

# CARACTERIZAÇÃO DINÂMICA DE UM DISPOSITIVO DE ABERTURA RÁPIDA

**Alessandro Borges de Sousa Oliveira**

**Elpídio Quinderé Fritsche**

**Fernando Jorge Rodrigues Neves**

**João Nildo de Souza Vianna**

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, 70910-900, Brasília, DF, Brasil. E-mail: [borges@enm.unb.br](mailto:borges@enm.unb.br)

## Resumo

Neste trabalho é feita a determinação da faixa de utilização do dispositivo de abertura rápida, utilizado para a calibração dinâmica de sensores de pressão, através da análise da curva de resposta em frequência de um transdutor de pressão. Esta curva é obtida através de um programa que analisa os dados experimentais e gera um degrau teórico. O dispositivo de abertura rápida é descrito detalhadamente, bem como a instrumentação utilizada e a metodologia adotada no experimento. Os resultados obtidos são avaliados graficamente apresentando conclusões referentes a análise dos mesmos.

**Palavras-chave:** Calibração dinâmica, Transdutores de pressão, Metrologia

## 1. INTRODUÇÃO

O transdutor de pressão é o elemento sensível utilizado na medida de pressão variável. Consideram-se aqui situações em que variações significativas ocorrem em pequenos intervalos de tempo, como no caso do monitoramento da pressão no interior de cilindros de motores de combustão interna, na detecção de defeitos em sistemas de bombas hidráulicas ou mesmo em sistemas cardiovasculares (Carvalho, 1995).

O transdutor deve responder com exatidão, ao sinal a que está sendo submetido, reproduzindo com fidelidade variações de pressão, de forma a se ter uma confiabilidade nas leituras feitas. Assim, surge a necessidade de se calibrar os transdutores dinamicamente. Essa calibração consiste na determinação das características dinâmicas do sensor, que em geral se realiza da melhor forma pela determinação de sua Função de Transferência.

A grande diversificação de sensores utilizados atualmente, exige diferentes dispositivos de calibração que possam atuar em diferentes regimes de frequência e de amplitude de sinal.

Com o intuito de permitir a calibração dinâmica, foram desenvolvidos vários dispositivos de calibração dinâmica de transdutores de pressão, sendo que estes, possuem suas faixas de operação muito bem definidas (Diniz, 1994) (Vianna, 2000).

Dentre os dispositivos de calibração, destaca-se o dispositivo de abertura rápida - DAR - que é utilizado para trabalhar com sensores de pressão em baixas frequências (1 Hz à 150 Hz) e, em níveis moderados de amplitude (0.1 bar à 10 bar).

O sinal gerado por um dispositivo de calibração dinâmica deve ser conhecido e bem definido. Este trabalho tem por objetivo determinar as características de operação do dispositivo de abertura rápida através da análise da resposta em frequência de um transdutor de pressão.

A resposta em frequência é obtida, neste trabalho, utilizando o programa RFREQ (Villa, 2000).

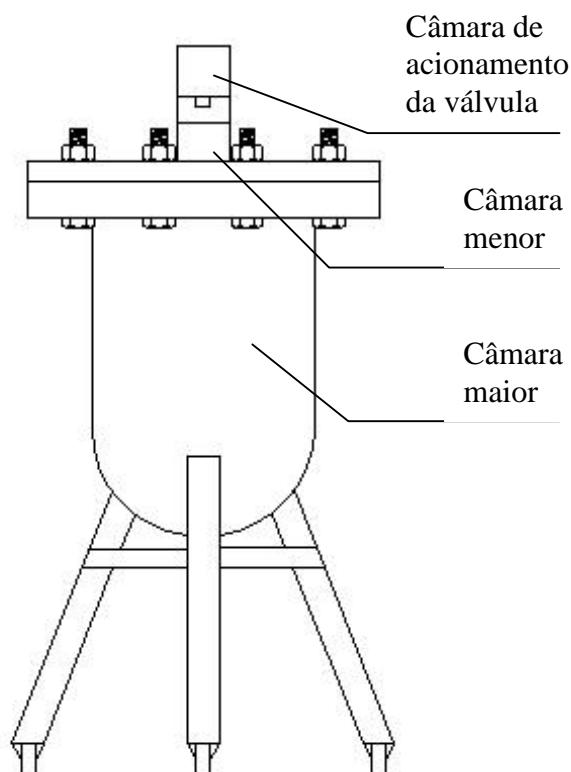
## 2. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO

O dispositivo de abertura rápida é um equipamento gerador de degrau de pressão, utilizado na calibração dinâmica de sensores de pressão.

