Sociedade de Engenharia de Áudio Artigo de Convenção Apresentado na XV Convenção Nacional

17 a 19 de Maio de 2011, São Paulo, SP

Este artigo foi reproduzido do original entregue pelo autor, sem edições, correções e considerações feitas pelo comitê técnico deste evento. Outros artigos podem ser adquiridos através da Audio Engineering Society, 60 East 42nd Street, New York, New York 10165-2520, USA, www.aes.org. Informações sobre a seção brasileira podem ser obtidas em www.aesbrasil.org. Todos os direitos reservados. Não é permitida a reprodução total ou parcial deste artigo sem autorização expressa da AES Brasil.

Distorções Audíveis em Sistemas Processados por DSPs

Francisco Monteiro Studio R 04314-130, São Paulo, SP

francisco mont@msn.com

Ruy Monteiro Studio R 04314-130, São Paulo, SP

ruymonteiros@msn.com

Homero Sette Studio R 04314-130, São Paulo, SP homerosette@hotmail.com

RESUMO

O Primeiro Autor além de projetista full time de circuitos de áudio, nas horas vagas é produtor e masterizador de musica eletrônica. Exatamente quando no exercício desta segunda atividade descobriu importante (d)efeito que acomete a maioria dos processadores analógicos ativos e digitais: as curvas resultantes da superposição das resposta dos filtros passa altas e passa baixas, utilizados na composição dos crossovers, sofre inesperada alteração em torno das respectivas frequências de corte, em função da amplitude do sinal quando este ultrapassa o treshold dos processadores dinâmicos (compressores / limitadores), o que produz acentuado e desagradável efeito auditivo. Na equalização teremos a alteração dos níveis de reforço e atenuação.

Este (d)efeito (que saibamos até agora não relatado) pode comprometer a integridade dos transdutores.



Introdução

Os sistemas de sonorização profissionais são, em sua maioria, multivias e ativos, o que implica na utilização de crossovers eletrônicos, com a função de enviar para cada um dos transdutores do sistema sinais dentro da faixa em que melhor respondem e mais suportam potência. Para cada situação encontrada na pratica existe o tipo ideal de filtro a ser utilizado, sendo muito comuns aqueles com respostas Linkwitz-Riley, Butterworth, Bessel, Chebychev e taxas de atenuação de 6, 12, 18 ou 24 dB por oitava, ou mais. Alem disso ficou clara a conveniência da utilização de limitadores e compressores que têm a finalidade de proteger os transdutores contra danos produzidos por sinais excessivos, e evitar distorções.

Embora crossovers ativos, limitadores e/ou compressores estejam presentes na maioria dos sistemas, existe a possibilidade dos mesmos não funcionarem em conjunto exatamente conforme esperamos e desejamos. Uma dessas situações acontece quando o sinal aplicado ao sistema tem amplitude superior aquela programada nos limitadores e compressores, podendo produzir desagradáveis efeitos auditivos e até danificar os transdutores. Quanto maior for a atuação dos compressores e limitadores mais acentuados serão os efeitos indesejáveis acima mencionados.

Reforços produzidos por equalizadores no lado elétrico do sistema também podem provocar efeitos desagradáveis, o que será comentado mais adiante.

Percebendo o Problema

Para notar facilmente o problema que está sendo apontado neste trabalho deve-se utilizar um sistema com pelo menos duas vias, empregando obrigatoriamente limitadores com ou sem a presença de compressores. O ideal é que o sistema esteja corretamente alinhado em amplitude, a partir dos procedimentos adequados e que você esteja bastante familiarizado com o comportamento do sistema.

Vamos exemplificar com um sistema duas vias composto por um falante de graves, de 12", e um driver de compressão de titânio. Muito provavelmente este sistema necessitará de uma equalização capaz de compensar as deficiências do falante nas proximidades do corte com o driver e este ultimo vai exigir reforços nas freqüências mais elevadas, como no exemplo abaixo:

Na Fig. 1a temos as respostas elétricas dos sinais aplicados nas vias de graves e agudos, inicialmente com ambas em full range, ou seja, sem nenhum filtro de crossover ou de equalização aplicado. Foi mostrada, também a soma ou superposição (verde) desses dois sinais.

Na Fig. 1b vemos as respostas acústicas de cada via e a superposição de ambas. Como podemos notar, sinais elétricos, de mesma amplitude, aplicados nos transdutores produziram um resultado acústico irregular. Isso acontece, na pratica, devido às limitações inerentes aos transdutores, que precisarão ser corrigidas mediante equalização adequada.





