

# 6 - SONORIZAÇÃO

**6.** Se você acaba de ler o Guia até aqui já deve ter se cansado de notas mandando-o para cá. É porque até agora todos os capítulos tratavam de assuntos específicos: ou só microfones, ou só filtros etc. Este capítulo trata de como unir esses vários elementos, como eles podem se relacionar. Trataremos da sonorização em si. Em primeiro lugar serão vistos pontos importantes de relações entre os vários componentes do sistema. Depois veremos a relação entre o sistema e o ambiente.

Como aqui serão citados a toda hora elementos que apareceram em outros capítulos, se cada citação fosse acompanhada do verbete correspondente o texto se tornaria ilegível. Por isso esse capítulo não cita nenhum verbete para referência, e leva em conta uma boa leitura anterior do resto do Guia. Portanto, como já dito no prefácio, é recomendável parar de ler aqui se você não tiver entendido todos os outros capítulos e apêndices.

## ◆ **6.1 SISTEMA**

**6.1.1** Vamos seguir então o caminho do som dentro do sistema. Ele começa sendo captado pelo microfone. O funcionamento do microfone já foi visto em detalhes no capítulo 1, e aqui não há nada a acrescentar. O microfone é ligado ao sistema por um cabo. E aí já começam problemas.

◆ **6.1.1.2** Um fio qualquer, por razões elétricas que não precisam ser discutidas aqui, tem uma resistência e uma impedância (fig. **so01**). Isto é, ele vai influir no sinal que sai no microfone, funcionando como um filtro passa baixa (por causa de sua impedância). Quanto maior o cabo, mais ele filtra, diminuindo as frequências agudas. Quanto maior a impedância do microfone, mais ele filtra também. A resistência e a impedância dependem não só do comprimento do cabo, mas também da largura. Quanto mais largo um cabo, menor a resistência, mas maior a impedância. Só que aí entra outro problema: cabos de microfone devem ter bastante maleabilidade para serem usados de forma "violenta" (enrolados,

pisados etc..) sem se partirem em dois dentro do envoltório isolante. Cabos grossos são pouco maleáveis, e por isso não são muito recomendáveis. Além disso, cabos maiores são sujeitos a mais interferências magnéticas, como interferências de ondas de rádio. Isto é, cabos mais grossos podem virar "antenas" incômodas, captando ondas de rádio que criam um ruído horrível. Pois é, que coisinha, chata é um cabo!

◆ 6.1.1.3 Há padrões mais ou menos convencionados para cabos de microfone. Pra começar, os cabos devem ser sempre *coaxiais*, com o fio do pólo positivo correndo dentro do fio do negativo. Isso faz com que os campos magnéticos criados por cada fio não interfiram um no outro, o que prejudicaria o sinal. Cabos de microfone devem ser sempre *em malha*, isto é, com muitos fios finos entrelaçados ao invés de um único fio grosso, ajudando a maleabilidade. Quanto mais grossa for a *couraça* (o fio negativo que corre externamente no cabo coaxial, envolvendo o interno), menor será o risco de interferências. O melhor tipo de couraça é o que tem os fios trançados entre si. Depois vêm os fios entrelaçados em dupla espiral, e por último, os em espiral simples.

◆ 6.1.1.4 As grossuras dos cabos variam de acordo com o comprimento desejado (ver fig. **so02**) Para impedâncias normais, um cabo não deve ser maior que 10 m. Nesse caso, a grossura recomendada é o nº 16. Impedâncias mais baixas têm esse valor aumentado até 60 m. Nesse caso, a grossura recomendada é o nº 14. A borracha tem várias vantagens sobre os outros isolantes: maior maleabilidade, impermeabilidade etc..

◆ 6.1.2 Na entrada do cabo no pré-amplificador da mesa de som duas coisas muito importantes já entram em questão: **impedâncias e terras**, fatores que influem não só na ligação entre o microfone ao pré-amplificador, como também no sistema como um todo.

As impedâncias estão relacionadas a melhores passagens do sinal de um aparelho para outro. Os aparelhos são fabricados já com uma idéia de onde vão ser ligados dentro do sistema de som. Por isso, eles levam em conta o tipo de grandeza elétrica importante em seu sinal. Isto é, se no sinal que entra e sai dele o importante é a *tensão* ou a *corrente*. E levam em conta assim as impedâncias apropriadas a serem ligadas na entrada e na saída. Se a impedância da entrada de um circuito não está corretamente acoplada à saída de outro, a energia elétrica vai ficar mais em um do que em outro. Se ficar mais na entrada, haverá pouco sinal na saída, um sinal fraco, débil. Se ficar mais na saída do que devia, por outro lado, o circuito fica sobrecarregado (fig. **so03**). Impedâncias apropriadas fazem com que uma melhor passagem de sinal ocorra.

◆ 6.1.2.1 Em primeiro lugar, há três níveis básicos de impedâncias, assim como há três níveis básicos de sinal. O **baixo nível** de sinal é o encontrado na saída de microfones, e tem uma impedância de aprox.  $600\Omega$ . O **nível médio** de sinal (o chamado "**line**") é o que flui entre a maioria dos aparelhos do sistema (mesas, equalizadores etc.). A

impedância desses circuitos fica entre 1 K $\Omega$  e 10 K $\Omega$ . Por último, os **grandes níveis** de sinal são os atingidos no final da amplificação, na saída para os alto-falantes. A impedância desses pontos é de geralmente 8 $\Omega$ . Qual é a importância de saber tudo isso?, perguntará você. Parece óbvio: não se deve ligar entradas e saídas de níveis diferentes entre si. Se um microfone for ligado a uma entrada “line” não haverá quase som nenhum na saída. Por outro lado, se a saída para fone de ouvido (feita para ser ligada em um alto-falante) for ligada a uma entrada para microfones, o sinal vai sair horivelmente distorcido.

♦ 6.1.2.2 A impedância de uma saída deve ser sempre igual à entrada onde vai ser ligada? Às vezes sim, às vezes não. Circuitos compostos principalmente de elementos reativos (como filtros e equalizadores passivos) mudam sua impedância de acordo com a impedância a qual são ligados, geralmente de maneira imprevisível. Ligando uma impedância igual, não há diferença de níveis, por isso não há variação. Isto é, se não for ligada uma impedância a mais próxima possível à existente em filtros e equalizadores passivos, só Deus sabe o que pode acontecer. Mas a maioria dos circuitos usa a impedância de forma a conseguir a melhor passagem de sinal possível, como já foi dito. Em algumas saídas o valor elétrico importante é a tensão (como, por exemplo, a saída de um microfone). Em outras, o valor elétrico importante é a corrente (como a saída de um amplificador de potência). Elas podem ser consideradas então como geradores, de tensão ou de corrente. Se fossem perfeitas, essas saídas passariam todo o seu valor para o aparelho ligado a elas. Mas não são. Há sempre uma impedância dentro do próprio circuito de saída que faz com que um pouco do sinal se perca (fig. **so04**).

Sendo assim, as saídas de tensão e de corrente terão impedâncias diferentes (fig. **so05**). A impedância de um gerador de tensão impedirá que um pouco da tensão fique na saída, e a impedância de um gerador de corrente impedirá que um pouco da corrente passe pela saída. Dessa forma, quanto maior o valor da impedância de um gerador de tensão, menos sinal passará para o outro lado. E, quanto menor for a impedância de um gerador de corrente, menos corrente passará para o próximo circuito. Por isso saídas e entradas de amplificadores de corrente ou de potência não têm impedâncias iguais às dos aparelhos que serão ligados a eles. A entrada de um amplificador de tensão, por exemplo, terá uma impedância cerca de 10 vezes maior que a impedância do circuito ligado a ela, para fazer com que a maioria do sinal fique nessa entrada.

♦ 6.1.2.3 O **PAD** é um dispositivo feito para casar impedâncias que a princípio são incompatíveis. Ele não passa de uma série de resistências ligadas de modo a fornecer a impedância que está faltando. Assim a forma mais simples de PAD é a que usa apenas um resistor em série ou em paralelo com o circuito. O esquema e a equação de um PAD desse tipo são mostrados na fig. **so06**. Podem ser úteis.

♦ 6.1.2.4 Por último, convém lembrar que valores baixos de impedância acarretam valores altos de corrente. Da mesma forma, valores baixíssimos de impedância acarretam valores altíssimos de corrente. De fato, quanto menos impedância, mais próximo de um curto-circuito se está. Deve-se tomar muito cuidado com isso, principalmente na ligação entre aparelhos. Ligar uma entrada de  $8\Omega$ , por exemplo, numa entrada feita para  $200\Omega$ , fará com que essa entrada fique quase num curto.

