

4 - AMPLIFICADORES

4. Um **amplificador** é basicamente um aparelho ou circuito que liga uma parte do sistema a outra que é inicialmente incompatível, seja por causa da *impedância* (dois aparelhos que não casam convenientemente as impedâncias — ver I.9, 6.1.2), seja em termos de energia elétrica (aumentando sinais de um aparelho que seriam muito pequenos para serem usados por outro, como é o caso típico do microfone ligado diretamente a um alto-falante, uma situação inconcebível pela intensidade diminuta que sai do microfone).

◆ **4.1** Na verdade o termo amplificador abrange um número enorme de aparelhos e circuitos, que diferem muito entre si sob qualquer ângulo, seja no modo como funcionam, em características básicas, seja na função que tem cada tipo etc. Este capítulo tratará basicamente destas diferenças. Sendo assim há várias formas pelas quais se podem **classificar** amplificadores:

◆ **4.1.1 Quanto à forma de construção** — sendo em essência aparelhos que aumentam a intensidade de um sinal (ver I.4), todos os amplificadores usam um componente ativo (ver I.10). Os amplificadores assim podem ser classificados de acordo com o tipo de componentes que usam: amps a válvula, de transistor etc.

◆ **4.1.2 Quanto à quantidade elétrica sendo amplificada** — os amplificadores podem aumentar a tensão (ver I.2) do sinal, a corrente elétrica (ver I.3) que este sinal representa etc. Se for um amp de tensão, ele deve ter uma impedância de entrada alta e uma impedância de saída baixa. Os amplificadores de corrente, pelo contrário, têm uma impedância de entrada baixa e uma impedância de saída alta. Os chamados amplificadores de trans-condutância captam uma tensão na entrada e amplificam uma corrente correspondente na saída. Eles têm impedâncias de entrada e saída altas. Os amplificadores de trans-resistência captam uma corrente na entrada e amplificam uma tensão correspondente na saída. Eles têm impedâncias de entrada e saída baixas. Na verdade, nesses termos todos não interessa muito que valor está sendo amplificado. O

valor que importa mais são as impedâncias de entrada e saída, porque são elas que determinam as impedâncias dos aparelhos que devem ser ligadas na entrada e na saída do amplificador, ou seja, aonde este amplificador deve ser usado.

◆ **4.1.3 Quanto à relação funcional entrada/saída** — os amplificadores podem variar a saída numa relação *linear* com a entrada (se a entrada aumenta duas unidades, por exemplo, a saída aumenta também duas unidades) ou numa relação *exponencial* (se a entrada aumenta duas unidades, a saída aumenta quatro). Os amplificadores lineares são a maioria, embora sejam relativamente comuns amplificadores exponenciais.

◆ **4.1.4 Quanto à função** — há amplificadores que mandam o sinal para os alto-falantes, amplificadores que fazem a ligação entre o microfone e o resto do sistema, amplificadores que conectam vários aparelhos entre si etc. Nesse aspecto o termo amplificador pode inclusive mudar o que significa; geralmente dizer "amplificador" é referir-se àqueles em geral enormes aparelhos que ligam uma mesa de som aos alto-falantes, mas mesmo dentro desta mesa há circuitos (ver I.6) que fazem o papel de amplificadores, ainda que não sejam aparelhos separados.

◆ **4.1.5 Quanto ao ganho** — o ganho mede a relação entre o sinal (ver I.4) que entra no amplificador e o que sai, isto é, o quanto esse sinal foi aumentado com a amplificação. Pode ser considerado como o principal parâmetro de um amp; se sua função básica é amplificar, a coisa mais importante é saber o quanto ele consegue fazê-lo.

◆ **4.1.6 Quanto à forma de balanceamento** — o "balanceamento" diz respeito ao pólo negativo do sinal (sinal — ver I.4; pólo — ver I.3). Quando o pólo negativo do aparelho é o mesmo que o negativo do sinal de áudio, o sistema é não-balanceado. Se o contrário acontece, isto é, se o negativo do amplificador e o do sinal são independentes, o sistema é balanceado. Há amplificadores com entrada balanceada, com saída balanceada ou com ambos. Em geral é extremamente preferível um amplificador balanceado; com negativos diferentes o aparelho não vai misturar o sinal de áudio com as várias correntes que correm por dentro dele, o que causa ruído. Além disso há outro detalhe importante: em sistemas não-balanceados o negativo do sinal e o do aparelho são os mesmos. Isto é, os elementos que mandam o sinal estão indiretamente (ou seja, no pólo negativo, que é neutro) ligados à rede elétrica. A possibilidade de um desses elementos (como um microfone) entrar em contato direto com a corrente ou a tensão da rede elétrica (da tomada) é maior, o que diminui a segurança (para maiores detalhes sobre balanceamento e terra ver 6.1.3).

