

Desenvolvimento e validação de um programa de aquisição e tratamento de sinais acústicos na plataforma LabVIEW®

Frederico Costa Souza*, Rosenda Valdés Arencibia, Elias Bitencourt Teodoro, Sinésio Domingues Franco, Francisco Francelino Ramos Neto, Marcelo Torres Piza Paes

*Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste, fredericocostasouza@gmail.com

Palavras-chave

Acústica, Análise de Sinais, Transformada Rápida de Fourier, Programação.

1. Introdução

Na indústria de petróleo são utilizados diferentes materiais para as mais diversas aplicações. A análise de composição química é uma alternativa viável para obtenção de informações sobre estes materiais. Para esta finalidade, o CENPES (Centro de Pesquisas da Petrobrás – RJ) utiliza um espectrômetro portátil Belec Compact Port HLC® para efetuar as análises da composição química em campo. Entretanto, durante a realização dos testes, os operadores deste equipamento observaram que os resultados apresentavam significativa variabilidade em função da geometria da superfície analisada e da distância de posicionamento vertical da sonda em relação à superfície avaliada. Em diversas situações estes fatores levaram ao aparecimento de resultados significativamente diferentes dos esperados, criando uma dúvida em relação à validade dos mesmos. Os operadores perceberam, ainda, que o ruído emitido pela descarga da sonda durante a análise química variava com a mudança da geometria, de plana para cilíndrica, e da distância vertical de posicionamento.

Propôs-se então a avaliação das variáveis de influência citadas por meio de um planejamento fatorial completo. Nesta avaliação, um sistema de monitoramento acústico composto por um microfone, uma placa de aquisição e um programa de aquisição foram utilizados para monitorar o ruído emitido pela sonda. Este programa foi desenvolvido na plataforma LabVIEW® e contempla uma interface homem-máquina (IHM) amigável, que permite o fácil estabelecimento dos valores das variáveis de entrada do processo de aquisição, por parte do operador do sistema de medição. Além disso, essa interface mostra os gráficos do sinal de pressão sonora no tempo e no domínio da frequência, sendo este último gráfico obtido a partir da aplicação da Transformada Rápida de Fourier (FFT) (Oppenheim *et al.*, 1999). O programa passou por uma validação, por meio da utilização de um gerador de sinais Agilent® modelo 3320A.

2. Metodologia

A programação em LabVIEW® se deu por meio da implementação de um diagrama de blocos, contemplando várias funções. Este diagrama apresentou duas funções principais: realizar a aquisição dos dados e ler arquivo de dados. Na rotina de aquisição de dados, inicialmente são reinicializadas as variáveis do programa, para evitar o surgimento de erros ao longo da execução do mesmo. Em seguida, são disponibilizadas ao operador as janelas para definição dos valores das variáveis de entrada, que são o número de pontos e a frequência máxima. O programa então armazena estes valores quando o usuário aperta o botão “INICIAR AQUISIÇÃO”. Em seguida, o programa determina os valores das outras variáveis da FFT, que são o tempo de amostragem, a frequência de amostragem, o tempo de aquisição e o Δf . O tempo de amostragem indica o tempo gasto entre a aquisição de um valor de pressão sonora no tempo e o seu subsequente, em segundos. A frequência de amostragem indica quantos valores são adquiridos em um intervalo de um segundo. Por sua vez, o tempo de aquisição se refere ao tempo máximo gasto na aquisição dos dados.

Após o botão mencionado ser pressionado, o programa executa uma rotina que faz a aquisição dos sinais provenientes de um microfone. A função “Data Aquisition” obtém estes sinais e a partir destes, o programa exibe os gráficos no domínio do tempo e da frequência. Este último é formado após o processamento dos dados adquiridos pela função “FFT”, que calcula a FFT dos dados. Após este cálculo, os valores de parte real e imaginária são obtidos em RMS. Estes valores são então multiplicados pela raiz de dois e também são obtidos o módulo e a fase.

