

# CONTROLE ATIVO DE RUÍDO EM UMA CABINE DE AUTOMÓVEL

Luiz Gustavo Del Bianchi da Silva Lima

E-mail: [luizlima85@gmail.com](mailto:luizlima85@gmail.com)

**Resumo.** O presente trabalho apresenta propostas de sistemas de controle ativo de ruído em cabines automotivas, com o objetivo de reduzir o ruído que atinge o condutor do veículo. Em primeiro lugar, foi apresentada a teoria de controle ativo de ruído, para introduzir como funciona a tecnologia em questão. Em seguida, os aspectos teóricos, em conjunto com publicações sobre o assunto, foram utilizados como ferramenta para a proposição de soluções passíveis de serem implementadas em um veículo para a realização de testes de campo. Finalmente, foram conduzidos os testes e foi verificada a eficácia desses sistemas, medida pela capacidade de atenuação (em dB) dos mesmos para determinados valores de frequência.

**Palavras-chave:** controle ativo de ruído, processamento de sinal, acústica, automóvel, cancelamento de som

## 1. Introdução

A redução do ruído provocado por veículos automotores é desejada por quase todos os que de alguma forma são afetados pela sua presença – principalmente por seus ocupantes, em busca de maior conforto, e pelas montadoras, interessadas em oferecer esse conforto a seus clientes. Neste contexto, a atenuação sonora por métodos ativos se apresenta como uma solução eficaz, sendo no momento objeto de estudo de diversos centros de pesquisa acadêmicos e da indústria automotiva em geral. Em relação a métodos passivos, alternativa principal aos ativos, apresenta como vantagem a praticidade, não requerendo o espaço necessário para a utilização de isolamento acústico, nem causando o aumento de peso decorrente da implementação de controle passivo. O custo inerente a esses sistemas, que antigamente representava um obstáculo, tem decrescido continuamente, em virtude do barateamento dos componentes eletrônicos. Portanto, trata-se de um método viável e eficiente, com grande potencial de utilização em larga escala.

O objetivo deste trabalho é utilizar a teoria de acústica e controle para conceber modelos físicos de sistemas de controle ativo de ruído em uma cabine automotiva, com a intenção de minimizar a intensidade do ruído que atinge o condutor do automóvel. A partir desses modelos, será possível estender a técnica para que seja aplicada a todos os ocupantes do veículo.

Neste artigo é apresentada inicialmente a teoria básica de acústica, visando a introduzir a idéia de cancelamento de ruído. Em seguida, são expostos os fundamentos de controle ativo de ruído e enunciadas as propostas de modelos experimentais para solução do problema. Finalmente, os resultados obtidos com tais modelos são apresentados e discutidos.

## 2. Princípio de funcionamento do controle ativo de ruído

### 2.1 Estratégias de controle: *Feedback* e *Feedforward*

Para calcular o ruído gerado por um certo dispositivo (também chamado de fonte primária), é necessário fazer a aquisição de um sinal de referência proveniente dessa fonte, a ser processado pelo sistema de controle digital. Com base nesse sinal processado, o sistema emite outro sinal para os alto-falantes (ou fontes secundárias), que o transformam em anti-ruído para promover a atenuação acústica do ambiente.

Em relação à estratégia utilizada para a aquisição do sinal de referência, os sistemas de controle ativo de ruído se dividem em duas categorias: sistemas de controle *feedback* (nos quais o sinal é recebido após haver interferência entre o ruído primário e o secundário) e sistemas de controle *feedforward* (no qual o sinal de referência é recebido diretamente na fonte primária). A seguir, será desenvolvida uma breve explicação do funcionamento de cada um desses sistemas, assumindo um único sinal de referência, uma única fonte de controle e, no caso *feedforward*, um único sinal de erro.