◆ **4.2 Pré amplificadores** — o pré-amplificador aumenta um sinal de tamanho pequeno de forma que ele atinja um nível suficiente para ser trabalhado nos padrões normais do sistema de som. Sua principal aplicação é obviamente a ligação de microfones (que têm uma intensidade

de sinal bem baixa) com os outros aparelhos do sistema (mesa, equalizador etc) (sinal — ver I.4).

◆ 4.2.1 Um microfone pode ser considerado em muitos aspectos como um *gerador de tensão* (ver I.11). Em outras palavras, o que importa na saída do microfone não é tanto a corrente do sinal, mas sua tensão (ver I.2, I.3). Portanto o pré-amplificador deve ser um amplificador de *tensão*, com impedância de entrada alta e impedância de saída baixa. Essa impedância de entrada é mais ou menos dez vezes maior que a do microfone, que é geralmente de 200Ω . Assim, a impedância média da entrada de um pré-amplificador de microfones é de $2\text{ K}\Omega$. Os pré-amplificadores também são em geral balanceados na entrada, como na fig. **am1**. Os vários riscos paralelos formando um triângulo representam o terra. Para maiores detalhes sobre balanceamento e terra em entradas de microfone ver 6.1.3.

◆ 4.2.2 Há vários tipos de pré-amplificadores quanto ao tipo de construção. Os dois principais são os de **transformador** e o **ativo** (fig. **am2** e **am3**). A figura em forma de triângulo é por convenção usada para representar amplificadores. Não convém aqui entrar em detalhes sobre seu funcionamento, mas é bom falar das características de cada um:

- ambos são balanceados, e têm melhor sensibilidade (ver 1.1.2) que os modelos não-balanceados;
- o ativo tem uma melhor rejeição a sinais *common mode* (sinais que aparecem nos dois pólos ao mesmo tempo, isto é, distorção [pólo — ver I.3; distorção — ver 6.1.5]). O pré ativo tem uma rejeição de 100 dB, isto é, o sinal principal (ver I.4) tem que ter mais de 100 dB para o *common mode* ser maior que 0 dB. O de transformador tem 60 dB de rejeição;
- os prés de transformador têm um limite de resposta de frequência (ver 1.1.1) de aproximadamente 20.000 Hz. Isso pode ser uma vantagem por cortar interferências de ondas de rádio;
- os prés de transformador têm um nível de ruído na saída menor que os ativos. Apesar disso, seu nível de distorção (ver 6.1.5) é mais alto que o destes últimos.

◆ **4.3 Amplificadores de potência** — são os amplificadores que pegam o sinal (ver I.4) já captado e trabalhado (passado por mesas, equalizadores etc), o amplificam e o mandam para os alto-falantes. São geralmente amplificadores de *corrente*, com impedância de entrada baixa e de saída alta.

◆ 4.3.1 Os amplificadores de potência são um exemplo de aparelhos que funcionam melhor quando não aterrados. Isso porque eles trabalham com grandes intensidades elétricas. Assim, se houvesse um fio terra (ver 6.1.3), a quantidade de corrente que atravessaria este fio criaria um nível de interferência de altas frequências (como as de rádio [frequências —

ver II.2) tão grande que elas entrariam no aparelho e provocariam ruído. Na verdade, essa interferência pode ocorrer mesmo sem o terra (embora a existência dele ajude). Para evitá-la pode-se usar filtros passa baixa (ver 2.1) com frequência de corte de mais ou menos 20.000 Hz na entrada e na saída.