◆ 6.1.3 O **aterramento** também é um problema importante. A maioria dos cantores que conheço já levou choques de microfones. Esse é só um exemplo do que pode acontecer com um mau aterramento. O **terra** já foi mencionado anteriormente, embora não com este nome: é o pólo negativo comum a todos os aparelhos. Na verdade o único pólo elétrico que geralmente trabalha na maioria dos aparelhos é o positivo. O negativo é apenas o ponto para onde as cargas elétricas do positivo vão, ou seja, funciona como uma espécie de "receptor" de cargas. Esse "receptor" pode ser o chão, o planeta Terra; ligando o negativo de uma corrente elétrica a um fio enterrado no chão, as cargas irão se descarregar para a terra. Por isso o nome "terra". Caso isso não aconteça o "receptor", na maioria dos aparelhos elétricos, torna-se a *carcaça* do aparelho, a caixa de metal que o envolve. As cargas vão se acumulando na carcaça na medida em que a corrente vai passando. E daí vêm todos os males.

♦ 6.1.3.1 Sistemas de áudio podem ser **balanceados** ou **não-balanceados**. Se ele é balanceado, o pólo negativo do sinal não será o pólo negativo das outras correntes passando por dentro do aparelho, isto é, o sinal não estará indiretamente ligado à carcaça do aparelho. Se for não-balanceado o contrário acontece. Agora raciocinemos sobre um sistema não-balanceado. Diferentes aparelhos consumindo diferentes correntes terão carcaças com energias acumuladas diferentes. Ao se conectarem com os cabos do sinal, haverá *tensões* diferentes, e assim uma corrente começa a passar entre essas diversas carcaças. Como ela passa pelo fio do negativo do sinal (os dois negativos são iguais), essa corrente se confunde com o próprio sinal, e cria ruído. Mas não é só isso. Os aparelhos estão ligados a uma rede elétrica, à qual podem haver vários outros aparelhos ligados. Correntes como as citadas podem ocorrer nesses aparelhos também, e podem interferir na rede de forma que se reflitam em todos os aparelhos ligados a rede (como é o caso de um liquidificador que quando ligado faz a televisão chiar). Como o sinal está ligado indiretamente à rede (eles têm negativos iguais), o resultado é mais ruído. Esse efeito é comum em teatros, onde sistemas de iluminação mal aterrados, quando colocados em meia-força (quando lentamente apagados, por exemplo), criam zumbidos no áudio. Uma outra consequência interessante é o chamado "**ground loop**" (laço de aterramento, em tradução literal). Os chassis, a linha da rede e o cabo do sinal formam juntos um grande círculo (fig. **so07**), altamente suscetível a interferências eletromagnéticas, sejam

elas grandes campos magnéticos, ondas de FM ou ondas criadas pela ignição de algum motor, que se espalham pelo ar. Satisfeito? O equalizador é ligado e aparece um zumbido no sistema de som; as luzes do palco são apagadas e o zumbido aumenta; uma estação de rádio aparece do nada nos alto-falantes; alguém liga um carro na frente do teatro e o som aparece nos alto-falantes etc.. Mas talvez a pior consequência de sistemas não-balanceados advém do fato dos captadores de som (microfones, guitarras etc.) estarem ligados indiretamente a altos níveis de energia. Isso pode causar desde choques com o contato da boca no corpo do microfone (não se esqueça que o corpo é também uma carcaça, e acumula energia) até espetaculares eletrocutações de cantores no meio do show.

◆ **6.1.3.2 O balanceamento** é uma solução válida, que melhora o problema principalmente quanto a segurança. Ele é feito por um tipo de cabo especial com três pólos (positivo, negativo e terra), que usa um tipo especial de conexão (ver **so09**). Acontece que nem todos os aparelhos trabalham completamente com sistemas balanceados. Equalizadores e saídas de mesas de som por exemplo são sempre feitos para sistemas não-balanceados. Isto é, mesmo que seja desviado no estágio de entrada do sinal no mixer, o problema persiste no que vem depois. A melhor solução é sem dúvida o aterramento de todos os aparelhos. Dessa forma não há diferença de potencial entre as várias carcaças, não há interferências da rede etc..

◆ **6.1.3.3** Mas o aterramento não é uma coisa tão simples assim. Pra começar, é necessário ligar um cabo até o chão. Isso significa arranjar um cabo de grande grossura (para diminuir a resistência e agüentar as correntes de todos os aparelhos juntos), passá-lo de algum jeito para o exterior, ligá-lo a uma placa de metal (para aumentar a superfície de contato com a terra, melhorando a passagem das cargas) e enterrar essa placa bem fundo no chão. É um trabalho em tanto. Algumas redes elétricas especiais têm nas tomadas um terceiro pino, com um terra instalado, mas isso é raro. Além de todo o trabalho, deve-se levar em conta as características do cabo em si. Ele terá uma resistência, ainda que bem pequena, e essa resistência pode fazer com que um pouco da corrente de aterramento seja retida, criando ruído (fig. **so08**). E, como haverá um ponto onde entrada e saída de aparelhos diferentes estarão juntas, pode acontecer uma corrente da entrada do aparelho para a saída do outro, ou seja, no sentido errado. Resultado: ruído. E os problemas de resistência não são os únicos num cabo de terra. Ele pode receber também interferências externas, como ondas de rádio, por exemplo. Serão interferências bem menores que as recebidas por uma carcaça sendo usada como terra, mas ainda poderão existir, e quanto maior o cabo de ligação com o terra, maior será a interferência.

◆ **6.1.3.4** Existem algumas dicas práticas de como diminuir toda essa barulheira causada por problemas de aterramento:

- diminuir todos os cabos ao mínimo possível, reduzindo perdas resistivas e interferências de rádio;
- colocar cabos que transmitem a mesma coisa (como os vários cabos de microfones) o mais próximo possível. Diminuindo a área que ocupam, diminui-se a possibilidade de ground loops;
- colocar cabos que transmitam coisas diferentes (cabos de microfones com cabos de alto-falantes, ou cabos de áudio com cabos da rede elétrica) o mais longe possível, pela mesma razão;
- no caso dos ruídos provocados pelas luzes de um palco, que interferem através da rede, podem ser usados alguns procedimentos úteis. Um filtro pode ser colocado na alimentação das luzes, que corte a frequência do ruído (geralmente a mesma frequência da rede elétrica, isto é, 50 ou 60 Hz). O sistema de iluminação pode não estar aterrado também. Se estiver, melhora. Em casos extremos, pode-se deixar de variar a impedância das luzes (deixar de mexer em suas intensidades), ou mudar a rede elétrica sendo usada pelo sistema.
- caso comecem a ocorrer muitos choques, especialmente de um guitarrista levando choques do microfone, ligar todos os aparelhos envolvidos na mesma rede elétrica (na mesma tomada). Isso evita que hajam diferenças de fase entre as tomadas (por exemplo, entre a da caixa da guitarra e a da mesa onde está ligado o microfone), o que pode criar ground loops. Algumas caixas também têm botões que mudam a fase elétrica em que estão ligadas na rede, pela mesma razão;
- nunca usar aterramentos diferentes para o mesmo sistema. Caso não seja possível que todos os aparelhos sejam ligados no mesmo terra, deixe alguns sem essa ligação.

◆ **6.1.4** Há várias formas de **conexão** das fontes sonoras com o sistema (fig. **so09**). A conexão do tipo *XLR*, também conhecida como *Cannon* (o nome do primeiro fabricante) é usada para entradas balanceadas. Essa conexão tem em seu interior três pinos, por convenção chamados de pinos 1, 2, 3 (ver fig. **am1**). O pino 1 é sempre usado como terra. O pólo positivo ainda não está convencionalizado. Na Europa o pino usado como positivo é o 3; nos EUA, o 2. Deve-se tomar cuidado, então, em saber qual é o pino "ativo" (como costuma ser chamado) no uso dessas conexões.

◆ **6.1.4.1** Outras conexões muito usadas são o *phone plug* (ou "*banana*"), que tem esse nome por ter sido usada nas primeiras mesas das companhias telefônicas, e o *RCA*, usado geralmente na conexão de toca-discos. Ao contrário do *XLR*, esses dois tipos têm uma qualidade muito variável entre as marcas. Além disso, são entradas não-balanceadas. No caso de ser necessária uma ligação entre uma entrada balanceada e uma

não balanceada, o pólo positivo do Cannon vai no positivo do não-balanceado (na ponta do “banana”, se for o caso). O negativo e o terra do Cannon são ligados juntos no pólo negativo do não-balanceado.

◆ 6.1.4.2 Finalmente, alto-falantes podem às vezes usar níveis de corrente muito altos para esses tipos de plugs. Por isso é recomendável se usar tipos especiais de conexões para alto-falantes, que agüentem grandes níveis de corrente.