#### 2.1.1 Sistemas de controle *feedback*

A idéia básica de um sistema de controle ativo de ruído *feedback* é estimar o ruído primário (a ser cancelado) e usá-lo como um sinal de referência  $x(n)$  de entrada para o filtro digital. A Fig. (1a) apresenta um modelo físico desse tipo de sistema, e a Fig. (1b), sua esquematização, na qual  $d(n)$  é o ruído primário,  $e(n)$  é o sinal obtido do microfone de erro,  $C(z)$  é o chamado caminho secundário – modificações que o ruído secundário pode sofrer em seu caminho até ser amostrado como sinal de erro (como, por exemplo, nas interfaces analógicas-digitais pelas quais ele passa ao ser gerado e amostrado) – e  $y(n)$  (que na figura é o sinal  $x(n)$  após passar pelo filtro  $W(z)$ ) é o sinal secundário gerado pelo filtro adaptativo. Como na maioria dos casos  $C(z)$  é desconhecido, devemos estimar  $d(n)$ , a partir de uma técnica chamada de síntese (regeneração) do

signal de referência, na qual o signal secundário é filtrado pela estimativa do caminho secundário,  $\hat{C}$ , e então combinado com o signal obtido no sensor de erro para regenerar o ruído principal (KUO, 1999).

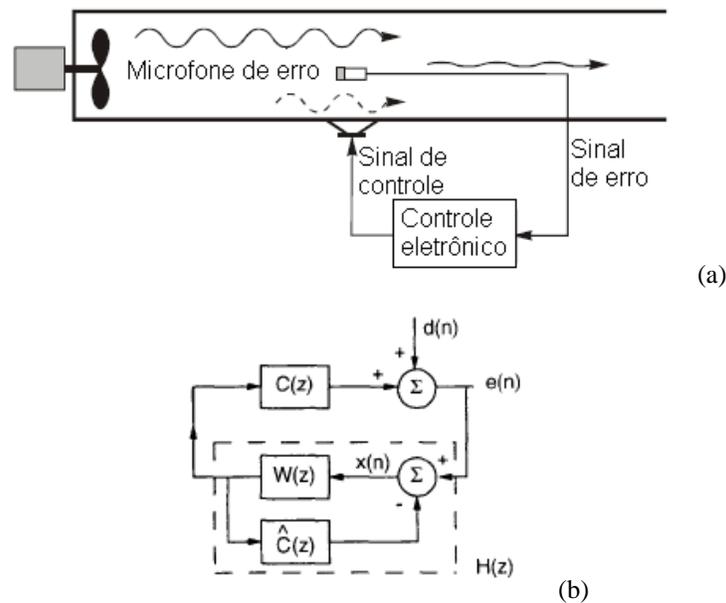
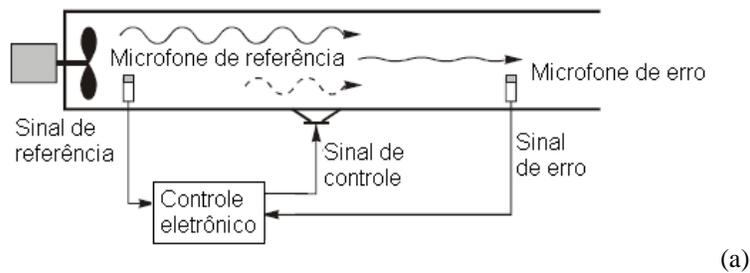


Figura 1: (a) Modelo físico (adaptado de HANSEN, 2003) e (b) esquema de um sistema *feedback* (adaptado de KUO, 1999)

### 2.1.2 Sistemas de controle *feedforward*

O sistema *feedforward* é aquele no qual um filtro adaptativo é utilizado para estimar a resposta acústica entre o sensor de referência e o sensor de erro da região na qual se pretende controlar o ruído. É importante deixar claro que nesse tipo de sistema o signal de referência é obtido diretamente na fonte de ruído; o sensor que capta o signal acústico após a interferência entre ruído e anti-ruído é chamado de sensor de erro. Minimizar o ruído captado por esse sensor é o objetivo desse tipo de controle, e a função principal do filtro adaptativo (KUO, 1999). A Fig. (2a) apresenta um modelo físico, e a Fig. (2b), uma esquematização desse tipo de sistema, na qual  $E(z)$  é o signal de erro captado,  $P(z)$  é a resposta acústica local (chamada de caminho primário) que interfere no ruído primário,  $S(z)$  é o caminho secundário (como no sistema de controle *feedback*),  $W(z)$  é o filtro adaptativo e  $X(z)$  é o ruído primário.



