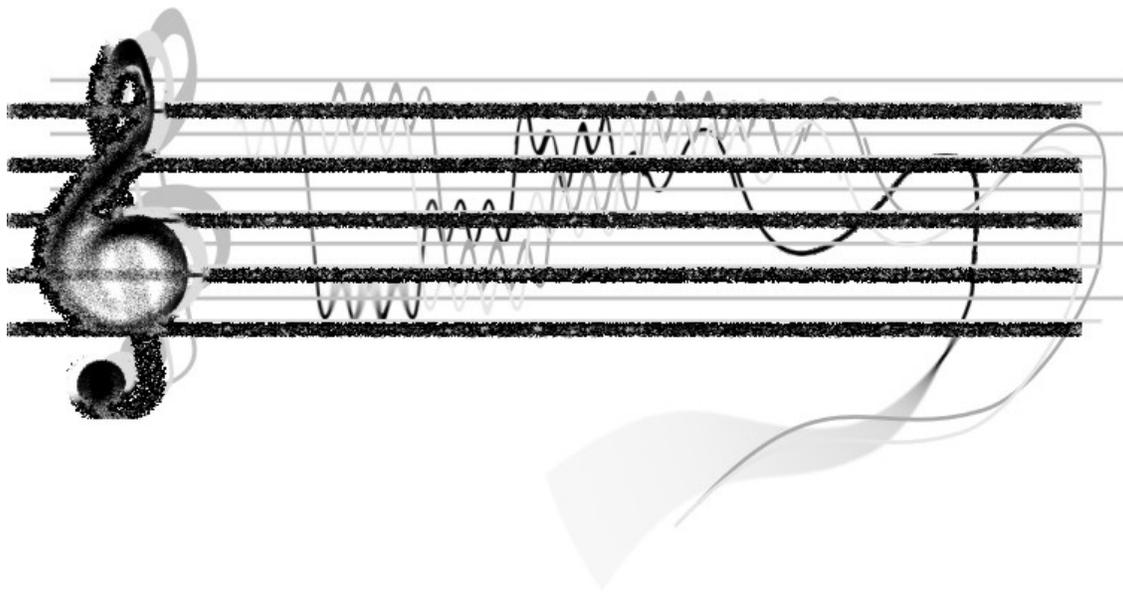


Guia Prático

De

Sonorização de Palco

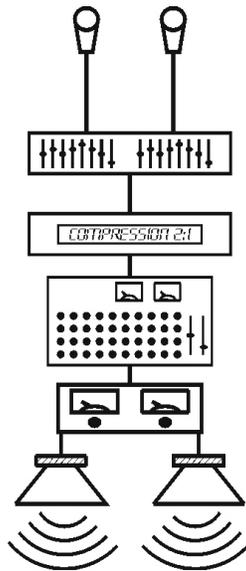
para músicos



Edição revisada - 2007

Marcelo Mello é natural de São Paulo, mas reside em Ourinhos desde a infância. Formou-se em Composição Musical pela Universidade de Campinas - UNICAMP, onde teve aulas com José Eduardo Gramani, José Augusto Mannis, Niza Tank, Almeida Prado, Lívio Tragtenberg entre outros. Na mesma Universidade (no Departamento de Linguística), iniciou em 2000 seu Mestrado em Neurolinguística sob orientação da Prof. Edwiges Morato, realizando uma pesquisa sobre cognição musical, e vindo a terminá-lo com êxito em 2003. Entre outras atuações, teve composições para violão erudito gravadas por Gilson Antunes (São Paulo) e pelo Trio de Violões de São Paulo. Como instrumentista e arranjador, tem participações em CDs do Estúdio Caverna (Ourinhos) e da banda gospel Efatá (São Paulo), além de significativa experiência como professor.

ÍNDICE



Capítulo 1 – Microfones

Parâmetros / Tipos de funcionamento / Tipos de direcionalidade / Microfonação / Voz / Bateria / Piano / Violão / Guitarra / Demais instrumentos / Equalização

Capítulo 2 – Equalizadores

Tipos de filtros / Termos / Eletrônica de Filtros / Equalizadores

Capítulo 3 – Efeitos

Eco e reverberação / Tipos de processadores de eco / Compressores e limitadores

Capítulo 4 – Amplificadores

Classificações / Pré-amplificadores / Amplificadores de Potência / Mesas de Som

Capítulo 6 – Alto -Falantes

Funcionamento / Parâmetros / Caixas / Cornetas / Uso prático

Capítulo 7 – Sonorização

Cabos / Impedâncias / Aterramento / Conexões / Distorções / Equalização / Amplificadores e Alto-falantes
/ Monitores / Sistema / Está alto o suficiente? / Todo mundo pode ouvir?
/ Todo mundo pode entender? / Vai dar microfonia?

Apêndice I – Eletricidade

Apêndice II – Som

Bibliografia

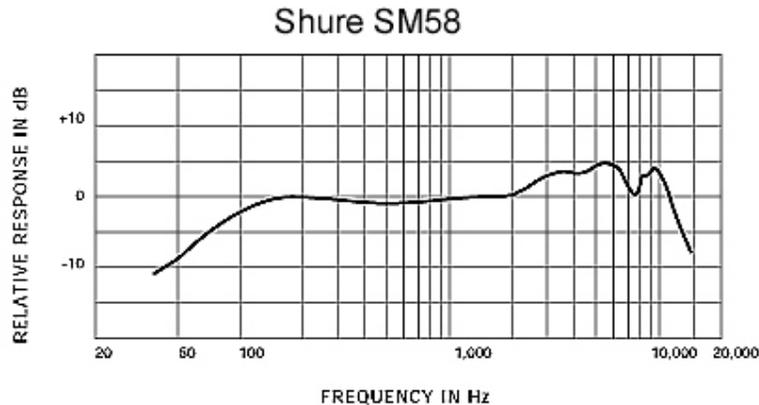
1 - MICROFONES

1. Transdutores são dispositivos especializados em transformar energia elétrica em energia sonora, ou vice-versa. O microfone pode ser definido como um transdutor especializado no vice-versa, ou seja, em transformar energia acústica (som) em eletricidade. Esta seção trata deles, dos vários tipos existentes, das várias formas de classificação, das características mais importantes quando o assunto é sonorização e das melhores formas de usá-lo.

1.1 Antes de estudarmos o funcionamento de cada tipo de microfone, é necessária uma explicação sobre os **parâmetros** principais para se saber a qualidade do microfone:

1.1.1 Resposta de frequência - mostra os limites graves e agudos que cada microfone capta, assim como as intensidades com que ele capta cada frequência (frequência - ver 1.2). Ela pode vir especificada de duas formas básicas: uma, apenas com os valores captáveis mais graves e mais agudos. Algo do tipo "100 Hz - 3000 Hz". Essa forma é pouco útil, porque não mostra como o microfone funciona entre esses dois limites. Geralmente os *piores* microfones têm essa especificação de resposta de frequência. Quanto aos melhores limites, uma resposta que vá de 80 Hz a 15000 Hz é excelente para a maioria dos instrumentos musicais. Os instrumentos mais graves precisam de uma resposta que vá de mais ou menos 40 Hz a 9000 Hz.

1.1.1.1 O outro tipo de indicação é um gráfico que mostra a resposta de frequência de Hz a Hz (fig. **m01**). Algo como um espectro de frequências captado pelo microfone (ver 1.4). Esse gráfico é muito útil, especialmente na equalização, quando os defeitos da resposta de frequência do microfone serão consertados (ver 1.11). Quanto à qualidade é claro que quanto mais linear, mais "reto" for o gráfico da resposta, melhor. Deve-se levar sempre em conta que a captação do microfone influirá no som total. Assim, distorções (ver 1.4) nessa captação também vão mudar o som que sai pelos alto-falantes, geralmente para pior.



m01 : exemplo de gráfico de resposta de frequência em microfones.

1.1.2 Há dois parâmetros ligados a intensidade. O primeiro é a **sensibilidade** . Ela mede o quanto de energia sonora será transformado em energia elétrica. Numa sensibilidade alta, portanto, um som de intensidade média será transformado num sinal de intensidade alta (sinal - ver 1.4). A sensibilidade é um fator importante, especialmente na *relação sinal-ruído*, isto é, no quanto de ruído vai ser captado pelo microfone. Uma maior sensibilidade significa um sinal mais forte, e conseqüentemente, menos ruído. Mas deve-se tomar cuidado com a combinação de sensibilidade muito alta e instrumentos muito "barulhentos", de intensidade também alta (como por exemplo uma bateria). O sinal gerado quando se juntam esses dois elementos pode se tornar tão alto que sobrecarregará o resto do sistema de som.

1.1.2.1 O segundo parâmetro de intensidade é chamado em inglês de **sound pressure level** (sigla **SLP**). Ele mede o nível máximo de intensidade que um microfone pode suportar. Um SLP de 120 dB é bom; um de 135 dB é muito bom; um acima de 150 dB é excelente (dB - ver II.3).

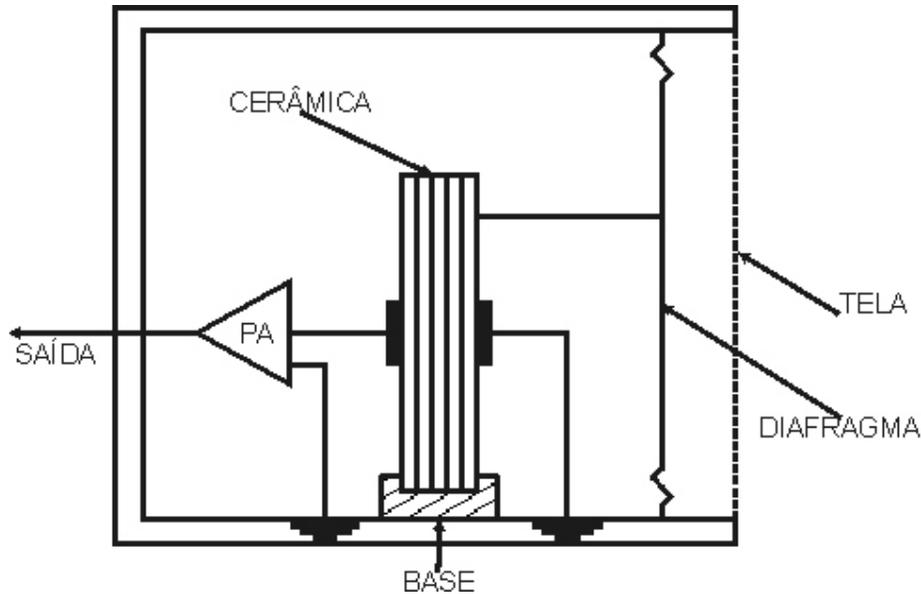
1.1.3 Impedância - é a resistência elétrica dada pelo microfone (resistência - ver I.7, I.9). Os microfones dinâmicos (ver 1.2.4) têm em geral uma impedância de 200 a 600 Ω , feitos geralmente para trabalhar em entradas de 2K Ω . Microfones de 50K Ω são feitos para entradas de 1M a 10M Ω , impedâncias encontradas em estúdio (1 M =1 mega =1000 K). A questão do tratamento adequado de impedâncias é vista com mais detalhes em 6.1.2.

