qualquer onda que incidir sobre a placa naquele ponto, é tão rapidamente refletida rumo à membrana, que se somam a onda direta e a refletida. Como as velocidades dessas duas ondas são iguais mas de sentidos opostos, elas se cancelam, e sobre a membrana ficam apenas variações de pressão. Fica criada, junto à membrana, uma *zona de pressão*, onde o som é completamente isento de características "vetoriais", que são direção e sentido, possuindo apenas a pressão, que é uma grandeza escalar (não-vetorial).

O som, captado dessa forma (a explicação técnica é cansativa, convenhamos!), se caracteriza na prática por uma excepcional naturalidade, e rejeição automática a reflexões causadoras de "coloração".

O diagrama polar do PZM é *semi-omni*, isto é, à frente da placa ele

é omni, e atrás da placa (se não houver refração) ele não capta nada. A curva apresenta ângulo de cobertura de 180°, e em vez de um ângulo de cancelamento, ele tem, de 90° para trás, isolação. O aspecto do diagrama polar é de meia esfera.

Existem algumas variações sobre o microfone de superfície, como o semi– cardióide, que possui uma cápsula direcional, montada de lado e junto à placa refletora. A diferença é que, além da diretividade de meio-espacó causada pela placa, o semi-cardióide ainda apresenta diretividade cardióide dentro de sua área de ação. Portanto, o diagrama polar de um semi-cardióide, visto "de cima", é cardióide, visto "de lado", é meio-cardióide, e "de frente", é hemisférico. E, é claro, pode haver semi-supercardiôides, semi-hipercardiôides, e outros tipos derivados da associação de princípios.

Indo Adiante...

Pode haver um semi-semi-omni? O PZM é normalmente visto como um microfone junto a *uma* superfície. Mas pode-se usar o mesmo princípio com *duas* ou *três* superfícies.

No caso de duas superfícies, o omni é montado junto à aresta formada por duas placas rígidas. O diagrama polar fica então restrito à parte do espaço compreendida entre as duas placas, ou seja, 1/4 de esfera. Ou seja, fica criado um "semi-semi-omni", um microfone que capta num "gomo" do espaço, com ângulo de cobertura de 180° horizontal × 90° vertical.

Pode-se, finalmente (?), colocar o omni no vértice formado por três placas. Com isso, o microfone adquire um padrão polar de "meio gomo", tornando-se bastante direcional com uma cobertura de 90° horizontal (definido pelas duas placas verticais) × 90° vertical (definido pela placa horizontal e por uma das verticais). Os ângulos podem, ainda, ser diferentes de 90°, com coberturas mais estreitas ou mais amplas do que as mencionadas acima. A criatividade é quem manda!

Shotgun

A necessidade de um microfone com ângulos de cobertura extremamente estreitos (de 60° a 30°), para captação a longa distância (acima de um metro), levou os pesquisadores a criarem um tipo novo de diagrama polar, baseado não em cancelamentos frente/costas, mas em interferências de fase. Este novo tipo apresenta ângulos de cobertura menores que o do bidirecional, sem o inconveniente do lóbulo posterior.

Este tipo se denomina *Shotgun* ("espingarda") e funciona da seguinte maneira: a cápsula, que pode ser cardióide, super, ou hipercardióide, é colocada no fundo de um tubo, denominado tubo de interferência, que é um cilindro com cerca de 25 mm de diâmetro e 20 a 40 cm de comprimento, com várias entradas de som, de diferentes impedâncias acústicas, em forma de ranhuras. Por dentro, este tubo não é oco, mas tem uma série de peças que se destinam a corrigir a impedância acústica e a resposta de frequências do sistema.

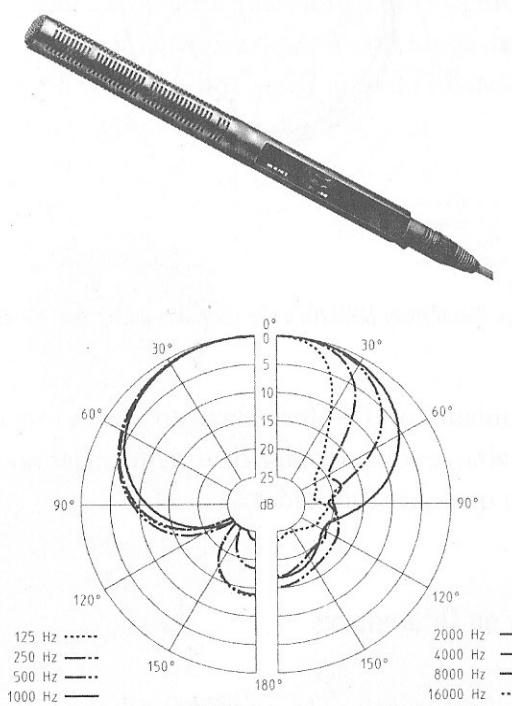
Quando uma fonte de som está em frente ao tubo, as ondas sonoras entram por respectivas ranhuras, chegando sem problemas à membrana, no fim do tubo. Ou seja, quando a fonte está em frente ao tubo, não há interferência, e o microfone se comporta como qualquer cardióide. Quando a fonte está atrás do microfone, não há também interferência de fase, e o som é rejeitado apenas por a cápsula ter comportamento de cardióide.

Quando a fonte está *ao lado* do microfone, cada onda penetra por várias ranhuras ao mesmo tempo. Neste caso, cada trecho de onda que entra no tubo, chega à membrana com um atraso diferente, tanto maior quanto for a distância da ranhura respectiva até a membrana. Ora, se o comprimento de onda é curto em relação ao tubo, algumas ondas sofrem atraso de meio comprimento de onda em relação a outras ondas, portanto o som será *acusticamente cancelado*.

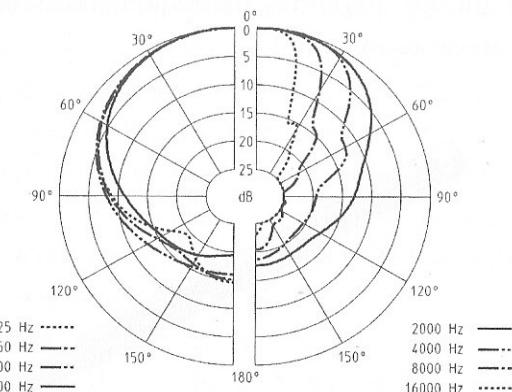
Se o comprimento de onda é tão grande em relação ao tubo, que não dê

para haver cancelamento, então nessa frequência o microfone terá diretividade reduzida. Ou seja, à medida que a frequência vai baixando, o tubo vai deixando de produzir interferência (cancelamento), e o microfone vai se tornando simplesmente um cardióide.

Nas figuras abaixo, vemos os diagramas polares de dois microfones *shotgun*, sendo o primeiro curto e o segundo longo, para várias frequências, desde 100 Hz, onde o microfone é cardióide, passando por frequências médias, onde ele se comporta como hipercardióide (note que em 500 Hz ele é um hipercardióide perfeito), até frequências altas, onde aparece plenamente o efeito do tubo.



Shotgun curto (Sennheiser MKH60) e seu diagrama polar, para várias frequências



Shotgun longo (Sennheiser MKH70) e seu diagrama polar, para várias frequências

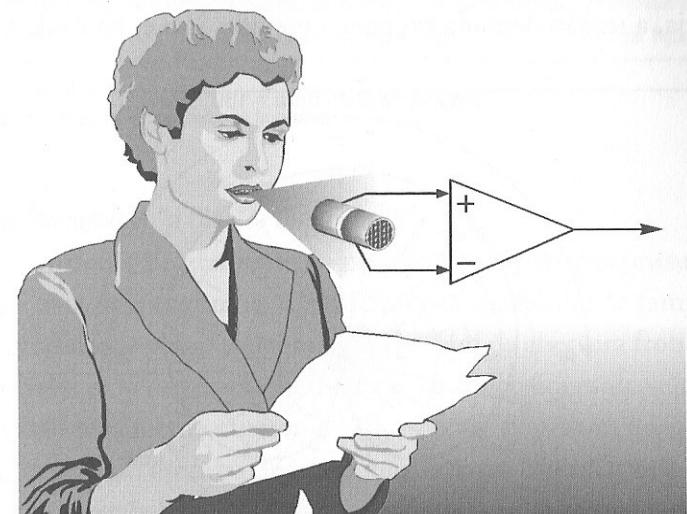
Portanto, cuidado: o microfone shotgun rejeita fora de direção *apenas* frequências bem altas, enquanto em baixas frequências podem ocorrer vazamentos como em qualquer cardióide.

Noise Cancellers ou Diferenciais

Desenvolvidos durante a II Guerra Mundial para resolver o problema das comunicações em locais de muito ruído, os microfones *noise*

cancelling (por cancelamento de ruído) funcionam pelo princípio do cancelamento de pressões entre dois microfones relativamente afastados, cujos sinais de saída são subtraídos. São uma das poucas coisas aproveitáveis que a guerra pôde fornecer.

O princípio é o seguinte: se colocamos dois microfones omnidirecionais, idênticos, a uma distância de apenas alguns centímetros entre eles, todo o som que vier de longe (muitos centímetros) será captado por ambos com a mesma amplitude e fase – ou seja, os dois produzem sinais de saída iguais. Se mixarmos os dois sinais, mas invertendo a polaridade de um deles, o resultado será zero: a diferença entre dois sinais iguais é nenhum sinal. Se, porém, aproximarmos da boca um dos dois microfones assim conectados, o outro permanecerá a alguns centímetros mais longe. Isso significa que o segundo microfone estará, possivelmente, 3 a 4 vezes mais longe da boca, produzindo proporcionalmente menos nível de sinal: quando mixados em oposição de polaridade, o sinal resultante será diferente de zero.



Microfone Diferencial

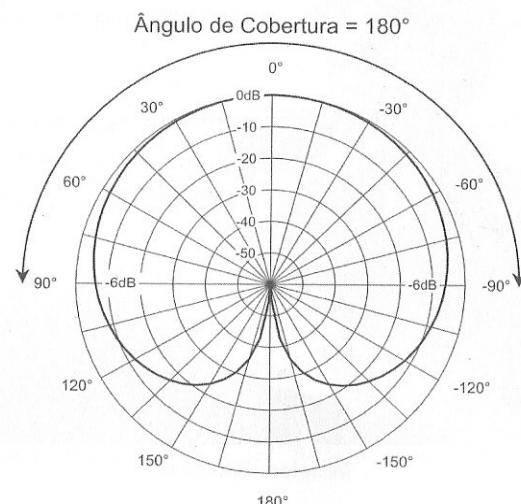
Portanto, o microfone diferencial ou *noise canceller* não é diretivo – o que ele rejeita realmente são sons *distantes*, em princípio independentemente de sua intensidade ou do ângulo.

Embora o *noise canceller* seja muito mais utilizado em comunicações (pilotos de avião, de helicóptero e de carros de corrida, astronautas, soldados, operários, etc.), existem aplicações para este tipo de microfone no mundo do entretenimento. Microfones quase à prova de microfonia podem ser produzidos, pois a distância entre o microfone e a boca pode ser reduzida a milímetros – o que é muito menor que a distância até qualquer alto-falante que possa produzir realimentação acústica. Modelos de mão e de cabeça (*headworn*) estão sendo produzidos aproveitando este método.

Ângulos que Caracterizam a Diretividade

Ângulo de Cobertura

O *ângulo de cobertura* do microfone é aquele para o qual o ganho cai 6 dB, ou seja, a tensão de saída cai para a metade, isto é, baixa de 6 dB.



Ângulo de Cancelamento

Outro ângulo importante é o *ângulo de cancelamento*, isto é, o ângulo para o qual o ganho é igual a zero.

Para um cardióide, por exemplo, o cancelamento máximo ocorre a 180°, ou seja, atrás do microfone.

Tabela de Ângulos Típicos dos Microfones

| Tipo de Microfone | Ângulo de cobertura | Âng. cancelamento |
|-----------------------|----------------------------|--------------------|
| Omnidirecional | 360° | – |
| Cardióide | 180° | 180° |
| Supercardióide | 151° | 120° |
| Hipercardióide | 141° | 110° |
| Bidirecional | 2 × 120° | 90° |
| Superfície omni* | 360° horiz. × 180° vert. | – |
| Superfície cardióide* | 180° horiz. × 180° vert. | 180° na horizontal |
| Shotgun curto | 60° (em altas frequências) | ver figura |
| Shotgun longo | 30° (em altas frequências) | ver figura |

* Considerando o microfone com a placa na horizontal.

Como Reconhecer “a Olho” a Diretividade

Os microfones de gradiente de pressão (omni) apenas possuem a abertura pela frente da membrana. Os microfones cardióides & família são um misto de gradiente e velocidade, possuindo além da abertura frontal, aberturas secundárias para formar a diretividade. Os microfones de velocidade (figura de 8) são totalmente abertos acusticamente. E os shotguns só precisam de aberturas ao lado do tubo de interferência, para produzir os cancelamentos de fase que estabelecem sua diretividade.

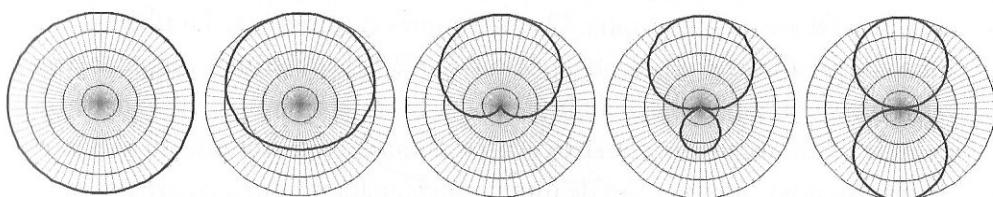
Então, uma boa pista para identificar a diretividade de um microfone desconhecido é observar seu “design”. Um microfone com uma abertura apenas na frente é certamente omni. Um microfone com aberturas laterais certamente será da família dos cardióides. Ou seja: *quanto mais aberturas laterais o microfone tem, mais diretivo ele é.*

Microfones Multipattern

Vários microfones têm a opção de mudar de padrão (*pattern*) direcional. Utilizando duas cápsulas cardióides, pode-se mudar a maneira como são interligadas: acionando-se apenas uma, o microfone será cardióide; acionando-se as duas em fase, o microfone se torna omnidirecional; acionando-se as duas fora de fase, o microfone funciona como bidirecional.

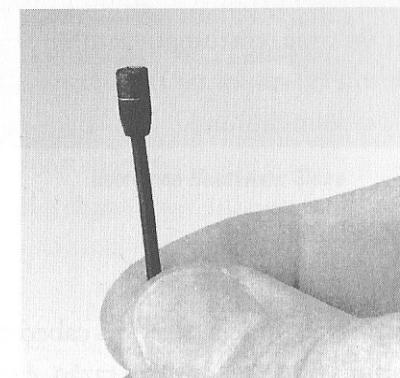
Além disso, diferentes mixagens levam a outros padrões direcionais. Por exemplo, se somarmos fora de fase duas cápsulas cardióides numa proporção de 2:1, teremos como resultante um hipercardióide.

É comum encontrar no mercado microfones com até cinco patterns diferentes. Na figura abaixo, podemos ver os cinco padrões mais comuns em microfones *multipattern*. Da esquerda para a direita: omnidirecional, subcardióide, cardióide, hipercardióide e bidirecional.



Microfone de Lapela

O microfone de lapela ou *Lavalier* não é um tipo especial de microfone. Apenas, é um microfone de tamanho muito pequeno, para ser colocado preso na roupa do artista ou locutor. Outro uso do lapela é em atores, disfarçado em locais “estratégicos” como em baixo da roupa, sob o chapéu, dentro do cabelo, etc..



Sennheiser MK-2

Sendo o local mais comum de operação do lapela o tórax da pessoa, onde a emissão de voz não é ideal (falta “brilho” ao som), é freqüente que a resposta de frequências seja realçada nas altas frequências, devolvendo em parte a clareza da voz. Isto é também útil ao se utilizar o lapela em locais “estratégicos”, onde o mesmo problema aparece.

Os lapelas geralmente são microfones de condensador a eletreto, o que permite a produção de unidades pequenas e com excelente resposta de frequências. São em maioria omnidirecionais, e existem também vários modelos cardióides.

Pode-se usar um lapela como um microfone normal? Sim, várias aplica-

ções de microfones a condensador podem ser atendidas por um lapela. É, porém, preciso cuidado com duas coisas:

1^a) a resposta de muitos lapelas tem um acentuado reforço de altas frequências, que pode produzir resultados excessivamente “brilhantes”. Isto pode ser compensado na equalização.

2^a) os lapelas, para serem usados relativamente longe da boca, têm sempre alto ganho. Portanto, quando utilizados com fontes sonoras de grande volume, costumam saturar produzindo um som “rachado”. O jeito é afastá-los da fonte sonora (se possível), ou então usar outro tipo de microfone.