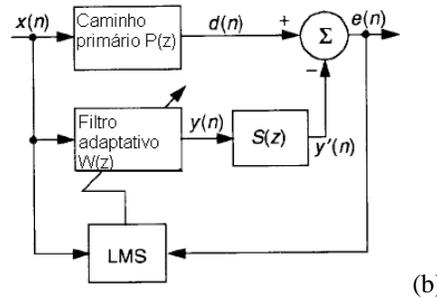


Figura 2: (a) Modelo físico (HANSEN, 2003) e (b) esquema de um sistema de controle *feedforward* (KUO, 1999)

Os sistemas *feedforward* são utilizados sempre que sua aplicação é possível, em detrimento dos sistemas *feedback*. Isso ocorre porque o potencial de atenuação acústica é maior no primeiro sistema, o qual converge (ou seja, torna-se estável) de forma muito mais rápida do que os sistemas *feedback*, pois emite um anti-ruído para cancelar o distúrbio primário de forma instantânea, graças à captação do sinal de referência direto da fonte. Sendo possível obter um sinal de referência com relativa facilidade no estudo aqui desenvolvido, o sistema de controle a ser utilizado será o *feedforward* (SNYDER, 1994). Nas seções seguintes, serão detalhados os componentes desse tipo de sistema e como eles funcionam.

## 2.2 Algoritmo adaptativo

O algoritmo adaptativo é a parte do sistema de controle responsável por ajustar os coeficientes do filtro digital de modo que a atenuação alcançada seja a maior possível. A maior parte desses algoritmos calcula os valores do filtro em um instante  $n+1$  adicionando ao valor do filtro em um instante  $n$  uma pequena porcentagem de um certo “erro” calculado em função do valor do sinal de erro ao quadrado (sendo, por isso, chamados de algoritmos LMS – *least-mean-square*), como mostrado na Eq. (7):

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) - \frac{\mu}{2} \nabla e^2(n) \quad (7)$$

onde  $\mathbf{w}(n+1) = [w_0(n+1) \ w_1(n+1) \ \dots \ w_{L-1}(n+1)]$  é o vetor de valores dos coeficientes dos filtros no instante  $(n+1)$ , a ser calculado (com  $L$  sendo a ordem de extensão do filtro),  $\mathbf{w}(n) = [w_0(n) \ w_1(n) \ \dots \ w_{L-1}(n)]$  é o vetor de valores dos coeficientes dos filtros no instante  $n$ , conhecidos,  $\mu$  é um número positivo que define a porcentagem do gradiente negativo a ser considerada na equação (conhecida como coeficiente de convergência) e  $\nabla e^2(n)$  é a estimativa do gradiente do erro quadrático no instante  $(n)$ . Podemos formular o erro obtido pelo sensor de erro,  $e(n)$ , como mostrado na Eq. (8) (ver Fig. (2b)):

$$e(n) = d(n) - s(n) * [\mathbf{w}^T(n) \cdot \mathbf{x}(n)] \quad (8)$$

onde  $d(n)$  é o sinal primário modificado pelo caminho primário,  $s(n)$  é a resposta ao impulso do caminho secundário  $S(z)$ , \* denota convolução linear e  $\mathbf{x}(n) = [x(n) \ x(n-1) \ \dots \ x(n-L+1)]$  é o vetor de sinais de referência obtidos nos  $L$  instantes de tempo anteriores ao instante  $n+1$ . Calculando a estimativa do gradiente do erro quadrático no instante  $n$  pela Eq. (9):

$$\nabla e^2(n) = 2 \cdot [\nabla e(n)] \cdot e(n) = -2 \cdot \mathbf{x}'(n) \cdot e(n) \quad (9)$$

com  $\mathbf{x}'(n) = s(n) \cdot \mathbf{x}(n)$ , chegamos à Eq. (10):

$$\mathbf{w}(n+1) = \mathbf{w}(n) + \mu \cdot \mathbf{x}'(n) \cdot e(n) \quad (10)$$

que é o algoritmo adaptativo a ser utilizado pelo filtro digital. Há um problema no uso desse algoritmo no caso de um sistema como mostrado na Fig. (3): o termo  $\mathbf{x}'(n)$  não pode ser obtido diretamente pelo método LMS convencional, visto que é o fator  $\mathbf{x}(n)$  que é utilizado como entrada. Dessa forma, foi proposto por Morgan (1980) o método Filtered-X LMS (ou