◆ 6.1.4.3 Nos sistemas profissionais as diversas fontes de sinal (microfones, guitarras etc.) não são ligadas diretamente na mesa principal, que fica longe do palco. Para isso é usado o chamado **multi-cabo**, ou **snaker**. Ele se parece com uma caixa, com muitas conexões para entrada (uma para cada canal). Dessa caixa sai um cabo que leva os diversos sinais até a mesa. O multi-cabo é usado para a mesa poder se localizar afrente do palco sem serem necessários cabos de microfone muito grandes. Além disso ele também permite facilmente o uso de um segundo sistema para os monitores (ver 6.1.8); geralmente, além desse cabo principal, sai do snaker um outro cabo, também com os sinais. Assim, enquanto a saída principal é usada para a conexão com a mesa principal, a saída auxiliar é usada para a mesa de retorno.

Os multi-cabos precisam de uma grande quantidade de fiação em seu interior. Se fossem usados os tipos de cabo usados normalmente no sistema, o multi-cabo seria impraticavelmente pesado. Por isso são usados fios maciços (ao invés dos trançados) em seu interior. Como já foi dito, esses fios são menos maleáveis. Sendo menos maleáveis, eles podem se romper com muita facilidade. Por isso deve se ter um grande cuidado no transporte de um multi-cabo, que deve também ter uma caixa onde possa ser guardado.

◆ 6.1.5 Nessa altura é necessário definir um termo importante: **distorção**. Geralmente a palavra *distorção* é associada a aquele som característico usado em muitas guitarras. Em áudio *distorção* tem um significado bem mais amplo. Qualquer mudança indesejada no som é chamada, de modo geral, de *distorção*. Sendo assim, há dois tipos básicos de *distorção*: a relacionadas às frequências e às intensidades. No primeiro tipo, podem acontecer diminuições elétricas de determinadas frequências, ou transmissões erradas de sinal de um aparelho para outro (por exemplo, harmônicos que não existiam podem ser adicionados, certas frequências podem ser muito intensificadas etc.). No segundo tipo, o sinal fica grande demais para ser suportado pelo aparelho. Nesse caso, chamado em inglês de *overload*, o circuito simplesmente corta o excedente (fig. **so10**). É o típico som de *distorção* de guitarras. Quando desejado, pode ser muito útil, mas quando não é bem-vindo, torna-se uma dor de cabeça. Os casos em que aparecem *overload*, e os controles possíveis para ele, já foram tratados no decorrer do Guia.

◆ 6.1.6 Mas nos casos de distorção de freqüências, a coisa mais importante em que se deve pensar é a **equalização**. Ela pode ser usada para corrigir mudanças (distorções) em algumas freqüências do sinal, mudanças essas ocasionadas pelas características do sistema (resposta de microfones e alto-falantes, perdas em componentes reativos etc.). Na verdade há dois estágios de equalização num sistema: um é o contido na mesa, que age em cada canal separadamente. O outro é o que age no sinal já mixado, aumentando ou diminuindo freqüências que não estão como deviam estar. O primeiro não precisa de grande precisão, considerando que irá apenas fazer pequenos ajustes relativos à captação do microfone, que por si só já é de grande precisão. Mas a segunda equalização irá consertar o som do sistema como um todo, entrada e saída, e é por isso de grande importância. Uma equalização bem feita pode melhorar todo o sistema: resposta de alto-falantes, perdas nos crossovers e até melhoras na reverberação. Mas é importante saber o que ele não faz. Um equalizador não faz milagres, consertando sistemas montados de forma errada. Não consegue, por exemplo, melhorar a resposta de uma caixa mal-construída, ou aumentar o ganho sobre microfonia em um sistema deficiente (ver 6.2.4.3).

◆ 6.1.6.1 A equalização, na verdade, é um trabalho extremamente delicado, que requer prática, uma boa dose de paciência e um pouco de cérebro. Porque seja para consertar distorções, seja para mudar o “jeito” do som, o único parâmetro realmente válido é o ouvido. Por isso, um operador de equalização deve saber identificar exatamente as características que um som está precisando (por exemplo, quando um som está “apagado”, ou muito “explosivo”), e transformá-las em características de freqüência.

O método mais correto de equalizar NÃO é fuçar desesperadamente nos faders do equalizador até conseguir o som desejado, mas agir por “hipóteses”, e relacioná-las com a experiência que já se tem. Por exemplo, deseja-se deixar o som de um prato de bateria com uma “pegada” mais marcada, ou seja, com um ataque mais vigoroso. Por experiência prévia, já sabe-se que as características de ataque estão relacionadas com freqüências altas, e as de sustentação da nota, com freqüências baixas. É importante saber-se também determinadas freqüências-chave em que se possa basear. Um prato, por exemplo, soa entre 1 Khz e 8-10 Khz. Suas freqüências altas, portanto, estão entre 6 e 10 Khz. Aumentando essas freqüências, imagina-se que o ataque do prato fique mais nítido. Por último, a atitude da mudança de freqüência deve ser sempre “vamos ver se funciona como eu acho que vai funcionar”. Se não funcionar, elabora-se outra hipótese, levando em conta o que aconteceu com a mudança anterior.

◆ 6.1.6.2 Eis aqui algumas dicas práticas, que podem ser úteis no momento da equalização:



- lembrando o já dito, as frequências altas estão ligadas ao ataque do som, ao momento no qual ele é produzido, e as baixas, à sustentação do som. O aumento ou diminuição dessas frequências vai atenuar ou enfatizar essas características: aumentando os graves, o instrumento pode parecer maior; aumentando os agudos, aumenta seu **presence**, isto é, a “presença” dele no som geral, o que significa que ele aparece mais sem ser preciso mexer na sua intensidade;
- lembrando também algumas características dos sons: quanto mais alto um harmônico, mais sumido e menos importância tem (assim, as altas e baixas frequências do parágrafo anterior variam de instrumento para instrumento. A frequência de 3 KHz não representa o mesmo harmônico para uma flauta e um baixo, por exemplo. Numa flauta, ela é um harmônico importante, e no baixo, é completamente sumida); e o intervalo de uma *oitava* corresponde ao *dobro* de frequências (seja de 200 para 400 Hz ou de 5.000 para 10.000 Hz, por exemplo);
- nos equalizadores paramétricos da mesa de som, em geral, pode-se escolher tanto a região de frequência na qual trabalham como seu Q. Assim podem tanto mexer com uma região geral de frequências de um instrumento (Q baixo) quanto frequências bem específicas (Q alto). A escolha desses parâmetros antes da equalização, portanto, é fundamental;
- na equalização geral, é recomendável não usar mais que 1/3 de todos os faders do equalizador, para não distorcer demais o som. Se for necessário mais do que isso, provavelmente o sistema tem alguma coisa errada;
- procure não enfatizar todos os instrumentos numa mesma frequência. Ao contrário; para instrumentos que soam numa mesma faixa (por exemplo, guitarra, teclado e voz), deixe cada um com uma frequência específica aumentada, distinguindo-os um do outro (1 KHz para o teclado, 2 KHz para a guitarra e 3 KHz para a voz, no caso do exemplo);
- finalmente, como já foi dito, a equalização requer acima de tudo experiência. Para consegui-la, leve em conta cada caso que aparecer numa equalização em especial, e tente não esquecer do que já foi aprendido com esses casos, nas próximas vezes. É possível também treinar as possibilidades da equalização em separado, por exemplo, ligando uma música gravada num equalizador e experimentando diversas mudanças de frequências;
- algumas questões relativas à interação equalização-ambiente são tratados em 6.2.3.1.

◆ 6.1.7 Depois da equalização vêm os amplificadores de potência e as caixas de som. Essa associação tem vários aspectos importantes. Em primeiro lugar, há duas formas de dividir as frequências apropriadamente entre os alto-falantes (fig. **so11**): a **passiva** e a **ativa**. Na passiva o amplificador manda o sinal para todos os alto-falantes ao mesmo tempo. Cada alto-falante tem um filtro embutido, que se encarrega de barrar as frequências que não são próprias para ele. O sistema ativo de amplificação usa um aparelho chamado **crossover**, que divide o sinal em vários outros, cada um situado dentro da faixa de frequências em que o alto-falante trabalha. Cada um desses sinais por sua vez tem um amplificador próprio, que manda-os para as caixas apropriadas. Por usar mais de um amplificador, esse sistema também é chamado de *multi (bi, tri etc.) amplificação*.

