

## 2 - EQUALIZADORES

**2.** **Filtro** é o nome que se dá a um circuito elétrico que deixa passar certas freqüências e bloqueia outras. **Equalizador** é um aparelho que altera as características de freqüência de um sinal (sinal — ver [I.4](#); freqüência — ver [II.2](#)). Esse capítulo trata de suas características físicas (seu uso apropriado é visto em [6.1.6](#)).

A fig. [eq01](#) mostra um exemplo do que faz um filtro e um equalizador. O espectro de um som (ver [II.4.1](#)) é modificado de maneiras diferentes: em a), um filtro passa baixa (ver [2.1](#)) atenua as freqüências agudas; em b), um equalizador muda as intensidades das freqüências de acordo com a sua regulagem. Cada uma dessas mudanças vai mudar o espectro do som, isto é vai mudar seu timbre.

◆ **2.1** Da definição de filtro pode se deduzir que ele funciona como uma resistência elétrica que só atua em determinadas freqüências, sem fazê-lo em outras (isto é, como um elemento reativo — ver [I.7](#) e [I.8](#)). Há quatro tipos de filtro básicos: o filtro **passa baixa** (que deixa passar as freqüências baixas, bloqueando as altas), o filtro **passa alta** (que deixa passar as freqüências altas, bloqueando as baixas), o **passa faixa** (que deixa passar freqüências entre dois limites, um grave e outro agudo, rejeitando as freqüências fora deles) e o **rejeita faixa** (que rejeita freqüências entre dois limites, um grave e um agudo, deixando passar as freqüências fora deles). A fig. [eq02](#) mostra as representações gráficas do que passa e do que não passa em cada um dos tipos (isto é, de suas *respostas*).

◆ **2.2** Existem alguns termos que são importantes no estudo de filtros. Eles estão representados na fig. [eq03](#).

◆ **2.2.1 Freqüências de corte** — são as freqüências onde os filtros começam a funcionar. Em filtros passa baixa a freqüência de corte grave é, logicamente, zero; em filtros passa alta, a freqüência de corte aguda é infinita.

Pelo gráfico da fig. [eq03](#) pode-se ver que um filtro não tem uma freqüência de corte absoluta. Ele não corta a corrente de uma vez. Há uma região de freqüências onde ele começa a funcionar. Qual destas é considerada a freqüência de corte? A freqüência de corte é, por convenção,

a frequência onde o nível de sinal que sai do filtro é 3 dB mais baixo que o nível máximo (dB — ver II.3.2).

◆ **2.2.2 Frequência média** — é a frequência que fica exatamente no meio entre as duas frequências de corte.

◆ **2.2.3 Banda de passagem** — é a região de frequências na qual o filtro deixa passar o sinal (ou não deixa, se tratando de um filtro rejeita faixa). Ela determina não só a diferença entre as duas frequências de corte (isto é, a "grossura" da resposta) como também a região na qual o filtro trabalha (grave, média ou aguda).

◆ **2.2.4 Queda** — é o ângulo no qual o filtro corta o sinal. Como já foi dito no 2.2.1, o filtro tem uma certa região de frequências na qual ele começa a trabalhar. A queda determina se essa região será grande ou pequena.

A queda pode ser determinada por dois termos diferentes, cada um com seu uso específico. Um deles é o **dB/8<sup>a</sup>**. Assim, suponhamos que eu tenha dois filtros passa baixa com uma frequência de corte de 500 Hz, só que um tem uma queda de 24 dB/8<sup>a</sup> enquanto que o outro tem 6 dB/8<sup>a</sup>. No primeiro filtro, a frequência de 800 Hz dificilmente será audível. No outro, 800 Hz soará um pouco mais baixo que 500 Hz, mas ainda assim audível (fig. eq04).

O outro termo é representado pela sigla **Q**. Ambos são equivalentes, mas o Q é mais usado para as quedas de equalizadores, enquanto que o dB/8<sup>a</sup> é usado para filtros simples. Convém lembrar que quanto *menor* o Q, mais acentuada é a queda. A fig. eq05 mostra variações de Q para um mesmo filtro passa faixa.

◆ **2.3** Agora que estamos inteirados na terminologia básica de filtros (estamos, não estamos?), passemos à eletrônica por trás deles. Há dois tipos de filtros, eletronicamente falando: o passivo e o ativo.

