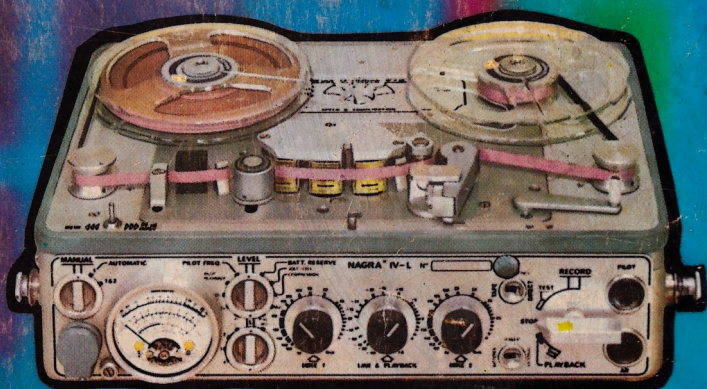


A Gravação em Fita Magnética



IAN R. SINCLAIR

COLECÇÃO CULTURA E TEMPOS LIVRES



CULTURA E TEMPOS LIVRES

1. ABC do Xadrez, *Petar Trifunovitch e Sava Vukovitch*
2. Fisher/Spassky — Campeonato Mundial de Xadrez de 1972, *Petar Trifunovitch*
4. ABC do Bridge, *Pierre Jais e H. Lahana*
5. Guia Prático da Fotografia, *W. D. Emanuel*
6. ABC do Judo, *E. J. Harrison*
7. Como Fazer Cinema, *Paul Petzold*
8. Bridge Moderno, *Pierre Jais e H. Lahana*
9. Fotografia — Técnicas e Truques I, *Edwin Smith*
10. Estilos do Mobiliário, *A. Aussel*
11. Fotografia — Técnicas e Truques II, *Edwin Smith*
12. A Pesca Submarina, *António Ribera*
13. Teoria dos Finais de Partida, *Yuri Averbach*
14. Aprenda Rádio, *B. Fighiera*
15. Guia do Cão, *Louise Laliberté-Robert e Jean-Pierre Robert*
16. ABC do Aquário, *Anthony Evans*
17. Iniciação à Electricidade e à Electrónica, *Fernand Huré*
18. Os Transístores, *Fernand Huré*
19. Karaté I, *Aldrecht Pflüger*
20. Iniciação ao Radiocomando dos Modelos Reduzidos, *O. Périconé*
21. Construa o Seu Receptor, *B. Fighiera*
22. Montagens Electrónicas, *B. Fighiera*
23. O Berbequim Eléctrico, *Villy Dreier*
24. Cactos, *J. Nilau Jensen*
25. Iniciação à Alta Fidelidade, *Peter Turner*
26. O Aquário de Água Doce, *Paulo de Oliveira*
27. ABC do Ténis, *Fonseca Vaz*
28. Karaté II, *A. Pflüger*
29. ABC da Criação de Canários, *Curt Af Enehjelm*
30. Ginástica Feminina, *Sonja Helmer Jensen*

31. Cartomancia, *Rhea Koch*
32. Calculadoras Electrónicas de Bolso, *E. Dam Ravn*
33. O Pastor Alemão, *Gilles Legrand*
34. Xadrez — Teoria do Meio Jogo, *I. Bondarevsky*
35. Manual do Super 8-I, *Myron A. Matzkin*
36. ABC da Criação de Periquitos, *Cyril H. Rogers*
37. O Livro dos Gatos, *Bärbel Gerber e Horst Bielfeld*
38. Manual do Super 8-II, *Myron A. Matzkin*
39. ABC do Mergulho Desportivo, *Walter Mattes*
40. Circuitos Integrados/Aplicações Práticas, *F. Bergtold*
41. A Apicultura, *H. R. O. Riches*
42. ABC do Cultivo das Plantas, *H. G. Witham Fogg*
43. ABC da Criação de Pombos, *Kat R. Dahl*
44. Construção de Caixas Acústicas de Alta Fidelidade, *R. Brant*
45. Raças de Canários, *Klaus Speicher*
46. Jogos de Cartas, *Graciano Dolma*
47. Cocker Spaniels, *H. S. Lloyd*
48. ABC da Caça, *Fabían Abril*
49. Aprenda Televisão, *Gordon J. King*
50. Iniciação à Pesca, *Juan Nadal*
51. Basquetebol, *Marius Norregard*
52. Cães de Caça, *Santiago Pons*
53. Aprenda Electrónica, *T. L. Squires e C. M. Deason*
54. A Avicultura, *Jim Worthington*
55. A Produção de Coelhos, *P. Surdeau e R. Henaff*
56. ABC dos Computadores, *T. F. Fry*
57. Natação para Crianças, *John Idorn*
58. O Boxer, *Anni Mortensen*
59. Voleibol, *Ole Hansen e Per-Göran Persson*
60. Iniciação à Vela, *Donald Law*
61. ABC da Filatella, *Jacqueline Oaurat*
62. A Pesca à Beira-Mar, *J.-M. Boëlle e B. Doyen*
63. Enxerto das Árvores de Fruto, *Alejo Rigau*
64. A Cultura do Morangueiro, *Luis Alsina Grau*
65. Emissores-Receptores (Walkies-Talkies), *P. Duranton*
66. Iniciação à Fotoelectrónica, *Heinz Richter*
67. Doces e Conservas de Fruta, *Robin Howe*
68. A Criação de Hamsters, *C. F. Snow*
69. A Criação de Porcos, *Roy Genders*
70. Calendário do Horticultor, *Luis Alsina Grau*
71. Jogos Electrónicos, *F. G. Rayer*
72. Cultivo de Cogumelos e Trufas, *Alejo Rigau*
73. Aprenda Televisão a Cores, *Gordon J. King*
74. Gravação em Fita, *Ian R. Sinclair*

IAN R. SINCLAIR

GRAVAÇÃO EM FITA

EDITORIAL PRESENÇA
PORTUGAL

● LIVRARIA MARTINS FONTES
BRASIL

Título original BEGINNER'S GUIDE TO TAPE RECORDING
© *Copyright by* Butterworth & Co (Publishers) Ltd. — Londres
Tradução de Conceição Jardim e Eduardo Nogueira

**Reservados todos os direitos
para a língua portuguesa à
EDITORIAL PRESENÇA, LDA.
Rua Augusto Gil, 35-A — 1000 LISBOA**

PREFÁCIO

Muito embora a tecnologia da gravação em fita tenha já, na altura em que este livro é escrito, cerca de um século de existência, só em tempos recentes a gravação em fita magnética, quer em bobinas quer em cassettes, se tornou parte integrante da cena doméstica. Tal se ficou a dever a um contínuo aperfeiçoamento de fita magnética e de gravadores, acabando este por passar, de objecto curioso e raro, a método aceitável de reprodução sonora, tornando possível a gravação em casa para milhões de pessoas.

O presente livro pretende apresentar os princípios e técnicas da gravação em fita magnética de uma forma simples, sem recurso a noções de matemática, e destina-se principalmente ao leitor que pretende iniciar-se na matéria. Esperamos, deste modo, contribuir para que quem leia esta obra fique melhor preparado no sentido de escolher e utilizar um gravador de fita magnética que se coadune com as suas intenções, e a obter dele o maior prazer possível.

I. R. Sinclair

FUNDAMENTOS

Os gravadores domésticos de fita, ao contrário dos gravadores de imagens (video), servem para gravar exclusivamente o som, pelo que devemos começar por explicar o que é o som. Aquilo a que chamamos som é uma vibração sob a forma de uma onda que se propaga através da matéria. As ondas sonoras viajam, por exemplo, através dos gases (por exemplo o ar), os líquidos (por exemplo a água) e os sólidos (por exemplo o aço), mas não viajam pelo vácuo, por exemplo através do vácuo espacial. Isto deve-se ao facto de as ondas sonoras, ao contrário das ondas eléctricas de rádio ou luz, necessitarem de alguma substância material para serem propagadas. A razão de ser disto é que as ondas de som consistem numa vibração de partículas (moléculas) dos materiais, que passa de uma molécula para outra.

Imagine-se uma fiada de carruagens ligadas entre si por molas (figura 1.1.). Se agora começarmos a empurar e a puxar alternadamente a primeira carruagem, dilataremos e comprimiremos alternadamente a mola que a liga à segunda carruagem. Isto provocará o movimento da segunda carruagem para a frente e para trás (se bem que não necessariamente ao mesmo tempo que a anterior), e o seu movimento depressa afectará também a carruagem n.º 3. Dentro em pouco, todas as carruagens se estarão a movimentar para a frente e para trás, mesmo que tenhamos parado o movimento da primeira carruagem. Esta é uma excelente ilustração da

maneira como uma onda sonora se movimenta através de um meio material. Note-se que, no nosso exemplo, nenhuma das carruagens sai muito do local inicial; cada uma oscila em torno da sua posição de repouso, se bem que, à distância, pareça que se está a realizar algum movimento. Isto deve-se ao facto de cada carruagem estar atrasada em relação ao movimento da carruagem anterior, o que é típico de um movimento

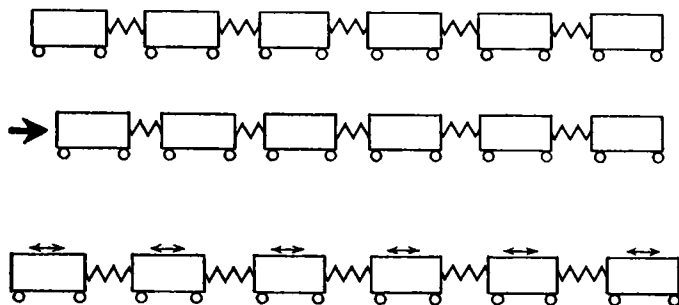


Fig. 1.1. — Uma série de carruagens ligadas por molas podem ilustrar a acção de uma onda sonora. Se se empurra a carruagem que se encontra numa das extremidades, comprime-se a mola que a liga à seguinte, que se começa então a mover comprimindo a mola seguinte, etc. O movimento de cada carruagem é realizado em dois sentidos, para a frente e para trás, de tal modo que uma carruagem pode estar a mover-se na direcção oposta à da seguinte.

em onda — cada partícula de um movimento em onda desloca-se de facto um pouco para a frente e para trás, e no entanto toda a onda parece deslocar-se de um ponto para outro.

As ondas sonoras no ar são transportadas pelas moléculas dos gases (oxigénio, azoto e dióxido de carbono, principalmente) que constituem a mistura a que chamamos ar. Estas moléculas são bastante pequenas mas mensuráveis, tendo um comprimento de cerca de um milionésimo de milímetro e dispondo de uma certa liberdade de movimentos. Não são no entanto completamente livres, porque existem forças que actuam entre as moléculas vizinhas e as mantêm ligadas por uma espécie de molas invisíveis. Devido a isto, o facto de pôr algumas partículas em oscilação provocará o início de um

movimento em onda, propagando-se igualmente em todas as direcções tal como as ondulações na superfície de um lago se propagam quando é atirada uma pedra para a sua superfície.

A velocidade a que o movimento ondular se propaga, designada por velocidade da onda, depende da massa de cada molécula e da intensidade das forças entre elas. As moléculas de maior massa movimentam-se com maior dificuldade, viajando a onda lentamente. Por outro lado, se as forças forem maiores, o movimento ondular propagar-se-á mais depressa. Verificamos portanto que a velocidade das ondas sonoras em diferentes gases não é igual à que apresentam no ar, e altera-se com a variação da temperatura dos gases. Verificamos igualmente que a velocidade das ondas sonoras nos líquidos e nos sólidos é bastante maior do que no ar. Dando valores para estas velocidades, a velocidade do som no ar será de cerca de 330 m/s, na água, 1 500 m/s e no aço, 5 000 m/s.

Frequência e comprimento de onda

As ondas no ar a que chamamos ondas sonoras não podem ser totalmente ouvidas por nós; existem muitos sons que o ouvido humano nunca poderia captar, porque os nossos ouvidos só detectam uma gama limitada de todas as ondas sonoras possíveis. A característica das ondas sonoras que se torna aqui mais importante é a frequência, ou seja, o número de oscilações completas por segundo. Damos a esta unidade de oscilações por segundo o nome hertz (indicado normalmente por Hz), segundo o nome do cientista que descobriu as ondas de rádio. A nossa capacidade para detectar os sons de diferentes frequências varia com a idade, mas pode-se dizer que, normalmente, uma pessoa com cerca de 20 anos pode ouvir uma gama entre 30 Hz e 15 000 Hz (normalmente escrito sob a forma 15 kHz, ou 15 kilohertz, onde kilo significa «mil»). Aos 60 anos, a sua capacidade para ouvir as altas frequências terá diminuído grandemente, e seremos muito felizes se pudermos ouvir uma frequência muito maior do que 8 kHz.

A frequência de uma onda sonora, que é a frequência da vibração que produz a onda sonora, pode ser medida por instrumentos e definida sob a forma de um certo número de hertz. Para o ouvido, no entanto, a frequência de uma nota significa a altura de um som musical e quem possua um ouvido bem treinado poderá inscrever a nota que ouve numa escala musical. Altura e frequência correspondem entre si exactamente — uma nota baixa, como a de um contrabaixo, é um som de baixa frequência, talvez cerca de 100 Hz, ao passo que uma nota alta, como a de um flautim, é um som de alta frequência, correspondendo a 3 kHz ou mais.

O comprimento de onda é um tipo diferente de quantidade, que os nossos ouvidos não detectam directamente. Como

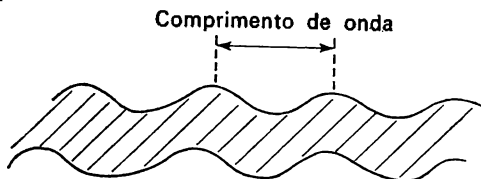


Fig. 1.2. — O comprimento de onda é a distância entre dois picos de onda sucessivos.

o nome indica, o comprimento de onda é uma distância, concretamente o espaço entre um pico de uma onda e o pico seguinte (figura 1.2). Se pudéssemos ver a onda sonora, seríamos capazes de medir o comprimento de onda directamente; como normalmente não podemos ver as ondas sonoras, somos obrigados a confiar nos instrumentos. Ora o comprimento de onda é a distância que uma onda completa ocupa quando se propaga, e a frequência é o número de ondas completas por segundo. Se multiplicarmos estas duas quantidades, o comprimento de onda e a frequência, obteremos a distância total percorrida por uma onda num segundo, ou seja, a velocidade da onda:

$$\text{Comprimento de onda} \times \text{frequência} = \text{velocidade}$$

Dado que a velocidade do som no ar é fixa (considerando a temperatura constante), o comprimento de onda e a

frequência variam da maneira indicada na figura 1.3. Se produzirmos um som de alta frequência, este terá um grande comprimento de onda. Se produzirmos um som de menor frequência, terá um reduzido comprimento de onda. No caso de ondas sonoras no ar à temperatura normal, uma onda com a frequência de 30 Hz terá um comprimento de onda

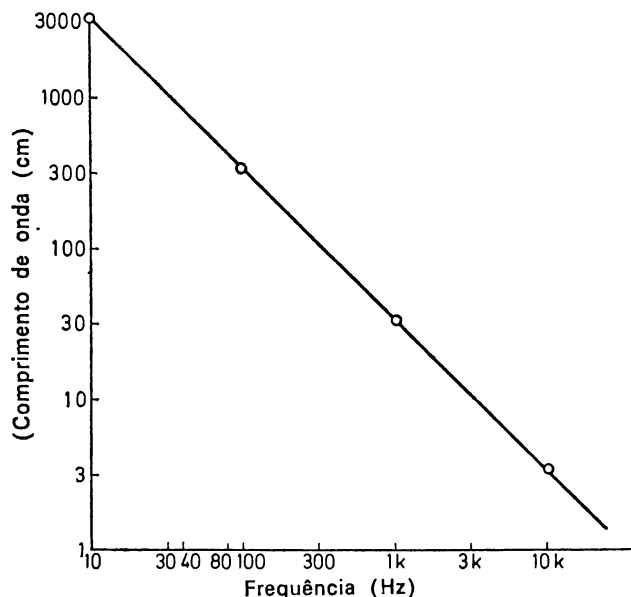


Fig. 1.3. — Um gráfico da frequência em função do comprimento de onda para a propagação do som no ar. Note as escalas que é necessário usar para acomodar uma gama tão vasta de valores.

de cerca de 11 m, e outra com a frequência de 15 kHz terá um comprimento de onda de cerca de 22 m.

Tanto a frequência como o movimento de onda são importantes no som, dado que a frequência é a quantidade que é detectada pelo ouvido e o comprimento de onda é a quantidade que depende da dimensão do instrumento musical. Todos os instrumentos musicais produzem som criando

uma vibração, quer de uma corda (caso dos violinos), de uma película esticada (bateria), de uma coluna de ar (instrumentos de sopro), quer ainda de palhetas de metal (xilofone). A dimensão do objecto vibrante, quer se trate da corda, da película, da coluna de ar ou do metal, determina o comprimento do som que será produzido, o que por sua vez determina a frequência do som no material e, portanto, a frequência do som no ar circundante. A propósito, um dos factores que torna necessária a «afinação» dos instrumentos de uma orquestra antes de se iniciar um recital é que a velocidade do som no ar se altera com a temperatura. Um instrumento numa sala aquecida produz o mesmo comprimento de onda que numa sala fria, mas, dado que a velocidade do som é diferente, a frequência captada pelo ouvido não é a mesma.

Microfones

O nosso ouvido converte a onda sonora que o atinge em impulsos eléctricos nos nervos que ligam ao cérebro. Um microfone é uma espécie de ouvido artificial que converte as ondas sonoras que o atingem em ondas eléctricas com a



Fig. 1.4.— A amplitude de uma onda é uma medida que os nossos ouvidos reconhecem sob a forma de intensidade do som.

mesma frequência. Tal como o ouvido, o microfone deve ainda realizar outras funções.

Deve ser igualmente capaz de converter sons suaves em ondas eléctricas de baixa amplitude (figura 1.4), e os sons mais intensos em ondas eléctricas de grande amplitude. Como não podemos observar a amplitude do som ou das ondas eléctricas, estas quantidades devem ser medidas utilizando instrumentos, mas a amplitude de uma onda sonora é detectada pelo ouvido sob a forma de intensidade de uma nota.

Um microfone perfeito seria linear, ou seja, a amplitude da onda eléctrica produzida no microfone corresponderia exactamente à amplitude da onda sonora. Não existem microfones perfeitos, assim como não existem ouvidos perfeitos, dado que a sensibilidade do ouvido ou do microfone varia de acordo com a frequência do som que o atinge. A sensibilidade média do ouvido humano é apresentada no gráfico da figura 1.5.

Um microfone, tal como o ouvido, deve responder à forma de uma onda sonora, transformando-a num sinal ou onda eléctrica com a mesma forma. Até agora considerámos que a forma da onda sonora é semelhante à forma de uma ondulação de água, ou seja, é a forma sinusoidal. Além dos assobios, poucas fontes sonoras produzem de facto uma onda sinusoidal e a forma real de uma onda sonora produzida por um instrumento como o violino ou o piano é muito mais complicada (veja a figura 1.6). Como não podemos ver uma onda sonora, devemos explicar o que entendemos por forma de uma onda. Utilizando instrumentos, podemos detectar e medir a amplitude de uma onda sonora em alturas diferentes da onda. Se desenharmos um gráfico da amplitude em função do tempo para uma onda completa, este gráfico indicará de facto aquilo a que chamamos a forma da onda. É esta forma que decide a qualidade da onda sonora, de tal modo que podemos dizer qual o instrumento que produziu a nota. Se pudermos gravar e reproduzir o som correctamente, então o nosso microfone deverá ser capaz de converter estas ondas sonoras em ondas eléctricas com a mesma forma.

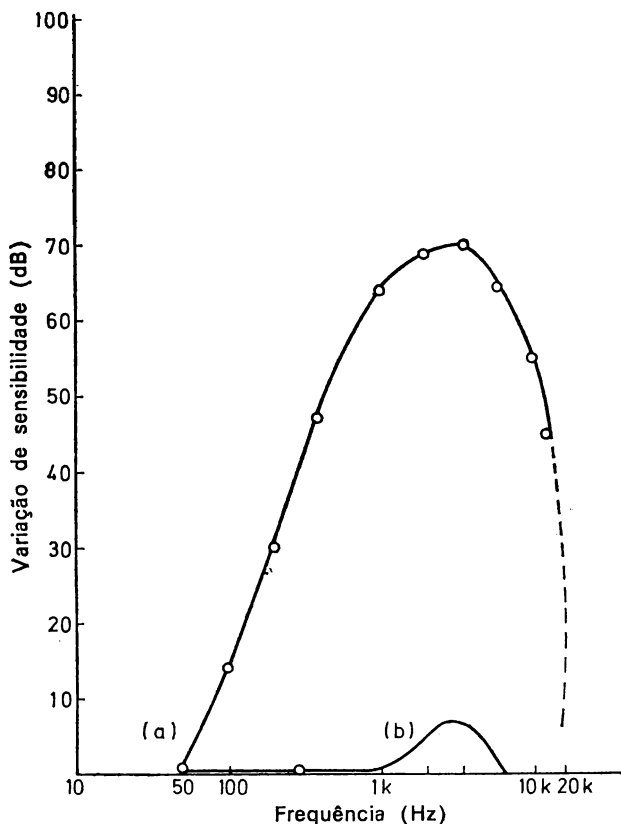


Fig. 1.5. — A mudança de sensibilidade do ouvido às diferentes frequências. No que se refere a sons intensos (b), o ouvido é quase igualmente sensível em toda a gama de sons audíveis. Quanto aos sons suaves (a), o ouvido é muito mais sensível a cerca de 3 kHz do que a qualquer outra frequência. Por esta razão a música tocada baixo parece não possuir sons baixos; alguns amplificadores compensam este facto utilizando um controlo de intensidade que aumenta as frequências inferiores e igualmente as notas acima de 3 kHz quando o controlo de volume é baixado (controlo de «loudness»).

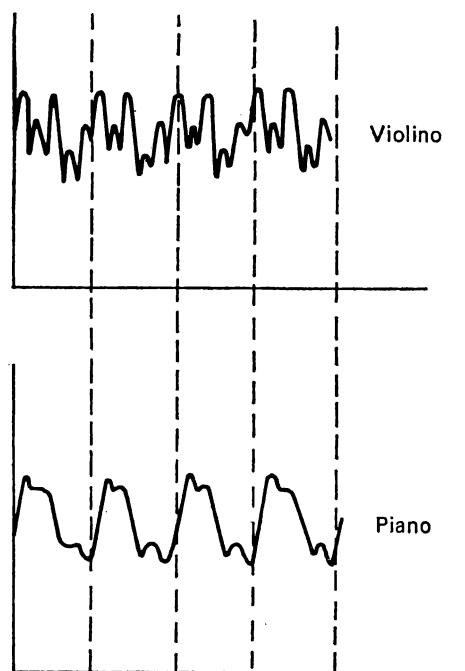


Fig. 1.6. — Formas típicas das ondas produzidas por um violino e um piano que toquem a mesma nota musical. É a diferença da forma de onda que permite aos nossos ouvidos reconhecerem os diferentes instrumentos, pelo que um sistema de gravação sonora deve conseguir preservar a forma de onda do som original.

Magnetismo

Durante muitos séculos soube-se da existência de três tipos de forças invisíveis actuando entre os materiais. Uma delas é a gravitação, que provoca uma força atractiva bastante fraca, excepto entre objectos de grande massa. Outra é a atracção ou repulsão electrostática, provocada pelas cargas eléctricas. A terceira é o magnetismo, uma força que pode atrair ou repelir objectos e que parece ser bastante diferente das outras duas. Sabe-se agora que o magnetismo e a electrostática são duas faces do mesmo efeito, mas para a maior parte dos efeitos práticos parecem tão diferentes que ainda os consideramos como efeitos sem qualquer relação entre si.

O magnetismo foi primeiramente observado pelos gregos antigos, quando se descobriu que amostras de rochas de uma ilha chamada Magnesia se atraíam entre si e apontavam numa dada direcção (Norte-Sul) quando eram suspensas por um fio. Sabemos agora que estas rochas continham uma alta percentagem de minério de ferro: uma versão grosseira do material actualmente usado para revestir a fita magnética de gravação. Podem-se fabricar materiais magnéticos como estes minérios de ferro de modo a transformarem-se em ímanes permanentes, os ímanes familiares que toda a gente já viu e usou. Nos ímanes permanentes:

- a) Os efeitos magnéticos parecem estar condensados em zonas particulares, às quais chamamos pólos.
- b) Os pólos são de dois tipos diferentes, Norte e Sul, conforme a direcção em que apontam quando o íman é suspenso livremente.
- c) Os pólos do mesmo nome repelem-se; os pólos de nome diferente atraem-se.

Todos os materiais são magnéticos até certo ponto, incluindo o ar, mas só alguns deles podem ser magnetizados permanentemente e com uma força suficiente para se notarem efeitos. Estes materiais são designados por ferro-magné-

ticos, o que significa «magnético como o ferro», e é desses materiais que iremos tratar neste livro.

Os materiais ferro-magnéticos podem por sua vez ser divididos em dois tipos, duros e macios. Estas palavras não se referem à facilidade com que é possível dar forma ao material, mas sim à respectiva dureza magnética. Os materiais magnéticos duros são difíceis de magnetizar mas mantêm as suas propriedades magnéticas, constituindo portanto bons ímanes permanentes. Os materiais magnéticos macios magnetizam-se com grande facilidade mas perdem o seu magnetismo assim que são afastados de outros ímanes.

Os materiais ferromagnéticos podem ser magnetizados de diferentes maneiras, todas dependendo da ideia de que um dado íman magnetizará outro. Há muitos séculos sabia-se que uma barra de ferro orientada segundo a direcção norte-sul seria magnetizada se fosse friccionada com força. O íman que provoca esta magnetização é a própria Terra; é por esta razão que tantos edifícios com estruturas de aço são magnéticos. Um outro método antigo consiste em friccionar um material ferromagnético com outro íman, deixando o material magnetizado. O último método descoberto, no entanto, é o mais importante para os nosos fins; utiliza o princípio do electromagnetismo.

Electroímanes

No século dezoito, quando foram descobertos métodos de construir pilhas e foram usadas pela primeira vez as correntes eléctricas, um dinamarquês chamado Oersted verificou que uma corrente eléctrica passando através de um fio provocava a deflexão da agulha de uma bússola (figura 1.7). Em seguida descobriu-se que o tipo enrolado em bobina provocava um efeito magnético muito mais forte do que um fio direito quando nele passava corrente, e que uma bobina deste tipo produzia os mesmos efeitos magnéticos de um íman. Se traçarmos as chamadas «linhas de força» de um íman, utilizando limalha de ferro ou ponteiros de bússolas (figura 1.8), verificaremos que esta forma é idêntica à provocada pela corrente que passa numa bobina.

O que torna os electroímans particularmente úteis é o facto de poderem ser facilmente ligados e desligados, deixando passar ou cortando a corrente eléctrica através deles. Ainda mais importante para os nossos fins é o facto de, no

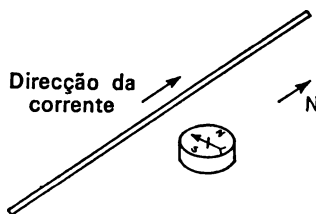


Fig. 1.7. — Oersted verificou que a corrente eléctrica num fio afectava o ponteiro de uma bússola colocada perto do fio, mostrando que existia um campo magnético em torno do fio quando este transportava corrente.

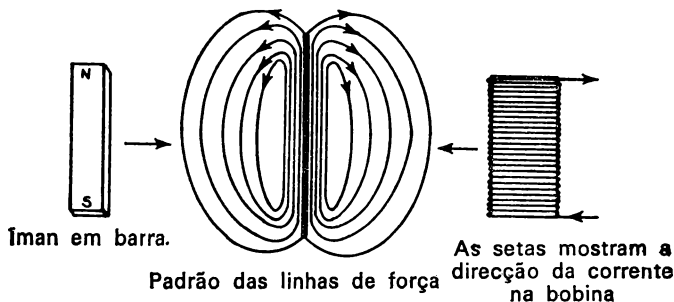


Fig. 1.8. — Linhas de força. Estas linhas, obtidas usando bússolas miniatura ou deitando limalha de ferro sobre um vidro colocado em cima do íman, têm a mesma forma em ímanes permanentes e em bobinas nas quais passe corrente.

caso de um electroíman ser alimentado, não por uma corrente contínua mas sim por uma corrente alternada ou pela corrente de sinal do tipo produzido por um microfone, o efeito magnético ou o campo magnético produzido seguir fielmente

as variações da corrente eléctrica. Por outras palavras, podemos criar um sinal magnético a partir de um sinal eléctrico, tal como se pode obter um sinal eléctrico a partir de um sinal sonoro.

Outra característica muito importante dos electroímans é que uma bobina de electroíman enrolada sobre um material ferromagnético tornará, quando a corrente passa, um íman muito mais forte do que se poderia obter com a bobina ou o material isolado. Isto é particularmente verdadeiro quando se utiliza um material magnético macio; a força magnética de uma bobina com um núcleo de ferro pode ser vários milhares de vezes superior à força da mesma bobina, transportando a mesma corrente, mas sem qualquer núcleo. Dado que o material do núcleo é macio, o magnetismo desaparecerá sempre que a corrente é desligada. Para distinguir, estas duas forças magnéticas, damos-lhes diferentes nomes e medimo-las utilizando diferentes unidades. O efeito magnético produzido pela bobina isolada recebe o nome de força do campo magnético e tem como símbolo a letra H . O efeito produzido quando se utiliza um núcleo juntamente com a bobina é designado por densidade do fluxo magnético e recebe o nome B .

Quando se utiliza um material magnético duro como núcleo de um electroíman, a quantidade de densidade de fluxo magnético B produzida para qualquer quantidade de força do campo magnético H não é tão grande como quando se usa um núcleo de material magnético macio. Quando a corrente é desligada, no entanto, manter-se-á alguma densidade de fluxo magnético; criamos assim um íman permanente.

A razão por que convém esclarecer as diferenças entre os ímanes permanentes e os electroímans, e entre os materiais magnéticos duro e suave, é que as cabeças de gravação, reprodução e limpeza dos gravadores de fita são electroímans que utilizam materiais magnéticos suaves, e a fita propriamente dita utiliza materiais que são magneticamente fortes; é o magnetismo permanente destes materiais que mantém a gravação.

Magnetização de materiais

Um dos factores que levou a gravação em fita magnética a ter um desenvolvimento tão lento é a natureza complicada do próprio magnetismo. Para compreender alguma coisa dos problemas envolvidos e da maneira de os ultrapassar, observemos uma experiência simples.

Imagine-se uma barra (figura 1.9) de algum material que seja magneticamente duro mas não esteja magnetizado. Coloquemos a referida barra dentro de uma bobina

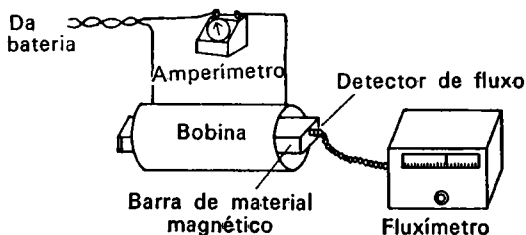


Fig. 1.9. — Arranjos experimentais para medição da densidade de fluxo, B , causada num material magnético por diferentes valores de força do campo magnético, H .

comprida (um solenóide) e montemos instrumentos da maneira adequada para medir a densidade do fluxo magnético. Liguemos ainda um multímetro no circuito eléctrico, de modo a podermos medir a quantidade de corrente eléctrica que passa pelo fio da bobina; a partir deste valor, poderemos calcular o valor de H , a força do campo magnético, produzido pela corrente. Se agora ligarmos tudo e passarmos uma corrente fraca através da bobina, verificaremos que podemos detectar uma densidade de fluxo magnético B provocada pela força do campo magnético H . Se agora desligarmos novamente a corrente fraca, verificaremos que a densidade de fluxo desaparece igualmente; não há uma magnetização permanente quando os valores de B e H são muito pequenos. Este aspecto é muito importante no que se refere à gravação em fita, como veremos quando discutirmos a polarização no capítulo 2.

Quando utilizamos maiores quantidades de corrente, cada valor de corrente provoca o aparecimento de uma diferente quantidade de densidade de fluxo no núcleo. Podemos mostrar muito facilmente o que se passa desenhando um gráfico na densidade de fluxo B em função da força de campo H . Quando começamos por utilizar um material completamente desmagnetizado, o gráfico desenvolve-se numa linha aproximadamente recta à medida que aumentamos a corrente, como a figura 1.10 o mostra. Verificaremos, porém, que, quando aumentamos a corrente, esta deixa a partir de certo ponto de ter qualquer efeito mensurável sobre a densidade de fluxo (figura 1.10 b). Dizemos que o material se encontra agora magneticamente saturado; encontra-se tão magnetizado quanto pode estar e nenhum aumento da corrente que passa através da bobina produzirá uma diferença apreciável na densidade de fluxo do núcleo.

Quando o material magnético se encontra quase saturado, a linha do gráfico curva rapidamente, e surgem complicações quando agora diminuimos a corrente que passa através da bobina. Em vez de percorrer novamente o mesmo trajecto, como aconteceria se o material fosse perfeitamente macio, o gráfico segue um trajecto diferente, de tal modo que o valor de B não retorna a zero quando a corrente através da bobina é cortada (figura 1.10 c). Este gráfico indica que ainda se manterá uma quantidade bastante grande de densidade de fluxo B , mesmo quando a corrente na bobina é igual a zero. É a esta quantidade que se chama densidade de fluxo remanescente, e um bom material de íman permanente será aquele em que a densidade de fluxo permanente é elevada, tão próxima do nível de saturação quanto possível. Quando falamos da remanescência de um material magnético, é a esta qualidade que nos referimos, ou seja, à capacidade de reter a densidade de fluxo depois da magnetização.

Mesmo que a quantidade de corrente eléctrica utilizada não provoque a saturação do material magnético, manter-se-á algum fluxo remanescente quando se desliga a corrente, e é este fluxo remanescente que forma o sinal magnético na fita. Quando construímos ímanes permanentes, como é evidente, pretendemos obter tanto fluxo remanescente quanto

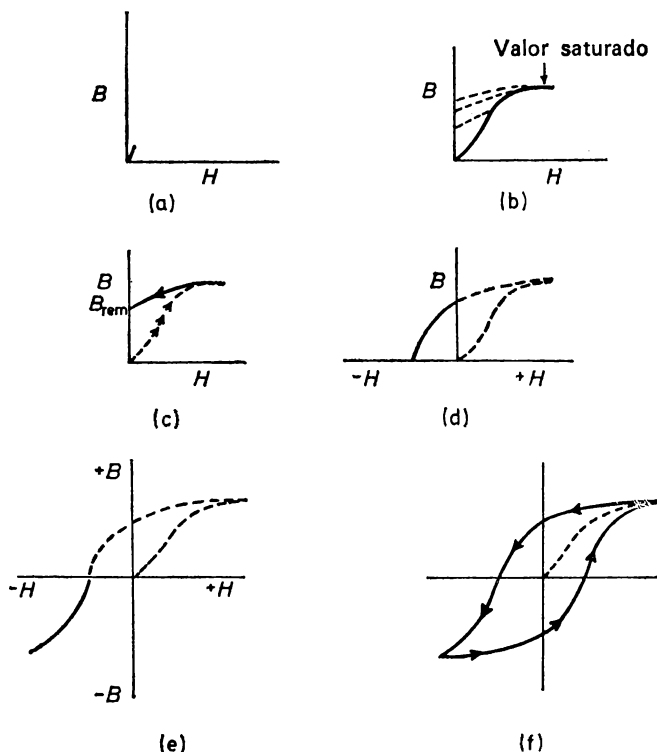


Fig. 1.10. — Gráficos B-H. (a) Para pequenos valores de H o gráfico é uma linha recta. Se H voltar a zero, B voltará também para este valor, não se verificando portanto uma magnetização permanente do material. (b) Para maiores valores de H o gráfico não segue o mesmo trajecto quando H é reduzido para zero (linhas tracejadas). Para algum valor grande de H o valor de B torna-se constante e não pode ser aumentado aumentando H . Este valor é chamado valor saturado; diz-se que o material se encontra saturado. (c) Se agora fizermos voltar H a zero, o valor de B não volta a zero mas sim a uma quantidade designada por densidade de fluxo remanescente, B_{rem} . (d) Se

agora invertermos a direcção de H (representada pelo sinal negativo), podemos reduzir o valor de B a zero. A quantidade de H necessária é designada por força de campo coercivo. (e) Para maiores valores (inversos) de H o material satura novamente, desenvolvendo-se agora B na direcção oposta. (f) Curva de histeresis completa, como se designa a forma deste gráfico. Note-se que a primeira parte do traçado nunca mais é repetida.

possível, e saturamos sempre o material a fim de obter este resultado.

O gráfico pode ainda ser prolongado. Se agora invertermos a direcção da corrente através da bobina, começando novamente por correntes fracas, diminuiremos primeiramente a densidade de fluxo a partir do seu valor remanescente (figura 1.10 d) até ser atingido um valor da corrente em que a densidade do fluxo magnético se torna novamente igual a zero. Tivemos de forçar a densidade de fluxo a descer para este valor aplicando um campo magnético na direcção oposta, e a força do campo magnético necessária para tal é por vezes designada força coerciva, sendo portanto possível falar da coercividade de um material magnético. Um material magnético com uma alta coercividade será difícil de desmagnetizar, e esta propriedade é bastante útil no caso da fita de gravação, dado que não pretendemos que as nossas gravações sejam limpas pelo fraco campo magnético da Terra ou pelos campos das diferentes partes das fitas.

Estas duas quantidades, remanescência e coercividade, medem a dureza de um material magnético. Mesmo um material magnético macio terá alguma densidade de fluxo remanescente, e necessitará de algum campo coercivo para desmagnetizar, mas ambas as quantidades são bastante fracas. Um material magnético duro, pelo contrário, terá altos valores de remanescência e coercividade, mantendo bastante da sua densidade de fluxo e resistindo à sua remoção.

Quando a corrente inversa aplicada à bobina aumenta ainda mais, a densidade de fluxo do material de núcleo aumenta novamente (figura 1.10 e) na direcção oposta, e pode ser novamente conduzido à saturação nesta direcção. A diminuição da corrente provocará novamente a diminuição da densidade de fluxo para o valor remanescente e a corrente deverá ser novamente invertida se se quiser reduzir de novo a densidade de fluxo. O gráfico completo, mostrado na figura 1.10 f, é designado por curva de histeresis. Note-se que a parte da curva que foi traçada quando o material estava a ser magnetizado pela primeira vez nunca é novamente percorrida.

Desmagnetização

Examinando a forma da curva de histeresis da figura 1.10 f surgirá naturalmente a questão: como se pode desmagnetizar um material? Um método consiste em traçar a curva com o material num solenóide até a densidade de fluxo se ter invertido, e em seguida desligar a corrente. Se isto for feito no ponto correcto da curva de histeresis (fi-

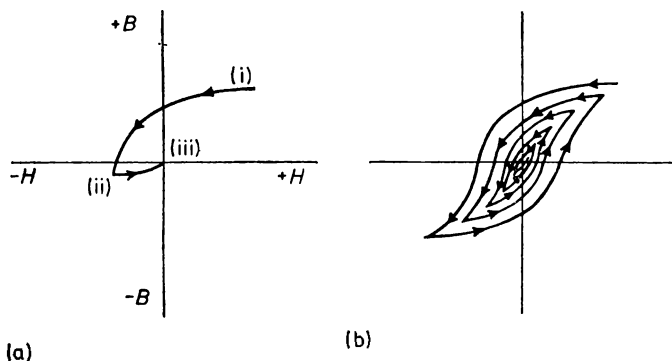


Fig. 1.11. — Desmagnetização. (a) Por retorno. Um campo magnético (i) é reduzido invertendo a corrente na bobina para um ponto (ii) onde a corrente pode ser desligada, permitindo o colapso do campo magnético e o retorno da densidade de fluxo a zero (iii). (b) Por corrente alternada. Neste método a dimensão do percurso de histeresis torna-se menor à medida que o material é retirado do campo magnetizador até ser deixada apenas a porção em linha recta.

gura 1.11. a), o material será desmagnetizado. Isto não é fácil, porque a parte correcta da curva deve ser descoberta por experiência para cada tipo de material magnético, sendo muito mais habitual utilizar uma desmagnetização de corrente alternada.

Se fecharmos um material magnetizado num solenóide alimentado com corrente alternada em vez de corrente contínua, o material será forçado, devido às inversões e alterações de valor da corrente, a seguir um ciclo de histeresis

completa em cada ciclo da corrente. Pode-se normalmente usar a corrente da rede para este fim, de tal modo que a curva de histeresis é traçada 50 vezes por segundo. Se agora retirarmos o material ferromagnético do solenóide enquanto está a passar a corrente, a densidade de fluxo remanescente será menor em cada ciclo à medida que retiramos o material do campo (figura 1.11 b). Evidentemente, o ciclo traçado tem uma intensidade de tal modo fraca que não subsiste qualquer magnetismo remanescente: o material é desmagnetizado.

Este processo de desmagnetização de corrente alternada pode igualmente ser efectuado mantendo o solenóide e o material magnético em posição e cortando simplesmente a quantidade de corrente até zero. Este último método é usado para desmagnetizar a estrutura metálica no interior de um tubo de TV a cores, de cada vez que o receptor é ligado; a bobina encontra-se localizada no exterior do tubo.

Antes de abandonarmos o tema da curva de histeresis, vale a pena notar que a área encerrada pela curva é uma medida da quantidade de energia necessária para realizar um ciclo completo de magnetização. Isto não é particularmente importante para materiais de fita, mas pode ter importância em cabeças de gravação, dado que pretendemos converter tanto sinal eléctrico quanto possível em sinal magnético, e não perder energia por geração de calor, dado que a energia usada para percorrer o ciclo de histeresis é perdida sob a forma de calor.

2

MICROFONES

Se bem que os gravadores de fita sejam muitas vezes usados para gravar sinais directamente a partir de receptores de rádio, todos os sinais audio que gravamos começam por ser sinais eléctricos num microfone, de modo que este último dispositivo é a parte isolada mais importante de qualquer sistema de transmissão ou gravação. Dado que o microfone converte o sinal audio em sinal eléctrico, a qualidade ou fidelidade de todo o sistema depende da qualidade do microfone. Se este produz um sinal distorcido, um que não constitui uma cópia exacta do sinal audio, então será muito difícil (muitas vezes impossível) corrigi-lo mais tarde de modo a produzir um sinal perfeito para radiodifusão ou gravação. Como explicaremos mais tarde, um microfone de alta qualidade constitui um produto bastante caro devido à sua concepção e construção, pelo que poucos amadores realizam gravações de alta qualidade usando um microfone. Os microfones fornecidos com os gravadores de fita têm normalmente uma qualidade baixa, apenas apropriada para gravação da palavra.