◆ 4.3.2 Os amplificadores de potência trabalham com grandes intensidades de corrente (corrente — ver I.3). Por isso são bastante suscetíveis a sobrecargas e queimas. O modo mais comum de protegê-los é usando **fusíveis**, componentes ligados à corrente principal do aparelho. Quando a corrente começa a ficar alta demais, eles se rompem antes dela fazer algum mal ao aparelho, desligando o circuito (ver I.6). A fig. **am4** tem uma tabela para determinar o valor da corrente de rompimento do fusível usado. É só saber o valor da impedância total dos alto-falantes ligados na saída do amplificador e a potência máxima usada (geralmente dada pelo fabricante. Para este cálculo, procure usar um valor um pouco menor que o máximo, para se ter uma margem de segurança), e ligar os pontos.

◆ 4.3.3 Por último, é interessante estipular a relação entre a potência do aparelho e a quantidade de som que ele irá produzir. Mas isso já mexe com outros valores, além dos ligados a este capítulo. Consulte 6.2.1 para maiores informações.

MESAS DE SOM

◆ 4.4 A função das mesas de som (ou mixers) num sistema de sonorização está ligada ao número de elementos que esse sistema vai sonorizar. Se é só um instrumento que vai ser amplificado basta ligá-lo a um pré-amplificador, depois equalizá-lo, usar alguns efeitos, amplificá-lo e mandar o sinal (ver I.4) para alto-falantes. Mas num conjunto de música popular, por exemplo, dificilmente se terá apenas um instrumento a ser amplificado. Daí pode-se fazer duas coisas: ou é montado um sistema como o descrito acima para cada um dos microfones (altamente inviável, dependendo das circunstâncias. É só imaginar a quantidade de aparelhos necessária para amplificar uma bateria, que pode usar até oito ou dez microfones), ou junta-se todos os sinais em um único, que será trabalhado e amplificado. É aí que entra a mesa de som. Ela é responsável pela somatória de todos os sinais (*mixagem*), pelo igualamento das intensidades

desses sinais, pelo adição de efeitos comuns a todos os instrumentos etc. Ou seja, ela toma vários sinais diferentes e junta-os em um só.

◆ 4.4.1 O funcionamento de uma mesa de som é razoavelmente simples. Ela pode ser dividida em três seções básicas, mostradas num esquema simples na fig. **am5**. A **entrada** é a seção onde as várias fontes são captadas e trabalhadas; cada fonte de sinal (cada microfone) é tratada separadamente. A seção de **saída** trata do som resultante da mixagem de todos os sinais. Ela tem controles gerais desse som e conexões para a saída do som para o resto do sistema. Às vezes pode haver uma segunda saída, a saída **auxiliar**, a ser usada em alguma função secundária ou com alguma diferença em relação à principal (por exemplo, um efeito a mais). Essa saída auxiliar pode ter também controles independentes da principal. A seção de **monitor** controla a forma como ele está sendo usado (monitor — ver 6.1.8).

◆ 4.4.2 A seção de **entrada** de um mixer consta geralmente de muitos recursos para se trabalhar com o som de cada entrada. Cada entrada separada é chamada de *canal*. Cada canal tem para começar uma conexão, na frente da mesa, onde se liga a fonte de som (conexões — ver 6.1.4). Ligado a esta conexão está um pré-amplificador (ver 4.2, 4.1.4). O *ganho* (ver 4.1.5) deste pré pode ter um controle, feito por um *potenciômetro* (ou pot), geralmente no alto da mesa. Esse controle serve para igualar as intensidades na entrada das diversas fontes. Microfones de condensador (ver 1.2.3), por exemplo, têm sinais mais intensos que microfones dinâmicos (ver 1.2.4). Após o ganho, uma boa mesa de som tem uma quantidade variável de *equalizadores*, geralmente paramétricos (ver 2.4.1), que permitem a equalização de cada canal. Também pode estar ligado à mesa um ou mais *efeitos* (ver 3). Se isto acontecer, cada canal terá um pot que controlará a intensidade destes efeitos no sinal. Esses efeitos podem variar o lugar onde são ligados. Algumas mesas ligam os efeitos em um canal depois da seção de equalização (o mais comum), enquanto outras ligam antes. Essa diferença é importante sobretudo porque o efeito pode ou não ser equalizado junto do sinal. Caso o efeito mude com a equalização para melhor, uma equalização antes é boa, e vice-versa. A maioria das mesas hoje em dia é estéreo, isto é, permite a separação de saídas em direita e esquerda, o que pode ser usado para dar um sentido de profundidade próprio do som estéreo. O "*panoramic*" (*pan pot*) serve para que cada canal tenha um direcionamento apropriado entre os canais da direita e da esquerda. Com o pan pot regulado para a direita, o som do canal sairá mais do lado direito que para o esquerdo, e vice-versa. Por último vem um controle maior, mais visível, geralmente na parte de baixo da mesa, que controla a intensidade de saída de cada sinal que vai ser mixado. É o *fader*.