A Fig. 2a mostra a resposta elétrica do sistema acima após a aplicação dos seguintes filtros:

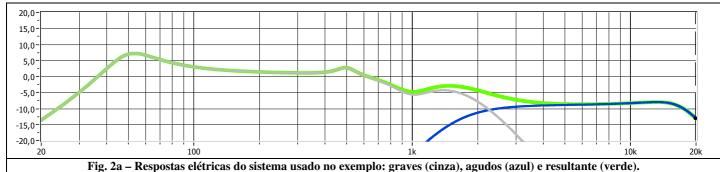
Via de graves:

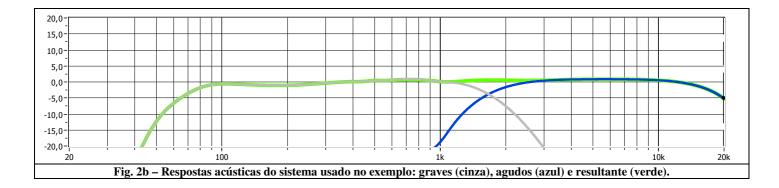
- 1 Passa Baixas, L-R, 24 dB/Oit., corte em 1800 Hz;
- 2 Passa Altas de 12 dB/Oit., em 50 Hz e Q = 2, para proteger o falante contra baixas freqüências e introduzir um reforço de
- 3 Equalizador paramétrico com + 2.6 dB e Q = 5 em 500 Hz;
- 4 Equalizador paramétrico com 6 dB e Q = 2,3 em 1 kHz;

Via de agudos:

- 5 Passa Altas L-R, 24 dB/Oit., corte em 1500 Hz
- 6 Passa Baixas, L-R, 24 dB/Oit., corte em 20 kHz para proteger o transdutor contra sinais ultra sônicos;
- 7 Equalizador paramétrico com + 2.6 dB e Q = 2 em 16 kHz;

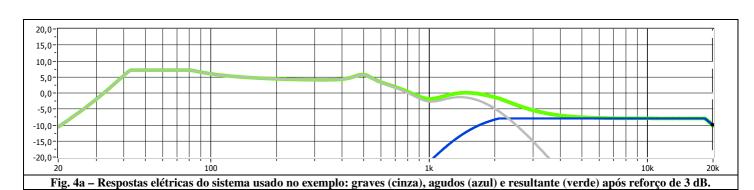
Na Fig. 2b vemos o resultado acústico das equalizações aplicadas: uma curva de resposta bastante plana dentro da banda passante desejada.

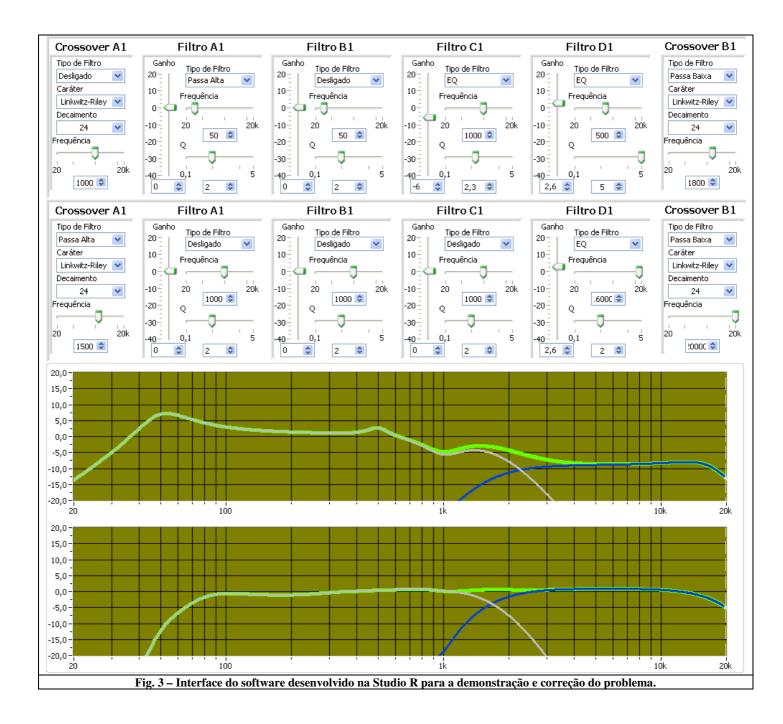


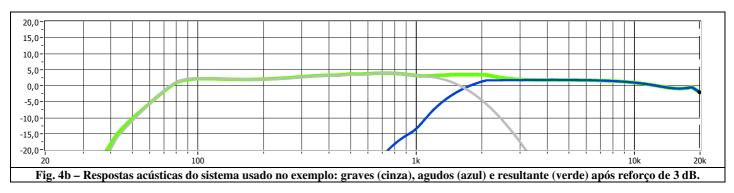


Até agora, tudo normal, sem nenhuma novidade!