Microfone Headworn

O microfone *Headworn*, ou seja, fixado à cabeça, foi popularizado pela cantora Madonna nos anos 80/90 e, por esta razão, é muito conhecido como “microfone da Madonna”. Este tipo permite o máximo de liberdade para o usuário – principalmente se estiver conectado a um sistema sem fio. Pode ser usado não somente por cantores no palco, como também por conferencistas com pouca prática de segurar um microfone, e ficando ainda com as mãos livres para escrever, operar computadores, etc..

Como o “Madonna” é assumidamente visível, pode ser colocado bem junto à boca, possibilitando a obtenção de altos níveis sonoros sem *feedback* (microfonia). No entanto, há microfones *headworn* de baixa visibilidade, muito pequenos, com haste fina, sendo instalados junto à pele do rosto da pessoa.

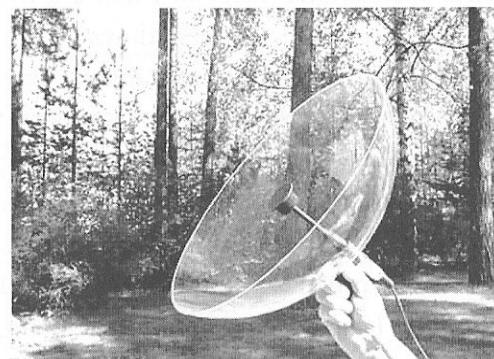
Entre os modelos atualmente em produção (por vários fabricantes), encontram-se cardióides dinâmicos, eletretos e condensadores; entre os padrões polares, existem cardióides & família, e *noise cancellers*.



Microfone Headworn: Shure

Microfone Parabólico

O microfone chamado “parabólico” não é, realmente, um tipo exótico de microfone; é apenas um microfone omnidirecional montado com o diafragma no foco de um refletor parabólico. Nessa situação, todas as ondas



sonoras que chegam paralelas ao eixo da parábola são refletidas concentrando-se no foco, onde está o microfone.

Este fenômeno depende da proporção entre a freqüência e o diâmetro do refletor. A parábola nada faz até que o comprimento de onda seja menor que o dobro do diâmetro da parte externa do refletor. A partir dessa freqüência, o ganho sobe proporcionalmente à freqüência.

Exemplo: um refletor parabólico tem diâmetro de 34,4 centímetros. Então, o comprimento de onda da freqüência onde o ganho começa a subir é:

$$\lambda = 2 \times 0,344\text{m} = 0,688\text{m}$$

e a freqüência correspondente é:

$f = v_{\text{som}} / \lambda = 344\text{m/s} / 0,688\text{m} = 500\text{Hz}$ a 21°C . Portanto, a 1kHz o ganho será de 6dB, e a 4 kHz será de 18dB.

Com essa resposta de freqüências ascendente, a sonoridade é muito aguda, mas o microfone pode ser usado em aplicações onde a direitividade é mais importante do que a resposta, como na gravação do canto de pássaros e na espionagem.

Resposta de Freqüências dos Microfones

Em todas as especificações de equipamentos de áudio, a resposta de freqüências parece ser a mais importante de todas, e costuma ser a primeira a ser orgulhosamente apresentada. *Resposta plana* é a maior qualidade entre gravadores, mesas, amplificadores, processadores de um modo geral.

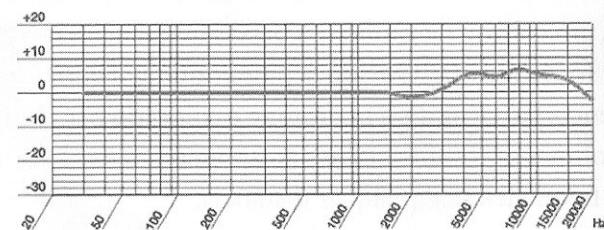
Nos microfones, resposta plana nem sempre é excelência. Os microfones para voz, dinâmicos e condensadores, têm a resposta de baixas freqüências propositalmente atenuada abaixo de 100 ou 150Hz, para reduzir o ruído de manuseio e o vazamento de graves, partindo do correto princípio de que a voz geralmente não tem conteúdo na região do extremo grave. Todos os microfones de voz têm, também, um realce de alguns dB no meio da região de agudos (em torno de 10kHz), para melhorar a inteligibilidade através do

reforço da faixa de freqüências das consoantes.

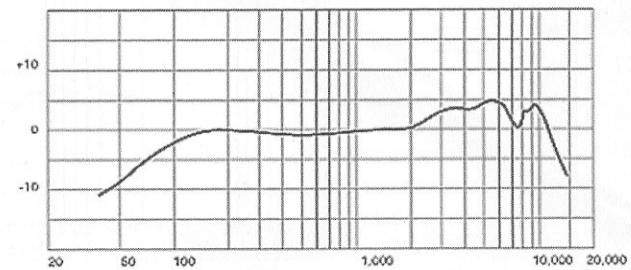
No entanto, os microfones “de voz” são usados em muitos instrumentos, graças ao acréscimo de “brilho” que promovem.

Microfones com diafragma grande (20mm ou mais de diâmetro) produzem uma agradável “coloração”, “engordando” a resposta nas baixas freqüências. São usados em gravações de voz ou instrumentos a que se queira acrescentar “peso” ou “corpo”. Podem ser tanto dinâmicos quanto a condensador. Os dinâmicos de diafragma grande, pelo peso relativamente maior do conjunto diafragma + bobina, comumente apresentam resposta pior aos agudos.

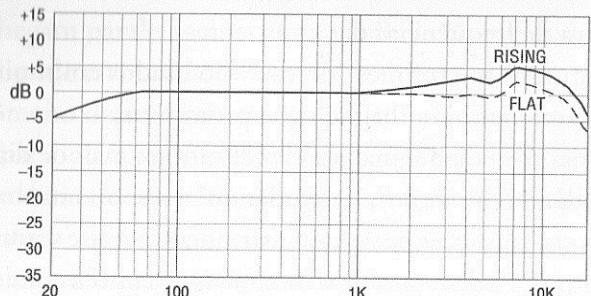
Nas figuras, podemos ver as curvas de resposta de três microfones “clássicos” bem diferentes, notando que em todos eles há uma elevação na resposta em torno de 10kHz. Note, no entanto, que o AKG C12 tem resposta de graves plana, enquanto o Shure SM58 tem queda pronunciada abaixo de 100Hz. Note também que o Crown PZM30D tem realce opcional de agudos.



AKG C12, condensador de estúdio



Shure S58, cardióide dinâmico duro

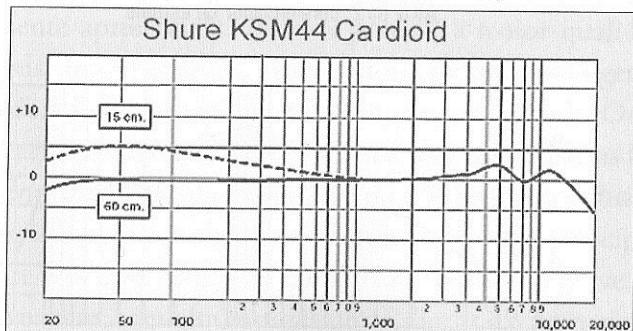


Crown PZM30D, microfone de superfície com realce ajustável

Microfones com resposta estritamente plana podem ser utilizados para a gravação de alguns instrumentos.

Efeito da Proximidade

Os microfones de velocidade, desde os cardióides até os bidirecionais, apresentam um excesso de ganho nas baixas frequências quando estão muito próximos à fonte sonora. Qualquer pessoa que já falou ao microfone sabe que a voz “encorpora” quando o microfone é colocado bem junto à boca. Apenas os microfones omnidirecionais não apresentam este efeito: têm a mesma resposta de frequências, a qualquer distância.



Efeito da proximidade no microfone de estúdio Shure KSM44

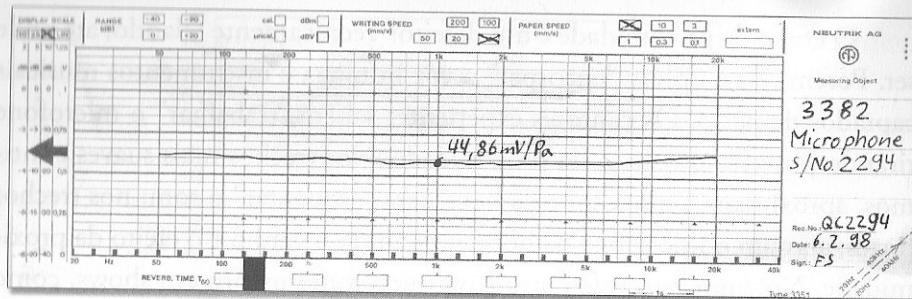
O efeito da proximidade é um defeito? Tecnicamente falando, até pode ser. Porém, ele é útil ao “encorpar” a voz humana e instrumentos musicais captados de perto. Os cantores experientes sabem “trabalhar” o microfone tirando proveito do efeito da proximidade. Nos trechos mais suaves e fôntimos, aproximam o microfone da boca para “esquentar” o som; nos trechos fortes, afastam o microfone da boca, reduzindo o ganho e o efeito da proximidade. Note que isto vale tanto para microfones usados em shows, como para microfones de estúdio. Quanto mais o microfone se aproxima do bidirecional (de velocidade), mais o efeito se manifesta.

Microfones para Medição

Os microfones usados para medições de acústica precisam ser necessariamente planos, tipicamente dentro de $\pm 1\text{dB}$ dentro da banda inteira de áudio (20Hz a 20kHz) ou além dela. Devem, também, ser omnidirecionais para



Microfone para medição Neutrik 3382



Curva de resposta individual de microfone para medição

captar toda a energia acústica ao seu redor; macios, para captar bem os sons de baixa intensidade; e terem pré-amplificador interno com grande extensão dinâmica, tipicamente de 100dB ou ainda mais. São sempre a condensador, para poderem atender a todos esses requisitos.

Os microfones para medição sempre vêm acompanhados da curva de resposta, traçada individualmente para cada unidade. Na figura, podemos ver a curva de um microfone Neutrik 3382, notando que a resposta vai de 20Hz a 20kHz dentro de ± 1 dB. Além disso, o nível de saída a 1 Pascal de pressão sonora (94dB SPL) é indicado: 44,86 mV.

Parte II – OPERAÇÃO DE MICROFONES

A boa operação de microfones consiste na escolha do tipo ideal de microfone para cada aplicação, aliada ao posicionamento correto, dentro de condições acústicas adequadas.

Embora a experiência profissional de cada pessoa leve a um estilo peculiar de captação, existem algumas regras gerais que devem ser conhecidas e respeitadas.

Instrumentos Musicais

Cordas (violino, viola e violoncelo)

Este grupo de instrumentos se caracteriza pela suavidade de som e pelo timbre, riquíssimo em harmônicos. Portanto, para reprodução de toda a gama dinâmica e de todo o espectro de frequências, é indispensável o uso de microfones macios e de excelente resposta de frequências. Os microfones que se adaptam mais perfeitamente a esses requerimentos são os capacitivos.

Captação em Ambientes de Boa Acústica

Quando o trabalho é num estúdio, teatro ou outro local de boas condições acústicas, no caso dos violinos, violas e cellos, o ideal é captá-los em grupos de quatro, isto é, um microfone para cada quatro instrumentos iguais. Cada microfone deve ficar no meio, à frente e acima dos músicos, de forma a captar todos por igual. O tipo certo de microfone é o cardióide a condensador. Se houver interesse na captação da acústica do local, pode-se utilizar um omni. O PZM também oferece resultados interessantes, realçando os instrumentos mas acrescentando bastante ambiência ao som captado. A ambiência é importante na captação da “textura” dos nipes de cordas, e de outras famílias de instrumentos, também.



Captação em Ambiente com Boa Acústica

Qualquer que seja o padrão direcional, o microfone deve ser a condensador.

Captação em Ambientes com Acústica Deficiente e/ou com Risco de Vazamento

Quando o trabalho é em local com problemas acústicos, ou quando há outras fontes de som forte por perto, recorre-se à captação individual: usa-se um microfone para cada músico, colocado a uma distância idealmente igual ao tamanho do instrumento. Caso ainda haja vazamento ou ruído, a distância pode ser reduzida, mas deve ser, no mínimo, de



um palmo. Em *casos extremos*, pode-se usar microfones de lapela diretamente fixados ao cavalete do instrumento (com o “clip”) – esta técnica oferece um som de baixa qualidade, mas bem mais livre de vazamentos.

A captação individual é em geral pior que a captação em grupo, porque na individual perde-se a interação acústica entre os instrumentos e com o ambiente; o som fica mais “áspero” e “chapado”.

Contrabaixo Acústico

O contrabaixo acústico, pela sua dimensão e pelo registro de baixas frequências, deve ser captado individualmente. Existem várias técnicas de microfonação de contrabaixos. Quando o estilo musical exige o máximo de qualidade de captação do contrabaixo, o ideal é a colocação de um microfone a condensador em frente ao corpo do instrumento, a uma distância



Microfone Condensador AKG C-12

cia de 20 a 50 centímetros dependendo das condições acústicas do local.

Pode-se ainda adicionar um microfone dinâmico, perto do instrumento. Em música popular, pode-se usar com bom resultado um cardióide dinâmico macio.

Outra técnica, bastante usada em jazz e música popular em geral, em shows com amplificação, consiste em colocar um microfone, bem calçado em espuma de borracha, preso ao cavalete. Havendo risco de microfonia, o mais prático é que o instrumento esteja equipado com um captador piezoelétrico, o que reduzirá a chance de ocorrer microfonia.



Microfone Condensador AKG C-12 + Dinâmico AKG D-112

Pode-se, também, usar as duas técnicas e mixar as saídas do microfone e do captador. O captador contribuirá para o volume do som amplificado e, dependendo de sua qualidade e do estilo, poderá ser suficiente. A colocação do microfone ajudará na definição do som acústico do instrumento, e servirá para captar ruídos "musicais", como o *slap* e outros sons percussivos executados pelo músico.

Madeiras (exceto saxofone)

Este grupo de instrumentos de sopro: flauta, piccolo, clarinete, oboé, fagote, corne inglês, clarone, etc., se caracteriza pelo som suave, tendendo para o aveludado. No caso de naipes (grupos), pode-se usar um microfone para cada dois a quatro músicos. O microfone deve ser posicionado de maneira a captar o grupo por igual. Quando há solos, como no jazz ou na música popular em geral, evidentemente a captação deve ser individual. Neste caso, devemos dar atenção ao fato de que estes instrumentos

não emitem som apenas pela extremidade, mas por toda a extensão do corpo. Por isso, a posição certa do microfone é em frente ao músico, e não na campânula do instrumento.



Madeiras: Captar Todo o Instrumento

Pelas características de som (suave) destes instrumentos, devem ser usados microfones cardióides a condensador para gravação com acústica adequada, ou dinâmicos macios para shows ao vivo.

Metais e Saxofones

Estes são os instrumentos de sopro de som mais “vivo”, “agressivo”, “metálico”, e sobretudo mais forte. Os critérios para posicionamento para captação em naipe são os habituais: pode-se usar cardióides dinâmicos, cobrindo de dois a quatro músicos, ou então individuais.



Metais e Sax: Campânula Tem 90% do Som

Incluem-se nesta categoria: trumpetas, flugelhorn, trombones, trompa e tuba; além dos saxofones, que podem ser *soprano* (o mais agudo), *alto*, *tenor*, *barítono* e (raramente) *sax baixo*.

Cordas Puxadas

Incluem-se nesta categoria os violões, cavaquinho, bandolim, viola caipira, banjo, guitarra portuguesa, alaúde, harpa e cravo. Todos eles têm características em comum, que são o ataque pronunciado (quando a corda é ferida), a riqueza em harmônicos e o volume suave de som. Com

essas características, já se vê que o microfone ideal é o condensador, porém às vezes é preciso fazer concessões.

Ambientes com acústica adequada: os microfones (podem ser usados dois por instrumento para estéreo) devem ser posicionados a uma distância comparável ao tamanho do corpo do instrumento. Para o violão, por exemplo, uma distância de 30 a 50 cm é excelente. O microfone deve ser cardióide a condensador, podendo-se em certos casos (instrumentos de som mais forte: cavaquinho, violão de cordas de aço, etc.) optar por um cardióide dinâmico macio. A direção ideal é a do final do braço (perto do corpo do instrumento, onde é melhor o equilíbrio harmônico). Porém, conforme o estilo de música, o timbre do instrumento e a técnica do músico, outras posições podem e devem ser tentadas.

Ambientes com acústica ruim e/ou perigo de vazamento: nestes casos, para evitar interferências, pode-se posicionar *cuidadosamente* o microfone junto ao instrumento. No caso do violão, que tem excesso de



Ponto Ideal para Uso do Lapela no Violão

graves junto à boca, deve-se posicionar o microfone um pouco fora da boca; junto ao final do braço é um local excelente, pois não incomoda muito o músico e apresenta ainda uma sonoridade bastante natural.