◆ 2.3.1 O filtro **passivo** usa só elementos passivos (ver I.10). Isto significa que o sinal que sair do filtro será sempre menor que o que entrou. Um pouco da energia sempre vai ser perdida enquanto passa pelo filtro. Eles geralmente têm uma impedância (ver I.8, I.9) muito variável, muito influenciada pela impedância do circuito ao qual está ligado.

◆ 2.3.1.1 Se você leu o apêndice I (ver), sabe que os capacitores e as bobinas são em essência elementos que permitem a passagem de corrente de acordo com a frequência. Por isso são os elementos básicos na arquitetura de um filtro passivo. São as associações entre capacitores e bobinas que determinarão as características de um filtro.

◆ 2.3.1.2 O tipo mais simples de filtro passivo é o que usa apenas um capacitor ou um indutor. Esse tipo de filtro, por usar um elemento que só corta frequências de uma região (ou um capacitor ou um indutor), só pode ser passa alta ou passa baixa (ver 2.1). Começemos pelo passa alta com um só elemento. Ele pode ter ou um capacitor em série com o resto do circuito (bloqueando as frequências graves) ou uma bobina em paralelo

com ele (curto-circuitando as freqüências graves; no caso as freqüências graves passam todas pela bobina, sem chegar ao resto do circuito). (ligações em série e em paralelo — ver I.12; curto-circuito — ver I.7.1).

Este guia evita categoricamente o uso de equações e termos matemáticos de qualquer espécie. Mas no caso destes filtros é bom abrir uma exceção, pelas inúmeras aplicações que eles podem ter (corte de interferências de rádio, proteção de alto-falantes etc). Nos filtros **passa alta** que usam um capacitor em série, o valor deste capacitor será dado por

$$C = 10^6 / 2\pi f Z,$$

onde

C = valor do capacitor em microfaradays;

f = freqüência de corte do filtro;

Z = impedância do circuito aonde está ligado o filtro (fig. **eq06**).

- ◆ 2.3.1.3 Nos filtros **passa baixa** com uso de uma bobina em série com o circuito, a equação do valor desta bobina será de

$$L\pi f Z,$$

onde

L = indutância em henrys;

f = freqüência de corte do filtro;

Z = impedância do circuito (fig. **eq07**).

- ◆ 2.3.1.4 Os filtros **passa faixa** são o resultado de um determinado tipo de associação entre capacitor e bobina, que faz com que em determinadas freqüências não sejam cortadas nem por um, nem por outro. Suponhamos um filtro passa alta com uma freqüência de corte de 550 Hz, e um filtro passa baixa com uma freqüência de corte de 500 Hz. Se eles forem associados, as freqüências abaixo de 500 Hz serão cortadas por um, enquanto que as acima de 550 Hz serão cortadas por outro. Isto é, o resultado é um filtro passa faixa. Há varias formas de associar capacitores e bobinas de forma a construir um filtro passa faixa, das quais uma das mais simples é a mostrada abaixo (fig. **eq08**):

$$L_1 = Z / 2\pi (f_1 - f_2)$$
$$L_2 = (f_2 - f_1) Z / 2\pi f_1 f_2$$

$$C_1 = (f_2 - f_1) / 2\pi f_1 f_2 Z$$
$$C_2 = 1 / 2\pi (f_2 - f_1)Z,$$

onde

$f_1$  = frequência de corte grave;  
 $f_2$  = frequência de corte aguda;  
 $Z$  = impedância do circuito.

◆ 2.3.1.5 Os filtros **rejeita faixa** seguem mais ou menos o mesmo raciocínio dos filtro passa faixa, mas vão pelo caminho contrário. Eles funcionam como dois filtros, um passa baixa, outro passa alta, que só conseguiriam barrar uma região de frequências quando ambos estivessem funcionando. Quando um só estivesse funcionando, o outro funcionaria como um curto-circuito (ver I.7.1), ou seja, quando as frequências fossem barradas por um filtro elas passariam pelo outro. O esquema abaixo representa um filtro rejeita faixa (fig. **eq09**):

$$L_1 = (f_2 - f_1) Z / 2\pi f_2 f_1 ;$$
$$C_1 = 1 / 2\pi Z (f_2 - f_1);$$
$$L_2 = Z / 2\pi (f_2 - f_1);$$
$$C_2 = (f_2 - f_1) / 2\pi f_1 f_2 Z.$$

(os termos seguem os mesmos do verbete 2.3.1.4).