◆ 4.4.3 A seção de **saída** pode mixar os sinais de várias formas: os canais (ver 4.4.2) podem se juntar diretamente num amplificador geral, ou passar por vários pequenos amplificadores responsáveis por um número pequeno de canais. Esses amplificadores por sua vez se juntam em amplificadores maiores, numa sucessão, até chegar ao som de todos os canais mixados. Por isso, é comum que ocorram mixagens erradas ao não se levarem essas diferenças em conta. Esse som mixado tem faders para o volume de saída (um para o lado direito, um para o esquerdo) e, às vezes, filtros, para equalização do som mixado. A já falada *saída auxiliar* também pode ter estas funções.

◆ 4.4.3.1 A fig. **am6** mostra os níveis de intensidade do sinal e dos ruídos dos componentes eletrônicos em cada passo dentro da mesa. No exemplo a), o arranjo está feito de forma a se conseguir níveis máximos para o sinal médio e o de pico, assim como um nível mínimo para ruído. No exemplo b), uma relação errada entre os controles do ganho e do fader final faz com que o nível máximo possível caia em 10 dB, um bocado (dB — ver II.3.2). Isso porque o sinal fica excessivamente alto dentro do circuito; o amplificador 2 (ver 4.1.4) não consegue manter a diferença de 20 dB entre o som médio e o limite, e essa queda é mantida até a saída do sinal. No exemplo C, uma mesa mal projetada (com um amplificador que aumenta 60 dB ao invés de 2 de 30 dB) faz com que se perca muito do sinal nas resistências (ver I.7) dos componentes antes de se reamplificá-lo, e o resultado é uma queda na *relação sinal/ruído* (a diferença de intensidade entre o som desejado e o ruído criado pelo aparelho). Essa situação poderia ser muito pior com pouco ganho no início. Erros como esses são comuns com mesas mal projetadas e operadores sem experiência. Procure saber exatamente como sua mesa reage a diferentes regulagens.

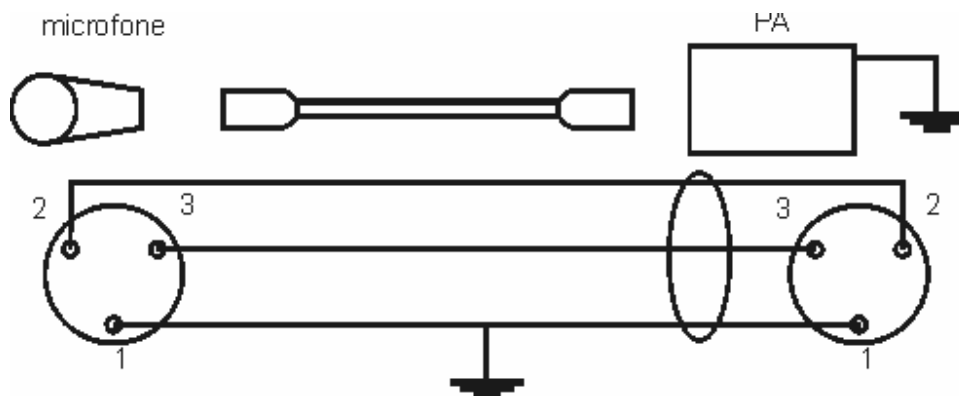
◆ 4.4.3.2 A seção de saída geralmente também vem equipada com indicadores eletrônicos que medem a intensidade de saída da mesa. Esse indicadores tem a finalidade principal de mostrar se a saída tem um nível apropriado (nem muito alto, nem muito baixo). Há vários tipos de indicadores no mercado, agrupados em algumas "famílias" principais. Os **VUs** são painéis brancos com um ponteiro apontando o nível de saída de cada instante. São relativamente lentos (cerca de 300 ms, isto é, o indicador mostra o sinal só 300 ms depois do sinal ter passado) e medem não os picos do sinal, mas seu valor médio. Algumas frequências (ver II.2) alcançam picos muito maiores que o valor médio do sinal, picos esses que, embora não apontados pelo VU, passam para o resto do sistema e podem sobrecarregá-lo. Por isso os VUs são usados apenas para medições subjetivas do nível de saída, não como medida de segurança. Os indicadores PPM são parecidos com os VU, só que com painéis pretos e com escala logarítmica (variações de mesmo valor - por exemplo, de 2 para 4 e de 4 para 6 - ocupam espaços diferentes na escala). Os indicadores de