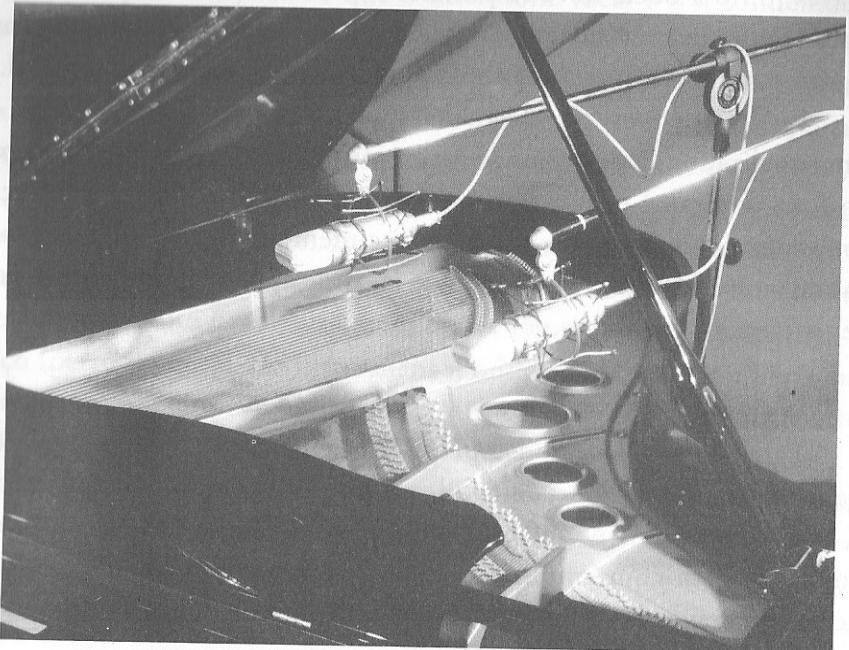
Persistindo o excesso de graves, pode-se compensar o problema com um equalizador. Pode-se, ainda, utilizar um microfone de lapela próximo ao final do braço, pelo lado das cordas mais agudas. Este ponto fornece uma sonoridade bastante natural. Atualmente, existem inúmeros modelos de violões e outros instrumentos já com captação própria, que devem ser preferidos em shows por serem pouco sujeitos à microfonia.

Cravo

Para o cravo, deve-se sempre usar um microfone macio, sendo obrigatório o uso do cardióide a condensador. Como geralmente o cravo não é usado em música popular ao vivo, nem em locais de acústica ruim ou ruidosos, nem com amplificação, deve-se posicionar o(s) microfone(s) acima do cravo aberto, a cerca de 50 centímetros de altura do cepo.

Piano em locais com boa acústica

Em locais de boas condições acústicas é que se extrai toda a sonoridade do piano. O posicionamento de microfones é similar àquele usado para o cravo: de preferência dois ou três microfones a cerca de 50 cm acima do piano aberto. O microfone deve ser cardióide a condensador. Se a captação da acústica for desejável, pode-se usar omni. Se for desejado um “ataque” mais forte, pode-se posicionar microfones mais perto dos martelos, com o que seu impacto nas cordas fica mais pronunciado. Cada operador deve desenvolver suas próprias técnicas, de acordo com o estilo e o músico. Se for desejada grande dose de ambiente, pode-se colocar um ou dois cardióides, omni ou PZM em locais adequados do estúdio ou palco, proporcionalmente distantes do piano, mixando então estes sinais até obter-se o efeito ideal.



Captação do Piano em Condições Ideais: Dois Neumann U87

Piano em locais com ruído e/ou vazamento

Nestes casos, posiciona-se o(s) microfone(s) dentro do piano (se possível aberto, para evitar excesso de ressonância). Cada microfone deve ficar em uma “girafinha”, bem próximo ao cepo, ou em último caso sobre um pedaço bem grosso de espuma, colocado sobre o cepo. Melhores resultados são obtidos com dois ou mesmo três microfones, colocados em pontos do piano tais que, mixados, forneçam um som o mais natural possível: um próximo ao extremo agudo, o segundo perto das cordas da região média, e o terceiro próximo ao extremo grave.

Dependendo do estilo e do gosto, pode-se desejar captar com maior ou menor intensidade o impacto dos martelos nas cordas. Para mais impacto,



Captação de Mais Perto: Dois Condensadores AKG C-414

deve haver microfones mais perto dos martelos (logo atrás do teclado).

Os microfones podem ser omnidirecionais ou cardióides (super e hipercardióides não), a condensador ou dinâmicos macios. Deve-se evitar o uso de microfones duros, porque se perderia a dinâmica natural do piano. Ou seja, os sons mais suaves seriam rejeitados.

Há, ainda, a possibilidade de utilizar captadores piezoeletricos, que são fabricados em diferentes tipos. Para cada um, convém seguir as instruções do fabricante.

Apesar da qualidade de som inferior, os pianos eletrônicos *sampleados* muitas vezes dão resultados melhores, já que com seu uso deixa de haver o problema da captação. É comum ver em shows teclados MIDI embutidos em corpos de falsos pianos, ou pianos de cauda MIDIados. Nestes, o músico toca com a sensação de um piano normal, mas o som ouvido é o *sampleado*.

Percussão

Os instrumentos de percussão, incluindo a bateria completa, devido à diversificação de sonoridades, exigem tratamentos individuais para cada ítem.



Exemplo de captação de bateria

Tambores

Devem ser usados microfones cardióides; dependendo da sonoridade a ser obtida, pode-se usar dinâmicos duros ou macios (sons fortes, microfones

mais duros). Há também microfones capacitivos especialmente desenhados para percussão, e que são montados bem junto à pele para maior “peso”. Dependendo do grau de separação desejado, e do número disponível de microfones, pode-se usar super ou hiper cardióides (quanto menor a cobertura, maior o número de microfones e maior a independência).

O posicionamento do microfone por baixo, dentro do tambor, produz um som mais grave e com mais ressonância, enquanto o posicionamento por cima da pele do tambor produz um som mais brilhante, com mais ataque, e mais livre de ressonâncias. A escolha é do técnico ou do produtor musical. Pode-se, ainda, captar os tambores pela frente e por trás, para usar as vantagens de ambas as técnicas. Neste caso, é fundamental que a fase de um dos microfones seja invertida em relação à do outro, pois eles estarão captando sinais graves de fases opostas. Se este cuidado não for tomado, ter-se-á o cancelamento de quase todo o som do tambor.

A captação por cima + por baixo da caixa de bateria oferece a facilidade de se mixar o som do instrumento com mais presença da esteira, realçando-se o microfone de baixo, ou mais ataque da baqueta, realçando-se o microfone de cima. Um destes microfones, naturalmente, também é ligado com fase invertida.

Caberia aqui a pergunta: “Mas qual dos microfones deve ter a fase invertida?” – e a resposta é: da maneira como forem produzidos menos problemas de cancelamento com outros microfones. Como os pratos são captados por cima (*overall*), faz sentido que os microfones por cima dos tambores tenham a mesma fase dos de *overall*, e esta seria a primeira opção a ser tentada; mas, no complicado mundo das fases acústicas, pode ser que o contrário também funcione. A melhor maneira de conseguir bons resultados é experimentando e descobrindo a melhor opção caso a caso.

O bumbo (também chamado “pedal” ou “kick”) quase sempre é captado só pela frente ou por dentro, para obter-se o máximo de graves. Os microfones de diafragma grande devem ser preferidos para o bumbo, pela melhor

resposta de graves. Atualmente, cardióides de superfície (Shure SM91, Beta 91 e outros) vêm também sendo usados com sucesso.

Um cuidado adicional, da maior importância, é *nunca* usar microfones que saturem facilmente, devido à elevada pressão sonora em que irão trabalhar. Pode-se colocar microfones em ambos os lados do tambor mas, cuidado! Os microfones captarão a vibração com fases opostas um em relação ao outro e, para evitar o cancelamento, a fase *de um deles* deverá ser invertida na mesa ou mesmo no cabo.

Pratos

O contra-tempo (*hi-hat* ou “chimbal”) deve ser captado de bem perto, e com microfone macio, para obter-se o máximo de brilho; os ideais são cardióides a condensador. O ângulo deste microfone deve ser cuidadosamente ajustado para que o microfone não fique apontado para a caixa, que fica próxima ao contra-tempo.

Acima de toda a bateria, deve-se posicionar um a dois microfones, captando o som em geral (*overall*). Estes microfones são o ideal para captar os demais pratos (*ride*, *crash*, *splash*, *china*, etc.), além de enriquecerem o som da bateria, adicionando à captação individual uma “dimensão” maior. Para isto, deve-se usar microfones cardióides a condensador ou mesmo PZMs. Para estéreo, usam-se dois. Mais de dois microfones “overall” possivelmente produzem cancelamentos e não devem ser utilizados. Pode-se usar qualquer uma das técnicas de captação estéreo que estudaremos adiante, conforme o gosto e o estilo.

Pode-se utilizar microfones individuais para os pratos, em especial o de condução (*ride*), quando se desejar máximo detalhamento e captação do impacto da baqueta no metal. Isto se aplica muito bem a gravações de jazz e bossa nova.

Pratos de mão (orquestra sinfônica e bandas) podem ser batidos a cerca de 60 cm de um microfone macio.

Outros Instrumentos

Há uma infinidade de instrumentos, de vários tamanhos, materiais, timbres, etc., que exigem tratamento individual. O operador, de posse de conhecimento de microfones e de acústica, escolherá o tipo que melhor se adequará a cada caso, entre omnis e cardióides, duros e macios. Para uma grande quantidade de pequenos instrumentos juntos um omni pode ser a melhor opção. A escolha entre um macio e um duro é em função do volume de som do instrumento e de sua distância ao microfone.

Instrumentos Amplificados

A guitarra e o órgão, este quando usa alto-falante rotativo (caixa Leslie) se beneficiam do som de seus alto-falantes. O som destes instrumentos só tem o timbre correto, portanto, quando o som do respectivo alto-falante é captado por microfone. O posicionamento é mais ou menos próximo ao(s) falante(s), conforme se deseje, respectivamente, maior ou menor “presença”.



Captação do amplificador de guitarra

No caso da caixa Leslie para órgão, são precisos dois ou mais microfones para se obter o efeito estéreo típico dessa caixa. A caixa Leslie possui, na parte superior, uma corneta rotativa (ela parece dupla, mas só um lado emite som); e na parte inferior, um alto-falante grande com um defletor. As duas vias têm velocidades de rotação independentes, e variáveis entre um lento efeito de chorus e um rápido vibrato.

Para guitarra, às vezes, colocam-se um ou dois microfones a uns cinco metros do alto-falante, *de costas* para ele, para criar um efeito de “ambiente” através da captação de retardos (“delays”) naturais. Porém, o técnico deve sentir-se à vontade para colocar, de maneira a obter o impacto desejado, os microfones. Os microfones próximos aos alto-falantes são, comumente, posicionados fora de centro (apontando para o papelão do cone e não para o centro) e fora de eixo (a um ângulo de 30° a 60° da frente da caixa), para evitar o excesso de brilho observável no eixo do falante.

O baixo elétrico pode ser captado de seus alto-falantes mas, como geralmente estes possuem resposta de graves limitada, costuma-se gravar o instrumento diretamente em linha (usando-se um *direct box* ou caixa casadora de impedâncias). Obtém-se também, timbres muito interessantes combinando essas duas técnicas de captação.

Por exemplo, o engenheiro Eddie Offord (Yes) gravou o baixo de Chris Squire usando uma linha para os graves, e um amplificador de guitarra distorcido, para os agudos, captado por microfone.

Teclados eletrônicos, em 99% dos casos, são ligados em linha.

Uso de Microfones de Superfície para Ambiências

Os microfones de superfície são os ideais para captação de ambientes, por serem imunes a problemas de fase (cancelamentos e colorações). Assim sendo, é recomendado seu uso para:

- *Overall* de bateria
- *Overall* de percussão

- Efeitos acústicos: reverberação natural (delay natural)

- Corais

Um interessante uso para o microfone de superfície é a captação de público em shows. Para aumentar a rejeição a sons graves vindos das costas do microfone, este deve ser fixado “colado” a uma placa rígida, que pode ser de acrílico grosso (8 a 10mm), bem maior do que a placa original do microfone. Uma placa de 80cm × 80cm dará um bom resultado. O microfone é posicionado com a placa na posição vertical, de costas para as caixas de P.A., de modo a captá-las ao mínimo. O som do público a partir do local do microfone será muito “limpo” e natural. Um corte de graves até 160Hz deve ser usado, para eliminar os graves do P.A. sem prejudicar a som de público captado.

Captação da Voz

Existem três situações diferentes de captação de voz: “ideal”, com vazamento e/ou ruído e/ou microfonia, e ainda a longa distância.

Situação Ideal

A situação ideal é quando se capta em local sem ruído, com boa acústica e sem compromisso de ordem visual. Isso acontece, por exemplo, em boas cabines de locução (baixo ruído e RT₆₀ mínimo), e em estúdios de gravação de música (sem ruído e com RT₆₀ ótimo). Nestes casos, o microfone pode ser posicionado a cerca de meio metro da boca, e a um ângulo de cerca de 45° acima. Dessa forma, se obtém o máximo de brilho e de clareza na dicção, garantindo beleza de timbre e alta inteligibilidade.

O tipo mais comum de microfone a ser usado é o cardióide a condensador. Porém, pode-se usar um omni se for interessante a captação da acústica do ambiente inteiro, ou então um PZM ou semi-cardióide.

Locais de Ruído Elevado

Este é o caso do microfone usado em reportagens de rua, quando o ruído é excessivo, a ponto de dificultar o entendimento do locutor. O microfone ideal é o dinâmico omni duro.

Não seria melhor um cardióide? Isso depende. Realmente, o cardióide oferece alguma rejeição a ruídos fora do eixo de captação, porém: 1º: o omni, por natureza, é o microfone mais imune a ruídos de manuseio e de vento; 2º: o cardióide dificulta o manuseio, pois o locutor deve, para tirar proveito do microfone, falar bem de frente – o que prejudica o visual, no caso de TV. O ruído deve ser rejeitado, mas pela dureza do microfone e pela curta distância entre o microfone e a boca.

Microfonia

Este é um assunto todo especial. A captação a média distância, embora traga muitas vezes uma melhor qualidade de som, comumente cria problemas, o maior deles quando o som está sendo amplificado. Para se captar som de longe, é preciso que o sinal do microfone seja amplificado com alto ganho, para compensar a perda com a distância até a fonte de som. Se o sinal vai para alto-falantes, no mesmo ambiente do microfone, uma parte do som dos alto-falantes é captada, junto com reflexões, reverberação, etc., pelo microfone.

Se, por acaso, o som re-amplificado (captado do alto-falante e novamente amplificado) sai mais forte que o som original, então o som entra num “círculo vicioso”, que resulta num “apito” ou “ronco” de elevado volume. Esse problema se chama *feedback* (realimentação), ou mais vulgarmente, “microfonia”.

Para combater a microfonia, são necessárias várias armas:

– Controlar a cobertura dos alto-falantes, evitando volta de som das caixas para o microfone;

- Conseguir resposta plana, para evitar “picos” que favoreçam a realimentação;
- Melhorar a acústica, para evitar que reflexões atinjam o microfone;
- Usar o microfone adequado.

Qual é o microfone adequado? É, basicamente, o cardióide, supercardióide ou hipercardióide duro. Estes tipos rejeitam os sons dos alto-falantes de duas maneiras:

- 1º – por serem direcionais, ficam normalmente (se o sistema estiver correto) de costas para os alto-falantes e para as reflexões;
- 2º – por serem duros, só fornecem uma saída apreciável se receberem um som forte – no caso, o som da fonte sonora junto a eles.

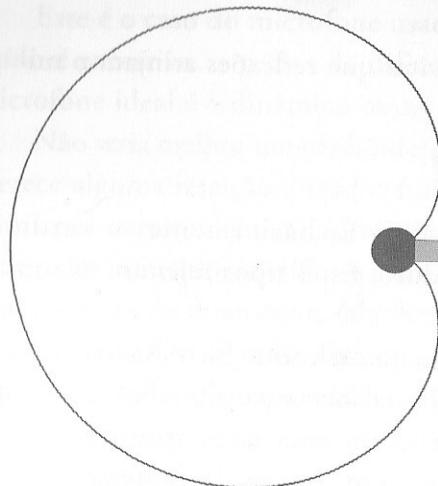
Por isso, em sistemas de som (P.A.), sempre se usam microfones duros e direcionais – e isto vale, não só para voz, mas para qualquer fonte sonora com suficiente volume de som. Existem microfones macios, a condensador, para esta finalidade; porém só devem ser usados em locais com acústica aceitável e com bons sistemas de amplificação.