O sistema ativo apresenta muitas vantagens em relação ao passivo. Em primeiro lugar, os graves tem por natureza uma intensidade muito maior que os agudos. Se todo o sinal é amplificado e depois dividido (como no sistema passivo), os graves ficarão com muito mais volume que os agudos. Sendo assim, os cortes dos filtros graves podem "ressoar" através do amplificador, distorcendo a resposta dos agudos. Num sistema ativo a divisão de frequências antes da amplificação evita tudo isso. Além disso, no sistema passivo o filtro fica entre o amplificador e o alto-falante. Como em filtros passivos há sempre um pouco de perda resistiva de sinal um pouco da potência do amplificador é sempre perdida. No sistema ativo o amplificador está em contato direto com o alto-falante, o que evita esse problema. E, com mais amplificadores, logicamente pode-se aumentar a potência máxima sem sobrecarregá-los. A principal desvantagem do sistema ativo é logicamente o preço. Ao invés de um amplificador, são necessários tantos amplificadores quanto forem os tamanhos de caixa, além de um crossover, um aparelho de preço razoável. Geralmente, em sistemas profissionais, são usados os dois, o ativo para controlar as frequências de corte e o passivo apenas como proteção para frequências que podem virtualmente destruir o alto-falante (como a frequência de ressonância).

◆ 6.1.7.1 A impedância total ligada na saída do amplificador também é um assunto importante, pelo número de variações que pode ter. É comum se ver várias caixas ligadas a um mesmo amplificador. O tipo de associação entre as caixas irá variar a impedância total ligada ao alto-falante (fig. **so12**). Quando duas caixas de mesma impedância são ligadas em série, a impedância total é o dobro das impedâncias individuais. Isto é, a impedância é maior, o que deve ser levado em conta em termos de casamento de impedância com a saída do amplificador. Um amplificador feito para saídas de  $8\Omega$  (o valor normal de um alto-falante), por exemplo, tem seu desempenho piorado quando ligado a uma impedância de  $16\Omega$  (dois alto-falantes ligados em série).

Uma situação mais grave ocorre com ligações em paralelo. Dois alto-falantes de mesma impedância ligados em paralelo criarão uma impedância total igual à *metade* do valor individual de cada um. No caso de alto-falantes de  $8\Omega$ , a impedância total de uma ligação em paralelo de duas caixas é de  $4\Omega$ , e entre quatro caixas é de  $2\Omega$ , um valor tão baixo que corre o risco de queimar a saída do amplificador. O ideal é se tentar um tipo de associação de modo a conseguir um resultado o mais próximo possível de uma impedância apropriada. No caso de quatro alto-falantes, por exemplo, ao invés de se ligar os quatro em paralelo ou em série, liga-se eles dois a dois (dois em série entre si, em paralelo com outros dois também em série entre si). O resultado será uma impedância total de  $8\Omega$ .

◆ 6.1.7.2 Por fim vejamos o que pode causar a quebra de um alto-falante. Pode ser uma causa **elétrica** (queima da bobina) ou **mecânica** (rompimento por oscilação na frequência de ressonância). A causa elétrica é geralmente causada por valores errados de potência no amplificador. Se o amplificador tem uma potência máxima muito acima da do alto-falante, quando a saída desse amplificador atingir valores altos a bobina do alto-falante não agüentará a corrente e se queimará. Por outro lado, se o amplificador tiver uma potência muito abaixo da potência mínima do alto-falante, a tendência é sobrecarregar o amplificador, fazendo-o funcionar errado e criar picos tão altos em algumas frequências que destroem o alto-falante. Por isso é sempre bom deixar uma margem de segurança na potência do amplificador. O bom é ligar um amp com até a metade da potência máxima do alto-falante. Como uma segurança a mais pode ser ligado um fusível ao alto-falante, de valor apropriado (ver fig. AM4). Pode ser usado um compressor ou um limitador, mas com cuidado, principalmente se for usada uma filtragem passiva. Como os graves têm maior volume que os agudos, o compressor pode comprimir os graves e junto os agudos, sumindo com eles. Se forem usados, esses dispositivos devem de preferência ser regulados apenas para controlar picos elevados.

O rompimento por oscilação já foi explicado anteriormente. A melhor forma de controlá-lo é associando um filtro passa alta que impede que um sinal com a frequência de ressonância passe pelo alto-falante. A maioria das equalizações gerais, feitas depois da junção dos sinais na mesa de som, diminui os níveis de frequências abaixo de 50 Hz com o propósito de proteger os woofers de oscilações.

◆ 6.1.8 Além dos alto-falantes para o público existe um segundo sistema importante a ser lembrado: os **monitores**. Eles são alto-falantes que ficam sobre o palco, voltados para os músicos. O som do sistema voltado para o público fica quase sempre de costas para o palco, e o que o músico escuta dele não passa de uma emboleira ininteligível. O monitor serve para o músico ouvir o verdadeiro som que está saindo afrente do palco, e, ao mesmo tempo, conseguir escutar o que está tocando no meio dos grandes volumes de som de um sistema de sonorização de música. Por

ter essa função os monitores também são chamados de "*retornos*". Uma caixa de retorno tem de combinar uma boa resposta de frequência, um tamanho reduzido (lembre-se que a caixa fica sobre o palco; uma caixa grande pode atrapalhar mais do que ajudar) e uma grande dispersão (para poder atingir os músicos em posições diferentes no palco). Essas três características nem sempre são fáceis de serem somadas. Para ter uma boa resposta de graves, por exemplo, uma caixa precisa geralmente ser grande, o contrário do que se pretende.

Em sistemas grandes podem ser usadas duas posições para o retorno, uma na frente (com caixas de formato característico, chamadas de "*spots*" — fig. **so13**) e outra ao lado do palco (os "*sides*"). Os primeiros se encarregam só dos médios e dos agudos, e os segundos, que podem ser maiores, se encarregam dos graves. Hoje em dia se usam alto-falantes especiais para retornos, com cornetas de grande dispersão. Leve em conta que é dos monitores e de sua colocação que depende a qualidade da apresentação do músico. Assim, é preferível dois monitores caros, mas com uma resposta de frequência boa e bem colocados, do que cinco ruins, que juntos podem piorar o som ouvido pelo músico (ver fig. **af21**). Finalmente, os sistemas de retorno profissionais tendem a ser pensados como sistemas independentes, com uma amplificação e mesas próprios. Recomenda-se usar mesas com muitas saídas para esses sistemas. Os músicos podem com frequência ter seus próprios mixers, usados em seus monitores individuais.

◆ **6.1.9** E assim temos um sistema de som pronto. A fig. **so14** mostra o esquema de um sistema para um conjunto composto de baixo, guitarra, bateria e teclados, onde os quatro integrantes cantam. Os microfones de voz (Q), de instrumentos (R) e as saídas line ou direct box (S) são ligados ao multi-cabo (A). Note que, enquanto a caixa onde está ligado o baixo (H) usa direct box, a da guitarra (I) é captada por um microfone. O multicabo manda dois sinais, um para a mesa principal (U), que fica geralmente afrente do palco (com o operador escutando o som do sistema), e outro para o sistema de retorno do lado do palco (E), que manda o sinal para os retornos (P). O sinal da mesa (O), associado a um equalizador (L), um processador de eco (M) e um compressor (N), vai até o crossover (C), situado geralmente ao lado do palco, que divide as frequências entre os amplificadores graves (D) e agudos (B), que por sua vez amplificam o sinal para suas respectivas caixas (J e K).

## ◆ **6.2 SONORIZAÇÃO**

Agora entraremos na junção do sistema com o ambiente em que ele se encontra. Começemos por definir o que um sistema de sonorização faz. Sua principal função é fazer com que, num determinado acontecimento público (no nosso caso, um show de música), um som que não é audível passe a sê-lo. Até aí está óbvio. Mas a partir dessa definição ficam determinados também os parâmetros gerais de qualidade de um

sistema: ele tem que, primeiro, criar um som suficientemente alto para que todos possam ouvir. Em segundo lugar, ele tem de direcionar o som de maneira adequada para o público. Tem também que criar um som o mais limpo e claro possível, sem modificar o som de origem. Por último, o sistema tem de ser feito de tal modo que possa cumprir essas funções sem trabalhar no limite de suas possibilidades, o que acarreta em falta de segurança. Em outras palavras, um sistema tem de estar apto a responder a quatro perguntas: — *está alto o suficiente?* — *todo mundo pode ouvir?* — *todo mundo pode entender?* — *vai haver feedback?*

◆ **6.2.1 ESTÁ ALTO O SUFICIENTE?** Essa é basicamente uma questão de *potência*. Se o amplificador e os alto-falantes forem capazes de criar um nível suficiente de decibéis o sistema poderá criar volume suficiente. Quanto é esse volume suficiente? Depende basicamente do quão alto o sistema tem de ser para que todo mundo escute. Ambientes pouco barulhentos precisam de menos som; ambientes com muito ruído precisam de mais som. A relação entre o som do sistema e o ruído do ambiente deve ser sempre maior que 25 dB, isto é, o sistema tem de estar apto a criar sons 25 dB mais altos que o som do público. De uma forma geral, um sistema de som para música popular deve poder criar níveis de volume de até 100 dB.