Tipos de microfone

Além do microfone de carvão, que tem apenas um interesse histórico e é descrito brevemente no capítulo 3, as três classes principais de microfone actualmente usadas são o de

cristal, o electrodinâmico e o de condensador, existindo diversos tipos de microfones dentro de cada uma destas classes. As diferenças entre as três classes de microfones consistem nos métodos usados para converter as ondas sonoras existentes no ar em ondas eléctricas num fio. Como já vimos, as ondas sonoras no ar consistem em moléculas (de oxigénio e azoto) vibrando em torno das suas posições de repouso. Dado que não podemos realizar ligações eléctricas ao ar a temperaturas normais, temos de domesticar o movimento das moléculas de tal modo que movimentem uma película sólida, normalmente fina, a que chamamos diafragma. O diafragma pode ser uma película de papel esticado, metal, vidro ou qualquer outro objecto sólido, devendo ser seguro pelas arestas, de modo a ficar suficientemente livre para se poder movimentar quando é atingido pela onda sonora. Verificamos também que se pode usar um diafragma, para detectar uma onda sonora, de duas maneiras diferentes. Se simplesmente suspendermos um diafragma de tal modo que ambos os lados fiquem abertos ao ar, então o diafragma comporta-se como se fosse parte do próprio ar — as moléculas móveis do ar transportam o diafragma consigo e levam-no a vibrar do mesmo modo. Idealmente, o diafragma mover-se-á exactamente à mesma velocidade (para a frente e para trás) que as moléculas de ar, pelo que descreveremos um diafragma aberto como sendo *accionado por velocidade*.

A palavra *velocidade* é bastante importante. Se bem que muitas vezes a utilizemos noutro sentido, ela significa de facto velocidade *numa direcção*, e a direcção do movimento das moléculas é muito importante. Numa onda sonora, como já vimos, as moléculas vibram para a frente e para trás numa linha que é a direcção da onda sonora. Se colocarmos um diafragma aberto, com o seu eixo ao longo da direcção da onda sonora (figura 2.1 a), então o movimento das moléculas do ar movimentará igualmente o diafragma como já descrevemos.

Se, no entanto, colocarmos o diafragma de tal modo que o seu eixo se encontre paralelamente à direcção da onda sonora (uma linha recta a partir da fonte até ao diafragma), então as moléculas móveis não podem afectar o diafragma (figura 2.1 b). Se agora rodarmos o diafragma na

direcção da fonte sonora, as moléculas móveis terão um maior efeito sobre o diafragma, até se atingir o maior efeito possível quando o eixo do diafragma se encontra completamente virado para a fonte sonora. Um diafragma accionado por velocidade é portanto *direcciona*, e um microfone que utilize um diafragma aberto será igualmente direcciona, produzindo a sua maior saída (para uma dada distância) quando o eixo do microfone está virado para o som, e menos quando o eixo do microfone se encontra perpendicular à linha da

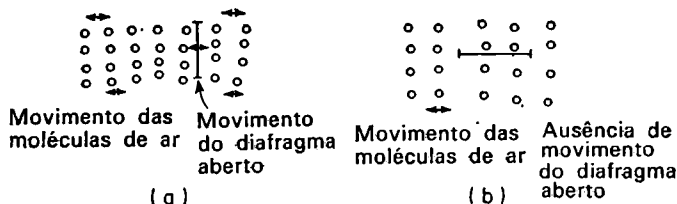


Fig. 2.1. — Accionamento dos microfones por velocidade. (a) O movimento das moléculas de ar de cada lado do diafragma provoca o movimento do diafragma. (b) Com o diafragma paralelo ao movimento das moléculas de ar, não há movimento do diafragma.

onda sonora. Os microfones direccionais são extremamente úteis se quisermos receber um som proveniente de uma fonte larga, como seja o solista com uma orquestra ou um pássaro numa árvore. O capítulo 9 trata brevemente as utilizações dos microfones de qualidades direccionais diferentes.

A acção do microfone torna-se bastante diferente quando um dos lados da cápsula se encontra fechado (figura 2.2 a). Já não teremos o diafragma suspenso entre moléculas móveis; temos ainda ar de um dos lados e moléculas vibrantes no outro, de tal modo que as moléculas vibratórias no exterior batem no diafragma. Quando as moléculas em vibração batem num dos lados do material, o efeito produzido é designado por *pressão*.

O ar que nos rodeia exerce uma pressão que é relativamente constante (variando um pouco com o tempo), e o efeito de uma onda sonora consiste em provocar pequenas

variações desta pressão à mesma frequência da onda. A pressão no entanto, actua igualmente em todas as direcções — quando usamos pressão de ar para encher um balão, este não estica apenas na direcção em que sopramos! (ver a figura 2.2 b). Um diafragma que seja afectado pelas ondas de pressão não será portanto sensível à direcção; vibrará

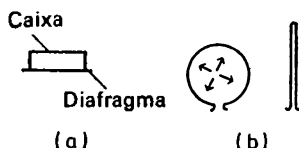


Fig. 2.2. — Accionamento por pressão. (a) Um diafragma com um lado fechado é accionado pela pressão de ar, e não pela velocidade das moléculas. (b) Um balão esférico ilustra o facto de a pressão de ar actuar em todas as direcções, porque enche esfericamente, e não longitudinalmente.

com as ondas vindas de todas as direcções; pelo que um microfone usando um diafragma fechado deste tipo será omnidireccional, ou seja, igualmente sensível em todas as direcções.

Note que a característica de direcionalidade nada tem a ver com o método usado para converter as ondas sonoras em ondas eléctricas; qualquer classe de microfone pode ser tornado direccional ou omnidireccional, consoante o modo como o diafragma é montado.

Diagramas polares

Medimos a direcionalidade de um microfone utilizando um diagrama polar. Um diagrama polar é um tipo de gráfico, desenhado utilizando círculos em vez da grelha habitual. O centro do diagrama representa a posição do microfone (figura 2.3 a), e cada círculo desenhado em torno do centro representa uma quantidade de intensidade sonora a 1000 Hz. Naturalmente, dado que um som distante produz um sinal mais fraco do que um som próximo e os círculos também

representam distâncias, os círculos mais afastados do centro representam uma menor quantidade do que os que se encontram mais para o interior — as unidades precisas utilizadas aqui não têm grande importância por agora.

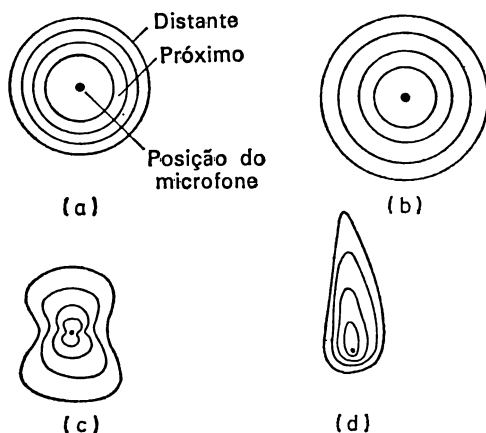


Fig. 2.3. — Diagramas polares. (a) O ponto central representa a posição do microfone e os círculos representam distâncias. (b) Para um microfone verdadeiramente omnidireccional o diagrama polar é circular; os círculos serão marcados com os valores de sensibilidade do microfone a várias distâncias. (c) Uma resposta em «número oito» muitas vezes encontrada nos microfones accionados a velocidade. (d) Uma resposta verdadeiramente direccional.

Podemos agora utilizar este diagrama para marcar a resposta direccional do microfone distorcendo os círculos de modo a indicar o ângulo entre o microfone e a onda sonora. Podemos agora desenhar o gráfico, marcando um ponto que mostre qual a quantidade de som necessária para produzir uma dada quantidade de sinal eléctrico a 0° — ou seja, com o microfone voltado para a onda sonora. Pode-se em seguida medir quanto som é necessário quando o microfone está apontado a 30° , 60° , 90° , etc., em torno do círculo, rodando o microfone, medindo, e marcando a quantidade de som necessária. O resultado final, quando ligamos todos os pontos

por uma curva contínua, é o diagrama polar do microfone para a frequência usada nos ensaios.

Um microfone perfeitamente direccional produzirá um desenho bastante interessante — um círculo perfeito, como se vê na figura 2.3 b. Os microfones sensíveis em função da direcção produzirão diagramas como os das figuras 2.3 c e d. O desenho em oito é típico de um microfone accionado por velocidade e é extensivamente usado, mas o desenho modificado designado por cardióide (figura 2.3 d) é também particularmente útil, concretamente em gravação estereofónica.

O diagrama polar de um microfone varia quando as medidas são realizadas a diferentes frequências, e a alteração em causa depende bastante da construção do microfone. Por exemplo, pode-se construir um microfone com o diafragma fechado de um dos lados e parcialmente fechado com material absorvente do outro. Um microfone deste tipo será omnidireccional a baixas frequências mas cada vez mais direccional à medida que as frequências aumentam, sendo útil para trabalho em estereofonia ou em reprodução para uma audiência.

Construção de microfones

O microfone mais simples possível consistiria num diafragma e num transdutor (figura 2.4). O diafragma, quer seja aberto ou fechado, converte a onda sonora em movi-

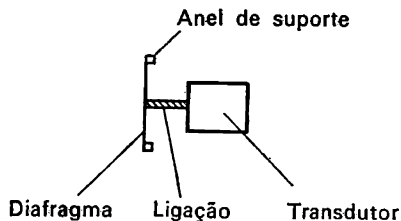


Fig. 2.4. — Princípio de funcionamento de todos os microfones. O diafragma é levado a vibrar pelas ondas sonoras, e as vibrações do diafragma são transmitidas ao transdutor por uma ligação mecânica. O transdutor converte então as vibrações em ondas eléctricas.

mento, e o transdutor converte em seguida o movimento do diafragma em sinais eléctricos. Esta combinação de diafragma e transdutor é designada por «cápsula» (ou ainda «elemento»). Se pudéssemos ter a certeza de que o diafragma ou o transdutor se comportam de uma maneira perfeita para as ondas sonoras de qualquer frequência, não haveria necessidade de qualquer outros componentes no microfone; mas nada é perfeito, e as duas fontes mais susceptíveis de imperfeição são a própria onda sonora e os problemas de ressonância das partes móveis.

A própria onda sonora provoca problemas devido à dimensão do diafragma e à frequência de ondas. Uma experiência simples mostrará a razão de ser do problema. Se nos virarmos para um alto-falante que esteja a reproduzir uma nota de baixa frequência, então um objecto como por exemplo uma cadeira, colocado entre o alto-falante e a nossa cabeça terá pouco efeito no som que ouvimos. A razão disto é que o comprimento de onda da nota de baixa frequência é grande comparativamente com a dimensão do obstáculo (a cadeira).

Se agora mudarmos a nota para uma alta frequência e repetirmos a experiência, verificaremos que o obstáculo provoca uma grande alteração do som, e a razão disto é que o comprimento de onda do som é agora pequeno comparativamente com a dimensão do obstáculo. Dado que um microfone é um obstáculo para uma onda sonora, deveremos portanto esperar que se comporte de maneira diferente para diferentes comprimentos de onda (frequências) do som, sendo esta uma causa de imperfeições.

A outra causa é mais problemática. Todos os objectos com movimento mecânico vibram com grande facilidade para uma dada frequência designada por *frequência de ressonância*. Os painéis de um automóvel vibrarão claramente para uma dada velocidade do motor; as garrafas emitirão uma nota quando soprarmos pelo gargalo; uma corda esticada vibrará a uma dada frequência quando tocada; tudo isto são exemplos de ressonância. Se não existisse a ressonância não haveria instrumentos musicais, mas os efeitos da ressonância podem ser bastante graves nos microfones e nos alto-falantes. O problema é que o diafragma do microfone e qualquer ou-

tra parte móvel do transdutor terão certamente uma frequência qualquer de ressonância. A esta frequência, o diafragma mover-se-á muito mais livremente do que a qualquer outra, pelo que obteremos um maior sinal de saída para esta onda sonora. Cada parte móvel do microfone terá a sua própria frequência de ressonância, de tal modo que haverá diversas frequências para as quais a saída aumenta e diminui nitidamente. Mostramos as ressonâncias fazendo um gráfico da saída eléctrica (v) do microfone em função da frequência da onda sonora (f), utilizando um som de ampli-

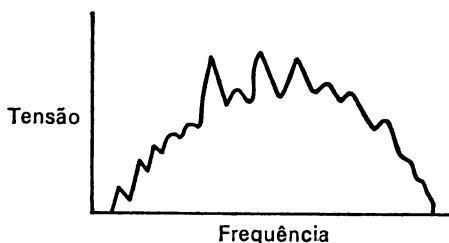


Fig. 2.5. — Gráfico da resposta típica de um microfone, utilizando entradas de som de potência igual para cada frequência. A resposta em pico é provocada pelas ressonâncias — acústica, mecânica e eléctrica — do microfone.

tude constante. Estes gráficos de ressonância devem ser feitos partindo de resultados obtidos em salas especiais, designadas por câmaras anecóides, de tal modo que os efeitos dos ecos na sala são reduzidos para proporções negligenciáveis; estes ecos produzem ressonâncias no ar da sala (ondas estacionárias) que de outro modo tornariam difícil a realização de quaisquer medições.

Na figura 2.5 mostra-se um gráfico típico. A grande irregularidade do gráfico tornaria este microfone inadequado para gravação de boa qualidade, mas a cápsula pode no entanto ser usada para a gravação de discurso, podendo o modelo constituir um bom microfone de dictafone. A razão disto é o pico na região das frequências de 2 — 5 kHz, que se encontram presentes no discurso humano; essa ressonância torna este microfone particularmente sensível à fala humana.

Para gravação de alta qualidade, particularmente de música, esta resposta seria bastante inaceitável, devendo-se efectuar algumas alterações. Pode-se alterar a cápsula propriamente dita, controlando as ressonâncias por «amortecimento» (figura 2.6), absorvendo a vibração excessiva, mas este método provoca bastantes perdas, dado que torna o microfone muito insensível. É, por outro lado, difícil de aplicar devido à pequena dimensão dos componentes. Uma outra maneira muito mais útil de resolver a questão consiste

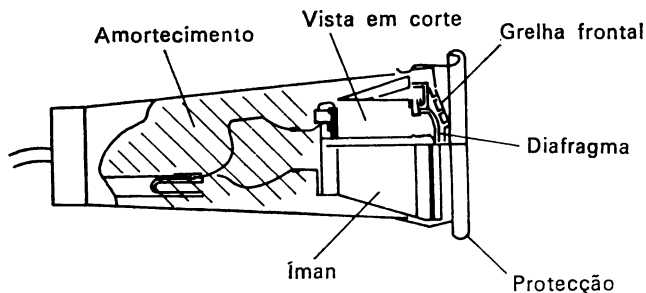


Fig. 2.6. — Um microfone vulgar em corte longitudinal. O diafragma é protegido por uma grelha e uma superfície protectora. Esta e o amortecimento servem para reduzir os efeitos das ressonâncias.

em realizar uma «igualização acústica», ligando à cápsula um corpo que tenha as suas próprias ressonâncias cuidadosamente concebidas de modo a suavizar a resposta: estes corpos podem ser simples esferas com tubos estudados para ressoarem a diferentes frequências, ou montagens bastante complicadas, perfuradas e com caixas adelgaçadas, com uma cápsula numa das extremidades. A concepção destes corpos aumenta bastante o custo dos microfones, e encontra-se na base do elevado preço dos microfones de boa qualidade.

Agora que observámos o efeito da maneira como as cápsulas são montadas (abertas ou fechadas) e o uso do corpo que rodeia a cápsula para corrigir os efeitos de ressonância, podemos considerar os tipos de transdutores usados para converter as vibrações mecânicas do diafragma em oscila-

ções eléctricas que provocam o aparecimento do sinal eléctrico. O comportamento destes transdutores terá igualmente um grande efeito na qualidade do microfone e em dois outros factores, a sensibilidade e a impedância do microfone.

Sensibilidade

A sensibilidade de um transdutor de microfone é medida pela relação entre a quantidade da saída eléctrica e a quantidade de entrada sonora. A medição em causa não é bastante fácil, e os valores de sensibilidade dos diferentes microfones só têm verdadeiramente interesse para o profissional. As grandes diferenças de sensibilidade entre os tipos de microfone têm, no entanto, interesse para os utilizadores, porque poderemos ser forçados a seleccionar diferentes sensibilidades para diferentes tarefas. Devemos recordar, no entanto, que mesmo um microfone bastante «sensível» terá sempre uma saída eléctrica muito pequena, dado que o microfone não constitui um conversor eficaz do sinal sonoro em sinal eléctrico.

Em princípio, preferiríamos que um microfone fosse sensível, mas isto nem sempre constitui uma vantagem. Um microfone cuja alta sensibilidade permite produzir um sinal eléctrico a partir de uma fonte sonora muito fraca pode ficar sobrecarregado por uma grande quantidade de sons (um efeito por vezes designado por «blasting»), sendo muito distorcidos os sons fortes. Este efeito é muito difícil de evitar quando se usa um microfone omnidireccional, sendo portanto mais útil um microfone sensível, quando é direccional. Pode-se obter estas qualidades jogando com a construção da cápsula, como se indicou anteriormente, ou montando o microfone num reflector parabólico como se mostrará no capítulo 9. A gravação dos sons da natureza é uma das aplicações possíveis dos microfones muito sensíveis e de elevadas características direccionais.

Os microfones pouco sensíveis têm igualmente utilidade. Quando uma pessoa se dirige ao público num local com muitos ruídos, um microfone pouco sensível captará pouco deste ruído de fundo, produzindo simultaneamente uma saída razoável do discurso, no caso de se encontrar bastante pró-

ximo dos lábios da pessoa. Isto tem uma aplicação óbvia no caso de gravações realizadas em aeroportos e lugares igualmente barulhentos, sendo igualmente bastante útil para gravações em que a voz de um cantor é gravada numa pista e o acompanhamento musical numa outra. Infelizmente, a sensibilidade e a qualidade não andam juntas, e verifica-se que os microfones mais sensíveis são normalmente os de menor qualidade. Não há qualquer objecção contra o microfone ser pouco sensível, dado que o sinal eléctrico pode ser amplificado, mas há um limite para a utilidade da amplificação. Este limite é constituído pelo ruído eléctrico (ver o capítulo 7) que existe em qualquer amplificador. Se o sinal do microfone é inferior ao nível do ruído na entrada do amplificador, então a saída que obteremos consistirá apenas no sinal de ruído detectável, não sendo assim possível utilizar o ganho do amplificador para compensar a saída de sinal bastante fraco do microfone.

Impedância

Qualquer microfone terá dois terminais, normalmente ligados por um coaxial. Um destes terminais é o retorno à terra, ligado através da protecção exterior do cabo coaxial ao chassis do amplificador e usado para proteger o cabo interior, dos sinais eléctricos parasitas das linhas de alimentação e outras fontes (por exemplo transmissores de rádio). O outro terminal é o do sinal de saída, que deve ser protegido contra as interferências porque se encontra ligado à entrada do amplificador e o sinal por ele conduzido é grandemente amplificado.

Estes dois terminais não se encontram separados; estão ligados no interior do microfone, e a ligação terá algum valor de resistência eléctrica medida em ohms. Na prática, a ligação entre os terminais raramente assume a forma de um simples pedaço de fio, sendo mais normalmente uma bobina de fio ou mesmo um condensador.

Falando num sentido restrito, então, a ligação constitui uma impedância (uma combinação de uma reactância indutiva ou capacitância com uma resistência) e não propria-

mente uma resistência, se bem que a unidade de medida seja ainda o ohm. A diferença importante é que a impedância não é constante mas varia com a frequência. Os tipos de microfones mais usados têm, no entanto, uma frequência relativamente constante para a gama audio de frequências, pelo que a distinção entre a impedância e a resistência não é normalmente muito importante excepto no caso dos microfones de cristal ou de condensador.

Por uma questão de conveniência, agrupamos normalmente os microfones nos tipos de baixa, média e alta impe-

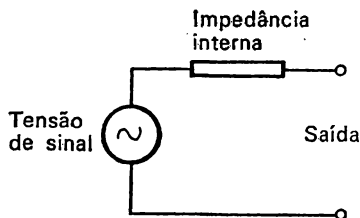


Fig. 2.7. — Qualquer microfone se comporta electricamente como se constituísse uma fonte de tensão de sinal em série com uma impedância, a saber, a impedância interna.

dância. Um microfone de baixa impedância terá uma resistência C. C. (corrente contínua) medida usando um ohmímetro, de apenas alguns ohms, provavelmente menos de 10. Um microfone de média impedância terá uma resistência C. C. entre algumas centenas e poucos milhares de ohms, e um microfone de alta impedância terá uma resistência contínua de vários milhares de ohms, talvez até alguns milhões de ohms no caso de um microfone de cristal ou de condensador.

A impedância de um microfone encontra-se profundamente ligada a dois factores importantes — a sensibilidade do microfone e a impedância de entrada (ou resistência) do amplificador que será usado com o microfone. Em regra, os microfones de menor impedância serão os menos sensíveis;

os de maior impedância serão os mais sensíveis, e procuraremos ligar o microfone a um amplificador cuja resistência de entrada seja maior do que a resistência do microfone, ou pelo menos igual.

Adaptação de impedâncias.

O problema de adaptar um microfone a um amplificador faz muita confusão aos principiantes e nem sempre é compreendida em toda a sua extensão pelos mais experientes. É necessário transferir o sinal do microfone para o amplificador com uma perda tão fraca quanto possível, e com tão pouca captação de sinais de ruído quanto possível, e em seguida amplificar o sinal tanto quanto necessário.

O sistema parece muito mais simples se recordarmos que os sinais eléctricos passam em circuitos fechados e que o sinal do microfone para o amplificador deve passar através da impedância do microfone e pela impedância de entrada do amplificador num circuito completo. Podemos mostrar isto num diagrama (figura 2.8 a), indicando a impedância como se fosse um conjunto de resistências e utilizando o símbolo circular para significar uma tensão de sinal V_s . Agora este circuito pode ser redesenhado numa forma mais familiar (figura 2.8 b), a do divisor de potencial, no qual a tensão de saída é

$$V_o = V_i \frac{R_i}{(R_i + R_o)}$$

Suponhamos, por exemplo, que a impedância do microfone R_o é 10 000 ohms (10 kohms) e a resistência de entrada do amplificador R_i é 1 000 ohms (1 kohm). Se o sinal V_i

do microfone for de $50 \mu V$ (50 microvolts), então a quantidade de sinal que atinge o amplificador é

$$\frac{450 \times 1000}{11000} \mu V,$$

o que representa cerca de $4,5 \mu V$. Neste exemplo, a quantidade de sinal que atinge a entrada do amplificador é menos de um décimo do sinal que sai do microfone — o que não

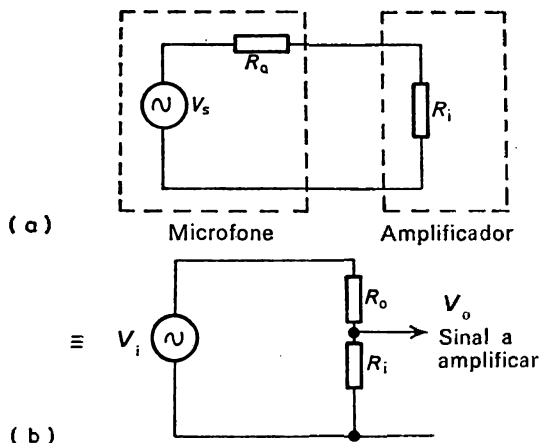


Fig. 2.8. — Quando um microfone é ligado a um amplificador, as impedâncias do microfone e do amplificador encontram-se ligadas em série (a). Quando este circuito é re-desenhado (b), constitui o familiar circuito divisor de potencial, no qual

$$V_o = \frac{V_i R_i}{R_i + R_o}$$

constitui um arranjo satisfatório. Se a resistência de entrada do amplificador fosse de 50 000 ohms (50 kohms), então a quantidade de sinal que atingiria o amplificador seria

$$\frac{50 \times 50000}{60000} \mu V,$$

aproximadamente igual a $42 \mu V$, o que é muito mais conveniente. Quando a impedância do amplificador é exactamente igual à impedância do microfone, o sinal no amplificador é igual a metade do sinal de saída do microfone.

A condição para obter a maior quantidade do sinal possível de um microfone consiste portanto em ligá-lo a um amplificador com maior impedância de entrada do que a impedância do microfone. Isto nem sempre assegura a maior qualidade da saída, dado que alguns microfones contêm circuitos eléctricos concebidos para corrigir ressonâncias e devem ser ligados a um amplificador com uma impedância semelhante à indicada no folheto de instruções do microfone. Nestes casos podemos sempre usar uma entrada de amplificador com uma maior impedância, e ligar uma resistência em paralelo com a entrada de modo a tornar a impedância total da entrada, correcta para o microfone. No entanto, isto raramente é necessário. A ligação que convém evitar é a de um microfone de alta impedância, como seja o tipo de cristal ou de condensador, a uma entrada de amplificador de baixa frequência.

A maior parte das dificuldades que encontramos devem-se a microfones com impedâncias muito altas ou muito baixas. Os microfones de cristal com impedâncias muito altas devem ser ligados a amplificadores com impedâncias muito altas (1 Mohm ou mais) ou circuitos especiais de adaptação. Dado que é mais fácil construir amplificadores transistorizados com entradas de média impedância (10 a 50 kohms), raramente usamos tais microfones a menos que se disponha de uma entrada apropriada. Na outra extremidade da escala de qualidade, os microfones de fita de alta qualidade apresentam impedâncias muito baixas, e níveis de saída bastante fracos. Os níveis de saída dos microfones de fita são tão baixos que mesmo um amplificador bem concebido poderá apresentar um nível excessivo de ruídos, o que deve ser ultrapassado, utilizando um transformador de adaptação. Este transformador tem um enrolamento primário de baixa impedância e um enrolamento secundário de média impedância, multiplicando a tensão da saída do microfone por um factor de cerca de 50, adaptando-se ainda bem a entradas de amplificador de 20 a 50 kohms. Diversos microfones de baixa

impedância têm o transformador de adaptação incorporado, mas é igualmente possível incorporar o transformador no amplificador, de tal modo que as ligações entre o microfone e o transformador se encontrem a uma impedância bastante baixa e portanto apresentem uma menor probabilidade de captarem ruídos de fundo de qualquer tipo.

Sumário das regras de adaptação dos microfones

1 Ligue um microfone à impedância de amplificador recomendada, ou a um valor tão próximo deste quanto possível.

2 Se o fabricante de microfones não faz qualquer recomendação particular, ligue a uma impedância de amplificador bastante maior do que a impedância do microfone.

3 Os microfones de condensador, os «electret» e de cristal devem ser ligados a uma entrada de amplificador de impedância bastante alta, ou a uma entrada concebida especificamente para este tipo de microfones.

4 Os microfones de fita e outros de impedância muito baixa necessitam de um transformador de adaptação ligado a uma entrada de amplificador de 20 a 50 kohms.

Tipos de transdutores

Recordemo-nos de que o transdutor do tipo usado para um microfone deve converter as vibrações do diafragma em sinais eléctricos. Os vários transdutores que podemos utilizar para este fim afectarão a sensibilidade, a qualidade e a impedância da cápsula do microfone.

Os microfones de cristal utilizam cristais de materiais como o titanato de bário. Revestem-se lados opostos do cristal com prata, e realizam-se ligações entre a prata e os terminais de saída. Quando estes cristais são encurvados levemente, o deslocamento dos átomos provoca o aparecimento de uma tensão entre os contactos de prata, de tal modo que é possível obter um sinal eléctrico a partir de um movimento

mecânico (efeito piezoelectrico). Podemos utilizar este efeito, montando uma extremidade do cristal no corpo do microfone e a outra no diafragma, de tal modo que os pequenos movimentos deste último encurvam o cristal e provocam o aparecimento de sinais eléctricos. Dado que o cristal é um isolador, a impedância é bastante alta. A tensão de saída é também bastante alta comparativamente com a de outros microfones, mas a qualidade é normalmente baixa devido ao comportamento do cristal, que não é completamente previsível. Um outro tipo de microfones de cristal, o de célula sonora, utiliza duas placas cristalinas seladas nas extremidades for-

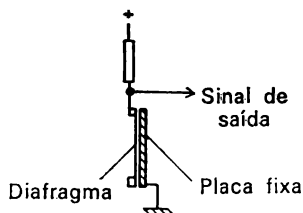


Fig. 2.9 — Princípio de funcionamento do microfone de condensador. A placa fixa encontra-se ligada à terra, e o diafragma está ligado através de uma resistência de alto valor a uma tensão alta, a tensão de polarização. A saída de sinal é na ligação do diafragma.

mando uma caixa, de tal modo que uma das placas actua como diafragma. A qualidade deste tipo é superior, mas o sinal de saída é mais fraco. A impedância é muito alta.

Os microfones de condensador do tipo tradicional raramente são utilizados hoje, mas alguns tipos de alta qualidade encontram-se ainda em produção. O seu princípio de funcionamento fundamenta-se na variação de tensão entre duas placas de condensador carregadas, quando o espaço entre as placas é alterado. Nos microfones tradicionais de condensador, actualmente bastante raros, as placas metálicas encontram-se a uma distância muito curta entre si, e uma delas é bastante delgada, actuando como diafragma. Uma das placas encontra-se ligada à terra (figura 2.9) e a outra é a entrada do amplificador através de um condensador, estando ainda ligada

a uma tensão alta, a tensão de polarização, através de uma resistência de valor elevado. Quando o diafragma é colocado em vibração, as variações na distância entre ambas as placas provocam variações de tensão que constituem o sinal de saída desde que o tempo entre as vibrações seja pequeno relativamente ao tempo necessário para carregar as placas do condensador através da resistência.

São necessárias altas tensões (300 V, aproximadamente) e valores de resistência bastante elevados (5,6 kohms ou mais), e o amplificador deve possuir uma resistência de entrada bastante alta. Se forem utilizadas resistências de entrada inferiores, o som gravado denotará falta de graves. A qualidade pode ser bastante boa, dado que a única parte móvel do microfone será, neste caso, o diafragma.

Um desenvolvimento ulterior é o microfone «electret». Um «electret» é um material que apresenta uma carga eléctrica constante (tal como um íman tem um campo magnético constante). Usando uma película fina de um material deste tipo (normalmente uma película plástica especialmente preparada) revestida com alumínio, ao qual é feito contacto, pode-se conseguir um microfone de condensador que não necessita de resistência ou de tensão polarizadora.

As ligações são realizadas ao diafragma metálico e à placa metálica traseira que se encontra muito próxima e paralela ao diafragma, tal como no microfone de condensador tradicional. A impedância é bastante alta, a saída é relativamente forte, e a qualidade pode ser boa.

A maior parte dos microfones usados actualmente em gravação sonora de qualidade são do tipo electrodinâmico, o que significa que o sinal é obtido, movimentando um material condutor através do campo de um íman. Os microfones de bobina móvel (ver a figura 2.10 a), como o nome implica, utilizam uma bobina presa ao diafragma e apoiado no campo de um íman. A vibração do diafragma provoca a indução de fracos sinais de tensão na bobina. A impedância é relativamente baixa e a qualidade é fraca, a menos que as muitas ressonâncias possíveis sejam corrigidas através de um desenho conveniente do corpo do microfone. Existem diversas concepções de alta qualidade, algumas com saídas de baixa impedância, outras com transformadores de adaptação incor-

porados que asseguram uma maior saída e maiores impedâncias.

Os microfones de fita (ver a figura 2.10 b) constituem um tipo especializado de microfone electrodinâmico no qual se usa uma fita metálica ou plástica metalizada em vez do diafragma e da bobina. Dado que a fita é extremamente leve, torna-se possível um verdadeiro accionamento por velocidade, mas a impedância assim obtida é bastante fraca, tal como de resto a impedância de saída. Torna-se assim necessário, em

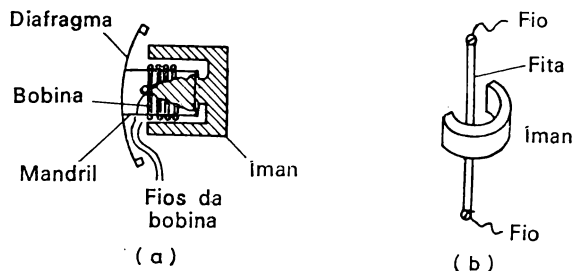


Fig. 2.10. — Princípio de funcionamento do microfone electrodinâmico. As vibrações do diafragma movimentam o mandril, e portanto a bobina. Dado que esta se encontra entre os pólos de um ímã, a sua vibração induz um sinal eléctrico na própria bobina. (b) Princípio de funcionamento de um microfone de fita. Uma delgada fita metálica é esticada entre os pólos de um ímã. A vibração desta fita sob a acção de uma onda sonora provoca a indução de sinais fracos na fita metálica.

todos os casos, o emprego de um transformador de adaptação, mas a qualidade final é excelente, e a resposta polar em «oito» pode ser modificada para um formato cardióide, utilizando uma concepção do corpo apropriada.

Os microfones de fita são fáceis de deteriorar se não forem manuseados com cuidado, se se soprar em direcção à fita metálica ou se apanharem vento, devendo portanto ser usados exclusivamente em estúdios de gravação e não em exteriores. Podem-se no entanto desenhar protecções apropriadas contra o vento e contra o sopro da voz, e de facto um dos melhores tipos de microfones para comentários da acção em exteriores é o de fita.

DESENVOLVIMENTO DA GRAVAÇÃO EM FITA

O inventor da gravação em fita, se é que é possível indicar um só homem como inventor de seja o que for, parece ter sido Valdemar Poulsen, um dinamarquês que, em 1898, publicou o seu relatório de uma máquina designada por Telegrafone, uma espécie de máquina automática de resposta telefónica. A partir de desenhos feitos na época, parece que os seus princípios de funcionamento eram semelhantes aos do moderno gravador de fita, se bem que muitas características dos aparelhos modernos se encontrassem compreensivelmente ausentes.

A máquina Poulsen (ver a figura 3.1) utilizava fio de aço como material de gravação, e este fio era mantido enrolado num cilindro comprido. A cabeça de gravação e reprodução era mantida num estribo, rodado a uma velocidade constante por um motor de corda, e movimentada para cima, sobre o cilindro, pela acção «de parafuso» resultante da interacção entre o fio e a cabeça. Este arranjo simples incluía o equipamento de gravação.

Ao contrário dos microfones que estamos habituados a utilizar nos gravadores de fita modernos, o microfone utilizado com o Telegrafone era um tipo do microfone de carvão usado nos telefones, construído de modo a dar um forte sinal de saída. O tipo usado então (e ainda hoje, se bem que esteja já ultrapassado pelos microfones «electret») usava grânulos de carvão fechados numa caixa por um diafragma. Os grânulos

los de carvão conduzem electricidade, mas a resistência de uma camada de grânulos de carvão depende bastante da densidade em que se encontram. No microfone de grânulos de carvão é aplicada uma tensão à camada de carvão, usando uma pilha, e a corrente que passa constitui o sinal. Quando

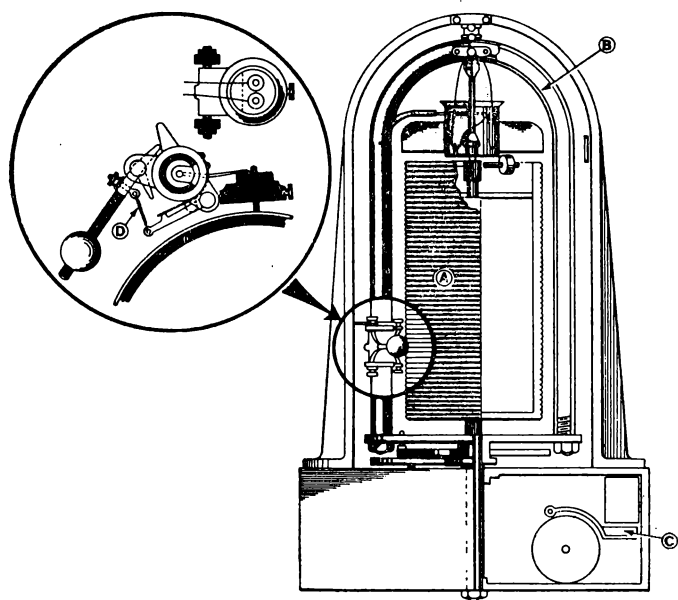


Fig. 3.1. — Parte do desenho da patente de Poulsen. O tambor, A, é fixo, e o estribo, B, é rotativo. A cabeça consiste num electroímã colocado em contacto com o fio pela acção centrífuga de um peso (ver vista ampliada) quando o estribo roda. Uma mola empurra a cabeça para longe do fio quando o estribo fica em repouso (por cortesia de Wireless World).

uma onda sonora atinge o diafragma, o efeito consiste em alternadamente puxar e empurrar este último, o que provoca a compressão e distensão dos grânulos de carvão. Este processo provocará por sua vez a variação da resistência da camada de carvão, que será alternadamente baixa e alta;

alta quando os grânulos são comprimidos e baixa no caso contrário. Dado que a tensão a ser aplicada ao carvão é constante, a corrente através dele será mais forte quando a resistência é fraca e mais pequena quando a resistência é grande. O microfone de carvão transforma portanto uma onda sonora num sinal de corrente eléctrica com a mesma forma de onda e a mesma frequência, e produz uma maior saída do que qualquer outro tipo de microfone.

Este último aspecto é a única razão da sobrevivência do microfone de carvão até aos nossos dias. No século XIX, não existiam amplificadores, pelo que o sinal de saída de um microfone de telefone devia ser suficientemente forte para accionar directamente o auscultador, e uma chamada telefónica a longa distância tornar-se-ia impossível, a menos que a saída do microfone fosse suficientemente forte para vencer as perdas, através de muitos quilómetros de fio.

É esta a razão da simplicidade do arranjo de gravação do Telegrafone. O microfone, a bateria e a bobina da cabeça de gravação eram ligadas em série de tal modo que os sinais de corrente provocados pelos sinais que atingiam o microfone passariam pela bobina na cabeça de gravação e criariam um sinal magnético no ponto em que o fio de aço encostasse à cabeça. Só um microfone de carvão poderia fazer isto sem necessidade de amplificação.

Reprodução

Os problemas da reprodução eram muito mais sérios. A cabeça podia ser colocada novamente no início do fio no cilindro e este podia ser novamente colocado em movimento. Desta vez o microfone é desligado, e o processo é executado em sentido inverso. Quando qualquer íman é passado por uma bobina de fio, é gerada uma tensão no fio. Chama-se a isto indução electromagnética e, à primeira vista, parece ser exactamente o oposto da acção de um electroíman. As primeiras impressões induzem-nos porém em erro, como aliás os pioneiros verificaram neste campo; e o aspecto importante é que uma corrente estável numa bobina provocará um campo

magnético constante, e só um campo magnético em movimento induzirá uma tensão.

Quando o fio de aço se movimenta novamente à frente da bobina, provocará a indução de uma tensão alternada. A razão disto é que o fio de aço é magnetizado diferentemente em diferentes pontos. Imagine-se por exemplo que a gravação sonora provocou a magnetização do fio segundo o padrão apresentado na figura 3.2. Neste diagrama, um íman virado num sentido representa o magnetismo gravado provocado por

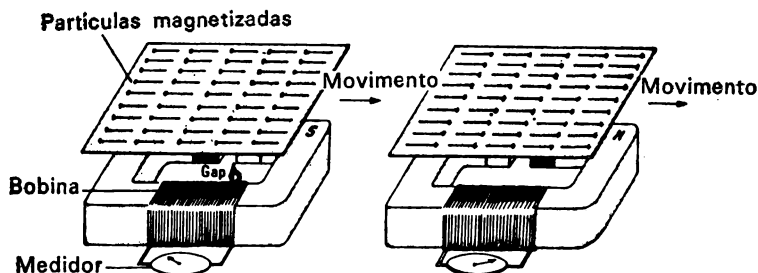


Fig. 3.2. — Indução. Se se movintarem partículas magnetizadas à frente de uma bobina, a tensão induzida na bobina depende da força e da direcção do magnetismo e da velocidade do movimento.

um pico de uma onda sonora, e um íman virado no outro sentido representa apenas a cava da onda.

Quando movimentamos um fio assim gravado à frente de uma bobina, as variações da direcção do magnetismo no fio provocará a variação das tensões induzidas na bobina, e estas tensões variantes constituem o nosso sinal de saída.

Infelizmente, este sinal de reprodução tem uma amplitude bastante pequena. Só pode ser detectado ligando um auscultador sensível à bobina de reprodução, mas necessita de amplificação se se pretende ouvir claramente ou se deve ser captado por mais de um ouvinte. Infelizmente, a ampliação não era possível na década de 1890, e foi uma vez mais esta dificuldade que tornou o Telegrafone inaceitável como rival do fonógrafo de cilindro de cera inventado por Edison

e bem estabelecido nessa época. Mesmo uma máquina de cilindro de cera bastante primitiva podia produzir uma saída sonora através de um canal acústico que era adequado a uma sala calma, e não parecia haver maneira de obter uma saída semelhante a partir de um gravador de fio.

O Telegrafone caiu no esquecimento durante algum tempo, mas, mais tarde, o trabalho realizado por Blattner e particularmente pelo pioneiro alemão Stille manteve os princípios da gravação magnética vivos. Existiam dictafones utilizando fio de aço a partir dos inícios deste século, e nos anos trinta os gravadores produzidos por Stille na Alemanha e por Carconi em Inglaterra estavam já a ser muito usados pelos profissionais do trabalho de radiodifusão. Os desenvolvimentos mais retumbantes, no entanto, só foram realizados durante e depois da 2.^a Guerra Mundial.

Problemas

Os problemas dos primeiros gravadores de fio de aço não se limitavam ao fraco nível de reprodução. O fio de aço não é ideal, magneticamente, para objectivos de gravação, e as camadas de fio de aço enrolado numa bobina tendiam a desmagnetizar-se. Do mesmo modo, se se pretende enrolar e desenrolar com facilidade o fio de aço contido em bobinas, deve logicamente ser bastante delgado, o que significa que a quantidade de sinal obtido na reprodução será muito fraca, dado que só uma pequena quantidade de material magnetizado está de facto a passar pela cabeça de reprodução. Se imaginarmos, por exemplo, que o fio consiste numa multidão de pequenos ímanes, compreendemos que haverá certamente um número destes bastante menor no caso de um fio fino de que no de um fio grosso, pelo que o sinal de reprodução será menor no primeiro caso. Estes dois pontos tornam qualquer tipo de gravador de fio insatisfatório, pelo que todo o potencial da gravação magnética só pôde ser compreendida quando se inventou a forma actual de fita, como se verá no capítulo 5.

Os problemas mecânicos constituíam igualmente uma boa razão para o lento desenvolvimento da gravação em fita.

Idealmente, gostaríamos de poder movimentar a fita rapidamente à frente das cabeças quando se está a gravar frequências altas e lentamente quando se gravam frequências baixas, mas isto nunca foi conseguido. Um compromisso possível consiste em manter a fita em movimento à frente da cabeça a uma velocidade constante mas isto, apesar de ser bastante simples na máquina de Poulsen, tornava-se extremamente difícil de conseguir nas primeiras máquinas que utilizavam bobinas de fita. A movimentação de uma destas bobinas a uma velocidade constante não provoca um movimento da própria fita a uma velocidade constante, dado que, quando já está enrolada alguma quantidade de fita na bobina, o diâmetro desta torna-se maior e aumenta cada vez mais a quantidade de fita que é enrolada em cada rotação completa da bobina. Se a bobina que recebe a fita é accionada a velocidade constante, como acontecia nos primeiros gravadores de bobinas e em muitos dictafones modernos, a velocidade da fita ao passar pela cabeça será maior quando a bobina está quase cheia do que quando se encontra praticamente vazia.