Caixas de Retorno × Microfonia

Nos shows, as caixas de retorno de chão (*spots*) costumam ser a fonte mais comum de microfonia, por estarem próximas ao artista e seu microfone, trabalhando com elevados níveis sonoros.

Aqui aparece a importância da família dos cardióides e de sua correta utilização, destacando a utilidade dos super e hipercardióides.

Se o artista utilizar uma única caixa monitora, bem à sua frente, obviamente o cardióide estará “de costas” para a caixa, rejeitando seu som e evitando a microfonia.



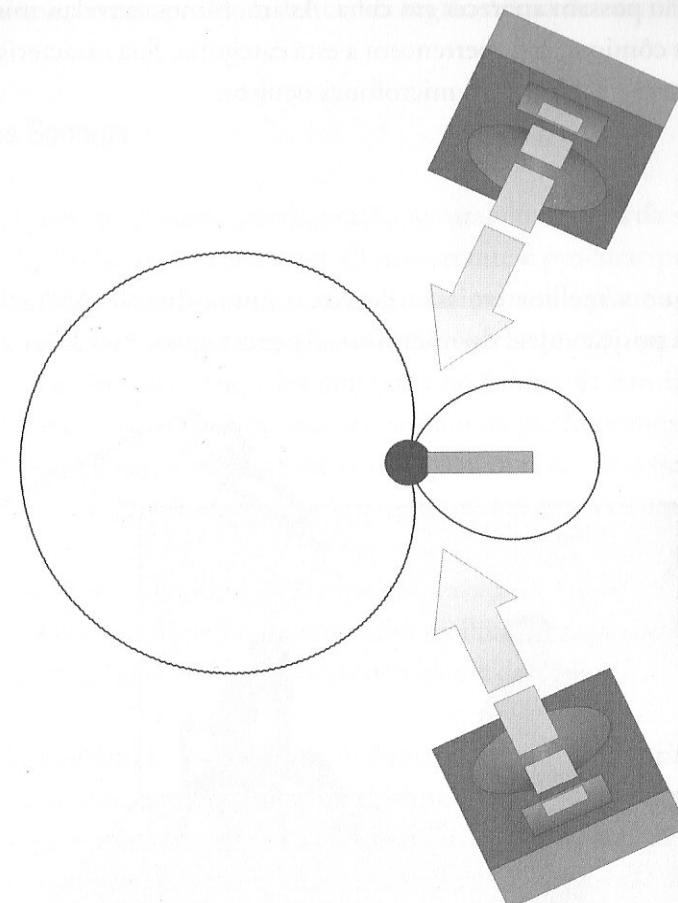
Caixa Atrás do Microfone: Cardióide é Melhor

Mas o mais usual é o artista usar dois monitores, cada um ligeiramente a cada lado seu. Com isso, ganha maior liberdade de movimento, e melhora o visual pois não fica nada diretamente à sua frente. Nesta situação, se for usado um super ou hipercardióide, as caixas de monitor podem ser colocadas exatamente em direção ao ângulo de cancelamento, obtendo excelente ganho antes do feedback.

Atualmente, muitos cantores e músicos preferem os *in-ear monitors* (monitores intra-auriculares), pela maior qualidade de audição, volume menor sem vazamento, e liberdade de movimento.

Além das vantagens acima, vem a maior de todas: a monitoração não provoca a microfonia, já que é praticamente impossível para o microfone captar o som dos pequenos fones. Neste caso, em se tratando de cantores, deve-se preferir microfones cardióides, que são menos críticos ao posicionamento e têm som mais natural do que os super e

hipercardióides. Fabricantes de microfones, como a Shure, estão lançando versões cardióides de seus modelos mais usados, para tirar proveito desse fato.



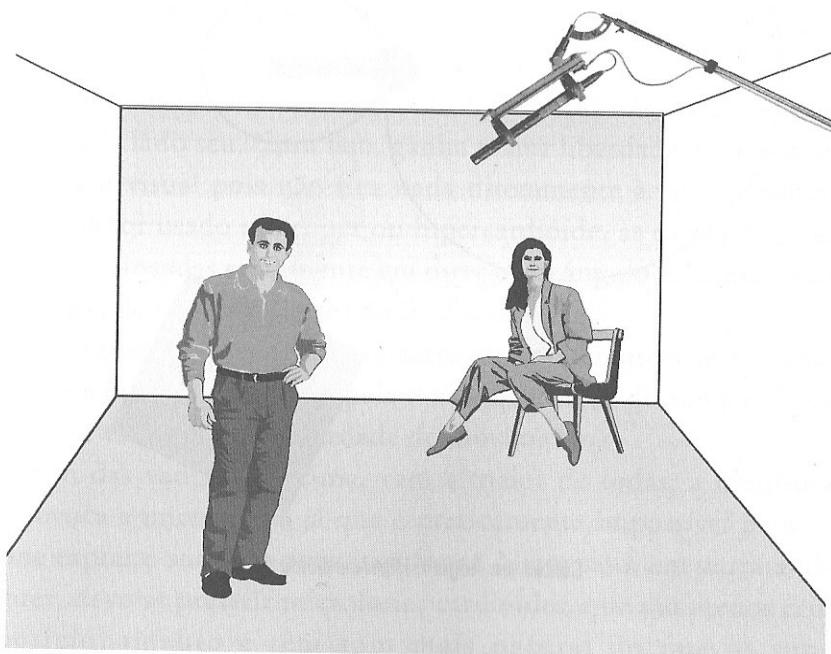
Caixas em Ângulo: Hipercardióide é ideal

Som Direto (Dramaturgia)

Entendemos por “som direto”, todo o tipo de gravação (ou filmagem) de atores, onde o som tenha que ser captado com qualidade, mas onde os microfones não possam aparecer em cena. Assim, filmes, novelas, mini-séries, programas cômicos, etc., pertencem a esta categoria. Sua característica é a captação à distância, e/ou com microfones ocultos.

O “Boom”

Desde que a melhor emissão de voz é numa direção 45° acima do rosto, então a posição ideal do microfone é nessa região. Para fazer a capta-



Cobertura com Shotgun no Fishpole, com Suporte Elástico

ção por cima, usa-se o “boom” ou girafa mecanizada, ou então o *mini-boom*, ou *fishpole* (vara de pescar).

O operador procura, movimentando a vara, acompanhar os movimentos dos atores, ou aproximando-se do ator que está falando, posicionar o microfone, o mais possível, dentro da região ótima de emissão da voz.

Planos Sonoros

O “boom” permite uma captação natural dos planos de som (diferentes graus de distância) de cada cena. O importante é procurar posicionar o microfone perto dos atores que estiverem em primeiro plano visual, estabelecendo assim também os *planos sonoros*. Os atores que não estão em primeiro plano, principalmente aqueles que estão no fundo, devem ficar mais longe do microfone, de forma que sua voz sofra uma perda proposital de *presença* (a voz deve chegar ao microfone com algum grau de reflexões). A beleza e a qualidade do som direto dependem diretamente de três fatores:

- A acústica do local de filmagem/gravação;
- O correto posicionamento, para melhor captação do brilho da voz;
- A coerência entre os planos de vídeo e de áudio.

Um defeito bastante comum, é termos um ator em primeiro plano na tela, e seu som parecer que vem do fundo do cenário. A causa disso é o posicionamento do microfone excessivamente longe do ator, captando relativamente muita reflexão e dando a sensação de distância.

Embora menos comum, é igualmente feio o defeito oposto, isto é, o ator estar em um plano recuado, a voz parecendo vir da frente da cena. A causa deste defeito é o microfone estar muito perto do ator que não está em primeiro plano. No entanto, neste caso pode-se simular a distância usando

um processador digital, com o efeito de *Early Reflections* (reflexões iniciais), que faz o som parecer vir de mais longe.

Microfone na Mão

A melhor região para captação de voz é acima do rosto; porém, até uns 45° abaixo do rosto, a qualidade de som de voz é aceitável (*não ideal*). Em certos casos, quando se torna absolutamente impraticável o uso de boom ou fishpole, é possível fazer uma captação razoável, segurando-se o microfone na mão. É necessário o uso de um punho, com uma suspensão elástica, para evitar a transmissão de ruídos de manuseio para o corpo do microfone, que trabalha com alto ganho.

O operador não deve NUNCA posicionar o microfone fazendo um ângulo muito grande (mais de 45°) nem para baixo, nem para o lado do ator – sob pena de obter uma captação com som abafado, com vazamentos e sem presença. A perda de presença ocorre quando o microfone está de lado para o ator, e portanto parcialmente apontado para um dos lados do cenário, onde é provável que haja reflexões do som da voz do ator. O microfone indicado para a captação deste tipo é evidentemente o shotgun.

Evitando o Ruído e o Vazamento

O procedimento óbvio para evitar a entrada de sons espúrios é afastar o microfone desses ruídos, e não apontar o microfone para eles. Porém, não é tão fácil assim, principalmente em lugares reverberantes, se livrar do ruído. Isto porque:

- O ruído, em locais reverberantes, vem não só da fonte, mas de todas as superfícies. Portanto, de qualquer direção, sempre vem mais ou menos algum ruído.

– Se os ruídos são de frequência baixa (ar condicionado, motores, passos em cima do local da gravação, etc.), além da difusão ser muito grande (o som vem de todas as direções), o microfone, mesmo sendo shotgun, não é muito direcional em baixas freqüências, de modo que, mesmo que ele não esteja apontado de frente para a fonte de som espúrio, haverá ainda bastante ganho para captar o ruído ou vazamento.

Captação por Zonas

Um tipo de captação que pode ser usado isoladamente, ou como complemento de outros, é a captação *por zonas*. Ele consiste em colocar, disfarçados no cenário, alguns microfones em posições estratégicas. Isto é, em posições tais, que fiquem bem de frente para os atores, quando sua marcação de cena fizer que eles se coloquem naqueles pontos. Isto é especialmente útil quando se trabalha com um plano de imagem muito aberto, de forma que não seja possível entrar com o “boom” ou com o microfone na mão. Dependendo do plano de áudio a ser obtido, da distância entre o ator e o microfone, e da marcação de cena, o microfone deve ser mais, ou menos, direcional. Se desejamos mais presença, devemos usar um shotgun; se queremos um plano mais de fundo, devemos usar um cardióide, super ou hiper, a fim de obter mais captação de reflexões e assim reduzir deliberadamente a presença.

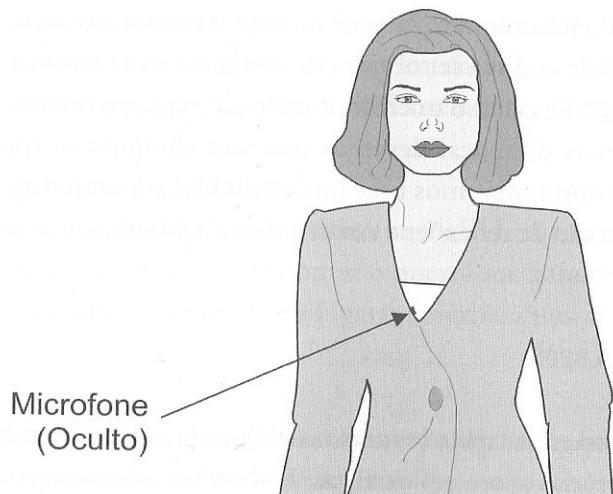
Microfones de Lapela

Os microfones de lapela (com ou sem fio) são extremamente úteis, tanto dentro do estúdio como em externas. Podem ser usados na roupa do ator, ou então em captação por zonas, sendo fácil, devido ao tamanho mínimo,

disfarçá-los no cenário. Quando usados em captação por zonas, os microfones de lapela requerem cuidado, porque eles não só são muito macios, como também são em maioria omnidirecionais, logo têm tendência a captar ruídos e reflexões do som, sacrificando a presença.

Ao usar microfone de lapela na roupa do artista, são necessários vários cuidados:

- Manter o posicionamento correto: apontar a frente do microfone para cima, e se possível colocá-lo na posição ideal, que é na altura da “cavidade” do peito (centro do tórax);
- Não permitir que a roupa obstrua o trajeto do som. O ideal é fixar o microfone à roupa mediante fita crepe, de maneira que a frente do microfone fique quase aparecendo, o que garante que não haja pano entre a boca do ator e o microfone.
- Tomar cuidado para que o microfone não fique roçando na roupa ou na pele do ator, o que produz ruído.



Posição Ideal do Microfone de Lapela

– Lembrar de tomar todas essas precauções *antes* de começar a gravar, pois é sempre desagradável interromper uma gravação para ajeitar um microfone.

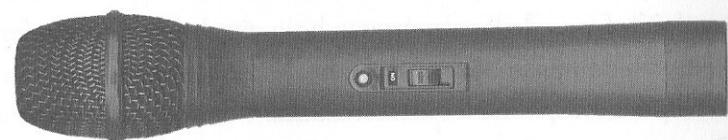
Microfones Sem Fio

Antes de mais nada, *microfone sem fio* não é uma categoria de microfones (como cardióide, omnidirecional, de fita, de lapela, etc.). Um microfone sem fio, na verdade, é um microfone de qualquer tipo, associado a um pequeno transmissor de rádio, acompanhado do receptor respectivo, o qual fica fora de cena. Assim, é possível ter como microfone sem fio, qualquer categoria de microfones, tanto quanto à transdução quanto à diretividade.

Existem dois tipos principais de microfones sem fio: o de mão, e o de corpo (ou *bodypack*).

Microfone Sem Fio de Mão

Este tipo consiste em uma só peça, parecendo um microfone de mão, comum, de dimensões às vezes um pouco maiores. Dentro dessa carcaça, temos um microfone cardióide, super ou hiper, podendo ser dinâmico ou a condensador, e também um transmissor de rádio. Este transmissor opera ou na faixa de VHF (Very High Frequency, geralmente de 100 MHz a 250 MHz), ou na faixa de UHF (geralmente de 450 MHz até 1 GHz), e tem



Microfone sem Fio de Mão (LeSon)

potência baixíssima, de 10 mW a 100 mW. As razões de se usar tão baixa potência são ter um sistema compacto e de baixo consumo de energia (de pilhas ou de baterias), e ter o mínimo de rádio-interferência para fora.

A antena pode ser de dois tipos: externa ou interna. A antena externa consiste em um fio, ou um bastão flexível (externamente de borracha), montado na traseira do conjunto. A antena interna consiste em uma ou mais bobinas de fio, montadas dentro de um compartimento plástico, na traseira do microfone.

O microfone sem fio de mão deve ser usado exatamente da mesma maneira que o microfone convencional. O artista (cantor, apresentador, etc.) deve segurar o conjunto *pelo meio* do corpo, e *nunca* pela parte traseira, onde fica a antena se for interna. Se ele segura o microfone cobrindo a antena com a mão, as ondas de rádio produzidas são atenuadas, e o som recebido pode apresentar chiado, ou até falhar completamente.

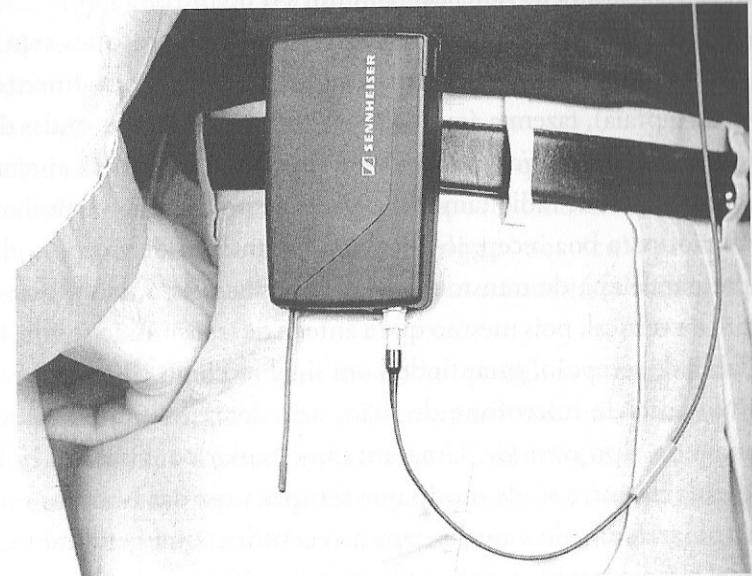
Microfone Sem Fio de Corpo (*Bodypack*)

O modelo *bodypack* consiste numa caixinha de formato chato, que pode ser facilmente escondida num bolso, ou na cintura, por dentro da calça, saia, etc...

A antena é um pedaço de fio especial, de tamanho exato de acordo com a frequência de transmissão, ligada a um dos lados da caixa por um conector especial. Este fio não pode ser substituído por um outro qualquer, sob pena de se perder potência e o sinal recebido ser ruidoso, ou desaparecer.