◆ **6.2.1.1** Passemos para o equipamento. Em primeiro lugar deve-se saber a distância a ser coberta pelo som. Daí então se compara o nível de volume que se quer a essa distância com a sensibilidade do alto-falante a disposição. Suponhamos um alto-falante com uma sensibilidade de 90 dB/W/m. Isso significa que com 1 watt de potência e na distância de 1 metro, o alto-falante produzirá 90 dB. Com o dobro da distância há uma perda de 6 dB. E, para recuperar essa perda, precisa-se de quatro vezes mais potência para chegar ao mesmo nível. Assim, a dois metros precisa-se de 4 W para produzir 90 dB. A quatro metros da caixa, vão ser necessários 16 W para produzir 90 dB. E por aí vai, sempre dobrando e quadruplicando os valores anteriores. É claro que vai chegar uma hora que a potência necessária será tão grande que nenhum alto-falante agüenta. Daí torna-se necessário pensar tudo de novo com mais de uma caixa. Aumentando o dobro de caixas (de 1 pra 2, de 2 pra 4 Etc.) o nível do som aumenta 3 dB, mas a wattagem também dobra. Lembrando sempre:

- com o dobro da distância do alto-falante o volume cai 6 dB;
- para recuperar 6dB é necessário quadruplicar a potência.

◆ **6.2.2 TODO MUNDO PODE OUVIR?** É basicamente a *dispersão* do sistema de alto-falantes que decide isso. Os alto-falantes tem de estar apontados para os lugares certos, senão o campo coberto pelo sistema será pequeno.

◆ **6.2.2.1** Se levarmos em conta apenas o caráter de dispersão do sistema, ele pode ser composto de dois tipos básicos: cornetas e colunas. Sistemas de cornetas conservam as características dos elementos que os

formam, ou seja, cornetas; são altamente direcionais e tem uma grande eficiência em termos de potência: pra se ter uma idéia, um sistema de cornetas pode sonorizar um teatro de 2000 lugares a um nível de volume de 100 dB com apenas 30 W. A direcionalidade faz com que o som chegue com maior força, isto é, não são necessários muitos alto-falantes para grandes distâncias. Por outro lado, ela diminui o campo coberto pelo sistema. Assim, um sistema de cornetas precisam de menos componentes para levar o som a uma determinada distância, mas mais componentes para espalhar o som em muitas direções. Além disso, cornetas são maiores e mais pesadas do que caixas, e por isso dão mais trabalho para serem instaladas.

◆ 6.2.2.2 O sistema de caixas é geralmente feito com colunas empilhadas. São sistemas leves e que ocupam pouca área, o que facilita sua montagem e a recomenda para sistemas móveis. Mas colunas têm uma eficiência menor que cornetas (no exemplo dado acima, seriam necessários 200 W para uma sonorização adequada). Além disso, a dispersão de agudos é muito pior que a dos graves, o que pode piorar a resposta de um conjunto de muitas caixas (como na fig. **af21**).

◆ 6.2.2.3 A forma como os alto-falantes são montados deve levar em conta os diversos pontos que devem ser cobertos pelo som, a anulação entre caixas em regiões diferentes etc.. O sistema que apresenta melhores resultados é o **cluster central**. Nele todos os alto-falantes são colocados sobre o centro do palco (fig. **so15**). A colocação de todos os alto-falantes juntos evita problemas de anulação por sons fora de fase, e dá uma maior naturalidade à sonorização. Parece que o som vem diretamente do palco, e não do sistema. Se os níveis de volume da sonorização e do palco são mais ou menos iguais, esse cluster dá ao som uma forma de "delay" natural, vindo da diferença de tempo entre o som direto dos instrumentos do palco e o som dos alto-falantes, o que encorpa o som e o deixa mais inteligível. É claro, esse sistema também tem desvantagens. Pra começar, dá um trabalhão colocar todas as caixas num elevado montado sobre o palco. Isso sem falar da diminuição da segurança. Além disso, pode acontecer de algumas áreas não serem cobertas pelo som do cluster, como em teatros, nos lugares sob balcões ou sob camarotes. Nesses caso deve-se usar alto-falantes colocados especialmente para essas áreas (fig. **so16**).

◆ 6.2.2.4 O uso de **clusters separados**, um em cada canto do palco (em inglês, "*split clusters*" — fig. **so17**) é o sistema mais usado, apesar de suas desvantagens. A principal delas é a grande diferença de sonoridade para diferentes posições. Posições equidistantes dos dois clusters escutarão de forma adequada. Mas é só o ouvinte estar um pouco mais perto de um do que de outro para um cluster ser abafado pelo outro. Dependendo da distância entre os dois, podem acontecer também diferenças de fase, anulando determinadas frequências. Esse é um problema incontornável do split cluster. Ele pode ser atenuado pelo som

mono (saindo o mesmo som nos dois clusters, som abafados em um continuarão sendo ouvidos no outro) ou pelo uso de um cluster como principal, e outro, de volume menor, apenas para algumas áreas não atingidas pelo primeiro. Se não for usado nenhum desses recursos, deve-se pelo menos fazer com que os clusters sejam apontados cada um para toda a platéia, e não cada um para uma parte dela. As vantagens do split cluster são basicamente o inverso das desvantagens do cluster central: cria poucos problemas em termos de alcance de todo o público (por pegá-lo de frente, não de cima) e é mais fácil de ser montado, por isso custando menos.

◆ 6.2.2.5 O último sistema é o de **clusters distribuídos**, achados em ambientes como cinemas ou auditórios de convenções. Mas esse sistema tem pouco poder de volume e necessita de um grande aparato para funcionar adequadamente (com sistemas de delay para compensar as diferenças de fase entre os diversos alto-falantes, por exemplo), e por isso é considerado impróprio para sonorização de palco.

◆ **6.2.3 TODO MUNDO PODE ENTENDER?** Isso está ligado basicamente ligado a dois princípios, *cobertura de freqüências* apropriada e *distorção*.

◆ 6.2.3.1 O sistema tem de esta apto a reproduzir todas as freqüências dos instrumentos do palco. Para isso é necessária uma boa captação no palco, com microfones de boa resposta. E ao mesmo tempo, alto-falantes divididos de forma apropriada entre as freqüências. Num sistema ao ar livre, com um bom equipamento, é relativamente fácil se conseguir com que o sistema produza uma resposta de freqüência adequada. Mas em ambientes fechados há muitos fatores da sala que influem na resposta de freqüência escutada. A freqüência de ressonância da sala, o reforçamento de algumas freqüências por reflexões em fase etc., tudo isso faz com que o som que sai dos alto-falantes mude dentro do ambiente e seja escutado por nós de maneira diferente do normal. Em sistemas de melhor qualidade pode ser feita uma correção por equalização, usando um **analisador de freqüências**.

Esse aparelho é ligado ao sistema, e manda um "*ruído rosa*", um sinal que contém todas as freqüências audíveis ao mesmo tempo (um ruído igual ao de uma televisão fora do ar). Esse sinal sai pelas caixas e reverbera pelo ambiente; e esse som do ambiente é captado por um microfone ligado ao analisador (fig. **so18**). O aparelho então forma um gráfico num mostrador, indicando as freqüências que estão mais acentuadas e as que estão mais apagadas. O sistema então é corrigido na equalização. Tomando um exemplo, se o analisador indica que as freqüências de 100 a 400 Hz estão muito altas, é só diminuí-las na equalização que a resposta do sistema melhora. Convém lembrar que, como já foi dito, a equalização não pode fazer milagres, isto é, não pode consertar um sistema defeituoso. Assim, leve em conta que, se qualquer

freqüência precisar ser mudada em 5 dB a mais ou a menos, algo está errado.

◆ **6.2.3.2** Um dos problemas de distorção mais importante é a **reverberação**. Uma reverberação muito alta prejudica a inteligibilidade. Uma reverberação muito baixa faz com que todo o trabalho tenha de ser feito pelos alto-falantes, e empobrece o som. O mesmo se pode dizer a respeito do tempo de reverberação. Salas com muita reverberação podem ter uma reverberação melhorada com uma boa equalização, usando um analisador de freqüência. As salas têm uma resposta de freqüência também, como alto-falantes e microfones. Isto é, elas reforçam certas freqüências no som que reverberam, e anulam outras (fig. **so19**). Assim, algumas freqüências podem reverberar mais que outras. O uso de um analisador faz com que essas freqüências fiquem evidentes (não se esqueça que o microfone ligado a ele capta não só o som do alto-falante, mas também o que reverbera na sala). Se a equalização for feita a partir do que o analisador mostra, as freqüências mais intensas vão ser diminuídas, e a reverberação vai melhorar. O uso de abafadores acústicos nas paredes, nos lugares certos (como nas paredes do lado oposto ao das caixas) pode melhorar também a reverberação. Por último, há a relação entre os alto-falantes e o ambiente (fig. **so20**). O lugar onde se põem os alto-falantes vai fazer com que o som reverbere de um jeito. Mudar esse lugar pode fazer com que a reverberação mude completamente. Pense nisso quando for montar os sistemas de alto-falantes, levando em conta os princípios de reflexão do som. Uma sala com carpete na parede atrás do alto-falante e concreto na parede em frente, por exemplo, faz com que o som refletido esteja só afrente do alto-falante, o que pode prejudicar a inteligibilidade.