FXLMS), apresentado na Fig. (4), pelo qual os sinais  $\mathbf{x}(n)$  são “filtrados” por uma estimativa do caminho secundário,  $\hat{\mathbf{s}}(n)$ , da forma exibida pela Eq. (11):

$$\mathbf{x}'(n) = \hat{\mathbf{S}}(n) * \mathbf{x}(n) \quad (11)$$

É essa forma que se utiliza com maior frequência nas aplicações de controle ativo de ruído *feedforward* atuais. Há, ainda, uma modificação do algoritmo FXLMS bastante utilizada, conhecida como algoritmo *Leaky FXLMS*, no qual se insere um coeficiente denominado *leakage factor* ( $v$ ,  $0 < v < 1$ ) multiplicando o vetor  $\mathbf{w}(n)$ , tal que (Eq. (12)):

$$\mathbf{w}(n+1) = v \cdot \mathbf{w}(n) + \mu \cdot \mathbf{x}'(n) \cdot e(n) \quad (12)$$

o que reduz os erros de arredondamento do processo, evitando que ocorra *overflow* no processador e, portanto, mal funcionamento do filtro.

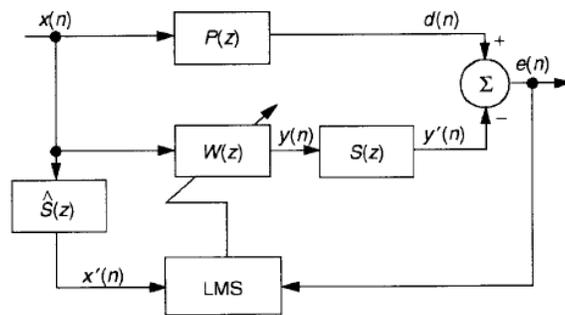


Figura 4: Diagrama de blocos de um sistema de controle ativo de ruído usando algoritmo FXLMS (KUO, 1999)

Finalmente, pode-se escrever a Eq. (13) para o caso de haver mais de um sinal de erro e/ou sinal de controle. Teremos:

$$\mathbf{w}_k(n+1) = \mathbf{w}_k(n) + \mu \cdot \sum_{m=1}^M \mathbf{x}'_{km}(n) \cdot e_m(n) \quad (13)$$

para  $k=1,2,\dots,K$  e  $m=1,2,\dots,M$ , onde  $K$  é o número de sinais de controle e  $M$  é o número de sensores de erro, e com  $\mathbf{x}'_{km}(n) = \hat{\mathbf{S}}_{mk}(n) * \mathbf{x}(n)$ .

### 3. Procedimento experimental

Após revisão bibliográfica de publicações que apresentassem sistemas experimentais de controle ativo de ruído, foram escolhidas soluções para a montagem de sistemas que se adequassem ao contexto de um trabalho de formatura (restrições orçamentárias, de tempo e de montagem). Dessa forma, serão implementadas experimentalmente as seguintes configurações:

- Solução 1: Filtros FIR, uma ou duas fontes de controle posicionadas nos falantes originais do automóvel, sinal de referência captado por microfone. O uso do sistema de som do automóvel se dá da seguinte forma: o comando do sistema (popularmente chamado de “rádio”) contém um canal de entrada, o qual recebe o sinal de saída da placa de controle ativo, e o envia para os falantes localizados nas portas dianteiras do veículo. Neles, o anti-ruído será produzido para efetuar o cancelamento do ruído indesejado.
- Solução 2: Filtros FIR, uma fonte de controle posicionada junto à cabeça do condutor (controle local), sinal de referência captado por microfone. O uso de controle local apresenta potencial para promover atenuação sonora tão eficaz quanto o controle global; a idéia básica desse método de controle é promover a atenuação do som na região próxima à cabeça do motorista, criando uma “zona de silêncio”, ao invés de minimizar o ruído que deixa o motor do automóvel de forma geral, o que promove indiretamente a redução de ruído para o condutor.