Ao lado do conector da antena, temos outro conector miniatura, para o microfone. Neste conector, além da entrada do transmissor, está ligada um fonte de tensão contínua, para alimentação de microfones de eletreto. Como todos os microfones de lapela em uso hoje são de eletreto, podemos ligar o microfone diretamente ao transmissor, dispensando a fonte ou pilha que normalmente acompanha esses microfones.

Os conectores miniatura precisam ser tratados com muitíssimo cuidado, devido às suas pequenas dimensões e construção frágil.



Microfone Sem Fio Bodypack (Sennheiser)

Uso dos Microfones sem Fio

O uso dos microfones sem fio é exatamente igual ao uso dos microfones convencionais, apenas sem o cabo de áudio para atrapalhar os movimentos do usuário. Não existe nada de novo nisso, já que os microfones empregados nos conjuntos sem fio sempre são de tipos comuns: cardióides, ou lapelas (estes são capacitivos de eletreto, omnis ou cardióides).

O uso dos sem fio facilita situações como:

- artista que se movimenta muito no palco: microfone sem fio de mão
- cenas de filmagem com plano visual muito aberto: de corpo
- entrevistas “indiscretas”, onde o entrevistado não sabe que está sendo ouvido: de corpo
- outras, a cargo da criatividade do técnico.

Posicionamento de Antenas

Este é o mais importante ítem do uso de microfones sem fio.

As ondas do mar, embora se desloquem horizontalmente (vêm do mar para a praia), fazem a água *subir e descer*. Diz-se que as ondas do mar são, então, *polarizadas verticalmente*. Dependendo da posição da antena de transmissão, as ondas de rádio também podem ter polarização vertical ou horizontal. Então, para boa recepção, a antena ou antenas de recepção devem ficar sempre paralelas à de transmissão. Para conseguir isso, basta usar as antenas sempre na vertical, pois mesmo que a antena de transmissão se vire, continuará paralela à de recepção, garantindo bom sinal recebido.

No caso de microfone de mão, a maioria usa antena interna. Essa antena é do tipo *circular*. Uma antena circular consiste em bobinas perpendiculares entre si, de modo que sempre uma das bobinas esteja orientada (polarizada) de acordo com a receptora, que geralmente opera na vertical. Isso permite o deslocamento do artista e a inclinação à vontade do transmissor, sem perda de sinal de RF (rádio-frequência).



Antenas: Usar Sempre na Vertical

O Receptor

O receptor não precisa geralmente ser tão miniaturizado quanto o transmissor, pois não faz parte de cena.

Os receptores costumam ter um medidor de utilidade múltipla, ou vários medidores. Havendo só um medidor, o tipo de medida a ser feita é selecionado através de uma chave.

As medidas que podem ser feitas são:

Nível de RF: indispensável para avaliar a qualidade de recepção. Quando a leitura é baixa, precisamos ou reposicionar as antenas, ou então aproximar o transmissor, ou remover algum obstáculo entre antena transmissora e a receptora. Baterias fracas no transmissor também reduzem o nível de RF.

Nível de Áudio: uma leitura muito baixa indica um sinal de áudio com pouca modulação, podendo conter chiado ou outros tipos de ruídos. Uma leitura alta demais indica excesso de modulação, que causa distorção no áudio. O posicionamento do microfone (principalmente o de lapela) influencia muito o nível, e precisamos ajustar o transmissor para o nível correto. Isso é feito, falando-se em volume normal nas condições em que o microfone será usado e, medindo-se o nível de áudio (AF) no receptor, ajustar o potenciômetro existente no transmissor para leitura correta (pouco menos de 0 dB).

Tensão da Bateria: nos modelos a bateria ou a pilha, mede o estado da bateria do receptor. Em alguns modelos, o estado da bateria do transmissor é comunicado ao receptor via RF, podendo-se então controlá-lo à distância.

Diversidade

As ondas de rádio, assim como as de áudio, são sujeitas a cancelamentos causados por reflexões. Num palco ou set de filmagem ou vídeo, fatalmente há “pontos mortos”, ou seja, locais onde a posição relativa das antenas não permite (por falta de sinal de rádio) a recepção. A poucos centímetros, a recepção é perfeita.

Os receptores com o sistema de diversidade (*diversity*), na realidade, são dois receptores numa mesma unidade, cada qual com sua antena.

Um circuito comuta automaticamente a saída de áudio do sistema, para a saída do receptor que estiver com as melhores condições em rádio-freqüência. Os conectores para as duas antenas, na caixa do receptor, são colocadas a uma distância entre si que garante, por sua relação com o comprimento da onda de rádio, boa recepção em pelo menos uma das antenas. Com isto, num sistema *diversity* é muito mais segura a recepção.

Troca de Baterias do Transmissor

Apesar da baixa potência de transmissor, em algumas horas de uso as baterias se esgotam. Com isso, há uma acentuada perda de potência, que resulta em distorção ou ruídos (chiado) no áudio recebido. Portanto, após algumas horas de uso, as baterias do transmissor devem ser substituídas. O número de horas úteis de cada bateria depende da condição inicial da mesma, e de consumo do aparelho. É fácil saber se as baterias estão gastas, pela qualidade do som recebido. Quando o som começa a perder qualidade, ou a recepção fica difícil, é hora de trocar baterias. Conhecido este tempo, convém, por precaução, cada vez que se aproxima o momento de troca, substituir as baterias, para evitar que elas cheguem ao fim bem no meio de uma gravação ou show, causando irritação geral.

Escolha das Freqüências

A escolha das freqüências dos microfones sem fio pode determinar o sucesso ou fracasso de sua operação.

Há duas bandas principais de freqüências usadas em microfones sem fio: a banda de VHF, que vai de 30MHz a 300MHz, e a de UHF, indo de 300MHz a 3GHz. Muito ocupada por transmissões regulares de rádio, televisão e comunicações, a banda de VHF (very high frequencies) vem sendo cada vez menos utilizada por microfones sem fio. A banda de UHF (ultra high frequencies) possui muito mais canais disponíveis, e é usada atualmente pela grande maioria dos sistemas sem fio.

Mesmo dentro da banda de UHF, deve-se selecionar as freqüências de operação corretas. Por sorte, esta seleção é feita pelos próprios fabricantes de sistemas, mas algumas precauções devem ser tomadas, em especial quando grande número de sistemas é utilizado ao mesmo tempo.

O Batimento

O fenômeno do *batimento* pode ocorrer sempre que quatro ou mais sistemas são usados no mesmo local, ao mesmo tempo. O batimento consiste no surgimento de freqüências espúrias de rádio, iguais à soma e à diferença entre freqüências já existentes. Quando temos três sistemas operando, com freqüências f_1 , f_2 e f_3 , aparecem três novas freqüências espúrias, iguais a $(f_1 + f_2 - f_3)$, a $(f_1 + f_3 - f_2)$ e a $(f_2 + f_3 - f_1)$. Estas três freqüências de batimentos estão, claramente, da mesma faixa que as originais. Então, se um quarto sistema é introduzido no local, e sua freqüência é igual um desses três batimentos, teremos sérias interferências, impedindo o correto funcionamento dos sistemas em conjunto.

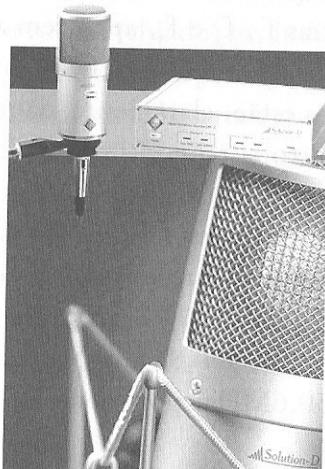
Um exemplo: se temos três sistemas, com freqüências de respectivamente 950,2MHz, 950,3MHz e 950,7MHz, serão produzidos batimentos de 949,8MHz, 950,6MHz e de 950,8MHz. Se for acrescentado um quarto sistema operando em 950,6MHz, por exemplo, teremos sérios problemas com interferências.

Com maiores números de sistemas simultâneos, aparecem enormes números de batimentos e o problema se agrava tremendamente. Felizmente, os fornecedores costumam dar bom suporte ao usuário, oferecendo tabelas de freqüências compatíveis, ou softwares para determinar a compatibilidade entre freqüências. Os sistemas mais elaborados de microfone sem fio, capazes de operar em várias freqüências, possuem, no receptor, a função *Scan* ou similar, que faz a análise de espectro da banda de operação do sistema e identifica as freqüências onde há potencial risco de interferência. Deve-se, é claro, sintonizar o sistema numa freqüência onde não haja sinal.

Microfones Digitais

Assim como os microfones sem fio, os microfones digitais não são (ainda) uma categoria de microfones. São apenas microfones de tipos convencionais, com conversor analógico/digital montado internamente.

Como vantagens, oferecem conexão direta a consoles e outros sistemas digitais, sem necessidade de pré-amplificadores e de conversores externos. Além da evidente praticidade, estes microfones oferecem imunidade total à captação de ruídos na fiação, tão comuns nos analógicos.



O microfone digital Neumann Solution D

Uso de Múltiplos Microfones: Interferência e Cancelamento

Quando se usa mais de um microfone numa área relativamente pequena, um microfone capta o objeto de interesse do outro microfone, e vice-versa. Se existem vários microfones num espaço restrito, então a coisa se

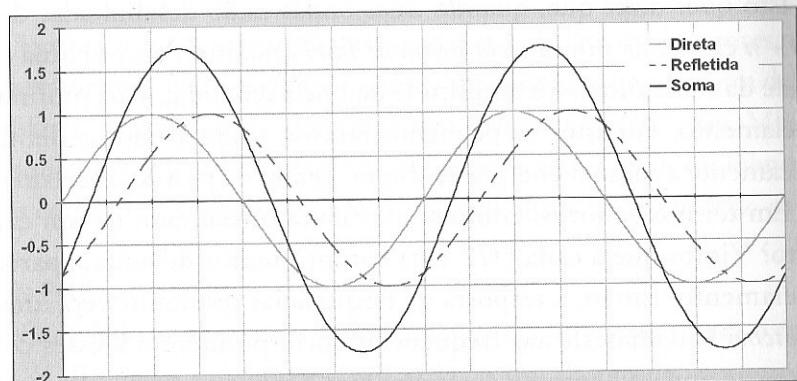
agrava, pois *praticamente todos* os microfones estarão captando *praticamente todos* os sons no local.

O que estudaremos agora são os fenômenos que acontecem quando o mesmo som é captado por mais de um microfone.

Cancelamento de Fase – Como Funciona

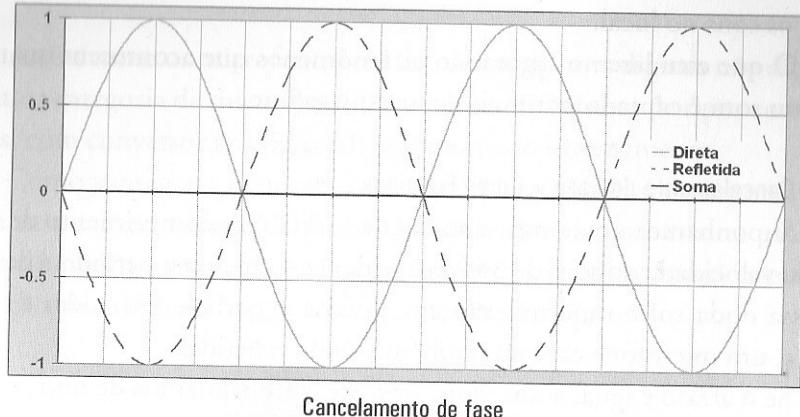
Suponhamos uma onda senoidal de 1 kHz. Seu comprimento de onda, com a velocidade do som de 344 m/s, é de 34,4 cm, e seu período é de 1 ms. Se essa onda sofre uma reflexão em alguma superfície lisa, além da onda direta, um microfone captará também a onda refletida.

Se o atraso é igual a um, dois, três, etc. comprimentos de onda, a onda direta e a refletida chegam ao microfone alinhadas em fase, e se somam:



Alinhamento de fase quase perfeito: soma

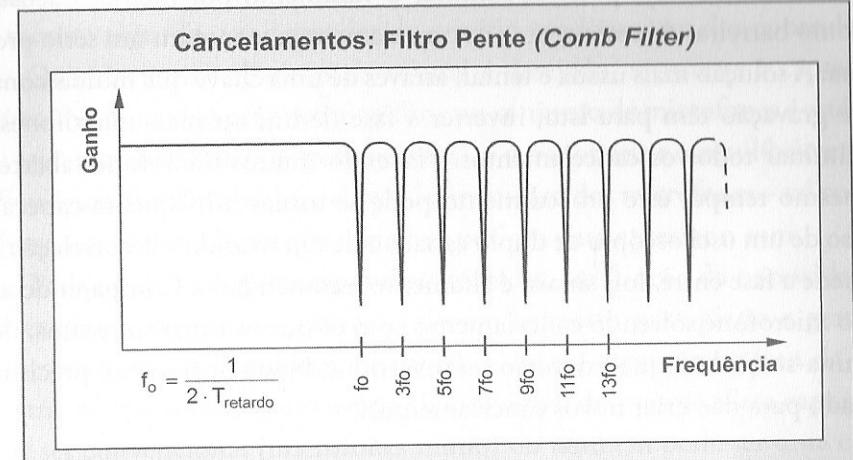
Se, por outro lado, o atraso é de meio, ou um e meio, dois e meio, etc. comprimentos de onda, o semicírculo positivo (pressão acima da atmosférica) da onda direta chegará ao microfone junto com o semicírculo negativo (pressão abaixo da atmosférica) da onda refletida, e vice-versa. A soma destas duas ondas opostas é muito pequena:



Isto quer dizer que, quando duas ondas estão desalinhadas de meio ciclo + n ciclos, há um *cancelamento de fase*. Quanto mais próxima da amplitude da onda direta é a amplitude da onda refletida, mais profundo é o cancelamento. Por isto, os pequenos atrasos, onde a onda refletida tem praticamente a mesma energia da direta, geram os piores cancelamentos.

Em termos sonoros, como se apresenta o resultado de um cancelamento? Vimos que a cada $(1/2 + n)$ comprimentos de onda, aparece um cancelamento. Então, a resposta de frequências resultante terá uma série de *notches* (cavidades), nas frequências correspondentes a esses comprimentos de onda. O aspecto dessa resposta lembra os dentes de um pente, pelo que isto é chamado de “filtro pente” (*comb filter*). O som apresenta, após uma filtragem em pente, um estranho “colorido” dado pela falta das frequências canceladas.

O conhecidíssimo efeito, usado em instrumentos musicais, de um filtro pente cujas frequências variam lenta e continuamente para cima e para baixo, se chama *Flanging*, e lembra uma espécie de “varredura”. Então, o som que apresenta cancelamentos de fase parece um “flanger parado”.



Filtro pente

Dois microfones captando o mesmo som a distâncias diferentes produzem exatamente o mesmo efeito. Como o som chega primeiro a um deles, há uma diferença de tempo nos dois sinais que vêm desses microfones. Mixando-se os dois sinais, o resultado terá vários cancelamentos, mais ou menos profundos conforme as amplitudes dos sinais são iguais para o mesmo som.

Na Prática

Não é hábito normal usar dois microfones apontados para o mesmo objeto, a distâncias diferentes – isto seria “o fim da picada” em termos de cancelamento. Mas, na prática, além do microfone designado para cada objeto, outros microfones próximos captam o vazamento deste objeto. Felizmente, o vazamento não costuma ter uma resposta de frequências completa, sendo geralmente deficiente em agudos. Mas, quando a distância é suficiente para cancelar frequências mais baixas (graves e médios-graves), e o vazamento contém essas frequências, aparecem cancelamentos capazes de reduzir o “corpo” do som de um instrumento ou mesmo voz.

Caso não seja possível eliminar o vazamento por métodos acústicos, como barreiras, biombo, etc., os cancelamentos se tornam um sério problema. A solução mais usada é tentar, através de uma chave que muitas consolas de gravação têm para isto, inverter a fase de um ou mais microfones, até eliminar todos os cancelamentos. Havendo muitos microfones abertos ao mesmo tempo, este procedimento pode se tornar um “quebra-cabeça”. O uso de um osciloscópio de duplo canal ou de um medidor de correlação (que mede a fase entre dois sinais) é altamente recomendado. Comparando a fase do microfone sofrendo cancelamento com os outros canais suspeitos, determina-se qual ou quais deverão ser invertidos. Nesta operação, é preciso cuidado para não criar novos cancelamentos!

A Técnica de 3 para 1

A “técnica de 3 para 1” consiste no seguinte: se dois microfones estão apontados para a mesma fonte sonora, e são mixados com o mesmo ganho, então o mais afastado deverá estar a uma distância da fonte sonora pelo menos três vezes maior que a distância do outro microfone à fonte. Com isto, garante-se que o nível sonoro captado por um microfone seja pelo menos 9 vezes (ou 9,5 dB) maior que o do outro, não produzindo assim cancelamentos audíveis.