◆ **6.2.3.3** Em salas com pouca reverberação pode ser usado um eco digital. Na verdade esse efeito é sempre usado, porque o microfone que capta os instrumentos pega na maioria das vezes só o som direto, não o reverberante, para controlar a microfonia. O resultado é um som sem vida, "xoxo". Por isso é sempre bom ligar um eco nos microfones, ou pelo menos nas vozes. As regulagens desse eco variam. Em salas com pouca reverberação, para voltar ao assunto, é necessário simular todo o processo de reverberação, com reverbs de 1 a 2 segundos. Em salas com reverberação mediana ou alta pode ser usado um delay com poucas repetições, para criar só o efeito das primeiras reflexões. A sala faz o resto. Usar muito delay ou muito reverb, dependendo da sala, faz a reverberação artificial se somar com a natural, o que pode ter efeitos catastróficos (ver 6.2.4).

◆ **6.2.4 VAI DAR MICROFONIA?** A **microfonia** (*efeito Larsen*, em inglês *feedback*) é um dos mais desagradáveis distúrbios que podem ocorrer num sistema. Ela se caracteriza por uma auto-alimentação: o som que sai pelo alto-falante é captado de novo pelo microfone, e sai de novo pelo alto-falante, e é captado... num ciclo sem fim. A microfonia é desagradável, em



primeiro lugar, pelo som que provoca. É um assobio cuja frequência varia de sistema para sistema, mas que ocupa toda a potência do sistema; ou seja, é sempre ensurdecedor. Além disso, como ocupa toda a potência, não deixa margens para o verdadeiro sinal, e assim nada do que deveria estar sendo amplificado está saindo nas caixas. Mas, principalmente, esse uso máximo da potência sobrecarrega o sistema como nenhuma outra coisa conseguiria, e pode levar a queima de quase todos os aparelhos.

◆ 6.2.4.1 O método para se controlar microfonia é basicamente evitar que o som que sai do alto-falante seja captado pelo microfone. Em primeiro lugar se deve evitar que o som *direto* do alto-falante atinja o microfone. É óbvio, um microfone apontado para uma caixa vai captar o som desta. Deve-se em primeiro lugar, portanto, evitar a colocação dos microfones afrente das caixas. Outro procedimento simples é colocar *menos* microfones; quanto menos microfones, menor é a chance de captação. Dobrando o número de microfones (de 1 para 2, de 2 para 4) o *ganho antes de microfonia* cai 3 dB, isto é, se antes uma determinada intensidade provocava microfonia, agora a microfonia é provocada com 3/4 dessa intensidade. O uso de microfones e alto-falantes direcionais também melhora o ganho antes de microfonia. Microfones cardióides ou hipercardióides (unidirecionais) podem aumentar o ganho antes de microfonia em até 6 dB, por desconsiderar o som que vem de trás deles — num palco, o som da platéia e dos alto-falantes. E, sobretudo, de alguns alto-falantes apontados diretamente para o microfone — os retornos. É sempre bom deixar a parte de trás do microfone apontando exatamente para o retorno. O uso de alto-falantes com dispersão bastante direcional (cornetas) pode também aumentar o ganho antes de microfonia, em até 10 dB. Mas esse ganho pode ser enganoso. Se há cornetas apontando para o público perto do palco, por exemplo, esse ganho cai, principalmente se forem cornetas de frequências graves, já que os graves são menos direcionais, e se espalham mais, podendo mais facilmente atingir o microfone.

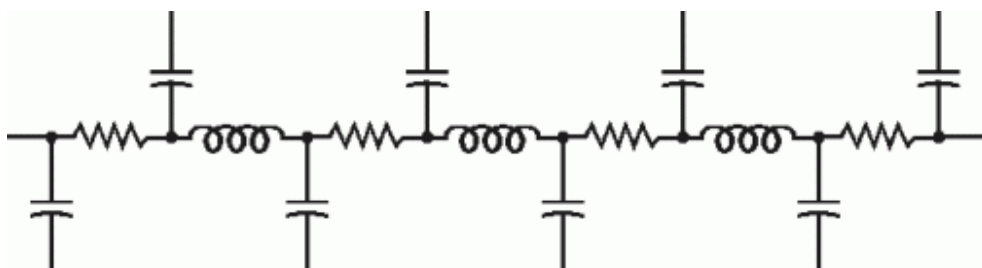
◆ 6.2.4.2 Em segundo lugar deve-se evitar que o som *reverberante* atinga o microfone. A reverberação deve ser pelo menos 6 dB menor que o som direto (o som a ser captado — a voz do cantor, por exemplo) para que não haja microfonia. O uso de abafadores acústicos no espaço afrente do microfone pode ajudar, principalmente se ele está perto de uma parede que esteja refletindo o som. Também pode não adiantar nada, já que na maior parte do tempo haverá algo (como a cabeça de um cantor) entre o microfone e o abafador. A colocação de obstáculos afrente do microfone (também como a cabeça de um cantor) pode mudar a maneira como as reflexões atingem o microfone, criando microfonia. Assim, um microfone estável sem o cantor à sua frente pode provocar microfonia com o cantor. Por outro lado, dobrando a distância da fonte de som ao microfone, o ganho antes de microfonia cai 3 dB.

♦ **6.2.4.3** Em terceiro lugar a *resposta de freqüência* deve ser melhorada. Hoje em dia já se sabe que a maioria dos casos de microfonia são acionados por um problema de equalização associado a uma particularidade acústica do ambiente. Por exemplo, seria o caso de um alto-falante que tem uma resposta mais forte em uma determinada freqüência, colocado num ambiente que tem essa mesma freqüência como ressonância. Quando for emitido qualquer som com essa freqüência, ela vai ressoar intensamente, e provavelmente vai ser captada pelo microfone, começando uma microfonia. Se é usado um analisador de freqüências para equalizar o sistema, esse problema é ultrapassado. Mas, é claro, não é todo mundo que tem um analisador de freqüências. Para esses pobres infelizes, há um modo prático de se remediar microfonia causadas por freqüências muito intensas: aumente o volume do sistema até o ponto onde ele comece a dar microfonia. O sistema de som começa a “apitar”. Esse “apito” tem uma freqüência, e é essa freqüência que deve ser abafada no equalizador.

◆ **6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS** — Espero que este Guia tenha sido útil para auxiliá-lo a compreender toda esta parafernália ao seu lado no palco. No princípio pode parecer um volume muito grande de informações, mas com a prática fica mais evidente quais são as informações importantes e quais não são, quais são as invariáveis e quais são as que mudam muito de situação para situação. Sobretudo esteja sempre atento a experiências não-conhecidas, e nunca tenha medo de tentar coisas novas.

Pra terminar, algumas recomendações na passagem do som, o momento em que os músicos testam o sistema de som montado:

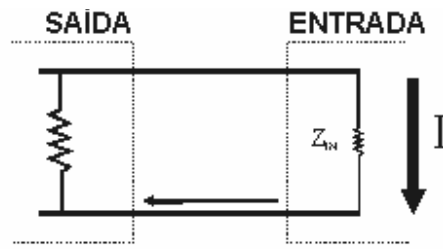
- não equalize os instrumentos, ou o som geral, antes da passagem de som;
- no controle de microfonia por diminuição de freqüências (ver **6.2.4.3**), o método de aumentar o volume e diminuir a freqüência da microfonia deve ser repetido umas 3 vezes sucessivas, para um nível maior de segurança. E *sempre* faça isso com alguém na frente de cada microfone.



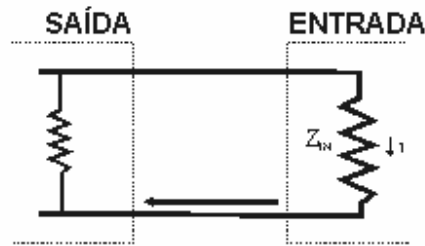
**so01:** o que um cabo representa para um circuito.