### 3.1 Modelos físicos dos sistemas de controle ativo de ruído

#### 3.1.1 Solução 1

Essa solução (fontes de controle posicionadas nos falantes originais dos automóveis) é a que requer menos material, em virtude de utilizar o sistema de som original do automóvel. Assim, apenas são necessários (no mínimo) dois microfones, uma placa de controle ativo de ruído, materiais de apoio e o computador portátil (ou seja, não há necessidade de se instalar um falante de controle em lugar algum). A Fig. (5) ilustra a montagem dos componentes no interior do automóvel, sendo os fios representados pelos traços em vermelho, microfone da fonte primária pelo número 1, comando de som do veículo pelo número 2, placa de aquisição pelo número 3 (porém abaixo do assento), computador portátil pelo número 4 (acima do banco), microfone de erro (no encosto do assento do condutor) pelo número 5 e falantes de controle (originais do carro) pelo número 6.

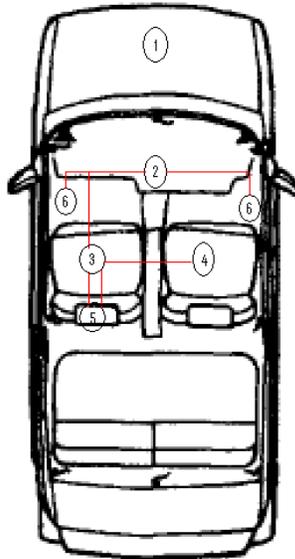


Figura 5: Esquema da montagem experimental da solução 1

#### 3.1.3 Solução 2

Nesta solução (controle local utilizando fonte secundária localizada próxima à cabeça do condutor), serão utilizados, no mínimo, dois microfones, um pequeno falante de controle, uma placa de controle ativo de ruído, materiais de apoio e o computador portátil. A Fig. (6) ilustra a montagem experimental dessa solução, sendo os fios representados pelos traços em vermelho, microfone da fonte primária pelo número 1, falante de controle e microfone de erro (ambos localizados próximo ao assento do condutor) pelo número 2, placa de aquisição pelo número 3 (porém abaixo do assento) e computador portátil pelo número 4 (acima do banco).

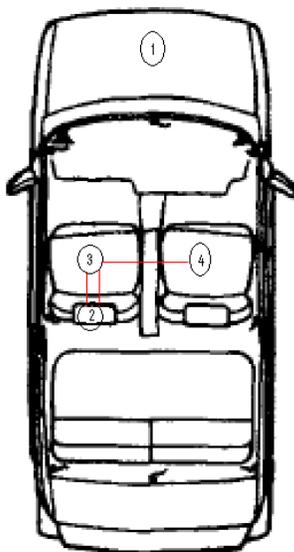


Figura 6: Esquema da montagem experimental da solução 2

### 3.2 Materiais utilizados

Os seguintes materiais foram utilizados no desenvolvimento experimental das duas soluções expostas acima:

- Para aquisição de sinais: dois microfones com respectivos pré-amplificadores (para as posições de erro e referência) e uma fonte para alimentação de energia aos microfones;
- Para processamento dos sinais e geração do sinal de controle: placa de controle ativo de ruído, configurada para processar o ruído e conceber o anti-ruído, e notebook, fornecendo interface gráfica para operação da placa de controle.
- Para emissão do anti-ruído: sistema de som original de um automóvel (composto pelo comando do sistema e pelos alto-falantes) para controle global e caixas de som de computador para controle local.

### 3.3 Metodologia empregada nos ensaios

Os seguintes passos foram seguidos nos experimentos realizados em campo: em primeiro lugar, se ajustou toda a aparelhagem, e foram posicionados os microfones de erro (fixos no encosto de cabeça do condutor) e referência (posicionado sobre o motor do carro, com o capô aberto) e as caixas de som (também fixas ao encosto de cabeça do condutor). Em seguida, o automóvel foi ligado e foi tomada a medida do microfone de erro sem a ação do controle de ruído. Finalmente, o controle foi acionado e a medida do microfone de erro foi novamente tomada, sendo armazenadas as duas medidas da posição de erro para comparação.

É necessário ressaltar que as medidas foram efetuadas com o automóvel parado, em ponto morto e sem ser acelerado. Isso traz duas conseqüências: não se avalia o ruído decorrente da interação entre pneu e solo e se avalia a intensidade sonora do motor em apenas uma freqüência de rotação (no caso, aproximadamente 1000 rpm). Veremos posteriormente o efeito dessas características do experimento nos resultados obtidos.