◆ 2.3.2 O filtro **ativo** tem várias vantagens em relação ao passivo. Em primeiro lugar, como o nome indica, ele age ativamente sobre as frequências. Isto é, pode não só bloquear frequências, mas também amplificá-las (ver I.10). O uso de elementos ativos também diminui a necessidade de vários capacitores ou bobinas, que são necessários em filtros passivos de alta precisão para controlar várias irregularidades próprias de seu funcionamento (como, por exemplo, a impedância variável com a frequência [ver I.8]). Isto é, os filtros ativos ocupam menos espaço que os passivos, e podem eventualmente custar mais barato. A impedância também é muito menos atingida pelo circuito ao qual é ligada; geralmente é alta na entrada e baixa na saída (ver 6.1.2). Mas também tem lá seus defeitos. O mais evidente é a necessidade de uma alimentação, de uma fonte de energia elétrica para o componente ativo. Isto é, colocar um filtro ativo como proteção de um alto-falante faz com que ele tenha que ter uma bateria ou uma tomada para funcionar. Essa necessidade de alimentação

também faz com que entre um novo elemento elétrico no circuito (circuito — ver I.6), que pode não ser exatamente como devia. Ou seja, os filtros ativos são mais propensos a causarem "barulhos", como chiados ou coisas do gênero. Além disso, os componentes deste tipo de filtro tendem a ter uma resposta de dinâmica menor (diminuem a faixa de intensidade aceitável de sinal, ou seja, ignoram sons fracos ou distorcem sons fortes), e terem uma menor durabilidade.

◆ 2.3.2.1 Um tipo particular de filtro ativo é o chamado **crossover**. Ele é um aparelho usado especialmente para dividir as frequências apropriadamente dentro de um sistema de vários tamanhos de alto-falantes. Geralmente os crossovers são vendidos para sistemas de três ou quatro frequências, e funcionam como vários filtros passa faixa, onde cada faixa representa a região onde determinado tamanho de alto-falante trabalha. O sinal entra todo por uma entrada só, é dividido em vários, cada um ocupando uma faixa de frequência, e sai por várias saídas, uma para cada tamanho de alto-falantes. Um bom crossover tem controles para determinar as frequências de corte e às vezes um controle de volume para cada saída (para maior detalhes, ver 5.5 e 6.1.7).

◆ **2.4** Um **equalizador** é um aparelho formado por um conjunto de filtros, usado para mudar as frequências de um sinal. Ele geralmente é equipado com vários controladores de intensidade, um para cada frequência. A variação destes controles variara a intensidade de determinadas frequências dentro do sinal (ver 2).

◆ 2.4.1 Há dois tipos básicos de equalizador (fig. **eq10**). Um é o paramétrico, com vários *potenciômetros* (aqueles controles redondos de volume), um para cada frequência, e botões aonde você escolhe a frequência e o Q (ver 2.2.4) onde cada um irá trabalhar. Isto é, a frequência onde cada controle atua é variável. É geralmente o tipo de equalização encontrada em mesas de som. O outro tipo é o equalizador gráfico, onde vários potenciômetros retilíneos (*faders*) são dispostos um ao lado do outro, cada um responsável por uma determinada frequência fixa (não variável como no paramétrico). Neste equalizador a posição dos vários faders forma uma linha que será igual ao gráfico da onda do sinal de saída em relação às frequências. Assim, o equalizador gráfico permite "visualizar" o resultado da equalização, o espectro resultante (ver II.4).