Uma forma bastante eficaz de se verificar o correto funcionamento da aquisição de sinais de ruído pelo programa é submetê-lo a um sinal de características previamente conhecidas, e analisar a sua resposta. Para tal, foi utilizado um gerador de sinais modelo 33220A, do fabricante Agilent®. As características definidas para os sinais senoidais gerados são mostradas na Tab. 1. As magnitudes em dB foram calculadas a partir da Eq. 1.

$$Mag = 20 \log_{10} \left(\frac{A_i}{A_{ref}} \right) \quad (1)$$

Na Eq. 1, Mag é a magnitude expressa pela FFT em dB, A_i que é a amplitude do sinal em V, e A_{ref} é amplitude de referência, que no caso foi de 1 V.

Tabela 1: Características dos sinais emitidos pelo gerador de sinais.

Frequência (Hz)	Amplitude (V)	Magnitude (dB)
40	4,0	12,04
650	2,5	7,96
2300	2,0	6,02

O gerador de sinais foi conectado diretamente a um dos terminais de leitura da placa de aquisição, por meio de um cabo BNC. É possível verificar o correto funcionamento do programa dessa forma, porque o sinal acústico obtido pela placa de aquisição é um sinal elétrico, proveniente de um microfone. Portanto, avaliar um sinal obtido por um gerador de sinais é semelhante a obtê-lo de um microfone.

Sinais foram gerados com as características mostradas na Tab. 1 por meio do gerador de sinais e adquiridos pela placa de aquisição. A mesma apresenta limitações relativas à frequência de amostragem fornecida, uma vez que a frequência de amostragem real difere daquela definida no programa, pelo usuário. Verificou-se, por exemplo, que ao se definir uma frequência de amostragem de 6000 Hz, a placa fornece 6250 Hz. Portanto, o valor de 6250 Hz é que deve ser utilizado para se calcular as raia espectrais do eixo de frequências da FFT, delimitadas pelo Δf . O Δf é a resolução do eixo de frequências do espectro de frequência, dado em Hz. Para isso, deve-se alterar o número de pontos de modo a contemplar um valor de Δf que seja múltiplo da frequência do sinal senoidal que se deseja avaliar. Para uma frequência de amostragem real igual a 6250 Hz, um tempo de amostragem igual a 10 s, e um sinal de frequência de 40 Hz, utilizou-se um Δf de 0,1 Hz. Este valor de Δf possibilitou a obtenção de uma raia espectral de exatamente 40 Hz, e também raia com os valores de 650 Hz e 2300 Hz. Para este valor de Δf , foram utilizados 62 500 pontos, e uma frequência máxima teórica de 3000 Hz (na prática, pode-se obter até 3125 Hz). A Figura 1 mostra a montagem experimental utilizada nestes testes.

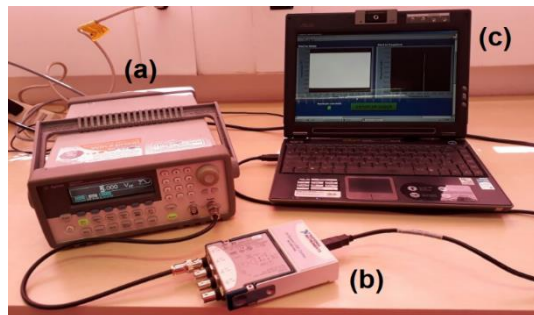


Figura 1: Montagem experimental usada na validação do programa de aquisição: (a) gerador de sinais Agilent® 33220A, (b) placa de aquisição de dados NI9233 e (c) computador executando o programa de aquisição.

Para realizar a validação do programa de aquisição, foram gerados gráficos obtidos a partir dos sinais provenientes do gerador de sinais (Tab. 1). O Δf em todos os casos foi de 0,1 Hz. O erro relativo tanto em frequência quanto em magnitude foi determinado por meio da Eq. 2.

$$Erro\ Relativo = \left| \frac{Valor\ Teórico - Valor\ Experimental}{Valor\ Teórico} \right| \cdot 100\ [%] \quad (2)$$

3. Resultados

A Fig. 2 mostra a tela inicial do programa desenvolvido. Nessa tela, é possível observar o número de pontos e a frequência máxima, que são as variáveis de entrada do programa. O número de pontos determina a resolução da FFT, isto é, define a menor variação no eixo das frequências que causa variação perceptível na indicação correspondente. Já a frequência máxima determina o limite superior de frequências da FFT, de modo que o algoritmo irá calcular a contribuição das componentes de frequência do sinal até este limite.