## 4. Resultados

### 4.1 Solução 1

Pelos gráficos de intensidade sonora em função da freqüência apresentados na figura 7, a região de predominância de atenuação de ruído situa-se entre 0 e 180 Hz, mas há pequenas regiões acima desse valor de freqüência nas quais também

se verifica atenuação, como entre 210 e 240 Hz, entre 255 e 300 Hz e entre 350 e 380 Hz. Apesar de se manter elevada a atenuação na faixa de 115 Hz (6 dB), a maior redução de ruído se dá na faixa de 80 Hz, com aproximadamente 15 dB de redução. Entretanto, não é possível atestar a confiabilidade desse dado.

Integrando as curvas expostas na figura 7, podemos obter uma média da intensidade sonora em todo o espectro para os dois casos: 15,1 dB para o caso sem controle 14,2 dB para o caso com controle, resultando numa diferença de 5,5%. Dessa forma, verifica-se que o controle aplicado diminui a intensidade sonora no espectro estudado de maneira geral e, mais especificamente, em regiões de baixas frequências.

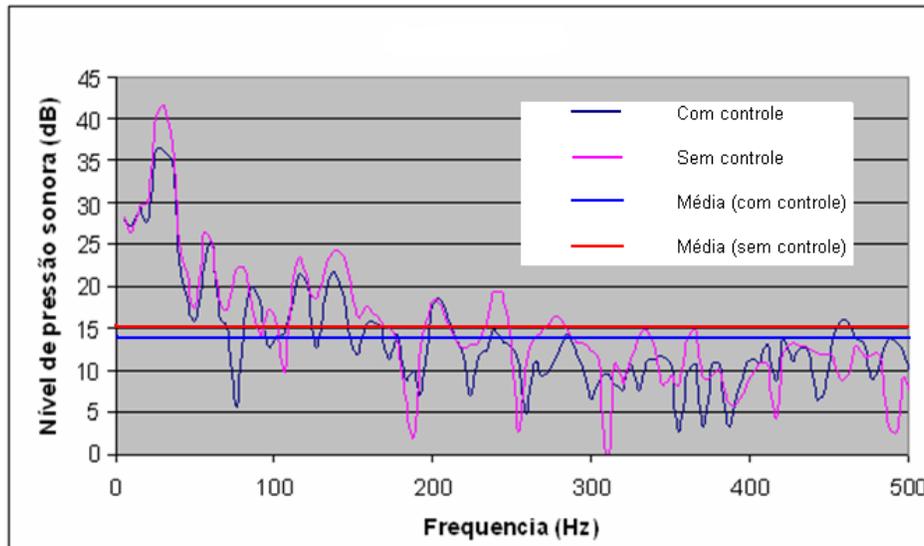


Figura 7: Nível de pressão sonora em função da frequência para a solução 1.

#### 4.2 Solução 2

Pelos gráficos de intensidade sonora em função da frequência apresentados na figura 8, podemos identificar uma região onde apenas há atenuação de ruído, entre 0 e 140 Hz. Após essa frequência, observamos alternância entre regiões de aumento e redução de ruído, havendo duas zonas de predominância de redução de ruído e uma zona de predominância de amplificação de ruído. A máxima atenuação se dá na faixa de 95 Hz, com aproximadamente 6 dB de redução de ruído.

Integrando as curvas expostas na figura 8, podemos obter uma média da intensidade sonora em todo o espectro para os dois casos: 17,2 dB para o caso sem controle e 16,5 dB para o caso com controle, resultando numa diferença de 4%. Dessa forma, verifica-se que o controle aplicado diminui a intensidade sonora no espectro estudado de maneira geral e, mais especificamente, em regiões de baixas frequências.