◆ 2.4.2 Outro detalhe importante é o parâmetro referente ao espaço que separa a frequência de um controle da outra. Há equalizadores de uma oitava (se um controle qualquer trabalha na frequência de 400 Hz, o imediatamente mais agudo trabalhará na frequência de 800 Hz. Isto é, um controle será sempre o dobro de frequência mais agudo do que o imediatamente mais grave), equalizadores de 2/3 de oitava etc. É recomendável para um equalizador de palco, pelo controle rigoroso exigido em assuntos como o controle de microfonia, o uso da maior precisão

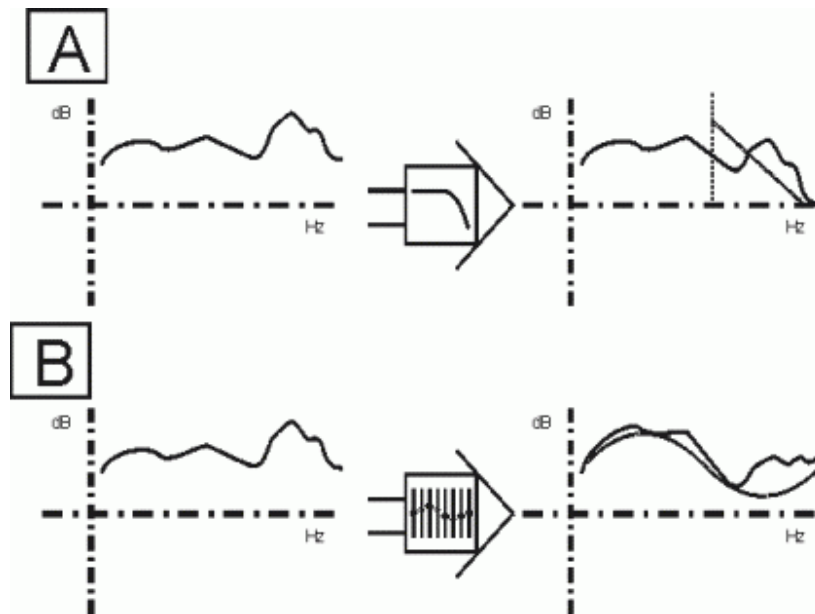
possível. Geralmente são usados equalizadores de 1/3 de oitava na sonorização de palco.

◆ 2.4.3 Ainda há um terceiro aspecto importante no qual um equalizador pode variar. Ele pode ser um equalizador passivo, capaz apenas de cortar frequências (do tipo "cut"), ou ser ativo, podendo não só cortar frequências mas também amplificá-las (do tipo "boost and cut") (ver I.10). Estes dois tipos têm cada um uma legião de defensores que não cansam de apontar defeitos no tipo oposto. Os defensores do equalizador cut afirmam que as vantagens de uma possível amplificação de frequência são ilusórias, e tendem a piorar o funcionamento de um sistema mais do que melhorá-lo. Essa amplificação pode, por exemplo, reforçar frequências que irão sobrecarregar os amplificadores, ou tentar corrigir defeitos dos alto-falantes, resultando numa resposta menos linear e perda de qualidade. Os defensores do boost and cut rebatem dizendo que um equalizador cut ligado a um pós-amplificador de seu sinal (ver 4) pode levar aos mesmos resultados, sem ter as vantagens do b-c. Mas a característica que mais prevalece geralmente é que os equalizadores b-c usam componentes ativos, e por isso têm a tendência de serem mais barulhentos (ver 2.3.2). Esse fator em especial tem favorecido a escolha de equalizadores passivos para palco. Além disso a maioria dos *analísadores de frequência* usados para a correção de frequências em ambientes (ver 6.2.3.1) levam em conta o uso deste tipo de equalizador.

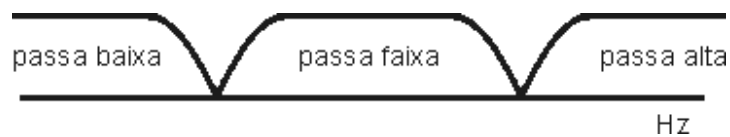
◆ 2.4.4 Um equalizador funciona como a "cereja do bolo" de um sistema. É o aparelho que possibilita ter o maior número de nuances dentro de si, aumentando o grau de delicadeza de seu ajuste. Por isso a escolha de um equalizador deve recair num aparelho de alta qualidade, com baixo nível de ruído, baixo nível de distorção e impedâncias próprias para o circuito ao qual ele vai ser ligado (para maiores informações sobre impedâncias apropriadas ver 6.1.2). Procure usar também, para sonorização, equalizadores com controles bem precisos, de 1/3 de oitava e um bom nível de queda (ver 2.2.4, 2.4.2).