Esse dispositivo é considerado aperiódico e é constituído basicamente por duas câmaras. A câmara menor possui o volume de  $12.4 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ . O volume da câmara maior é, aproximadamente, 3000 vezes maior que o da primeira. A ligação entre as câmaras é feita por uma válvula de acionamento pneumático. O sensor de pressão é instalado na câmara menor que, portanto, serve como meio de calibração. Normalmente, utiliza-se uma pressão na câmara maior superior à pressão da câmara menor.

Com a abertura da válvula, devido a grande diferença de volume entre as câmaras, a pressão final na câmara menor torna-se igual a própria pressão da câmara maior. Desta forma, o sensor é submetido à um degrau de pressão que corresponde à diferença entre as pressões da câmara maior e menor. Este degrau de pressão é de duração infinita, uma vez que, a pressão final do conjunto é a pressão da câmara maior.

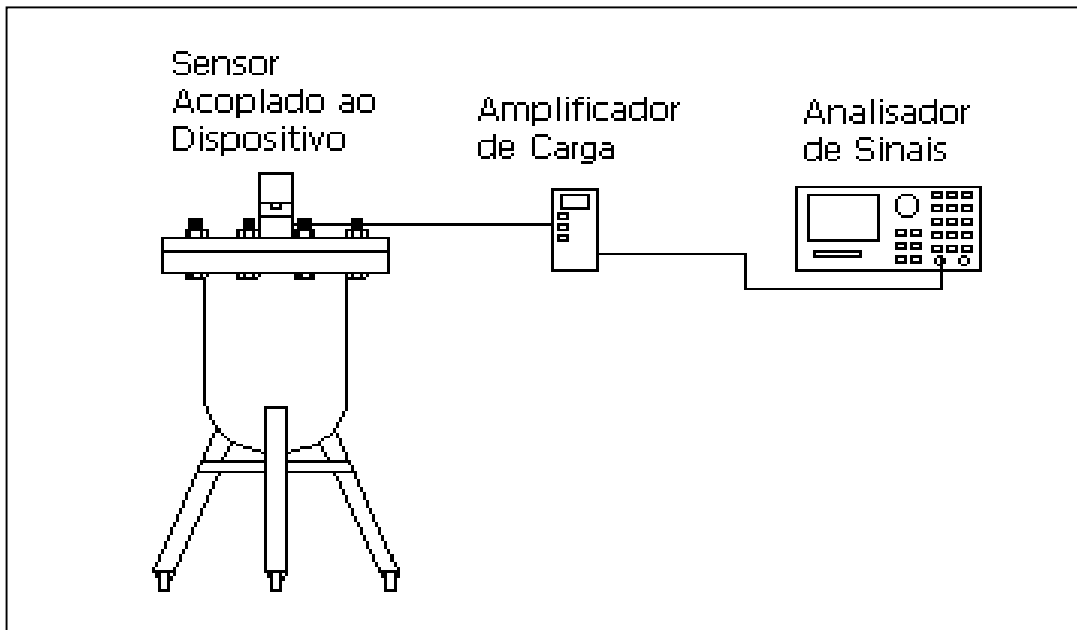
O dispositivo de abertura rápida é mostrado na figura 1:



**Figura 1.** Dispositivo de abertura rápida

O dispositivo de abertura rápida gera um degrau de pressão que excita um sensor piezoelétrico de pressão que está devidamente fixado na câmara menor. Este, por sua vez, transforma a variação de pressão que lhe é imposta em variação de carga elétrica. O sinal de carga gerado é processado por um amplificador de carga. O sinal de tensão elétrica gerado pelo amplificador de carga é transmitido a um analisador de sinais onde é adquirido e processado.

A figura 2 apresenta de forma esquemática a instrumentação do experimento:



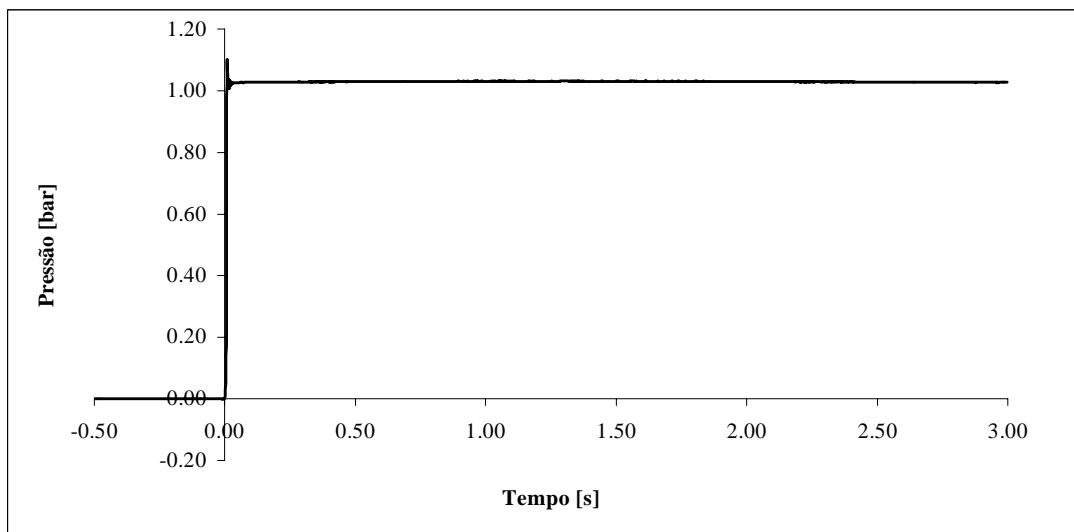
**Figura 2.** Instrumentação

### 3. METODOLOGIA

O dispositivo de abertura rápida é conectado à linha de pressão e, estando a válvula pneumática fechada, a câmara maior é pressurizada com ar até uma pressão de 1.89 bar. A câmara menor é mantida à pressão atmosférica, no caso, de 0.89 bar, obtendo-se portanto, o degrau de 1 bar de pressão. A válvula de acionamento pneumático é pressurizada com 3.89 bar de pressão e, então, através da chave seletora, abre-se a mesma. A válvula só é fechada depois da aquisição completa do sinal pelo analisador.

O ar é então retirado da câmara menor, para que a mesma volte a pressão atmosférica, e para que o dispositivo esteja preparado para nova repetição.

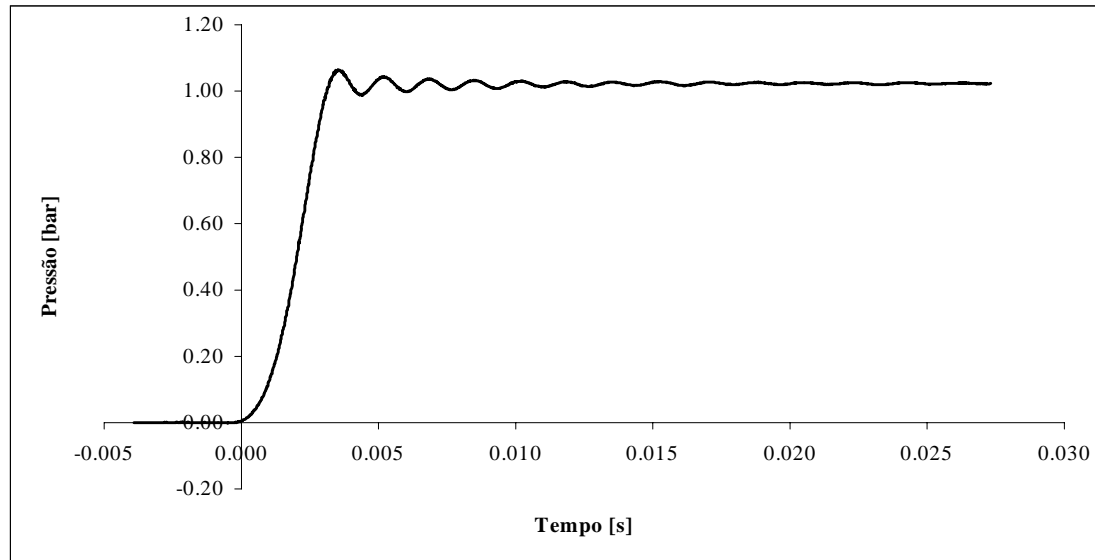
São realizadas 6 repetições mantendo-se todos os parâmetros do processo constantes.



**Figura 3.** Sinal de pressão gerado por este DAR

A figura 3 mostra um sinal obtido pelo dispositivo de abertura rápida com degrau de 1 bar de pressão. O gráfico apresenta um degrau quase perfeito.

O gráfico obtido com o eixo das abcissas expandido (figura 4) demonstra que o degrau real tem um tempo de subida finito, se afastando, como seria de esperar, do comportamento do degrau teórico.