Técnicas de Captação Estéreo

Em geral, no processo de captação, são usados vários microfones, cada qual atendendo a seu instrumento, voz ou grupo de vozes ou de instrumentos. Quando este tipo de microfonação é utilizado, durante a mixagem é que são determinadas, através do controle panorâmico da mesa de áudio (*pan pot*), as localizações entre a esquerda e a direita de cada fonte, bem como o volume relativo de cada uma delas. Assim, pode-se colocar cada elemento da mixagem arbitrariamente no panorama estéreo, e mais alto ou

mais baixo no volume. O quanto o resultado parecerá “natural”, “artificial” ou mesmo absurdo, vai depender do critério usado no uso dos controles.

Quando um resultado mais natural é desejado, recorre-se à captação estéreo. Neste caso, o próprio microfone ou conjunto de microfones é estéreo (ou seja, tem duas saídas correlacionadas), e o panorama e o equilíbrio entre as fontes sonoras são obtidos pelo posicionamento dos microfones – tal como se fosse um ouvinte buscando a melhor posição para apreciar o som.

Pode-se, é claro, misturar as duas técnicas, em função da necessidade. Por exemplo, no caso da gravação de um concerto para piano e grande orquestra, pode-se (geralmente *deve-se*), além da captação estéreo da orquestra, realçar o piano com captação individual do mesmo. Esta captação pode ser convencional (microfones mono) ou também pode ser uma captação estéreo local. Cantores líricos podem também ser realçados com microfones individuais.

Captação Espaçada (A/B)

A captação espaçada ou A/B é usada para obtenção de estéreo exagerado, sem compromisso com a naturalidade. *Não é, realmente, uma captação estéreo, mas duas captações em mono, criando dois canais diferentes.* Na captação espaçada usam-se dois microfones omni ou da família dos cardióides, cada um a um lado do grupo a ser captado, os eixos encontrando-se no centro do campo de captação. O microfone A, mais à esquerda, captará com máxima intensidade os elementos à esquerda, e o B captará com máxima intensidade os elementos à direita.

Vantagens: a separação entre canais é muito grande, criando um efeito acentuado de diferença entre os canais esquerdo e direito. Bom para demonstrações de efeito.

Desvantagens: a imagem estéreo carece de centro, isto é, as extremida-

des (L/R) são muito bem definidas mas falta presença aos elementos situados no meio do campo captado. O resultado não se parece com a audição ao vivo. Para melhorar o resultado, é preciso acrescentar um microfone central, o que causará problemas de atraso e possivelmente de fase, se o campo de captação for muito largo.



Captação A/B

Captação Coincidente ou X/Y

A captação coincidente ou X/Y, apesar de ser menos “espetacular”, oferece naturalidade e imagem mais precisa. Consiste em utilizar dois microfones cardióides idênticos, montados de tal forma que seus diafragmas fiquem o mais próximos possível entre si, mas formando um ângulo horizontal, geralmente de 90° a 130° . Assim, um dos microfones favorecerá os elementos à esquerda, e o outro, os elementos à direita. Como o par de microfones é

positionado no meio, à frente do campo a ser captado, os elementos localizados no plano central do campo serão igualmente captados pelos dois microfones, aparecendo virtualmente no centro da imagem formada.



Captação X/Y

A maioria dos microfones estéreo disponíveis no mercado utiliza este método. Eles consistem em um invólucro único, com duas cápsulas cardióides, idênticas, montadas uma imediatamente acima do outra. Em muitos modelos, um dispositivo mecânico permite variar o ângulo entre as cápsulas, obtendo-se assim uma imagem mais larga (no ângulo máximo) ou uma imagem mais normal (a 90°). As fontes no meio do campo captado são as que ficam mais próximas do conjunto de microfones, sendo favorecidas em volume (como aconteceria com um espectador). No entanto, os microfones costumam se tornar mais diretivos nas altas freqüências e, como neste caso estão entre 45° e 65° dos objetos centrais, sua captação para estes objetos tende a ter menos “brilho” do que o ideal.



Shure VP88: par coincidente

Par Quase-Coincidente

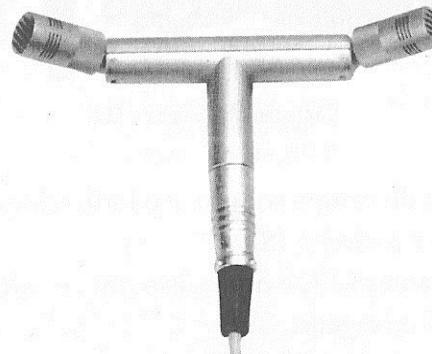
A distância entre os microfones pode também ser variada, usando-se comumente um afastamento semelhante à distância entre os ouvidos. A técnica ORTF (*Office de Radiodiffusion et Télévision Française*), consistindo de dois microfones espaçados de 17cm e formando um ângulo de 110°, “abre” a imagem, e tende a fornecer melhor resultado na audição com fones de cabeça.

Vantagens: imagem muito melhor, pois o microfone está junto ao centro do campo captado. Estabelece-se, por isso, uma boa referência do centro (que normalmente é o assunto mais importante da captação), abrindo-se progressivamente para os lados.

Desvantagens: os objetos ao centro do campo são captados igualmente pelas duas cápsulas, e aparecem, na reprodução, em um “centro virtual”, uma ilusão criada pela presença, igual nos dois canais, dos objetos centrais. Porém, isto exige que sejam usados dois microfones *exatamente iguais*, para

garantir a estabilidade da imagem no centro. Também, como os padrões polares muitas vezes variam com a frequência (os microfones ficam com menos agudos fora do eixo), os objetos no plano central ficam com som pior que os objetos em frente a cada um dos microfones. No caso da captação quase-coincidente, a colocação do par de microfones muito perto de algo que se mexe ligeiramente (exemplo: um músico atuando) pode dar a falsa sensação de movimentos muito acentuados.

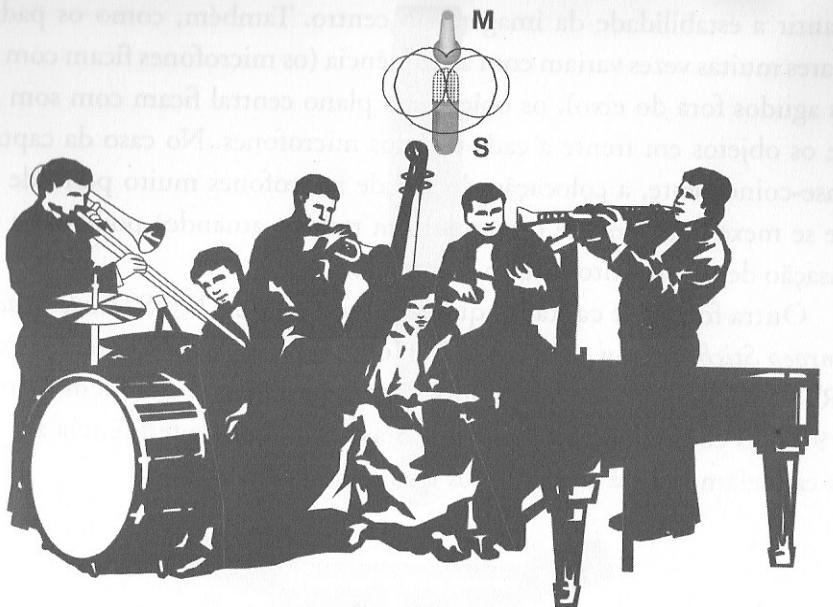
Outra forma de captação quase-coincidente é a NOS (*Nederlandse Omroep Stichting*, ou seja, a Rádio Holandesa). É muito parecida com a ORTF, usa porém dois cardióides com espaçamento de 30cm e ângulo de 90°. As considerações são as mesmas, exceto que a tendência a provocar cancelamentos é ainda maior que a da técnica ORTF.



Microfone Schoeps MSTC64, padrão ORTF

Captação M/S

A captação M/S (mid/sides = meio/lados) utiliza em geral um cardióide frontal e um bidirecional, montados de modo que o bidirecional fique de lado para o campo, de frente para a esquerda – isto é, rejeitando o centro e favorecendo as extremidades laterais. Assim, o cardióide faz a



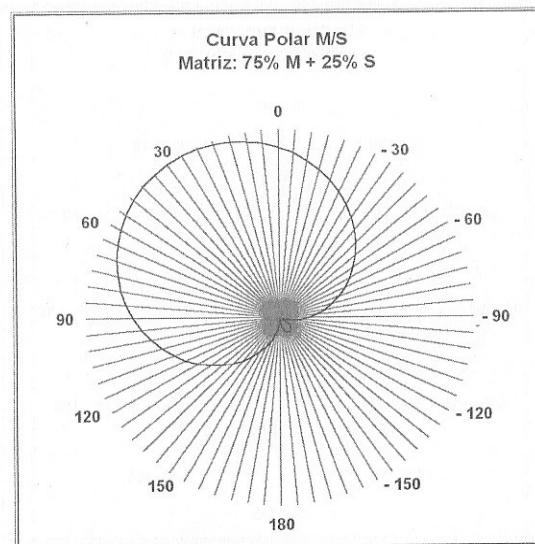
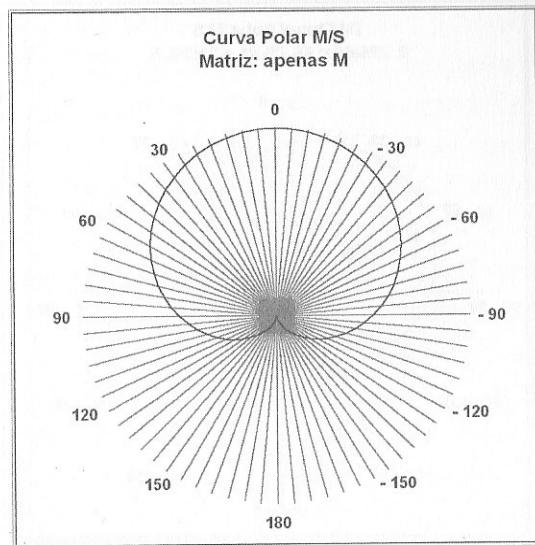
Captação Mid/Sides ou M/S

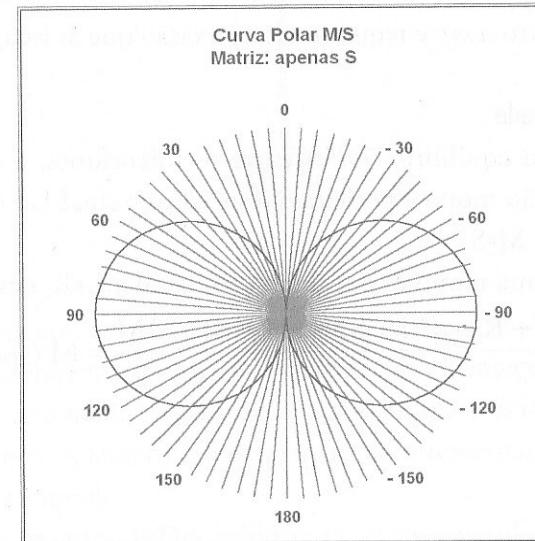
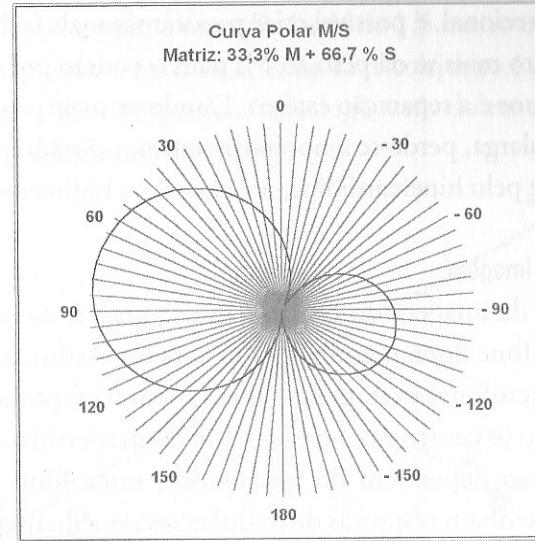
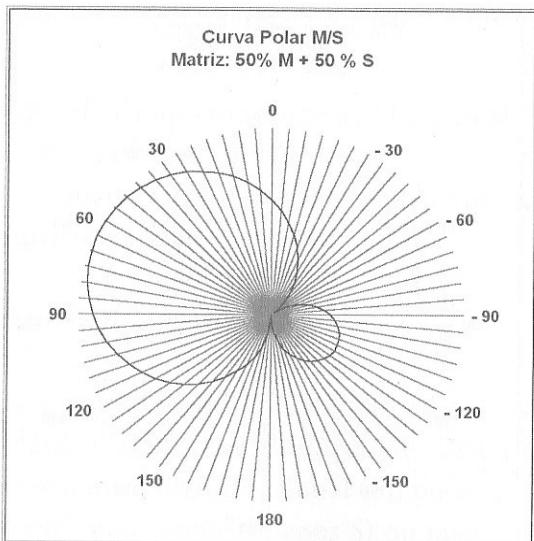
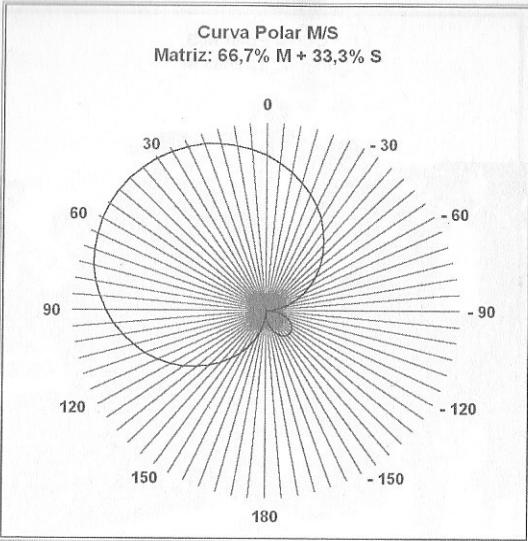
captação mono (M) do campo sonoro, e o bidirecional fornece a diferença entre a esquerda e a direita (S).

Para obter os canais L/R, é necessário um circuito, chamado *matriz*, que faz as seguintes mixagens:

$$L = (1-x) \cdot M + xS \quad R = (1-x) \cdot M - xS$$

A variável x é o peso dado ao sinal lateral (S) na matrizagem. A captação M/S “clássica” utiliza um equilíbrio de 50% para 50% ($x=0,5$). Porém, variando-se o nível do bidirecional (S), pode-se obter uma captação mais estreita ou “mais mono” (menos S) ou mais larga (mais S). Nas figuras abaixo, temos exemplos de diferentes equilíbrios, desde o M puro até o S puro:





Pode-se observar que, mediante diferentes equilíbrios entre os microfones cardióide e bidirecional, é possível criar panoramas mais fechados ou abertos. Note que, quanto mais se dá peso ao M, mais o padrão polar se aproxima do cardióide, e menor é a separação estéreo. Dando-se mais peso ao bidirecional, o panorama se alarga, perde-se a noção de centro, e o padrão polar passa pelo supercardióide e pelo hipercardióide, até chegar ao bidirecional.

Precisão da Imagem

A precisão da imagem do centro é muito grande na técnica M/S, pois existe um microfone diretamente dirigido para ele. Assim, não é preciso contar com dois microfones exatamente iguais, nem há o problema da resposta ruim fora de eixo (o centro *está* no eixo). Em contrapartida, as fontes sonoras aos lados do eixo dependem de que os dois microfones (cardióide/M e bidirecional/S) tenham respostas de frequências semelhantes para que a imagem lateral seja precisa. Ainda assim, a captação M/S é preferível, porque a imagem do centro *sempre* requer maior precisão que as imagens laterais.

Compatibilidade

No caso do equilíbrio 50/50 entre os microfones, a compatibilidade com a reprodução mono é perfeita. Neste caso, o sinal L é igual a M+S, e o sinal R é igual a M-S.