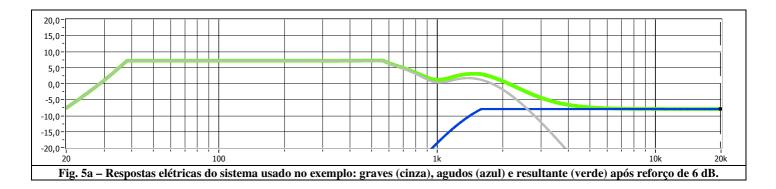
O problema poderá ser visualizado nas próximas figuras, resultantes de progressivos acréscimos no nível do sinal de entrada, em incrementos de 3 dB. Informamos que o sistema havia sido previamente ajustado com os thresholds dos limitadores ajustados exatamente no nível máximo dos sinais aplicados nas duas vias (ver a Fig. 2a). Já com o primeiro incremento de 3 dB vemos, na Fig. 4a, o achatamento da curva elétrica, produzido pela atuação do limitador, na faixa de 40 a 90 Hz, exatamente na região em que havia um pico criado para corrigir a resposta acústica. Já na via de agudos, o achatamento elétrico foi muito mais pronunciado, devido ao menor número de correções, como mostra a Fig. 4b. Em ambas as vias, as respostas ficaram mais planas no lado elétrico e mais irregulares no lado acústico.





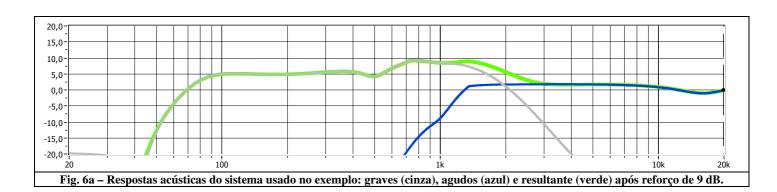


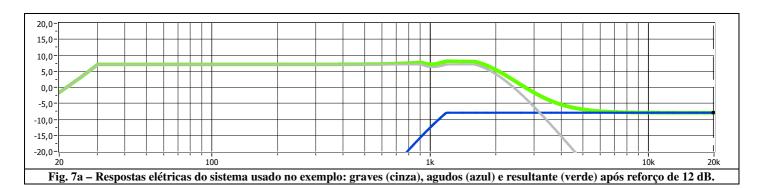
Conforme podemos notar nas figuras abaixo, quanto maior o acréscimo no nível do sinal de entrada mais planas ficaram as respostas elétricas e menos regulares tornaram-se as resposta acústicas.







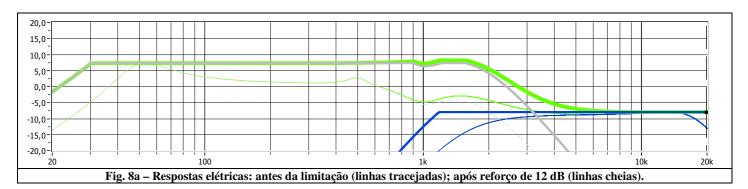


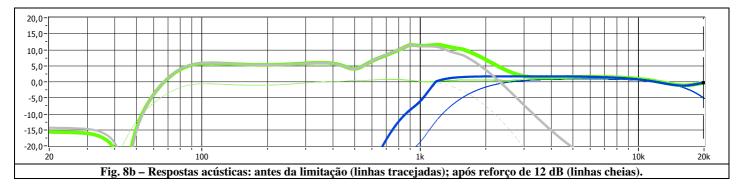




Chamamos a atenção para outro fato de grande importância: as freqüências de corte sofreram progressivo e indesejável deslocamento: o falante invadiu a região do driver (e vice versa), causando:

- 1 No falante, timbre desagradável;
- 2 No driver, risco de dano, devido às freqüências cada vez mais baixas nele aplicadas;
- 3 Reforço indesejável e perigoso, em torno da freqüência de corte, nas curvas resultantes elétricas e acústicas, com o agravante, neste caso, de estar o corte situado em uma freqüência muito importante para a reprodução da voz. Uma passagem musical ficaria muito "ardida".





A Fig. 8a mostra a comparação entre a curva elétrica do sistema original, devidamente alinhado (tracejada) e as correspondentes após 12 dB de limitação (traço cheio). Na Fig. 8b temos o equivalente para o lado acústico.