diodos luminosos (LEDs) formam linhas coloridas representando as diferentes intensidades; quanto mais alta é intensidade, mais diodos se acendem. Ambos são mais rápidos que os VUs e medem os valores de pico, o que os torna mais confiáveis. Deve-se tomar cuidado ao interpretar os valores marcados nas escalas desse medidores. Os "dBs" não indicam propriamente valores sonoros, mas de tensão dentro do circuito. Zero dB, por exemplo, geralmente é o nível de uma tensão de 0.707 V. O valor que essa tensão representa em termos sonoros depende da impedância (tensão — ver I.2; impedância — ver I.9).

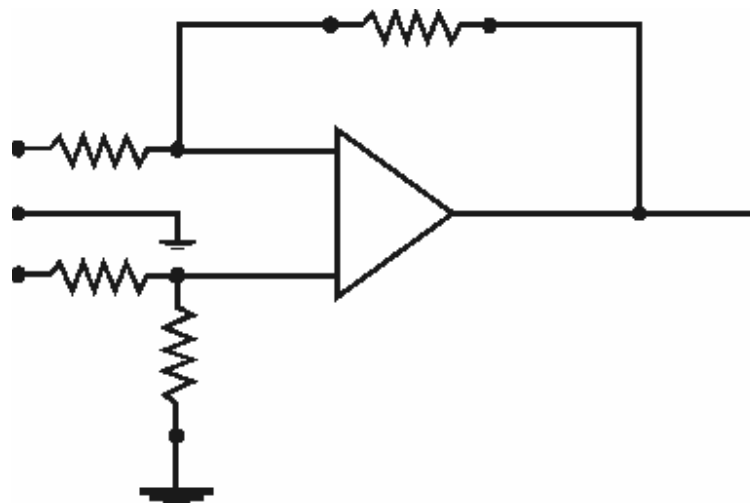
◆ 4.4.4 A seção de **monitor** dá um meio de se escutar o sinal mixado independentemente da saída principal. Ela é importante sobretudo em estúdios, onde há uma grande quantidade de tipos de sinais que precisam ser ouvidos. É preciso um monitor para que os músicos escutem o que está saindo da mesa (foldback) e para que o engenheiro de som na cabine também o faça. Na cabine deve-se poder escolher entre os vários sinais que precisam ser escutados: o sinal saindo da mesa, os vários sinais que estão entrando (*pre-fade*, isto é, o sinal de entrada puro, sem as modificações dadas pela mesa) não só em conjunto mas cada um isoladamente, o resultado gravado no tape etc. Por isso a seção responsável pelo monitor, numa mesa de estúdio, é bem larga, com vários pots e chaves liga/desliga. O controle de monitor numa mesa de palco é bem mais simples. Ele pode ser tratado simplesmente como uma saída auxiliar. Para maiores detalhes sobre monitoração ver 6.1.8.

◆ 4.4.5 Para terminar, é preciso citar um tipo relativamente novo de mesa, de bastante aplicação em sonorização: o **automatic mixer**. Esse tipo de mesa analisa a intensidade do som entrando no microfone de um determinado canal (canal — ver 4.4.2). Se esse som é menor que um certo limiar, a mesa simplesmente corta o canal em que está ligado o microfone. Quando o som volta a ter um nível razoável, o canal é aberto novamente. Assim, quando um cantor pára de falar no microfone, o sinal é cortado, e no momento em que ele volta a cantar, o sinal volta. São cortados assim sons inapropriados (por exemplo, quando o cantor vira do lado para conversar com a banda), ruídos (como o som da platéia), e fica impossibilitado o início de microfonia (por não haver microfones onde ela possa passar — ver 6.2.4). Por isso os automatic mixers são uma ferramenta útil. Com eles, não é mais imprescindível a presença de um operador. Há automatic mixers com limiares fixos ou ajustáveis, direcionais ou não (que usam microfones unidirecionais especiais) etc. Nos últimos tempos tem-se evitado usar os automatic mixers como substitutos de operadores. Isso porque automatic mixers são máquinas; só podem analisar o todo a partir de conceitos rígidos, que são maleáveis no mundo real. Ruídos altos podem fazer o canal ligar-se, e a reverberação de frequências (ver II.2) específicas podem criar sinais coerentes (sinais que estão em fase e se somam — ver II.7), dando início a um processo de