◆ 2.4.5 Finalmente, convém lembrar que um equalizador não passa de uma série de filtros ligados entre si. A resposta de cada um dos faders (ver 2.4.1) portanto é igual a de um filtro comum. Uma característica básica dessa resposta é a forma como se comporta a variação da banda de passagem, exemplificada na fig. **eq11b**. Como se pode ver, a variação na intensidade do corte no filtro não varia a queda (ver 2.2.4). Deve-se levar isso em conta na equalização, pois um corte em uma frequência pode interferir desagradavelmente nas vizinhas. A fig. **eq11d** mostra um corte errado da frequência de 550 Hz. A atenuação máxima nas frequências 500 Hz e 630 Hz fez com que suas bandas de passagem (determinadas na figura **eq11a**) se cruzassem impropriamente, causando um sinal distorcido (ver 6.1.5) e não cortando a frequência de 550 Hz. Essa forma de onda não vai aparecer na curva de um equalizador gráfico, mas será o

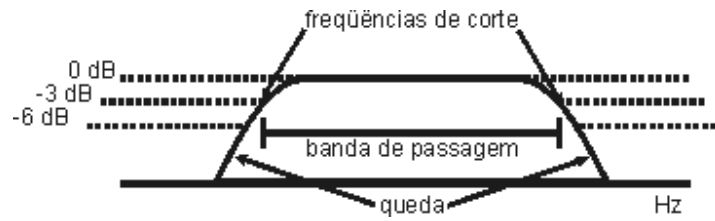
resultado real. Por isso é bom levar isso em conta numa equalização. Geralmente os equalizadores têm desenhadas no painel as formas da banda de passagem de cada freqüência (como na fig. **eq11a**). Elas dão uma idéia do resultado de cada variação nos controles; por eles, pode-se saber até onde vai a queda de cada fader, e assim até onde cada fader influi nos demais. O resultado de uma atenuação correta é mostrado na fig. **eq11e**, com o filtro de 500 Hz no mínimo e os de 400 Hz e 630 Hz mais ou menos diminuídos.



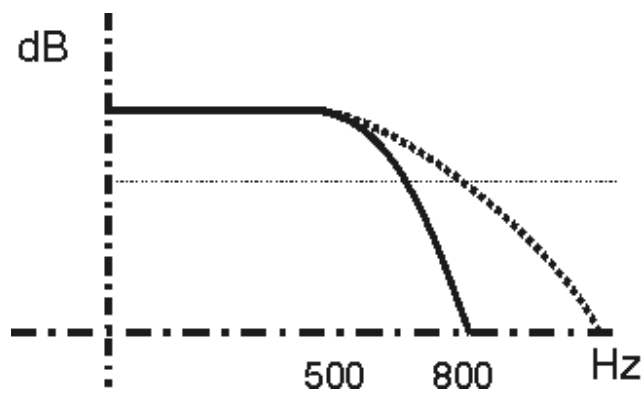
**eq01:** como um filtro (A) e um equalizador (B) mudam o timbre de um som.