Os gráficos comparativos acima mostram claramente os efeitos causados nas respostas elétrica e acústica de um sistema

processado pela atuação dos limitadores devido à presença de sinais de grande amplitude. Para facilitar ainda mais o entendimento destes fatos podemos utilizar as Figs. 9a e 9b, abaixo.

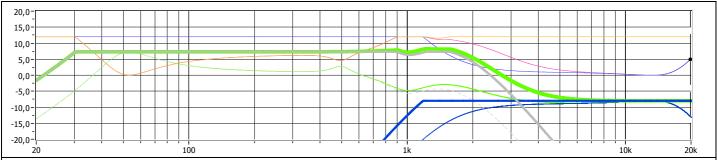


Fig. 9a - Respostas elétricas: antes da limitação (linhas tracejadas); após reforço de 12 dB (linhas cheias) e diferença entre ambas, linhas finas cheias.

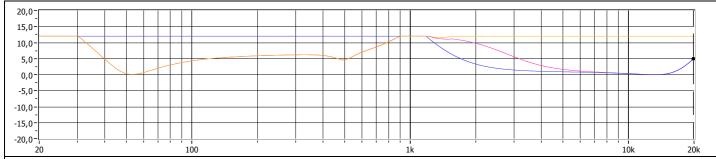


Fig. 9b - Diferença entre as respostas elétricas antes da limitação e após reforço de 12 dB. Driver (azul) , falante (laranja), resultante (vermelho).

Na Fig. 9a a linha cinza tracejada representa a resposta elétrica da via de graves, após o alinhamento feito para o sistema apresentar uma resposta plana. O mesmo acontece na via de agudos, com a curva azul tracejada. As curvas em cinza e azul, cheias, representam as respostas elétricas das vias de graves e agudos, respectivamente, após a sobrecarga que provocou a atuação dos limitadores. As curvas em verde representam as resultantes da superposição das respostas elétricas das vias de graves e agudos, antes da sobrecarga (tracejada) e após a atuação dos limitadores (cheia).

Na Fig. 9b vemos, em laranja, a diferença entre as respostas elétricas de graves depois e antes da atuação dos limitadores (mostradas na Fig. 9a). A Fig. 9b indica, em azul, essas mesmas diferenças, mas para a via de agudos. Nesta mesma figura, a curva em vermelho corresponde à diferença da superposição das vias de graves e agudos.

Conclusões

A maneira que melhor evidencia os problemas acima mencionados é uma varredura senoidal. No entanto isto não é aconselhável, pois com elevados níveis de potencia, seriam muito grandes os riscos de danos aos transdutores. Como segunda opção sugerimos programas musicais de amplo espectro e bastante familiares ao operador. Neste caso é recomendável a utilização de um analisador de espectro, para que as alterações espectrais, produzidas pela atuação dos limitadores possam ser visualizadas com comodidade. Para isso deve-se armazenar os picos das respostas, gravadas em um mesmo trecho da musica, antes e depois da atuação dos limitadores.

Devido à grande densidade da dinâmica espectral do ruído rosa, a despeito de sua reconhecida semelhança com sinais musicais, acaba o mesmo mascarando o problema.

Conforme acreditamos ter conseguido demonstrar a atuação dos limitadores, em um sistema processado, onde foram introduzidos reforços para a correção de irregularidades, traz significativas conseqüências para o comportamento dinâmico (com musica) do mesmo: deslocamento das freqüências de corte, modificações dinâmicas (imprevisíveis) no timbre devido à alteração das curvas de resposta.

Isso talvez explique a insatisfação de operadores diante do desempenho (mudança de timbre), que julgam insatisfatório e variável, de um sistema previamente alinhado e que, inclusive, teima em não responder às mudanças de equalização feitas durante o show

Transdutores que foram especificados corretamente, e até com folga, podem apresentar defeitos de difícil explicação, talvez pelos motivos acima citados.

Importante frisar que tudo nos leva a concluir que um sistema onde foram necessárias grandes correções estará muito mais sujeito aos problemas acima do que um naturalmente plano.

Em um sistema processado, significativamente corrigido, existirão dois objetivos distintos;

- 1 Manutenção da qualidade do timbre, mas com menor nível de SPL, cuidando-se para que os limitadores atuem por breves instantes e com taxas de compressão pequenas.
- 2 Conseguir elevados níveis de SPL, mesmo com os limitadores atuando seguidamente e aplicando elevadas alterações na compressão, à custa de alterações dinâmicas no timbre, que piora com o aumento do numero e intensidade das correções.

A Studio R está desenvolvendo um processador digital (DSP) com o sistema Pseudo Dynamic Treshold, para eliminar os inconvenientes acima descritos, e que será aplicado em seus produtos.