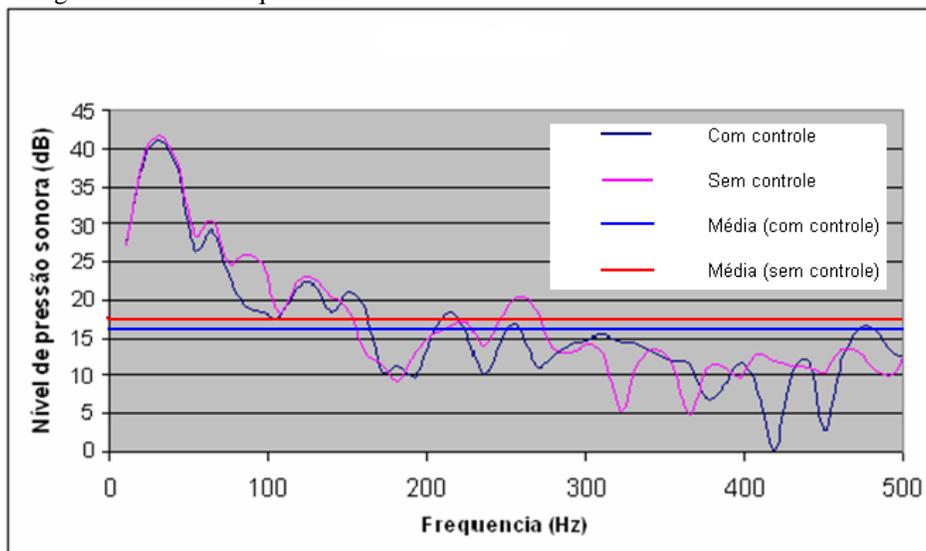


Figura 8: Nível de pressão sonora em função da frequência para a solução 2.

## 5. Discussão

Antes de se tirar quaisquer conclusões acerca dos resultados obtidos, deve-se levar em conta o fato de ambas as soluções utilizarem dispositivos emissores de som secundário que não respondem em frequências abaixo de um certo valor (80 Hz no caso das caixas de som, 50 Hz no caso dos falantes do automóvel). Assim, as atenuações notadas nos picos de 20 Hz para as configurações 3, 4 e 5 não devem ser consideradas como resultado de uma ação de controle efetiva, visto que seria impossível produzir anti-ruídos de tal frequência usando o equipamento de que se dispunha. Para frequências acima das citadas acima, entretanto, o funcionamento dos dispositivos de emissão de anti-ruído passa a ser válido, e os resultados são confiáveis.

Observadas as colocações do último parágrafo, os resultados obtidos e apresentados no capítulo anterior nos levam a três conclusões principais; a primeira é o efeito positivo na ação de controle que tiveram as configurações com maior número de coeficientes dos filtros digitais e menores valores de coeficiente de convergência dos algoritmos adaptativos. No que diz respeito à extensão do filtro digital, não há, em teoria, relação entre o aumento do número de coeficientes do filtro e uma melhora no controle ativo do ruído. Na verdade, a técnica sugerida para variação desse parâmetro é tentativa e erro (SNYDER;VOKALEK, 1994). Quanto ao coeficiente de convergência do algoritmo adaptativo, pode-se explicar melhores resultados para menores valores pelo fato de que valores elevados tendem a não manter uma determinada configuração de valores dos filtros, sempre buscando novos valores a cada iteração. Dessa forma, o algoritmo torna-se instável, não convergindo para um conjunto de valores ótimos para o filtro digital. Com valores menores, ao contrário, é obtida maior estabilidade.

A segunda conclusão que se tira é a maior eficácia do controle realizado pelos falantes do automóvel em relação ao controle local. Isso pode ser explicado pelo fato de que o sistema de som do automóvel é um dispositivo de maior potência e qualidade do que as pequenas caixas acústicas utilizadas para controle local. De fato, alto-falantes comuns (nessa categoria também inclusas caixas de som) são fracos em respostas abaixo de 100 Hz – justamente as mais importantes no caso em questão.

Finalmente, a terceira conclusão que pode se obter é, na verdade, a corroboração de algo que a literatura especializada atesta periodicamente: no caso automotivo, quanto maior a rotação do motor (e, conseqüentemente, a frequência do ruído que se deseja reduzir), maior a eficácia das técnicas de controle ativo.

## 6. Conclusões

A mais imediata das duas soluções propostas é o uso do próprio sistema de som do automóvel – o que já é feito em modelos japoneses, convém lembrar. Ela é economicamente viável, visto que se utiliza de algo que o consumidor já se mostra disposto a pagar, que são as caixas de som vinculadas ao rádio. Sua utilização em conjunto com uma boa placa de controle ativo, calibrada para diversas situações e desenvolvida por uma equipe especializada, apresenta potencial para redução de ruído de forma global, sendo útil para todos os passageiros e funcionando como elemento de segurança e conforto no veículo.

