

ANÁLISE TEMPO-FREQÜÊNCIA COMO TÉCNICA AUXILIAR NA DETERMINAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO SONORA DE FONTES DE RUÍDO INDUSTRIAIS NO MEIO AMBIENTE

Maria Alzira de Araújo Nunes

Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Mecânica
Av. João Naves de Ávila, 2121 Bl.1M, 38.400-902, Uberlândia-MG
zizanunes@gmail.com

Marcus Antônio Viana Duarte

Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Mecânica
Av. João Naves de Ávila, 2121 Bl.1M, 38.400-902, Uberlândia-MG
mvduarte@mecanica.ufu.br

Resumo: Com o acelerado crescimento das cidades, está ocorrendo com freqüência, a invasão de residências nas áreas industriais, e conseqüentemente o aumento da exposição da população ao ruído gerado por processos fabris. O principal desafio encontrado no controle de ruído ambiental consiste em identificar quais fontes de potência sonora deverão ser tratadas para que os níveis de ruído medidos em pontos de controle atendam aos valores exigidos pela legislação vigente. Sendo assim, o profissional da área deve estar hábil a identificar diferentes fontes sonoras e determinar suas contribuições no ponto receptor. No entanto, a precisão de modelos numéricos-computacionais para resolução destes problemas é da ordem de ± 5 dB. Tendo em vista que erros desta magnitude são inadmissíveis para órgãos de controle de ruído, este trabalho tem como objetivo a quantificação de fontes sonoras provindas de uma planta industrial propagando em meio externo na real situação em que se encontra o problema, sem aproximações ou ajuste de modelagem. A metodologia utilizada é constituída na determinação da Função Transferência (FT) entre a fonte sonora de interesse (localizada dentro da indústria) e o ponto receptor, utilizando filtro adaptativo LMS (Least Mean Square) juntamente com uma fonte sonora de referência (sinal do tipo varredura senoidal). Um procedimento experimental é apresentado neste trabalho. Simulações numéricas mostraram que a capacidade de filtragem do filtro (LMS) é comprometida à medida que o nível de energia da fonte de referência é reduzido se comparado com a energia gerada pelas outras fontes no ponto receptor. A fim de contornar esta restrição, uma metodologia utilizando ajuste via mínimos quadrados e análise tempo-freqüência (distribuição de Choi-Williams) é apresentada. Os resultados obtidos comprovam a validade da metodologia, conseguindo quantificar o nível sonoro de determinada fonte com erros inferiores a 2 dB.

Palavras-chave: ruído ambiental, fonte de ruído, análise tempo-freqüência.

1. INTRODUÇÃO

A exposição da população ao Ruído Ambiente, particularmente nas zonas urbanas, tem merecido uma atenção crescente por parte da comunidade. Uma das grandes preocupações, se trata de analisar a influência do ruído industrial, na qualidade do ambiente exterior onde as pessoas circulam ou permanecem, sendo este tipo de ruído uma das maiores causas de reclamações das comunidades no órgão competente de sua cidade (HANDLEY, 1995).

Atualmente, problemas com ruído no interior e no exterior de uma fábrica têm sido uma constante. No entanto, procura-se direcionar este trabalho para ruído com propagação externa à indústria.

O principal desafio encontrado no controle de ruído ambiental consiste em identificar quais fontes de potência sonora deverão ser tratadas para que os níveis de ruído medidos em pontos de controle atendam aos valores exigidos pela legislação vigente. O grande problema a ser contornado reside no fato de que uma planta industrial de porte médio é composta por milhares de fontes de ruído que contribuem para os níveis de ruído total medidos na comunidade circunvizinha. Este tipo de problema é caracterizado como propagação de ruído externo (GERGES, 2000).

A metodologia de redução do ruído se inicia através de métodos efetivos de identificação das propriedades acústica do ambiente e das fontes sonoras. Para tal metodologia, a fonte de ruído deve ser primeiramente identificada, seguida pela identificação do caminho de transmissão. O espectro do sinal acústico é também muito útil para identificação da fonte sonora (BELL; BELL, 1993). Esta informação é então analisada e utilizada a fim de propor uma solução efetiva para a redução do ruído (BARBER, 1993).

No entanto, somente a análise do espectro não é suficiente, uma vez que em plantas e ambientes industriais é muito comum a existência de fontes sonoras coerentes (diferentes fontes de ruído possuem determinada quantidade de energia acústica em uma mesma frequência). Daí a necessidade de desenvolver novas técnicas de identificação e quantificação do ruído no ponto receptor que consiga eliminar este problema.

Outra característica importante dos ambientes industriais é que as fontes sonoras necessitam operar simultaneamente, não podendo ser desligadas ou removidas para estudo de sua contribuição acústica no campo sonoro analisado.

Neste contexto, pesquisas vêm sido desenvolvidas desde meados dos anos 70, no que diz respeito à identificação e quantificação da contribuição de fontes de ruído. Técnicas, tais como, função de coerência parcial (*Partial Coherence Function* – PCF) desenvolvida por Koss and Alfredson (1974), rede de sensores (conhecido como *microphones array*) aplicadas a inúmeras metodologias (NISHIURA et al., 2003; JUHL et al., 2002) e *Beamforming* têm ganhado expressiva importância no campo da acústica. No entanto, esta última vem sendo aprimorada rapidamente (CHEN; HUDSON, 2002).