Como veremos no capítulo 4, os gravadores de fita modernos utilizam accionamentos por rodas de pressão e cabrestante para assegurar velocidades constantes da fita, mas esta solução não é completamente satisfatória no caso dos gravadores de fio, e constitui uma outra razão para o declínio e eventual desaparecimento dos gravadores deste tipo. Se a reprodução for sempre realizada na mesma máquina ou numa máquina idêntica e as bobinas de fita forem normalizadas, como acontece no caso dos dictafones, o funcionamento com bobinas poderá dar resultados razoáveis para gravação de voz, mas não para música.

Polarização

Um dos problemas principais da gravação em fita, no entanto, facilmente resolvido por Poulsen, criou consideráveis problemas mais tarde. O problema surge devido ao comportamento de um material magnético permanente, como o usado para o fio ou a fita, quando é magnetizado. Como notámos no capítulo 1, se uma pequena quantidade de força de

campo magnético de uma cabeça de gravação se encontrar presente, mantém-se a densidade de fluxo da fita quando a corrente através da cabeça baixa a zero ou quando a fita se afasta da cabeça. Para maiores valores de força do campo magnético, o material da fita magnetiza permanentemente, de tal modo que a fita ficará magnetizada quando se afasta da cabeça. Se utilizarmos valores muito grandes de força do campo magnético, no entanto, passando correntes muito fortes através da bobina da cabeça de gravação, verificaremos que o material da fita satura, de tal modo que diferentes valores grandes de corrente deixam o mesmo sinal na fita.

Se utilizarmos os sistemas esboçados até agora para gravar o som, descobriremos duas fontes de distorção severa, o que significa que o sinal magnético gravado terá uma forma que é diferente da do sinal eléctrico que estivemos a gravar. Uma fonte de distorção é o facto de as partes de fraca amplitude dos sinais não serem gravados, pelo que não são gravados os sinais fracos e os sinais fortes ficam com uma forma alterada (figura 3.3). A outra fonte de distorção é a saturação, de tal modo que serão gravados sinais fortes com os respectivos picos cortados, dado que as maiores amplitudes são gravadas com a mesma densidade de fluxo remanescente na fita.

A solução óbvia para estes problemas consiste em assegurar que a força do campo na cabeça de gravação nunca seja inferior ao mínimo necessário para magnetizar a cabeça, nem superior à quantidade que leva a fita a saturar. Isto significa que deve estar presente algum sinal magnetizador mesmo quando não se está a gravar nada; este sistema é designado por sistema de polarização e constitui um método bastante familiar usado em circuitos electrónicos para resolver os problemas deste tipo.

Parece bastante improvável que Poulsen tivesse consciência da necessidade da polarização, mas o seu gravador tinha-a de facto. A polarização encontrava-se presente porque a cabeça de gravação estava ligada em série com o microfone de carvão e uma pilha, de tal modo que passava sempre uma corrente através das bobinas da cabeça de gravação. Esta corrente nunca diminuía para zero, de tal modo que a força do campo magnético na cabeça seria sempre suficiente para

provocar a magnetização do fio. Se a saturação era ou não um problema é-nos difícil dizer, porque não sabemos qual a corrente máxima que o microfone de Poulsen podia passar. A qualidade de som do microfone de carvão é de qualquer modo tão fraca (e daí a qualidade sonora de uma mensagem telefónica) que é duvidoso que a saturação ou a falta de

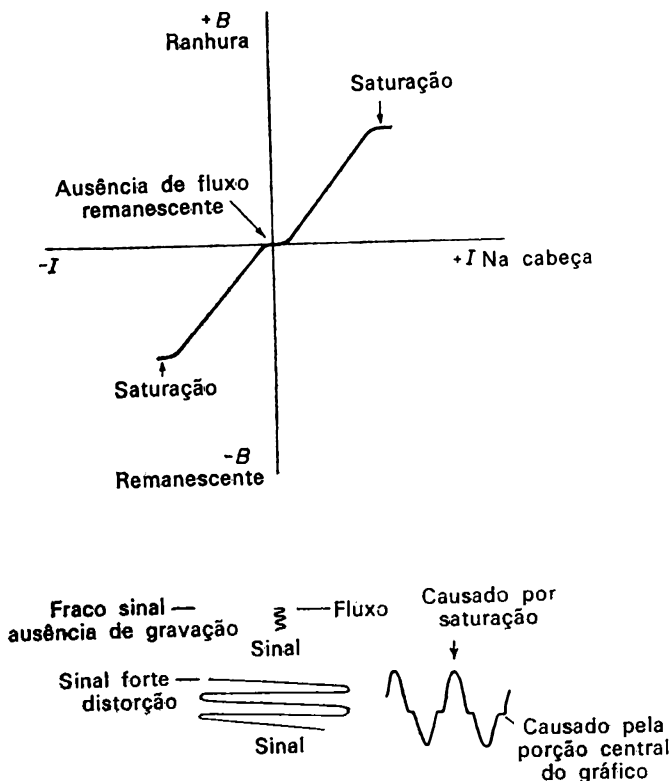


Fig. 3.3. — Gráfico do fluxo remanescente (*b*) em função da corrente de magnetização (*I*). As correntes de magnetização muito pequenas não deixam qualquer fluxo permanente; as correntes demasiado fortes provocam a saturação. A porção deste gráfico que se encontra entre os dois extremos pode ser utilizada para gravação magnética.

polarização pudessem ter provocado uma distorção mais notória que a do próprio microfone.

Polarização C. C.

Os gravadores mais avançados, no entanto, eram capazes de utilizar amplificadores e microfones de maior qualidade, e a necessidade de algum sistema de polarização que permitisse vencer o problema da região de «não-magnetização» tornou-se mais urgente. O método mais simples de aplicar uma tal polarização consiste em permitir a passagem de uma corrente estável através da cabeça de gravação, além da corrente variável de sinal. Este método, designado por polarização c. c., produz uma melhoria notória na qualidade do som reproduzido, e é usado ainda hoje para o tipo mais barato de gravadores de cassettes e para os dictafones. Não é no entanto satisfatório de muitos pontos de vista. Um problema presente é que a quantidade de polarização deve ser suficiente para magnetizar a fita, na ausência de um sinal, até cerca de metade do nível de saturação. Isto torna-se necessário porque, quando aplicamos um sinal, os picos deste somar-se-ão para um nível regular e as cavas do sinal subtrair-se-ão a partir desse nível (figura 3.4). Se a quantidade de corrente de polarização estável for correctamente concebida, a maior amplitude do sinal que pode ser gravada terá o seu pico ao nível de saturação e a sua cava ao nível em que a fita começa apenas a ser magnetizada. A menos que tenhamos sorte suficiente para obter um material que apresente uma vasta gama de densidades de fluxo magnético entre estes dois níveis, verificaremos que a quantidade (amplitude) de sinal que podemos gravar é bastante limitada.

A quantidade limitada de sinal provoca um outro problema que se torna ainda mais notório. Se se puxa uma fita não magnetizada, de modo a passar pela cabeça de reprodução de um gravador de fita com o controlo de volume bastante aberto, ouvir-se-á um sopro de fundo no alto-falante. Trata-se do ruído da fita, um sinal que é captado porque a fita nunca se encontra perfeitamente desmagnetizada.

Quando se passa uma fita pela cabeça de gravação sem se encontrar presente qualquer sinal, mas estando presente uma corrente polarizadora, o ruído da fita que ouviremos quando a reproduzirmos será bastante maior. A razão disto é que o efeito de uma polarização regular não é exactamente o mesmo em todas as partículas magnéticas da fita; algumas

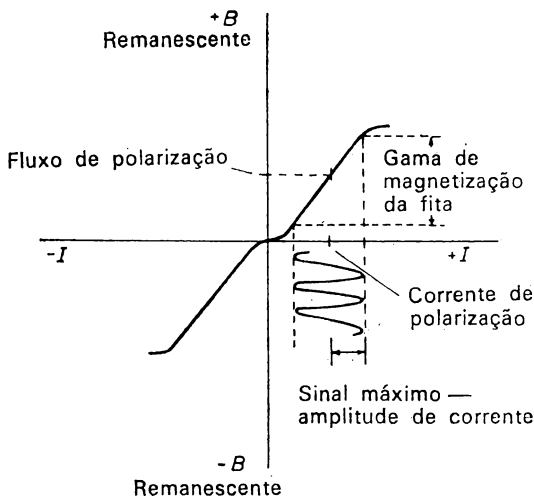


Fig. 3.4. — Utilização da polarização C.C. A corrente de polarização magnetiza sozinha a fita para metade da parte utilizável do gráfico. Pode-se em seguida acrescentar um sinal a esta corrente estável de tal modo que os picos do sinal mantenham a corrente total entre os limites definidos pelo nível zero do fluxo e pelo nível de saturação.

serão mais afectadas do que as outras, e as diferenças surgem-nos sob a forma de um sinal quando reproduzimos a fita. Trata-se de um sinal de ruído.

Este ruído da fita constitui um dos problemas mais difíceis da gravação em fita, de tal modo que somos forçados a devotar todo o capítulo 7 à descrição de métodos especiais de redução dos efeitos do ruído da fita nas gravações domésticas.

Os sistemas de polarização C.C. sofrem portanto de duas maneiras: a quantidade de sinal que pode ser gravada é limitada pela polarização, como já dissemos, e o nível de ruído provocado por esta é bastante alto. Combinamos os efeitos destes dois tipos na fita quando falamos da razão sinal/ruído. A razão sinal/ruído é a relação entre a amplitude do sinal pretendido e a do ruído não desejado, para a

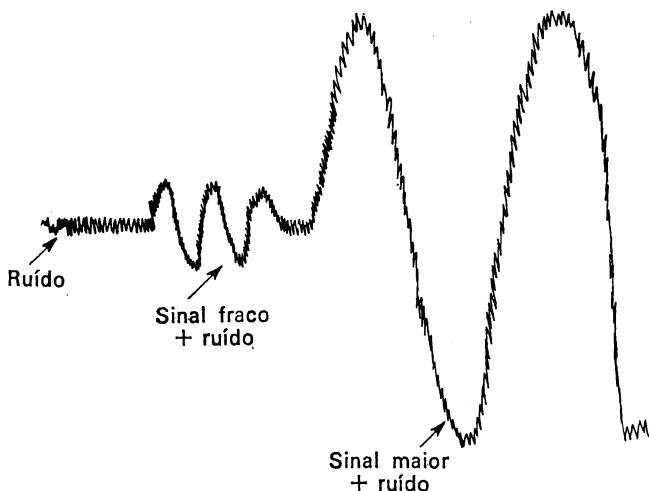


Fig. 3.5.—Sinal e ruído. O nível de ruído de uma fita é uma quantidade fixa para uma dada fita e um dado gravador, de modo que para obter bons resultados devemos tentar ter uma amplitude de sinal sempre bastante maior do que a amplitude de ruído, dando um valor grande para a razão sinal/ruído.

mesma calibração dos controlos de volume. Obviamente, se a amplitude do sinal é pequena e a amplitude do ruído é alta, o valor da razão sinal/ruído será bastante fraco (ver a figura 3.5).

Consideraríamos um valor da razão sinal/ruído de 1 000 como bastante razoável, o que significa que a tensão de sinal deveria ser igual a 1 000 vezes a tensão de ruído. Mesmo com esta razão (normalmente escrita sob a forma 60 dB, ver o capítulo 6), o sopro da fita será notório quando se utiliza

equipamento de alta qualidade. Os gravadores de cassettes de baixo preço utilizando polarização C.C. podem ter valores da razão sinal/ruído tão fracos como 20 — 30 (26 — 29 dB), mas de qualquer modo raramente são usados para gravação de música, apenas usando cassettes previamente gravadas.

Polarização C. A. (corrente alternada)

A invenção da polarização c. a. (já em 1918) constituiu um largo passo em frente na melhoria da qualidade sonora do gravador de fita. A ideia consistia aqui em evitar o uso da secção «morta» da curva de magnetização, onde o campo magnético da cabeça de gravação não deixa uma magnetização permanente na fita. Isto é feito passando um sinal de alta-frequência através das bobinas da cabeça de gravação, além da corrente de sinal que pretendemos gravar. Se considerarmos apenas presente a corrente de polarização, a fita em contacto com a cabeça é magnetizada até ao ponto em que o efeito do campo consistiria em deixar a fita magnetizada se a polarização fosse desligada. A novidade aqui é que a frequência de polarização é muito maior do que a maior frequência audio que podemos ouvir; usa-se actualmente 90 kHz ou mais para a polarização, comparados com os 15 kHz que constituem o limite superior de audição humana. No que se refere ao sinal audio, de variação comparativamente lenta, a fita parece encontrar-se sempre no limite onde se inicia a magnetização.

Dado que o sinal de polarização é c. a., no entanto, os picos do sinal de polarização levam a fita para a região de magnetização em ambas as direcções. Podemos portanto acrescentar um sinal audio cujo pico possa levar a magnetização da fita até quase à saturação magnética numa das direcções e cuja cava possa conduzir a fita quase até à saturação na direcção oposta, como se ilustra na figura 3.6.

Deste modo, pode gravar-se uma amplitude de sinal bastante maior na fita, praticamente o dobro do que é possível utilizando uma polarização c. c.. Além disso, o ruído causado pelo sinal fraco de polarização alternada é muito menor do

que o provocado quando se usa uma polarização c. c. O efeito total é que a razão sinal/ruído é bastante melhorada, e tornam-se possíveis níveis de distorção bastante menores.

Dado que a polarização é um sinal de frequência tão alta, não existe qualquer vestígio mensurável dela quando se

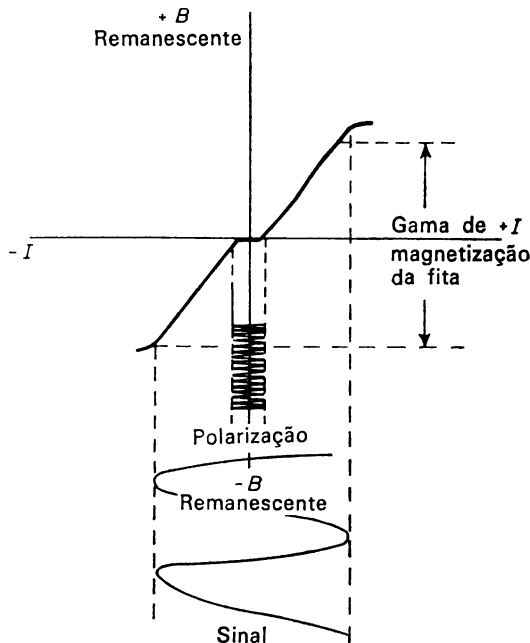


Fig. 3.6. — Utilização da polarização c. a. (corrente alternada). A polarização c.a. encontra-se a uma frequência muito maior do que o sinal audio, e «enche» a porção central do gráfico. O sinal pode ser gravado nas porções em linha recta de cada lado do centro, dando uma gama de sinal mais larga.

reproduz a fita — é aliás referida por vezes pela designação polarização supersónica, o que significa que se encontra a uma frequência superior à maior frequência sonora que podemos ouvir — e obtém-se ainda uma vantagem adicional pelo facto de a mesma onda poder ser usada para apagar uma fita gra-

vada. A complicação extra devida à produção de um sinal de polarização a alta frequência com um oscilador é portanto compensadora em qualquer gravador, excepto nos mais baratos.

Limpeza

A fita pode ser limpa de diversos modos. Um método bastante brutal consiste simplesmente em magnetizar a fita de uma maneira tão forte que se torna saturada, sendo assim perdidas as variações que constituem o sinal gravado. Este método, se bem que fácil, é indesejável no caso de se pretender usar novamente a fita, dado que a fita saturada fica magnetizada permanentemente e não pode ser novamente gravada, a menos que seja possível remover todo o seu magnetismo. Um método muito melhor será a limpeza por corrente alternada. Os princípios então aplicados são tratados sob o título *desmagnetização* no capítulo 1, utilizando o sistema uma corrente alternada, alimentada a uma cabeça de limpeza separada. À medida que a fita passa sobre esta cabeça, o sinal alternado nas bobinas da cabeça de limpeza passa cada partícula do material magnético por um ciclo de histeresis completo, bastante vezes. Dado que o material da fita pode ser saturado duas vezes em cada ciclo na parte mais forte do campo, perde-se toda a informação gravada e, à medida que a fita se afasta da cabeça de limpeza, o campo torna-se mais fraco, até acabar por ser demasiado fraco pra deixar a fita magnetizada. Dado que o mesmo sinal de alta frequência é usado para limpar e para polarizar, não é deixado qualquer sinal audível na fita.

Cabeças de gravação e velocidades de fita

Até agora pouco dissemos sobre a forma e a construção das cabeças usadas nos gravadores. Idealmente, uma cabeça de gravação tem uma forma tal que se pode fornecer a maior quantidade possível de campo magnético ao próprio material da fita, e para compreender como isto é feito é necessário ter

alguns conhecimentos sobre o fluxo magnético. Quando usamos limalha de ferro para determinar as linhas de força de um íman, vemos o traçado destas linhas de força no ar. Ora o ar não constitui um material ferromagnético, e verificamos ser muito difícil produzir nele grandes valores de fluxo magnético. O fluxo magnético, de facto, comporta-se um pouco como a corrente eléctrica — prefere seguir trajectos constituídos por material apropriado.

Os materiais magneticamente macios constituem trajectos ideais para o fluxo, de tal modo que um anel de material

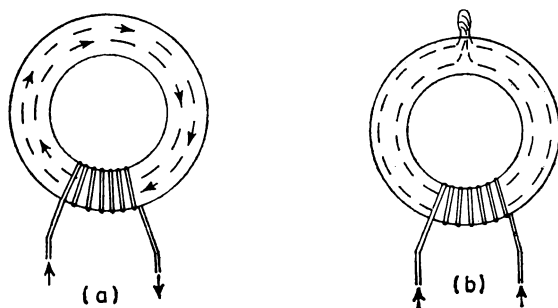


Fig. 3.7. — Fluxo num material magnético. (a) num anel fechado de material ferromagnético o fluxo mantém-se no interior do anel; muito pouco pode ser detectado no exterior. (b) Numa folga existente no anel, o fluxo escapa-se para o ar.

magnético com uma bobina enrolada (figura 3.7 a) terá um valor de fluxo muito maior do que uma barra direita em torno da qual seja enrolada a mesma bobina e pela qual passe a mesma corrente, sendo a razão disto o facto de o fluxo numa barra direita ter de passar também pelo ar. Os ponteiros das bússolas e a limalha de ferro mostram, contudo, vestígios do fluxo de ímanes em forma de anel, raros pela simples razão de que o fluxo se encontra no interior do material e prefere manter-se aí. Se quisermos usar este fluxo para magnetizar uma fita, temos de tornar a fita parte do anel, e a maneira mais fácil de o fazer consiste em abrir uma pequena folga no anel de tal modo que o fluxo nessa folga possa magnetizar a fita.

Esta folga tem ainda um outro uso. Se passarmos uma corrente através de uma bobina que esteja enrolada em torno de um anel de material magnético macio, verificaremos que o material do anel pode ser conduzido à saturação utilizando apenas uma corrente fraca na bobina. Isto deve-se ao facto de o anel constituir um trajecto fácil para o fluxo, de tal modo que são produzidas grandes quantidades de fluxo. Se fizermos uma pequena abertura no anel, a quantidade de fluxo produzida pela mesma corrente será menor, não sendo tão fácil saturar o material. Isto é importante, dado que os resultados da saturação do material da cabeça de gravação são tão desagradáveis como os da saturação do material da fita — uma severa distorção dos sinais de maior amplitude (mais fortes).

Uma cabeça de gravação eficiente consistirá portanto num anel, não necessariamente perfeitamente circular, de um material magnético macio com uma pequena folga cheia de ar, através da qual sairá o fluxo suficiente para magnetizar a fita (figura 3.7 b). A folga de ar não deve ser demasiado larga, senão o fluxo será demasiado fraco.

Existe uma outra boa razão para tornar a folga, numa cabeça de gravação, bastante pequena. Se pensarmos na cabeça de gravação como tratando-se de um íman com a forma de uma ferradura, então os «pólos» de cada lado da folga modificarão a sua polaridade sempre que o sinal de corrente alternada se inverte. No pico de um sinal a folga pode ter o seu lado esquerdo N e o seu lado direito S; na cava do mesmo sinal estes lados serão invertidos. Na figura 3.8 podemos imaginar que nos encontramos no pico de uma onda de sinal.

A direcção da corrente na bobina da cabeça de gravação está a magnetizar a cabeça com a polaridade indicada, e a fita está também a ser magnetizada. Imaginemos agora que a fita é movida para uma nova posição e que a cava da mesma onda é agora gravada. Desta vez a corrente encontra-se invertida, e portanto o mesmo acontece com a polaridade da cabeça e o magnetismo da fita.

Obviamente, se a fita não se tivesse movimentado, o sinal da cava teria apagado o sinal de pico, sendo necessário movimentar a fita de uma distância pelo menos igual à

dimensão da abertura da cabeça, de tal modo que o pedaço de fita que se encontrava à frente da abertura quando se gravou o pico já se encontre fora da abertura quando gravamos a cava. Como é evidente, se a abertura é pequena, a fita se move rapidamente e o sinal gravado tem uma frequência baixa, o pico da gravação pode encontrar-se a alguns centímetros de distância quando se grava a cava. Vejamos agora a outra situação extrema. Parece razoável supor que

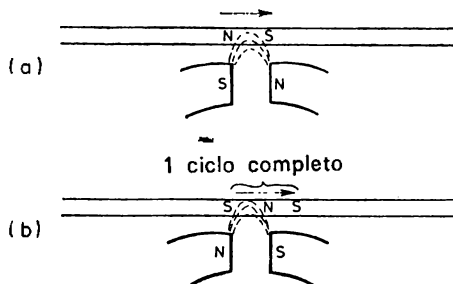


Fig. 3.8. — Como a velocidade da fita afecta a gravação de altas frequências. (a) Neste instante a fita encontra-se magnetizada, como se mostra pelo campo existente na cobertura. (b) Para gravar uma amplitude completa, o pedaço de fita com uma magnetização N deve ser movimentado para o outro lado da ranhura no tempo equivalente a uma semi-onda.

podemos realizar a magnetização da fita de tal modo que a abertura da cabeça corresponda a um semi-ciclo completo do sinal; é esta a situação em que a porção que gravou o pico se encontra já fora da abertura quando se começa a gravar a cava. Que limite superior de frequência poderíamos esperar gravar? Este deverá depender da velocidade da fita assim como da dimensão da folga da cabeça. Se considerarmos uma velocidade da fita de 19 cm/s e uma folga de 0,025 mm, então a fita necessitará de 0,00013 s para passar de um dos lados da abertura para o outro. Se gravarmos um semiciclo neste tempo, então o número de ciclos completos que podemos gravar por segundo é precisamente 3846, ou seja, 3,85 kHz. Pelas necessidades modernas, poderemos dizer que se trata de um valor bastante baixo.

Estas três quantidades, abertura da cabeça, velocidade da fita e resposta de alta frequência, estão interligadas. Se pretendemos ser capazes de gravar toda a gama de frequências que é possível utilizando discos, devemos utilizar altas velocidades de fita, pequenas aberturas das cabeças, ou ambas. Dado que as mesmas cabeças serão usadas, ainda que alteremos a velocidade da fita no gravador, é sempre uma vantagem utilizar a maior velocidade possível nele. Os métodos modernos de construção das cabeças de gravador tornam possível obter aberturas extremamente pequenas, um décimo da dimensão do nosso exemplo ou menos ainda. Ao mesmo tempo, no entanto, os gravadores de fita são usados a menores velocidades de fita, liquidando parte dos ganhos obtidos ao diminuir a dimensão das aberturas de cabeças, e os sistemas de cassettes estão limitados à velocidade de 4,76 cm/s para a qual o sistema foi originalmente concebido. As máquinas de cassettes podem obter gamas de frequências razoáveis utilizando aberturas de cabeças bastante pequenas, mas isto é pago não só em dinheiro (uma máquina de cassette de alta qualidade pode custar tanto ou mais quanto um gravador de fita de qualidade equivalente), como ainda no maior desgaste das cabeças e na necessidade de uma manutenção mais regular e mais cuidada.

Muitas vezes, a mesma cabeça é usada para gravação e para reprodução, com uma cabeça de limpeza separada. A folga da cabeça de limpeza é deliberadamente muito maior do que a da cabeça de gravação e reprodução, dado que a frequência de limpeza não é gravada, e isto assegura que a fita é levada tantas vezes pelo ciclo completo de histeresis quanto maior for o tempo em que se encontra sob a abertura; além disso, a folga da cabeça necessita de ser bastante larga de modo a evitar a saturação da cabeça pelos sinais de limpeza de grande amplitude.

Muitos gravadores de bobina e uma ou duas máquinas de cassettes usam três cabeças, uma para gravação, outra para reprodução e uma terceira para limpeza. Este sistema tem a vantagem de permitir a utilização da melhor folga em cada uma das cabeças, sendo a maior usada na de limpeza, a menor na de reprodução e a abertura média na de gravação (de modo a evitar a saturação). Quando se utiliza

uma cabeça combinada de gravação e reprodução, como acontece em muitos gravadores, a dimensão da abertura da cabeça constitui um compromisso entre uma boa gama de frequências (que obriga a usar uma abertura pequena) e uma baixa distorção (que obriga a uma maior abertura de modo a evitar a saturação). Quando se utiliza uma única cabeça, a gama de frequências deve ser mantida no máximo de 14 kHz no caso de se pretender obter uma distorção suficientemente baixa. Parece provável que muitos fabricos de gravadores de cassettes utilizem valores de distorção superiores, de modo a obter boas gamas de frequência.

SISTEMAS MECÂNICOS

Formatos de gravação

No momento em que este livro é escrito, existem quatro métodos diferentes de usar a fita magnética. O gravador de bobina utiliza fita de 6,25 mm de largura em bobinas de 12,5 cm ou mais, com o tipo «semi-profissional» mais avançado de bobinas de 25 cm; a necessidade de utilizar estas bobinas torna inevitavelmente o gravador uma máquina de dimensões razoavelmente grandes. Para gravar ou reproduzir, as bobinas devem ser presas no lugar correcto e a fita deve ser passada por guias convenientemente colocados para assegurarem um contacto correcto com as cabeças. Estas máquinas de bobina podem gravar e reproduzir até quatro pistas (quatro pistas em monofonia e duas em estereofonia), e permitem normalmente a escolha entre um certo número de velocidades de fita.

Os outros sistemas evitam a necessidade de passar a fita pelos guias antes de arrancar o motor. O sistema de cassette utiliza fita de 3,18 mm, movendo-se a 4,75 cm/s, de tal modo que a largura das pistas é aproximadamente metade das do gravador de bobina utilizando o mesmo número de pistas, e a velocidade da fita é igual à menor que se pode encontrar nos gravadores de bobina. Estas características combinam-se para levar o sistema de cassette a sofrer de uma gama de frequências restrita e a razões sinal/ruído inferiores relativamente

aos valores obtidos numa máquina de bobina, e só utilizando todos os «truques» existentes se pode levar a qualidade dos sistemas de cassette compacta a um valor próximo do das máquinas de bobina aberta.

O sistema de cartuchos de oito pistas foi concebido para uso em automóveis e em sistemas de música ambiente, estando actualmente a ser substituído nos automóveis pelo sistema de cassette compacta. O cartucho contém uma fita «sem fim» com a largura normal da fita de bobina contendo oito pistas (quatro canais estereofónicos). As cabeças são desenhadas de tal modo que podem ser passadas de um conjunto de pistas para outro automaticamente, lendo, todas de seguida, as oito pistas existentes. Um programa completo envolve portanto a passagem de todo o comprimento de fita quatro vezes; não há necessidade de voltar a cassette e qualquer conjunto de pistas pode ser escolhido separadamente. As vantagens do cartucho de oito pistas — reprodução contínua durante longos períodos sem atenção e qualidade um pouco maior devido à maior velocidade de fita (cerca de 9,5 cm/s) — são contrabalançadas pelo confuso percurso da fita no interior do cartucho, provocando a prisão da fita, e a escolha mais restrita do material previamente gravado existente comercialmente. Existem muito poucos gravadores deste tipo (não confundir com a grande quantidade de reprodutores) pelo que a escolha dos programas existentes é praticamente restringida à música previamente gravada pelos estúdios comerciais.

O Sony Elcaset é um sistema recente, sendo o único dos vários tipos de cassettes de formato grande que entrou em produção. As cassettes compactas nunca foram concebidas como método de gravação e reprodução de alta fidelidade, e o Elcaset é uma tentativa de obter a gravação e reprodução de som estereofónico. O Elcaset utiliza fita com uma largura de 6,25 mm funcionando a 9,5 cm/s, de tal modo que se podem obter razões sinal/ruído e gamas de frequência bastante boas, sem necessidade de recorrer a circuitos complicados. Na altura em que este livro é escrito, poucos sistemas Elcaset existem no mercado, e os preços das máquinas e das cassettes são tão altos que não encorajam qualquer utilizador de gravadores de bobina ou de cassette compacta a substituir

o seu equipamento. A existência de máquinas mais baratas e de cassettes não gravadas, juntamente com uma gama de cassettes previamente gravadas de alta qualidade, em fita também de alta qualidade, alterarão certamente esta situação rapidamente.

As vantagens dos sistemas de cassette ou cartucho em termos de facilidade de manuseio e armazenamento são imensas, e pode-se dizer que as máquinas de bobina aberta são actualmente usadas apenas para trabalho profissional ou semi-profissional ou por aqueles amadores que têm grandes interesses musicais e técnicos. Se bem que pareça provável que o sistema de oito pistas desapareça, excepto nos aparelhos de reprodução de música ambiente, há pouca probabilidade de as cassettes compactas serem substituídas no material mais barato, particularmente no caso dos gravadores portáteis. Para o entusiasta de alta fidelidade que não tenha realizado um grande investimento num sistema de cassette compacta ou em equipamento mais antigo de cassette ou de bobina aberta, a Elcaset parece ter um futuro brilhante.

Requisitos mecânicos

Ao contrário do equipamento electrónico de uso doméstico, o gravador de fita depende de um sistema mecânico bastante elaborado para o seu funcionamento. Os requisitos são simples — para gravação ou reprodução a fita deve ser passada sobre a cabeça a uma velocidade constante. Para que a fita gravada ou reproduzida possa ser rebobinada, é necessário poder rodar as bobinas mais depressa do que durante a gravação e a reprodução, e igualmente manter a fita afastada das cabeças durante a rebobinagem. É importante manter as cabeças afastadas neste caso porque a fita constitui um material abrasivo, como uma lixa fina, e o seu movimento sobre a cabeça desgasta-a lentamente, provocando o alargamento da sua abertura e a diminuição da qualidade sonora obtida. É necessário poder rebobinar rapidamente em qualquer direcção, de modo a localizar qualquer composição que se pretenda.

Quando o gravador é ligado para gravação ou reprodução, as cabeças devem ser colocadas em contacto próximo com a fita, e esta movimentada a uma velocidade uniforme sobre a cabeça e guiada cuidadosamente de tal modo que a ranhura da cabeça esteja alinhada pela pista conveniente. Simultaneamente, a bobina que recebe a fita deve ser movimentada de tal modo que a fita seja enrolada à velocidade conveniente, e a outra bobina (a de alimentação) não deve rodar livremente a fim de não haver folgas na fita a medida que é puxada. Deve igualmente existir um contador a fim de

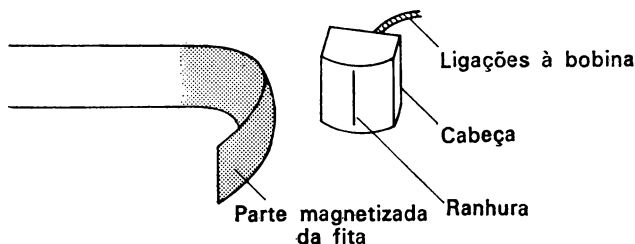


Fig. 4.1. — Gravação a toda a largura da fita. A abertura da cabeça estende-se praticamente a toda a largura da fita. Todos os gravadores dos primeiros tempos utilizavam este sistema.

se poder anotar o número onde se inicia uma parte da gravação com um interesse especial. Todas estas necessidades mecânicas são importantes, e a manutenção de um gravador de fita consiste principalmente na verificação destas acções mecânicas (dado que todos os mecanismos se desgastam, ao contrário dos sistemas electrónicos) e não propriamente na realização de qualquer trabalho electrónico. Verifiquemos primeiramente a localização da fita sobre as cabeças.

Nos primeiros tempos da gravação em fita, a abertura da cabeça estendia-se a toda a altura da cabeça (figura 4.1); pelo que toda a espessura da fita era usada para a gravação.

Este sistema tinha a vantagem de permitir obter boas razões sinal/ruído, porque é magnetizada uma quantidade comparativamente grande de material magnético quando passa sobre a cabeça, mas, por outro lado, é usada uma grande

quantidade de fita para realizar qualquer gravação. Além disso, quando uma bobina é gravada, deve ser rebobinada e removida do aparelho antes de se colocar outra bobina em seu lugar e continuar a gravação.

Guias

Mesmo no caso de se realizar uma gravação a toda a largura da fita, deve-se ter cuidado em guiar convenientemente a fita sobre a cabeça. A fita não deve oscilar lateralmente, por exemplo, como se ilustra na figura 4.2 a, dado que

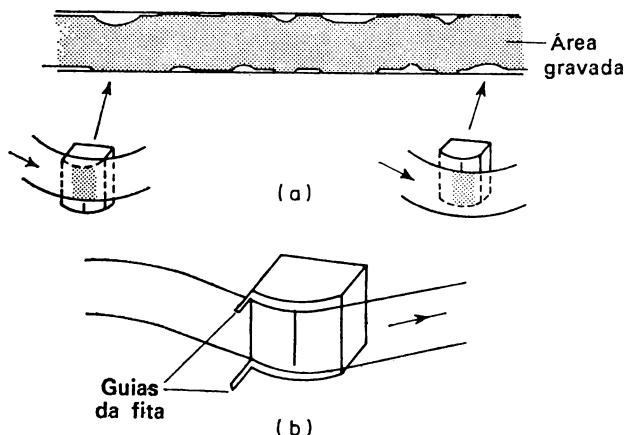


Fig. 4.2. — O efeito das oscilações laterais da fita. (a) Como as oscilações laterais afectam a espessura da secção gravada da fita. (b) Usando guias, torna-se possível manter um bom alinhamento da fita.

isto provocará uma gravação irregular. Além disso, um mau alinhamento provoca problemas na reprodução, dado que as oscilações da fita ao ser novamente passada não serão idênticas às que teve quando foi gravada e provocarão assim consideráveis alterações da força do sinal. A maneira mais simples de colocar a fita de modo a evitar este problema

consiste em passá-la entre dois pernes, normalmente em aço cromado, colocados de cada lado da cabeça (figura 4.2 b). Isto só é possível porque a largura da fita pode ser mantida praticamente constante durante o fabrico e os lados da fita são certamente direitos e paralelos. A fita de má qualidade, como a que por vezes se obtém em certos saldos, pode ter sido obtida cortando fita mais larga (por exemplo, fita de gravação video) e a sua espessura pode ser menos correctamente controlada, o que explica os maus resultados muitas vezes obtidos com este tipo de fitas.

Quando uma fita é reproduzida na mesma máquina que foi usada para a gravação, a fita seguirá o mesmo trajecto sobre as cabeças, de modo que não surge qualquer problema.

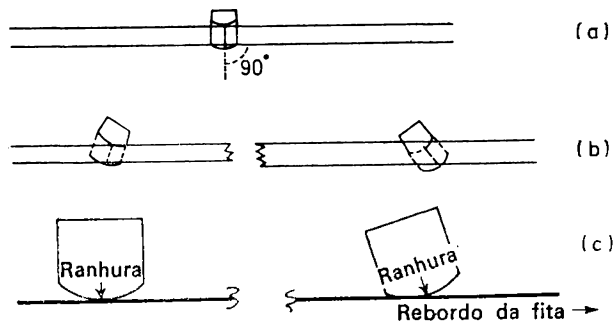


Fig. 4.3. — Alinhamento das cabeças. (a) Ângulo correcto de azimuth entre a linha da abertura e a fita. (b) Azimute incorrecto, provocando perda de agudos. (c) Ângulo de passagem incorrecto, provocando igualmente perda de agudos.

No entanto, quando as fitas podem ter de ser reproduzidas em máquinas diferentes, são necessárias algumas regras de normalização das posições das cabeças. As normas aceites são que a linha da abertura da cabeça se deve encontrar exactamente perpendicular ao rebordo da fita (figura 4.3 a) e que a fita deve estar em contacto com a cabeça durante distâncias iguais de cada lado da abertura (figura 4.3 c). O efeito de uma cabeça inclinada (por vezes designado por erro de azimuth) consiste em reduzir grandemente a amplitude

dos sinais de alta frequência reproduzidos por uma fita gravada por uma máquina convenientemente alinhada. Pelo contrário, se uma fita é gravada numa máquina com cabeça inclinada, a reprodução num aparelho convenientemente alinhado parecerá ter menos agudos. Mesmo ângulos de inclinação bastante pequenos terão um efeito notório na reprodução das maiores frequências áudio, de tal modo que existem sempre parafusos de ajustamento de inclinação para se poder calibrar as cabeças para o ângulo correcto. O método vulgar de calibrar a máquina consiste em passar uma fita ou cassette de ensaio que tenha sido gravada com notas de alta frequência numa máquina convenientemente alinhada, e ajustar a cabeça do aparelho de reprodução de tal modo que se obtenha a leitura mais alta possível na saída destas altas frequências. É essencial o instrumento de medição próprio, dado que o ouvido não é suficientemente sensível para pequenas variações de amplitude, se bem que, no entanto, seja capaz de detectar o efeito deste mau alinhamento nas ondas produzidas pelas notas musicais.

O efeito de uma cabeça levemente rodada (figura 4.3 c) não é tão sério, mas uma vez mais um erro grande pode conduzir a uma perda das maiores frequências. Muito mais séria será qualquer variação da zona de contacto da fita quando passa sobre a cabeça. Dado que poucos gravadores permitem qualquer ajustamento neste sentido, temos de confiar na capacidade do fabricante para manter tolerâncias técnicas rigorosas durante a construção do aparelho.

Pistas múltiplas

Os problemas de alinhamento e de guia são ainda mais sérios quando é usada fita de largura normalizada para gravar mais do que uma pista. A gravação em duas pistas tem sido vulgar nas máquinas de bobina destinadas a uso doméstico, e os sistemas de quatro pistas tornaram-se populares assim que o sistema apareceu no mercado. Para pistas múltiplas, a concepção da cabeça deve ser alterada. Os gravadores monofónicos de duas pistas utilizam uma ranhura na cabeça cujo comprimento é bastante menos do que metade da largura da

fita, mas se encontra deslocada para um dos lados (figura 4.4).

Isto torna possível gravar uma pista numa passagem da fita, deixando outra pista livre no outro lado da fita; em

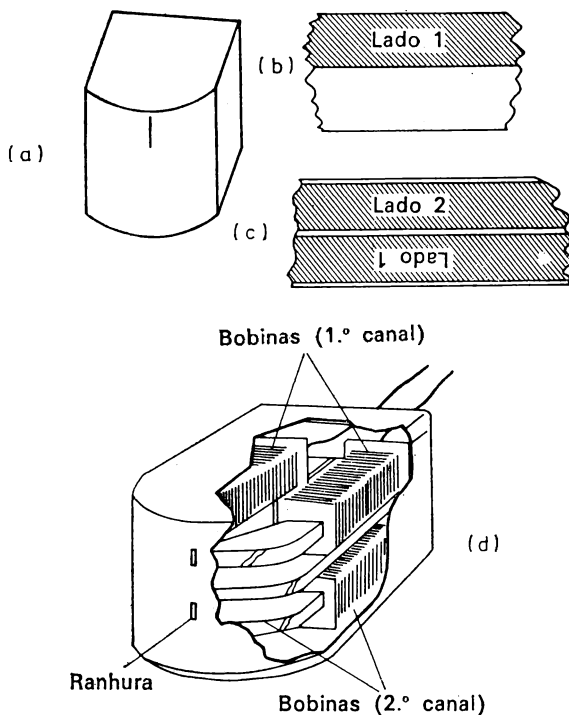


Fig. 4.4. — Gravação em duas pistas. (a) A posição da ranhura da cabeça é deslocada. (b) Porção gravada da fita depois de uma passagem. (c) Gravação do segundo lado quando a fita é virada. (d) Esquema de uma cabeça. A ranhura é exagerada, para tornar mais clara a ilustração.

seguida, vira-se a fita e grava-se com a mesma cabeça ao longo do outro lado da fita. É igualmente possível realizar uma gravação estereofônica no caso de a cabeça ter duas aberturas, dois anéis e duas bobinas, como se mostra na figura

4.4. d. Qualquer que seja o sistema usado, a maneira como a fita é guiada deve assegurar a manutenção da pista correcta em contacto com a abertura apropriada.

A gravação em quatro pistas utiliza larguras de pista nas fitas normalizadas que correspondem a menos de metade das usadas na gravação em duas pistas. No caso de um gravador monofónico, usa-se uma cabeça de duas aberturas, de tal modo que qualquer de duas pistas pode ser gravada ou reproduzida numa dada passagem da fita, sendo ainda possi-

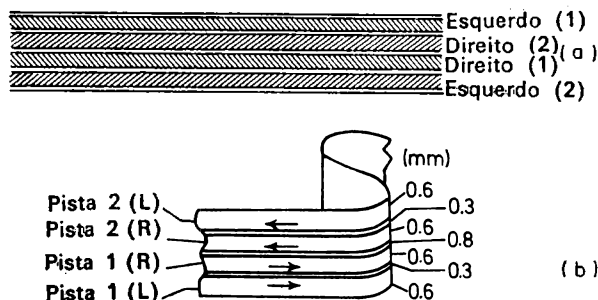


Fig. 4.5. — Normas das fitas estereofónicas. (a) Normas antigas das bobinas abertas. (b) Distribuição moderna para fitas em cassette e em bobina aberta.

vel uma escolha entre duas outras pistas, quando se troca a posição das bobinas. No caso da gravação e reprodução estereofónica, ambas as aberturas serão usadas simultaneamente; os gravadores monofónicos têm um comutador de selecção de pistas que permite obter um sinal em apenas um dos enrolamentos. Os gravadores mais antigos utilizam a distribuição de pistas apresentada na figura 4.5 a; mais recentemente estas pistas foram distribuídas de tal modo que se possa utilizar um mesmo sistema nas gravações das cassettes estereofónicas (figura 4.5 b). Dado que as pistas são pouco largas, o alinhamento da fita deve ser bastante bom, e a razão sinal/ruído torna-se mais fraca devido à menor quantidade de material que é magnetizado em cada pista.

A diferença entre as duas pistas e as quatro pistas é mais notória a este respeito do que a existente entre a pista

única e as duas pistas. O sistema mais difícil, do ponto de vista de manter as pistas, muito delgadas, no alinhamento correcto, é o da cassette estereofónica. As cassettes estereofónicas utilizam fita com uma largura de apenas 3,25 mm, e contêm quatro pistas com as folgas necessárias entre si (figura 4.5 b) de tal modo que o alinhamento de fita deve ser excelente se pretendemos evitar perda de sinal ou cruzamento das gravações (aparecimento do sinal de uma das pistas na saída do outro canal). Como os pernes guia são montados no gravador e não na cassette, a escolha de um mecanismo bem construído é importante, quando se pretende tirar o melhor partido possível das cassettes compactas estereofónicas.