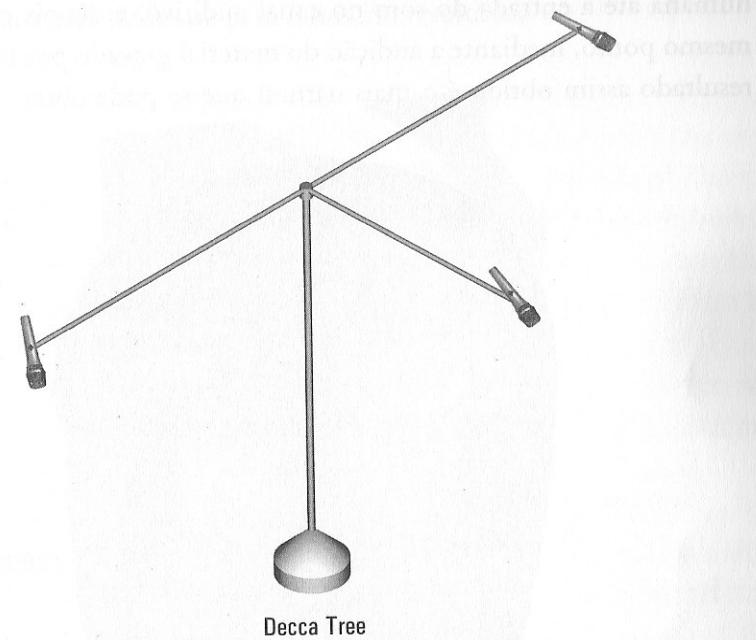
Como a soma mono é (por definição) igual a L+R, então:

$$\text{Mono} = \frac{L + R}{2} = \frac{(M + S) + (M - S)}{2} = \frac{2M}{2} = M \text{ (apenas o cardióide)}$$

Decca Tree

Inventada por engenheiros da gravadora inglesa Decca, a *Decca Tree* (árvore Decca) consiste basicamente num conjunto de três microfones omni,

montados num suporte (a “árvore”) que estabelece uma distância de 2 metros entre os microfones laterais, e uma distância de 1,5 metro entre o microfone central e a linha que corre entre os laterais. Este conjunto é dedicado à gravação de orquestra, e deve ser posicionado logo atrás do maestro, com os microfones de 2,40 a 3 metros de altura.



Posteriormente, os inventores criaram uma variação do sistema, substituindo o microfone central omni por um par coincidente, quase-coincidente ou M/S. Com esta melhoria, o par central melhora a definição da imagem estéreo, enquanto os laterais se encarregam de acrescentar “espacialidade” à imagem sonora captada.

Devido às grandes distâncias entre os vários microfones, a Decca Tree deve ser usada com cuidado em relação a cancelamentos, principalmente na reprodução em mono.

Captação Binaural

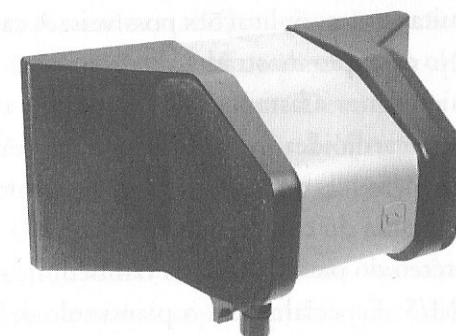
A captação *binaural* (por duas orelhas) simula o mais exatamente possível a audição humana. Para isto, usa-se uma cabeça artificial, com microfones instalados no local dos ouvidos. A idéia é imitar o processo da audição humana até a entrada do som no canal auditivo, e depois continuá-lo do mesmo ponto, mediante a audição do material gravado por headphones. O resultado assim obtido é o mais natural que se pode obter. No entanto, a



Cabeça artificial Neumann ku100

audição por caixas acústicas também fornece bons resultados – ou seja, o método é compatível com qualquer tipo de reprodução.

A cabeça artificial pode ou não ter a forma e o tamanho de uma cabeça humana. O “clássico” é a cabeça de características semelhantes às da cabeça humana mas, por exemplo, o microfone Crown SASS usa uma barreira acústica de formato bem diferente para o mesmo resultado.



Microfone Crown SASS-P

Outros Métodos

Captação com Barreira

Consiste em usar uma barreira acústica, perpendicular à frente do campo de modo a criar dois lados, e instalar microfones a cada lado da barreira. As características acústicas das faces da barreira, a distância entre os microfones e seu tipo podem ser vários, com diferentes resultados.

Duplo PZM

Esta técnica consiste em colocar dois PZMs, um de costas para o outro (180°), ou formando um ângulo menor entre si, de modo a que o conjunto fique de lado para o campo sonoro. É semelhante à captação X/Y e também

à captação com barreira, onde a imagem do centro é virtualmente formada, sendo mais bem definida com microfones bem “casados” e ângulos menores.

Aplicação dos Métodos de Captação Estéreo

A microfonação estéreo tem por aplicação óbvia a captação de fontes sonoras amplas e que forneçam um panorama estéreo: orquestra e coral são exemplos clássicos.

Porém, há muitas outras aplicações possíveis. A captação *overall* de bateria é uma delas. No exemplo mostrado na página 38, a captação overall está sendo feita por microfones afastados. Uma imagem diferente poderia ser obtida usando-se dois cardióides coincidentes ou quase coincidentes, ou ainda usando a técnica M/S. Nestes casos, o par de microfones ficaria suspenso a cerca de 2 metros acima do centro da bateria.

A captação estéreo do piano de cauda também fica excelente usando-se as técnicas X/Y e M/S. Especialmente o piano solo se beneficia tremendamente da imagem mais sólida fornecida por estes métodos.

Mesmo instrumentos musicais de dimensões menores, como por exemplo um violão, podem fornecer resultados muito interessantes com a captação estéreo, principalmente a X/Y coincidente e a M/S. Muitos instrumentos se comportam como “várias fontes sonoras sincronizadas”, e exemplos disso são os instrumentos de corda em geral, e os instrumentos de sopro do grupo das madeiras. Cada parte e/ou cada lado do instrumento produz um timbre diferente para a mesma nota musical, e a captação estéreo pode mostrar isso com interessante detalhamento.

Captação Surround

A gravação Surround criou um novo mundo de possibilidades de captação, que talvez ainda nem tenham atingido a maturidade nem te-

nham esgotado as opções.

Porém, este é também um mundo perigoso, pois pode levar facilmente ao mau gosto e à “breguice”.

A captação surround de eventos musicais praticamente não existe. O que temos, de fato, é a captação e mixagem bastante convencional das vozes e instrumentos musicais em estéreo de três canais (incluindo a caixa centro-frontal). As captações em estéreo, como orquestras, corais e grupos de instrumentos em overall (bateria, percussão, piano etc.) continuam a ser feitas pelos métodos já conhecidos, e qualquer efeito será acrescentado no momento da mixagem. Deve-se ter em mente que, ao assistir a um espetáculo musical, ficamos de frente para os artistas, portanto sons de vozes e de instrumentos não devem, em princípio, vir dos canais traseiros do sistema.

A captação do público e da acústica do ambiente são outro caso. Aqui, torna-se fundamental a captação da espacialidade do ambiente, enfatizando-se a dimensão frente-costas. Várias técnicas de captação e de mixagem merecem ser estudadas.

Para captar o som do público e a resposta acústica do local do evento, microfones devem ser posicionados valorizando o fundo da platéia, onde o som chega com atraso audível e onde há muita reverberação. A captação deste som, onde o público está mais presente que a própria música, é de importância vital para a imagem sonora surround, traduzindo para o ouvinte, em seu *home theater*, com o máximo realismo possível a ambiência sentida pelo público presente ao evento.

Na mixagem, pode-se facilmente acrescentar profundidade à imagem, criando para os canais traseiros uma mistura de reverberação da música com ruídos do público. Esta reverberação deverá ser mais “velada” e ter maior retardo inicial do que a reverberação usada nos canais frontais, a fim de estabelecer a profundidade aparente do local do evento.

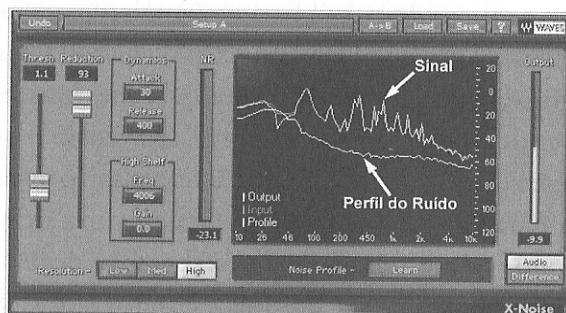
Começam a surgir no mercado sistemas de microfones para a capta-

ção realmente em surround, ideais para registrar ambiências com profundidade. Mas, mesmo sem um desses sofisticados sistemas, é possível captar ambiências com grande realismo, usando-se microfones mais convencionais e observando os conceitos acima citados.

Restauração de Áudio

Atualmente, existem disponíveis no mercado vários softwares de restauração de áudio, que podem ser usados na “limpeza” de gravações deficientes. Quero deixar bem claro que *este não é um procedimento a ser usado regularmente*, mas sim um recurso de que se pode lançar mão quando o conteúdo jornalístico ou histórico de uma gravação é mais importante que a sua qualidade técnica.

Os métodos de redução de ruído contínuo (não estalos, clics etc.) se baseiam em determinar o espectro de freqüências do ruído isolado, eliminando depois do sinal completo (sinal de interesse + ruído) tudo aquilo que se situar abaixo do chamado *perfil do ruído*. Isto vale dizer que, para que o sistema possa identificar o ruído, precisa que a gravação tenha



Software (plug-in) de restauração Waves X-Noise
Observe os gráficos de sinal e de perfil do ruído

um trecho só com ruído. Bastam alguns segundos de ruído típico para a identificação do seu perfil.

Então, quando se capta algum evento em condições nada ideais, é importante que se capte, nas mesmas condições da gravação do sinal de interesse, o ruído. Assim, depois se poderá usar um software de redução de ruído durante o processo de pós-produção de áudio.

Por exemplo: um político vai fazer um pronunciamento em meio a um forte tumulto. Antes de ele começar a falar, o ruído do tumulto deve ser gravado durante uns cinco a dez segundos, com todas as condições iguais à da captação da fala, para permitir, posteriormente, a identificação do perfil do ruído.

CONCLUSÃO

Espero ter dado uma boa idéia de como funcionam os microfones, e como tirar bom proveito deles.

Afinal, em toda a cadeia do Áudio, os elos mais fracos são as conversões de energia: os microfones, os alto-falantes, os captadores... e a eles devemos dedicar o máximo de estudo, para que todo o restante do sistema possa brilhar.

É claro que você não precisa se prender ao que foi escrito aqui. Este texto pretende ser uma base para se desenvolver um estilo pessoal de utilizar microfones, uma série de princípios da Acústica que devem ser respeitados. A partir daqui, começa o verdadeiro aprendizado, que só a prática, o talento e a criatividade trazem.

APÊNDICE

Uso de Fórmulas Trigonométricas para a Representação de Diagramas Polares Teóricos

Os vários diagramas polares encontrados nos microfones reais (omnidirecional, subcardióide, cardióide, supercardióide, hipercardiôide e bidirecional) correspondem a curvas que podem ser traçadas, à mão ou através de softwares matemáticos. O quanto as curvas de microfones reais se aproximam das curvas matematicamente traçadas depende do projeto de cada microfone. Em alguns modelos, as curvas medidas são extraordinariamente exatas; em outros, nem tanto. Porém, a precisão da curva real não deve ser adotada como índice da qualidade de um microfone, pois este não é um computador e sim um instrumento musical.

As curvas matematicamente obtidas, tais como muitas que são usadas neste e em outros livros e revistas, são extremamente úteis, não só para a visualização dos diagramas, como também para estudar graficamente as associações entre microfones.

Quando ligamos em fase ou fora de fase dois microfones iguais ou diferentes, formando ângulos entre si, as funções trigonométricas se combinam, dando origem a funções diferentes. Por exemplo, dois cardióides, um de costas para o outro, e ligados em fase se comportam como um omni – na teoria e na prática, como se vê em muitos microfones no mercado. Um cardióide e um bidirecional, colocados respectivamente a 0° e a 90° em relação à fonte sonora, têm suas saídas combinadas em fase e fora de fase, resultando em vários diagramas direcionais formando ângulos simétricos, constituindo assim pares estéreo como foi visto nos sistemas M/S.

Diagrama Polar: Representação Matemática

O diagrama polar é um gráfico onde traçamos uma curva em função de um ângulo. Poderia ser ortogonal, como os gráficos comuns, mas a apresentação circular nos permite uma visualização muito melhor da variação da magnitude com a direção.

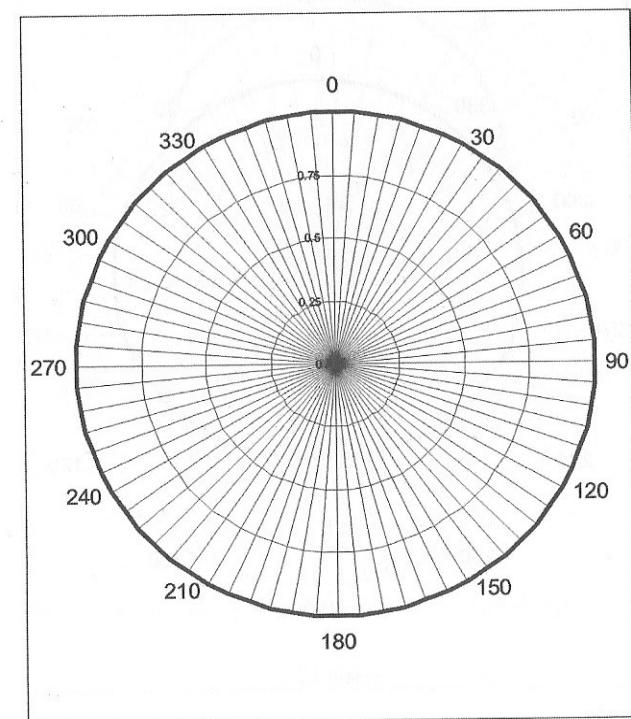
Consideramos que um transdutor eletroacústico – um microfone ou então um alto-falante – capta ou emite mais e melhor som em seu eixo, ou seja, bem de frente para o diafragma. Neste ponto, o ganho é tomado como referência, assumindo portanto o valor de 0dB ou 1 (unidade). A partir do eixo, gira-se em torno do transdutor e observa-se a variação (sempre para igual ou menor) do seu ganho. O ângulo aparece em seu próprio lugar, e a magnitude da função aparece como a distância entre cada ponto da curva e o centro do diagrama. Assim, a magnitude pode ir de zero (no centro) até 1 (na circunferência mais externa do diagrama). Por convenção, nos diagramas polares de transdutores, o ângulo de 0° é representado no topo da figura.

Um transdutor muito diretivo apresentará um diagrama estreito; um transdutor muito aberto se aproximará de um círculo perfeito.

Omni

O omnidirecional é o diagrama mais simples de todos. A magnitude independe do ângulo, e é representada por um círculo de raio igual a 1:

$$g(\phi) = 1$$

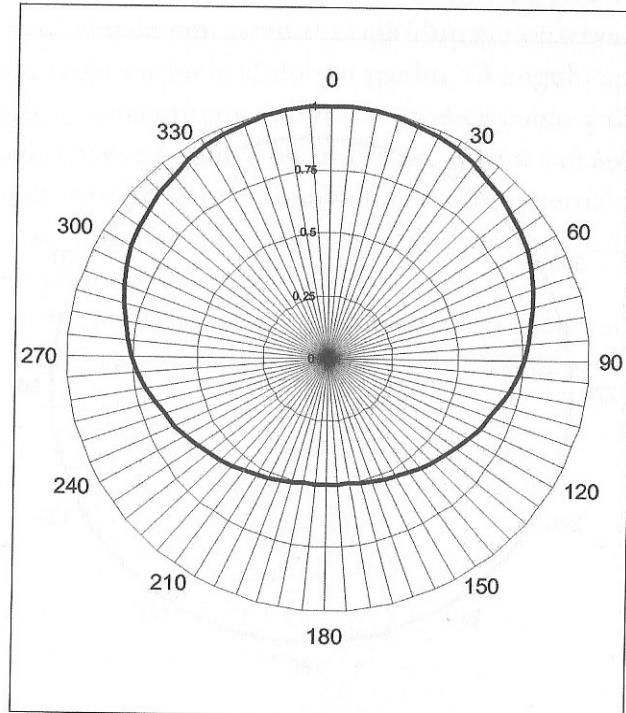


Omnidirecional

Subcardióide

No supercardióide, a função já mostra uma certa dependência do ângulo. Portanto, este diagrama denota um transdutor ligeiramente diretivo:

$$g(\phi) = \frac{3 + \cos\phi}{4}$$

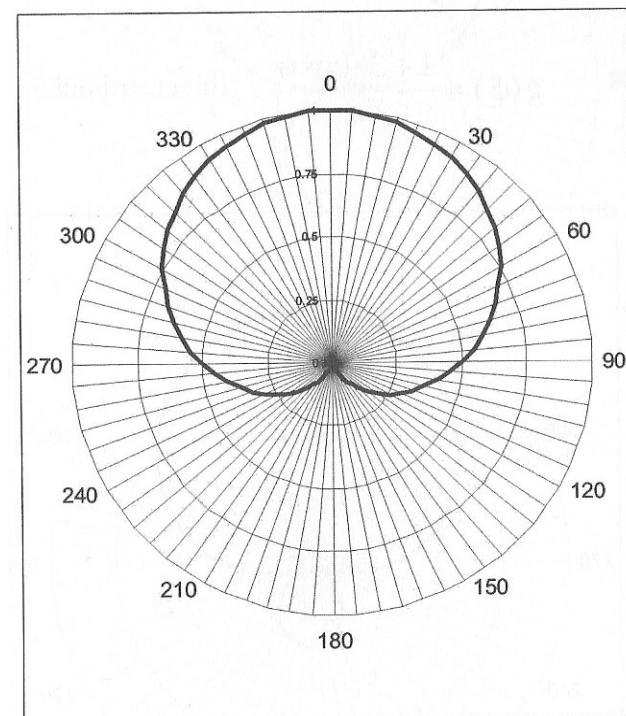


Subcardióide

Cardióide

É representado pela curva de mesmo nome:

$$g(\phi) = \frac{1 + \cos\phi}{2}$$



Cardióide

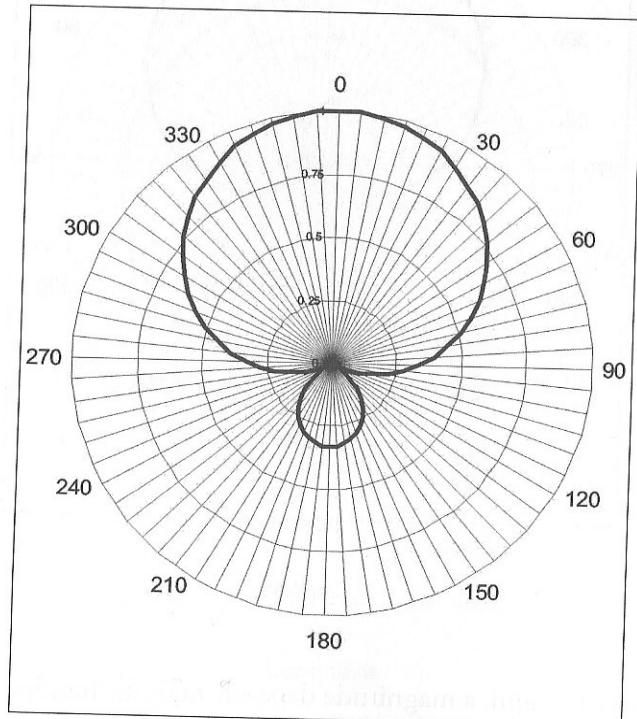
Nota-se que, aqui, a magnitude depende mais do ângulo, variando de 1 em 0° até 0 em 180°