Tendo em vista a quantidade de novas tecnologias atuantes no mercado, as quais possuem um custo elevado, como exemplo, as grades de microfones (*arrays*), pretende-se neste trabalho, desenvolver uma metodologia com custo acessível, ou seja, utilização de pequena quantidade de sensores, a qual seja capaz de quantificar fontes sonoras em meio externo.

2. METODOLOGIA

Este trabalho visa o desenvolvimento de uma metodologia para quantificar a contribuição de fontes sonoras, provindas de um ambiente industrial, em pontos específicos utilizados para controle de ruído ambiental. Desta maneira é possível estimar a influência que uma fonte sonora tem sobre os níveis de ruído total medidos em pontos de controle pré-determinados. A importância desta estimativa decorre da necessidade de identificar quais fontes de ruído de uma planta industrial deverão ser tratadas para que os níveis de pressão sonora medidos em um local pré-definido fiquem abaixo dos valores permitidos pela legislação vigente.

Em geral, são características de uma planta industrial:

- Existência de inúmeras fontes sonoras, as quais contribuem para o NPS total medido em um ponto receptor externo;
- As fontes não podem ser desligadas devido ao processo de produção contínuo;
- Presença de fontes coerentes;
- O caminho de transmissão sonoro entre as fontes e o ponto receptor externo é complexo, ou seja, com presença de reflexões de raios acústicos.

Tendo em vista as características citadas, tem-se como objetivo a determinação (estimativa) da Função Transferência entre a fonte sonora que se quer quantificar e o ponto receptor localizado externamente à planta industrial.

Para estimativa desta Função Transferência, utiliza-se um filtro adaptativo LMS (*Least Mean Square*) e ainda uma fonte de referência, a qual gera um sinal do tipo varredura senoidal (*sine sweep*). A utilização da varredura senoidal se justifica pelo fato deste sinal não estar correlacionado com nenhuma fonte presente no sistema e por varrer toda a faixa de frequência de interesse.

2.1 Aplicação do Filtro LMS na Quantificação de Fontes Sonoras

Para desenvolvimento da metodologia proposta, propõe-se a aplicação de filtragem adaptativa como o meio para a estimativa da Função Transferência entre a fonte sonora de interesse e o receptor.

Para melhor entendimento da metodologia a ser utilizada e como o filtro adaptativo LMS será utilizado, a Figura 1 é apresentada.

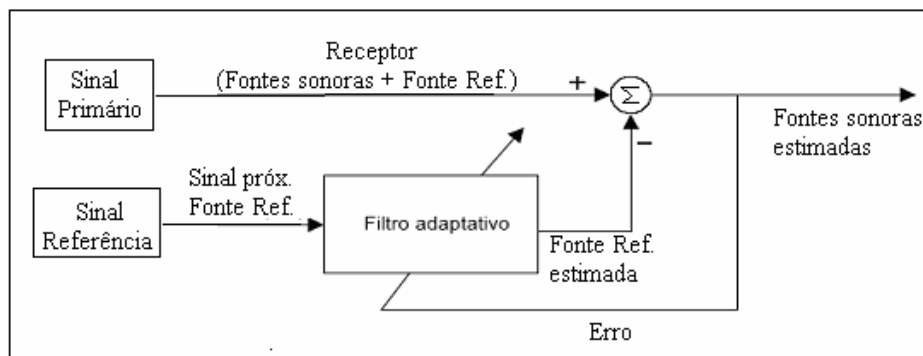


Figura 1 – Esquema do filtro adaptativo utilizado neste trabalho.

Analisando a Figura 1, temos que: o sinal primário é constituído do sinal obtido no ponto receptor (um ponto pré-determinado) com a contribuição sonora de todas as fontes do sistema (ou da área em estudo), inclusive a contribuição sonora de uma fonte de referência, a qual será adicionada ao sistema e posicionada próxima à fonte de interesse (que se quer identificar). O sinal de referência é o sinal obtido próximo (aproximadamente a 1 m) à fonte de referência, ou seja, o sinal possui contribuição sonora apenas desta fonte.

Utilizando o filtro LMS, temos que o sinal estimado pelo filtro (na Fig. 1 corresponde a ‘Fonte Ref. estimada’) será o sinal proveniente da fonte de referência no ponto receptor. De posse deste sinal e do sinal estimado próximo à fonte de referência, será possível estimar a função de transferência entre a fonte que se quer quantificar (uma vez que esta está próxima à fonte de referência) e o ponto receptor.

A fonte de referência gera um sinal do tipo varredura senoidal (*sine sweep*), o qual é caracterizado por sua variação de frequência ao longo do tempo, por isso a utilização de um filtro adaptativo, visto que este tem a capacidade de se adaptar às variações sofridas pelo sinal ao longo do tempo.