Contacto entre a cabeça e a fita

A menos que as cabeças tenham sido substituídas ou tenha surgido alguma deterioração mecânica, não é habitual a necessidade de recalibrar o azimuth das cabeças durante toda a vida do gravador, desde que tenha sido evidentemente bem calibrado pelos fabricantes e o ajustamento em causa devidamente fixado. A melhor altura para verificar este ângulo, com efeito, é quando a máquina é ainda nova, dado que poucos fabricantes parecem verificar de facto esta quantidade, e as máquinas novas surgem normalmente com uma variação notável de ângulos de azimuth. Depois de um longo período de uso, o contacto entre a fita e a cabeça passará provavelmente a constituir o ponto essencial a requerer atenção.

Dado que a ranhura na cabeça é bastante pequena, o padrão ideal de fluxo só penetra uma distância curta dentro da fita. Por curta designamos uma distância medida em milésimos de milímetro, de tal modo que uma separação equivalente apenas à largura de um cabelo humano entre a fita e a cabeça terá um efeito notório. Uma vez mais, o efeito é sentido sob a forma de uma perda de altas frequências, dando um som abafado e misturado quando a fita é reproduzida. A razão disto é que apenas algumas linhas parasitas de fluxo surgem a esta distância da cabeça, linhas essas que se espalharam para uma largura bastante superior à da ranhura da cabeça. A fita será agora magnetizada como se

estivéssemos a utilizar uma ranhura de cabeça mais larga, pelo que as frequências altas serão gravadas de uma maneira bastante fraca, e a amplitude do sinal será igualmente menor, dado que menos linhas de fluxos atingem a fita. O remédio contra isto é óbvio: devemos manter a fita num contacto tão próximo quanto possível com a abertura da cabeça.

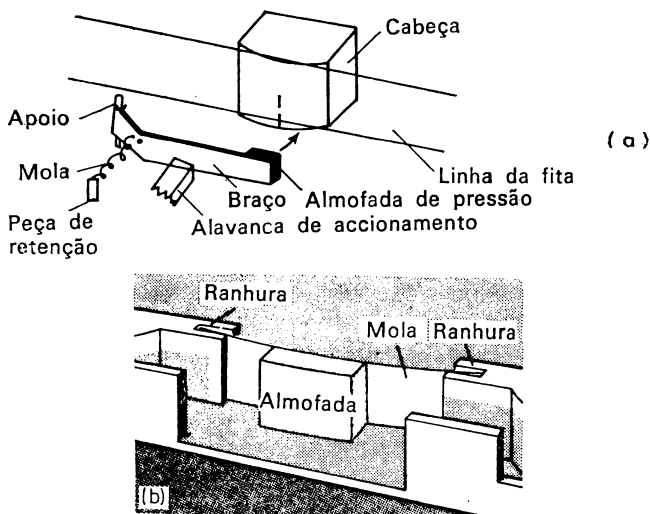


Fig. 4.6. — Almofadas de pressão: (a) Arranjo da almofada de pressão num gravador de bobina. A almofada é retirada quando a bobina é carregada, assim como durante a rebobinagem. (b) Almofada de pressão de uma cassette. Dado que todas as cassettes têm a sua própria almofada de pressão, o desgaste desta não constitui um problema.

Foram estudados diversos métodos de manter a fita em bom contacto com a cabeça; basicamente existem dois tipos. Os sistemas de almofadas de pressão são de longe os mais comuns, sendo de facto usados em todas as máquinas de cassettes. Como o nome sugere, actuam através de uma pequena almofada de feltro que empurra a fita contra a cabeça. O arranjo habitual consiste em montar a almofada de contacto (figura 4.6 a) num braço carregado por mola, que,

no caso de uma máquina de bobinas, é levado à posição correcta quando se escolhe a gravação ou a reprodução, permitindo que a almofada empurre a fita contra a cabeça. As cassettes utilizam um sistema de mola diferente (figura 4.6 b) e possuem uma posição fixa da almofada de pressão, mas o princípio usado é ainda o mesmo.

As almofadas de pressão dão poucos problemas no caso dos sistemas de cassettes, dado que cada cassette tem a sua própria almofada e correspondente mola, mas no caso dos gravadores de bobinas onde este sistema existe tendem a surgir problemas. Entre estes problemas encontram-se as almofadas endurecidas, que podem provocar um ruído quando a fita passa por elas; molas fracas, provocando um mau contacto; e até oscilações do braço, provocando variações do sinal.

Devido ao problema de manutenção que as almofadas representam nos gravadores profissionais de bobinas, que

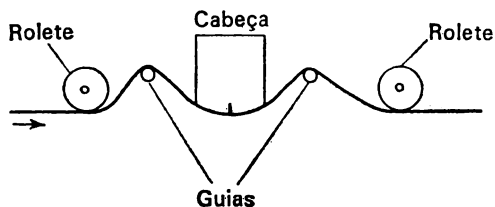


Fig. 4.7. — Arranjo de contacto utilizado em gravadores de bobina. O trajecto da fita sob tensão é tal que esta é mantida em bom contacto com a cabeça sem necessidade de usar almofadas de pressão.

podem ser usados muitas horas em cada dia, são utilizados outros métodos para manter a fita em bom contacto com a cabeça. O método mais comum consiste em conduzir a fita ao longo de um trajecto definido por pernes que «enrolam» a fita na cabeça, mantendo-a a uma tensão tal que o contacto com a cabeça é assegurado mesmo sem usar almofadas (figura 4.7).

Estes métodos obrigam normalmente a usar um trajecto de fita bastante complicado que pode por vezes tornar difícil a colocação da fita em posição. Alternativamente, a colocação da fita pode ser tornada mais simples, mas isto obriga a usar sistemas ainda mais complicados, consistindo então em pernes móveis que se deslocam para a posição conveniente quando se acciona a tecla de funcionamento.

Manutenção

Qualquer que seja o sistema de contacto utilizado, é necessário dar alguma atenção às cabeças do gravador, particularmente às de reprodução e de gravação, a intervalos regulares. Podemos pensar facilmente que uma cabeça que se encontra em contacto com uma fita móvel de material abrasivo ficaria sempre limpa, mas isto anda muito longe da realidade. As partículas do óxido magnético com que a fita se encontra revestida colam-se à cabeça, juntamente com gordura recolhida do ar atmosférico, poeira, materiais com características colantes produzidos pelo suporte plástico da fita, e diversos outros horrores químicos. O resultado de tudo isto é que se forma um depósito enorme de sujidade nas cabeças, particularmente na de reprodução, durante o seu uso. O efeito deste depósito consiste em encher primeiramente a abertura da cabeça e depois, à medida que aumenta, em forçar a fita a afastar-se da abertura (figura 4.8 a). O resultado disto é normalmente uma perda das altas frequências que, dado que se verifica lentamente e ao longo de um grande período de tempo, nem sempre é notada pelo utilizador.

O remédio é óbvio — limpar o depósito — mas é então necessário ter grandes cuidados (figura 4.8 b). Dado que mesmo o mais pequeno risco na cabeça provocará uma irregularidade do contacto, nenhum objecto duro deve ser encostado às cabeças, e certamente nunca qualquer peça em aço ou outro material magnético. Quaisquer ferramentas usadas devem ser de plástico, sendo normalmente preferível nylon, por ser suficientemente forte para raspar o depósito e no entanto ainda suficientemente macio para não estragar as

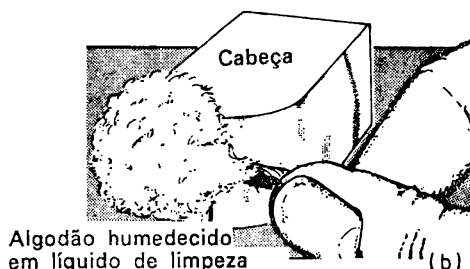
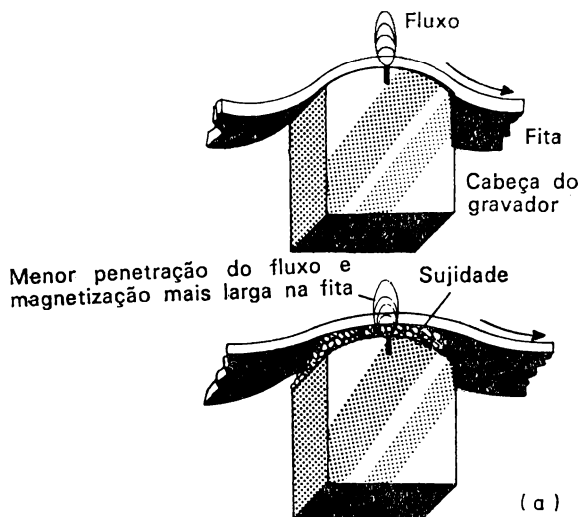


Fig. 4.8. — Efeito da sujidade sobre uma cabeça. (a) A sujidade actua como um espaçador, forçando a fita a movimentar-se num trajecto em que as linhas de força estão mais afastadas. É este o efeito que poderíamos também esperar de uma abertura de cabeça maior, sendo o resultado o mesmo — uma perda de sons agudos. (b) Limpeza da cabeça. Só se devem usar líquidos solventes muito puros.

cabeças. A limpeza é tornada muito mais fácil se os toques finais forem realizados com um solvente. Existem diversos conjuntos de limpeza de cabeças, contendo solventes apropriados, no momento em que este livro é escrito, todos eles recomendados para este trabalho. Nunca utilize, quaisquer que sejam as condições, líquidos cuja composição não conheça, como álcoois metílicos, líquido de remoção de verniz de unhas, etc. Estes materiais deixam inevitavelmente depósitos colantes quando secam, o que provoca um aparecimento de poeira na cabeça ainda mais rápido; alguns produtos de limpeza das unhas são plásticos macios e dissolverão o isolamento dos fios. Os líquidos de limpeza fornecidos pelos fabricantes têm normalmente uma boa qualidade e pode-se ter a certeza de que não provocarão qualquer estrago.

Um outro problema que afecta as cabeças é a magnetização. Se nunca colocarmos qualquer outro material magnético além da fita perto das cabeças, estas nunca devem ficar permanentemente magnetizadas, mas em alguns gravadores ficam-no de facto. Isto é muitas vezes provocado por uma má concepção do oscilador de polarização e limpeza, e provoca um elevado nível de ruídos nas gravações, como se estivesse a ser utilizada uma polarização c. c. O método consiste neste caso em desmagnetizar as cabeças, utilizando um instrumento apropriado a este efeito. Se a utilização de um destes instrumentos emprestado provocar uma melhoria notória da qualidade, talvez valha a pena comprar um desmagnetizador e usá-lo a intervalos regulares; se tal não acontecer, é provável que o seu gravador mantenha as cabeças desmagnetizadas.

Accionamento da fita

Quando resolvemos o problema de manter a fita em contacto com as cabeças e correctamente alinhada com a abertura destas, resta-nos ainda o problema de movimentar a fita a uma velocidade regular sobre as cabeças; este problema é surpreendentemente difícil de resolver. As dificuldades surgem, porque a fita deve ser suavemente exposta a

uma tensão, movimentada sem oscilações em qualquer direcção e enrolada na bobina receptora sem saltos.

A tensão suave é necessária porque o material plástico utilizado como base da fita é flexível e esticará sob tensão. Quando a tensão varia, a extensão da fita varia igualmente, e o efeito no som será bastante notório no caso de a fita estar a esticar quando passa sobre a abertura da cabeça. Quando se utilizam almofadas de pressão, é mais provável que a fita

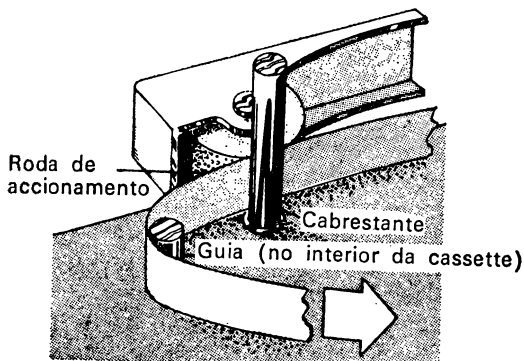


Fig. 4.9. — Cabrestante e roda de pressão. O cabrestante é um veio metálico, rigorosamente circular e movimentado a uma velocidade constante. A roda de pressão é fabricada em borracha sintética. A fita é premeida entre ambas estas peças o que provoca a passagem da fita sobre a cabeça a uma velocidade regular.

varie a tensão a que se encontra, o que constitui um outro argumento para não utilizar estas almofadas de tensão nos gravadores de alta qualidade.

A movimentação da fita sem oscilações laterais é igualmente muito difícil de conseguir. Quando uma fita é passada através de uma cassette, o alinhamento da cassette ajuda a evitar estas oscilações. No entanto, no caso de um gravador de bobinas abertas, só uma concepção muito cuidadosa pode assegurar a inexistência de oscilações laterais. O accionamento da fita é realizado inevitavelmente por um cabrestante e por uma roda de pressão como se mostra na figura 4.9. O cabrestante é um perne metálico, exactamente

circular e tendo uma superfície polida. A roda é em borracha, podendo ser encostada ao perne por acção de um braço carregado por mola. O princípio de funcionamento consiste em passar a fita entre ambas as peças, de tal modo que o cabrestante seja rodado à medida que a fita é passada. Se a rotação do cabrestante se realiza a uma velocidade regular, o movimento da fita deve igualmente realizar-se a uma velocidade regular.

Se o cabrestante ou a roda de pressão tiverem alguma irregularidade na sua superfície, a fita pode ser desviada da

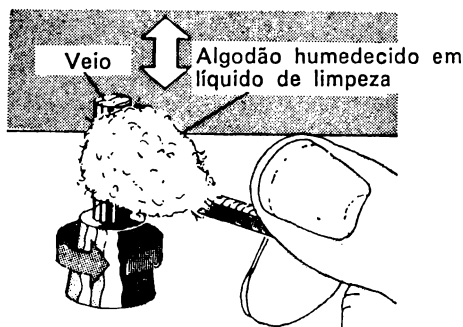


Fig. 4.10. — Limpeza do veio de cabrestante, utilizando um pedaço de algodão na ponta de um pequeno pau. A roda deve ser limpa do mesmo modo. O algodão deve ser mergulhado em solvente adequado e encostado livremente ao cabrestante ou à roda de pressão com o gravador em funcionamento.

sua posição correcta, provocando-se o aparecimento de oscilações laterais. Do mesmo modo, se a roda for construída numa borracha demasiado macia, pode-se distorcer tanto, quando é premdida contra o cabrestante, que leve novamente a fita a oscilar.

Ambos estes componentes devem ser cuidadosamente limpos. Os mesmos depósitos que podem surgir na cabeça também se podem formar no cabrestante e na roda de pressão, devendo ser igualmente removidos (figura 4.10). Uma vez mais, não se deve permitir que qualquer material metálico ou duro entre em contacto com o cabrestante, a roda de

pressão deve ser limpa utilizando apenas um pedaço de algodão, e os solventes utilizados devem ser suficientemente puros para não deixar quaisquer depósitos colantes. Deve-se ter igualmente algum cuidado no que se refere à limpeza do cabrestante, dado que um excesso de solvente pode escorrer para o seu suporte, retirando a lubrificação ou provocando a deterioração de um rolamento plástico.

Motores

Usando o habitual sistema de cabrestante, a fita deve ser movimentada a uma velocidade uniforme quando o cabrestante é movido a uma velocidade regular. Dado que os motores eléctricos são inevitavelmente usados para accionar os cabrestantes, o problema reduz-se a levar um motor eléctrico a movimentar estes veios de maneira regular.

Podem-se verificar variações de velocidade devido a variações de carga provocadas durante o movimento da bobina ou por variações da pressão da roda e da rigidez da fita, ou ainda devido à construção do próprio motor. As variações mais lentas provocam uma alteração notável das notas; chamamos a estas alterações «wow». As variações mais rápidas, devidas principalmente a deficiências do motor ou do accionamento da fita, são designadas por «flutter». Um bom teste para qualquer destes tipos de deficiências consiste em gravar uma nota de piano sustentada, que permitirá notar com grande facilidade qualquer «wow» ou «flutter» da gravação.

Tratando primeiramente do «flutter», este será causado por variações de velocidade em cada revolução do motor, ou por o cabrestante não ser perfeitamente circular. Quando um gravador, inicialmente bom, começa a apresentar repentinamente «flutter», a primeira causa óbvia será o veio do cabrestante, dado que qualquer quantidade de sujidade neste veio causará variações da velocidade da fita. Algumas máquinas antigas utilizavam mangas que eram colocadas sobre o veio normal do cabrestante de modo a aumentar a velocidade da fita — e estas constituíam fontes de «flutter».

Outras causas de «flutter» são os rolamentos do cabrestante e o próprio motor. Os modernos rolamentos do cabrestante são feitos com plástico de baixa fricção, que origina poucos problemas, mas as máquinas mais antigas utilizam rolamentos de esferas que se desgastam e permitem o aparecimento do «flutter». Quando um gravador é novo, no entanto, o motor constitui a principal causa de «flutter».

Todos os motores eléctricos utilizam os princípios da atracção e repulsão magnéticas, com uma parte rotativa, a armadura, que é atraída para um pólo do íman, o campo, quando dele se aproxima, e é repelida quando dele se afasta. O motor mais simples que se pode imaginar utilizaria uma armadura com a forma de uma barra, e com um campo bipolar (figura 4.11). As diferenças entre um motor c. a. e um motor c. c. têm pouca importância para nós, por enquanto, se bem que a maneira como são criadas as forças de atracção e repulsão difiram de um para outro caso. O ponto importante a reter é que um pólo do campo deve atrair um pólo da armadura que se esteja a aproximar e repeli-lo quando se afasta, sendo devido a esta mudança de atracção para repulsão e ao efeito da modificação da distância entre os pólos que surgem problemas.

As forças magnéticas são bastante afectadas pela distância. Por exemplo, se colocarmos dois ímanes curtos próximos um do outro e medirmos a quantidade de força entre eles, poderíamos pensar que ao dobro da distância se obtería metade da força. Não é isto que acontece — obteremos nestas condições apenas um quarto da força, dado que as forças magnéticas só são intensas a distâncias muito curtas. A acção de um motor eléctrico do tipo mais simples é portanto regular, com forças relativamente fortes actuando entre a armadura e o campo apenas quando ambas se encontram próximas. Seria de esperar que a armadura se movesse depressa quando os pólos se encontram próximos e mais devagar nas outras partes do ciclo de movimento, e é de facto isto que acontece.

A solução tradicional para este problema é a mesma que utilizamos para motores de gasolina — consiste em tornar a parte rotativa bastante pesada (acção de volante) de

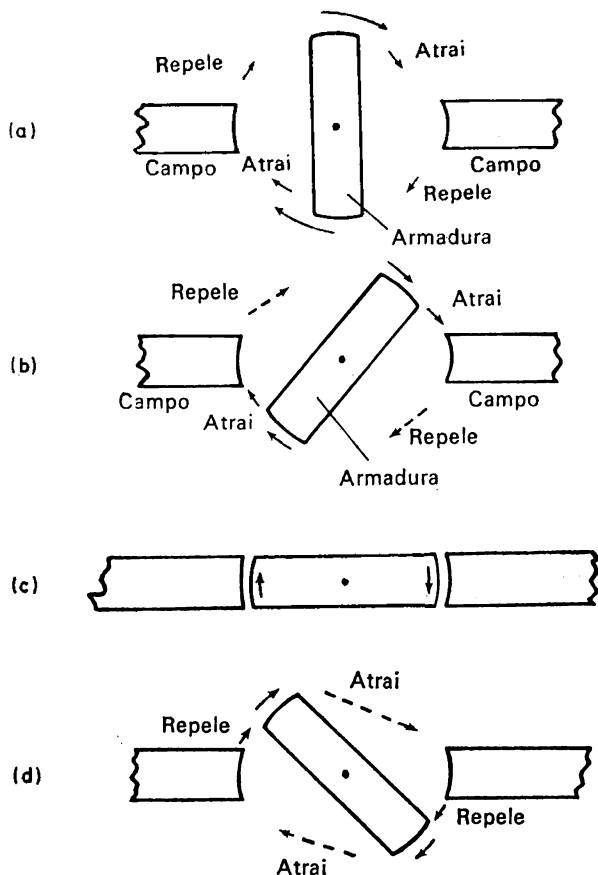


Fig. 4.11. — Esboço de um motor eléctrico simples. (a) A armadura movimenta-se no sentido dos ponteiros do relógio e acelera. (b) A armadura encontra-se agora num movimento mais rápido, e acelera mais devido ao facto de as forças magnéticas serem mais fortes perto dos pólos de campo. (c) Nesta posição os contactos eléctricos são cortados (pelo comutador) e a armadura é travada. (d) As forças invertem-se porque a corrente na armadura é invertida. Se bem que seja aqui esboçado um motor c. c., verificam-se variações de velocidade semelhantes durante a rotação de um motor c. a..

tal modo que a sua inércia a obrigue a movimentar-se a uma velocidade constante. Um método usado com bastante êxito nos gravadores de fita, durante muitos anos, consiste em utilizar como armadura rotativa a parte exterior do motor (portanto maior e com uma massa superior); estes motores de rotor externo são muito notados pelo seu funcionamento suave. O outro método consiste em utilizar mais pólos na armadura e no campo, de tal modo que as forças actuem mais intensamente e mais vezes em cada revolução, tornando o movimento mais fácil de suavizar, tal como no caso de um motor a gasolina de vários cilindros. Quando fazemos isso num motor c. a., no entanto, o seu efeito lateral consiste em levar o motor a funcionar a uma velocidade inferior, pelo que perdemos parte do benefício teórico, pois um motor de velocidade lenta é menos fácil de suavizar do que um rápido. Um motor c. a. de rotor externo pode no entanto dar resultados bastante bons, e é aliás usado desde há muitos anos para este fim.

Uma solução actualmente muito popularizada consiste em utilizar um motor c. c. com um grande número de pólos. Isto, juntamente com um rotor bastante pesado, pode ter boas características de funcionamento em relação ao «wow» e ao «flutter», e apresenta ainda uma outra vantagem bastante atraente — a de permitir um controlo de velocidade muito fácil, vantagem que este tipo de motores tem em relação aos motores c. a.

O método de comunicação do movimento do motor ao cabrestante pode igualmente constituir uma maneira de reduzir o «flutter». Um método actualmente muito usado consiste em utilizar uma correia de borracha, juntamente com um volante de cabrestante bastante pesado. A elasticidade da mola permite absorver qualquer falta de regularidade da velocidade do motor, e o pesado volante ajuda a manter uma velocidade regular do cabrestante.

O «wow» é controlado mantendo a velocidade do motor constante apesar das variações de carga. Os maiores motores c. a. de quatro pólos têm uma saída de potência bastante superior à necessária para accionar o cabrestante, de tal modo que as pequenas variações de carga não provocam variações notórias de velocidade. A tendência moderna, como se disse

mais atrás, consiste em utilizar motores c. c. de menor potência e regular a velocidade electronicamente. Ao contrário do motor c. a. montado em alguns gravadores, o motor c. c. permite a regulação fácil da velocidade. Os sistemas de motores modernos utilizam uma forma elaborada de controlo, na qual a velocidade do motor é controlada alimentando corrente ao motor a partir de uma fonte c. c. através de um amplificador transistorizado. No veio do cabrestante encontra-se montado um taqui-gerador, um pequeno dínamo que fornece uma saída de tensão proporcional à velocidade do cabrestante. Num circuito electrónico, a saída deste taqui-gerador é comparada com uma tensão fixa (a tensão de referência). Se a velocidade do cabrestante for demasiado baixa, a saída do taqui-gerador é fraca, e o circuito electrónico aplica mais potência ao motor. Se a velocidade do cabrestante é demasiado alta, a saída do taqui-gerador é superior à tensão de referência, e o circuito electrónico aplica uma menor potência ao motor, travando-o.

Isto constitui um exemplo de funcionamento tipo servo-mecanismo, e torna-se possível obter valores de «wow» muito baixos utilizando este sistema. É particularmente apropriado a gravadores de cassettes. A utilização de um motor c. c. provoca igualmente muito pouco «flutter», e uma outra grande vantagem no que se refere tanto ao fabricante como ao utilizador é que a velocidade do motor não é afectada pelas diferentes frequências da rede. Quando se usam motores de pólo dividido ou do tipo síncrono, a frequência da rede (50 Hz na Europa, 60 Hz nos EUA e no Japão) controla a velocidade do motor, devendo ser realizados ajustamentos mecânicos no caso de ser usada uma frequência diferente de alimentação. Estes ajustamentos podem envolver a colocação da correia em polias diferentes, por exemplo. Quando se utiliza um motor c. c. como parte de um servo-mecanismo, não se tornam necessárias tais alterações.

A facilidade das mudanças de velocidade constitui uma outra boa razão para escolher um sistema de accionamento c. c. Os gravadores de cassettes utilizam uma velocidade fixa de 4,76 cm/s, mas os gravadores de bobinas de fita permitem normalmente duas velocidades, muitas vezes três. Para gravadores de tipo profissional, estas velocidades são 38,1 cm/s,

19,05 cm/s e 9,53 cm/s, se bem que os gravadores de utilização doméstica omitam normalmente a velocidade maior e a substituíam pela de 4,76 cm/s. A mudança mecânica de velocidades deve ser realizada utilizando dispositivos como por exemplo conjuntos de roda e veio de desmultiplicação (fi-

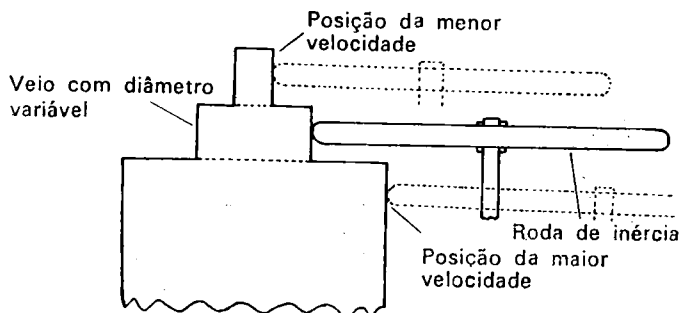


Fig. 4.12. — Arranjo de roda e veio de desmultiplicação para mudança de velocidades. Este tipo de mecanismo já não é usado, devido aos maus resultados em termos de «wow» e de «flutter». O accionamento por correia, com diferentes diâmetros de polia, é no entanto ainda usado quando a mudança de velocidades é efectuada utilizando métodos mecânicos.

gura 4.12) ou alterando a posição da correia de accionamento sobre polias; nenhum destes métodos é ideal. Quando se utilizam motores c. c. num sistema servo, a mudança de velocidade é realizada, alterando muito simplesmente a tensão de referência, pela utilização de um comutador.

Outros problemas de accionamento

Durante a gravação ou a reprodução, as bobinas não podem movimentar-se livremente. A bobina que recebe a fita deve ser accionada de tal modo que a fita possa ser enrolada, e, de preferência, a bobina de alimentação deve ter um fraco accionamento inverso, de modo a manter a tensão da fita estável. Devemos poder accionar qualquer das bobi-

nas rapidamente, de modo a realizar a rebobinagem em qualquer dos sentidos. A melhor solução consiste em utilizar três motores separados com um sistema de comutação eléctrica que assegure a aplicação de uma baixa potência aos motores das bobinas durante a gravação e a reprodução, e toda a potência disponível durante a rebobinagem em qualquer das direcções. Esta excelente solução não se torna necessariamente cara, dado que apenas o motor do cabrestante deve ser de facto de alta qualidade.

A combinação de um motor de cabrestante a corrente contínua e um único motor de bobina constitui um arranjo de compromisso. Quando se recorre a esta solução, torna-se necessária alguma forma de comutação mecânica para a passagem de rebobinagem num sentido para o outro, normalmente sob a forma de uma roda passando de um veio para outro. Além disso, o accionamento às bobinas deve ser realizado através de uma embraiagem de fricção que permita algum escorregamento, de tal modo que a velocidade das bobinas possa variar lentamente durante a reprodução da fita. Estas embraiagens de fricção encontram-se normalmente colocadas nos eixos das bobinas, e podem ser observadas quando se removem as respectivas coberturas.

São necessárias montagens semelhantes, mas bastante mais elaboradas, quando se utiliza um único motor para todas estas operações. Alguns gravadores de bobinas utilizam um accionamento por motor único, mas trata-se normalmente das máquinas mais baratas, que foram já ultrapassadas pelas máquinas de cassettes; em geral, o accionamento por um único motor é hoje encontrado apenas em alguns gravadores de cassettes.

Alguns gravadores que utilizam um motor de accionamento separado controlam a tensão da fita através da utilização de dois cabrestantes e duas rodas de pressão, uma de cada lado da montagem das cabeças; este método torna o accionamento da fita menos afectado pela tensão da fita nas bobinas e resulta particularmente bem quando não se usam almofadas de pressão para obter um bom contacto entre a fita e a cabeça.

As bobinas móveis das máquinas de bobinas abertas são bastante pesadas, particularmente a de 25,4 cm de diâmetro,

tornando-se necessário algum tipo de travão. Os travões usados para as bobinas assumem a forma de calços, actuando na porção mais larga dos eixos das bobinas de fita, e o ajustamento dos travões constitui o ajustamento mecânico mais difícil de realizar num gravador. Uma das dificuldades de concepção de um sistema eficaz de travagem consiste no facto de o eixo com uma bobina cheia de fita necessitar de um maior esforço de travagem do que um outro que não suporte qualquer bobina, verificando-se inevitavelmente uma maior tensão na fita, durante a travagem, quando a bobina cheia puxa a fita contra a acção dos travões na bobina praticamente vazia. Só um sistema de travagem verdadeiramente bom pode assegurar que a fita nunca se parta nem se enrole defeituosamente qualquer que seja a comutação efectuada nos controlos do gravador.

Os gravadores de cassettes têm os mesmos tipos de problemas que se verificam no caso das máquinas em que a fita passa de uma bobina para outra, mas com algumas diferenças. Os problemas de travagem no caso das pequenas bobinas das cassettes são muito menos graves, apesar de os sistemas de cassettes de maior formato necessitarem de métodos de travagem cuidadosamente concebidos e montados. O «wow» e o «flutter» são sempre mais severos no caso dos accionamentos da fita a baixa velocidade e de veios de cabrestante de menor diâmetro, mas a utilização de motores de accionamento a corrente contínua permite obter valores de «wow» e «flutter» notavelmente baixos no caso dos «decks» de cassettes modernos, pelo menos bastante melhores do que os que era possível obter ainda há alguns anos no caso das máquinas, de fita em bobinas, de boa qualidade.

Os problemas relacionados com as aberturas das cabeças do gravador e com o alinhamento destas e da fita podem ser resolvidos, se bem que piorando outras características, de tal modo que a qualidade de funcionamento de um gravador de cassettes pode rivalizar, em boas condições, com a de uma máquina de bobinas abertas. Neste caso, no entanto, como de resto em muitos outros, um aparelho maior pode ser sempre

melhor do que um de menores dimensões, e certamente que tudo seria mais fácil se se tivesse lançado uma cassette de formato grande, quando se pensou em utilizar as cassettes como meio possível de gravação e reprodução estereofónicas de alta qualidade.

FITA E GRAVAÇÃO

Como já notámos no Capítulo 3, o material de gravação que foi originalmente utilizado para gravação magnética era o fio de aço. Em termos de características magnéticas, o aço não é porém ideal, dado que apresenta valores bastante baixos de remanescência e coercividade relativamente aos materiais modernos. A utilização do material em fio apresenta ainda a desvantagem adicional de obrigar a usar diâmetros bastante finos, a fim de se poder enrolar o fio em bobinas, e por sua vez o uso de fio delgado tem como consequência a passagem sobre as cabeças de uma quantidade de material magnetizado bastante pequena, mantendo fraco o sinal reproduzido e tornando a razão sinal/ruído diminuta.

O uso de material sob a forma de fita oferece algumas vantagens. A fita pode ser construída com uma espessura bastante pequena para permitir uma maior facilidade de enrolamento nas bobinas, continuando no entanto a ser suficientemente espessa para assegurar a existência de um volume razoável de material magnético. Além disso, a fita pode ser enrolada em bobinas com uma largura pouco superior à da fita, permitindo que esta seja enrolada de uma maneira bastante mais suave do que no caso do fio. Não é de surpreender que a fita tenha sido experimentada bastante cedo na história da gravação magnética, mas os resultados então conseguidos foram de facto maus. O problema principal então sentido consistia em o aço não apresentar uma alta coercivi-

dade — magnetiza-se e desmagnetiza-se com uma facilidade excessiva. A primeira vista, poderia parecer vantajoso magnetizar facilmente a fita, ou seja, gravá-la com facilidade, mas de facto não é isto que acontece. O problema da fita de baixa coercividade consiste em que pode também ser desmagnetizada muito facilmente, mesmo por campos magnéticos bastante fracos, além de o sinal magnético ser passado a outros pontos da fita quando esta é guardada.

Este último problema, a transferência de um sinal gravado de uma parte da fita para outra em contacto com ela, é ainda um problema com os materiais modernos. Quando um pedaço de fita fortemente magnetizado, contendo talvez a gravação de um batimento de tambor, se encontra numa bobina junto a um outro pedaço de fita com uma magnetização bastante fraca, por exemplo, uma passagem silenciosa, parte do sinal magnético da porção fortemente magnetizada transferir-se-á para a porção com uma magnetização mais fraca, devido ao bem conhecido processo de indução, o que significa que um íman magnetizará um pedaço de material ferromagnético que se encontre próximo. Este processo é deliberadamente utilizado na cópia de fitas, e as fitas previamente gravadas que se encontram no comércio são feitas encostando uma fita com uma gravação bastante forte a outra virgem, quando ambas são passadas por uma máquina apropriada. Quanto menor for a coercividade de um material magnético, mais provável é que se verifique este processo de cópia, pelo que necessitamos de materiais de alta coercividade para as bobinas que iremos guardar.

Os outros métodos utilizados para reduzir esta possibilidade de transferência do sinal gravado são diversos; por um lado evita-se que a fita fique enrolada sempre da mesma maneira. As fitas com mais interesse são re-enroladas a intervalos regulares de modo a assegurar que os pontos de contacto entre as passagens fortes e fracas mudem de vez em quando. Devem-se evitar igualmente as altas temperaturas, dado que a coercividade de qualquer material de fita é reduzida quando é aquecido; se aquecermos qualquer material magnetizado a uma temperatura suficientemente alta (designada por temperatura de Curie, diferente para cada material), este ficará completamente desmagnetizado. Como a tem-

peratura de Curie é bastante alta (rubro vermelho) para muitos materiais, este método não é evidentemente prático para limpar fitas; pelo menos, se se pretende usá-las novamente... Todas as cassettes ou cartuchos de fita que sejam guardados num automóvel devem portanto ser mantidas num local tão fresco quanto possível, nunca, certamente, na janela traseira ou no tablier.

Dado que os materiais magneticamente mais apropriados para gravação em fita são igualmente aqueles que se tornam mais difíceis de preparar sob a forma de fita ou fio, o desenvolvimento da moderna forma da fita pela AEG em 1930 constituiu um dos maiores avanços no que se refere à gravação em fita. As fitas originais da AEG utilizavam uma base em papel revestida com pó muito fino de ferro, e é este o tipo de fita que, apesar do uso de diferentes materiais, tem sido usado desde então. A fita moderna utiliza materiais plásticos, normalmente poliésteres, como base, com revestimentos de óxidos metálicos como seja o óxido de ferro (quimicamente Fe_2O_3) e dióxido de crómio (CrO_2).

A fita moderna

Cada fase da preparação de uma fita de gravação é crítica e afecta a qualidade do produto final, de tal modo que se deve efectuar um estrito controlo de qualidade em cada fase do fabrico, desde a escolha da matéria prima de base. A selecção de material de boa qualidade para base plástica é importante porque, como já vimos, a dilatação da fita afectará o «wow» e o «flutter», e o rompimento da fita provocará a perda do programa gravado, o que se pode tornar muito caro em trabalho profissional.

Os materiais plásticos utilizados como base da fita são todos polímeros, o que significa que são feitos a partir de materiais cujas moléculas consistem num grande número de unidades idênticas, constituindo uma cadeia. O rigor da transformação da matéria prima é essencial, pois de outro modo o número de moléculas na cadeia pode variar de um fabrico para outro, provocando variações de elasticidade (afectando a dilatação) e tendência para o material se tornar quebra-

dição. Dado que existe inevitavelmente alguma variação na própria matéria prima, a mistura cuidadosa de diferentes produções constitui o método mais simples de assegurar um resultado final mais seguro.

O material plástico bruto deve então ser transformado numa fita. A espessura da fita determinará o comprimento desta que poderá ser incluído numa bobina de um dado diâmetro ou numa cassette normalizada, e isto por sua vez determinará o tempo de gravação possível. Dado que as máquinas de fitas podem funcionar a diferentes velocidades, as bobinas são diferenciadas em termos de comprimento; as cassettes com uma mesma velocidade de utilização são diferenciadas pelo tempo de gravação. No caso dos maiores tempos de gravação, a fita torna-se bastante fina, e por essa razão as cassettes de 120 minutos não são geralmente utilizadas para gravação profissional. A dilatação e a ruptura tornam-se necessariamente um problema mais grave no caso das fitas mais finas. A ruptura da fita de bobina, se bem que constitua um inconveniente, pode ser reparada em pouco tempo, mas a ruptura da fita em cassette provoca muito mais problemas (ver a fig. 5.1). Quando uma fita em cassette se parte, as pontas desaparecem inevitavelmente no interior da cassette, pelo que esta deve ser aberta antes de se poder montar as duas extremidades partidas. Isto é bastante simples, se bem que demore algum tempo, no caso de a cassette ser fechada com parafusos, mas torna-se muito mais difícil no caso da cassette «soldada». As cassettes soldadas devem ser cortadas e a fita transferida para outra cassette, de preferência uma de parafusos. Para sermos honestos, devemos admitir que a ruptura da fita em cassettes soldadas é menos frequente do que as de parafusos — e a razão disto residirá em que o aperto do parafuso parece provocar uma distorção da cassette que tende a provocar a ruptura da fita.

Voltando à base da fita, a espessura e a largura da base fabricada devem ser mantidas constantes. A variação da espessura provocará uma variação do tempo de gravação para um dado tamanho de bobina. A variação da largura é mais grave, dado que provocará bloqueios da fita, particularmente nas cassettes, ou mau alinhamento (provocando cruzamento das pistas ou volume variável), conforme a fita for demasiado

larga ou fina. Além disso, ambas as arestas da fita devem ser perfeitamente rectas, dado que é isto que decide a regularidade do movimento da fita entre os pernes guia e portanto a maneira como a fita se mantém alinhada com a abertura da cabeça.

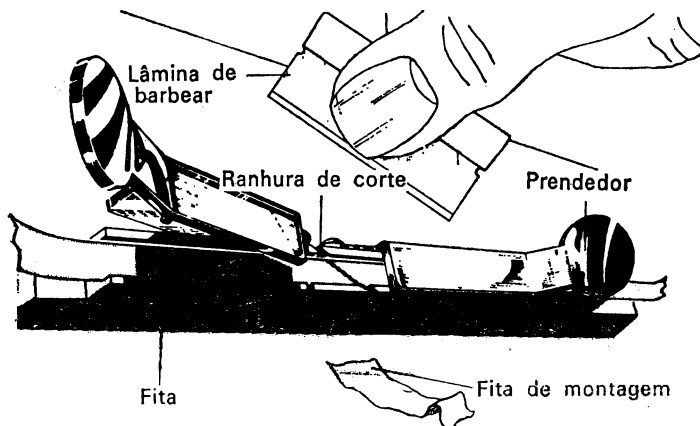


Fig. 5.1. — Montagem da fita. A montagem da fita em cassette é mais difícil do que a montagem de fita em bobina aberta; ambas as tarefas são no entanto simplificadas se for usada uma lâmina assegurando que o corte seja rigoroso e que as duas extremidades fiquem bem alinhadas quando são juntas. Uma fita adesiva vulgar não é conveniente, porque o seu adesivo se deteriora em tempo quente, colando diversas camadas de fita e depositando resíduos da cola nas cabeças.

Revestimentos da fita

A escolha dos materiais de revestimento da fita, os materiais magnéticos, a maneira como são tratados e os métodos usados para revestir a fita afectam bastante o comportamento do produto final. Realizou-se um trabalho intensivo nos materiais de revestimento durante bastante anos, e praticamente qualquer material magnético concebível de ser transformado num pó, foi ensaiado; mas o revestimento universal-

mente usado nas fitas de gravação é ainda o óxido magnético de ferro, muitas vezes chamado óxido férrico (quimicamente Fe_2O_3). Muito recentemente, o dióxido de crómio (CrO_2) começa também a ser usado como material magnético de revestimento da fita, e as misturas de ambos estes materiais e os revestimentos de camadas duplas são ainda mais recentes. Por vezes ouve-se falar de fitas utilizando pós metálicos, mas até ao momento em que este livro foi escrito nenhuma delas apareceu ainda à venda. O problema dos revestimentos das fitas é que nunca se conseguiu encontrar verdadeiramente o material ideal, e todos os revestimentos de fita constituem de facto o resultado de diversos compromissos. As fitas diferem apenas porque cada fabricante tem a sua noção do equilíbrio particular de características que é mais apropriado.

Como se isto não constituísse já um problema, os resultados que obtemos de uma dada fita dependem bastante da abertura das cabeças do gravador e da polarização que é utilizada quando a fita é gravada. Voltaremos a este ponto mais tarde, ainda neste capítulo; por agora, consideraremos que podemos comparar as fitas num gravador que possua as melhores aberturas de cabeças possíveis (utilizando cabeças separadas de gravação e reprodução, como notámos no capítulo 4) e com uma polarização ajustável e uma bateria de instrumentos de medida de tal modo que seja possível obter as melhores características de cada tipo diferente.

A espessura de um revestimento magnético afecta a razão sinal/ruído e igualmente a gama de frequências. Um revestimento mais espesso permite a magnetização de uma maior quantidade de material pela cabeça de gravação, pelo que se obtém um sinal mais forte na cabeça de reprodução. Por outro lado, um revestimento mais delgado provoca a redução da gama de frequências, dado que as linhas de força que se encontram mais longe da cabeça estão mais espaçadas, e estas linhas mais espaçadas afectarão o material numa fita bastante espessa, provocando o mesmo efeito que uma maior ranhura da cabeça. Dado que ambas as características, alta razão sinal/ruído e boa gama de frequências, são bastante desejáveis, estes requisitos entram em choque entre si, e o fabricante deve escolher uma espessura de revestimento que constitua um compromisso razoável.

Depois de se definir a espessura de revestimento, o único controlo que pode ser exercido é sobre o material de revestimento. Os métodos actuais de preparação dos óxidos afectam consideravelmente o seu comportamento magnético, e bem assim certos factores físicos como a temperatura e o tempo, que afectam a forma e a dimensão das partículas. Ambos os tipos de materiais de revestimento formam pequenos cristais que podem ser magnetizados mais facilmente num eixo do que noutro, e o processo ideal de revestimento da fita deveria assegurar que cada cristal fosse colocado na direcção ideal;

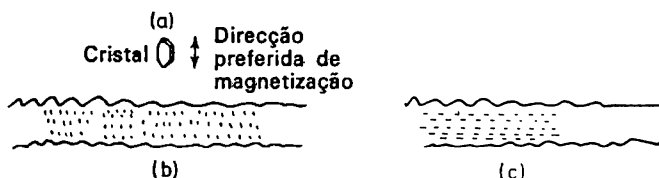


Fig. 5.2. — Direcção preferida de magnetização. (a) A direcção preferida de magnetização de um cristal é ao longo do seu eixo maior. (b) Se os cristais forem alinhados da maneira indicada, sendo o eixo longo representado pelas linhas na fita, os resultados serão fracos. (c) Com os cristais montados ao longo da fita da maneira aqui indicada, a qualidade de gravação será bastante superior.

isto é de facto possível se se aplica um campo magnético estável enquanto a fita está a ser revestida (ver a figura 5.2).