A outra solução – o controle local – requer ainda bastante engenharia para ser implantada, mas já se mostra eficaz em usos análogos ao que teria em automóveis. Nesse caso, as fontes de controle requerem menor potência e apresentam uma capacidade de atenuação maior do que no caso de controle global, justamente por poder ser direcionada para a redução de ruído em uma zona muito menor.

Os resultados obtidos nesse trabalho parcialmente corroboram as perspectivas expostas acima. O controle utilizando o sistema de som do automóvel consegue cancelamento de ruído em largas faixas de frequência, mesmo sem uma calibração ideal e em condições adversas (baixa rpm, fios e cabos de transmissão de sinais de qualidade inferior, etc.). Experimentos em rotações mais elevadas e com o veículo em movimento, bem como considerando conversa entre passageiros e música ambiente, devem ser realizados para permitir uma análise mais completa do funcionamento do método nas condições reais de uso. Por sua vez, o controle local utilizando caixas de som próximas aos ouvidos do condutor apresentou resultados piores, mas compatíveis com a qualidade das caixas utilizadas; experimentos mais estruturados devem ser feitos a fim de atestarem com precisão a capacidade desse método.

## 6. Referências Bibliográficas

- Bistafa, S.R., “Acústica aplicada ao controle do ruído”. Ed. Blucher, São Paulo, 2006.  
Elliott, S.J.; Nelson, P.A. “Active noise control”. IEEE Signal Processing Magazine, vol.10, pp.12-35, 1993.  
Hansen, C.H. “Does active noise control have a future?”. Wespac 8: The 8<sup>th</sup> western Pacific acoustic conference, acoustics on the move, Melbourne, 2003.

- Kuo, B.C. "Digital control systems". Holt, Rinehart and Winston, New York, 1980
- Kuo, S.M.; Morgan, D.R. "Active Noise Control: A Tutorial Review". Proceedings of The IEEE, vol. 87, no. 6, 1999
- Masiero, B.S. "Controle ativo de ruído para transformadores de potência em campo". 162 p. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- Moraes, L.F.M.; Domingues, G. M. B. "Relatório Técnico Ravel/01-96". Redes Digitais de Serviços Integrados, Ravel-UFRJ, Rio de Janeiro, 1996.
- Nelson, P.A.; Elliott, S.J. "Active control of sound". Academic Press, London, 1992.
- Pecenin, M. "Desenvolvimento de um sistema de aquisição e análise de sinais elétricos de tensão em tempo real com suporte de ferramentas de software livre". 48p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Foz do Iguaçu, 2005.
- Snyder, S.D; Vokalek, G. "EZ-ANC User's Guide". Guia de usuário do sistema de controle ativo de ruído EZ-ANC. Causal Systems Pty Ltd., Adelaide, 1994.
- Staneff, D.A.; Hansen, C.H.; Morgans, R.C. "Active control analysis of mining vehicle cabin noise using finite element modeling". Journal of Sound and Vibration, vol. 277, pp. 277-297, 2004.
- Tamamura, M.; Shibata, E. "Application of active noise control for engine related cabin noise". JSAE Review, vol. 17, pp. 37-43, 1996.

## ACTIVE NOISE CONTROL OF AN AUTOMOBILE CABIN

**Luiz Gustavo Del Bianchi da Silva Lima**

E-mail: [luizlima85@gmail.com](mailto:luizlima85@gmail.com)

***Abstract.** This paper presents proposals of active noise control systems on automobile cabins, aiming the reduction of the noise heard by the driver. In first place, is presented the basic theory of active noise control, to introduce how this technology works. After that, these theoretic aspects, along with articles and books about the subject, are used as a tool to the proposal of solutions capable of being implemented in a vehicle for the realization of field tests. Finally, the tests are conducted and the efficacy of these systems is verified, measured by their attenuation capacity (in dB) for given values of frequency.*

***Keywords:** Active noise control, signal processing, acoustics, automobile, sound cancelling.*