No entanto, como a fonte de referência possui um sinal com potência variável ao longo do tempo, utiliza-se então o algoritmo LMS normalizado, já que este tem maior capacidade de adaptação do passo adaptativo, se comparado com o algoritmo RLS (Recursive Least Square).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precedente a esta etapa, uma análise de sensibilidade e simulações numéricas foram feitas a fim de analisar o comportamento do filtro LMS aplicado ao cancelamento adaptativo de ruído.

Após análise de sensibilidade, utilizando o filtro adaptativo com várias configurações dos sinais primários e de referência, onde se variou os níveis de energia dos sinais que compunham estes, concluiu-se que à medida que diminui a energia do sinal provindo da fonte de referência (um gerador de varredura senoidal) do sinal primário, a capacidade de filtragem do filtro é reduzida, sendo assim, a qualidade do sinal filtrado é comprometida, sendo este sinal inadequado para o uso.

Ainda com relação aos resultados das simulações numéricas, quanto à presença de fontes coerentes no modelo ou no sistema a ser analisado, o resultado obtido com a utilização do filtro possui boa relação sinal ruído (igual a 17 dB), obtendo somente o sinal da fonte de referência que chega no ponto receptor, o qual é o sinal de interesse, visto que o sinal de referência não está correlacionado com nenhuma fonte presente no sistema.

O procedimento experimental tem como objetivo validar as simulações numéricas, como citadas anteriormente. De posse do resultado obtido na análise de sensibilidade, nos procedimentos experimentais foi desenvolvida uma metodologia para diminuir a energia proveniente das fontes do sistema no ponto receptor, porém mantendo o nível de energia da fonte de referência.

Para tais validações, o experimento será realizado em campo acústico livre (aberto). A ‘bancada experimental’ é composta de fontes sonoras, as quais são alto falantes, gerando ruído de fontes industriais, propagando por um caminho de transmissão até atingir o ponto receptor, onde está localizado um microfone, ou seja, o receptor.

Três tipos de ruídos foram armazenados em CD (Compact Disc) para posterior reprodução nos alto falantes. São estes: o ruído de um exaustor e o ruído produzido por um gerador de ruído rosa, ambos obtidos em laboratório com um sistema de aquisição utilizando um microfone capacitivo. O ruído do exaustor foi obtido adquirindo o sinal de pressão sonora de um exaustor localizado em laboratório. O terceiro tipo de ruído foi obtido através da geração de um sinal do tipo Varredura Senoidal em ambiente Matlab® através da função chirp, o qual posteriormente foi convertido para um arquivo do tipo WAV (Wave Sound, ou seja, áudio).

3.1 Campo Livre

O esquema representativo da área experimental está mostrado na Figura 2.

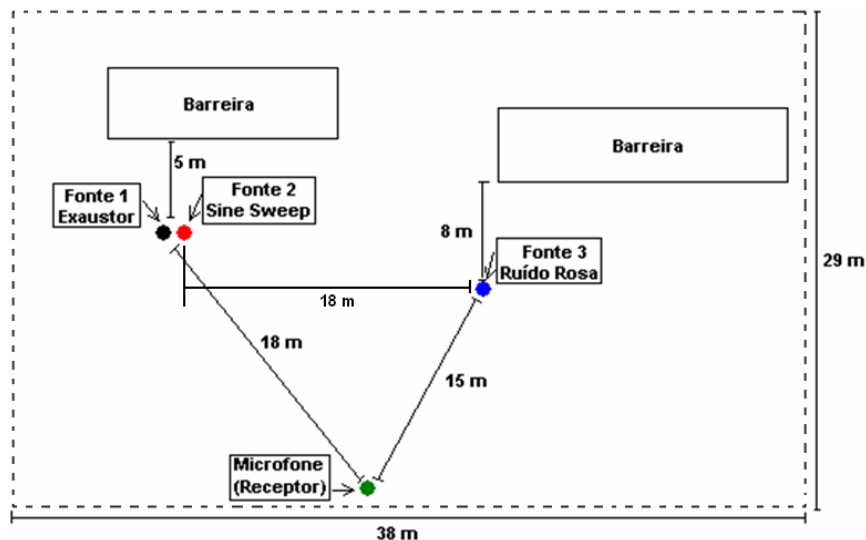


Figure 2 - Esquema da área experimental utilizada.

Segundo o resultado obtido na análise de sensibilidade (como citado anteriormente) o sinal da fonte de referência obtido no ponto receptor deve possuir um nível de energia maior se comparado com as outras fontes sonoras que atingem este mesmo ponto.

Na prática, a obtenção de uma configuração onde o nível de energia da varredura senoidal seja maior que o nível de energia das outras fontes de ruído no ponto receptor, nem sempre é possível. Outro fato é que se obtido um nível de energia de varredura bem maior que o ruído de fundo (diferença maior que 6 dB), a utilização do filtro não seria necessária segundo fundamentos da acústica. Sendo assim, uma metodologia foi desenvolvida visando reduzir a energia das fontes de ruído do ambiente, porém, mantendo a mesma energia presente na varredura.

Para aplicação de tal metodologia, o primeiro passo é a coleta de várias medições no ponto receptor (para o experimento em questão foram realizadas 10 aquisições), onde todas as fontes devem estar ligadas para geração do ruído total, e posteriormente, fazer a média entre estas aquisições, pois assim, o ruído proveniente do exaustor e do ruído rosa seria reduzido, considerando que haverá cancelamento dos sinais devido às diferenças de fases entre estes. Já a energia da varredura deve ser mantida, para isto outra metodologia deve ser aplicada.