Simultaneamente, as partículas devem ser bastante pequenas se se pretende que a fita corra suavemente sobre as cabeças de gravação e reprodução, e as partículas de menores dimensões ajudam a obter uma melhor gama de frequências, do mesmo modo que o faz uma pequena abertura da cabeça.

Os métodos usados para tratar o material de revestimento são portanto bastante importantes, e cada fabricante utiliza a sua própria «receita». Tal como estas qualidades de forma e de dimensão do cristal, os processos de formação devem ser igualmente considerados do ponto de vista da tentativa de obtenção das melhores propriedades magnéticas. Fa-

lando em geral, a coercividade e a remanescência de um material em grosso (em blocos de grandes dimensões) não é grandemente afectada pelos métodos de preparação, mas isto já não acontece evidentemente com os póis finos utilizados para formar os revestimentos das fitas. De qualquer modo, mesmo os pequenos aumentos de coercividade e da remanescência têm uma importância especial na realização de melhores revestimentos.

Um outro factor que afecta grandemente a nossa utilização da fita é o nível da saturação, ou seja, a quantidade de força de campo magnético necessária para conduzir o revestimento da fita à saturação magnética. Esta característica é

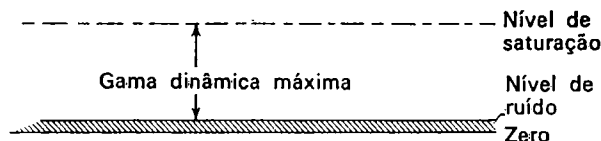


Fig. 5.3. — Gama dinâmica. A gama dinâmica total de uma fita é a razão entre o fluxo ao nível de saturação e o nível de ruídos, normalmente expressa em decibéis. Esta é bastante menor do que a gama dinâmica necessária para gravar a maior parte da música orquestral.

importante porque determina qual a amplitude máxima do sinal que pode ser gravada antes de a distorção se tornar impossível de evitar, e por sua vez afecta a razão sinal/ruído e a gama dinâmica que pode ser gravada na fita.

A gama dinâmica da música é a relação entre a amplitude do sinal da passagem mais forte e a amplitude do sinal da passagem mais suave (figura 5.3). No caso da música orquestral, esta gama dinâmica pode ser bastante grande; algumas peças musicais não podem ser gravadas com uma gama dinâmica completa, qualquer que seja o processo de gravação. A maior parte da música conhecida pelo nome de «popular» tem uma gama dinâmica bastante pequena.

A gravação de uma gama dinâmica em fita é limitada por dois efeitos. Para sinais de amplitude bastante pequena, será o ruído da fita (ver mais adiante neste capítulo e no

capítulo 7) um limite, dado que as amplitudes de sinal a um nível semelhante ao do ruído da fita não serão ouvidos quando forem reproduzidos. Se escolhermos um nível de amplitude que assegure a gravação das notas mais suaves a uma amplitude bastante acima da amplitude de ruídos da fita, verificaremos normalmente que as notas mais fortes levam o revestimento da fita a saturar, provocando uma distorção insuportável.

Qualquer melhoramento do revestimento da fita que nos permita aumentar o nível de saturação será portanto bastante desejável, dado que aumenta a gama dinâmica da fita. Se gravarmos de tal modo que os picos mais fortes da música conduzam o revestimento da fita a um nível próximo do de saturação, então um revestimento de fita com um alto nível de saturação significará que poucas notas terão uma amplitude tão fraca que possam ser perdidas entre o ruído da fita. Deste modo, a razão sinal/ruído é melhorada, realizando um revestimento que possua um alto nível de saturação.

Existem actualmente três tipos de revestimento de fita, tanto para as máquinas de cassettes como para as de bobinas abertas. A fita de óxido de ferro constitui o tipo convencional de revestimento nas fitas de menor preço; se o seu fabrico for bom e o gravador também, pode produzir resultados bastante aceitáveis. A fita de dióxido de cromo é muito utilizada nos gravadores de maior preço, concebidos para a utilizar; e os revestimentos mistos de ambas (ferrichrome) e os revestimentos de camada dupla estão neste momento a ganhar bastante fama. É certo que as gravações de maior qualidade que têm sido realizadas utilizando métodos de gravação magnética têm utilizado a fita de dióxido de cromo ou a fita ferriochrome, mas infelizmente é difícil comprar estes tipos entre si quando estamos a trabalhar com gravadores domésticos. A razão disto é que um dado gravador de fita pode ser calibrado para produzir resultados bastante diferentes para qualquer tipo de fita. Se, por exemplo, calibrarmos a tensão de polarização para um valor fraco, podemos obter uma gama de frequências muito melhor do que no caso de uma maior tensão de polarização, mas a gama dinâmica será inferior, dado que surgirá uma distorção a um valor relativamente baixo de amplitude de sinal. Por outro lado, pode-

mos aumentar a tensão de polarização e reduzir deste modo a distorção, mas obteremos então uma pior gama de frequências, devido ao efeito de apagamento do sinal de polarização sobre as maiores frequências do sinal gravado. Uma vez mais, o método a utilizar envolve um compromisso, e qualquer método de ensaio dos materiais de fita ou dos gravadores deve definir alguma fórmula para determinação do nível de polarização.

Os folhetos dos fabricantes que acompanham os respectivos gravadores raramente indicam os métodos de ensaio; muitas vezes, a medição é realizada nas melhores condições possíveis, de tal modo que a gama de frequências é medida com a polarização fraca, e a distorção medida com o nível de polarização mais alto. Os ensaios independentes, por vezes publicados em revistas de especialidade ou sob a forma de livros por entidades profissionais como a Angus McKenzie Facilities Ltd., constituem o melhor guia das qualidades de funcionamento de qualquer gravador.

De tudo o que já foi dito podemos concluir que a tensão de polarização de um gravador de fita deve ser calibrada para diferentes níveis se se pretendem obter diferentes resultados, e quando utilizamos algum método de normalização de um nível de polarização (como por exemplo especificar o nível de distorção que será medido para um dado sinal), verificamos que o «melhor» nível de polarização é bastante diferente para as diversas fitas, mesmo para aquelas que utilizam o mesmo material de revestimento com diferentes espessuras, de tal modo que as cassettes C60 e C90 do mesmo fabricante podem necessitar de tensões de polarização um pouco diferentes para obter os melhores resultados. Dado que é praticamente impossível ao utilizador normal (e difícil mesmo para o utilizador com os instrumentos e a experiência necessários) calibrar sozinho a polarização, o único método adequado seria aparentemente utilizar a fita recomendada pelo fabricante. Infelizmente, muito poucos fabricantes fornecem neste ponto quaisquer indicações úteis. Os materiais de revestimento das fitas melhoraram tanto recentemente, e surgiram tantos revestimentos novos, que a maior parte dos fabricantes hesitam em imprimir seja o que for num folheto de instruções que poderá estar desactualizado na altura em que a

máquina é vendida. Um esquema que atraiu bastante a atenção recentemente foi a ideia de graduar as fitas (uma estrela, duas estrelas, etc.) de uma maneira correspondente ao comutador de polarização existente no gravador. Este esquema bastante útil teve pouca aceitação entre os fabricantes de fita, que sentiram a dificuldade de manter o comportamento das fitas dentro dos limites das especificações para cada grau e que anteviram os problemas possíveis no caso de ser concedida uma fita de qualidade bastante superior.

As diferenças entre a fita de dióxido de cromo e a de óxido de ferro são ainda maiores do que as diferenças entre as diversas fitas de óxido de ferro. Lemos normalmente nos relatórios de ensaios que as fitas de dióxido de cromo permitem obter uma gama de frequências bastante extensa. Isto só é verdadeiro no caso de o gravador estar convenientemente calibrado para estas fitas, e o número de gravadores recentes verdadeiramente bem calibrados é de facto muito pequeno, excepto no caso dos gravadores com um comutador «cromo/normal». A utilização da fita de dióxido de cromo num gravador apenas calibrado para as fitas de óxido férrico, ou que esteja mal calibrado para o cromo, pode não dar quaisquer efeitos. A razão disto é que o dióxido de cromo tem uma maior coercividade e um maior nível de saturação do que o óxido férrico. A resposta extra de frequência que pode ser obtida de fitas de dióxido de cromo não vem tanto da própria fita (se bem que esta também contribua) como do facto de as maiores frequências poderem ser aumentadas bastante mais durante a gravação (ver o capítulo 6) sem se verificar uma saturação da fita. Isto obriga a uma alteração dos circuitos electrónicos do gravador, tanto na gravação como na reprodução, e a uma calibração bastante diferente da polarização.

Os gravadores de alta qualidade capazes de utilizar fitas de dióxido de cromo em boas condições devem possuir um comutador para alterar a calibração, e este comutador é normalmente designado por «cromo/férrico» ou «cromo/normal». Um estudo cuidadoso dos circuitos utilizados revela no entanto que apenas alguns gravadores contêm de facto todo o conjunto de alterações que são necessárias de um caso para

o outro. Só os relatórios de ensaios, uma vez mais, permitem ao utilizador fazer uma escolha com conhecimento de causa.

Fitas ferrichrome

Devido aos resultados bastante variáveis que têm sido obtidos utilizando fitas de dióxido de crómio, os fabricantes tentaram mais recentemente combinar as vantagens de ambos os tipos de revestimentos.

Foram fabricadas algumas fitas utilizando revestimentos que são formados por misturas de óxido férrico e de dióxido de crómio, mas as fitas mais interessantes são as que

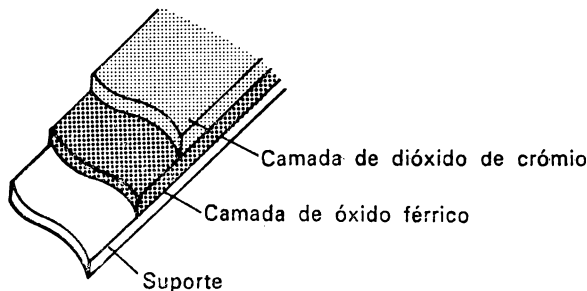


Fig. 5.4. — Fita ferrichrome de duas camadas. Estas fitas já se encontram no mercado, se bem que a preços bastante altos. Quando usadas juntamente com gravadores e fontes sonoras de alta qualidade, podem-se obter gravações excelentes.

utilizam duas camadas separadas de cada um destes materiais, sendo a camada de dióxido de crómio colocada no exterior (figura 5.4). O princípio aplicado neste caso consiste no facto de as linhas de forças magnéticas poderem ser arqueadas de uma maneira semelhante à de um raio de luz quando é passado de uma substância para outra. As fitas de revestimento duplo parecem trabalhar encurvando os traçados de força de tal modo que o alastramento das linhas de força é bastante reduzido, tornando assim a gama de frequências melhor para uma dada ranhura da cabeça do gra-

vador e para um dado nível de polarização. Estas fitas podem ser usadas com um nível de polarização semelhante ao usado para as fitas de dióxido de crómio, e com os mesmos circuitos de tratamento (amplificação) do sinal.

No caso destes revestimentos duplos, as maiores frequências parecem ser gravadas principalmente na camada de dióxido de crómio e as menores frequências na camada de óxido férrico. Tanto a gama de frequências como a gama dinâmica parecem ser melhoradas comparativamente com as fitas de óxido férrico, e os níveis de distorção parecem ser inferiores aos verificados quando se utiliza fita de crómio gravada a um nível máximo.

A desvantagem neste caso é que o controlo de fabrico dos revestimentos duplos é difícil, de tal modo que as fitas ferrichrome são caras mesmo quando comparadas às fitas de dióxido de crómio normais, que por sua vez já são mais caras do que as fitas de óxido férrico. Na altura em que este livro foi escrito, existem já alguns gravadores preparados para utilizar fitas ferrichrome. Um fabricante, Aiwa, tomou a decisão interessante de tornar ajustáveis tanto a polarização como os circuitos electrónicos, com calibres marcados, e fornece uma lista das calibrações que parecem ser melhores para algumas fitas diferentes.

Ruído

Como já notámos no capítulo 3, uma fita não gravada que seja reproduzida com os controlos de volume no máximo produzirá um sinal, uma espécie de assobio a que chamaremos «hiss» ou ruído. Este sinal surge porque o material da fita nunca pode ser completamente desmagnetizado, tal como a espira de um disco nunca pode ser completamente regular (e daí o ruído de fundo do disco); e a fraca magnetização das partículas fornece um sinal que não corresponde a qualquer nota musical mas sim a uma mistura de sinais de todas as frequências. Se passarmos agora a uma fita não gravada através do gravador premindo o botão de gravação, mas sem utilizar qualquer sinal de entrada, de tal modo que a fita de facto não grave nada, estaremos a aplicar à fita

apenas a onda de polarização da cabeça de gravação. Se reproduzirmos esta fita, verificaremos que o ruído de fundo é agora bastante maior, apesar de não se encontrar presente qualquer sinal. A razão disto é que a onda de polarização, se bem que a sua frequência seja demasiado alta para ser

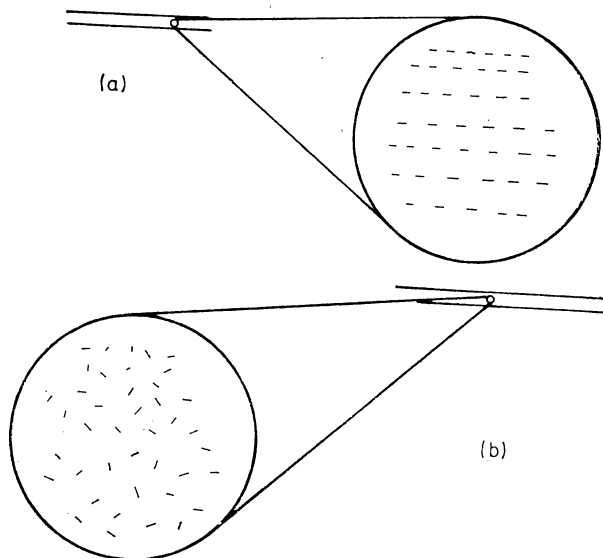


Fig. 5.5. — Ruído da fita. Nestes diagramas usamos linhas curtas para representar a direcção da magnetização das partículas existentes na fita. Mesmo uma fita não magnetizada apresentará algumas partículas com uma magnetização fraca. (a) Uma fita de baixo ruído (low-noise) terá todo o seu magnetismo alinhado, da maneira indicada. (b) A desordem das direcções do magnetismo provocará o aparecimento de um sinal flutuante na reprodução, sinal esse que constituirá o ruído.

gravada, teve influência no mecanismo das partículas da fita, deixando o seu fraco magnetismo remanescente um pouco desordenado (figura 5.5).

Recordemo-nos de que o fabricante tenta inserir as partículas de tal modo que todas «apontem» na mesma direcção; isto tende igualmente a manter qualquer magnetismo rema-

nescente orientado numa dada direcção. É como se tivéssemos um conjunto de peças num tabuleiro que tenha sido sacudido, fazendo com que todas elas saiam do lugar. Cada cristal da fita actua como um pequeno íman, e o efeito da polarização consiste em deixá-las com o respectivo magnetismo orientado numa direcção um pouco diferente para cada partícula.

O ruído da fita provocada pela polarização pode ser reduzido efectuando uma escolha adequada da dimensão das partículas e do tratamento a dar-lhes, e utilizando como onda de polarização uma onda sinusoidal tão pura quanto possível, mas nunca pode ser completamente eliminado. Como já notámos anteriormente, isto afecta a gama dinâmica dos sinais que podemos gravar, porque a nota musical mais suave deve, quando a reproduzimos, estar acima do nível de ruído de tal modo que possa ser ouvida. Ao contrário da gravação em disco, na qual a variação para uma velocidade menor diminui bastante o ruído, o uso de menores velocidades nos gravadores de fita não reduz este ruído, e o progresso que se tem realizado em gravação de fita tem consistido em utilizar bandas menos largas, o que tem como consequência aumentar ainda mais o problema do ruído de fundo. Como explicámos anteriormente, a utilização de uma fita menos larga torna o ruído mais notório, dado que uma banda apertada contém um menor número de partículas magnéticas de tal modo que o sinal de saída é menor; mas estas partículas podem ser igualmente afectadas pela polarização, pelo que o ruído de fundo não diminui em proporção à redução da fita.

Apesar disto, o nível sinal/ruído nas cassettes actuais, no caso dos gravadores de boa qualidade, é melhor que nos tipos de gravadores de fita em bobinas abertas de há quinze anos atrás, e a razão principal disto é o grande esforço que tem sido efectuado no desenvolvimento dos materiais de fita e do seu tratamento. Atingimos quase o final «da estrada» no que se refere às possibilidades destes tratamentos, a menos que passemos a usar a fita de uma maneira bastante diferente (como por exemplo no caso da gravação de imagens — «video tape»), e a melhoria principal das razões sinal/ruído deve agora ser permitida por «truques» realizados no

tratamento do sinal (ver o capítulo 7) ou usando fita mais larga, como no caso do sistema Elcaset.

Níveis de gravação

Quando é fabricado um gravador de fita, o sinal de polarização é ajustado (pelo menos assim esperamos) de tal modo que se obtenham os melhores resultados para um dado tipo de fita. A maior parte do som que pretendemos gravar pode ter uma gama dinâmica que se encontre bem dentro da gama possível na fita. Se quiséssemos, poderíamos ajustar a quantidade de sinal gravado de duas maneiras diferentes. Uma seria tal que as partes mais fracas do sinal fossem gravadas imediatamente acima do nível de ruído da fita. Se calibrarmos o controlo de volume de gravação para este nível, então, no caso de sinais de pequena gama dinâmica, as notas mais fortes não levariam a fita a saturar, se bem que se realizaria de facto uma saturação no caso de a gama dinâmica ser larga. O outro método consiste em calibrar os controlos de volume de gravação de tal modo que a fita fique praticamente saturada ao gravar os sinais mais fortes. No caso de música de curta gama dinâmica isto asseguraria que os sinais mais suaves se encontrariam ainda bastante acima do nível de ruído, mas a música de larga gama dinâmica seria então gravada de tal modo que as notas mais suaves seriam perdidas em ruído.

Na prática utilizamos sempre uma versão do segundo método, porque é mais fácil calibrar os controlos em função das notas mais fortes do que ao contrário. O que complica o processo de controlo do nível de volume de gravação é que a saturação da fita não é qualquer coisa que se verifique repentinamente e de maneira nítida. Se gravamos uma nota estável, em vez de música, não se verifica qualquer alteração repentina para uma distorção grande provocada pela saturação quando aumentamos o nível de gravação, pelo que devemos decidir por nós próprios e subjectivamente aquilo que consideramos um ponto limite do volume de gravação. Muitos ensaios de gravação colocam esta linha divisória no ponto em que o som se encontra distorcido numa percenta-

gem de 3 %. Isto significa que quando se grava um som puro de uma dada frequência, o som reproduzido conterá outras frequências produzidas pela distorção cujas amplitudes consistem em 3 % do total. Esta quantidade de distorção é bastante notória ao ouvido, e contrasta com a distorção de 0,1 % normalmente utilizada para o amplificador, mas no entanto este valor de 3 % constitui já uma quantidade vulgar nas especificações dos sistemas de gravação; e aliás não significa que a gravação seja de facto realizada sempre para este nível de distorção.

Todos os gravadores de fita contêm sempre algum método de aviso quando este nível de distorção (3 % ou outro) é excedido, ajudando-nos a manter o sinal de entrada a um nível inferior a este. A dificuldade sentida pelo utilizador de um gravador de fita consiste em que não se conhece necessariamente as correspondências entre as leituras do instrumento de medição ou as marcas dos controlos de volume, por um lado, e a quantidade de distorção real, e ao facto de qualquer variação no tipo de fita ou mesmo na espessura da fita (LP para ELP ou C60 para C90) poder alterar completamente aquelas correspondências e levar as leituras ou as marcas em causa a perderem qualquer significado. Por esta razão, somos forçados a descobrir por nós próprios a maneira mais correcta de interpretar as leituras do instrumento de medida; este assunto será aliás tratado com maior detalhe mais adiante, no capítulo 8.

Qualquer que seja a maneira como calibremos o gravador, qualquer variação do material da fita obrigará a repetir todo este trabalho. Este constitui um argumento bastante forte no sentido de utilizarmos sempre o mesmo tipo e fabrico de fita. Se for possível descobrir qual a fita que foi utilizada para calibração do gravador no fabricante, então o método mais simples consistirá logicamente em usar apenas esta fita. Isto no entanto nem sempre é fácil. Alguns fabricantes recusam-se muito simplesmente a revelar qual a fita usada para aquele efeito; alguns utilizam até uma fita especial, fabricada por uma empresa conhecida mas cujo nome não é revelado. A maior parte dos gravadores japoneses são calibrados utilizando fita Maxell, dado que o uso desta fita se encontra normalizado no Japão, mas um fabricante calibra

os seus modelos de exportação utilizando fita Ampex. Os gravadores de origem europeia (como o Revox, o Ferrograph), Tandberg, B e O) são calibrados normalmente com fita BASF, mas não é fácil descobrir exactamente qual o tipo concreto de fita usada por este fabricante. Este aspecto é particularmente importante no caso dos gravadores de cassettes, dado que a pequena largura das pistas e a fraca velocidade destes gravadores obriga a tomar todas as medidas possíveis no sentido de melhorar a qualidade de funcionamento, se quisermos obter resultados aceitáveis.

SISTEMAS ELECTRÓNICOS

Para um engenheiro da era victoriana, familiarizado com o Telegrafone, a parte mecânica de um gravador de cassette ou bobina aberta moderno não teria grandes mistérios, e a cabeça propriamente dita, se bem que construída segundo métodos desconhecidos na época e utilizando materiais com cuja existência nem sequer se sonhava, poderia também ser identificada em função dos desenhos de Poulsen. As partes electrónicas do gravador magnético moderno, no entanto, encontrar-se-iam totalmente para além desta possibilidade de entendimento, dado que nenhuma das ideias que conduziram ao desenvolvimento rápido da electrónica era então conhecida. O mesmo técnico Victoriano, bom conhecedor da sua profissão, seria curiosamente capaz de compreender todas as partes de um automóvel moderno — excepto o seu rádio!

Os sistemas electrónicos de um gravador da fita moderno executam diversas tarefas. Uma destas é a amplificação — ou seja, a realização de uma cópia numa escala aumentada de um sinal eléctrico. Necessitamos da amplificação por duas razões. Uma é que a saída do sinal nos microfones actualmente utilizados é bastante pequena, apenas um milésimo do sinal que podemos obter a partir de um microfone de carvão (mas com uma qualidade bastante superior). Um sinal tão fraco não pode ser aplicado à cabeça de gravação de um gravador de fita; deve ser primeiramente amplificado.

Ao reproduzir, a nossa outra razão para amplificar os sinais consiste em que o sinal bastante fraco obtido na cabeça de reprodução, tão fraco como o sinal de um microfone, deve ser amplificado antes de ser usado para accionar um alto-falante, o que recriará então as ondas sonoras originais. A igualização constitui uma outra tarefa realizada pelo sistema electrónico. Como veremos, uma cópia perfeita da onda original gravada na fita dará resultados bastante fracos na reprodução. Os circuitos de igualização nos circuitos de realimentação e de pré-acentuação actuam quando gravamos de modo de alterar os sinais, a fim de que o sinal reproduzido seja mais satisfatório. Os circuitos de redução de ruído realizam uma função semelhante; mas estes são tão importantes e tão especializados que lhes dedicamos todo um capítulo, o capítulo 7. Dado que necessitamos de um sinal alternado a uma frequência superior para a polarização e a limpeza da fita, um oscilador constitui necessariamente uma parte essencial do circuito electrónico em todos os gravadores, excepto nos mais baratos. Os osciladores são circuitos que produzem sinais de corrente alternada a partir de uma fonte de energia em corrente contínua.

Além destas tarefas essenciais do tratamento de sinais, os circuitos electrónicos são usados para controlo da velocidade do motor, para limitar o nível de sinal ou controlar o nível de gravação, ou ainda para paragem automática do movimento das bobinas ou inversão do seu movimento no final da bobina, da cassette ou da pista.

Num único capítulo não nos é possível iniciar sequer a explicação da maneira como os componentes electrónicos realizam todas estas tarefas; os leitores interessados nesta matéria encontrarão explicações suficientes noutras obras sobre o assunto. Concentrar-nos-emos aqui nos diagramas de blocos dos gravadores de fita, focando a atenção do leitor mais nas funções dos circuitos electrónicos do que propriamente na maneira como trabalham. Os diagramas de blocos constituem uma maneira de analisar o funcionamento de circuitos electrónicos complexos, dividindo-os em partes simples. Cada bloco, um quadrado, rectângulo ou triângulo, representa alguma parte do circuito que executa uma dada tarefa particular — amplificação, oscilação, igualização ou

qualquer outra. Observando um diagrama de blocos podemos ver o que acontece ao sinal muito mais claramente do que quando observamos o diagrama do circuito; podemos-nos concentrar naquilo que está de facto a ser feito, em vez de nos perdermos nos detalhes do circuito.

Diagrama de blocos — gravação

Como exemplo, a figura 6.1 mostra um diagrama de blocos de um gravador comutado para a posição de gravação. Neste diagrama, partimos do princípio de que o sinal a gravar vem de um microfone, mas poderíamos igualmente considerar outra fonte sonora, por exemplo, um receptor de rádio ou

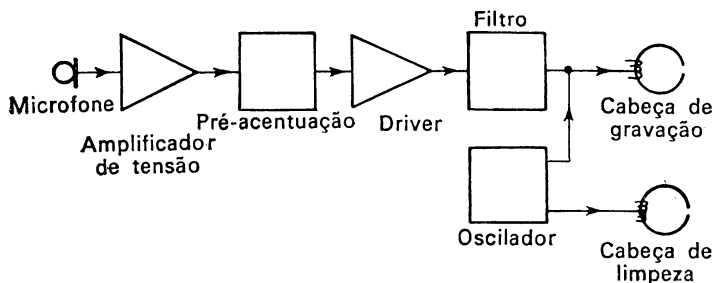


Fig. 6.1. — Diagrama de blocos de um circuito electrónico, comutado para a posição de gravação. (Note-se que o oscilador fornece a onda de limpeza à cabeça correspondente e a de polarização à cabeça de gravação.

um gira-discos. A primeira coisa a fazer consiste sempre em realizar uma amplificação de tensão. A tensão é uma medida da força (amplitude) de um sinal eléctrico, e o sinal eléctrico de um microfone será sempre bastante fraco, apenas de um milésimo de um volt ou, como lhe chamamos mais normalmente, um milivolt.

O amplificador de tensão, que no diagrama do circuito do gravador de fita pode consistir de facto num certo número de transístores e outros componentes, é representado no dia-

grama de blocos por um símbolo triangular, com a entrada de sinal no valor de um milivolt aplicada ao lado vertical, e a saída, talvez de um volt, realizada no vértice oposto.

A fase seguinte é a pré-acentuação, representada por um quadrado. Neste bloco, distorcemos deliberadamente o sinal de modo a compensar os efeitos da ranhura da cabeça de gravação nas altas frequências do sinal. A quantidade de sinal nesse ponto (o seu nível de tensão) terá sido controlado antes de o sinal atingir este estágio, pelo controlo de volume. Os circuitos utilizados para pré-atenuação devem ter uma igualização diferente para cada velocidade, de tal modo que os circuitos devem ser comutados, empregando-se um circuito diferente para cada velocidade.

O bloco de pré-acentuação é seguido por um outro andar amplificador, muitas vezes designado por andar driver. Ao contrário do primeiro bloco de amplificação, este não aumenta muito a tensão do sinal, mas pode forçar a corrente do sinal a passar através das bobinas da cabeça de gravação. O andar driver deve ser concebido de tal modo que, para a mesma quantidade de tensão de sinal a diferentes frequências, pilote a mesma quantidade de corrente através das bobinas da cabeça de gravação. Isto não é completamente linear, dado que a resistência da cabeça de gravação às correntes de sinais é maior para sinais de alta frequência do que para os sinais de baixa frequência.

O oscilador é um bloco separado, fornecendo uma corrente alternada a uma alta frequência para uma cabeça de limpeza separada, e alimentando igualmente uma tensão muito inferior à cabeça de gravação de modo a actuar como polarização. Deveremos ser capazes de controlar a quantidade desta corrente de polarização (se bem que o controlo não seja concebido para ser accionado pelo utilizador, e se encontra no interior do gravador), mas a tensão de limpeza não necessita de ser controlada desde que a quantidade de limpeza seja suficientemente grande para eliminar o sinal em qualquer tipo de fita existente. O bloco marcado «filtro» encontra-se localizado entre o andar driver e o oscilador de polarização e impede o sinal de polarização de voltar ao amplificador driver, onde não o desejamos.

Diagrama de blocos — reprodução

A figura 6.2 mostra o diagrama de blocos para um gravador de fita comutado para reprodução. O sinal fraco é agora fornecido pela cabeça de reprodução, e deve ser conduzido a um amplificador de tensão antes de poder ser utilizado. A quantidade de amplificação necessária é praticamente igual à que utilizámos ao gravar a partir do microfone, e muitas vezes utiliza-se o mesmo amplificador. Depois de amplifi-

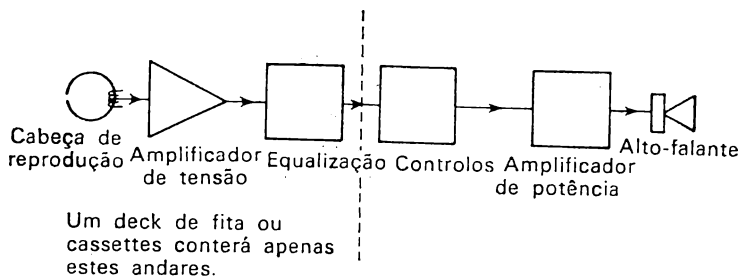


Fig. 6.2. — Diagrama de blocos de um circuito electrónico comutado para reprodução. Um «deck» não tem quaisquer andares de saída ou controlos de reprodução, de tal modo que os circuitos de reprodução são interrompidos no ponto indicado pela linha tracejada.

cado, o sinal deve ser igualizado, de modo a compensar o efeito da cabeça de reprodução no sinal gravado, e, uma vez mais, no caso de o gravador de fita dispor de várias velocidades, a igualização em causa deve ser diferente para as várias velocidades.

Depois da igualização haverá uma secção de controlo, contendo os controlos de volume, agudos e graves, que serão utilizados quando nos servimos do gravador para pilotar alto-falantes, directamente, num sistema de boa qualidade. Em muitas máquinas de cassettes ou de bobinas abertas só existe um controlo de volume. Os «decks» de fita ou de cassettes são concebidos para serem usados juntamente com um sistema de amplificador e alto-falante e não terão provavel-

mente qualquer controlo de volume para a reprodução, ou terão apenas um controlo previamente calibrado, dado que este controlo, tal como o de agudos e o de graves, estarão já incluídos no amplificador da cadeia.

No caso dos «decks» de fita ou cassettes, terminam aqui os circuitos, mas um gravador que possua o seu próprio alto-falante deverá igualmente dispor de um ou dois (no caso da estereofonia) amplificadores de potência. O andar de amplificação de potência, como o nome sugere, fornece o sinal com energia suficiente para accionar um alto-falante, se bem que de facto não amplie necessariamente muito a tensão de sinal.

Muito poucos gravadores utilizam circuitos completamente diferentes para gravação e reprodução, pelo que um diagrama de blocos completo deveria apresentar os blocos existentes juntamente com a comutação entre eles. Algumas das alterações são de pouca importância. Por exemplo, o amplificador de tensão que é usado para gravação a partir de um microfone pode ser comutado para utilização em reprodução, para amplificar o sinal vindo da cabeça de reprodução. Outras alterações serão já menos simples; por exemplo, o amplificador de potência usado para pilotar o sistema de alto-falante durante a reprodução é muitas vezes comutado de tal modo que possa actuar como um oscilador quando se grava. Dado que nos estamos apenas a concentrar nos diagramas de blocos, ignoremos aqui este problema da comutação. De qualquer modo, a comutação usada varia de um gravador para outro.

Ganho

O sinal de um microfone ou de uma cabeça de gravação é bastante fraco, e é rodeado por sinais de interferência, particularmente devidos à rede de alimentação de energia, que são bastante mais fortes. A necessidade mais urgente será portanto a de amplificar este sinal fraco de modo a torná-lo mais forte do que os sinais de interferência — e é essa a tarefa do amplificador de tensão. A amplificação de tensão não aumenta necessariamente a potência de um sinal; o sinal

que sai do amplificador de tensão não tem potência suficiente para pilotar um alto-falante ou mesmo uma cabeça de gravação directamente, mas serve pelo menos para realçar o sinal relativamente à interferência, de tal modo que se torne possível trabalhar com ele. A capacidade do sinal para «ser realçado» é medida pela tensão do sinal, pelo que o amplificador de tensão aumenta esta quantidade; provoca assim um «ganho».

O ganho de tensão é uma relação, um número que nos diz quantas vezes é o sinal de saída mais forte do que o de

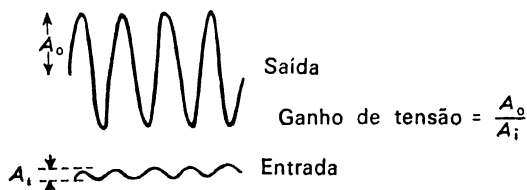


Fig. 6.3. — Ganho de tensão. A amplitude dos sinais que entram e saem do amplificador é medida por instrumentos adequados, normalmente um osciloscópio de raios catódicos.

entrada (figura 6.3). Se medirmos ambos estes sinais, o de entrada e o de saída, utilizando as mesmas unidades, então o ganho de tensão será igual a

$$\frac{\text{Tensão de sinal de saída}}{\text{Tensão de sinal de entrada}}$$

Como mencionámos anteriormente, este valor pode ser de, por exemplo, 1 000. Assim, se o sinal que entra no amplificador vindo do microfone ou da cabeça de reprodução for de 1 mV (1/1 000 V), e o sinal de saída for de 1 V, então o ganho será exactamente de 1 000.

Um ganho de 1 000 parece bastante grande, mas os nossos ouvidos não se apercebem dele como tal. Uma ideia bastante melhor será avaliar o ganho fornecido por um dado amplificador em unidades relacionadas com o ouvido hu-

mano, ou seja, utilizando a escala de decibéis. A escala de decibéis, do nome de Graham Bell, inventor do telefone, constitui uma maneira de obter valores de ganho que concorram com o que os nossos ouvidos nos dizem sobre a intensidade do som. Para converter um ganho de tensão em decibéis, utiliza-se a fórmula seguinte

$$\text{dB} = 20 \log \frac{V_s}{V_i}$$

(determina-se o ganho de tensão, verifica-se qual o seu logaritmo nas tabelas ou utilizando um calculador, e em seguida multiplica-se este logaritmo por 20) ou utilizando a tabela 6.1. A partir desta tabela, verificamos que um ganho de tensão de 1 000 é um ganho de 60 decibéis, ou seja, 60 dB. O que isto significa realmente é que, em termos de som, o sinal que sai do amplificador de tensão soa 60 vezes mais forte do que o de entrada. Num sentido estrito, não deveríamos usar a escala de decibéis para o ganho de tensão (foi aliás concebida para ganhos de potência), mas o seu uso encontra-se actualmente bastante divulgado neste campo e somos obrigados a aceitá-lo.

TABELA 6.1.

A escala de decibéis

A comparação de diferentes valores de potência, tensão e corrente é muitas vezes realizada utilizando decibéis em vez de razões lineares, porque o número de decibéis corresponde melhor ao efeito obtido no ouvido quando se comparam os sinais no alto-falante. A definição de uma relação de decibéis é:

$$\text{dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1},$$

onde P_2 e P_1 são as potências a comparar.

Esta utilização da escala de decibéis é sempre correcta desde que as medições de potência sejam realizadas do mesmo modo.

Os decibéis deveriam, num sentido estrito, ser usados para comparar valores de tensão e de corrente apenas quando os níveis de impedância a que as duas leituras são feitas forem idênticos. Isto é habitualmente ignorado quando se utiliza a escala de decibéis apenas para comparar condições diferentes, com as impedâncias não alteradas. Por exemplo, se um amplificador tem uma resistência de entrada de 50 kohms e uma resistência de saída de 2 ohms, o ganho de tensão não deve ser dado em decibéis; pode-se, no entanto, considerar o ganho a 400 Hz como sendo de 0 dB e comparar este valor com o ganho a outras frequências, de tal modo que se podem fornecer valores como 3 dB a 15 Hz e a 25 kHz.

Quando se comparam razões de tensões ou correntes, a fórmula em causa transforma-se na seguinte:

$$\text{dB} = 20 \log \frac{V_2}{V_1} \text{ ou } 20 \log \frac{I_2}{I_1}.$$

As tabelas seguintes podem ser usadas para determinar o ganho correspondente a qualquer valor dado de decibéis, ou o valor de decibéis para qualquer valor dado de ganho.

Para usar a tabela, dividem-se os valores de decibéis em dezenas e unidades. Procura-se o número de dezenas na coluna esquerda e o das unidades na fila superior. A intersecção entre ambos dá a relação de potências correspondente ao valor em dB. Note-se que um aumento de 10 dB significa que se devem multiplicar todos os números por 10, pelo que os valores são dados na fila superior e as potências de dez pelas quais devem ser multiplicados nas filas subseqüentes.

<i>Unidades</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Dezenas</i>	1,26	1,58	1,99	2,51	3,16	3,98	5,01	6,31	7,94

1	10 ¹ , ou dez vezes o valor acima
2	10 ² , ou 100 vezes o valor acima
3	10 ³ , ou 1 000 vezes o valor acima
4	10 ⁴ , ou 10 000 vezes o valor acima
5	10 ⁵ , ou 100 000 vezes o valor acima
6	10 ⁶ , ou 1 000 000 de vezes o valor acima

Conversão de decibéis para ganho de tensão ou corrente

<i>Unidades</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Dezenas</i>										
0	1,12	1,26	1,41	1,58	1,78	1,99	2,24	2,51	2,81	2,16
1	3,55	3,98	4,47	5,01	5,62	6,31	7,08	7,94	8,91	10,0
2	Valores iguais a 10 vezes os da primeira linha									
3	Valores iguais a 10 vezes os da segunda linha									
4	Valores iguais a 100 vezes os da primeira linha									
5	Valores iguais a 100 vezes os da segunda linha									
6	Valores iguais a 1 000 vezes os da primeira linha									
7	Valores iguais a 1 000 vezes os da segunda linha									
8	Valores iguais a 10 000 vezes os da primeira linha									
9	Valores iguais a 10 000 vezes os da segunda linha									
10	Valores iguais a 100 000 vezes os da primeira linha									

Conversão de ganho de potência para decibéis

O ganho de potência é expresso como um número (numa posição decimal) e uma potência de dez, pelo que 312 transforma-se em 3,1 vezes 10 ao quadrado (ou $3,1 \times 10^2 = 3,1 \times 100$). O valor em decibéis correspondente ao número em causa é procurado na tabela utilizando a linha de cima para a fracção e a primeira coluna para o número completo. O valor real é dado na intersecção entre a linha e a coluna. O valor correspondente à potência de 10 é também procurado, sendo os dois valores somados.

Por exemplo, um ganho de 540 é igual a $5,4 \times 100$

$$\text{dB de } 5,4 = 7,32$$

$$\text{dB de } 100 = 20$$

$$\text{dB de } 540 = 27,32$$

Conversão de ganho de tensão para DB

Para utilizar a tabela para ganhos de tensão, duplica-se o número encontrado, de tal modo que um ganho de tensão 540 corresponderia a 54,64 dB.

Ganho	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	0	0,41	0,74	1,14	1,46	1,76	2,04	2,30	2,56	2,78
2	3,01	3,22	3,42	3,61	3,80	3,98	4,15	4,21	4,47	4,62
3	4,77	4,91	5,05	5,18	5,31	5,44	5,56	5,68	5,79	5,91
4	6,02	6,12	6,23	6,33	6,43	6,53	6,62	6,72	6,81	6,90
5	6,99	7,02	7,16	7,24	7,32	7,40	7,48	7,56	7,63	7,71
6	7,78	7,85	7,92	7,99	8,06	8,13	8,19	8,26	8,32	8,39
7	8,45	8,51	8,57	8,63	8,69	8,75	8,81	8,86	8,92	8,97
8	9,03	9,08	9,14	9,19	9,24	9,30	9,34	9,39	9,44	9,49
9	9,54	9,59	9,64	9,68	9,73	9,77	9,82	9,87	9,91	9,95

10	10
100	20
1 000	30
10 000	40
100 000	50
1 000 000	60

Resposta de frequências

Qualquer parte do sistema que trate sinais de diferentes frequências terá uma resposta de frequência que pode ser medida, quer se trate de um microfone, um amplificador de tensão, uma cabeça de gravador, a própria fita ou um alto-falante. Nenhum destes dispositivos se comportará da mesma maneira em resposta a sinais de diferentes frequências, e para cada um deles podemos desenhar um gráfico que mostra o seu comportamento às diferentes frequências.

No caso de um amplificador de tensão, o gráfico apresentará um ganho de tensão em decibéis em função da frequência, de tal modo que o gráfico mostra qual o valor do ganho que teremos a cada frequência. Dado que a gama de frequências que podemos ouvir é bastante larga, devemos transformar a escala de frequências numa escala logarítmica, na qual cada passo ao longo da escala representa dez vezes a frequência anterior. Se não tomarmos esta medida, o gráfico fica grande demais para poder ser consultado com facilidade.

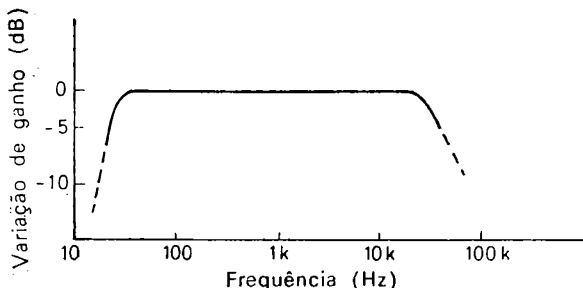


Fig. 6.4. — Resposta de frequência. Usamos a escala de decibéis para realizar gráficos com as variações de ganho, de modo a que só se verifiquem variações bastante grandes no gráfico. Um gráfico como este pode ser obtido na maior parte dos amplificadores de qualidade razoável. A linha de 0 dB representa o ganho a 400 Hz.

A resposta de frequência de um moderno amplificador de tensão parece ótima. Um gráfico de uma resposta de frequência perfeita consistiria numa linha recta sem qualquer irregularidade — uma resposta linear, como pode ser chamada. No entanto, nada é perfeito, e descobrimos normalmente que o gráfico de resposta de frequência só é de facto linear numa gama limitada de frequências. A concepção dos amplificadores de tensão, no entanto, progrediu já até um ponto em que a resposta de frequência pode ser tornada linear em toda a gama audio, só deixando de o ser às frequências muito baixas que não pretendemos amplificar e às frequências muito altas que não podemos ouvir (figura 6.4).