1.2 TIPOS DE FUNCIONAMENTO - Agora que estamos familiarizados com o desempenho básico dos microfones (estamos, não estamos?), continuemos explicando seu funcionamento. Todos os microfones funcionam mais ou menos do mesmo modo: o som faz vibrar uma membrana muito fina e sensível (o *diafragma*) que está ligada de alguma forma com um circuito elétrico (ver I.6). As vibrações do diafragma mudam a corrente (ver I.3) passando pelo circuito, transformando o som em um sinal elétrico (ver I.4).

1.2.1 São as formas de ligação entre o diafragma e a parte elétrica que criam as diferenças de funcionamento entre os microfones. O tipo mais antigo, mais barato e de menor qualidade é o **microfone a carvão**. O diafragma está ligado a uma câmara cheia de grãos de carvão, por onde passa uma corrente elétrica. A vibração do diafragma é passada para os grãos de carvão, que também vibram; a variação de contato entre os grãos (criada pela vibração) provoca mudança na resistência elétrica, criando um sinal. Este microfone é usado hoje, quase que exclusivamente, só em telefones. Não tem aplicação em sistemas de som, por apresentar muitas desvantagens:

- um chiado persistente provocado pelos grãos, que são muito sensíveis e por isso vibram sem parar;
- uma resposta de frequência limitada (ver 1.1.1). O microfone a carvão capta de aproximadamente 150 a 1000 Hz, espaço suficiente para o reconhecimento de uma voz ao telefone, mas que deixa a desejar musicalmente;
- um nível de distorção alto. Para saber mais sobre distorção, ver 6.1.5.

1.2.2 Outro tipo de microfone advém da propriedade de certos materiais de produzir eletricidade quando submetidos a pressão. Isto é, soltam uma descarga elétrica quando pressionados ou batidos em algum lugar. Estes materiais são chamados de *piezelétricos*, e o microfone que os usa também tem este nome (às vezes também é chamado de **microfone de cristal** ou de **cerâmica** [fig. **mi03**]). O diafragma deste microfone está ligado a um material piezelétrico. Vibrando, o diafragma faz o material vibrar também, e com a vibração, ele cria corrente, gerando um sinal. Este tipo de microfone avança bastante em relação ao de carvão: tem uma resposta de frequência (ver 1.1.1) que vai de 80 Hz a um limite agudo variável de modelo para modelo, indo de 6500 a 10000 Hz. Mas ele tem uma impedância muito grande (ver I.9). Com essa impedância tão alta, a corrente que passa por ele é muito baixa, criando um sinal diminuto. E, se fosse usado um cabo para ligá-lo ao resto do sistema de som, a associação com este cabo aumentaria tanto esta impedância que o microfone seria inutilizável. Assim, ele é impróprio para palco, mas serve muito bem em casos onde fica próximo ou embutido no resto do circuito (onde um cabo não é necessário), como na maioria dos gravadores portáteis.



mi03: esquema de microfone de cerâmica.

1.2.3 No **microfone de capacitor** (ou de condensador) o diafragma está carregado eletricamente, e fica paralelo a uma outra placa, também carregada, que está ligada ao circuito (fig. **mi04**). Entre eles cria-se um campo magnético (relação magnetismo-eletricidade: ver 1.5). O som faz vibrar o diafragma, e a vibração do diafragma provoca uma mudança nesse campo magnético, o que leva a uma mudança correspondente da corrente que passa na placa. Este tipo de microfone tem um alto índice de qualidade, tanto em termos de frequência quanto em intensidade. É o microfone de estúdio por excelência. Mas, em primeiro lugar, ele tem um problema parecido com o do microfone piezolétrico: ele precisa de um circuito pré-amplificador (ver 4.2) em seu próprio corpo, por ter um sinal tão baixo que não conseguiria passar por um cabo. Isto torna o sistema muito frágil, sem falar da fragilidade do microfone em si, com um diafragma extremamente fino e num equilíbrio delicado com a placa paralela. Sua alta sensibilidade (ver 1.1.2) faz com que ele também capte com mais intensidade todos os sons do palco, inclusive os indesejáveis (como o ruído da platéia), que geralmente são significativos num palco. Seu diagrama polar (ver 1.3) também não é muito apropriado. Finalmente, a carga elétrica do diafragma é criada pelo circuito em que está ligada, e em certos modelos tem uma voltagem considerável (40 a 50V)(a alimentação desta carga é chamada de *Phantom Power*). Ou seja, a chance de levar um choque cantando num microfone de capacitor é alta. Por isso tudo ele em geral não é usado em palco.

Há uma variação deste microfone, o microfone de eletreto, cujo diafragma tem uma carga elétrica permanente, sem precisar de alimentação, diminuindo por isso a ameaça de choque. O

microfone de eletreto pode às vezes, por causa disso, ser usado em condições críticas de microfonação, quando se precisa de um microfone de alta qualidade. Ele não dá espaço para performance, é bom que fique claro. Não dá para pegar um microfone de eletreto e sair dançando com ele na mão.

1.2.4 O tipo de microfone mais usado para sonorização de palco é sem dúvida o **dinâmico**. Nele o diafragma está ligado a uma pequena bobina (ver 1.8) que fica próxima a um ímã permanente. A passagem de corrente magnetiza a bobina. As vibrações do diafragma fazem a bobina vibrar também, mudando o campo magnético entre ela e o ímã. Resultado: sinal elétrico (fig. **mi05**) (Relação magnetismo-eletricidade - ver 1.5). Ele apresenta várias vantagens em relação aos demais, para uso em palco: além de ter geralmente ótimas respostas de frequência e de intensidade, ele tem uma impedância baixa (permite o uso de cabos longos)(impedância - ver 1.9) e é mais robusto, mais resistente a choques mecânicos como quedas, chutes ou coisas do gênero. Seu tamanho maior também o permite agüentar grandes SLPs (ver 1.1.2), que são comuns em música popular.

As principais desvantagens em relação ao microfone dinâmico também vêm desta massa exagerada que lhe é própria. Em primeiro lugar, a frequência de ressonância do microfone (ver 11.7) passa a ser audível, entre 300 e 350 Hz. Assim, nestas frequências um microfone dinâmico iria normalmente ter uma resposta muito alta; tudo que estivesse nesta faixa seria ouvido mais alto. Isto é, muita distorção (ver 6.1.5). Este problema já está bastante controlado hoje, com o desenvolvimento de abafadores no diafragma que só atuam nesta região da frequência. Mas há um outro problema mais grave. A inércia que vem de sua massa faz com que o microfone dinâmico seja muito mais sensível a ruídos mecânicos de seu corpo. Isto é, ele é muito mais "barulhento". Ruídos da mão pegando no microfone ou de algum gesto mais brusco feito com ele serão muito audíveis. Os modelos feitos para performance vocal são projetados tendo em vista este problema. Eles possuem um sem-número de abafadores e isolantes acústicos; por isso costumam ser tão pesados. Todo esse material em excesso influi no desempenho do microfone. A resposta de frequência e de dinâmica é bastante diminuída. Para os níveis de frequência e dinâmica da voz, não há muita mudança, mas o microfone não funciona bem em outras situações. Conclusão: nunca use um microfone de voz em outra coisa que não seja voz. Ele simplesmente não foi feito para isso (para maiores detalhes ver 1.4.4).

1.2.4.1 Por problemas acústicos (comuns também aos alto-falantes), um microfone dinâmico não funciona tão bem em toda a extensão de sua resposta de frequência. Isso geralmente é um problema de pequena importância, facilmente compensado em qualquer modelo passável. Mas o seu desempenho é muito melhorado quando se usam *dois*

diafragmas, um próprio para frequências graves e outro para agudas, que funcionam simultaneamente. Às vezes existem até mais de dois, mas tais microfones não têm aplicação no palco. Os microfones de sistema duplo têm duas aberturas no seu corpo, uma para os graves, mais longe da fonte sonora (voz), e outra para os agudos. Além de melhorar a resposta de frequência, pela simples divisão, ele também permite uma melhor captação dos agudos, mais próxima da fonte, sem serem encobertos pelos graves, que têm um volume naturalmente maior. Finalmente, a dissociação permite, nos microfones unidirecionais (ver 1.3.3), um controle de ângulo melhorado, além de uma grande *relação sinal/ruído* (a diferença entre o som captado e o ruído provocado pelo microfone) e com isso uma melhora no controle de microfonia (ver 6.2.4.1).

1.3 TIPOS DE DIRECIONALIDADE - A direcionalidade é um parâmetro que mede a captação do microfone de acordo com a direção de onde vem o som. Ela é representada na maioria das vezes por gráficos chamados de **diagramas polares** (fig. [mi06](#)). Eles mostram a área na qual cada tipo de microfone atua em torno de si. Além dele a fig. [mi06](#) dá indicações dos ângulos que podem ser considerados limites, quer em termos de captação, quer em termos de controle de microfonia (ver 6.2.4.1).

1.3.1 O tipo mais simples é o **omnidirecional**, isto é, que capta som vindo de todas as direções, da frente de trás e dos lados. Ele é chamado de microfone de pressão, por considerar apenas a força com que cada som chega ao diafragma. Estes microfones costumam ser mais sensíveis a ruídos mecânicos que os unidirecionais. Deve-se lembrar que *os sons agudos são mais direcionais que os sons graves*. Por isso, a probabilidade de um som agudo se desviar antes de chegar ao diafragma do microfone é grande. Conclusão: estes microfones tem a tendência de captar um som mais grave que o original.

1.3.2 O tipo **bidirecional** é típico dos microfones de capacitor. Isso porque ele capta sons da frente e de trás, e não dos lados. O microfone de capacitor capta sons dos dois lados do diafragma. Os sons que chegam de lado atingem a frente e atrás do microfone com diferenças de fase (ver [11.6](#)) e se anulam. É por isso que este tipo de microfone também é chamado de microfone de velocidade; por considerar diferenças de velocidade (fase) com que o som chega ao diafragma.