Para evitar qualquer tipo de oscilação no caminho de transmissão entre o emissor e o receptor, durante as medições o microfone foi fixado em um tripé.

O resultado da média entre as dez medições realizadas no ponto receptor, com todas as fontes ligadas, está mostrado na Figura 3-a, onde se encontra um espectrograma da média computada.

Analisando a Figura 3-a, observa-se que a varredura não possui a mesma fase nas dez aquisições obtidas, pois se observa claramente os atrasos (delays) existentes entre as varreduras que compõe o sinal médio, ou seja, quando se fez a média, o resultado é a presença de várias varreduras, como pode ser observado na Figura 3-b. Tais diferenças de fases se devem ao tempo de início de aquisição, ou seja, causado pelo manuseio do sistema de aquisição.

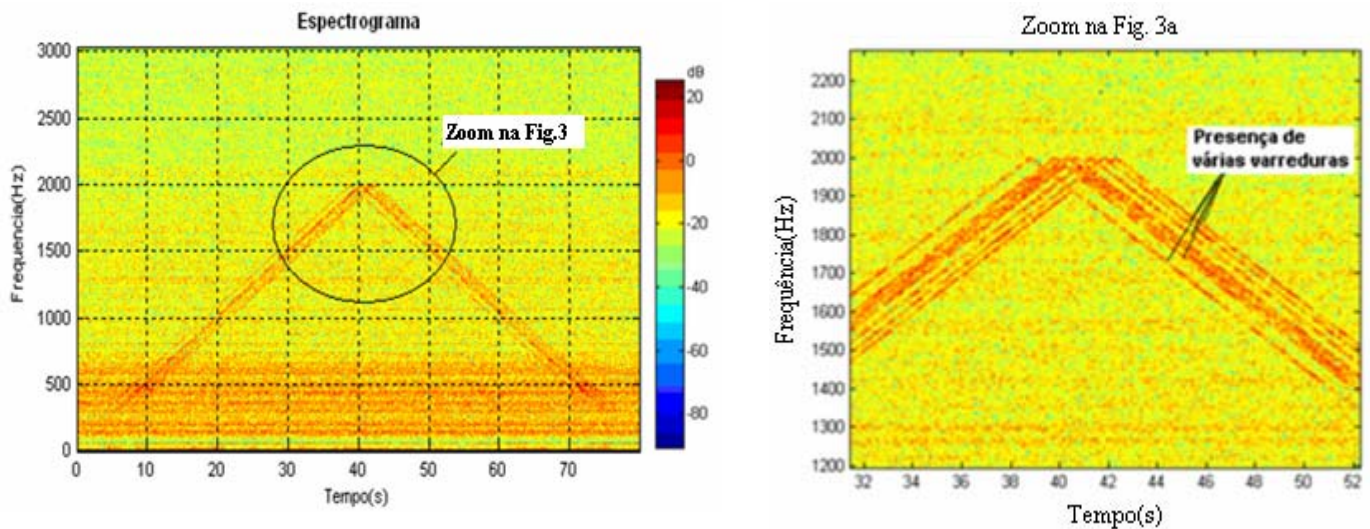


Figura 3-a) Espectrograma da média de dez aquisições no ponto receptor. b) Zoom aplicado na Figura 3-a.

Para que a média das dez medições no ponto receptor reduza a energia das outras fontes mantendo a energia da varredura, é necessário que as varreduras se iniciem no mesmo instante de tempo. Para isto é necessário corrigir os atrasos (delays) existentes entre estes. Tal correção é conseguida obtendo o tempo exato em que cada varredura começa. A partir da varredura que se inicia no maior instante de tempo, têm-se este como referência, e consegue-se corrigir as outras varreduras iniciando-os no mesmo instante de tempo do de referência.

Para esta metodologia, ou seja, obter o instante de tempo exato de início de cada varredura, é utilizado um ajuste via mínimos quadrados entre pontos marcados sobre a reta da varredura em um diagrama tempo-frequência, e assim obtém-se o ponto em que a reta da varredura intercepta o eixo x (tempo) na frequência de 50 Hz (frequência inicial da varredura).

Para aplicação desta metodologia (ajuste via mínimos quadrados) é necessária a utilização de um diagrama tempo-frequência com boa resolução no tempo, ou seja, possua um incremento de tempo de $1/8192$ s, para que assim possa obter o tempo exato de início da varredura. Tal fato não se consegue com o uso do espectrograma. Esta resolução pode ser conseguida com a utilização de uma distribuição tempo-frequência de Choi-Williams.

Aplicando a distribuição de Choi - Williams em um determinado segmento do sinal obtido no receptor, obtém-se o diagrama tempo-frequência deste, como pode ser observado na Figura 4. A

aplicação desta distribuição em todo o sinal possui um custo computacional muito alto, por isso a aplicação foi limitada somente a um segmento do sinal.