Se a resposta de frequência do amplificador de tensão pudesse ser obtida com qualquer gravador de fita completo, seria razão para ficarmos satisfeitos; infelizmente, a fita e a cabeça impedem este resultado. Durante a gravação, verificam-se dois efeitos importantes que provocam o aparecimento de problemas. Um é que as bobinas da cabeça não se comportam, como de resto se disse já anteriormente, da mesma maneira para altas frequências e para baixas frequências: apresentam uma maior resistência (ou mais correctamente, impedância) às altas frequências. Procuramos gravar de tal modo que os sinais da mesma amplitude de tensão provoquem a mesma quantidade de fluxo na fita, o que significa que as correntes de sinal através da fita devem ser iguais para tensões iguais de sinal, de qualquer frequência. Dado que, no entanto, as bobinas da cabeça resistem mais à corrente às altas frequências, devemos aplicar uma tensão de sinal que aumente às frequências mais altas, de modo a manter igual o fluxo magnético existente na fita.

É esta a função do andar «drive». O outro efeito é o da ranhura da cabeça, que provocará a diminuição da resposta de frequência às frequências altas e é mais difícil de compensar como veremos. Quando se constrói um gráfico da curva de resposta para uma cabeça de gravação, consideramos um sinal a uma frequência de 400 Hz e medimos o fluxo magnético que este provoca na fita, ajustando o sinal até que a fita não se encontre perfeitamente saturada. Se então compararmos a quantidade de fluxo na fita para o mesmo sinal de corrente a outras frequências, poderemos desenhar uma curva de resposta para a combinação da cabeça de gravação e da fita (figura 6.5). Esta será corrigida por pré-acentuação.

A figura 6.6 mostra a resposta de frequência de uma cabeça de reprodução. Dado que a tensão de sinal de saída de uma cabeça de reprodução depende da frequência do sinal gravado e do fluxo magnético da fita, a saída é muito fraca a baixas frequências, aumenta para um pico e em seguida diminui novamente, quando a ranhura da cabeça começa a afectar a resposta. Uma vez mais, somos forçados a compensar estes efeitos, se queremos que a gravação corresponda minimamente ao som original; isto será realizado pelo bloco

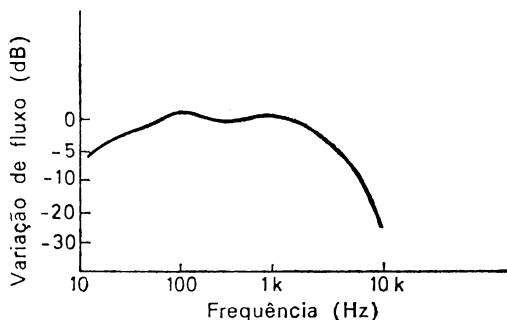


Fig. 6.5. — Resposta da cabeça de gravação. Neste gráfico apresentam-se variações de densidade de fluxo (expressas em decibéis de modo a comparar com o gráfico do amplificador) em função da frequência. O forte declive às altas frequências é provocado pela ranhura da cabeça. A linha de 0 dB representa a densidade de fluxo na fita a 400 Hz.

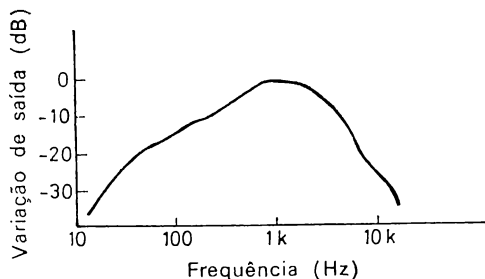


Fig. 6.6. — Resposta da cabeça de reprodução. Para uma fita com a mesma densidade de fluxo a todas as frequências gravadas, a tensão de reprodução assume esta forma. O declive a partir das baixas frequências é causado pelo facto de as baixas frequências serem proporcionais à frequência; o declive a partir do pico de agudos é provocado pela dimensão da ranhura da cabeça. A linha de 0 dB representa a saída a 1 kHz.

de igualização da figura 6.2. A figura 6.7 mostra os gráficos de resposta global, indicando os efeitos da pré-acentuação e da igualização.

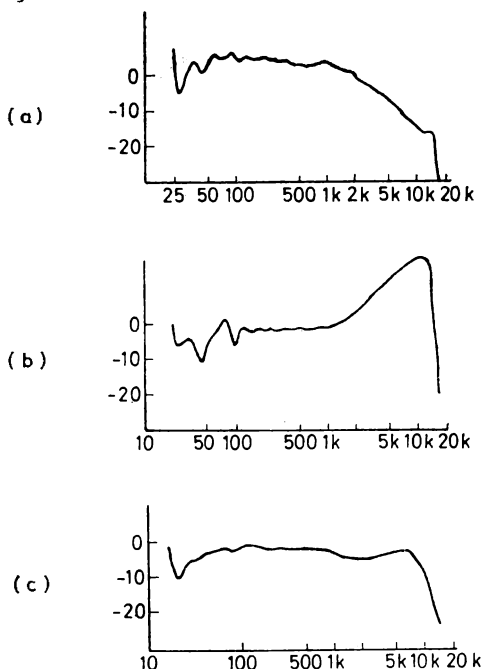


Fig. 6.7. — Resposta global, mostrando os efeitos da pré-acentuação e da igualização. Estas formas são obtidas gravando uma escala de notas de amplitude constante e reproduzindo-as através de um instrumento de medida. (a), Uma resposta razoavelmente suave, com perda de agudos. (b) Uma forma má, com agudos excessivos. (c) Uma boa resposta. Estas formas são obtidas a partir de ensaios em máquinas de cassetes.

Distorção

O nome «amplificador» induz-nos um pouco em erro, porque de facto os amplificadores não tornam um sinal maior. Em vez disso, constroem uma cópia maior de um sinal.

fraco. A diferença em causa é importante porque a cópia não é normalmente perfeita; é distorcida. Uma má resposta de frequência constitui uma forma de distorção, porque significa que o sinal de saída não é idêntico ao sinal de entrada; não se amplificou as frequências muito baixas ou muito altas da mesma maneira.

Outra forma muito importante de distorção é a distorção harmónica. Quando o processo de cópia, num amplificador ou na fita, não é perfeito, a força de onda do sinal será alterada. Para o ouvido isto provoca a alteração da nota, tornando-a irreal e bastante desagradável, particularmente no caso de a distorção se encontrar presente em forte quantidade. Como é bastante difícil medir a forma de seja o que for, não é fácil dar um valor rigoroso da distorção harmónica, como este tipo é designado, mas existe um método de medida daquilo a que chama distorção harmónica total.

Se considerarmos uma onda sinusoidal, que tem uma única frequência, e a alimentarmos a um amplificador com distorção, obteremos do amplificador não só a onda que nele introduzimos, mas uma mistura de harmónicas, outras ondas sinusoidais com frequências 2, 3, 4, etc. vezes a frequência da onda sinusoidal original (ver a figura 6.8).

Um amplificador perfeito não produz estas harmónicas, e a quantidade destas ondas adicionais é uma característica que leva a forma das ondas a alterar-se num amplificador com distorção, de tal modo que a medição destas ondas adicionais é um bom índice da quantidade de distorção que se verificou. Pode-se medir a quantidade das harmónicas e comparar o resultado com a quantidade do sinal que sai. Isto é normalmente expresso sob a forma de uma percentagem:

$$\frac{\text{Quantidade das harmónicas}}{\text{Quantidade de sinal}} \times 100\%$$

Um bom amplificador terá uma percentagem de distorção harmónica total de 0,1 % ou menos, o que significa que a quantidade total de harmónicas é 1/1 000 da quantidade do sinal total. Uma vez mais, isto deve-se ao facto de os

amplificadores terem progredido bastante para além do que pode ser obtido com gravação em fita ou em disco. Normalmente, consideramos o nível de gravação de pico em fita como a quantidade de sinal que provoca um nível de distorção de 3 %, pelo que as harmónicas são 3/100 de amplitude do sinal.

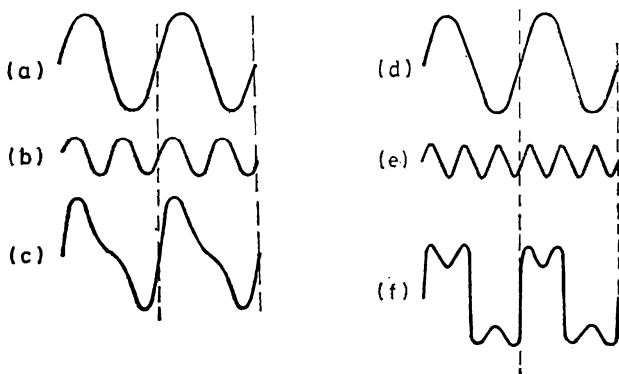


Fig. 6.8. — Onda fundamental e harmónicas. (a) e (b) são ondas sinusoidais, tipo fundamental de onda. (b) é uma segunda harmónica, uma onda cuja frequência é o dobro da da fundamental, (a). (e) é uma terceira harmónica. (c) e (f) mostram o resultado obtido somando estas harmónicas à fundamental. Qualquer onda distorcida terá estas harmónicas presentes. Se pudermos medir a amplitude das harmónicas, podemos utilizar o valor obtido como uma medida de distorção.

Igualização e pré-acentuação

A igualização e a pré-acentuação constituem métodos electrónicos de compensação das limitações provocadas pelas cabeças dos gravadores e as fitas. A pré-acentuação significa distorcer a resposta de frequência de um amplificador de tal modo que algumas frequências são amplificadas mais do que outras. No que se refere à gravação em fita isto significa, em particular, que somos forçados a amplificar mais as frequências altas do que as frequências baixas, de modo a

contrabalançar a queda provocada pela ranhura da cabeça de gravação. Se escolhermos a forma da resposta da frequência do amplificador de pré-acentuação correctamente, podemos levar a combinação de amplificador e de cabeça do gravador a comportar-se como se tivesse uma resposta praticamente linear para uma maior gama de frequências.

Tudo isto parece bastante atraente mas, infelizmente, existe um limite para a quantidade de pré-acentuação que podemos usar. Uma pré-acentuação excessiva pode levar os sinais de alta frequência a serem tão fortes que saturem a fita ou a cabeça durante a gravação, provocando uma distorção bastante severa. Dado que a distorção harmónica provocada pela saturação é mais incómoda para o ouvido do que a falta de altas frequências, teremos de limitar a quantidade de pré-acentuação por nós usada. Isto impede-nos igualmente de utilizar uma pré-acentuação adicional para fins de redução do ruído, como se discute no capítulo 7.

Alguma pré-acentuação das frequências mais baixas (graves) é igualmente usada em gravações de cassettes, não porque se verifique qualquer perda nos graves, mas a fim de nos permitir utilizar algum corte dos baixos no amplificador de reprodução (normalmente 3 dB de corte a 50 Hz). Isto pode parecer não ter grande importância, mas é justificado por razões bastante boas. Dado que o sinal da cabeça de reprodução deve ser bastante amplificado, e porque a cabeça de reprodução, devido à sua construção, colecta o ruído da rede com bastante facilidade, é quase impossível evitar algum ruído no sinal reproduzido. Se amplificarmos as baixas frequências desejadas do sinal antes de o gravar e em seguida as atenuarmos na reprodução, teremos dado às notas pretendidas a sua amplitude correcta, e teremos simultaneamente atenuado quaisquer sinais indesejados. Deste modo, a qualidade do funcionamento do gravador é tornada notoriamente melhor de uma maneira fácil (ver a figura 6.9 a).

Na reprodução devemos realizar outras compensações, designadas agora por igualização. Uma compensação óbvia consiste na redução do ganho às baixas frequências acima referido. Outra é a compensação da resposta de frequência

da cabeça de reprodução (figura 6.9 b). Para sinais de fluxo igual mas frequências diferentes, a saída da cabeça de reprodução é muito baixa às frequências baixas, aumentando à medida que a frequência do sinal aumenta até ser limitada pelo efeito da ranhura da cabeça.

Os circuitos de equalização do amplificador de reprodução devem portanto amplificar as baixas frequências mais

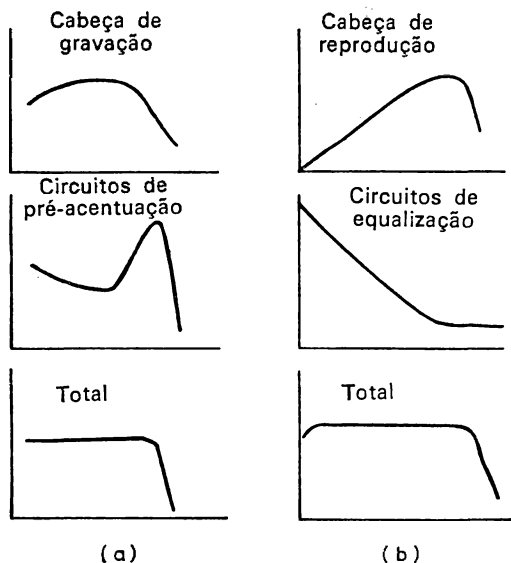


Fig. 6.9. — Pré-acentuação e equalização. (a) Uso da acentuação dos agudos nos circuitos de gravação, de modo a corrigir as perdas devidas à ranhura da cabeça de gravação. (b) Uso da acentuação dos graves nos circuitos de equalização a fim de corrigir o efeito da proporcionalidade entre a tensão de saída e a frequência.

do que as frequências médias (mas com o corte a 50 Hz mencionado anteriormente), de tal modo que, uma vez mais, a combinação da cabeça e do amplificador tenha uma resposta linear. Poderíamos evidentemente acentuar as altas frequências na realimentação de modo a auxiliar a neutralização dos efeitos da ranhura da cabeça, mas isto tem igualmente o

efeito de acentuar o ruído da fita, de tal modo que este tipo de acentuação não é usado.

O oscilador

No papel, o oscilador é simplesmente um circuito que fornece um sinal alternado de alta frequência para limpeza e polarização. Se bem que não seja difícil conceber e construir excelentes circuitos para a frequência necessária (normalmente cerca de 70 a 100 kHz) para limpeza e polarização, não é tão simples assegurar que a onda de um oscilador seja uma onda sinusoidal perfeita. Esta onda é importante por duas razões. Uma é que a onda distorcida pode levar as cabeças do gravador a deixarem algum sinal de ruído, que degrada a qualidade de funcionamento do gravador. Em muitos gravadores de fita ou cassettes mais baratos, por exemplo, pode-se obter uma melhor gravação em fita virgem se se desliga a cabeça de limpeza, o que mostra que a onda de limpeza deixa algum sinal de ruído. O outro problema é que a onda do oscilador pode ser modulada — ou seja, pode transportar outra onda de baixa frequência, normalmente ruído da rede. Uma vez mais, isto pode ser detectado se se consegue ouvir ruído de fundo («hum») na fita que foi passada pelo gravador comutado para gravação, mas com os sinais de entrada curto-circuitados. Os gravadores de maior qualidade utilizam um tipo de circuito oscilador designado por oscilador «push-pull», e o circuito é accionado por uma alimentação cuidadosamente filtrada, a fim de remover o «hum».

Limitadores e sistemas de gravação automática

Dado que a distorção provocada é bastante grande quando os picos do sinal conduzem a fita ao limiar de saturação, muitos gravadores utilizam circuitos automáticos que limitam a quantidade de sinal aplicada à fita. Um sinal excessivo acciona um circuito que controla o amplificador drive da cabeça de gravação, reduzindo o seu ganho de tal modo que qualquer sobrecarga seja momentânea, sendo res-

taurado o ganho normal assim que os picos terminam. A limitação nunca pode ser tão satisfatória como a calibração correcta dos controlos de gravação, mas é bastante útil para tratar um pico inesperado.

Um desenvolvimento menos desejável é o controlo automático do nível de sinal. Neste sistema, a amplitude do sinal é medida continuamente, e usada para controlar o ganho do amplificador durante a gravação, de tal modo que não existe necessidade de utilizar qualquer controlo de volume de gravação. Isto torna-se extremamente útil quando o gravador é usado juntamente com um microfone para gravar a fala; mas quando usado para gravar música, tem a desvantagem de comprimir bastante a gama dinâmica, de tal modo que as passagens mais fortes e as mais suaves são gravadas a um nível bastante semelhante, sendo o ruído muito notório nas passagens suaves devido à maior amplificação que é usada. Os circuitos de gravação automática montados nas máquinas de cassettes mais baratas são bastante inapropriados para a gravação de música séria, e não são concebidos para este fim. Mesmo no caso das máquinas mais aperfeiçoadas, concebidas para gravação estereofónica de qualidade, os limitadores e os sistemas automáticos são muitas vezes mal concebidos, trabalhando separadamente em cada canal em vez de controlarem o ganho de ambos. Isto tem como efeito que, quando um canal limita, o som ouvido nos alto-falantes parece mudar de posição. Isto deve-se ao facto de a quantidade de som de um alto-falante, o canal limitado, se ter mantido constante, enquanto o som do outro, não limitado, ter continuado a aumentar.

Medidores do nível de gravação

Excepto no caso dos gravadores portáteis mais baratos que utilizam apenas controlos automáticos do nível de gravação, todos os gravadores possuem medidores ou indicadores de nível de gravação (vuímetros). Seria agradável poder escrever que estes medidores indicam uma medida normalizada da amplitude do sinal que permite ao utilizador definir o nível de gravação rigorosamente. Infelizmente, isto não é ver-

dade, e os instrumentos montados nos vários gravadores indicam quantidades bastante diferentes, conforme a maneira como foram montados e o local dos circuitos onde o foram.

Nestas condições, a leitura do medidor deve ser a dos picos de sinal, mas isto é notoriamente difícil de conseguir na prática devido aos diferentes tipos de picos que são encontrados. Por exemplo, um pico pode ser um batimento de tambor, um sopro curto numa flauta ou uma nota prolongada de soprano, e não existe praticamente qualquer maneira de conceber um medidor que trate todos estes diferentes picos de uma maneira semelhante. Além disso, existe ainda o problema de quais os sinais que o instrumento deve ler, a saber, o sinal antes da pré-acentuação (o sinal que pretendemos gravar e realimentar), o sinal depois da pré-acentuação (que é o sinal de facto gravado na fita) ou ainda algum sinal especialmente tratado. Por exemplo, quando o medidor é pilotado pelo sinal antes da pré-acentuação, indicará a mesma leitura para uma nota alta e para uma nota baixa, mas o efeito da pré-acentuação pode levar a fita a saturar nas notas altas. Na impossibilidade de construir um medidor que leia o fluxo existente na fita (que é de facto possível mas bastante caro) não há qualquer resposta simples para este problema. Uma outra questão será: o medidor deve ler os picos muito curtos ou apenas os de maior duração? Dado que as respostas a estas questões são diferentes para cada fabricante, e as pressões, no sentido de manter os custos de produção, bastante fortes, não existem de facto dois fabricantes cujos medidores sejam calibrados da mesma maneira. Existe um sistema normalizado, o sistema VU (volume unit), estabelecido há já bastantes anos e muito utilizado em equipamento profissional. Infelizmente, muitos gravadores utilizam vúímetros que de facto não estão calibrados de acordo com esta normalização, tornando o problema da standardização mais difícil.

Até que todos os fabricantes concordem numa norma a utilizar nos seus medidores de nível de gravação, e num sistema capaz de graduar os tipos de fita como se referiu no capítulo 5, somos obrigados a confiar nas nossas próprias

medidas, como se nota no capítulo 8. Alguns gravadores suplementam os seus medidores de nível de gravação com indicadores de sobrecarga; estes são bastante úteis, dado que podem ser levados a indicar sobrecargas muito breves que não são mostradas pelas leituras do medidor.

REDUÇÃO DE RUÍDOS

Aquilo a que chamamos ruído é qualquer som que não desejamos ouvir. O ruído encontra-se sempre presente; numa audição ao vivo, ouvem-se cadeiras sendo arrastadas, pés a mexer, tosse, portas a fechar, etc. Quando convertemos sinais sonoros em sinais eléctricos, no entanto, verificamos também que se encontram presentes sinais eléctricos, e chamamos igualmente a estes sinais ruído.

O ruído eléctrico mais familiar é o «hiss» que se ouve quando se sintoniza um receptor de rádio entre estações e se roda o controlo de volume. Este tipo de sinal é uma mistura de ruído eléctrico de diferentes fontes, algumas naturais — sinais de relâmpagos, ondas de rádio do espaço — e outras provocadas pelo homem, sendo a causa principal neste caso o material eléctrico que está a ser utilizado na vizinhança. Quando se sintoniza para uma estação, no entanto, a relação entre a tensão de sinal e a de ruído é tão grande que somos forçados a baixar novamente o controlo de volume, deixando assim de ouvir o ruído. Quando isto acontece, a razão sinal/ruído do receptor é satisfatória.

O ruído da fita é um tipo diferente de problema. Como vimos em comentários anteriores, qualquer fita que tenha passado por um gravador apresentará, gravado, um sinal de ruído, e este sinal será ouvido sob a forma de um «hiss» nos alto-falantes, quando se reproduz a fita. O que é importante, como é evidente, não é a quantidade de ruído mas a razão

sinal/ruído que se pode obter, e é precisamente isto que provoca problemas. A amplitude do sinal que podemos gravar é limitada pelo nível de saturação do material de fita, de tal modo que a razão sinal/ruído que podemos obter com o melhor equipamento de fita possível é limitado pela própria fita. Isto deve-se ao facto de tanto o nível de saturação como o nível de ruído dependerem do tipo de material magnético e do processo de fabrico que se usaram; nada poderemos fazer depois para melhorar a razão sinal/ruído da fita.

O problema é tornado bastante pior utilizando pistas pouco largas para a gravação, e gravando em estereofonia em pistas finas. Se duplicarmos a quantidade de material magnético que passa nas cabeças, duplicando a largura das pistas (por exemplo, de pistas de um quarto da largura para metade da largura), podemos duplicar a quantidade de sinal gravada na pista. O ruído não é no entanto duplicado; será de apenas 1,4 vezes o ruído anterior. A razão disto é bastante complexa mas encontra-se ligada ao facto de o ruído não ser um sinal bem definido, mas simplesmente uma distribuição confusa do magnetismo das partículas da fita. As pistas mais largas apresentam portanto melhores razões sinal/ruído do que as menos largas, sendo por essa razão que os gravadores de bobina aberta e as cassettes de pista larga apresentam melhores razões sinal/ruído do que as cassettes ou cartuchos (cartridges) compactas. A utilização de estereofonia em vez de monofonia torna o problema de ruído ainda pior, dado que o uso de duas pistas dá o dobro do ruído, na medida em que o ruído de uma delas não será idêntico ao da outra, mas o sinal pode ser distribuído entre ambas as pistas.

Os desenvolvimentos do próprio material da fita melhoraram bastante as razões sinal/ruído que podemos obter, graças ao trabalho contínuo sobre este assunto nos últimos quinze anos, mas só alguns gravadores de cassettes compactas bastante bem concebidos e fabricados permitem obter uma aproximação das razões sinal/ruído que podem ser obtidas tão facilmente em gravadores de bobina aberta, utilizando pistas mais largas. Por sua vez, só os gravadores de bobina aberta, igualmente bem concebidos e fabricados, podem igualar as razões sinal/ruído que são possíveis com o equipamento de reprodução sonora de alta qualidade a partir de discos. Na

prática, como é evidente, nunca é obtida a perfeição, e a qualidade de muitos discos é tal que mesmo os gravadores de cassettes podem competir com eles em qualidade global, desde que a cassette tenha sido gravada a partir de uma transmissão de rádio em vez de ser um tipo de gravação prévia. É igualmente importante recordar que todos os discos, excepto alguns tipos muito especializados, são realizados a partir de uma gravação em fita, se bem que esta seja de pista bastante larga, trabalhando a uma velocidade relativamente alta.

No entanto, as melhorias necessárias nas razões sinal/ruído para as gravações de pista fina para igualar a qualidade das gravações em disco são demasiado grandes para poderem ser obtidas a partir de desenvolvimentos do próprio material da fita. Estamos com efeito a aproximar-nos do limite daquilo que pode ser obtido com materiais em fita. O grande desenvolvimento dos últimos anos tem consistido na utilização de métodos electrónicos que resultam na redução do ruído no sinal reproduzido.

Espectro de ruído

Para ver a maneira como o ruído pode ser reduzido no sinal reproduzido por métodos puramente electrónicos, devemos conhecer um pouco do próprio ruído em causa. O ruído, ao contrário dos sinais que pretendemos deliberadamente gravar, não apresenta uma frequência definida, constituindo sim um sinal com todas as frequências presentes. Medimos o ruído colectando uma gama das frequências (por exemplo 100 a 1 000 Hz) e medindo a potência de ruído na gama de frequências. Uma gama de frequências deste tipo é designada por uma banda, e muitas vezes verificamos que o ruído de fontes naturais apresentam a mesma potência para a mesma banda, quaisquer que sejam as frequências que a banda inclui. Verificaríamos por exemplo que se encontra a mesma potência de ruído na gama 1 000 a 1 900 Hz e na de 100 a 1 000 Hz, dado que a largura da banda (alta frequência menos a baixa frequência) é igual. O ruído deste tipo é designado por «ruído branco». Nem todo o ruído é deste

tipo. Podemos verificar, por exemplo, que a potência de ruído é a mesma para cada oitava de frequência. Uma oitava de frequência é a gama entre uma frequência e o dobro desta; o seu nome corresponde ao usado em música, dado que uma oitava musical corresponde a uma duplicação da frequência. O ruído deste tipo, designado por «ruído rosa», teria, por exemplo, a mesma potência na banda dos 100 a 200 Hz que na dos 200 a 400 Hz; o ruído encontra-se assim concentrado nas frequências menores.

Utilizando medidores de ruído, pode-se determinar a potência de ruído em diversas bandas, e desenhar um

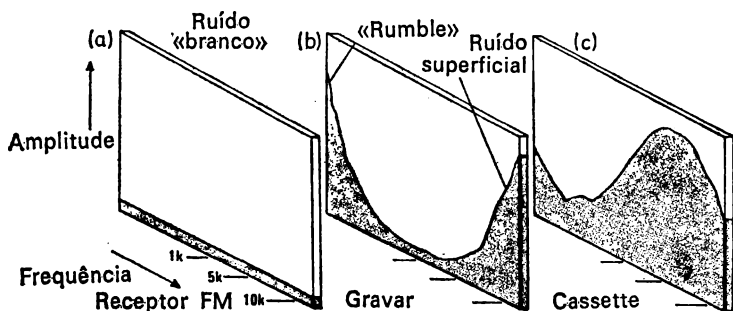


Fig. 7.1. — Espectro de ruído de diferentes fontes. O ruído da fita é mais notório as maiores frequências, às quais o ouvido humano parece ser mais sensível (cerca de 3 kHz).

gráfico da potência de ruído a diferentes frequências. Um gráfico deste tipo é designado por «espectro de ruído»; no caso do ruído branco, o gráfico é uma linha recta sem qualquer declive, enquanto o ruído rosa teria um máximo na parte do gráfico correspondente às baixas frequências.

O espectro de ruído que podemos encontrar na fita é apresentado na figura 7.1. Podemos ver nesta que o ruído da fita é mais notória às maiores frequências, e causa muito pouco problemas às baixas frequências. É por esta razão que o ruído de fundo da fita é tão notório, e que o descrevemos como um «hiss» — a quantidade de sinal de ruído é

grande às frequências às quais o ouvido humano é particularmente sensível. O sinal de ruído não se torna no entanto particularmente grande às frequências muito altas, porque não podemos reproduzir estas frequências (devido à ranhura da cabeça).

Felizmente, um aspecto da acção do ouvido é bastante útil. Se tivermos ruído presente ao mesmo tempo que um sinal forte, o ouvido concentra-se no sinal e ignora o ruído. Se não podemos eliminar todo o ruído, podemos no entanto obter uma grande melhoria no som de um sinal (mais do que a razão sinal/ruído indicaria) reduzindo o ruído da fita durante as passagens calmas da música; é esta a base do funcionamento da maior parte dos sistemas electrónicos de redução de ruído.

Primeiros sistemas de redução de ruído

Os dois métodos básicos de redução de ruído utilizando circuitos electrónicos são já conhecidos há bastante tempo; são por vezes designados por sistemas «single-ended» ou «double-ended».

Um sistema de redução de ruído «single-ended» actua apenas sobre a reprodução. Deve ser utilizado algum meio de identificar o sinal de ruído e anulá-lo, usando as diferenças entre o sinal de ruído e os sinais de música. Isto pode ser feito, mas para ser *bem feito* tornam-se necessários circuitos muito elaborados («correlacionadores») e estes circuitos são utilizados apenas em trabalho profissional, por exemplo, em comunicações espaciais. As tentativas de construção de circuitos mais simples para redução de ruído «single-ended» não tem tido êxito, se bem que o método Philips DNL tenha sido usado até certo ponto, e já tenha sido até utilizado por um outro fabricante. Em geral, os sistemas «single-ended» ou não provocam uma redução muito grande do ruído, ou removem parte do sinal desejado, e tendem assim a provocar distorção. O único sistema «single-ended» comparativamente simples que apresenta um sucesso razoável é o «expander» (ver

adiante), mas este dá melhores resultados quando usado como parte de um sistema «double-ended».

Um sistema «double-ended» de redução de ruído, como o nome sugere, actua tanto sobre a gravação como sobre a reprodução. O objectivo consiste em acentuar a amplitude de alguns dos sinais antes da gravação e reduzi-los aquando da reprodução, dado que, quando se reduz a amplitude na reprodução, se reduz igualmente a amplitude do ruído. Estudando o espectro de frequência do ruído, podemos verificar que os sinais que mais necessitam de tratamento são os sinais fracos de alta amplitude mais afectados pelo ruído, e o sistema de redução de ruído mais utilizado actualmente trabalha por selecção destes sinais.

No papel, o método óbvio de redução do ruído consistiria em acentuar a amplitude de todos os sinais de maior frequência quando gravamos, e atenuar (reduzir a amplitude) destes sinais quando os reproduzimos. Isto pode ser feito com grande facilidade, mas os resultados são maus. A razão disso é que é de qualquer modo necessário acentuar as amplitudes dos sinais de maior frequência, pelo simples facto de os querermos gravar, e uma maior acentuação não será eficaz, dado que a fita saturará em cada pico de sinal, forçando-nos a gravar a um nível médio inferior e tornando portanto menos conveniente a razão sinal/ruído. Um sistema simples de acentuar os agudos na gravação e atenuá-los na reprodução não constitui portanto um método útil de redução de ruído em sistemas de pista fina, se bem que uma pequena quantidade de acentuação e de atenuação possa tornar-se útil aos sistemas de pista larga e maior velocidade.

Alguns gravadores de cassettes, a propósito, têm um controlo marcado «redução de ruído» que simplesmente corta todas as frequências altas na reprodução. Este elimina evidentemente todo o ruído, mas, dado que corta igualmente o sinal, não tem qualquer efeito na relação sinal/ruído. O som obtido quando este controlo é usado é tão abafado e pouco natural que se deve preferir ouvir o sinal, mesmo com ruído. Os gravadores com sistemas tão primitivos de redução de ruído devem ser evitados; os outros circuitos nele existentes podem ser de qualidade igualmente deficiente.

«Companders»

A gravação profissional magnética e em disco utilizou durante bastante tempo circuitos que vencem o problema do ruído. Mencionámos anteriormente o facto de a gama dinâmica da música orquestral ser bastante larga, de tal modo que se torna impossível gravá-la. A solução para isto existente no passado consistiu em comprimir a gama dinâmica

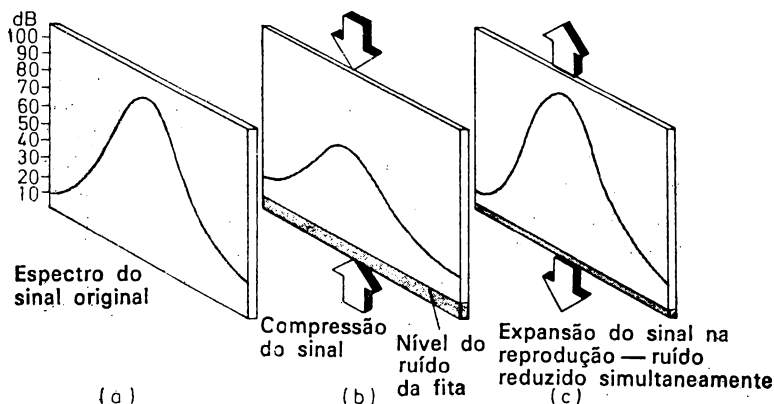


Fig. 7.2. — Acção «compander». A gama de sinal é comprimida antes da gravação, de tal modo que a diferença de amplitude entre as notas mais suaves e as mais altas é reduzida. Na reprodução, acrescenta-se ruído a um nível que deve ser inferior ao das notas mais suaves. Quando «dilatamos» novamente o sinal, a amplitude do ruído é reduzida, e pode ser tão reduzida que não seja pura e simplesmente ouvida.

do sinal antes de ser gravado. Compressão significa redução da gama dinâmica do sinal por amplificação dos sinais de larga amplitude menos do que os de baixa amplitude (figura 7.2).

A compressão é usada para gravações da banda sonora em filmes, em transmissores de rádio, em gravações de disco e de fita, e todos os casos para reduzir a gama dinâmica da música orquestral. Os desenvolvimentos modernos das téc-

nicas de gravação tornam-nos possível dispensar a compressão na maior parte do material a gravar, mas a gama dinâmica da orquestra ultrapassa-nos ainda.

Acontece no entanto que a compressão constitui ainda uma maneira de resolver o problema do ruído. Se comprimirmos a gama de um sinal e em seguida o gravarmos de tal modo que as notas mais altas atinjam apenas o nível de gravação máximo desejável, então as notas mais suaves devem ser gravadas a um nível consideravelmente superior ao nível de ruído da fita. Tornámos bastante menor a gama dinâmica da música, de tal modo que, assim como a música pop, pode ser gravada bastante acima do nível de ruído da fita. No caso da música orquestral, a compressão não é realizada para objectivos de redução de ruído, pelo que as gravações realizadas com compressão apresentarão ainda as notas mais suaves a um nível próximo do nível de «hiss» da fita. A solução consiste em inverter o processo quando se reproduz, dilatando a gama dinâmica. Num amplificador deste tipo, os sinais fortes são mais amplificados do que os fracos, e se pudermos tornar a quantidade de dilatação igual à quantidade de compressão que foi usada quando o sinal foi gravado, então torna-se possível recuperar a gama dinâmica original do sinal. Mais importante ainda, se comprimirmos mais do que o necessário para manter a gama dinâmica entre os limites do método de gravação, pode-se dilatá-la de novo na reprodução de tal modo que o «hiss» da fita seja reduzido para uma quantidade negligenciável e as notas musicais mais suaves se encontrem a um nível que seria ainda o do ruído se não fosse a dilatação em causa.

Infelizmente, se bem que a compressão tenha sido usada nas gravações desde há muitos anos, e os circuitos de dilatação da gama já possam ser encontrados em anúncios de revistas anteriores à guerra, os compressores e dilatadores adaptados entre si, os chamados «companders», são muito mais recentes. O problema que antigamente existia consistia em fazer concordar, num mesmo sistema, a compressão e a dilatação da gama, de tal modo que uma gravação realizada com compressão numa máquina pudesse ser reproduzida com dilatação da gama noutra máquina, sem perda de qualidade.

O sistema DBX

Recentemente foi apresentado um sistema designado por «dbx», com resultados bastante notórios. Este sistema utiliza um método de compressão e dilatação de gama que pode ser tornado compatível, de tal modo que as gravações realizadas numa máquina possam ser reproduzidas com êxito noutra. Num compressor dbx, um circuito estuda o sinal e produz uma tensão de controlo proporcional ao número médio de decibéis a que o sinal se encontra acima do nível de ruído da fita. Este método de determinação do número médio de decibéis não foi usado previamente (tecnicamente, era preferido o valor r.m.s. — root mean square — do sinal, e o sinal de controlo era proporcional ao logaritmo deste valor r. m. s.) e apresenta diversas vantagens. O sinal de controlo é forte nas passagens fortes, mais fraco nos sons fortes mas curtos, mais fraco ainda nas longas passagens suaves e muito fraco no caso de curtos sinais fracos. A tensão do controlo é usada para controlar o ganho de um amplificador, e a maneira como este ganho é controlado decide da realização de uma compressão ou de uma dilatação da gama. Se o controlo é concebido de tal modo que uma forte tensão de controlo reduza o ganho do amplificador e uma pequena tensão de controlo provoque o uso de um ganho máximo, verificar-se-á uma compressão. A quantidade de compressão será proporcional à força média de sinal em decibéis, comparada com o nível dos ruídos.

Na reprodução, são usados circuitos idênticos para obter a tensão de controlo. Desta vez, no entanto, o controlo funciona de maneira inversa, de tal modo que uma pequena tensão de controlo provoca um pequeno ganho e uma grande tensão de controlo provoca um ganho grande. Se a quantidade de dilatação da gama for igual à quantidade de compressão, a gama original do sinal gravado será logicamente recuperada. Se as quantidades de compressão e dilatação forem bastante grandes, o ruído da fita será perdido no processo de dilatação. Um outro refinamento consiste em tornar variáveis as quantidades de compressão e de expansão, de modo a que possam ser usadas maiores compressões e expansões. Isto pode ajudar a compensar qualquer compressão que tenha sido usada no

som original, quando foi transmitido ou gravado em disco ou fita padrão. Utilizando este método, podemos reduzir o nível do ruído para o nível que tinha inicialmente quando foi gravado.

No momento em que este livro foi escrito, os circuitos dbx são ainda bastante caros e difíceis de encontrar, não tendo surgido ainda como parte de um gravador completo. As vantagens do sistema são, no entanto, tão grandes, que parece provável verificar-se uma popularização do uso dele no futuro, diminuindo logicamente os seus custos de produção. Em particular, o facto de este sistema restaurar a gama dinâmica e simultaneamente reduzir o ruído tende a torná-lo preferível para audição de música «séria».

Quando as gravações são realizadas e reproduzidas na mesma máquina, os circuitos compander mais simples podem dar resultados bastantes bons. No caso dos leitores com alguma experiência de montagens electrónicas, noto que foi descrito um circuito compander simples em dois números da revista *Hi-Fi News* (Outubro e Novembro de 1976).

O sistema Dolby

No momento em que este livro é escrito, todos os gravadores de fita de alta qualidade, quer sejam de bobina aberta ou de cassette, incorporam um sistema de redução de ruído Dolby. Os sistemas Dolby, inventados por Ray Dolby, têm sido utilizados em gravação profissional desde há bastantes anos; o sistema profissional é agora designado por Dolby A. O sistema de redução de ruído desenvolvido para utilização doméstica utiliza uma versão simplificada daquele, conhecida pelo nome de Dolby B; utiliza muito menos circuitos, se bem que os princípios de funcionamento nele aplicados sejam de facto os mesmos do sistema Dolby A.

A importância do sistema Dolby B consiste em que funciona segundo regras bem definidas, de tal modo que as gravações são perfeitamente compatíveis; as gravações realizadas com uma máquina podem ser reproduzidas de maneira satisfatória noutra. Além disso, as cassettes previamente gravadas são-no utilizando uma redução de ruído Dolby B, e podem ser reproduzidas em qualquer máquina,

se bem que um gravador equipado com estes circuitos permita evidentemente obter todos os benefícios do método em causa. O sistema Dolby tem igualmente sido usado para reduzir o ruído em cinema sonoro e em radiodifusões FM (se bem que em poucos países), com excelentes resultados.

Tal como todos os sistemas práticos de redução de ruído, o sistema Dolby B é um sistema «double-ended». Aquilo que o torna diferente do sistema dbx e de outros sistemas compander é que trabalha de uma maneira mais selectiva, dilatando partes do sinal antes da gravação e comprimindo-as novamente na reprodução; trabalha apenas sobre os sinais que mais provavelmente serão afectados pelo ruído, escolhendo estes sinais em qualquer mistura de sons que esteja presente na música.

Antes da gravação, o sinal é dividido em duas partes separadas (figura 7.3). Uma parte deste sinal é alimentada a um filtro variável, um circuito que deixa passar as maiores frequências audio na gama dos 2 a 10 kHz. Este filtro é controlado por uma tensão obtida a partir de uma medição da força do sinal, realizada depois de o filtro ter efectuado o seu trabalho, de tal modo que só são medidas as maiores frequências. A acção do controlo é tal que uma menor tensão de controlo leva o filtro a deixar passar sinais de mais de 2 kHz. Todos estes sinais serão sinais fracos; se assim não fosse, a tensão de controlo seria maior. Dado que estes sinais serão provavelmente afectados pelo ruído, é necessário separá-los. Se o sinal contém sinais fortes na gama, por exemplo, dos 2 a 4 kHz, então a tensão de controlo que é produzida será maior. A acção desta maior tensão de controlo consiste em levar o filtro a entrar em acção a uma maior frequência, deixando passar com maior facilidade as frequências acima de 4 kHz, de tal modo que uma vez mais as frequências que passam pelo filtro continuam a ser os sinais de alta frequência mais fracos que necessitam de ser tratados. Através deste engenhoso sistema, o filtro escolhe sinais que são os mais fracos dos sinais de alta frequência presentes na mistura de sinais que constitui a música.

Os sinais filtrados são então amplificados e limitados para uma amplitude constante, de tal modo que só os sinais mais fracos se encontram a um nível inferior ao limitado

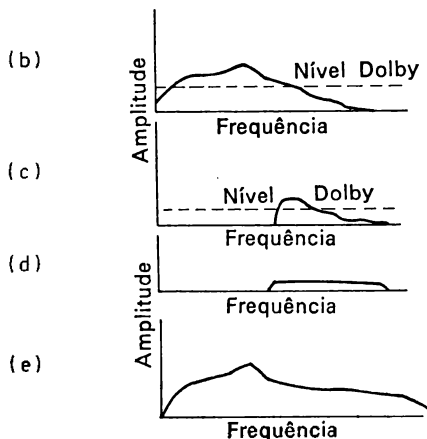
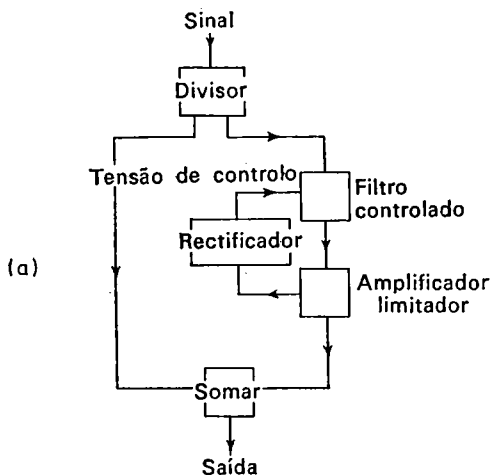


Fig. 7.3. — Esboço do processo Dolby B usado na gravação.
(a) Diagrama de blocos destes circuitos. **(b)** Espectro de um sinal. **(c)** O espectro do sinal que passa pelo filtro. **(d)** o sinal filtrado é amplificado e limitado. **(e)** O sinal filtrado é limitado e somado ao sinal original, acentuando a amplitude apenas das notas de alta frequência.

(figura 7.3 d). Deve-se ter algum cuidado aqui, no sentido de evitar a distorção destes sinais pela acção limitadora, e um circuito Dolby bem concebido deve ser bastante bom neste aspecto. Somamos agora os sinais limitados que passaram o filtro ao outro sinal separado no início do processo e que não foi filtrado ou tratado de qualquer modo. Esta soma tem como efeito a acentuação das amplitudes de todos os sinais que passaram através do filtro. Os sinais de baixa frequência não foram acentuados, nem o são os sinais de maior frequência cuja amplitude é superior à que o filtro pode aceitar.