1.3.3 O tipo **unidirecional** capta apenas os sons que estão à sua frente. Isto significa que, numa situação de palco, ele separa lugares onde predomina o som a ser captado (o cantor) de lugares onde predomina ruído (a platéia). Isso aumenta a *relação sinal/ruído* (diferença entre som desejado e ruído indesejável) e aumenta o ganho antes de microfonia, por desconsiderar uma fonte importante de som que vem detrás de si, ou seja, dos alto-falantes do retorno (ver 6.2.4.1). Outra característica interessante advém da forma como se consegue um microfone unidirecional. Ele geralmente é um omnidirecional associado a algum anulador de fase acústico, ou seja, um buraco atrás do diafragma estrategicamente colocado. Os sons que chegam da frente não se anulam, mas os de trás sim (fig. [mi07](#)). Isso dá ao microfone unidirecional (também chamado de *cardióide* pela forma do seu diagrama polar lembrar um

coração) uma diferença de captação grande entre sons próximos e sons distantes. Quanto mais longe se está, mais o som como um todo se espalha pelo ambiente, atinge o microfone por trás e é anulado, isto é, menos som é amplificado. O cardióide assim pode dar uma grande sensação de profundidade. Este dispositivo também faz com que as frequências graves sumam com a distância. Sendo o *agudo mais direcional*, ele atinge apenas a frente. Os graves entram pela frente e por trás e se anulam.

1.4 MICROFONAÇÃO - um microfone não é um objeto imaginário. É um objeto real. Esta não é uma frase idiota; permita uma explicação. Repetindo: o microfone é um objeto *real*. Ele não funciona como nos sonhos dourados do operador de som, como um amuleto mágico que capta tudo que você quiser apenas apontando-o para o lugar certo. Muito pelo contrário. Ele age de forma muito ampla no som. Mude o tipo de microfone, o número de microfones, a forma e a distância para onde ele está apontado, e um milagre pode acontecer. Ou o inferno.

Há assim diversas formas de se usar um microfone em relação ao que vai ser captado. Existem várias técnicas, específicas para várias finalidades. Mas estas técnicas ficam bastante reduzidas em sonorização de palco, por entrarem outros problemas, como excessivo ruído e necessidade de controle de microfonia.

1.4.1 Na microfonação num palco fica quase automaticamente descartada, por exemplo, a captação do som reverberante. Toda a captação leva em conta dois tipos de som: o direto, vindo do instrumento, e o reverberante, resultado das reflexões do som no ambiente. Esta interação é discutida com detalhes em [3.1.1](#) e [6.2.3.2](#) mas aqui o que importa é que em palco se pega quase só o som direto. O som reverberante, quando captado, é um sério estimulador de microfonia (ver [6.2.4.2](#)). Dizer que o microfone deve ficar o mais próximo possível da fonte é arriscado, pelo número de exceções que essa regra pode abarcar (ex. bateria - ver [1.6](#)), mas de qualquer forma é bom evitar posicionamentos onde o microfone capte tanto o som direto quanto o reverberante, ou seja, capte tanto o instrumento quanto o som das caixas. Por outro lado, captando perto demais o som, o timbre do instrumento é "falsificado". O que se escuta de um violão é normalmente o som distante um metro ou mais; o som na boca do violão é completamente diferente. Deve-se procurar um meio termo entre distância e proximidade, de acordo com os vários valores em jogo. De uma forma geral, quanto maior for o nível geral de intensidade (quanto maior for o volume sonoro) do sistema de som, mais próxima deve ser a captação. Da mesma forma, quanto menor o nível sonoro do instrumento a ser captado, mais próxima a captação. Por último, nunca é bom usar-se muitos microfones; quanto mais se usam, maior é a possibilidade de cancelamentos por ondas fora de fase (ver [11.6](#)), causados pelas fases diferentes do mesmo som captado por microfones diferentes. Se não houver muito barulho (como em conjuntos de jazz, por exemplo), uma bateria por exemplo pode ser captada com apenas dois microfones, pegando, a uma certa distância, o som geral saindo dela. No momento de posicionar o microfone, esteja atento portanto a *microfonias e ruídos* que possam ser criados, ao *timbre* que está sendo criado em cada posição, e à *relação com os outros microfones*.

1.4.2 Uma característica importante a se levar em conta é a relação **dobro/6dB** (ver 1.1.3.2). Se uma fonte dobra sua distância em relação ao microfone, ela perde 6dB em intensidade de sinal (sinal - ver 1.4). Se ela diminui pela metade, ganha 6dB. O ganho sobre microfonia (ver 6.2.4.1) também varia em 6dB sobre o dobro de distância. E 6dB é uma quantidade considerável para um processo tão simples quanto variar uma distância, seja qual for, desde que a relação fique a mesma: de meio metro para 25 cm, de 30cm para 15cm, de 5cm para 2,5cm, de 1 cm para 5 mm! A colocação perto de uma superfície larga também aumenta em 6dB o ganho. Perto da junção de duas superfícies aumenta 12dB, e, perto da junção de 3 superfícies (quina), aumenta nada mais que 18 dB! (ver 5.6).

1.4.3 Deve-se lembrar também da direcionalidade dos agudos. Apontando um microfone de lado para uma fonte, haverá perda de agudos. Os graves se espalham pelo ambiente, mas os agudos são extremamente direcionados para algum ponto. A fig. **mi08** ilustra bem isto, dando um exemplo de como os vários harmônicos de um violino se espalham no ar.

1.4.4 A escolha do microfone depende de muitos aspectos. O tipo mais apropriado é o dinâmico, mas muitas coisas entram em jogo. É necessária uma captação extremamente precisa? Seria melhor usar um microfone de condensador? E a distância até o instrumento? Seria adequado um *Lavalier*, um daqueles microfones usados pelos locutores nos telejornais? Por outro lado, é possível colocar microfones frágeis como o condensador ou *Lavalier* próximos de um músico mais "exaltado" ou "desastrado"? Tudo isso deve ser levado em conta. Os fabricantes de microfones costumam fornecer vários modelos, especificando o instrumento e o uso adequados. Mas o padrão usual em companhias de sonorização profissional é usar um modelo para voz e um outro, de boa resposta, para o resto dos instrumentos a serem microfônados. É o caso dos Shures SM58 e SM57, um usado para voz, outro usado (de forma geral, sem levar em conta exceções sempre presentes) para todos os outros instrumentos. É claro que nem sempre pode-se escolher exatamente o microfone a ser usado. O "sevirômetro" é uma constante em muitos sistemas de som. Nesses casos, escolha onde vai cada microfone de acordo com os parâmetros já vistos (ver 1.1): resposta de frequência (um baixo acústico, por exemplo, deve ter um microfone com boa resposta nos graves), sensibilidade (certos instrumentos de percussão, por exemplo, têm um som pouco intenso, que precisa ser muito bem captado), SLP (cuidado com instrumentos de níveis muito altos, como por exemplo bateria ou guitarra). E, em todo caso, procure ter sempre seu próprio material, sem depender de microfones desconhecidos. Esse aspecto da microfonação é muito delicado, e só com a experiência que vem de vários desastres e acertos sucessivos é que se pode adquirir um julgamento eficaz. Então vamos lá! Não tenha medo dos sucessos e fracassos, e, principalmente, de experimentar.

1.4.5 Outro aspecto importante é o ruído que pode chegar ao microfone não através do ar, mas através do chão, pelo pedestal e pelo corpo do microfone. Pisos ressonantes, como a madeira, o nível total de intensidade do sistema e até mesmo "eufóricos" músicos pulando sobre o palco podem contribuir para um alto nível de ruído passando pelo pedestal. O uso de bases de pedestal de

material isolante acústico (ex. borracha) pode melhorar esta situação, mas a melhor solução é o uso de **shock mounts**, garras especiais destinadas a isolar o microfone do lugar onde está colocado. Pode-se conseguir uma diminuição de até 20dB (dB - ver 11.3.2) do ruído de contato com o uso de shock mounts. A fig. [mi09](#) mostra dois modelos da Shure. O AM 53M (esquerda) é um modelo particularmente novo. O antigo, AM 804, (direita) ainda é muito encontrado no mercado, apesar de uma eficiência menor e de uma aparência mais, digamos, "bizarra".

1.5 VOZ - comecemos portanto a falar dos vários tipos de instrumentos. A voz será provavelmente o parágrafo mais longo por ser necessário falar também de microfones sem fio. Para começar, convém lembrar da já dita necessidade de um microfone dinâmico especial para performance (ver 1.2.4). A distância entre a boca e o microfone varia de alguns centímetros a zero. Mas cuidado! com um microfone unidirecional muito próximo da boca, há uma grande tendência a cancelar o som do nariz, e o resultado provavelmente será um som "anasalado", como o de um fanho. Procure direcionar o microfone de forma a não acontecer isso. Deve-se levar em conta também a posição do microfone em relação ao alto-falante apontado diretamente para ele, ou seja, o retorno. O melhor é deixar a parte de trás do microfone apontada exatamente para o retorno, o que aumenta o ganho com microfonia (ver 6.2.4.1). Para algumas dicas sobre equalização, ver 1.11.1.

1.5.1 Um problema importante com os microfones de uma forma geral é o cabo. No caso do microfone de um cantor a coisa fica pior ainda, pois além de ser necessário se considerar as particularidades elétricas do cabo (como impedância - ver 1.9), ainda tem de se pensar no uso performático pelo cantor. Ele pode querer pegar o microfone e sair cantando pelo palco. Ele tem este direito. O problema do cabo é tratado com mais detalhes em 6.1.1, mas aqui falaremos de um modo de contorná-lo: o **microfone sem fio**.

O microfone sem fio usa um microtransmissor que gera sinais de rádio, captados por um receptor e depois mandados para os alto-falantes. Como o nome mesmo já diz, ele tem uma grande vantagem, não tem aquela incômoda amarra que segue quem canta. Dá uma grande liberdade de movimentos.

1.5.1.1 Consideremos então alguns aspectos técnicos do microfone sem fio. Ele deve vir equipado com uma bateria para o transmissor. Esta bateria deve poder agüentar uma transmissão ininterrupta por no mínimo 5 horas; um valor menor que esse cria o risco do microfone ficar sem carga e pifar no meio da apresentação. A transmissão pode ser feita dentro de várias faixas de rádio. A mais barata é a que vai de 25 a 50 MHz ou 72 a 76 MHz. Mas, por ser frequência da faixa do cidadão, é também a mais barulhenta, e pode-se esperar um bocado de interferência. Além disso, é necessário usar antenas de até dois metros de comprimento, o que não é muito prático. A faixa de FM pode ser usada também, com um custo baixo (o receptor pode ser qualquer rádio comum), mas numa cidade como São Paulo, por exemplo, com emissoras em quase todas as frequências possíveis, esta opção é um pouco impraticável - a captação do microfone viria com interferência de alguma emissora, em qualquer que fosse a frequência. Em sistemas

profissionais o mais usado é o VHF, menos barulhenta, com grande poder de penetração entre sólidos (como paredes) e sem a necessidade de uma antena grande. É claro que nem tudo é perfeito: além de ser mais caro um transmissor em VHF, o maior poder de penetração pode acarretar uma perda de privacidade, pois a transmissão vai ser acessível a todos. Pode acontecer também da banda de FM criar harmônicos que interfiram na banda de VHF (já que a transmissão não passa de uma onda no espaço - ver 11.4). Por isso se recomenda o uso de antenas receptoras helicoidais ou de cristal. A banda de UHF tem uma amplitude de sinal mais reduzida, e precisa de uma antena pequena demais. É melhor ficar com VHF mesmo.