**eq02:** tipos de respostas para filtros.

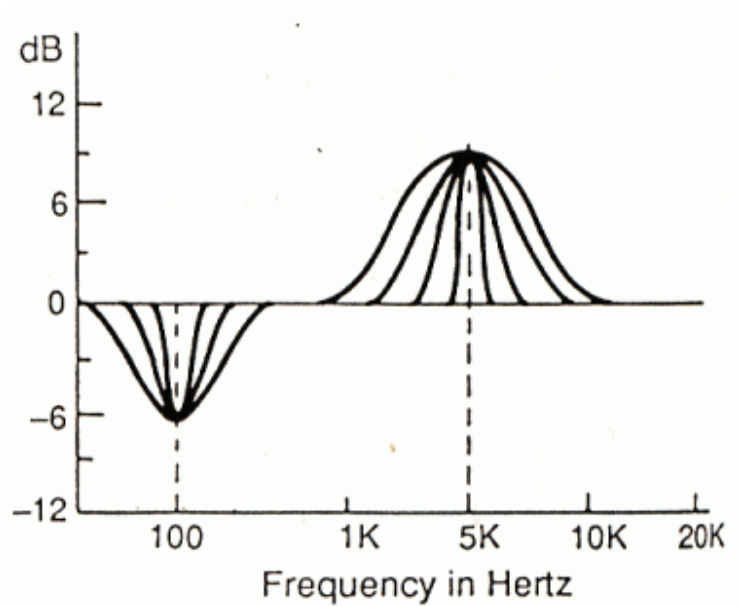


**eq03:** termos para filtros.

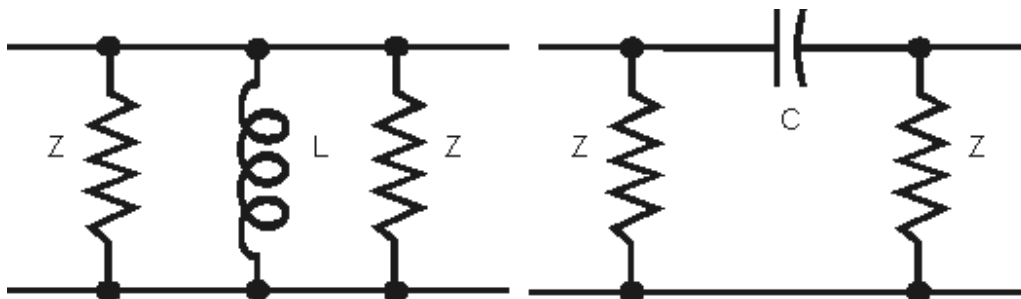


**eq04:** gráfico comparativo de 2 filtros com quedas diferentes. A linha cheia representa o filtro de 24dB/8ª; a pontilhada, o de 6 dB/ 8ª.

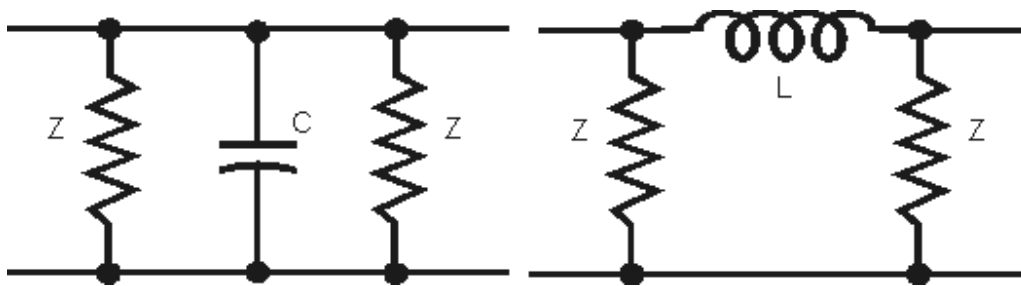




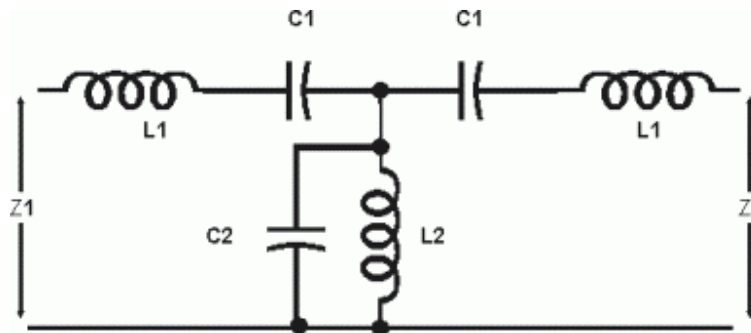
**eq05:** gráfico de vários valores de Q para dois filtros, um aumentando as frequências, outro as diminuindo.



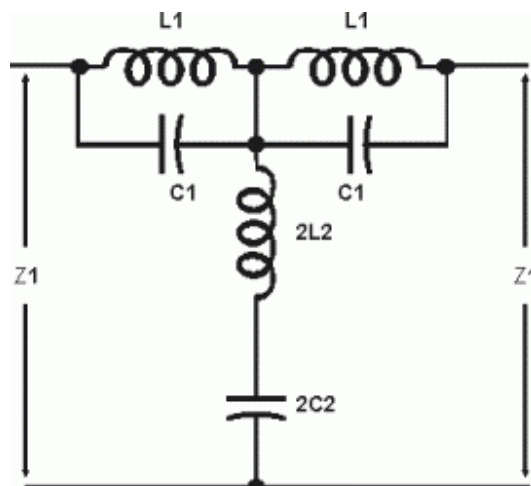
**eq06:** diagrama de filtro passa alta simples.