Este método de pré-accentuação selectiva permite ultrapassar o problema da saturação da fita que afecta os sistemas simples de pré-accentuação e desaccentuação. Devido à acção limitadora, a quantidade de accentuação pode ser controlada, e os sinais fracos são mais acentuados do que os fortes. Se a amplitude dos sinais é mais forte do que uma dada quantidade, designada por nível Dolby (medido em termos de fluxo da fita), não se verifica qualquer accentuação, não se verificando portanto o perigo de saturação da fita pelos sinais de alta amplitude e alta frequência. Note-se no entanto que, ao contrário dos sistemas compander, o sistema Dolby *dilata* parte dos sinais antes da gravação.

O sinal é agora gravado da maneira habitual na fita. Quando se reproduz esta fita, o ruído será somado ao sinal, e os circuitos Dolby serão igualmente usados na unidade de reprodução a fim de reduzir este ruído, ao mesmo tempo que reduzem os sinais acentuados para o seu nível normal. Isto é feito utilizando os mesmos circuitos com apenas uma excepção: os sinais são subtraídos, em vez de serem somados. Tal como antes, o sinal é dividido, indo uma parte para o filtro variável. Também neste caso o filtro selecciona os sinais de baixa amplitude e alta frequência, sendo estes novamente amplificados e limitados para uma amplitude constante. Os sinais filtrados e limitados são agora subtraídos do sinal principal, invertendo-se assim o processo que se realiza antes da gravação, e reduzindo as amplitudes dos sinais a estas frequências para os níveis que tinham antes de terem passado pelos circuitos Dolby no processo de gravação (ver a figura 7.4). Dado que o ruído da fita é principalmente um sinal de baixa amplitude e alta frequência, será passado através do

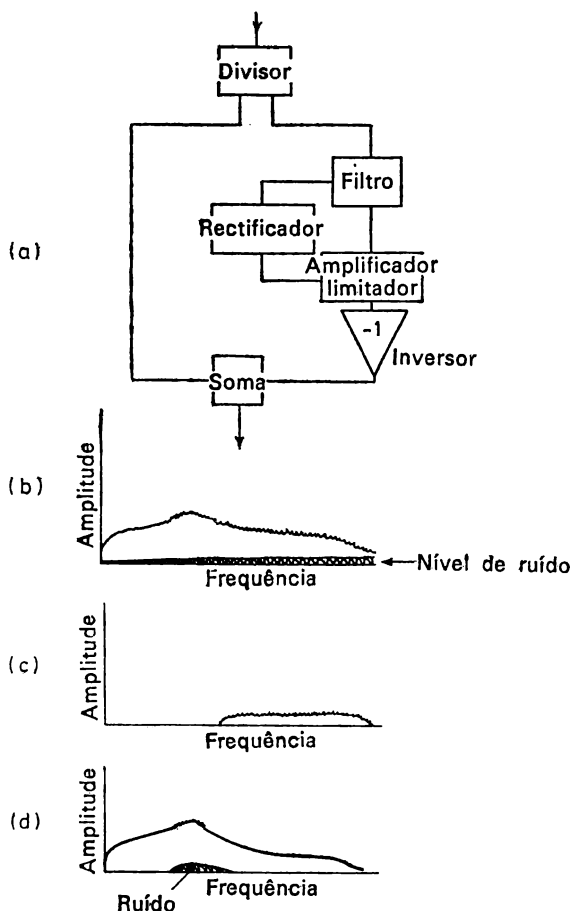


Fig. 7.4. — Esboço de uma reprodução utilizando o sistema Dolby B. O sinal tem agora um maior ruído, particularmente nas maiores frequências. Utiliza-se o mesmo circuito da figura 7.3 a, excepto no que se refere ao inversor de sinal utilizado antes da soma. A combinação da inversão e da soma conduz à subtração, de tal modo que o sinal filtrado, limitado e amplificado é subtraído do sinal completo. Como o ruído do sinal está a ser subtraído, o nível do ruído é bastante reduzido, mas a subtração das frequências agudas só inverte o processo realizado durante a gravação.

filtro, e depois subtraído do mesmo ruído existente no sinal principal. Este processo de abstracção remove uma boa parte do ruído, o sinal desejado não é praticamente afectado, e a gama dinâmica é a mesma que existia no sinal gravado. Uma vantagem notável deste tipo de tratamento do sinal é que apenas são tratados os sinais de fraca amplitude e alta frequência, e qualquer distorção nestes sinais será menos notória. Os sinais de baixa frequência e os de grande amplitude são passados por montagens que curto-circuitam o circuito Dolby, passando apenas através dos andares somador ou subtractor.

Uso do sistema Dolby

Os circuitos que integram o sistema Dolby não são fabricados pela Dolby Corporation; a utilização dos circuitos em causa é realizada sob licença pelos vários fabricantes interessados. Dado que os princípios utilizados no funcionamento dos sistemas Dolby se encontram convenientemente protegidos por patentes apropriadas, verificaram-se até hoje poucas tentativas de copiar o sistema em causa, mas o uso de tratamento Dolby em gravadores de cassettes tem tido, por outro lado, um êxito completo.

Isto não se deve principalmente a deficiências do sistema propriamente dito, dado que existem alguns modelos excelentes, mas sim às tentativas realizadas pelos fabricantes no sentido de cortar custos simplificando os sistemas. Um conjunto de ensaios já realizados revelou que num certo número de gravadores a utilização dos circuitos Dolby provocava uma melhoria muito fraca das razões sinal/ruído, alguns outros onde os circuitos Dolby aumentavam a distorção, e até um exemplo de um gravador sem quaisquer circuitos de redução de ruído que apresentava uma melhor razão sinal/ruído do que alguns modelos possuindo circuitos Dolby.

O deficiente comportamento de alguns destes gravadores devia-se em todos os casos a má concepção; em muitos deles dir-se-ia que o sistema tinha sido acrescentado no final da concepção do modelo para colmatar alguma deficiência ou

por razões de ordem comercial. Uma deficiência bastante comum consiste em montar os circuitos Dolby numa zona muito avançada dos circuitos de gravação, depois de já ter sido efectuada a maior parte da amplificação da tensão. Os circuitos Dolby necessitam de uma entrada de sinal fraca, e é uma prática muito comum (e bastante má) amplificar o sinal praticamente até ao nível de 1 V, e em seguida atenuá-lo novamente antes de o aplicar aos circuitos Dolby. Dado que se realiza este mesmo processo na fase da reprodução, e tendo ainda em conta que cada amplificação acrescenta alguma quantidade de ruído ao sinal, acaba-se muitas vezes por obter um excesso de ruído no sinal tão grande como a quantidade de ruído que os circuitos Dolby permitiriam remover.

Note-se porém que os gravadores de alta fidelidade, quer se trate de máquinas de fita em cassettes ou em bobina aberta, podem beneficiar bastante da utilização de um sistema Dolby convenientemente concebido, pelo que é de esperar que as gerações futuras de gravadores menos caros beneficiem igualmente da experiência realizada actualmente com a introdução deste sistema.

USO DO GRAVADOR DE FITA

O gravador de fita, em cassettes ou em bobinas abertas, é o único constituinte de uma cadeia de alta fidelidade que obriga a alguma habilidade e a uma certa experiência de utilização. Assim, este capítulo será completamente dedicado às técnicas de utilização do gravador. Partimos do princípio de que o leitor está familiarizado com os controlos do gravador que está a utilizar, leu o manual de utilização, pelo que o funcionamento do condutor, os controlos de gravação e reprodução, os controlos de rebobinagem e quaisquer outros são já seus conhecidos.

Direitos

Antes de tratarmos da gravação, o tema dos direitos de reprodução deve ainda ser mencionado. Qualquer reprodução num lugar público necessita de uma licença apropriada; e praticamente todo o material, palavras ou música, que não resulte do trabalho do utilizador do equipamento encontra-se coberto por direitos especiais. Em certos países, é até proibido gravar material coberto por «copyrights». Os regulamentos em causa variam no entanto bastante de país para país.

Escolha do microfone

Como notámos no capítulo 2, existem muitos microfones diferentes recorrendo a diversos princípios de funcionamento e apresentando diferentes diagramas polares, desde o omnidireccional até ao praticamente unidireccional.

O utilizador profissional dos gravadores de fita usará indubitavelmente diversos microfones juntamente com um misturador apropriado (ver o capítulo 9), mas o amador encontra-se perante uma escolha mais difícil. Para trabalho especializado poderá haver apenas uma escolha possível, mas para a maior parte das utilizações a escolha do microfone será ditada pelo seu custo, consistindo o problema em comparar o microfone mais apropriado dentro dos limites de preço que nos convêm. No caso da maioria dos amadores, portanto, um microfone de fita metálica será posto de parte devido ao seu alto custo e à sua fragilidade.

A escolha do tipo de transdutor é normalmente mais simples do que a escolha final do modelo a adquirir, dado que o microfone que deve ser escolhido deve estar adaptado ao gravador de fita com o qual será usado. Alguns gravadores mais antigos (e de baixo preço) utilizam microfones de cristal, e aliás este tipo de microfone pareceria a escolha lógica no caso de ser desejado um novo microfone. Os microfones podem apresentar no entanto problemas devidos a uma impedância demasiado alta. Qualquer microfone deverá ser ligado ao gravador de fita por um cabo protegido, e a combinação de um microfone de cristal e do cabo em causa actua como um filtro eléctrico que apenas deixa passar a gama audio inferior. Em termos eléctricos, o cabo tem uma capacitância em paralelo e o microfone tem uma alta impedância em série, o que transforma o conjunto num filtro passa-baixo.

No caso de um cabo pouco comprido, como o que é fornecido com um microfone de cristal vendido juntamente com um gravador de fita, o efeito desta filtragem passa-baixo no sinal audio não será muito notório, mas a utilização mais ambiciosa de um microfone de cristal que obrigue ao uso de cabos compridos será decepcionante, dado que o som reproduzido será abafado e terá falta de agudos. Outro problema muito vulgar em todos os microfones de alta impe-

dância é que todas as junções, microfones ao cabo, ao gravador ou cabo a cabo, devem ser electricamente perfeitas se se pretende evitar o aparecimento de «hum». Para a maior parte das utilizações, portanto, e excepto para as gravações muito simples, o uso de um microfone de cristal não é recomendado.

Os microfones de condensador, particularmente o tipo moderno «electret», podem fornecer uma qualidade bastante superior à que é possível com os microfones de cristal, mas apresentam ainda os mesmos problemas no que se refere à sua alta impedância. Diversos tipos modernos «electret» superam esta dificuldade utilizando uma unidade de adaptação, um circuito electrónico (utilizando um MOSFET) que adapta a alta impedância do microfone a uma entrada de gravador de impedância média de 10 a 50 kohms. Esta unidade de adaptação torna o custo de um microfone deste tipo bastante alto relativamente a um microfone normal, mas torna mais fácil o uso de cabos compridos. Dado que a unidade de adaptação utiliza um tipo de transistor que necessita de uma alimentação de energia, deve ser incorporada uma pilha no microfone ou existir a possibilidade de obter uma alimentação a baixa tensão a partir do próprio gravador. O tipo mais antigo do microfone de condensador, como o aplicado nos primeiros tipos de gravadores alemães da Grundig, necessita de uma alimentação de cerca de 300 V a partir do gravador, e já não é usado actualmente. Dado que o tipo «electret» adaptado depende, na sua ligação ao gravador, de uma alimentação de pilhas à unidade de adaptação, deve-se ter sempre à disposição uma pilha a mais quando se está a realizar uma gravação. A duração da pilha não é grande, o que reforça esta necessidade de dispor de uma pilha a mais.

Os microfones de bobina móvel são os mais vulgares e mais usados em gravação de fita. A sua impedância, com ou sem um transformador de adaptação, é apropriado a todas as entradas normais de gravação, e o único problema que se pode verificar é o da sensibilidade. Quando se escolhem impedâncias relativamente baixas (1 kohm ou menos), podem ser usados cabos muito compridos sem quaisquer efeitos desagradáveis na resposta dos agudos; diversos

fabricos oferecem uma escolha de valores de impedância (seleccionados por comutação) no mesmo microfone. Os microfones de bobina móvel podem ser obtidos com uma resposta omnidireccional, cardióide ou unidireccional.

Utilização do microfone

O principiante em gravação de fita não deve tentar ser muito ambicioso inicialmente, devendo usar apenas o microfone fornecido com o gravador ou existente como extra. Recordando o que já dissemos anteriormente, os microfones de maior qualidade têm muitas vezes níveis de saída muito baixos, pelo que só os gravadores mais sensíveis podem utilizar completamente os sinais. A tentativa de utilizar um microfone de qualidade bastante alta com um gravador relativamente barato pode conduzir a uma decepção — conseguir-se-ão melhores resultados com um microfone de baixa qualidade cuja saída pilote convenientemente os circuitos do gravador.

Utilizando os microfones fornecidos com o gravador torna-se possível superar um certo número de problemas que de outro modo complicarão a vida ao principiante, como seja a adequação do valor de saída, como se disse anteriormente, e bem assim os problemas de fasagem e dos terminais. A fasagem não é um problema que exista na gravação com um único microfone, mas o número de utilizadores de um único microfone diminui rapidamente. Os problemas de fasagem podem-se verificar sempre que é usado mais do que um microfone, para gravação estereofónica ou para gravadores monofónicos utilizando diversas entradas de microfone misturadas. O problema centra-se no efeito da onda sonora do microfone.

Suponha-se que temos uma onda sonora atingindo dois microfones e que o seu efeito consiste em empurrar os dois diafragmas para dentro. Se os microfones se encontrarem na fase correcta, as suas saídas eléctricas serão idênticas, uma carga de tensão na mesma direcção (figura 8.1 a). A fasagem incorrecta provocaria o aparecimento de tensões, neste

caso opostas uma à outra (figura 8.1 b), e os microfones ligados deste modo podem provocar efeitos de gravação bastante desagradáveis, como sejam pontos mortos. No nosso exemplo, partindo do princípio de que os sinais são iguais, a fasagem incorrecta conduziria ao aparecimento de sinais nos dois microfones que se anulariam entre si, de tal modo que uma fonte sonora que se encontrasse exactamente a

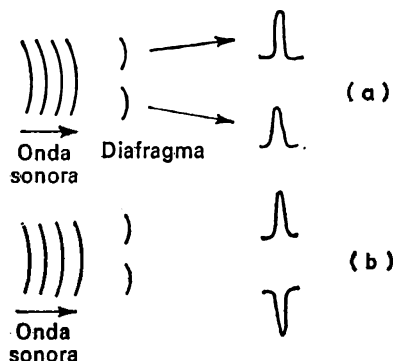


Fig. 8.1. — Fasagem do microfone. Quando se utilizam dois microfones, a sua fasagem deve ser correcta. (a) Fasagem correcta: um impulso de som em cada microfone produz impulsos eléctricos na mesma direcção. (b) Fasagem incorrecta: os impulsos eléctricos têm direcções opostas.

meio caminho entre os microfones não seria ouvida na gravação! O efeito raramente é tão mau, mas os microfones desfasados devem de qualquer modo ser evitados.

A ligação desfasada dos microfones é bastante improvável quando estes são fornecidos juntamente com o gravador e utilizam as mesmas fichas de ligação, dado que uma das causas da desfasagem consiste na inversão das ligações internas em algum ponto. Se, no entanto, tiverem sido ligadas fichas novas ou se for utilizada uma unidade misturadora construída em casa, há a possibilidade de inverter a fase de um dos microfones.

As fichas, os cabos e os ligadores têm normalmente grande importância na utilização dos microfones. Como já

notámos anteriormente, os microfones têm um sinal de saída bastante fraco, mesmo quando se utilizam transformadores de adaptação, e este pequeno sinal é bastante amplificado nos circuitos de gravação do gravador de fita. Qualquer má ligação provocará o aparecimento de ruídos que serão gravados, e os cortes da protecção do cabo (na cobertura metálica flexível) permitirão a recolha de «hum»; por outro lado, a grande quantidade de amplificação que é utilizada nas fases de gravação provocará a forte amplificação do ruído juntamente com a do sinal.

Os microfones constituem instrumentos bastante delicados. Devem ser manuseados com cuidado e guardados numa caixa quando não estão a ser usados, de tal modo que não recolham pó. Alguns microfones têm fios ligados, mas é mais vulgar que o microfone seja ligado ao cabo através de uma ficha e uma tomada apropriadas, de modo que o microfone e os cabos podem ser guardados separadamente. Os cabos devem ser guardados com tanto cuidado como o próprio microfone, evitando dobras apertadas e vincos, e quando são usados devem ser colocados de tal modo que não prendam em móveis, sejam esmagados sob os pés, etc. Quando se utilizam dois microfones para gravação estereofónica, ambos os cabos e os microfones devem ser marcados «direito» e «esquerdo», de modo que os cabos sejam ligados ao canal correcto em cada extremidade.

A colocação dos microfones

Este assunto poderia ocupar vários volumes com sugestões apropriadas à resolução dos vários problemas que podem surgir, e portanto isto não pode ser completamente feito aqui. Depois de o leitor adquirir alguma experiência no uso de microfones, pode obter informações bastante úteis através da leitura de outras obras sobre o assunto.

O primeiro passo consiste em determinar a sensibilidade dos microfones utilizados com o gravador. Colocam-se os microfones sobre um suporte e fala-se normalmente a uma distância de 0,5 m. Regula-se em seguida o gravador de tal modo que o volume de gravação seja normal, iniciando-se

a gravação. Utilizando o mesmo volume, continue a gravar enquanto se afasta do microfone andando para trás, realizando pausas de por exemplo meio minuto, durante aproximadamente cinco minutos. Reproduza em seguida a gravação. O aspecto mais notório será que a sua voz parece ser bastante mais aguda do que você esperava. Isto deve-se ao facto de parte do som produzido por si ser transmitido directamente através dos ossos da sua cabeça para o ouvido interior, e este trajecto favorecer os sons mais graves, tornando a sua voz de facto mais grave do que parece aos ouvidos de um estranho.

O outro ponto óbvio é que o aumento da distância entre si e o microfone provoca uma grande alteração no volume de som gravado. À medida que se afasta do microfone, o volume do som no microfone torna-se bastante inferior, e o efeito é desproporcionado. Por exemplo, a passagem de 0,5 m para 1 metro de distância não diminui para metade a quantidade de som, mas sim para cerca de um quarto do seu volume original.

Durante as pausas da gravação, você poderá verificar a sensibilidade do seu microfone. Procure ouvir o ruído do tráfego na rua ou de um avião que passa, campainhas, relógios, ruídos de sistemas de aquecimento ou de ventiladores, e quaisquer outros ruídos «de fundo». Quando se aponta um microfone direccionado bastante sensível para alguma fonte de ruído de fundo, e o som que se pretende gravar se encontra a alguma distância do microfone, estes ruídos de fundo serão bastante mais perturbantes. Estar perto do microfone nem sempre ajuda, porque pode nesse caso escutar também o ruído da fricção das suas roupas, a sua própria respiração, inclusivamente o ruído do seu relógio de pulso no caso de o microfone ser seguro à mão.

A partir desta experiência você compreenderá que a colocação do microfone constitui uma espécie de arte, necessitando de habilidade e de experiência, e uma espécie de ciência, obrigando a compreender os seus princípios de funcionamento. No que se refere ao amador, as tarefas mais difíceis dizem respeito às gravações monofónicas utilizando um ou mais microfones; a gravação estereofónica é, curiosamente, muito mais fácil de realizar. Por exemplo, se se utiliza

um único microfone para gravar uma entrevista colocando-o sobre uma mesa, uma posição central poderá dar resultados bastante maus devido aos efeitos do som reflectido. Um par de microfones estereofónicos, no entanto, dará bons resultados nesse caso. As gravações obtidas com um único microfone monofónico são consideravelmente melhoradas no caso de o microfone não ser colocado centralmente ou se a mesa estiver bastante amortecida de modo a reduzir as reflexões do som.

A colocação correcta dos microfones obriga a ter já alguma experiência. Quando a fonte sonora não se encontra em movimento (caso de uma orquestra), pode-se encontrar normalmente uma boa posição para o microfone ou para um par de microfones estereofónicos, de preferência suspensos do tecto, dado que este método reduz a vibração que de outro modo atingiria o microfone através do solo. Idealmente, o microfone deveria estar a uma distância igual de todos os instrumentos, ou mais perto das secções menos fortes da orquestra. Quando um solista grava juntamente com uma orquestra, a posição do microfone deverá ser escolhida de tal modo que o som do solista não se misture com o do resto da orquestra. Isto acontece mais provavelmente quando o instrumento solista é um piano do que quando é uma flauta.

Para exhibições em palco, espectáculos musicais e ópera, a localização dos microfones para gravação monofónica é bastante mais difícil, dado que o movimento no palco provocará variações contínuas do nível do sinal. Falando em geral, a variação do sinal quando o cantor se afasta para o dobro da distância a que anteriormente se encontrava do microfone será para um quarto do valor anterior; a triplificação da distância provocará uma queda do nível do sinal para um nono do seu valor anterior. As variações do sinal são portanto bastante grandes em relação à distância de facto percorrida (são concretamente proporcionais ao quadrado da distância). Pode-se colocar um único microfone ou um par deles a uma certa distância, mas isto conduz a um ruído excessivo, devido à audiência e ao trabalho dos amplificadores a um ganho máximo. As gravações estereofónicas usando dois microfones separados são menos difíceis

(ver figura 8.2), dado que uma redução do volume num dos microfones será contrabalançada por um aumento do

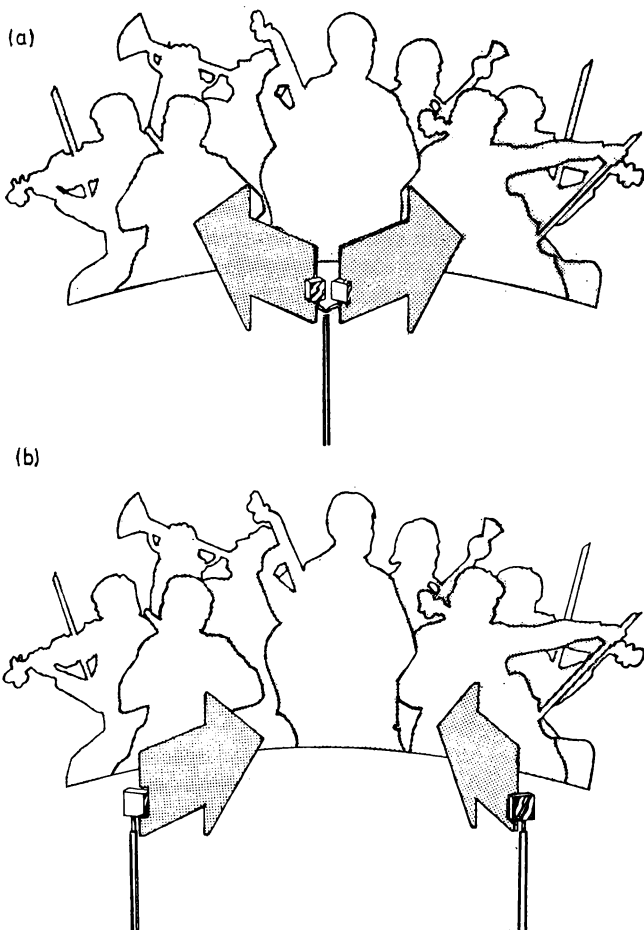


Fig. 8.2. — Arranjos de microfones estereofónicos. O arranjo original de dois microfones direccionais próximos um do outro mas apontando em direcções diferentes, como em (a), é ainda popular. (b) Uma versão simplificada de um método moderno no qual se utilizam diversos microfones direccionais, e os sons produzidos por cada um deles são misturados de modo a produzir sinais estereofónicos aceitáveis.

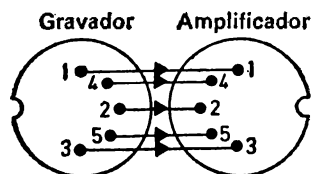
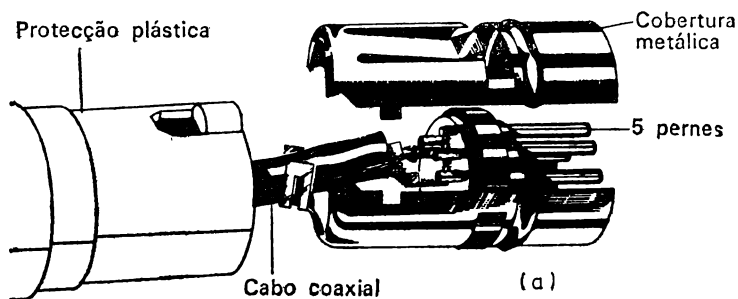
volume no outro microfone, sendo ainda retido o sentido do movimento na própria gravação. As gravações monofónicas de espectáculos em palco são as mais difíceis de tratar. Se se está a gravar uma peça de teatro, então a melhor resposta ao problema consistirá em utilizar uma máquina equipada com controlo automático de nível, e o microfone pode ser colocado centralmente à frente do palco, de preferência suspenso no ar. Para espectáculos musicais ou ópera, o controlo automático de nível de gravação arruína a dinâmica do espectáculo, devendo portanto ser usados pelo menos dois microfones, juntamente com um misturador de sinal. Para mais detalhes sobre o uso de microfones, o leitor deverá procurar outras obras dedicadas exclusivamente a este tema.

A rádio e o disco

A gravação a partir de receptores de rádio ou de disco não envolve grandes cuidados na regulação do aparelho, mantendo-se porém ainda o problema dos «copyrights». Partindo do princípio de que o leitor obteve a licença, quando necessária, o problema principal tem a ver com as ligações a executar ao gravador de fita. É normal ligar a partir da tomada «tape-out» de rádio ou de um amplificador (por vezes até de um gira-discos com amplificação), nunca directamente a partir de um gira-discos sem amplificação, que consiste apenas num prato móvel e uma agulha. A razão disto é que é aplicada alguma acentuação também às gravações em disco, sendo necessário uma igualização nos circuitos de amplificação antes de o sinal do disco poder ser usado para gravação.

São normalmente usados dois tipos de ligadores para as ligações de gravação, a ficha e tomada DIN e um tipo de banana com ligação de terra. Os ligadores DIN correspondem a uma norma alemã e os outros são de origem americana, podendo ambos os tipos ser encontrados no equipamento japonês. Os ligadores DIN consistem em fichas e tomadas com diversos pernes de contacto, sendo mais vulgar um número de 3 ou 5 pernes, mas existindo também modelos de

4, 6 ou 7 pernes. Os pernes em causa são bastante pequenos, e a ligação de uma ficha ou uma tomada DIN não deve ser realizada por pessoas inexperientes. Quando existe num amplificador ou receptor estereofónico uma tomada DIN, o arranjo normal dos pernes consiste em atribuir aos pernes 1 e 4 a condução dos sinais esquerdo (L) e direito (R) respectivamente, entre o amplificador e o gravador, e aos pernes 3 e 5 a condução dos sinais L (esquerdo) e R (direito) respectivamente, entre o gravador e o amplificador para reprodução. Deste modo, tanto os sinais de gravação como de reprodução podem ser conduzidos através de uma só ficha e uma só tomada; e dado que a ficha só pode ser colocada na tomada de uma dada maneira, as ligações nunca podem ser feitas indevidamente. Alguns receptores de rádio podem possuir apenas tomadas para a saída de sinal, tal como pode acontecer em alguns gira-discos com amplificação de baixo preço, podendo então ser utilizada a ficha DIN de apenas três pernes. A figura 8.3 mostra o arranjo vulgar dos pernes.



(b)

Fig. 8.3. — Ficha DIN. (a) Vista de uma ficha DIN de cinco pernes, aberta. (b) Ligação normal das fichas DIN.

As fichas americanas (figura 8.4) são mais aborrecidas de ligar mas permitem uma utilização mais flexível e são mais seguras. Cada ficha e cada tomada servem para a ligação de um único canal, de tal modo que um amplificador estereofónico deverá ter duas tomadas para os sinais de saída para o gravador e outras duas tomadas para a entrada de sinais vindos do gravador para reprodução. Utilizando estas fichas americanas, torna-se muito mais fácil ligar outro equipamento, como por exemplo circuitos de redução de ruído, nos trajectos seguidos pelo sinal da fita, dado que todos os cabos das fichas americanas são intermutáveis. Além disso tornam-se possíveis certos efeitos especiais, como por exemplo o cruzamento dos canais L e R.

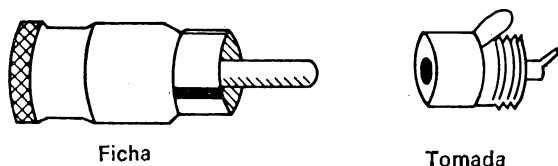


Fig. 8.4. — Ficha e tomada americanas. Estas fichas são muito mais fáceis de preparar, mas torna-se necessário utilizar uma ficha diferente para cada canal.

Surge um problema bastante vulgar quando uma saída de amplificador com fichas americanas deve ser ligada a uma entrada DIN de um gravador de fita. Podem-se comprar ligadores que permitem adaptar estes dois tipos de fichas e tomadas, mas estes ligadores por si sós não asseguram que o conjunto funcione correctamente. A razão disto é que a força do sinal de uma tomada americana é normalmente bastante maior do que a de uma tomada DIN (normalmente 0,7 V no caso da ficha americana, e variável mas menor, de cerca de 50 mV, na DIN).

Em muitos gravadores que possuem uma entrada DIN não existe qualquer controlo de volume entre a tomada de entrada e a primeira parte do amplificador de tensão. Isto

acontece porque os controlos de volume constituem componentes que produzem muito ruído eléctrico, e normalmente tende-se a colocar um controlo de volume nos pontos onde

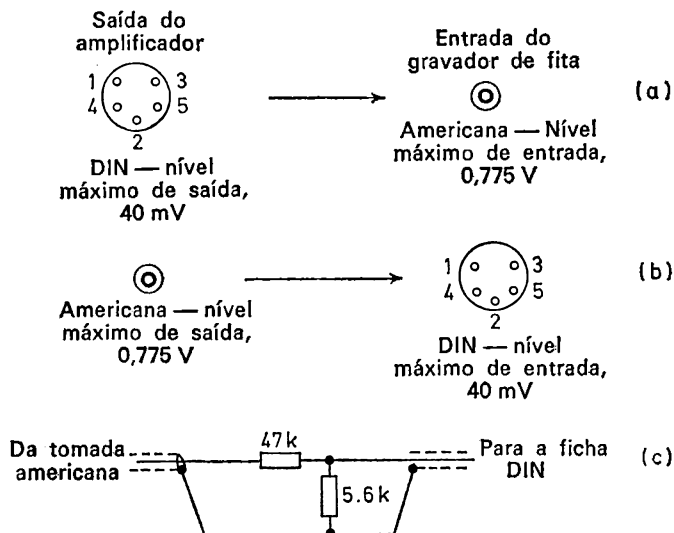


Fig. 8.5. — Adaptação da força dos sinais. (a) Um sinal de baixa amplitude da entrada DIN de um amplificador é conduzido a uma tomada americana de um gravador. É possível realizar uma gravação razoável, mas pode haver alguma dificuldade na obtenção de níveis altos de sinal em algumas combinações de amplificadores e de gravadores de fita. (b) Um sinal de alta amplitude da tomada americana de um amplificador é conduzido à entrada DIN de um gravador. A menos que a força do sinal de entrada possa ser controlada, será quase certo obter-se uma distorção. O controlo de volume não terá qualquer efeito nesta, dado que a distorção se verifica no primeiro andar do amplificador, antes do controlo de volume. (c) Um atenuador que pode ser usado para corrigir a situação de (b). As resistências podem ser do tipo de 1/8 de W de dissipação, que podem ser colocadas no interior de uma ficha americana

o sinal não é demasiado baixo, por exemplo, entre o primeiro e o segundo andares de um amplificador de tensão. O resultado da utilização deste tipo de circuito, no entanto, consiste

em que um sinal demasiado forte na entrada sobrecarregará o primeiro andar amplificador, provocando distorções.

O sinal de uma tomada americana é normalmente suficientemente forte nos picos para provocar esta sobrecarga, e isto pode ser bastante estranho para o utente se este não tiver noção da origem do problema, dado que a distorção é normalmente atribuída à saturação da fita. A acção sobre o controlo de volume não alterará essa situação, no entanto, dado que a distorção se verifica antes de o sinal atingir o controlo de volume. O único remédio, se não existir qualquer possibilidade de ajustamento através de um controlo na entrada do gravador, consiste em ligar resistências aos cabos entre as fichas americanas e a ficha DIN. Muitas lojas da especialidade podem vender ou fazer cabos deste tipo contendo já as resistências necessárias.

Transcrição para fita

Pode surgir um problema particular quando se transcreve uma gravação de um gravador para outro, por exemplo, de um gravador de fita em bobina aberta para outro de cassettes. Se se estiverem a usar fichas americanas, deve-se ligar apenas um cabo entre cada saída de sinal de um gravador para cada entrada de sinal no outro. Se se utilizam fichas DIN em cada gravador, no entanto, é necessário usar um cabo DIN especial.

O cabo normal DIN-DIN liga pernes correspondentes, e é concebido para ligar entre um amplificador e um gravador de fita. Para transcrição é no entanto necessário um cabo cujas ligações sejam feitas dos pernes 3 e 5 de uma das fichas DIN (os pernes de saída) para os pernes 1 e 4 da outra (os seus pernes de entrada, ou ao contrário, ver a figura 8.6). Estes cabos DIN de ligação inversa raramente existem nas lojas devendo ser adquiridos em empresas bastante especializadas. Devem estar claramente marcados de modo a poderem ser facilmente distinguidos dos cabos normais.

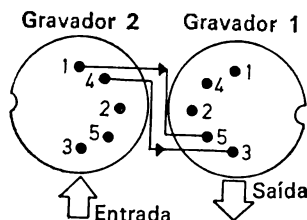


Fig. 8.6. — Ligação de fichas DIN a outras do mesmo tipo para transcrição da gravação de uma máquina para outra (ligação invertida).

Regulação dos níveis de gravação

Antes de podermos realizar quaisquer gravações com êxito, devemos saber a qualidade da calibração do vuímetro. Idealmente deveríamos usar a fita recomendada pelos fabricantes e calibrar os níveis de gravação de tal modo que os ponteiros dos vuímetros nunca subam acima da marca de 0 VU. Infelizmente, como já indicámos anteriormente, isto raramente é possível: poucos fabricantes de gravadores fornecem quaisquer recomendações claras sobre a fita, nenhum indica exactamente a fita usada, alguns fornecem amostras de fita de fabrico desconhecido, e muitos não mencionam qualquer fita preferida. Além disso, os vuímetros podem não se encontrar convenientemente calibrados, para não falar do que possa ser aquilo que os indicadores de facto lêem. De qualquer modo, teremos de descobrir as melhores condições de gravação por nós próprios.

Se, como é habitual, não é recomendada nenhuma fita, poderemos tentar comparar diversos tipos diferentes. Se isto parecer bastante aborrecido, uma maneira simples consiste em usar fita Maxell para os gravadores japoneses e BASF para todos os outros, mas deve ser possível em princípio obter bons resultados com outros fabricos de fita, incluindo por exemplo a Agfa, a Ampex, TDK, Scotch e algumas outras. As fitas de marcas desconhecidas devem ser evitadas (se bem que existam algumas fitas bastante boas vendidas sob designações deste tipo), particularmente quando vendi-

das a preços especiais. No que se refere às cassettes, a sua parte mecânica é tão importante como a fita nela contida; as cassettes baratas tornam-se bastante caras com o tempo, como muitos amadores descobriram quando tentaram tirar uma cassette «embrulhada» de dentro de um gravador.

Qualquer que seja o tipo de fita ou cassette finalmente escolhido, não deve ser feita qualquer tentativa no sentido de alterar as calibrações de polarização ou de quaisquer outros controlos previamente calibrados no interior do gravador; estes ajustamentos só podem ser realizados no caso de se possuírem instrumentos de medição adequados, e o ajustamento da polarização é uma tarefa que deve em qualquer caso ser executada apenas por um técnico experiente.

Imaginemos que temos um gravador novo, com as cabeças limpas, que temos alguma fita virgem e uma fonte de sinal como seja um amplificador ou outro gravador de fita (de preferência de alta qualidade). A tarefa principal consiste em verificar em que medida as marcas existentes no indicador de nível de gravação correspondem ao nível de pico que pode ser gravado na fita que pretendemos usar.

Os indicadores de nível de gravação podem ser marcados VU, com números indicando decibéis, ou podem simplesmente estar marcados com estes números, ou ainda com uma simples zona vermelha ou assinalada de qualquer modo e correspondendo à região de sinal excessivo. Quando está bem calibrado, a distorção máxima aceitável deve ser atingida na marca dos 0 dB ou na linha vermelha, usando um dado tipo de fita; mas se estamos a utilizar um outro tipo de fita e uma fonte de sinal diferente, não podemos esperar que os indicadores constituam mais do que um simples guia aproximado do nível correcto de gravação. A acção dos indicadores é tal que podemos obter leituras diferentes para os mesmos níveis de sinal de pico, conforme a duração do pico e a frequência da nota. Por exemplo, um batimento de tambor prolongado não dará necessariamente a mesma leitura no indicador do que um batimento curto, mesmo que as amplitudes de pico do sinal sejam as mesmas.

Escolha uma pequena peça musical para gravar, que contenha passagens calmas nas quais seja possível ouvir o ruído da fita, algumas passagens «médias» e algumas notas

fortes. Podem ser obtidos relatórios de ensaios, fitas e cassetes que são bastante úteis para este fim, e estas afirmam por vezes que a re-gravação para efeitos de ensaios é legalmente permitida. Carregue o gravador com a fita ou a cassette, e passe a fita até atingir o ponto onde se inicia a gravação. Carregue no contador de modo a ficar na posição 000, de modo a que saiba onde iniciou os ensaios. Verifique se o comutador de selecção de fita (no caso de existir) está colocado na posição correcta (férico, crómio ou ferrichrome), conforme a fita que está a usar, e desligue o sistema Dolby de redução do ruído. Carregue no controlo ou botão de gravação e, sem movimentar a fita, descubra a passagem mais forte da música e reproduza-a usando-a para calibrar o controlo de volume de tal modo que as notas mais altas levem os ponteiros dos vuímetros a indicar apenas um valor de -5 dB (ou, no caso de o vuímetro não conter indicações numéricas, um pouco antes da linha vermelha).

Em seguida, sem alterar a calibração dos controlos de volume, reproduza novamente a obra mas desta vez carregue nos botões de gravação (record) e de reprodução (play) de modo a que a fita se movimente e a obra seja efectivamente gravada. As leituras máximas indicadas pelo vuímetro não devem ultrapassar a linha de -5 dB anteriormente referida. Quando a gravação está terminada, pare, anote a leitura do contador, passe a fita até o contador indicar mais cinco unidades, e anote novamente este número.

Repita em seguida a gravação, mas desta vez calibre os controlos de volume do nível de gravação de tal modo que os ponteiros dos vuímetros tremam sobre a marca de 0 dB nas passagens mais fortes. Faça uma nova gravação com esta calibração, pare, faça uma nova leitura do contador, avance mais cinco unidades, anote novamente a indicação do contador. Realize ainda uma terceira gravação, desta vez calibrando os controlos de tal modo que os ponteiros atinjam a marca dos $+5$ dB (ou seja, um pouco acima da linha vermelha), não esquecendo que deve anotar as leituras do contador. Finalmente, realize uma nova gravação do mesmo modo, mas permitindo desta vez que os ponteiros atinjam o máximo nas passagens musicais mais fortes.

Reproduza em seguida as quatro gravações, de preferência através de um amplificador e de alto-falantes de boa qualidade. Calibre o controlo de volume de tal modo que a passagem mais «calma» só possa ser ouvida numa sala sossegada. Poderá ser necessário passar a obra gravada mais do que uma vez para realizar esta calibração, e a calibração em causa será evidentemente diferente para cada uma das gravações; a primeira gravação, realizada a — 5 dB, necessitará de um volume superior ao da última.

Ouçá cuidadosamente cada passagem, e tome nota dos factores importantes como seja o «hiss», a clareza e a distorção. Uma fita com uma gravação demasiado fraca pode parecer suave, mas apresentará um ruído bastante grande e pode até parecer abafada. Uma fita com a gravação demasiado forte apresentará distorções em cada passagem mais forte. O nível correcto do pico será um pouco antes da distorção notória e a um nível tão alto quanto se puder.

O objectivo de tudo isto consiste em determinar quanto movimento da agulha do vuímetro acima da linha de 0 dB ou de cor vermelha será permitido. Com algumas combinações de polarização e de fita, bastam breves movimentos acima da marca de 0 dB para provocar uma distorção nítida, e as gravações devem ser realizadas evitando a ultrapassagem deste nível. Muitas combinações de máquina e fita trazem menos problemas (o que significa que existe demasiada polarização para a fita usada) sendo possível utilizar uma calibração mais alta, e as agulhas podem ser levadas a tremer bastante acima da linha vermelha nos picos curtos, se bem que muitas vezes verifiquemos que as notas altas de longa duração (particularmente as notas altas de um soprano) não podem atingir o mesmo valor sem apresentarem uma distorção nítida.

Dado que o ruído da fita é tão aborrecido, aumentamos a qualidade da nossa gravação utilizando o nível mais alto de gravação que nos é possível, limitados apenas pela distorção que ocorre quando a fita está sobrecarregada; isto é verdade tanto no caso de se utilizar um sistema de redução de ruídos como não. Dado que o nível de distorção é determinado pela combinação de fita e de polarização, somos forçados a descobrir por nós próprios o que é possível fazer

com o gravador que estamos a usar, e na ausência de instrumentos adequados isto só pode ser conseguido realizando ensaios como os anteriormente descritos.

As máquinas que utilizam circuitos automáticos de prevenção de sobrecargas não podem ser verificadas deste modo, a menos que os circuitos em causa possam ser desligados. Estas máquinas podem ser verificadas gravando para o nível de sobrecarga com um certo número de fitas diferentes, e escolhendo a que der o melhor som, mas isto constitui um ensaio menos satisfatório. Estas máquinas podem ser bastante úteis quando se realizam gravações a partir de programas de rádio. É difícil imaginar quando surgirá um sinal de pico num programa radiofónico, particularmente quando a música não nos é familiar, e uma passagem forte inesperada pode provocar uma distorção considerável antes de se tornar possível reajustar os níveis dos controlos. Quando é gravada apenas uma passagem de um concerto, poderemos regular o nível de vibração adiantadamente, com outras peças musicais, sem realizar evidentemente qualquer gravação. A gravação a partir de discos é bastante mais fácil, dado que os controlos podem ser convenientemente calibrados antes da gravação.

Se o gravador possui um sistema Dolby de redução de ruído, o comutador Dolby será normalmente usado ligado. Nestas condições, não é tão importante gravar para o nível máximo possível, mas sim procurar obter os picos de sinal na região onde a experiência nos diz que se inicia normalmente a distorção. Poderemos verificar que em alguns tipos de gravadores a distorção ocorre a uma calibração um pouco inferior quando se está a usar o sistema Dolby, pelo que algumas gravações poderão ter de ser realizadas ao mesmo nível, com o Dolby alternadamente ligado e desligado.