1.5.1.2 Passemos aos parâmetros do microfone em si. A maioria dos fabricantes produz microfones sem fio com uma resposta de frequência (ver 1.1.1) de 40 a 15000 Hz, o que é ótimo para voz, ainda mais se considerarmos as limitações impostas por lei à potência de transmissão (não pode ser um transmissor muito potente). Mas esta limitação de potência cria um problema grave: a intensidade reduzida. A maioria dos microfones sem fio são fabricados para transmitir um sinal de até 80 a 85 dB (dB - ver 11.3.2), o que é bom em termos vocais. Supondo que o circuito não trabalhe no máximo, um nível de sinal de 70 dB é razoável. Abaixo disso a recepção precisa ser aumentada muito para se escutar alguma coisa. Abaixo de 50 dB a recepção precisa ser aumentada tanto para se ter um nível decente que fica impossível um sinal sem distorção. É bom portanto ficar de olho nas especificações do fabricante. Pode se ligar um compressor no sistema antes da transmissão, dentro do microfone (ver 3.3), o que pode aumentar a *relação sinal/ruído* (entre o som captado e as interferências da captação) entre 15 e 30 dB. O ruído diminuindo o som aumenta, e portanto há um aumento do volume do sinal.

1.5.1.3 Na recepção o problema mais comum é o cancelamento de ondas fora de fase (fig. [mi10](#)). A onda direta e refletida chegam fora de fase na antena, e se anulam (anulação por ondas fora de fase - ver 11.6). A melhor solução para este problema é o uso de duas antenas, o que remedia de vez. Há varias maneiras de se ligar estas duas antenas (ligar duas e usar a mais forte, usar dois receptores separados) mas a melhor, pelo custo e pelo resultado, é ligar duas antenas simultâneas ao receptor. Quando as ondas de uma estiverem fora de fase, não estarão na outra. As duas se somam e o sinal não sofre alterações. No caso é bom usar uma perto da fonte, apontando para o microfone, e outra mais no alto, evitando reflexões.

1.6 BATERIA - A microfonação de uma bateria é um dos pontos mais variáveis dentro da sonorização. Isso porque deve-se levar em conta uma grande quantidade de fatores. Hoje geralmente se vê um microfone para cada peça, com talvez um só para captar ao mesmo tempo a caixa e o chimbau. Mas é possível encontrar sistemas com apenas três microfones, um pro bumbo e um de cada lado do conjunto de tambores, no alto, captando todo o som. Esse autor que vos fala já viu até captações sem microfone no bumbo. Isso depende no nível de intensidade usado pelo baterista (um baterista de jazz faz muito menos "barulho" que um

de rock, e portanto precisa de uma captação mais eficaz), do nível de ruído do ambiente (um nível alto impossibilita uma captação mais geral, limitando a distância do microfone até a peça), problemas de isolamento entre os microfones (com muitos microfones a tendência a cancelamento por ondas fora de fase é maior - ver 11.6), do quanto se quer arriscar a colocação dum equipamento caro e frágil numa posição de virtual destruição por um baterista mais "entusiasmado" etc.(ver 1.4.1, 1.4.4) As fig. [mi11](#) e [mi12](#) ilustram alguns modelos mais comuns na microfonação de uma bateria. Na microfonação aberta, o som fica mais "aéreo", mais aberto, com mais reverberação natural. Na fechada, o ataque (o momento em que a peça da bateria é percutida) fica muito mais evidenciado, criando um som mais agressivo. Para algumas dicas sobre equalização, ver 1.11.1.

1.6.1 Na fig. [mi13](#), a posição dentro do tom-tom pode garantir um maior isolamento entre microfones e um nível sonoro mais elevado, mas o interior do corpo pode ter reflexões do som ambiente, que entram pela boca e ficam reverberando, o que traz uma grande ameaça de microfonia (ver 6.2.4.2). O microfone dentro do tom-tom deixa o som com menos ataque (menos "pegada" no momento da batida) e um som mais sustentado, mais longo. Na captação sobre o tom-tom ocorre o contrário. Pode-se escolher o uso de um microfone para cada tom-tom, mas o melhor, por motivos já discutidos (ver 1.4.1), é o número mínimo de microfones possível; para dois tom-tons, por exemplo, usa-se um microfone entre eles. Se for usado um microfone para mais de uma peça, deve-se cuidar para que ele fique a uma distância igual de cada um, ou para que cheguem intensidades iguais das duas peças nele. Finalmente, o microfone dos tom-tons pode ser o mesmo que o dos pratos. Mas caso não seja, convém usar-se microfones unidirecionais (ver 1.3.3), com a parte de trás apontada para os pratos. Isso porque, quando mal-captados, eles criam ruídos de baixa frequência, graves (frequência - 11.2).

1.6.2 Para os pratos, há um melhor resultado com a captação por cima. A captação muito próxima pega o tal ruído grave do verbete anterior. Pode-se deixar que os microfones das outras peças (geralmente do surdo e dos tom-tons) captem os pratos; nesse caso, a escolha (resposta de frequência, sensibilidade [ver 1.4.4] e as posições (em relação ao som a ser captado) desses microfones devem levar em conta isso.

1.6.3 O surdo leva em conta as mesmas considerações dos tom-tons, em termos de captação por dentro/por fora. Lembre-se de que ele é um instrumento mais grave, sendo necessária então uma resposta de frequência adequada (ver 1.4.4). Às vezes, um microfone muito próximo pode captar a vibração da pele de retorno, embaixo do instrumento. Nesses casos, a melhor solução é retirar a pele.

1.6.4 A caixa e o chimbau geralmente são captados pelo mesmo microfone. A captação do som debaixo da caixa produz um sinal "rasgado", a captação por cima, um som mais cheio. Com o chimbau sendo captado lateralmente, deve-se ter cuidado. Quando fecha, o chimbau provoca um deslocamento de ar, que, se entra no microfone, é captado como um "puff" muito feio. Se captado separadamente, o melhor é colocar o microfone sobre ele, a uma distância de 18 cm, apontado para as *bordas* do prato, não para o centro.

1.6.5 Para o bumbo deve-se usar um microfone com resposta de frequência boa nos graves, pelo menos até 40 Hz (ver [11.2](#)). A melhor captação é com o microfone dentro do instrumento. Um posicionamento perto do lugar onde o pedal bate na pele vai reforçar o ataque, e vice-versa.

1.6.6 A captação de percussão leva em conta os mesmos fatores. Também leve-se em conta a posição do percussionista, e o teor dos diversos instrumentos. Há alguns instrumentos de percussão de captação difícil, por não terem um grande volume de som e ao mesmo tempo não permitirem uma proximidade suficiente com o percussionista.

1.6.7 Finalmente, um lembrete. A bateria e principalmente algumas peças de percussão têm um *ataque* (intensidade de som no início desse som) até 10dB (dB - ver [11.3.2](#)) maior que o resto do som. Isso quer dizer que no instante em que o instrumento é percutido há um tempo imperceptivelmente curto no qual o som é muito mais alto que o normal. Isso deve ser levado em conta na definição do volume dos vários instrumentos, porque embora imperceptível para o ouvido esse pico passa para o circuito elétrico (ver [1.6](#)) e pode a longo prazo danificá-lo e causar distorções (ver [6.1.5](#)). É recomendável usar-se um compressor em todos os instrumentos da bateria (ver [3.3](#)).

1.7 PIANO - O piano apresenta várias dificuldades para microfonação, especialmente num palco. Para começar, onde colocar um microfone num monstro desse? Apesar de não parecer, o uso de mais de um microfone é altamente impróprio, pois em nenhum outro instrumento o cancelamento por ondas fora de fase (ver [11.6](#)) é tão nítido. Para uma captação em estéreo, e até passável o uso de dois microfones (um balanceado para o esquerdo, outro para o direito), mas no mono esta captação gera um som artificial e distante. O posicionamento do microfone também influi no resultado, pelos cancelamentos de fase a qual cada ponto está sujeito. A [fig. mi14](#) mostra os resultados de vários posicionamentos, junto de opiniões subjetivas. Os melhores resultados foram conseguidos nas [fig. mi14a](#) e [mi14h](#). Procure não aproximar o microfone mais do que 30cm de distância das cordas, para não enfatizar as cordas mais próximas. Para um piano de armário, a melhor posição é embaixo, sem o tampo, sobre as cordas agudas.

1.7.1 Outro problema é o isolamento quanto ao som ambiente. Em sistemas que não requerem muita amplificação o som ambiente não interfere muito. Mas em lugares barulhentos a possibilidade do microfone captar o que não devia é grande, principalmente com o tampo muito aberto (o som ambiente bate no tampo e entra na caixa do piano). Um resultado bom tem sido conseguido com o tampo fechado ou muito pouco aberto, e um tapete por cima (o microfone, é claro, fica dentro do piano). Se isso não for possível, pelo menos é bom evitar abrir muito o tampo. O uso de captadores (ver [1.9](#)) na tábua de ressonância também soluciona este problema, mas perde-se muito do ataque da corda, do som no momento em que a corda é percutida.

1.7.2 Finalmente, o piano tem um ataque de um nível ainda maior que o da bateria (ver [1.6.7](#)), da ordem de até 20 dB maior do que o resto do som (dB - ver [11.3](#)). É preciso levar em conta isso na hora do ajuste de volume, e do uso ou não de compressores (ver [3.3](#)).

1.8 VIOLÃO - Um violão tem diferentes frequências de ressonância (ver 11.7) ao longo de seu corpo. A boca ressoa entre 80 e 100 Hz (isto é, perto dela estas frequências vão soar mais intensas; frequência - 11.2); o cavalete ressoa na frequência de 200 Hz; perto da junção do braço com o corpo há uma anulação das frequências médias. Deve-se levar isto em conta para o posicionamento de um microfone. As fig. [mi15a -d](#) e [mi16a -d](#) dão o resultado de diversos posicionamentos diferentes para o mesmo instrumento. Repare que é necessário um microfone com uma resposta de frequência (ver 1.1.1) boa nos graves, já que a nota mais grave (a 6ª corda) pode, dependendo da afinação, dar notas mais graves que 80 Hz.