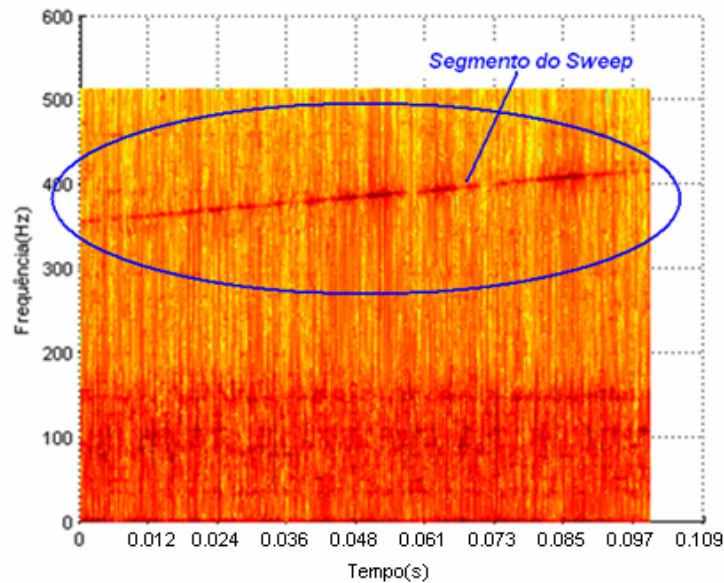


Figura 4 - Análise Tempo-Frequência utilizando Distribuição de Choi-Williams.

A partir do diagrama tempo-frequência obtido (Figura 4), é possível, via mínimos quadrados, interpolar uma reta sobre pontos selecionados no gráfico (pontos selecionados visando estimar uma reta sobre a varredura). Tais pontos são selecionados sobre a reta em cor vermelha (marcada pelo círculo em azul na Figura 4), a qual pode ser vista na Figura 3-a entre as frequências 360 Hz a 420 Hz. Assim, é possível estimar onde esta reta, ou seja, a varredura intercepta o eixo x (tempo) na frequência inferior (início) da varredura (50 Hz). Realizando este procedimento para cada uma das dez (10) medições, têm-se o instante em segundos em que cada varredura se inicia. A partir destes tempos amostrais, corrigem-se os sinais, ou seja, eliminam-se os delays entre eles, e novamente faz-se a média das dez medições. O resultado obtido é mostrado na Figura 5-a.

Visando eliminar a diferença de fase existente entre as varreduras (pode ser visto na Fig. 5-b), propõe-se a utilização do Cepstrum, o qual é uma técnica que tem como objetivo a detecção de repetibilidade do sinal. Na acústica, o Cepstrum é muito utilizado na detecção de ecos. Com a utilização do Cepstrum é possível calcular o atraso (delay) entre dois sinais com a resolução de tempo desejada (neste caso, uma resolução de 10^{-1} milissegundos).

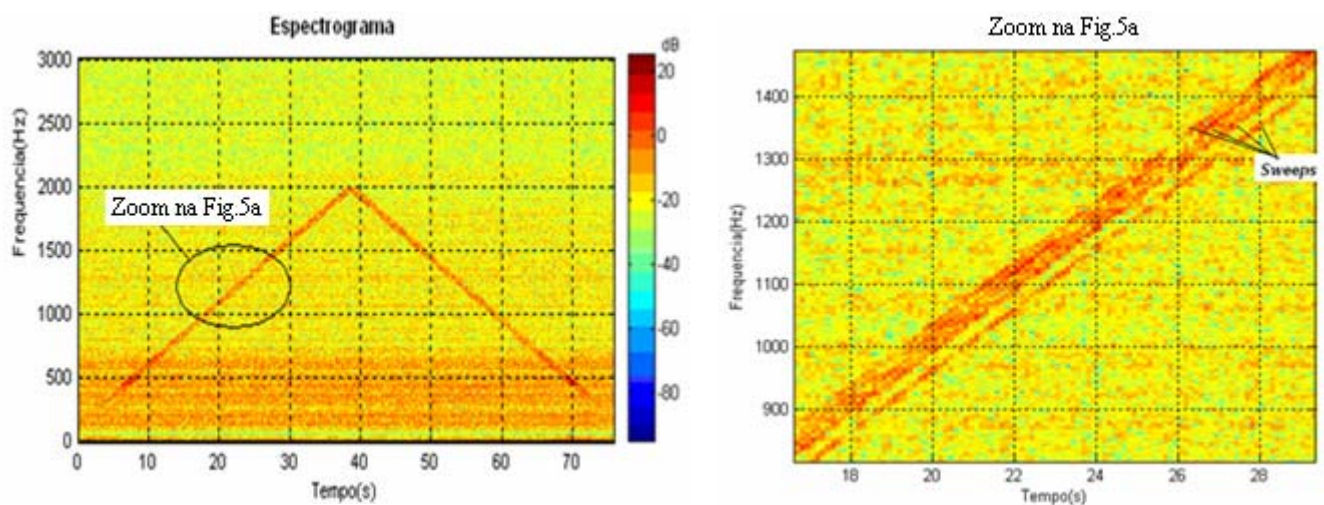


Figura 5-a) Média entre as dez medições após correção de fase utilizando distribuição de Choi-Williams e ajuste via mínimos quadrados. b) Zoom feito na Figura 5-a.