Supercardióide e Hipercardióide

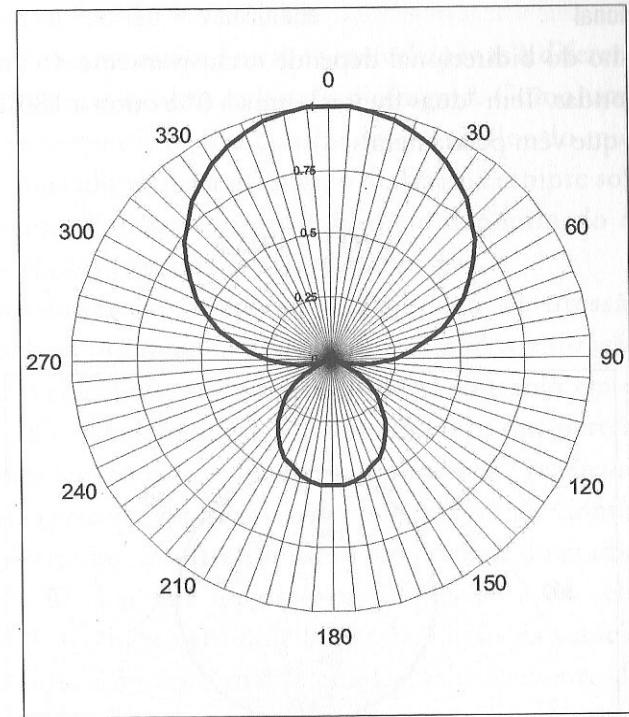
O supercardióide e o hipercardióide exibem dependências maiores do ângulo, tornando-se assim mais diretivos que o cardióide:

$$g(\phi) = \frac{1 + 2 \cdot \cos\phi}{3} \quad (\text{supercardióide})$$

$$g(\phi) = \frac{1 + 3 \cdot \cos\phi}{4} \quad (\text{hipercardióide})$$



Supercardióide

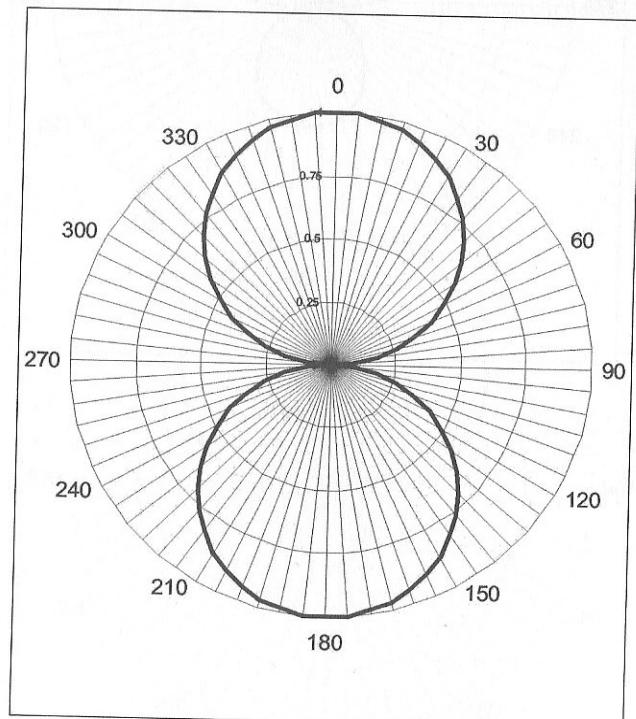


Hipercardióide

Bidirecional

O ganho do bidirecional depende exclusivamente do ângulo de incidência das ondas. Tem “duas frentes”, uma a 0° e outra a 180° , sendo insensível a sons que vêm pelas laterais:

$$g(\phi) = \cos\phi$$



Bidirecional

Gradiente de Pressão × Velocidade

O microfone omnidirecional é sensível apenas à diferença (gradiente) de pressão entre os dois lados do diafragma. Como um dos lados é exposto ao som e o outro fica confinado ao interior do microfone, não importa de que lado venha a pressão, o diafragma sempre sofre seu efeito e se movimenta. Por isso o omni é também denominado *transdutor de gradiente de pressão* (*pressure gradient transducer*).

Os cardióides são sensíveis à diferença de pressão (o termo adimensional no numerador da fração) e também à direção que tem o movimento (velocidade) das partículas de ar (o termo em cosseno, que caracteriza a direção das ondas). Por isso, todos os que pertencem à família dos cardióides são denominados *transdutores de gradiente de pressão e de velocidade* (*pressure gradient / velocity transducers*). Como se pode ver através das fórmulas, o subcardióide depende mais do gradiente de pressão, o cardióide depende igualmente da pressão e da velocidade, e o supercardióide e o hipercardióide dependem mais da velocidade.

Finalmente, o bidirecional depende exclusivamente da velocidade das partículas de ar, sendo assim também denominado *microfone de velocidade* (*velocity microphone*).

Ou seja, existe claramente uma progressão, que se inicia no omni e vai até o bidirecional, desde transdutores sensíveis apenas ao gradiente de pressão até transdutores sensíveis apenas à velocidade.

O microfone bidirecional mostra claramente sua dependência direcional da velocidade: um som, mesmo com enorme pressão, a 90° do diafragma, tem velocidade tangencial a ele e não o move. Um som à frente ou atrás do diafragma incide perpendicularmente nele, comunicando-lhe toda a sua velocidade.

Microfone de Superfície

Como já vimos, um microfone de superfície tem um comportamento “comum” adiante da placa, deixando totalmente de captar sons vindos

de trás da mesma. Um microfone de superfície pode ser meio omni, como por exemplo o Crown PZM30, ou meio cardióide, como o Shure Beta 91.

As fórmulas passam a refletir as situações de *à frente × atrás da placa*:

$$g(\phi) = \begin{cases} 1 & (\text{à frente}) \\ 0 & (\text{atrás}) \end{cases} \quad (\text{meio omni})$$

$$g(\phi) = \begin{cases} \frac{1 + \cos\phi}{2} & (\text{à frente}) \\ 0 & (\text{atrás}) \end{cases} \quad (\text{meio cardióide})$$

Estas fórmulas se aplicam às freqüências mais altas, nas quais a placa exerce efetivamente sua ação. Quando a placa é menor que meio comprimento de onda, o som se refrata em torno dela, e a rejeição vai desaparecendo, adquirindo então o microfone sua característica nativa (omni ou cardióide) para freqüências muito baixas.

Outros Padrões

Outros padrões, como por exemplo o shotgun, não se encaixam neste tratamento matemático, por serem obtidos através de interferência acústica. Por este motivo, estes casos não serão estudados.

Combinando Diagramas

A combinação de dois microfones muito próximos, mas formando ângulos entre si e/ou de padrões direcionais diferentes leva a outros pa-

drões. Isto é usado, por exemplo, nos microfones *multipattern* e na captação M/S.

Microfones Multipattern

O primeiro exemplo que veremos é o do microfone *multipattern*, formado por duas cápsulas cardióides montadas uma de costas (180°) para a outra. A cápsula “de costas” aparece com o termo em cosseno com sinal invertido, já que $\cos 0^\circ = 1$ e $\cos 180^\circ = -1$.

Ligando apenas a cápsula frontal, o microfone assume o comportamento dessa cápsula, ou seja, funciona como cardióide:

$$g(\phi) = \frac{1 + \cos\phi}{2} + 0 = \frac{1 + \cos\phi}{2} \quad (\text{cardióide})$$

Se, agora, ligarmos ambas as cápsulas com o mesmo ganho e em fase, teremos um padrão omnidirecional:

$$g(\phi) = \frac{1 + \cos\phi}{2} + \frac{1 - \cos\phi}{2} = \frac{2 + \cos\phi - \cos\phi}{2} = \frac{2}{2} = 1 \quad (\text{omni})$$

Ligando ambas as cápsulas com o mesmo ganho mas com a polaridade de uma delas invertida (observe o sinal negativo entre os dois termos), teremos o padrão bidirecional:

$$g(\phi) = \frac{1 + \cos\phi}{2} - \frac{1 - \cos\phi}{2} = \frac{1 - 1 + \cos\phi + \cos\phi}{2} = \frac{2 \cdot \cos\phi}{2} = \cos\phi$$

(bidirecional)

Outros diagramas podem ser obtidos, usando ganhos diferentes para as cápsulas. Por exemplo, ligando-se as cápsulas com a polaridade invertida, e dando-se apenas metade do ganho à cápsula de trás, obtemos o hipercardióide:

$$g(\phi) = \frac{1 + \cos\phi}{2} - \frac{1 - \cos\phi}{4} = \frac{2 - 1 + (2 + 1) \cdot \cos\phi}{4} = \frac{1 + 3 \cos\phi}{4}$$

Ligando-se as cápsulas com a mesma polaridade e dando-se a metade do ganho para a cápsula de trás, obtemos o subcardióide:

$$g(\phi) = \frac{1 + \cos\phi}{2} + \frac{1 - \cos\phi}{4} = \frac{2 + 1 + (2 - 1) \cdot \cos\phi}{4} = \frac{3 + \cos\phi}{4}$$

Técnicas M/S: Omni + Bidirecional

A associação entre um omni e um bidirecional, ambos com o mesmo ganho, produz um cardióide, com o ponto de máxima magnitude voltado para 90° ou 270° , conforme respectivamente se some ou se subtraia o bidirecional do omni. Variando-se o equilíbrio entre o omni e o bidirecional, varia o padrão do resultado. Por exemplo, utilizando-se para o omni o triplo do ganho do bidirecional, obtém-se o subcardióide.

Vejamos exemplos.. Usando-se o bidirecional com o triplo do ganho do omni, chega-se ao hipercardióide

Usando-se apenas o omni, temos $g(\phi) = 1$.

Usando-se o omni e o bidirecional na proporção de 3 para 1:

$$g(\phi) = \frac{3 \times 1 + \cos(\phi + 90^\circ)}{4} = \frac{3 + \operatorname{sen}\phi}{4} \quad (\text{subcardióide, eixo a } 90^\circ)$$

Usando-se o omni e o bidirecional na proporção de 1 para 1:

$$g(\phi) = \frac{1 + \cos(\phi + 90^\circ)}{2} = \frac{1 + \operatorname{sen}\phi}{2} \quad (\text{cardióide, eixo a } 90^\circ)$$

Usando-se o omni e o bidirecional na proporção de 1 para 3:

$$g(\phi) = \frac{1 + 3 \cdot \cos(\phi + 90^\circ)}{4} = \frac{1 + 3 \cdot \operatorname{sen}\phi}{4} \quad (\text{hipercardióide, eixo a } 90^\circ)$$

Agora, usando-se o omni e o bidirecional na proporção de 1 para 3 mas com a polaridade do bidirecional invertida – o que equivale a uma proporção de 1 para -3:

$$g(\phi) = \frac{1 - 3 \cdot \cos(\phi + 90^\circ)}{4} = \frac{1 - 3 \cdot \operatorname{sen}\phi}{4} = \frac{1 + 3 \cdot \operatorname{sen}(\phi + 180^\circ)}{4} \quad (\text{hipercardióide, eixo a } 180^\circ)$$

Técnicas M/S: Cardióide + Bidirecional

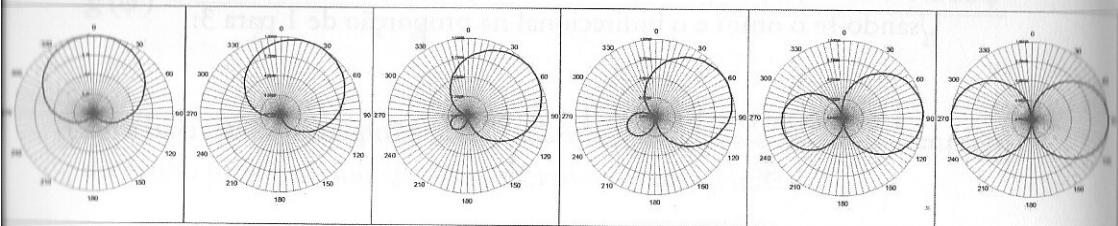
A combinação entre um cardióide e um bidirecional produz diagramas polares bastante curiosos. À medida que se aumenta a proporção entre o omni e o bidirecional, o diagrama polar, além de mudar de forma entre o cardióide puro até o bidirecional, vai tendo seu eixo girado desde 0° (cardióide puro) até $\pm 90^\circ$ (bidirecional puro). A fórmula geral é:

$$g(\phi) = m \cdot \frac{1 + \cos\phi}{2} \pm (1 - m) \cdot \operatorname{sen}\phi, \text{ onde } m \text{ determina a proporção}$$

entre o cardióide e o bidirecional. Com $m=1$, temos o cardióide puro; com $m=0$, temos o bidirecional puro. É claro que $0 \leq m \leq 1$.

O sinal ± antes de (1 - m) determina o canal no método M/S. Por convenção, o sinal positivo gera o canal L e o sinal negativo gera o canal R do estéreo.

A série de figuras abaixo mostra a progressão desde o cardioíde puro até o bidirecional puro.



Progressão entre cardioíde e bidirecional

BIBLIOGRAFIA

Don & Carolyn Davis, *Sound System Engineering*, Sams

Buzz Turner, *Understanding Stereo Microphone Techniques and M/S Stereo*, via Internet

Peron Rarez, *série de artigos em Música & Tecnologia*

Fábio Henriques, *artigos em Música & Tecnologia*

Ron Streicher e F. Alton Everest, *The New Stereo Soundbook*, Audio Engineering Associates

Manuais e folhetos de microfones (por ordem alfabética):

AKG

Audio-Technica

Audix

Beyer

CAD

Crown

Electro-Voice

GT Electronics

Josephson

LeSon

Manley

Neumann

Samson

Sennheiser

Shure

Sony

SoundField

||| Revista Áudio Música & Tecnologia

Publicação mais respeitada entre músicos e profissionais do áudio brasileiro, M&T é uma fonte mensal de informações sobre o que acontece no áudio e na música aqui e lá fora.



||| CD Áudio Teste

Criado e produzido pelo engenheiro de som **Sólon do Valle**, editor técnico de M&T, o **CD Áudio Teste** é uma ferramenta fundamental para a realização de avaliações eletroacústicas, com base em trechos de música e sinais sonoros.



Áudio Música & Tecnologia

Para saber mais sobre estes e outros produtos à venda pela **Editora M&T**, entre no site www.musitec.com, ou ligue para (21) 2436 1825.