1.9 GUITARRA - O sistema de captação da guitarra elétrica é diferente do microfone. Ela usa um *captador*, uma bobina ligada a uma corrente (ver 1.8) que cria um campo magnético em volta dessa bobina. A vibração das cordas da guitarra, de aço, interferem no campo, mudando a corrente (ligação magnetismo-eletricidade - ver 1.5). A guitarra não funciona sem uma caixa com amplificação; é como uma continuação natural dela. Por isso ela quase nunca é ligada diretamente a mesa de som, sendo ligada numa caixa no palco que é controlada pelo músico e serve como seu retorno. Outro motivo para isso é que os captadores geralmente não têm uma impedância compatível nem com a dos microfones (baixa), nem com a de linha, ficando num meio termo entre elas. Isto é, ela não funciona bem nem em uma nem em outra impedância. Por isso não é recomendável ligá-la direto na mesa (para maiores detalhes sobre impedâncias, ver 6.1.2).

1.9.1 Pode-se usar duas formas de conexão entre a caixa e a mesa. Uma é uma ligação direta, a chamada linha "*direct box*" (direto da caixa). É a preferível, por evitar um monte de problemas. Mas alguns instrumentistas preferem (ou não conseguem sair dele, dependendo do fato da caixa ter ou não *direct box*) o uso de um microfone para captar o som da caixa. O som gerado pelo *direct box* é limpo e claro, sendo preferido pelos músicos de jazz. A captação por microfones, por outro lado, é bruta, áspera, própria para rock. Nesse caso, é importante saber quantos alto-falantes têm a caixa. Se tiver mais de um, ou o microfone é colocado bem perto de um deles, ou é colocado no mínimo a 30 cm da caixa, senão haverá cancelamento por diferença de fase (ver 11.6). Isso também acontece se usar-se as duas posições ao mesmo tempo (longe e perto) ou o microfone e o *direct box*. Quanto mais perto da fonte, mais graves um microfone unidirecional capta, como já foi dito (ver 1.3.3), como se vê nas fig. [mi17a -d](#) (o "ruído rosa" da figura é um ruído com todas as frequências possíveis - ver 6.2.3.1). Leve isso em conta. As frequências agudas saem do centro e são altamente direcionais, isto é, deve-se colocar o microfone na altura do centro do alto falante, e apontá-lo diretamente para este centro (salvo caixas com mais de um alto-falante). Por último, a colocação da caixa perto da parede reforça os graves, atenuando os agudos (ver 5.6.1).

1.10 OUTROS INSTRUMENTOS - De uma forma geral, para se conseguir uma boa captação basta apenas seguir o bom-senso. Em geral cada instrumento tem uma região para onde aponta a maior parte do som. É só segui-la. Nas madeiras o som sai principalmente dos orifícios, não da campana. Nos metais o contrário acontece; o som sai tão direcionado que, se o microfone é colocado diretamente na frente da campana, capta muitos harmônicos e com isso um som diferente do natural (harmônicos - ver 11.4; distorções - ver 1.11). Instrumentos de grande volume sonoro, como metais, podem sobrecarregar o sistema,

podendo ser considerada a hipótese de um limitador (ver 3.3). Quanto ao resto, é só prestar-se atenção no que foi falado entre as seções 1.4 e 1.4.5.

1.11 EQUALIZAÇÃO - O uso da equalização não deve ser feito sem discriminação. Pelo contrário. Há alguns pontos em que ele tem primazia e outros em que nada pode fazer. Na microfonação ele deve compensar:

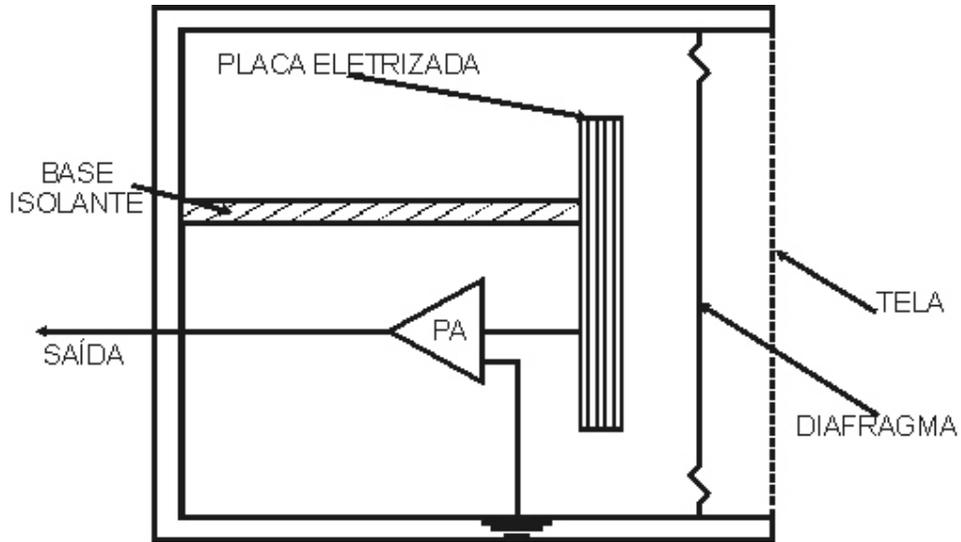
- **distorções** (ver 6.1.5) criadas pelo microfone, não só em relação à sua resposta de frequência (um microfone que não capte agudos vai criar sons com a parte aguda defeituosa - ver 1.1.1) mas também por distorções relacionadas ao seu posicionamento (o melhor exemplo é o aumento do grave quando a distância é pequena, nos unidirecionais - ver 1.2.4);
- "**mascaramento**" de um instrumento por outros. A equalização pode evitar que um instrumento encubra outro de timbre parecido. O melhor exemplo é a mudança de equalização do bumbo da bateria para não ser encoberto pelo baixo.
- **psicoacústica**, isto é, efeitos que não são reais mas são percebidos pelo nosso ouvido como reais. Exemplo: instrumentos de muita intensidade (guitarra, bateria) soam muito "planos", muito sem vida quando reproduzidos. Isso porque o espectro desses instrumentos (ver 11.4.1) tem frequências médias muito altas. Um aumento de graves e agudos (compensando o excesso de médios que nós escutamos) resolve a situação.

1.11.1 A descrição dos equalizadores é vista com detalhes no capítulo 2, e seu uso, em 6.1.6. Aqui só vão algumas dicas práticas para cada um dos principais instrumentos:

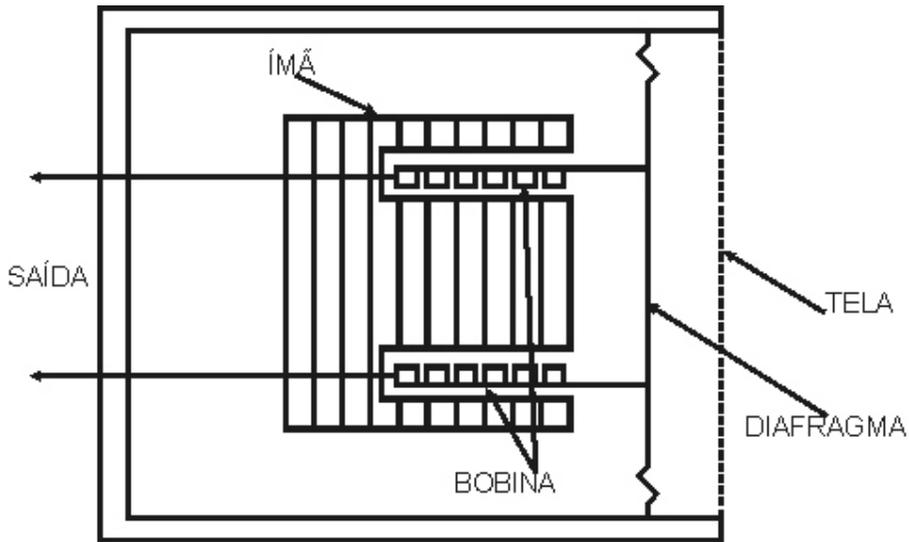
- o som de sibilação da voz (a ênfase ao "esses") ocorre principalmente na região de frequência de 5 KHz (Hz - ver 11.2). Diminuindo essa frequência na equalização diminui-se a sibilação. Um aumento na região de 100 Hz produz um som mais cheio, mais " másculo". Evite mudar muito as distâncias entre a boca e o microfone também;
- pode-se falar muito da bateria. Para aumentar o grave da caixa e dos tom-tons, conseguindo um som mais cheio, tente aumentar a região de 200 Hz. Para o surdo, o mesmo efeito é conseguido aumentando a região de 100 Hz. No bumbo, corte um pouco as frequências de 300 a 600 Hz, para compensar a resposta mais grave do microfone unidirecional. Aumente nos pratos a frequência de 10 KHz (aumentando o ataque, a "pegada" no momento da percussão) e diminua as frequências abaixo de 500 Hz (a baixa frequência indesejável dos

pratos - ver 1.6.1). Nos chimbaus, o som chiado é reforçado entre as frequências 10 a 12 KHz;
- no caso típico de mascaramento dito acima, procure aumentar 100 Hz no baixo e 50 Hz no bumbo, para marcar a diferença entre si. Aliás, uma boa regra geral é procurar sempre diferenciar instrumentos situados na mesma faixa de frequência, por exemplo, voz e guitarra, ou voz e teclado.

mi02: esquema de microfone a carvão.

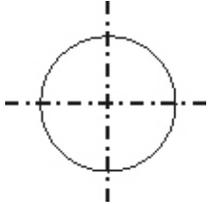
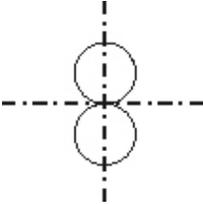
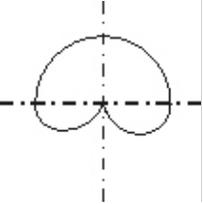
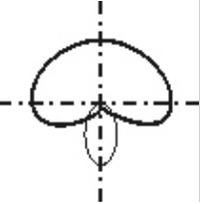
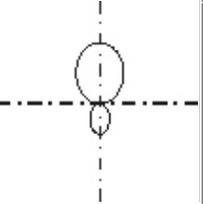


mi04: esquema de microfone de capacitor.