Após aplicação do ajuste via mínimos quadrados, sabe-se em qual das dez aquisições a varredura possui o maior tempo de início, ou seja, possui o maior atraso (delay) entre os sinais das medições. Para aplicação do Cepstrum, toma-se esta medição (a que possui o maior atraso) como referência e calcula o delay entre cada medição e o de referência (maior atraso).

Na Figura 6-a está mostrado o espectrograma do sinal adquirido no receptor (uma aquisição), e na Figura 6-b está mostrado o espectrograma resultante da média das dez medições no receptor utilizando a metodologia proposta.

Observa-se na Fig. 6-b que o nível de pressão sonora nas altas e baixas frequências providas das fontes 1 e 3 (exaustor e ruído rosa respectivamente) são reduzidos, como pode ser observado pela redução da cor vermelha em relação à Fig. 6-a.

Utilizando o sinal médio obtido no receptor como ‘sinal primário’ de entrada no algoritmo LMS, o resultado obtido após filtragem adaptativa é mostrado na Figura 7-a. Na Figura 7-b está mostrado o erro absoluto entre os dois sinais da Figura 7-a (varredura medida menos varredura estimada).

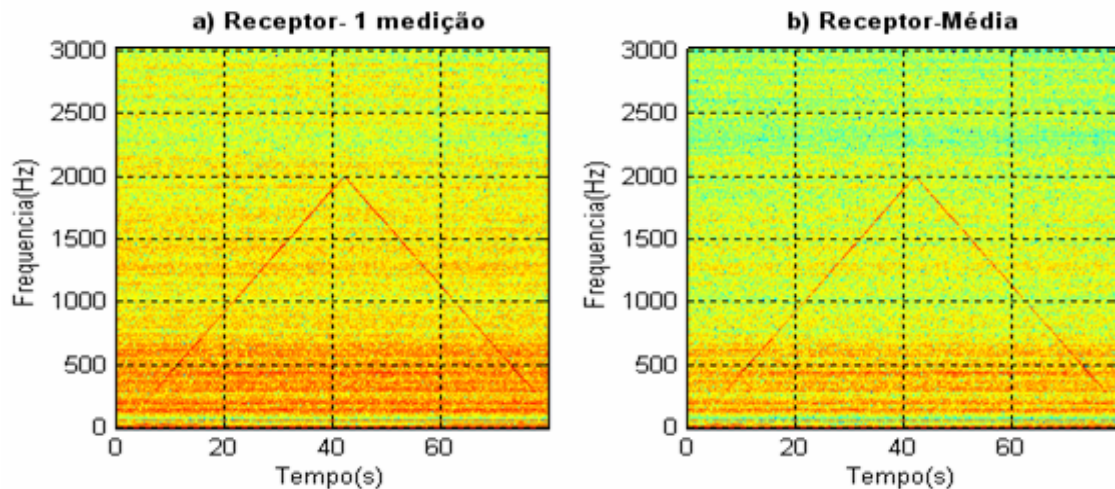


Figura 6 – Diagrama tempo-frequência. a) Uma aquisição no ponto receptor. b) Média das dez aquisições no ponto receptor.

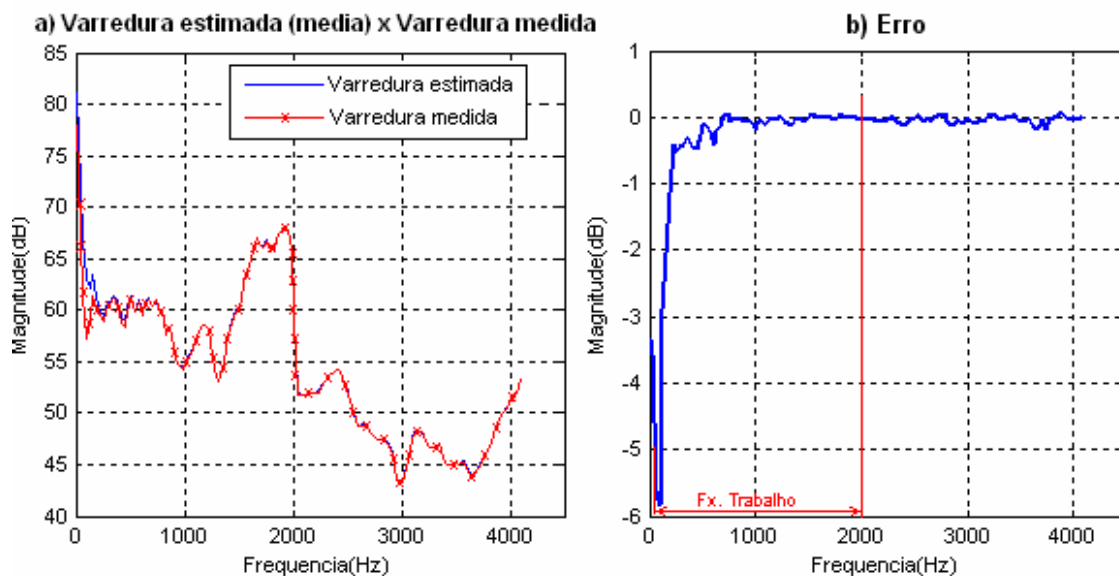


Figura 7 –a) Resultado obtido com o filtro a partir do sinal médio obtido no receptor. b) Erro obtido.