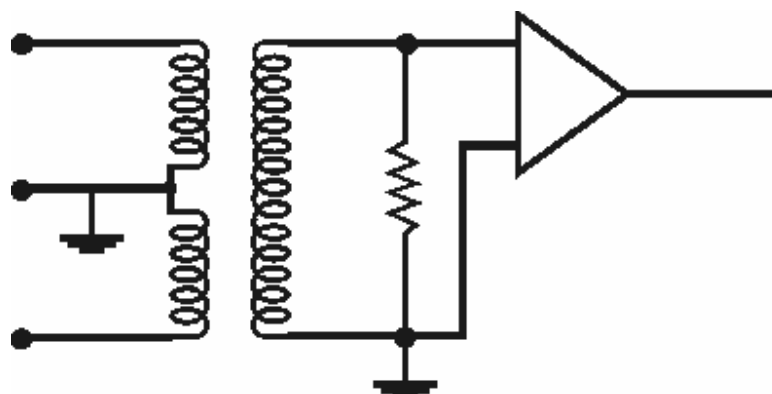
microfonia. Por isso os automatic mixers são uma ajuda, mas não podem ser considerados uma solução.



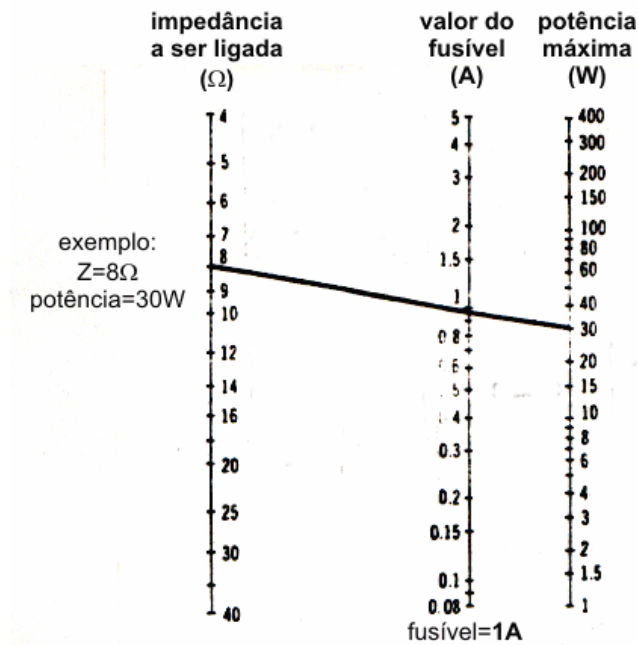
am1: esquema de balanceamento de entradas de pré-amplificadores.