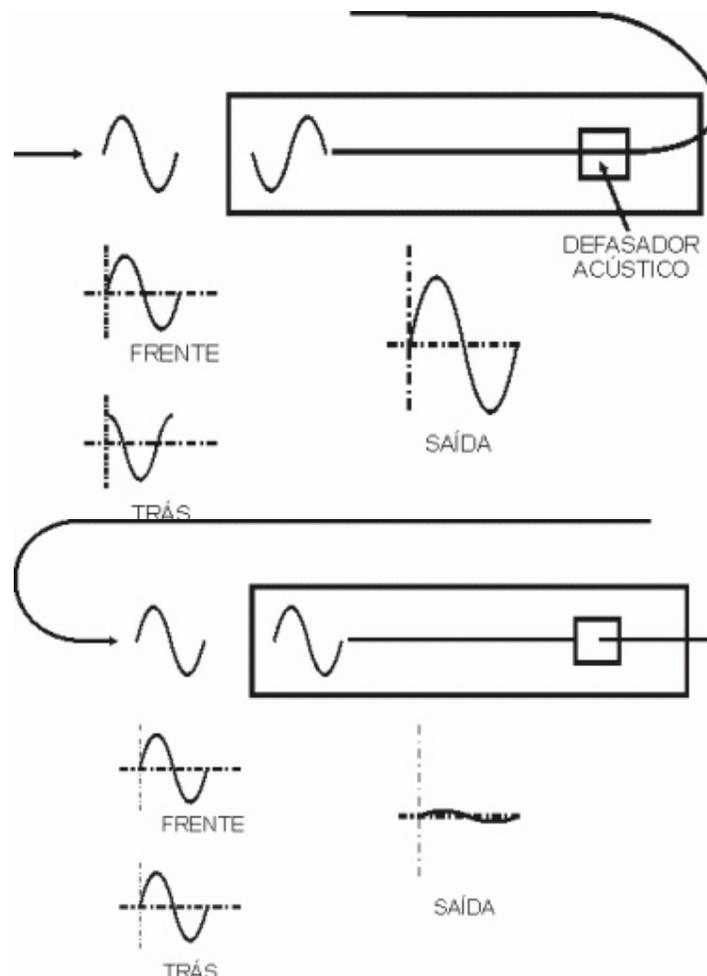


mi05: esquema de microfone dinâmico.

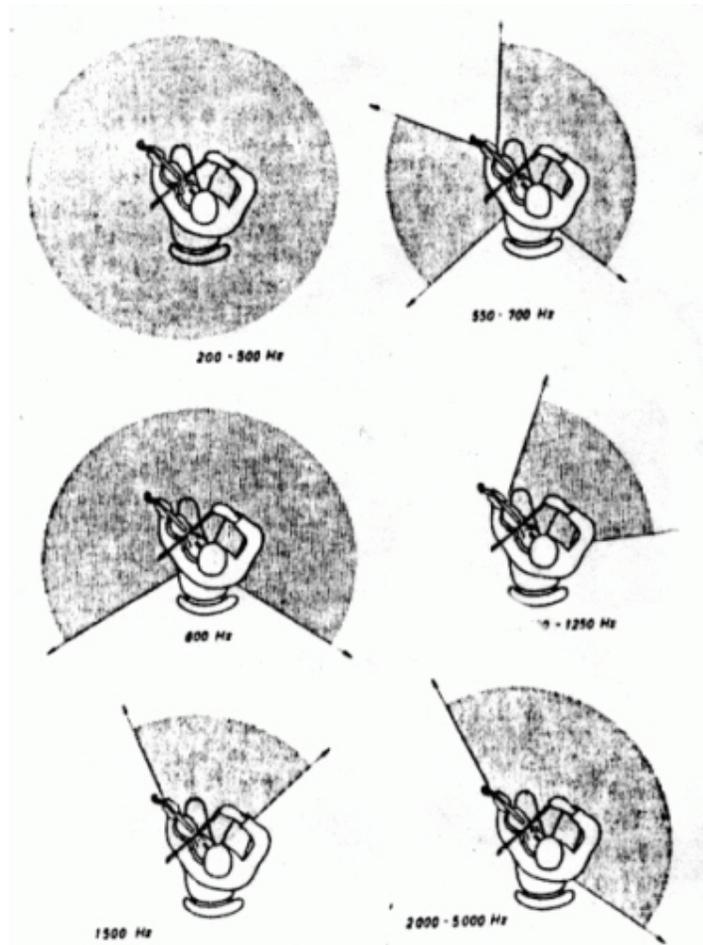
Microfone	Omnidirecional	Bidirecional	Unidirecional	'Super - cardióide'	'Hiper - cardióide'
------------------	-----------------------	---------------------	----------------------	----------------------------	----------------------------

Diagrama polar					
-3dB		90°	130°	116°	100°
-6dB		120°	180°	156°	140°

mi06: exemplo de diagramas polares, para vários tipos de direcionalidades. Os ângulos indicam a partir de onde a captação cai.



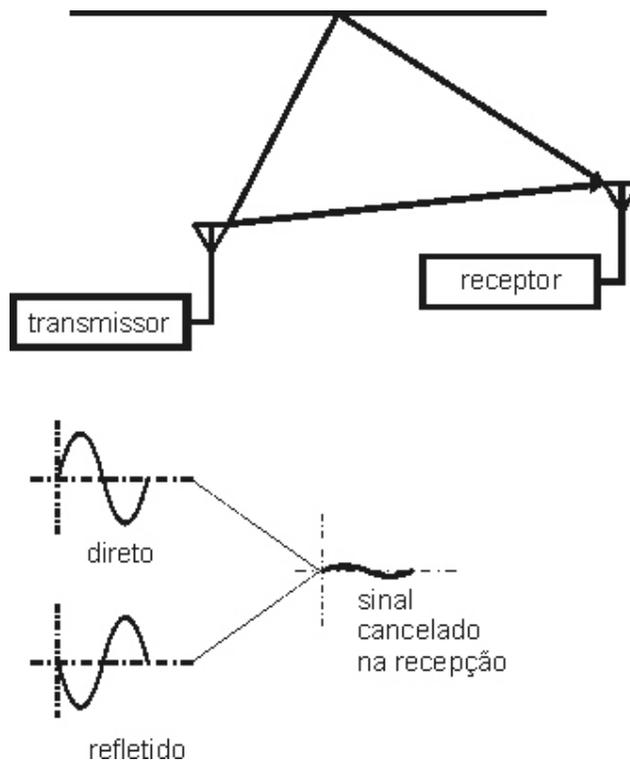
mi07: como funciona o anulador acústico em microfones unidirecionais.



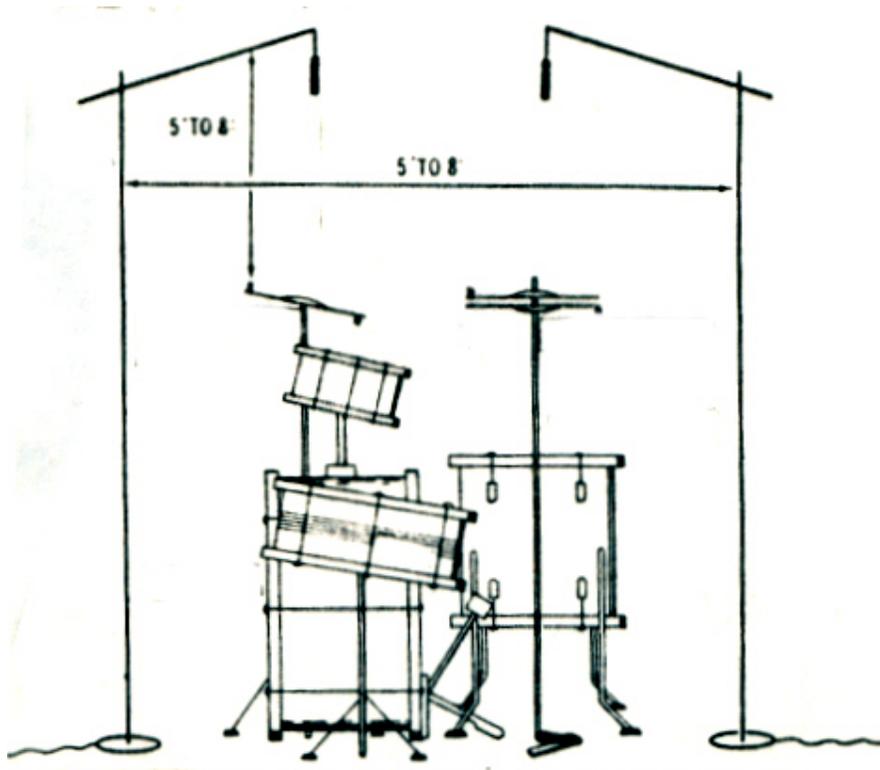
mi08: como as diferentes frequências do espectro de um violino se direcionam no espaço.



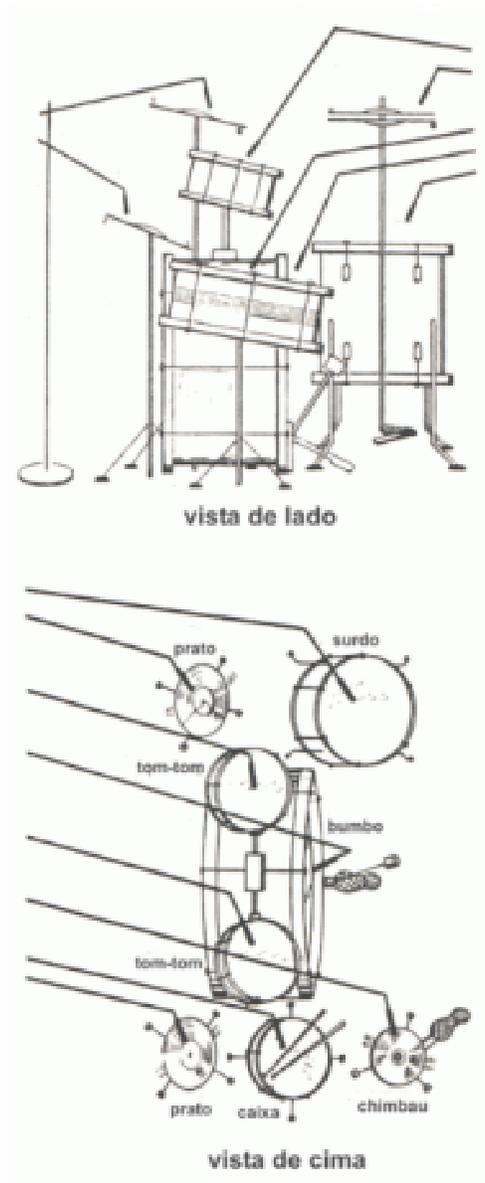
mi09: exemplos de shock mounts.