Observa-se na Figura 7-a que o sinal da varredura estimada se aproxima mais da varredura medida, nas baixas frequências. No entanto, permanece ainda um erro nas baixas frequências (abaixo de 200 Hz) o que se deve ainda pela quantidade superior de energia provida das outras fontes sonoras do sistema em relação à energia contida na varredura nesta frequência. Para eliminar

esta energia, uma opção seria adquirir uma quantidade maior de aquisições para realização da média.

De posse do sinal estimado com o filtro, o qual é a varredura que chega ao receptor, e do sinal estimado próximo à fonte geradora de varredura, estima-se então a função transferência entre o emissor e o receptor, utilizando a Eq. (1).

$$FT_{est} = 10 \log_{10} (\bar{X}^2_{varredura_est}) - 10 \log_{10} (\bar{X}^2_{varredura_prox}) \quad (1)$$

onde FT_{est} é a Função Transferência estimada, $\bar{X}^2_{varredura_est}$ é a média exponencial da varredura estimada no ponto receptor com o filtro adaptativo, $\bar{X}^2_{varredura_prox}$ é a média exponencial da varredura estimada próximo ao gerador de varredura. A média exponencial é calculada para um tempo de resposta de 125 milisegundos.

A função transferência estimada com a Eq. (1) é usada para calcular o nível de pressão sonora que atinge o receptor devido ao exaustor. Assim, com o sinal obtido próximo ao exaustor e com a função transferência estimada com o filtro adaptativo calcula-se a contribuição sonora do exaustor no ponto receptor utilizando a Eq. (2).

$$Y(f)_{exaustor} = FT(f)_{est} + 10 \log_{10} (X(f)_{prox_exaustor}) \quad (2)$$

onde $Y(f)$ é o Nível de Pressão Sonora no receptor devido à contribuição sonora do exaustor, FT_{est} é a Função Transferência estimada utilizando a Eq. (1), $X(f)$ é o sinal no domínio da frequência medido próximo ao alto-falante gerando o ruído do exaustor.

O resultado obtido com a Eq. (2), ou seja, a contribuição sonora do exaustor no ponto receptor, está mostrado na Fig. 8-a. O erro absoluto (NPS medido menos NPS estimado) entre os dois sinais da Fig. 8-a está mostrado na Fig. 8-b.

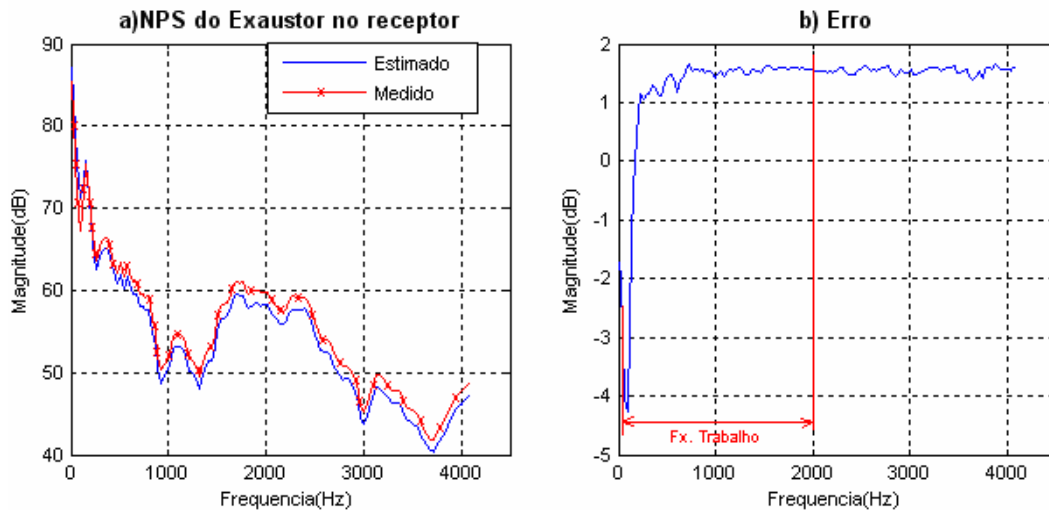


Figura 8- a) Contribuição sonora do Exaustor (Fonte 1) no ponto receptor. b) Erro.

Analisando a Fig. 8-b temos que o erro obtido com a metodologia atinge valores de 1,5 dB dentro da faixa de frequência 200 Hz a 2000 Hz. O alto valor de erro obtido abaixo da frequência de 200 Hz se deve ao fato explicado na análise de sensibilidade. Desta maneira, o resultado obtido é excelente para medições de campo onde erros de medições da ordem de ± 3 dB são satisfatórios.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho visa o desenvolvimento de uma metodologia de baixo custo (utilização de dois sensores), com a qual é possível determinar a contribuição sonora de fontes de ruído industriais (quantificar) em pontos receptores localizados na comunidade circunvizinha, através da estimativa da Função Transferência entre a fonte sonora de interesse e o receptor, utilizando filtro adaptativo e uma fonte de referência (gerador de sinal do tipo varredura senoidal ou sine sweep).