**eq07:** diagrama de filtro passa baixa simples.



**eq08:** diagrama de filtro passa faixa simples.



**eq09:** diagrama de filtro rejeita faixa simples.



(a) equalizador passivo de alta qualidade

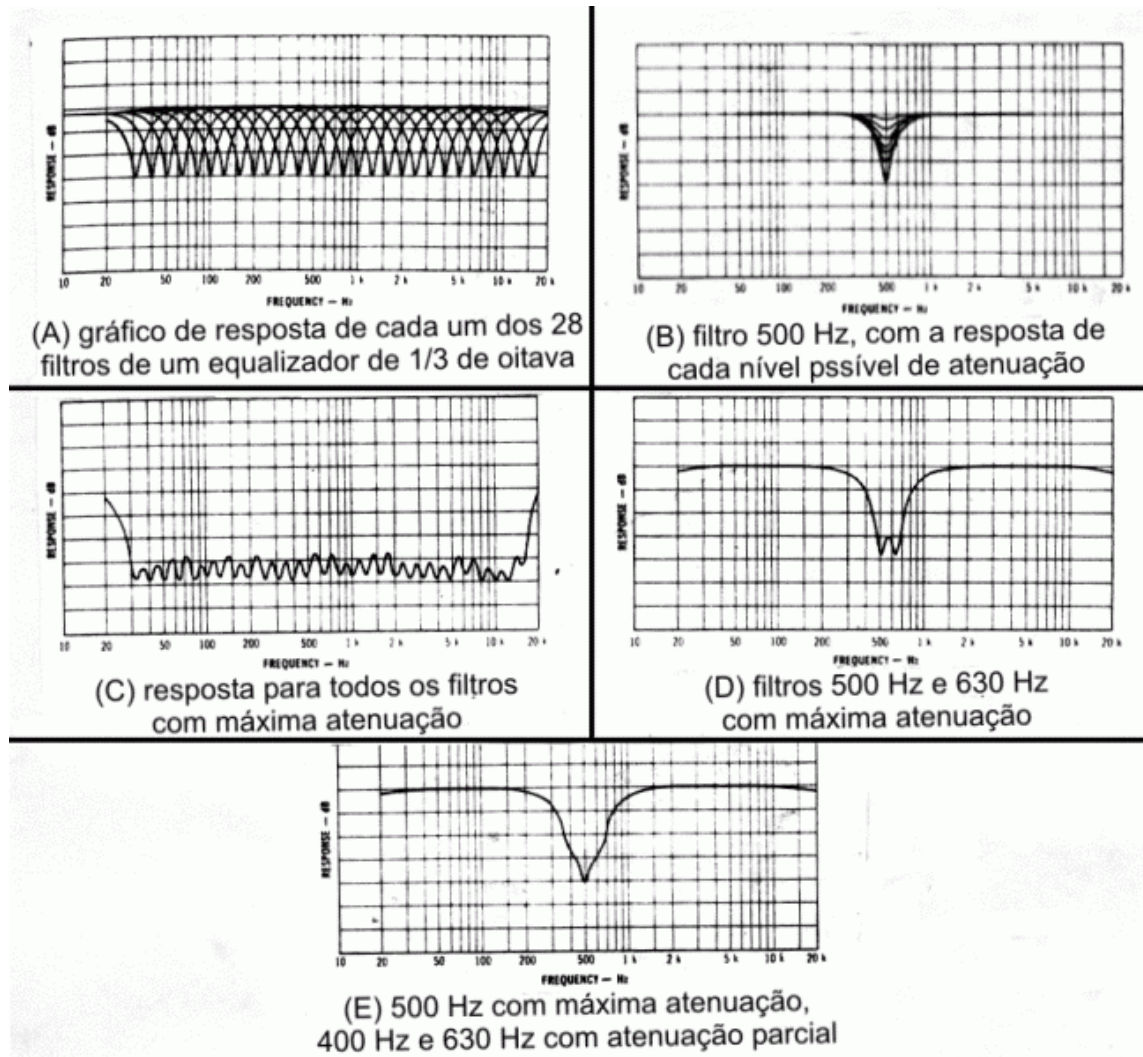


(b) equalizador gráfico ativo de 1 oitava (estéreo)



(c) equalizador ativo paramétrico

**eq10:** exemplos de equalizadores.



**eq11**: equalização.