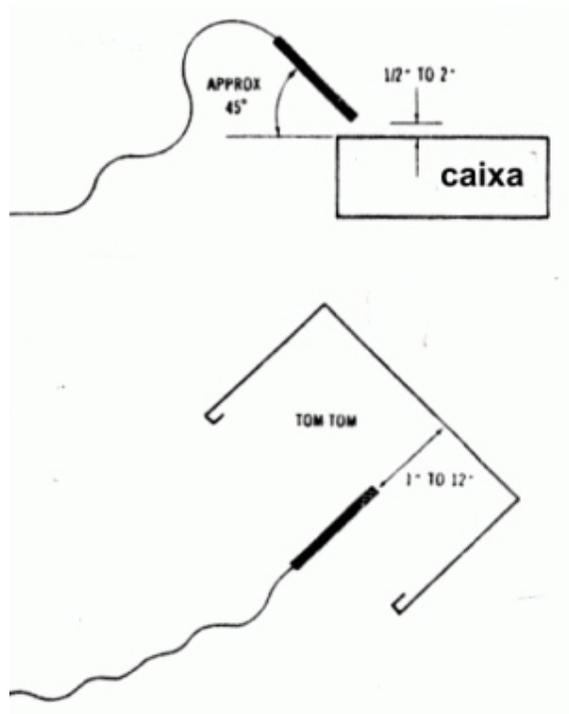
mi10: problemas de cancelamento de fase na recepção de microfones sem fio.



mi11: microfonação aberta de bateria.

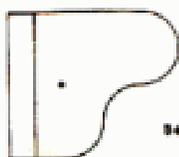


mi12: microfonação fechada de bateria.

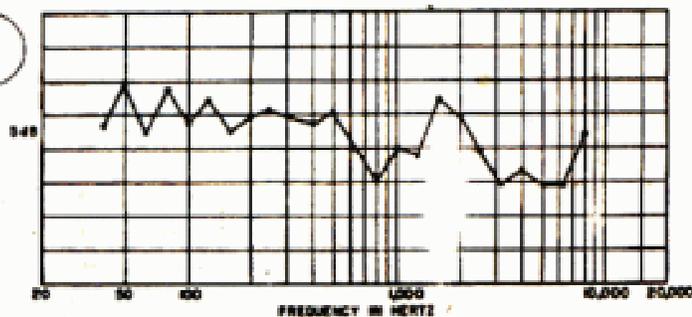


mi13: detalhe de microfonação fechada de bateria.

15cm das
cordas médias,
20 cm dos martelos,
tampo aberto

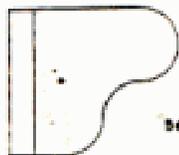


"Grave, embolado, escuro,
ataque pobre"

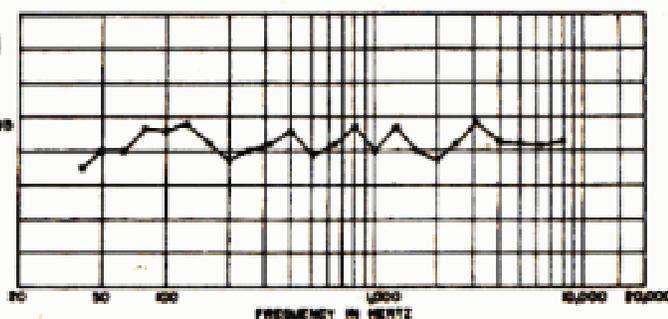


A

30cm da cordas
médias, 20 cm
dos martelos,
tampo aberto

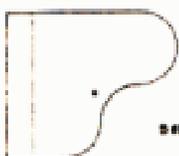


"Pouco consenso.
Similar ao natural"

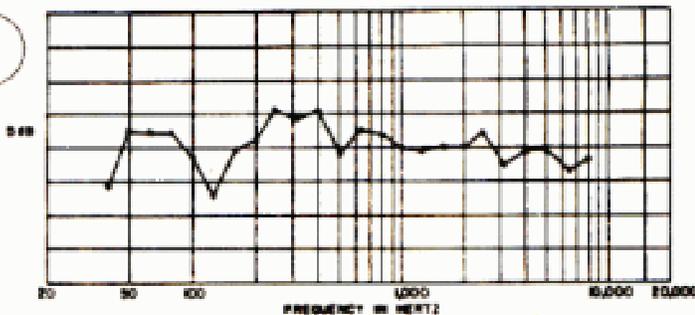


B

Dentro da
boca dos médios

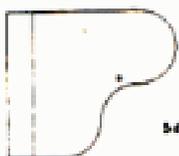


"Graves restritos,
magro"

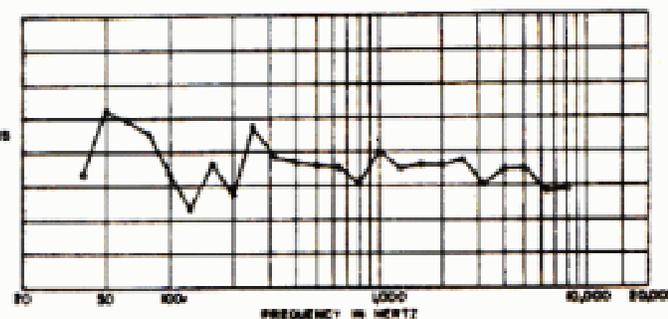


C

Dentro da
boca dos graves

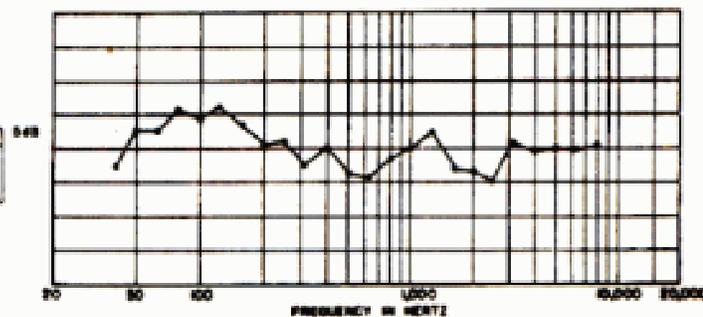


"Graves e agudos restritos,
magro e apagado"



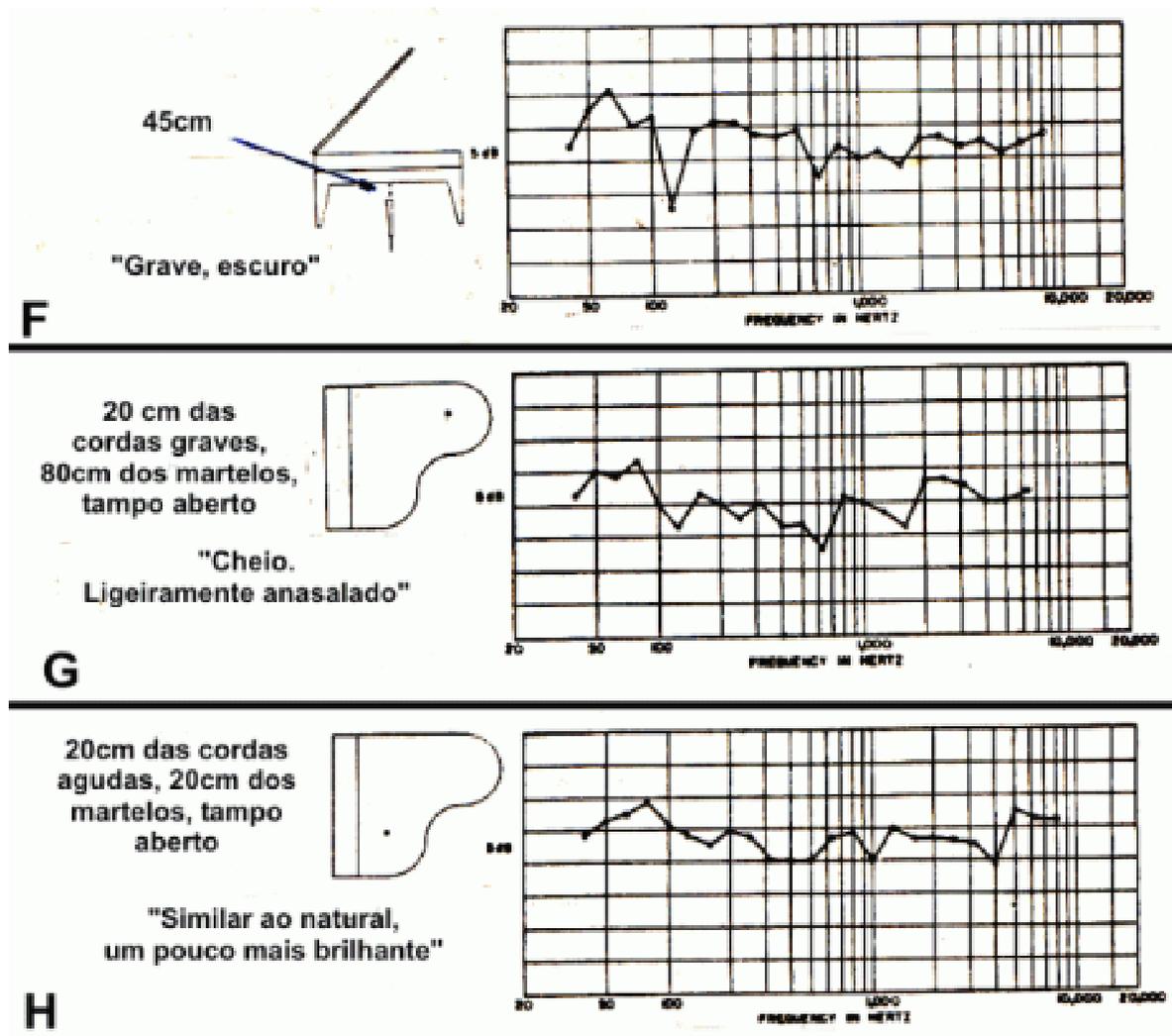
D

"Grave, fluente,
percussivo, cheio"