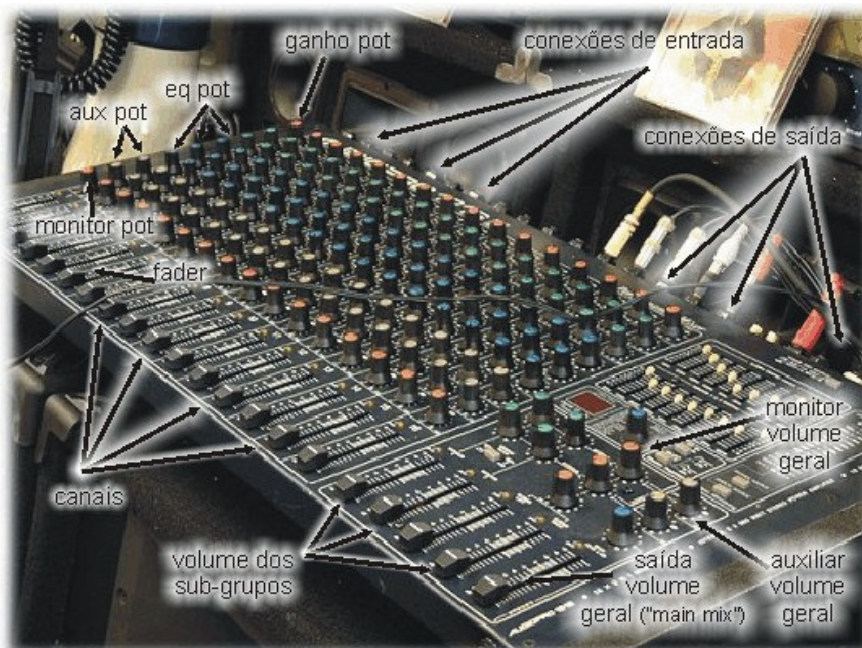
am2: diagrama de pré-amplificador ativo.



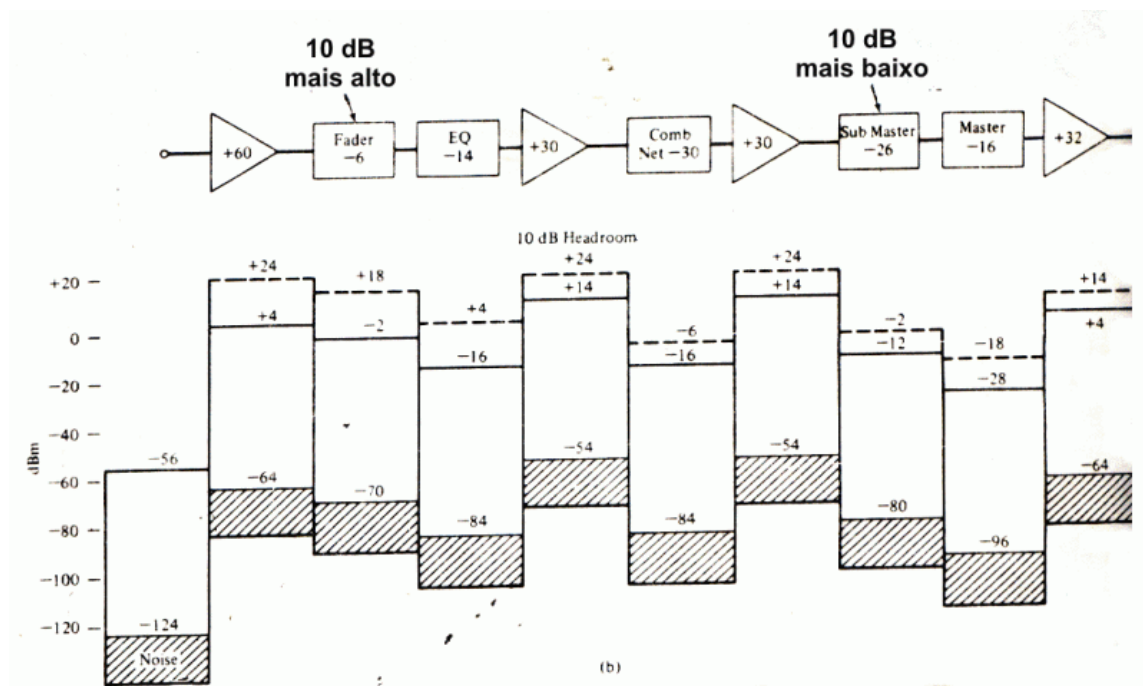
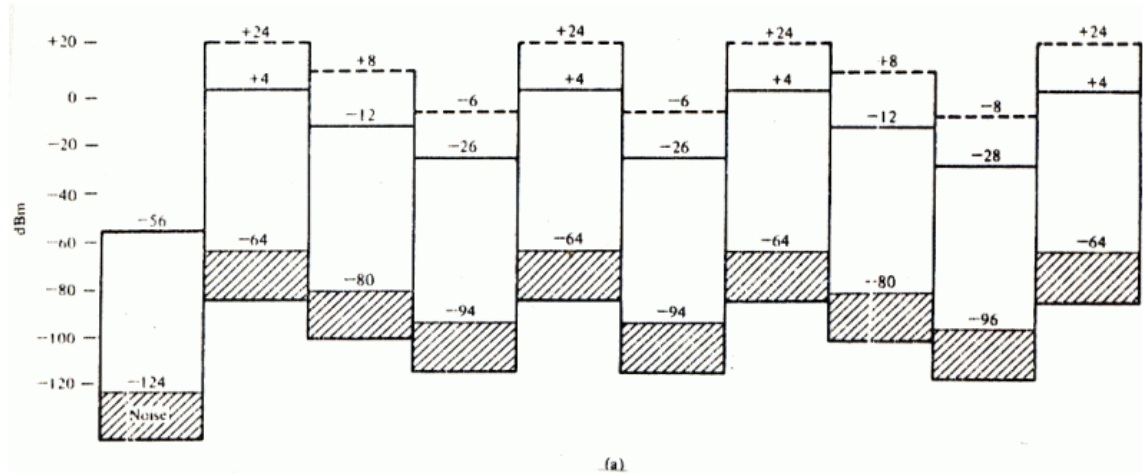
am3: diagrama de pré-amplificador de transformador.