As principais conclusões deste trabalho são:

1. Para utilização do filtro adaptativo, é necessário otimizar os parâmetros (número de pesos do filtro, razão de convergência e fator de esquecimento) com uma função objetivo que vise minimizar o erro entre o sinal estimado com o filtro e o sinal teórico. Conclui-se que tais parâmetros é função da velocidade de varredura do sine sweep utilizado.
2. Uma metodologia foi desenvolvida para diminuir a energia proveniente das fontes do sistema no ponto receptor, porém mantendo o nível de energia da fonte de referência. Esta é constituída da realização de médias dos sinais medidos no ponto receptor, após análise tempo-frequência utilizando distribuição de Choy-Williams, técnicas de ajuste via mínimos quadrados e cálculo do Cepstrum. Erros da ordem de 10 (dez) dB nos sinais estimados com o filtro, obtido antes da metodologia (antes de fazer a média) foram reduzidos para 2 (dois) dB após utilização desta.
3. Procedimentos experimentais são finalizados com êxito, mostrando que a metodologia proposta consegue quantificar o nível sonoro de determinada fonte com erros de 2 dB, os quais são menores que os erros provenientes de instrumentação, ou seja, ± 3 dB.

5. AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica. Ao CNPq e à FAPEMIG.

6. REFERÊNCIAS

- Handley, J. M. Controle de Ruído Industrial. Revista Acústica e Vibrações. 15.ed. 1995.
- Gerges, S. N. Y. Ruído - Fundamentos e Controle. 2.ed. Editora NR, Florianópolis-SC, 2000. 674p.
- Bell, D. H.; Bell, L. H. Industrial Noise Control: Fundamentals and Applications. 2.ed. Marcel Dekker Inc., New York, 1993. 672p.
- Barber, A. Handbook of Noise and Vibration Control. 6.ed. Elsevier Science, Oxford, United Kingdom, 1993. 600p.
- Koss, L.L.; Alfredson, R. J. Identification of Transient Sound Sources on a Punch Press. Journal of Sound and Vibration. v. 34 (1), p. 11 - 33, 1974.
- Nishiura, T.; Nakamura, M.; Lee, A.; Saruwatari, H.; Shikano, K. Talker Tracking Display on a Autonomous Mobile Robot with a Moving Microphone Array. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNACIONAL CONFERENCE ON AUDITORY DISPLAY, Kyoto, Japan, July 2-5, 2002.
- Juhl, P. M.; Petersen, S. O.; Hald, J. Localizing Sound Sources in 3-D Space Using Spherical Harmonic Beamforming. In: INTERNOISE 2005 - CONGRESS AND EXPOSITION ON NOISE CONTROL ENGINEERING, 07-10 august 2005, Rio de Janeiro, Brasil.
- Chen, J. C.; Yao, K.; Hudson, R. E. Source Localization and Beamforming. IEEE Signal Processing Magazine. p. 30-39, 2002.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

TIME-FREQUENCY ANALYSIS AS AUXILIARY TECHNIQUE IN THE DETERMINATION OF THE SOUND CONTRIBUTION OF INDUSTRIAL SOURCES OF NOISE IN THE ENVIRONMENT

Maria Alzira de Araújo Nunes

Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Mecânica
Av. João Naves de Ávila, 2121 Bl.1M, 38.400-902, Uberlândia-MG
zizanunes@gmail.com

Marcus Antônio Viana Duarte

Universidade Federal de Uberlândia - Faculdade de Engenharia Mecânica
Av. João Naves de Ávila, 2121 Bl.1M, 38.400-902, Uberlândia-MG
mvduarte@mecanica.ufu.br

Abstract: *With the quick growth of the cities it is taking place frequently and consequently the increase of the exposure of the population to the noise produced by manufacturing processes. The principal challenge found in the control of environmental noise consists in identifying which sources of sound power will have to be treated so that the levels of noise measured in control points attend to the values demanded by the legislation in force. Being so, the professional of the area must be clever identifying different sources of sound power and its contribution at the receiver point. However, the precision of computational-numerical models for solution of these problems is in the range of ± 5 dB. Having in mind that errors of this magnitude are inadmissible for noise control agencies, this work takes as an objective the quantification of noisy sources coming from an industrial plant propagating to the exterior environment in a real situation without approximations or modeling adjustments. The used methodology consist of the Function Transfer (FT) determination between the noise source of interest (located inside the industry) and the receiver point (outside the plant industry), using adaptive filtering LMS (Least Mean Square) together with a reference noise source (sinusoidal sweep type signal). An experimental proceeding is presented in this work. Numerical simulations showed that the filtering capacity of LMS is compromised when the energy level of the reference source is reduced while compared with the energy produced by other sources at the receiver point. In order to go around this restriction, a methodology using least squares adjustment and time-frequency analysis (distribution of Choi-Williams) is presented. The obtained results proved the validity of the methodology, managing to quantify the sound level of a determined source with error below to 2 dB.*

Keywords: *environmental noise, noise source, time-frequency analysis*