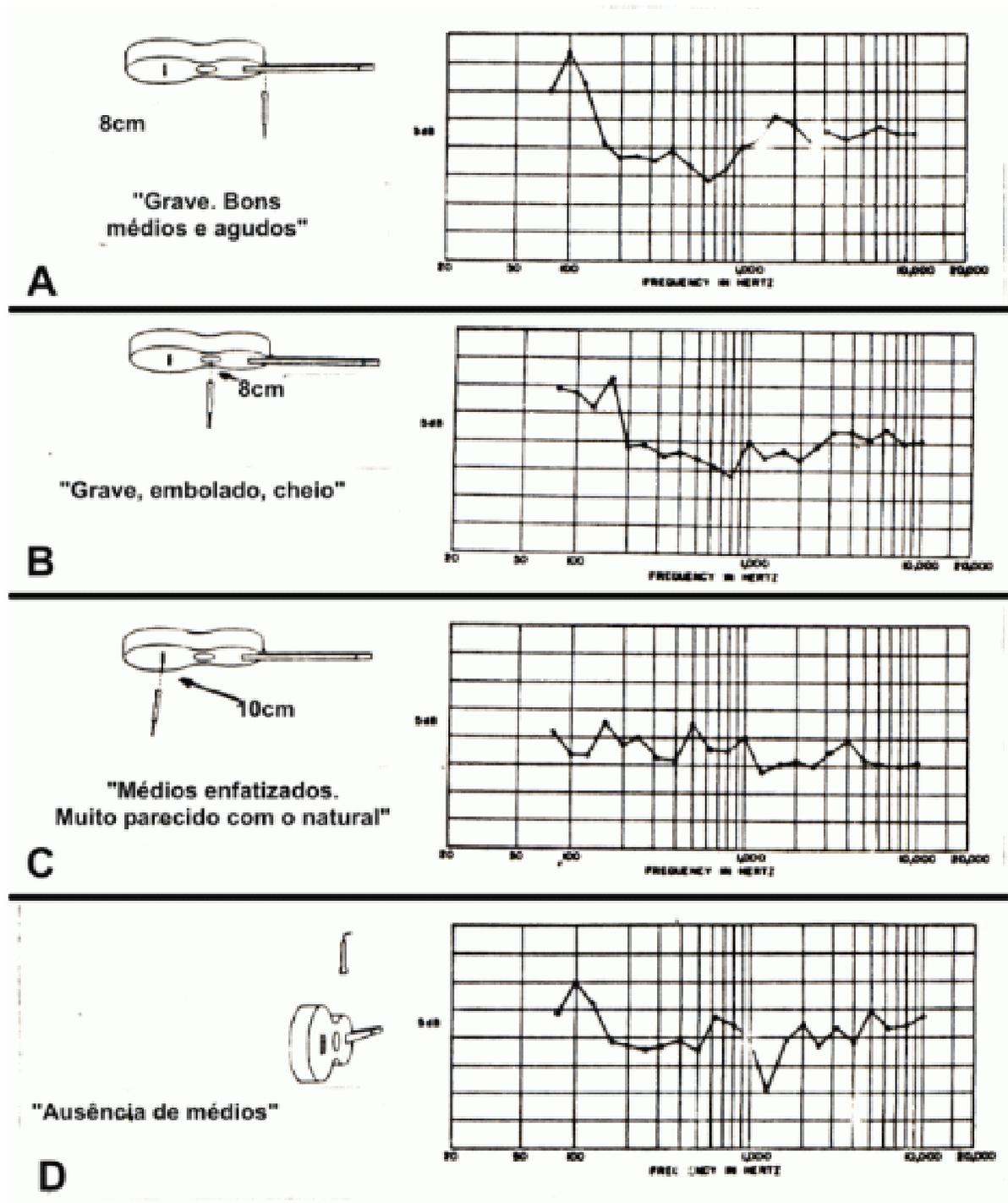


E

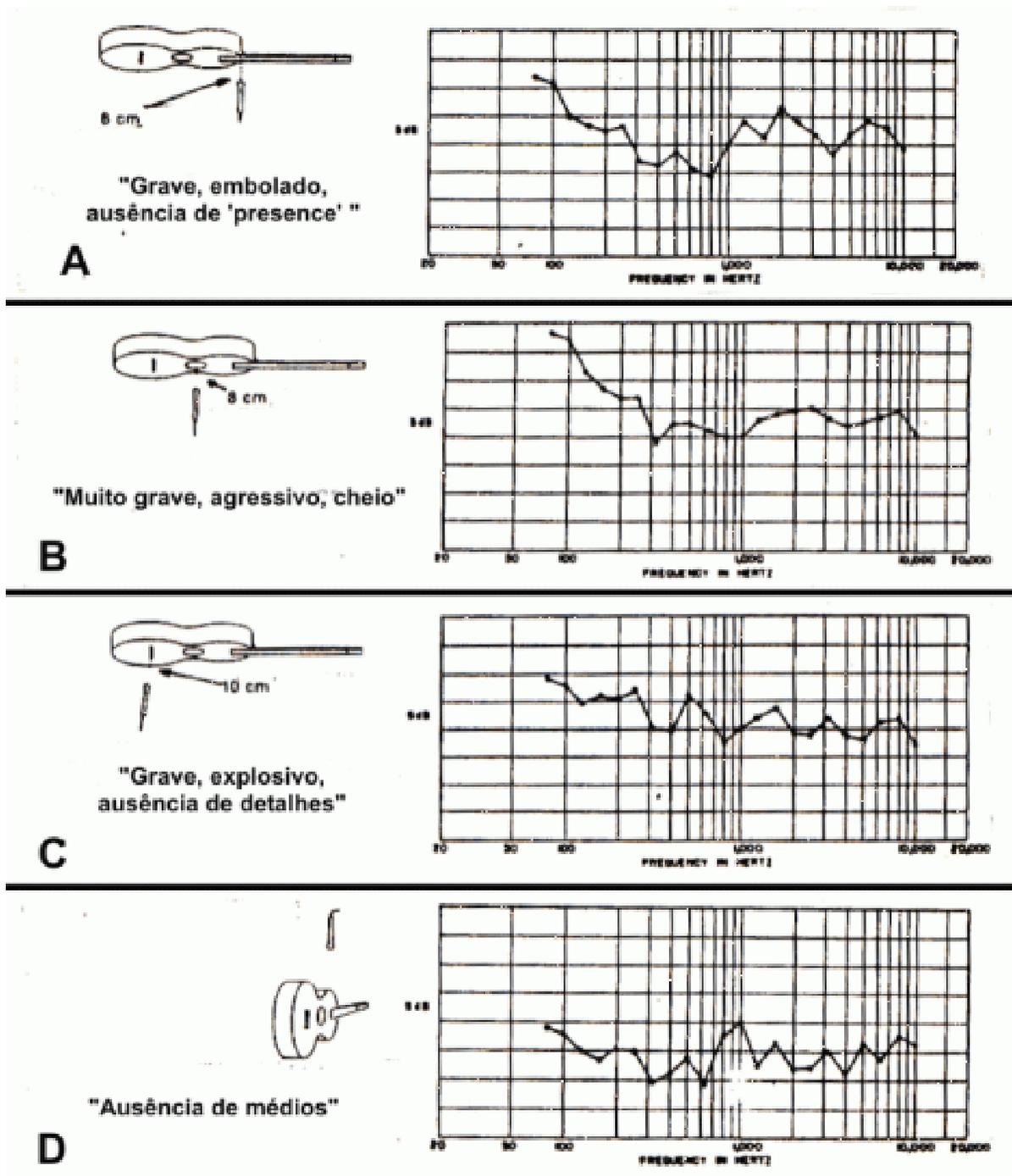
mi14: resultado de diferentes microfonações do piano. Quase todas as teclas pressionadas simultaneamente.



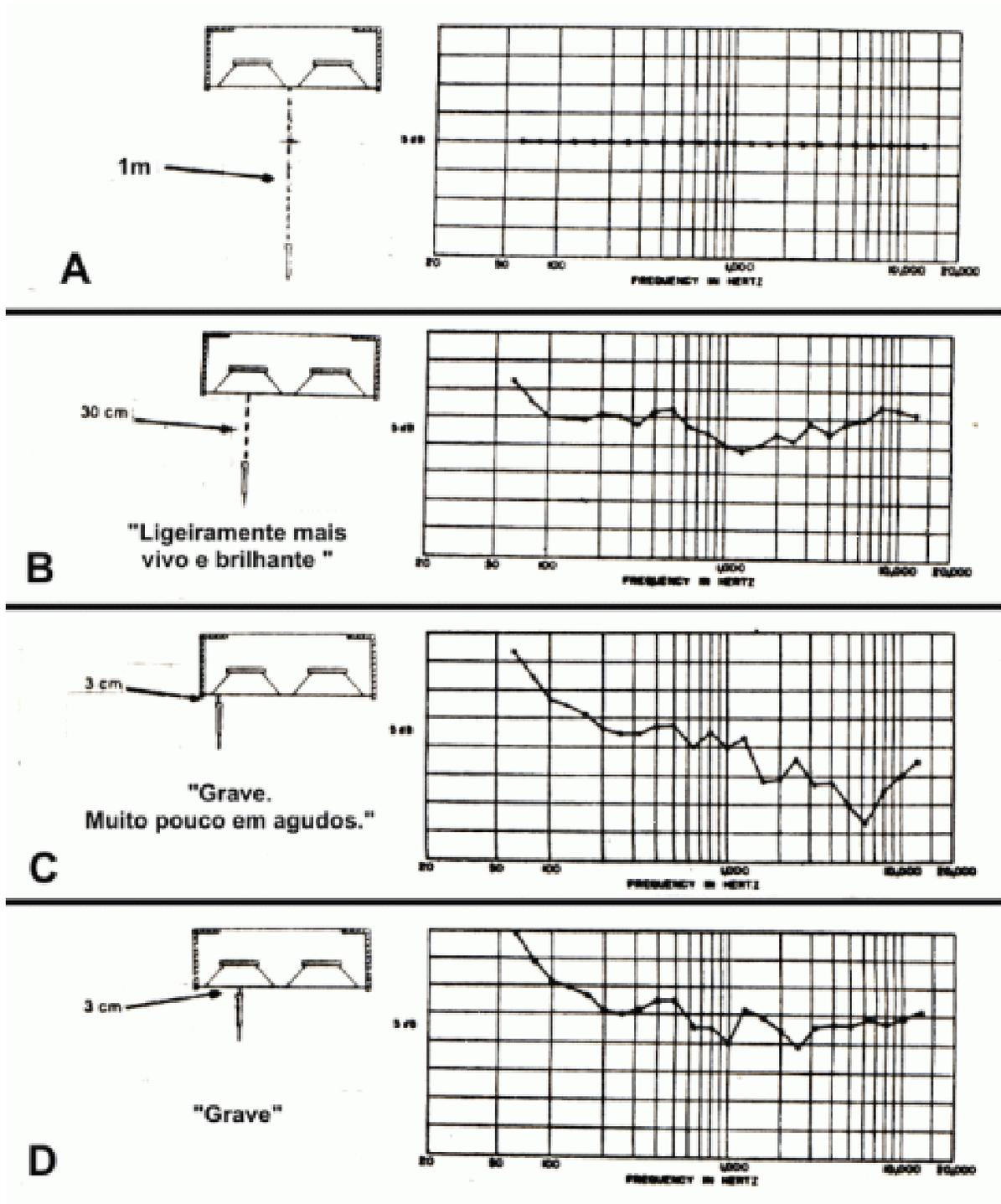
mi14 (continuação).



mi15: resultado de diferentes microfonações de violão de cordas de nylon. Acordes E e A.



mi16: resultado de diferentes microfonações de violão de cordas de aço. Acordes E e A.



mi17: resultado de diferentes microfonações de caixa. Ruído rosa.