Devemos ressaltar que o uso de processamento passivo, utilizado diretamente na caixa acústica, ou seja, após o amplificador de potência, também é uma solução para os problemas acima citados, mas sujeito às desvantagens do elevado custo, peso, volume e falta de flexibilidade na utilização em diferentes aplicações.







Francisco Monteiro

Ruy Monteiro

Homero Sette

Sua convivência com o pessoal do áudio e com fábricas de amplificadores vem desde tenra idade, acompanhando o pai (Ruy Monteiro) em suas atividades. Suas brincadeiras envolviam a construção de dispositivos eletrônicos e a experiência musical com amplificadores e caixas acústicas. Atraído pela musica eletrônica começou mostrando aos amigos seu repertorio e suas produções, por volta de 1997, aos 15 anos de idade. Enquanto isso, nas férias escolares trabalhava na STUDIO R em diversos setores de eletrônica.

Concluiu o curso de Engenharia Eletrônica em 2005 tendo trabalhado durante o mesmo na assistência técnica da STUDIO R. A partir do termino do curso foi para o laboratório de projetos e desenvolvimento daquela empresa.

No entanto não perdeu seu interesse profissional pela musica tendo desenvolvido seus conhecimentos nas áreas de masterização e pós-produção. Ministrou, também, cursos nesta área.

Atualmente atua na STUDIO R nas áreas de desenvolvimento de softwares e processamento digital de sinais, tendo sido o responsável pelo desenvolvimento dos amplificadores da Linha X, a nova geração dos Nashville e na pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias para os próximos lançamentos da empresa.

Este trabalho, o primeiro que apresentou na AES, resultou da mixagem de sua experiência nas áreas musical e técnica. Desde 1988, quando fundou a STUDIO R atua como projetista de seus produtos, hoje liderando uma equipe de técnicos e engenheiros. Também engenheiro, formado em 1975, após ter concluído o Curso Técnico de Eletrônica, na Universidade Mackenzie em 1967 e passado pelos cursos de Engenharia Civil e de Física, ambos na USP, que abandonou após três anos.

Sua convivência com a eletrônica foi bastante precoce, pois ainda adolescente já montava circuitos publicados em revistas técnicas e livros.

Sua experiência em radio frequência, adquirida na Telefunken, onde entrou em 1970, mostrou-se valiosa para os circuitos dos amplificadores de áudio e receivers high-end que projetou na IGB Control, empresa do Grupo Gradiente. Foi projetista do Model 360 e do famoso A1.

Em 1979 integrou a sociedade fundadora da Micrologic, onde surgiu a Nashville, dedicando-se inteiramente ao projeto de equipamentos de áudio caracterizados pelo superior desempenho e durabilidade. Foi aí que surgiram os lendários NA-2200 e o M-1000, dentre outros.

A partir de 1988, já na STUDIO R, Ruy iniciou a fabricação de consoles de mixagem de médio e grande porte, nunca antes produzidos no Brasil.

Após o plano Collor abandou os consoles e iniciou a fabricação dos amplificadores de elevada potencia da STUDIO R, hoje exportados para diversos países, inclusive Estados Unidos.

Concluiu, em 1967, o Curso Técnico de Eletrônica, no atual CEFET-RJ, onde foi aluno do Prof. Antonio Kubrusly, que muito o influenciou com sua magnífica didática.

Seu primeiro contato com o áudio profissional aconteceu no Planetário do Estado da Guanabara, em 1971, tendo afastado-se desse setor, em favor do magistério técnico, inicialmente exercido no CEFET-RJ e posteriormente na Universidade Santa Úrsula, onde cursou Engenharia Eletrônica, e na Universidade do Estado do Rio de Janeiro, onde se licenciou em Eletrônica.

Mudou-se para Boa Vista, Roraima, em fins de 1980. São dessa fase o Curso de Pós Graduação em Educação, pela Universidade Federal do Ceará e a retomada do contato com o áudio, profissional, fabricando caixas acústicas e instalando sistemas de som.

Como consultor Técnico da Selenium, de Janeiro de 1994 até Junho de 2009 ministrou inúmeros cursos de treinamento em falantes e caixas acústicas, no Brasil e na América Latina, para lojistas, fabricante de caixas, técnicos de PA, escolas e universidades, sistematizando o conhecimento técnico desses ramos.

Participou da criação da KRAS AUDIO tendo desenvolvido, para aquela empresa, uma linha completa de produtos profissionais.

Em abril de 2011 passou a atuar como Consultor da STUDIO R