Reprodução

Quando se usa um gravador portátil para reprodução, como é vulgar no caso das cassettes, a reprodução consiste em simplesmente carregar a máquina e accionar o controlo «play». Algumas máquinas portáteis, como seja a ITT 720,

reproduzirão em monofonia para o pequeno alto-falante interno, mas darão uma saída estereofónica de alta qualidade para um auscultador. Em geral, no entanto, as máquinas de melhor qualidade são os «decks» (sem amplificação própria), tendo apenas amplificadores de tensão e igualização e sem quaisquer amplificadores de potência, controlos de volume ou de tonalidade, ou ainda alto-falantes. Estes decks, quer sejam de fita em bobina aberta ou em cassettes, são concebidos para serem usados juntamente com um amplificador estereofónico para reprodução.

O deck de fita ou cassette e o amplificador devem ser convenientemente ligados. Não deve haver qualquer problema neste caso mesmo que seja necessário ligar uma tomada americana do gravador a uma tomada DIN do amplificador, dado que o sinal é normalmente levado directamente ao controlo de volume do amplificador sem quaisquer andares amplificadores pelo meio, e não produzirá provavelmente qualquer sobrecarga com os controlos na sua posição normal. A entrada de gira-discos num amplificador nunca deve ser usada para reprodução de uma gravação em fita; no entanto, se um amplificador não tiver tomadas auxiliares de fita/rádio (o que será improvável actualmente), poderá talvez ser possível acrescentar uma ao circuito; este trabalho deve no entanto ser deixado ao técnico experiente.

O amplificador e o deck de fita podem então ser ambos ligados e o selector de entradas do amplificador colocado na posição «tape» (fita), ou qualquer outra designação que esta entrada possua, por vezes, por exemplo, «aux» (auxiliar). Quando se carrega na tecla de reprodução, o controlo de volume do amplificador deve ser calibrado de modo a que o «hiss» da fita não seja notório, ligando-se então os circuitos Dolby se a gravação original foi realizada utilizando estes circuitos. Note que as fitas gravadas utilizando o Dolby podem ser reproduzidas numa máquina que não possua estes circuitos; o efeito obtido é o de uns agudos menos brilhantes e um nível de ruído curiosamente variável. As fitas gravadas sem Dolby não devem ser reproduzidas utilizando estes circuitos, dado que isto provocará uma perda de agudos.

Os «drop-outs»

Estes efeitos são bastante raros actualmente nas fitas de boa qualidade. O «drop-out» é uma perda curta do sinal, muitas vezes apenas num canal, e é normalmente causado por deficiências da fita, se bem que uma cabeça de gravação ou reprodução suja possa igualmente contribuir para o seu aparecimento, assim como almofadas de pressão em mau estado. Uma causa grave destes drop-outs consiste em tocar no lado revestido da fita, removendo numa película fina de partículas magnetizadas e deixando na fita uma mancha de gordura. As fitas em cassettes apresentam assim alguma vantagem pelo facto de serem protegidas; e as fitas em bobina aberta só devem ser manuseadas nas extremidades, sendo cada bobina convenientemente guardada numa caixa apropriada. A fita de má qualidade conterà um grande número de drop-outs.

Auscultadores

A audição em auscultadores é possível em praticamente todos os amplificadores e num certo número de decks. Quando é fornecida uma tomada de auscultador num amplificador, os alto-falantes podem ser desligados ou cortados pela acção de inserir na tomada a ficha dos auscultadores. O volume do sinal pode então ser controlado utilizando o controlo de volume do amplificador. Quando a tomada dos auscultadores se encontra no deck, o nível raramente é ajustável, devendo portanto ser utilizados auscultadores com controlos de volume incorporados. Em alguns gravadores portáteis o volume de som nos auscultadores é bastante baixo, mas pode ser aumentado realizando uma modificação bastante simples nos circuitos, facilmente executada por qualquer pessoa que possua algum conhecimento de electrónica.

Gravadores de três cabeças

Alguns gravadores de bobina aberta com três cabeças e pelo menos um gravador de cassettes compactas utilizam três cabeças; de limpeza, de gravação e de reprodução. Deste modo, cada cabeça pode ter a sua função específica, utilizando-se uma ranhura maior para a cabeça de gravação do que para a de reprodução, dado que isto influencia bastante o risco de saturar o material da cabeça. Estas máquinas possuem amplificadores independentes de gravação e de reprodução, de tal modo que os sinais gravados pela cabeça de gravação podem ser reproduzidos pelo cabo de reprodução uma fracção de segundo depois. O atraso de tempo é causado pela velocidade da fita, enquanto é movimentada da cabeça de gravação para a de reprodução. Isto permite-nos controlar a qualidade da gravação à medida que está a ser feita, ouvindo o que foi gravado imediatamente depois de o ser. Não é necessário dizer que isto nos permite verificar o ajustamento dos controlos muito mais depressa do que seria possível no caso de se usar uma cabeça combinada de gravação e reprodução. O uso de três cabeças obriga a uma construção muito compacta das cabeças quando o princípio em causa é estendido às cassettes; pode-se dizer que o uso de três cabeças numa máquina concebida para o uso de ELCassettes seria o mais adequado às normas de qualidade que ELCassettes parecem oferecer.

TÉCNICAS MAIS AVANÇADAS

Muitos utilizadores de gravadores de fita encontram-se perfeitamente satisfeitos com técnicas de gravação bastante lineares e com gravadores tecnicamente simples. O principiante cujo interesse tenha sido suficientemente grande para comprar este livro encontrar-se-á, no entanto, possivelmente interessado em trabalho um pouco mais criativo, no sentido de utilizar o gravador para levar um som a parecer mais vivo e interessante do que é possível numa gravação simples. Ninguém pensa que uma gravação de uma ópera possa ser melhorada incluindo alguns efeitos sonoros extra, mas muitas gravações descritivas podem no entanto ser bastante melhoradas. Uma entrevista com um piloto, por exemplo, ganhará com o acrescento de algum ruído de aviões, mas isto deve evidentemente ser cuidadosamente controlado. Não nos colocaremos à frente do avião para realizar a entrevista; as palavras serão recolhidas numa fita, os ruídos noutra e em seguida misturar-se-á ambas produzindo o resultado final. Este tipo de trabalho pode ser bastante agradável e os resultados muito mais satisfatórios.

Infelizmente, muitos dos truques da gravação «criativa» obrigam a utilizar um gravador bastante complexo com cabeças de gravação e reprodução separadas. Consideraremos primeiramente, portanto, o trabalho que pode ser realizado utilizando o gravador normal que muitos amadores possuem, antes de observar as possibilidades oferecidas por um gra-

vador de três cabeças. Note-se, a propósito, que a gravação criativa, como a definimos aqui, necessitará de uma máquina de fita em bobina aberta, dado que muitas das técnicas são simples de realizar quando se utiliza uma fita mais larga e velocidades variáveis de movimento da fita.

Montagem da fita

A montagem constitui evidentemente um processo de selecção, de corte e de junção de partes diferentes. Já todos observámos filmes em que se produz uma grande variedade de efeitos cortando e juntando porções diferentes de película — um exemplo clássico será uma sequência mostrando dúzias de pessoas saindo de um carro uma a uma. A sequência em causa é realizada filmando pessoas entrando e saindo alternadamente do carro, e cortando em seguida a película de tal modo que se mostrem apenas as pessoas a sair do carro. Estes bocados de película são então juntos, completando o processo de montagem.

Existem muito poucas fitas (e nenhum filme) que não possam ser melhoradas pela montagem. Uma entrevista em directo, por exemplo, raramente é inteiramente satisfatória. O entrevistado pode fazer pausas, acender um cachimbo, tossir, pedir a repetição de uma pergunta, etc., fazendo uma série de «ruídos» sem interesse para a entrevista. Todas estas porções indesejadas de fita podem ser removidas no processo de montagem, tornando a entrevista mais agradável e contínua. Quando tanto o entrevistador como o entrevistado são novos na matéria, a montagem será aliás perfeitamente essencial...

Podemos evidentemente fazer exactamente o contrário e levar cada pessoa entrevistada a parecer hesitante, nervosa, ou meio «desaparafusada» acrescentando pausas, ruídos, repetições ou outros efeitos. A responsabilidade de um montador consiste em evitar o uso das suas habilidades para objectivos artificiais indesejáveis, a menos que se procure um efeito e os participantes concordem com esse objectivo.

O corte de material indesejado constitui uma parte importante da montagem, mas esta tem ainda outros efeitos

oriativos. A adição de efeitos sonoros é uma utilidade importante da montagem. Por exemplo, se um «sketch» teatral curto necessita de um sino de igreja, tornar-se-ia desagradável ter de fazer a entrevista perto da igreja cinco minutos antes de o sino bater... Gravar-se-ia o sketch, sem os sons do sino, numa fita, utilizando em seguida o gravador portátil para gravar os sinos noutra fita. Em seguida pode-se cortar o pedaço de fita que contém os sinos montá-lo no local apropriado do sketch, interrompendo a primeira fita de modo a inserir a segunda. Basta pensar um pouco para compreender que pequenos efeitos deste tipo darão uma grande ajuda para a melhoria da qualidade do sketch.

A montagem na prática

O acto de montagem requer a identificação do pedaço apropriado de fita, o corte desta e a junção das diferentes partes. Usando fita em bobina aberta de 6,5 mm de largura, a montagem não é difícil, mas devemos notar que a montagem pode ser efectuada no som de apenas uma das pistas. Se se utiliza uma fita de duas pistas, o corte de uma porção para montagem removerá ambas as pistas, de tal modo que surgirá um intervalo igualmente na segunda pista. As fitas em cassettes são muito mais difíceis devido à menor largura da fita e a necessidade de puxar a fita para fora da cassette para trabalhar nela.

A identificação da parte correcta da fita obriga a utilizar um gravador que possua um controlo de *pausa* que possa parar a fita instantaneamente. Quase todos os gravadores de fita em bobina aberta que os amadores deveriam possuir contêm esse controlo. Reproduce-se primeiramente a fita, anotando a leitura do contador na posição conveniente, quando a secção a cortar se aproxima da cabeça. Rebobina-se em seguida utilizando como guia o contador. Reproduce-se novamente a fita, e utiliza-se o controlo de pausa para libertar a fita pouco a pouco, até se atingir o ponto mais apropriado para cortar. Com alguma prática este ponto pode ser localizado com bastante rigor. Levantam-se as coberturas das cabeças, marca-se o ponto da fita que se encontra encostado à

cabeça usando uma caneta de feltro com uma cobertura em plástico (dado que não se pode aproximar material magnético da cabeça). Pode-se então remover a fita para a cortar.

É possível cortar a fita com uma tesoura, mas isto é indesejável. Por um lado, muitas tesouras encontram-se magnetizadas, provocando logicamente o apagamento do material gravado na fita ou introduzindo ruídos. Um outro aspecto é que se torna muito difícil cortar dois pedaços diferentes de fita com um ângulo exactamente igual de modo a poderem ser juntos exactamente. Um método muito melhor consiste em utilizar um conjunto apropriado de montagem, que pode ser adquirido nas lojas da especialidade. Depois de a fita estar cortada, o problema seguinte consiste em juntar novamente os dois pedaços de fita. A colagem pode ser realizada com qualquer fita adesiva, mas a usada em escritório não é apropriada dado que o adesivo tende a espalhar-se provocando a colagem de vários pedaços de fita quando esta está enrolada na bobina. Além disso, as fitas adesivas de escritório são demasiado espessas para uso em montagem, pelo que se obtêm os melhores resultados permanentes utilizando fita adesiva concebida especificamente para a montagem. Esta fita utiliza o mesmo suporte plástico das fitas magnéticas e um adesivo que não se espalha, pelo que as juntas montadas passam suavemente sobre a cabeça do gravador e a fita não colará dentro das bobinas.

O corte e a colagem das pontas podem ser executados utilizando os conjuntos de montagem já referidos, existentes para a fita em bobinas e para as cassettes, mas a operação torna-se mais difícil quando se usam cassettes (excepto no caso da ELCassette).

Mistura de sons

A montagem da fita permite-nos colocar um efeito sonoro num outro pedaço de fita, mas apenas substituindo completamente uma parte da fita onde se encontra gravado o programa, pelo que o som da fita é interrompido pela inserção de um outro pedaço de fita.

Um misturador é um acessório electrónico com várias entradas, cada uma com um comutador e um controlo de volume, e uma entrada; o sinal de saída pode conter sinais de uma ou de todas as entradas em proporções variáveis (figura 9.1). Muitos tipos de misturadores são concebidos para utilização com microfones, de tal modo que o som de diversos microfones pode ser misturado antes de ser gravado, utilizando um único canal de saída para gravações monofónicas e uma saída de dois canais para as gravações estereofónicas. Os misturadores são também muito usados para juntar sons

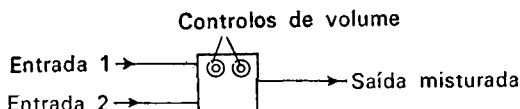


Fig. 9.1. — Utilização de um misturador. Este dispositivo permite-nos controlar duas ou mais fontes de sinal independentemente e misturá-las em qualquer proporção, com um controlo de volume para cada canal. Um misturador de dois canais é apresentado nesta figura diagramaticamente.

numa fase ulterior quando o som de duas ou mais fitas é misturado e gravado numa terceira fita.

A mistura de microfones constitui uma técnica que necessita de alguma experiência se se pretendem obter resultados razoáveis mas permite superar o problema provocado pela distância entre a fonte sonora e o microfone. Suponhamos que estamos a gravar um coro grande, com os cantores colocados em arco de círculo (figura 9.2). Com um único microfone no centro, a gravação será razoavelmente boa mas o som da fila de trás será gravado a um nível bastante mais fraco do que o da fila da frente. Uma solução consiste evidentemente em colocar todos os cantores num círculo fechado em torno do microfone, mas isto não é normalmente possível — o maestro não pode ser facilmente visto por todos os componentes do coro e o raio do circo pode, inclusivamente, ter de ser excessivamente grande.

Um outro tipo de soluções consiste em usar um ou dois microfones a mais e misturar os respectivos sinais ao sinal

do microfone principal. Isto não pode evidentemente ser feito de qualquer maneira, e o operador do gravador de fita deverá ouvir os sinais do misturador (utilizando auscultadores que devem estar bem isolados contra o som externo) de modo a poder accionar os controlos do misturador obtendo a melhor mistura possível. Além disto, pode ser necessário alterar a posição dos microfones auxiliares. Um outro exemplo de mistura utilizado numa situação semelhante verifica-se quando se grava um grupo de cantores, usando um microfone separado para o seu acompanhamento ao piano. A mistura permite-nos dar ênfase ao piano durante a introdução e em seguida apa-

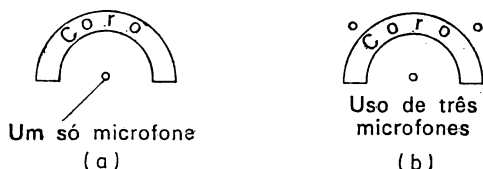


Fig. 9.2. — Quando um único microfone (a) é inadequado para gravação, o uso de um misturador permite-nos usar diversos microfones (b) e misturar até que o som seja mais satisfatório. Fig. 9.3. — Mistura de sons gravados. Neste diagrama os sons, talvez gravados para acompanhar uma peça teatral, são misturados numa fita final.

gá-lo um pouco quando os cantores entram. Em gravação estereofónica podemos levar um piano que está de facto colocado de um dos lados do grupo a soar na reprodução como se se encontrasse numa posição central. Uma vez mais, isto é feito utilizando um microfone estereofónico separado para o piano e um microfone de baixa sensibilidade para os cantores, e misturando ambos de modo a obter o efeito desejado.

A mistura pode igualmente ser usada como método de montagem de fita. Voltando ao nosso exemplo anterior do sketch sonoro em que se ouve um sino: a montagem pode colocar o som dos sinos no meio do sketch, mas não pode obter o efeito do som destes como fundo para as palavras. Podemos no entanto obter este efeito no caso de o sketch ser gravado numa fita e os sinos noutra, e em seguida se

passar o conteúdo de ambas as fitas para um gravador diferente.

As saídas são então misturadas (figura 9.3) de tal modo que os sons serão juntos, e a saída do misturador é então gravada numa terceira fita. Nestas condições necessitamos de três gravadores, mas, como veremos mais tarde, o processo é mais simples de realizar se se usarem gravadores de quatro pistas ou de fita estereofónica. Este tipo de montagem pode

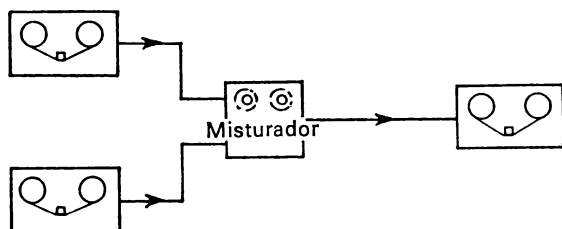


Fig. 9.3. — Mistura de sons gravados. Neste diagrama os sons, talvez gravados para acompanhar uma peça teatral, são misturados numa fita final.

produzir resultados ainda mais interessantes do que o corte, e é muito usado na produção de música gravada actualmente, com cada instrumento gravado numa pista separada da fita. Deve-se ter algum cuidado no sentido de não repetir excessivamente o processo porque a cópia repetida de uma fita para outra produz um ruído inaceitável na fita final. Em particular, é indesejável copiar demasiado som de uma pista de cassette através de um misturador deste modo, dado que o nível de ruído das fitas em cassettes é, logo à partida, demasiado forte.

Controlo por auscultadores

Quando está a ser realizada qualquer gravação um pouco mais ambiciosa, é sempre desvantajoso que o som gravado final não possa ser ouvido antes de toda a gravação estar terminada. Isto é particularmente verdadeiro quando se utiliza um

misturador de microfones ou se se utiliza a mistura para juntar os sinais de diversas fitas. Muitos gravadores de baixo preço utilizam os mesmos circuitos electrónicos para gravação e para reprodução, sendo portanto impossível obter uma saída de alto-falante durante a gravação. Em todos os casos, tudo se torna bastante mais fácil no caso de o sinal poder ser ouvido (controlado) durante a gravação.

Os gravadores semi-profissionais (de preço mais elevado) que utilizam cabeças separadas de gravação e de

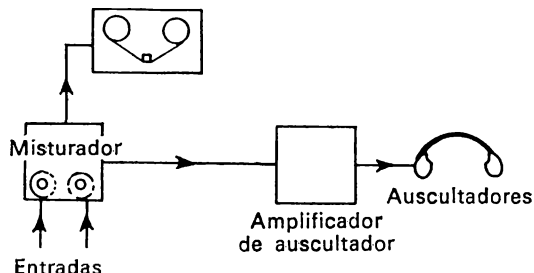


Fig. 9.4. — Mistura de controlo. Se o gravador de fita não tem prevista qualquer possibilidade de controlo por auscultadores durante a gravação, pode-se usar um pequeno amplificador para pilotagem dos auscultadores, pilotado por sua vez por um sinal de uma das saídas do misturador. É essencial controlar o efeito da mistura à medida que se alteram as posições dos controlos.

reprodução oferecem as maiores facilidades de controlo da gravação, dado que o sinal pode ser reproduzido uma fracção de segundo depois da gravação. Quando não existe esta possibilidade, deve ser possível utilizar algum método que permita obter um sinal de auscultador, por exemplo, ligando uma ficha «jack» de auscultador ao amplificador de gravação. Se não existirem quaisquer possibilidades de controlo por auscultador, o método mais simples consistirá em comprar ou construir um pequeno amplificador de auscultador que possa ser ligado à unidade misturadora, de tal modo que o sinal misturado possa ser ouvido à medida que é gravado (figura 9.4).

Em algumas máquinas o sinal de controlo aos auscultadores é obtido no amplificador de gravação depois de ter sido efectuada a pré-acentuação (ver o capítulo 6) dos agudos, de tal modo que o som ouvido nos auscultadores é desagradável. Isto torna o controlo mais difícil, mas não completamente impossível, desde que o utilizador esteja habituado ao som produzido neste caso. Alguma experiência na comparação do som dos auscultadores com o som real, tal como surge na reprodução, auxiliará bastante o utilizador.

Variações de velocidade

Se bem que uma quantidade considerável de trabalho criativo possa ser realizada utilizando um simples gravador de fita acrescentando talvez um misturador e microfones adicionais, a gama de actividade possível pode ser grandemente aumentada se se comprar inicialmente um gravador mais complexo. Uma característica das melhores máquinas de bobinas abertas é a existência de diversas velocidades, o que nos dá a possibilidade de obter efeitos, impossíveis no caso das máquinas de cassettes ou utilizando os gravadores de bobinas mais baratos.

Uma vantagem considerável de um gravador de bobinas abertas com várias velocidades é que a velocidade maior pode ser usada na maior parte das gravações críticas — as que de facto serão depois utilizadas para realizar a mistura final. A utilização da maior velocidade permite-nos obter razões sinal/ruído excelentes, de tal modo que a mistura e a re-gravação não provocará uma degradação notória do sinal, como acontece quando o som é transferido de uma cassette para outra.

Além disto, como é evidente, a presença de diversas velocidades num gravador permite obter os efeitos especiais que consistem em acelerar ou reduzir o movimento das fitas. Quando se utiliza uma máquina de três velocidades, a gravação na velocidade «intermédia» (normalmente 19 cm/s) torna possível misturar o som gravado de tal modo que seja acelerado no caso de se reproduzir à maior velocidade ou reduzido se se utilizar a velocidade mais baixa na reprodução.

Os efeitos de variação de velocidade são possíveis também no caso das máquinas de cassettes que utilizam motores controlados electronicamente, mas o controlo de velocidade não é um ajustamento que o utilizador possa fazer, pelo que apenas o utilizador que tenha um conhecimento técnico profundo da sua máquina poderá tentar a variação da velocidade nos gravadores de cassettes.

Pistas múltiplas

Os gravadores modernos de quatro pistas oferecem aos seus utilizadores o tipo de mistura de sons que é realizado nos estúdios profissionais, desde que os amplificadores possam ser controlados separadamente. Se bem que normalmente utilizemos as pistas estereofónicas para gravar os sinais esquerdo e direito, não há qualquer razão para que os dife-

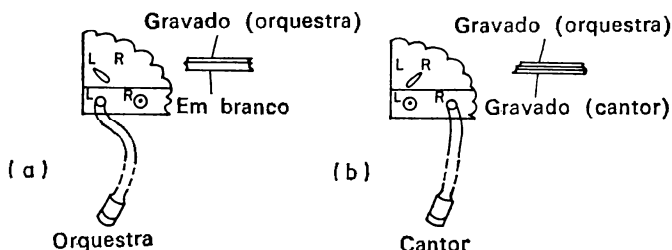


Fig. 9.5. — Mistura por gravação em pista múltipla. Um som é gravado numa pista (a). A fita é então passada novamente, usando auscultadores para controlar a pista gravada enquanto se realiza uma segunda gravação na pista virgem (b). Se se reproduzirem as duas pistas numa máquina monofónica, ou com o gravador para a reprodução de ambas, o efeito consistirá em ouvir os sons misturados.

rentes sinais não possam ser gravados nestas pistas. Por exemplo, podemos gravar uma pista com um som de uma orquestra. Podemos em seguida ligar os auscultadores a esse canal, ligar um microfone ao outro canal, e cantar acompanhando a orquestra. Podemos em seguida rebobinar e reproduzir, ajustando os dois controlos de volume de tal modo que o canto seja misturado com o som da orquestra

nas proporções que desejamos (ver a figura 9.5). Obteremos evidentemente, neste caso, uma gravação monofónica, e esta técnica não pode de facto ser usada para realizar gravações estereofónicas mistas num gravador estereofónico. Esta utilização dos canais de gravação e reprodução separados torna no entanto perfeitamente supérfluo o uso de um misturador para montagem sonora.

Em tempos, foi montado em vários modelos de gravadores mais baratos um comutador especial que permitia a realização de uma gravação extra numa pista já gravada. O princípio de funcionamento deste comutador era bastante simples: a quantidade de sinal de limpeza era bastante reduzida, de tal modo que a fita gravada não era completamente limpa antes de ser re-gravada. Deste modo, a gravação original na fita podia ser ouvida como um som de fundo tendo a nova gravação sobreposta. O método nunca era satisfatório devido ao comportamento das diferentes fitas (algumas ficavam mais limpas do que outras) e à distorção provocada quando a combinação dos dois sinais saturava a fita. Ainda mais importante, era bastante difícil obter o equilíbrio entre as duas gravações que se torna possível quando se usa um misturador ou o método de pistas múltiplas.

Cabeças separadas

A utilização de cabeças de gravação e reprodução separadas constitui uma considerável vantagem técnica, como já se referiu anteriormente, e apresenta ainda diversas vantagens artísticas. Uma vantagem bastante importante é a já mencionada anteriormente — a possibilidade de controlar com auscultadores a partir do amplificador de reprodução ao mesmo tempo que se realiza a gravação. Isto é bastante mais satisfatório do que controlar a partir do amplificador de gravação, porque o som que é ouvido é de facto o som reproduzido e isto torna possível notar imediatamente quaisquer deficiências. A maior parte das máquinas com cabeças separadas terão ainda um comutador marcado «original/reprodução», de tal modo que a tomada de auscultadores possa ser comutada entre o sinal que está a ser gravado e o sinal reproduzido, para comparações momentâneas. É evidente-

mente importante recordar que há um pequeno atraso de tempo entre os dois sinais, provocado pela quantidade de tempo necessário para a fita passar da cabeça de gravação para a de reprodução.

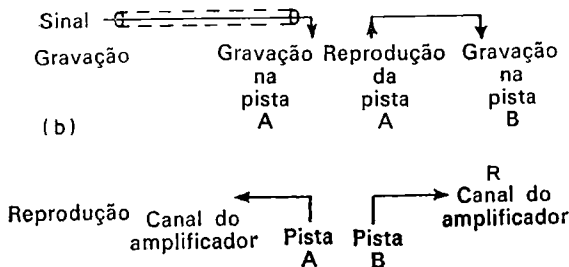
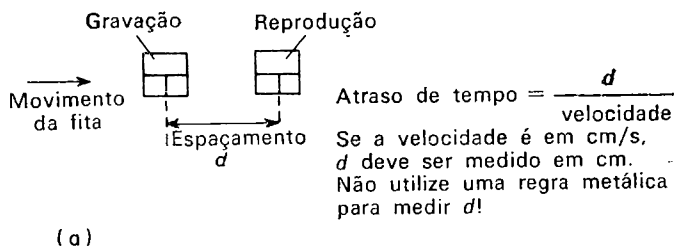


Fig. 9.6. — Utilização de cabeças separadas de gravação e reprodução. (a) Verificar-se-á um atraso de tempo entre a gravação e a reprodução, conforme a distância entre as cabeças e a velocidade da fita. (b) Uso do atraso de tempo para inserir um efeito pseudo-estereofónico. O sinal normal é gravado numa pista e um sinal atrasado na outra. Quando ambas são reproduzidas como se tratassem de dois canais, um esquerdo e um direito, pode-se obter um efeito semelhante à estereofonia, apesar de o sinal original ser monofónico.

O pequeno atraso de tempo pode de resto tornar-se útil para a realização de alguns efeitos interessantes. Um destes é a criação de uma «pseudo-estereofonia» a partir de uma gravação monofónica, obtendo uma fita que apresenta um efeito

estereofónico mais notório do que uma simples gravação monofónica.

A essência da estereofonia consiste em que o som dos dois canais não deve ser idêntico, e este efeito torna-se impossível quando se reproduz uma fita monofónica num gravador estereofónico. Se gravarmos, porém, um sinal numa das pistas de uma máquina estereofónica e, por outro lado, ligarmos o sinal reproduzido à entrada da outra pista, obteremos de facto uma pista com dois sinais monofónicos gravados, na qual, no entanto, um deles se encontra atrasado em relação ao primeiro. Quando se comuta o gravador para reprodução estereofónica e se reproduz a fita assim gravada,

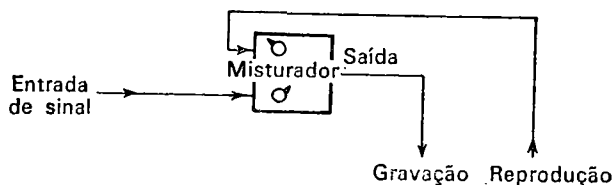


Fig. 9.7. — Gravação de um eco numa pista. O misturador é usado para utilizar o sinal atrasado e acrescentá-lo ao sinal gravado. O tipo de efeito que é produzido depende da calibração dos controlos de volume do misturador (ver o texto).

o efeito é bastante mais realista do que no caso de uma gravação monofónica, se bem que não transmita evidentemente a mesma sensação de uma gravação verdadeiramente estereofónica.

Uma fita deste tipo pode igualmente ser reproduzida num amplificador monofónico, com o sinal atrasado a um volume inferior, simulando-se assim uma gravação realizada numa sala com um certo eco. É possível obter um efeito de eco múltiplo sustentado, se a saída de uma pista for realimentada e misturada à entrada da *mesma pista* (figura 9.7). Com um ajustamento apropriado do controlo de volume pode-se obter assim um eco múltiplo. Cada nota gravada será gravada novamente com uma amplitude inferior algum tempo depois — um efeito muitas vezes dramaticamente usado em «sketches» sonoros para simular um sonho.

A manipulação do controlo de volume durante a ligação de eco pode levar as gravações subsequentes a encontrarem-se a uma amplitude igual ou até superior ao original. A utilização da mesma amplitude leva os ecos a não desaparecerem, pelo que se torna necessário utilizar o controlo de volume para remover o eco (a reverberação) no caso de se pretender gravar um outro sinal. O uso de uma maior amplitude para cada repetição leva a intensidade do som a aumentar até que a fita seja cortada ou o volume reduzido. Este efeito é muitas vezes utilizado para realização de sketches sonoros indicando alucinações.

Sincronização de sons e imagens

Uma utilização cada vez mais popular dos gravadores de pistas múltiplas consiste na produção de apresentações combinadas de slides e gravações sonoras, caso em que o próprio gravador é usado para comandar o projector de slides, provocando a substituição das imagens projectadas (ver a figura 9.8).

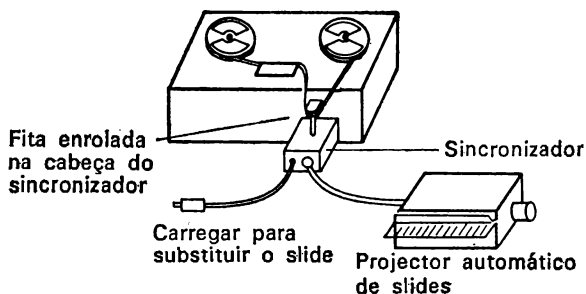


Fig. 9.8, — Sincronização de imagens e sons. Quando a concepção do gravador (por exemplo de apenas duas pistas) não permite o uso de sincronizadores electrónicos utilizando uma pista a mais, pode-se usar um sincronizador separado. A fita é passada pela cabeça do sincronizador quando se desloca para a segunda bobina, estando ligados a essa cabeça o projector e o comutador de mudança dos slides. A pista sonora é gravada da maneira habitual, e o comutador é accionado automaticamente de cada vez que se torna necessário substituir o slide.

Torna-se então necessário utilizar um projector do tipo de «magazine», que possa ser controlado remotamente. O mecanismo de substituição dos slides funciona sempre que são fechados dois contactos, o que tem como efeito a abertura do circuito da lâmpada do projector (evitando assim o brilho desagradável da tela branca), retirar o slide anterior, avançar o magazine de um espaço e inserir o novo slide. Os slides para esta utilização devem utilizar molduras em plástico, dado que as de cartão utilizadas por algumas empresas nem sempre são suficientemente seguras para utilização automática.

A substituição dos slides é realizada fechando os controlos, sendo para tal usado um sinal eléctrico fornecido por um sincronizador de fita. O sincronizador é necessário

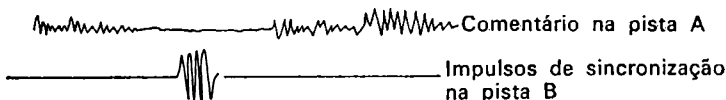


Fig. 9.9. — Sinais típicos gravados utilizando um sincronizador.

quando se utiliza um gravador estereofónico ou de quatro pistas bastante simples, consistindo numa cabeça de gravação/reprodução e num amplificador ligado a um relé cujos contactos possam ser ligados ao projector. Ao utilizar, a fita vinda das cabeças do gravador é desviada a fim de passar pela cabeça do sincronizador antes de ser devolvida à segunda bobina, de tal modo que a fita passa pelas cabeças do gravador antes de atingir o sincronizador.

Para gravação, o magazine de slides é carregado com slides pela ordem de projecção desejada, preparando-se um esboço do comentário a realizar. Coloca-se uma bobina virgem no gravador (no caso da sincronização a partir de uma cassette, ver adiante), passando-se a fita da maneira habitual pelas cabeças do gravador e em seguida pela cabeça do sincronizador. O botão de passagem dos slides é então ligado ao sincronizador, normalmente através de uma ficha DIN, e realiza-se a gravação por microfone para o canal desejado. Se se utiliza um microfone estereofónico, o controlo de vo-

lume deve ser desligado ou baixado no canal não utilizado para a gravação da voz, dado que este deve ficar livre para os sinais de sincronização. O gravador e o sincronizador são ligados à rede e colocados em funcionamento, calibrando-se o controlo de volume para o nível correcto. O magazine é colocado no projector numa posição tal que o primeiro slide seja apresentado assim que sejam fechados os contactos. As ligações no interior do sincronizador, que devem estar comutadas para gravação, são tais que o botão que activa o projector emita igualmente um impulso, normalmente à frequência da rede, que é gravado na fita.

O gravador de fita é então comutado para reprodução e colocado novamente em funcionamento, sendo gravada qualquer introdução que se pretenda usando o microfone.

Quando se pretende mostrar o primeiro slide, carrega-se no botão apropriado. Surge este slide na tela, passando-se em seguida à gravação do comentário que lhe diz respeito. O método é aplicado sucessivamente até se terem passado todos os slides e estarem gravados todos os comentários. A gravação pode ser interrompida em qualquer momento, desde que não se perca a posição apropriada na fita por rebobinagem.

Para reproduzir, o equipamento é montado da mesma maneira, colocando o sincronizador à mesma distância das cabeças do gravador. Isto é bastante importante, dado que qualquer variação desta distância provocará uma diferença de tempo na substituição do slide em relação aos intervalos considerados durante a gravação. Por exemplo, a diminuição da distância levará os slides a serem mudados demasiado cedo, e o aumento da distância provocará um atraso na substituição dos slides.

O sincronizador é comutado para «reprodução», o gravador de fita é ligado a qualquer alto-falante ou amplificador externos, sendo todo o equipamento ligado à rede. O projector deve de preferência ser focado antes de o magazine com slides ser colocado nele.

Os pequenos gravadores portáteis de cassettes não podem ser facilmente adaptados à sincronização de slides, e a sua qualidade sonora é tal que nunca são de facto bons para este trabalho. Podem-se no entanto utilizar «decks» de cassettes

estereofónicas, dado que possuem amplificadores separados para os canais esquerdo e direito.

Pode-se utilizar um tipo bastante diferente de sincronização, dado que não é necessária qualquer cabeça extra, nem de resto se torna possível montá-la. O sincronizador será neste caso simplesmente um dispositivo electrónico que produz um impulso (uma vez mais à frequência da rede) alimentada ao canal não usado (esquerdo ou direito) quando o botão de substituição do slide é premido.

Dado que a cabeça de gravação/reprodução do próprio deck é neste caso a única que pode ser usada, estes sincronizadores são fáceis de utilizar, sem ser necessário recorrer a quaisquer trajectos estranhos de fita.

Na maior parte dos gravadores, os sinais de entrada e saída de ambos os canais encontram-se disponíveis numa tomada DIN. A ficha do sincronizador é colocada na tomada correspondente, ligando-se uma outra ficha DIN (normalmente do tipo de três pernas) à tomada correspondente do projector.

O microfone é ligado na tomada MIC no gravador — as instruções que acompanham o sincronizador indicarão qual o canal que deve ser usado. Como anteriormente, estando todas as unidades ligadas, será gravado um impulso sintonizador, para cada mudança de slides, durante a gravação do comentário, e os slides serão então substituídos no momento mais correcto quando a fita é reproduzida. Para reprodução, a saída do canal sonoro deverá ser alimentada a um amplificador, e esta saída é normalmente feita a partir da tomada do sincronizador, dado que a saída do deck de cassettes é ligada ao sincronizador. Dado que está disponível apenas um canal, pode-se usar um amplificador monofónico ou ligar-se um amplificador estereofónico comutado para monofonia.

Dado que um sincronizador puramente electrónico para uso com uma cassette estereofónica ou um gravador de bobinas abertas não envolve a utilização de cabeças extra ou outras complicações semelhantes, o sincronizador é razoavelmente fácil de fabricar por um amador que já tenha alguma experiência deste tipo de montagens, tendo de resto sido já publicados vários artigos sobre o assunto em revistas como a *Practical Wireless* e a *Practical Electronics*.

Som cinematográfico

Em tempos, os projectores de cinema de 8 mm eram sincronizados com gravadores de fita de modo a tornar possível a utilização de pistas sonoras. Com o desenvolvimento da película Super-8 sonora — uma película de 8 mm com uma banda magnética num dos rebordos — os sincronizadores deixaram de ser tão comuns em trabalho cinematográfico de amador. A tendência é para utilizar som gravado pela própria máquina, o que permite que a película apresente uma pista sonora perfeitamente sincronizada em todas as fases de tratamento e montagem, e os projectores que são

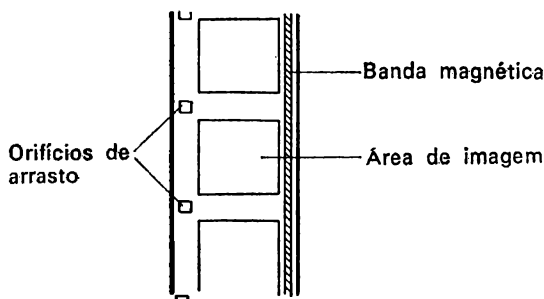


Fig. 9.10 — Película cinematográfica de Super-8. A banda sonora encontra-se no rebordo da película oposto aos orifícios de guia.

usados encontram-se igualmente equipados com uma cabeça para reprodução do som gravado na banda sonora.

São ainda produzidos muitos filmes sonoros, no entanto, utilizando máquinas que não estão apetrechadas com cabeças de gravação magnéticas. No caso destes filmes, a banda sonora deve ser gravada separadamente, se bem que o som seja normalmente transcrito para uma banda magnética montada no rebordo da película revelada, depois da montagem (figura 9.10). Existem máquinas para a montagem na película desta fita sonora, podendo as próprias máquinas de tratamento da película realizar essa operação. O problema neste caso consiste em manter a sincronização entre a acção e o som quando os dois foram gravados separadamente.

Os requisitos da sincronização variam. Muitos filmes utilizam música de fundo simples e um comentário, não se tornando assim a sincronização uma tarefa demasiado difícil. Outros filmes necessitam de sincronização pelos lábios, o que significa que a voz gravada é sincronizada com uma face que surge na tela, de tal modo que corresponda exactamente ao movimento dos lábios. Felizmente, estes filmes são realizados em sequências curtas, e a sincronização relativa do som e da imagem não se altera demasiadamente num período de tempo curto. Se iniciarmos cada sequência utilizando o conhecido painel de sincronização, que mostra o número da sequência e cujo som permite sincronizar o som e a imagem, podemos calibrar o projector e o gravador de fita mais tarde de tal modo que ambos fiquem sincronizados, e o gravador de fita pode ser ligado de modo a transferir o sinal para o equipamento de gravação no projector que junta a banda sonora; mesmo assim, o sincronismo só será perfeito quando o projector e o gravador de fita atingirem ao mesmo tempo a velocidade normal de funcionamento.

Natureza e gravação

A gravação do cantar de um pássaro e de outros sons naturais torna-se cada vez mais popular, e obriga a utilizar um microfone do tipo direccional. O tipo normal de microfone direccional é porém inadequado para esta função, convido utilizar reflectores parabólicos com microfones direccionais de modo a obter a resposta necessária. O tipo de arranjo é mostrado na figura 9.11. O rebordo do reflector segue a forma de uma parábola (e daí o nome) e a propriedade direccional é devida ao facto de qualquer onda que se aproxime do reflector parabólico paralelamente à direcção em que o reflector se encontra virado será reflectida de modo a passar através de um ponto designado por foco. Se estiver colocado um microfone neste foco, terá uma capacidade para colectar o som igual à área da extremidade aberta do reflector, e uma propriedade direccional que dependerá da sua dimensão.

Um microfone, de dimensões bastante reduzidas, no ponto focal será, nestas condições, altamente direccional, porque o som que vem de outras direcções não será reflectido de modo a passar pelo foco e, portanto, não atingirá o microfone. Um microfone de grandes dimensões será obviamente menos direccional, porque nesse caso uma área con-

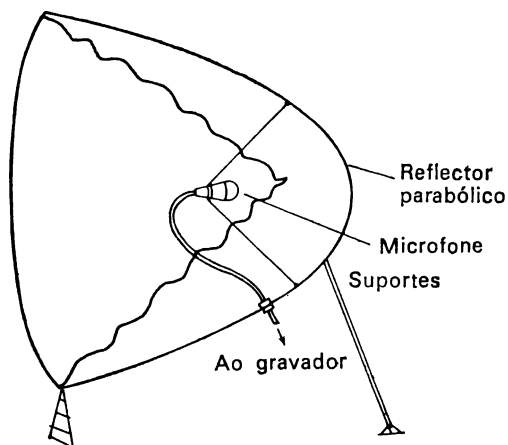


Fig. 9.11. — Utilização de um reflector parabólico juntamente com um microfone sensível para gravações de sons da natureza. As qualidades direccionais do reflector parabólico torna possível separar um som de um fundo bastante ruidoso. O controlo da gravação torna-se no entanto essencial sempre que este tipo de técnicas for utilizado.

siderável em torno do ponto focal será de facto coberta pelo microfone, de tal modo que pode ser recebido o som de um ângulo excessivamente grande. Os reflectores parabólicos, com ou sem microfones, podem ser adquiridos nos comerciantes especializados em equipamento sonoro de maior qualidade.

ÍNDICE

PREFACIO ...	7
1—Fundamentos	9
2—Microfones	28
3—Desenvolvimento da gravação em fita ...	47
4—Sistemas mecânicos ...	66
5—Fita e gravação ...	92
6—Sistemas electrónicos ...	110
7—Redução de ruído	133
8—Uso do gravador de fita ...	149
9—Técnicas mais avançadas ...	171

**Este livro acabou de se imprimir
em 1980
para a
EDITORIAL PRESENÇA, LDA.
na
Tipografia Nunes, Lda. — Porto
Tiragem 3 000 exemplares**



EDITORIAL PRESENÇA / MARTINS FONTES



Eis uma obra que corresponde ao crescente interesse pelas gravações em fita, de todo o género, tanto em bobina como em *cassette*. Sem recorrer a conhecimentos profundos de matemática ou electrónica, o livro expõe, com a maior simplicidade possível e vasta profusão de esquemas, todos os aspectos relacionados com esta actividade — sistemas eléctricos e mecânicos, redução de ruído, uso de microfones, gravações a partir de rádio, discos, outras fitas e sons naturais, etc. Inclui ainda montagem, mistura de som, sincronização com *slides* e som para filmes.