Inseridos os devidos valores dos parâmetros de entrada, é possível iniciar a aquisição dos dados e a construção dos gráficos ao se clicar no botão “INICIAR AQUISIÇÃO”. Feito isto, o programa mostra outra tela ao usuário (Fig. 3). Na Fig. 3, são mostrados os resultados da validação, por meio de dois gráficos. O primeiro gráfico mostra a amplitude em função do tempo, por sua vez, o segundo mostra a magnitude em relação à frequência.

Analisando os arquivos de saída de dados, mostrados na Fig. 3, foi possível calcular o erro relativo em cada caso, tanto em frequência quanto em magnitude. Estes erros foram avaliados pela Eq. 2. A Tabela 2 mostra os resultados obtidos.



Figura 2: Interface Homem Máquina do programa de aquisição de dados programado na plataforma LabVIEW®.

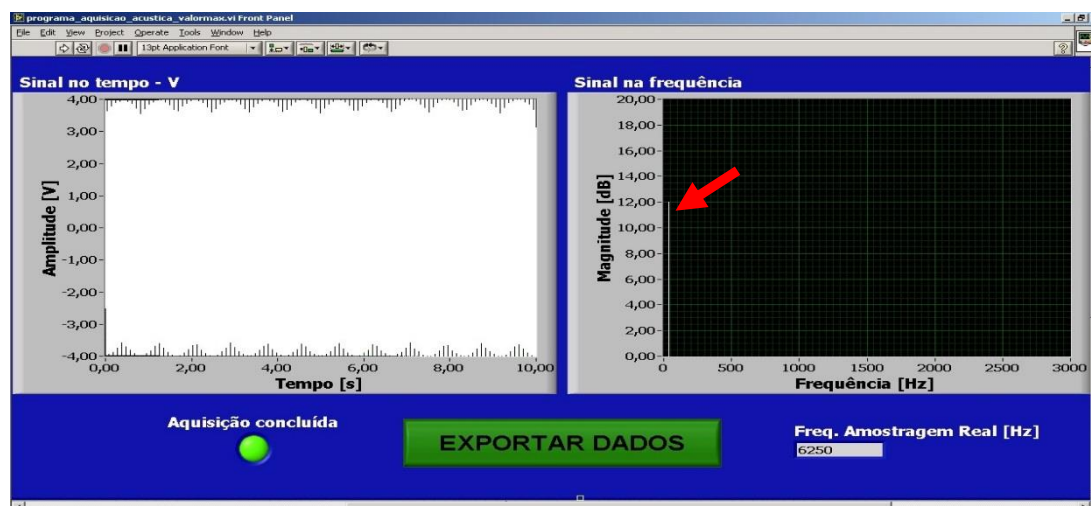


Figura 3: Gráficos obtidos a partir do sinal proveniente do gerador de sinais, Frequência = 40 Hz, Amplitude = 4,0 V. A seta vermelha mostra o pico de frequência obtido.

Tabela 2: Erros relativos calculados, com base nos sinais teóricos e os resultados de medição mostrados pelo programa de aquisição.

Freq. Teórica (Hz)	Freq. Exp. (Hz)	Erro Relat. Freq. (%)	Magnitude Teórica (V)	Magnitude Exp. (V)	Erro Rel. Amp. (%)
40	40,00	0	4,000	3,985	0,37
650	650,00	0	2,500	2,481	0,75
2300	2300,00	0	2,000	1,956	2,19

Pela análise dos gráficos mostrados na Fig. 3 e pelos resultados mostrados na Tab. 2, concluiu-se que a FFT calculada pelo programa de aquisição não apresentou erros relativos em frequência. No cálculo da magnitude os erros foram menores que 2,5 %, indicando a elevada exatidão do programa, e a eficiência do filtro utilizado, que foi a janela de Hanning. Estes resultados mostraram também que o programa de aquisição está processando os sinais de entrada adequadamente.

4. Agradecimentos

Os autores agradecem à PETROBRAS, ao programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, e à FAPEMIG pelo suporte financeiro.

5. Referências

Oppenheim, A. V. Schafer, R. W. Buck, J. R. “Discrete-Time Signal Processing.” 2a. ed. Prentice Hall, Nova Jersey, 1999.

6. Direitos Autorais

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