AWG nº (B&S)	Diâmetro (mm)	Resistência a 300 m ( $\Omega$ )
1	7.348	0.1260
2	6.544	0.1592
3	5.827	0.2004
4	5.189	0.2536
5	4.621	0.3192
6	4.115	0.4028
7	3.665	0.5080
8	3.264	0.6045
9	2.906	0.8077
10	2.588	1.018
11	2.305	1.284
12	2.053	1.619
13	1.828	2.042
14	1.628	2.575
15	1.450	3.247
16	1.291	4.094
17	1.150	5.163
18	1.024	6.510
19	0.9116	8.210
20	0.8118	10.35
21	0.7230	13.05
22	0.6438	16.46
23	0.5733	20.76
24	0.5106	26.17
25	0.4547	33.00
26	0.4049	41.62
27	0.3606	52.48
28	0.3211	66.17
29	0.2859	83.44
30	0.2546	105.20
31	0.2268	132.70
32	0.2019	167.30
33	0.1798	211.00
34	0.1601	266.00
35	0.1426	335.00
36	0.1270	423.00
37	0.1131	533.40
38	0.1007	672.60
39	0.0897	848.10
40	0.0799	1069.00
41	0.0711	1323.00
42	0.0633	1667.00
43	0.0564	2105.00
44	0.0502	2655.00

**so02:** tabelas de grossuras de fios.

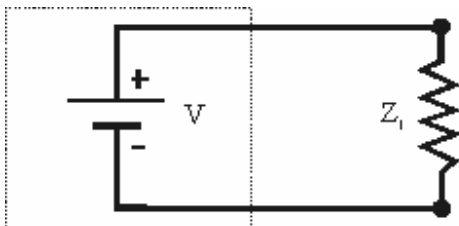


$Z_N$  pequeno =  $I$  muito alto (distorção)

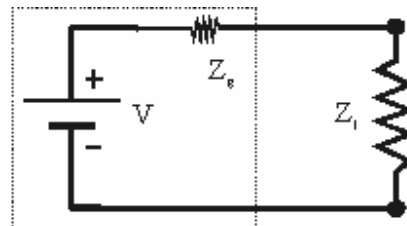


$Z_N$  grande =  $I$  muito pequeno (ausência de sinal)

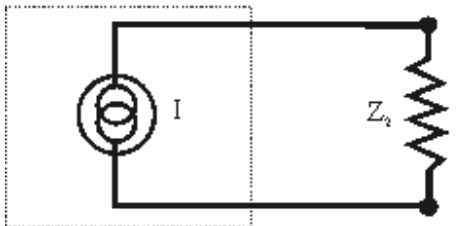
**so03:** o que acontece quando há ligações inapropriadas de impedâncias.



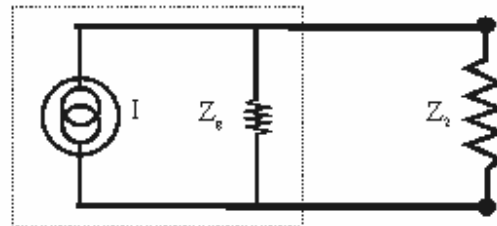
Um gerador ideal de tensão  
 (em todas as cargas que produz)



Um gerador real de tensão  
 (um pouco de  $V$  fica aplicado em  $Z_g$ )

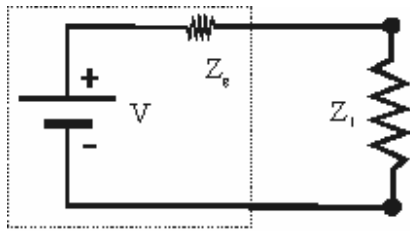


Um gerador ideal de corrente  
 (em todas as cargas que produz)



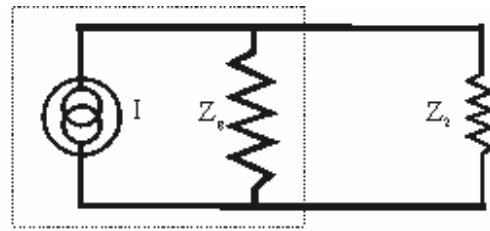
Um gerador real de corrente  
 (um pouco de  $I$  vai fluir por  $Z_g$ )

**so04:** geradores ideais e reais.

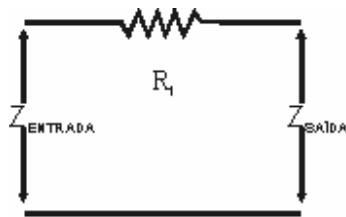


$V_r$  é muito menor que  $V_1$

**so05:** como funciona uma ligação apropriada de impedâncias.

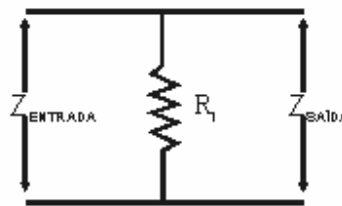


$I_r$  é muito menor que  $I_2$



$$Z_{ENTRADA} > Z_{SAIDA}$$

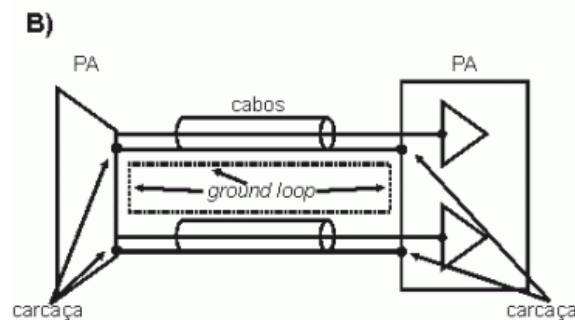
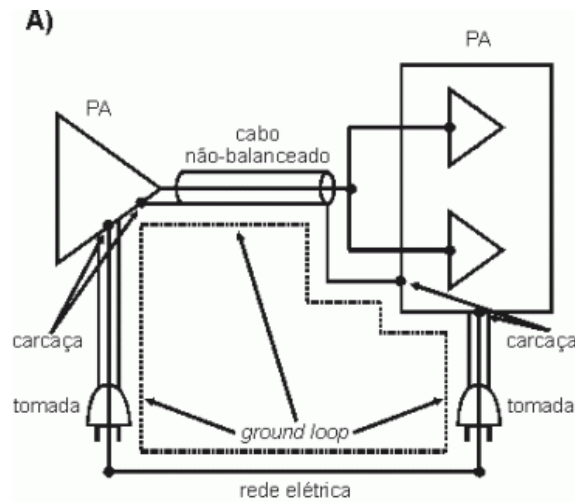
$$R_1 = Z_{ENTRADA} - Z_{SAIDA}$$



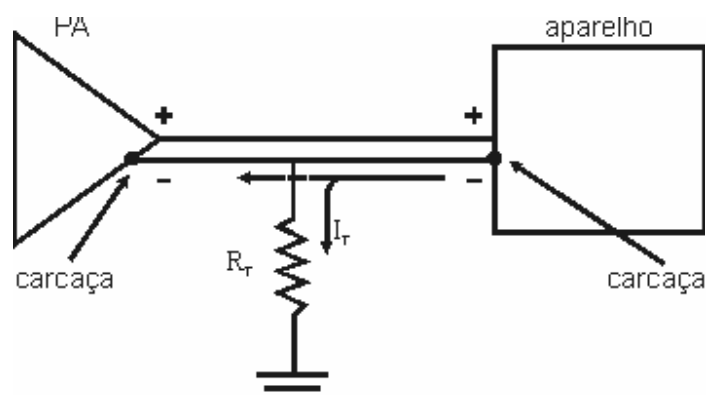
$$Z_{ENTRADA} < Z_{SAIDA}$$

$$R_1 = \frac{Z_{ENTRADA} \times Z_{SAIDA}}{Z_{ENTRADA} + Z_{SAIDA}}$$

**so06:** PADS.



**so07:** exemplos de formação de ground loops.



**so08:** como a resistência do fio terra ( $R_T$ ) pode influir no aterramento.



Cannon (macho)