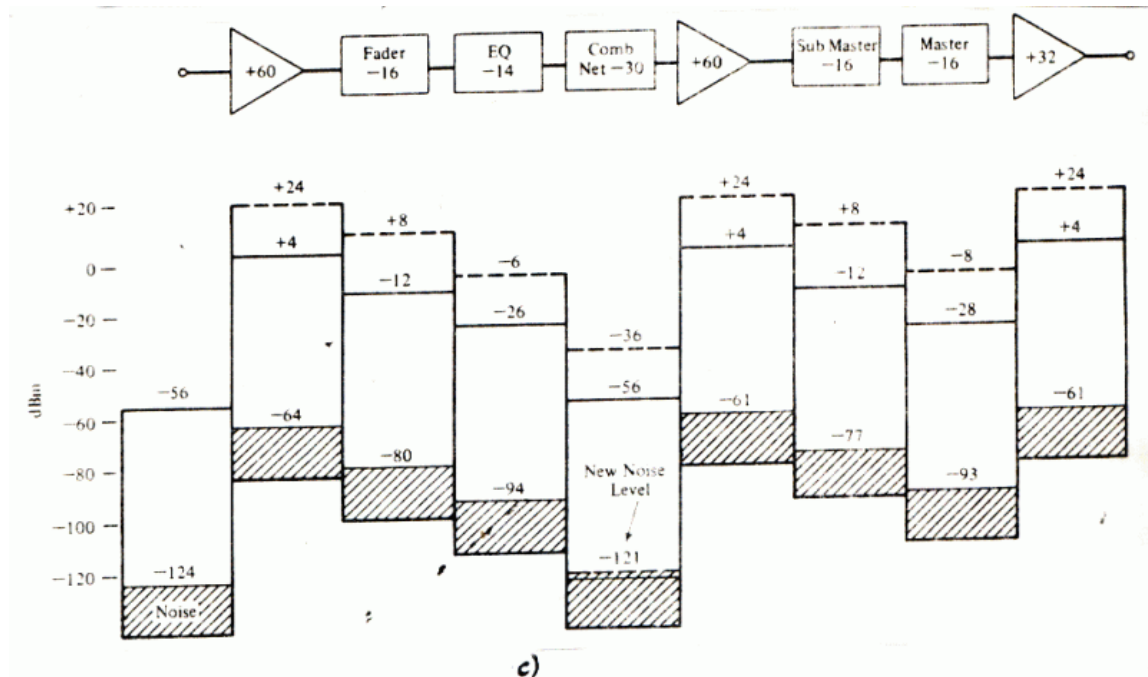
am4: tabela para escolha de fusíveis.



am5: esquema de uma mesa de som.



am6 (ver abaixo).



am6: níveis de intensidade em cada passo dentro da mesa. A linha pontilhada marca o nível máximo possível, a linha cheia, o nível normal. O espaço hachurado mostra o ruído. Os números dentro dos símbolos mostram como os circuitos interferem na intensidade do sinal.

a) níveis corretos;

b) o nível máximo está 10 dB mais baixo;

c) o nível de ruído está mais alto.

(as medidas em dB se referem a valores elétricos – ver 4.4.3.2)