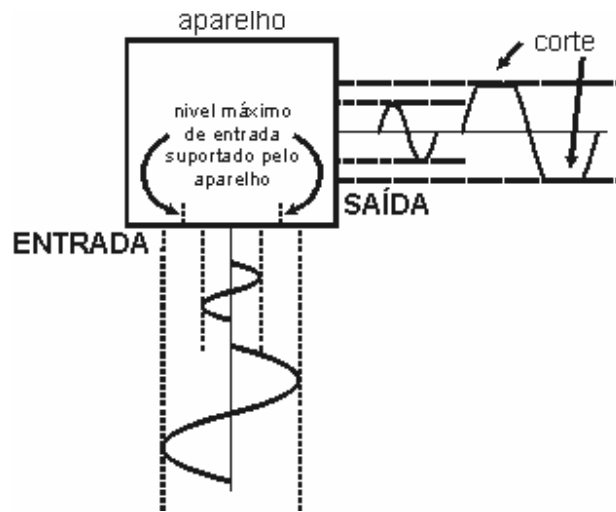


Phone plug

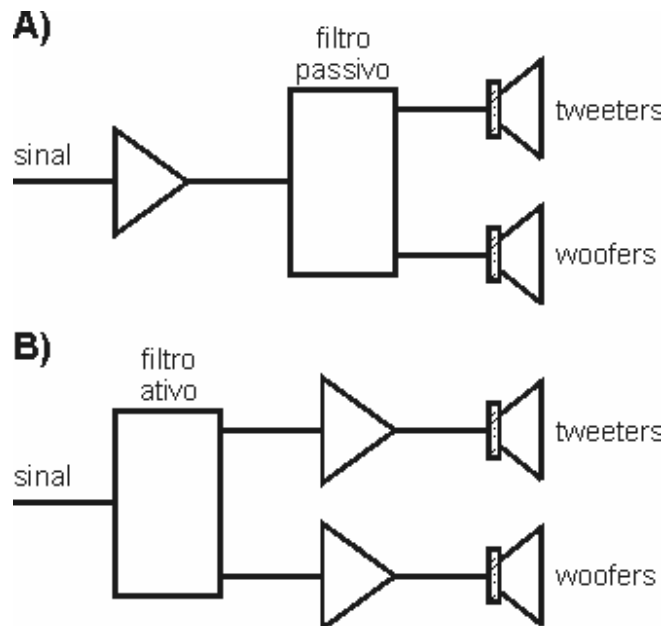


RCA

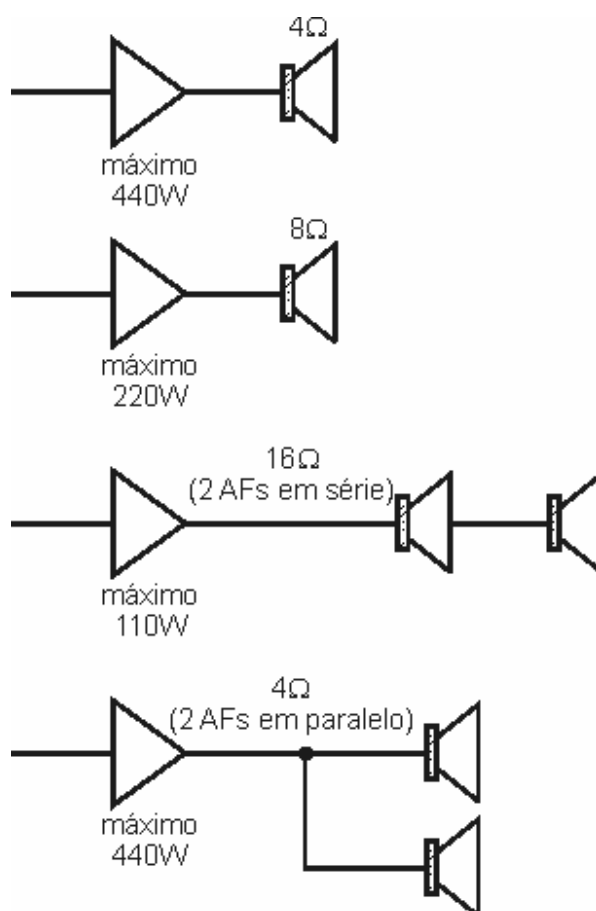
**so09:** conexões mais comuns.



**so10:** o que acontece na distorção por overload:  
1) sinal baixo;  
2) sinal alto.



**so11:** tipos de divisão de frequências entre alto-falantes.



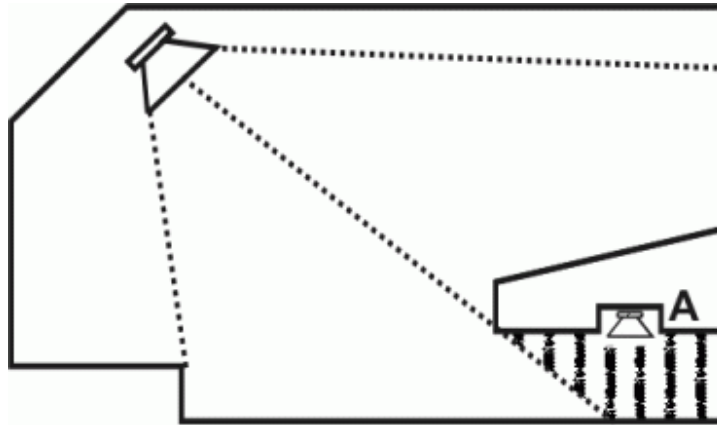
**so12:** relação entre impedâncias de alto-falantes e potências de amplificadores.



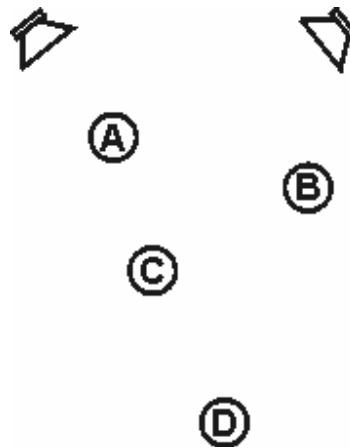
**so13:** *spot* de retorno.



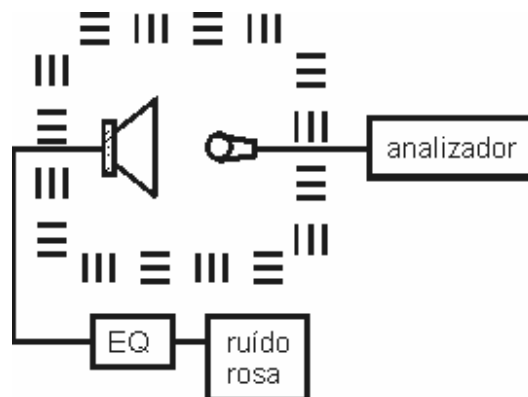




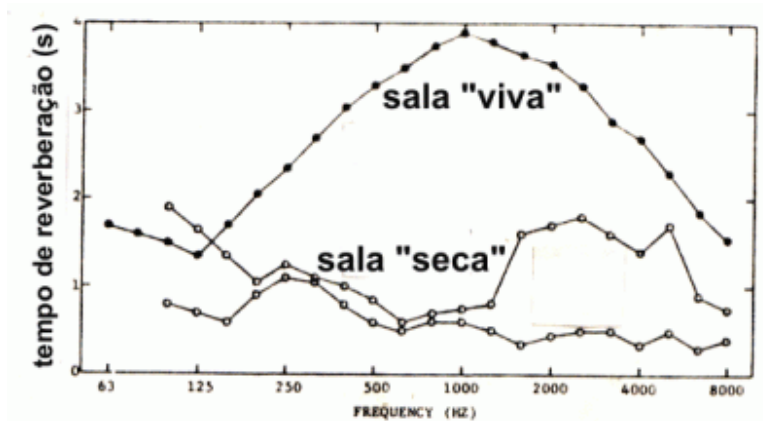
**so16:** problemas com *cluster* central. A área hachurada não é atingida pelo som do cluster, sendo necessário um alto-falante separado (A).



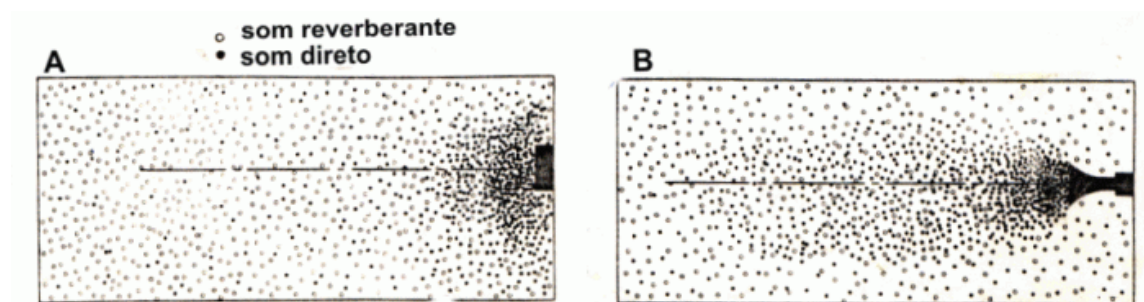
**so17:** *split clusters*. Ouvintes em C ou D captarão melhor o conjunto sonoro que A ou B.



**so18:** esquema de ligação de um analisador de frequências.



**so19:** relação entre freqüências e reverberações típicas.



**so20:** relação entre dispersão dos alto-falantes e reverberação:  
A) caixas;  
B) cornetas.