**Figura 4.** Gráfico com eixo das abcissas expandido

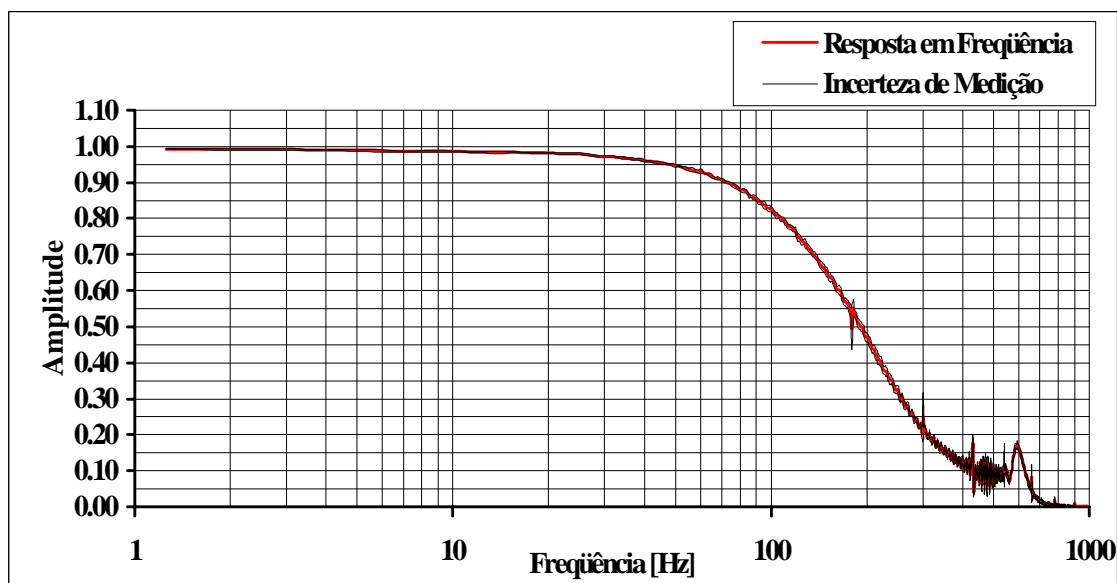
#### 4. RESULTADOS

Usando o programa RFREQ obtém-se a resposta em frequência do dispositivo. Para tal, o programa usa como sinal de referência para o processamento, um degrau teórico (não obtido experimentalmente).

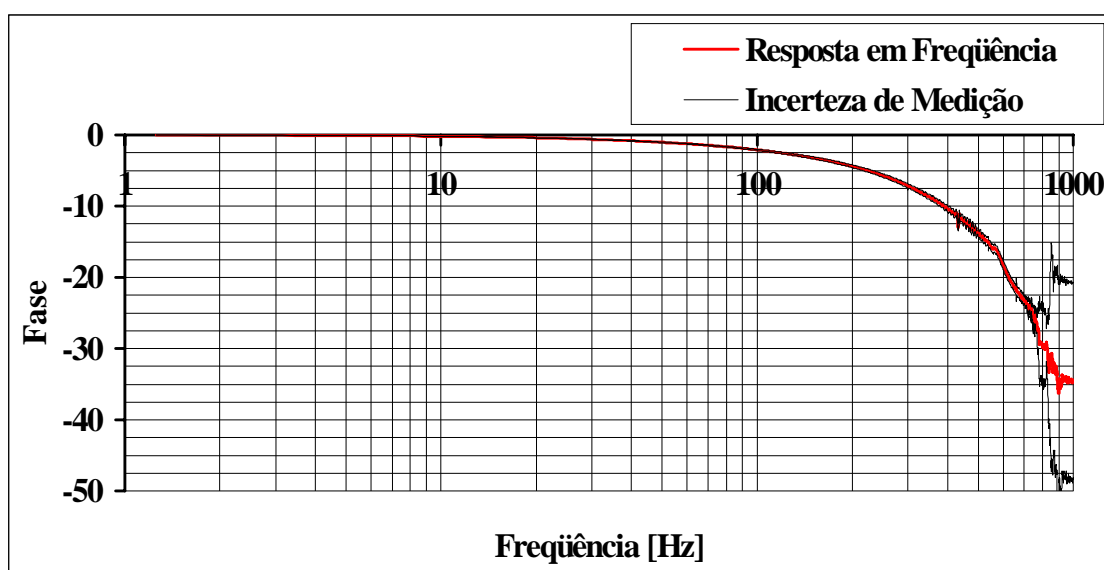
Pressupondo-se que o sensor de pressão utilizado tenha uma curva de resposta em frequência linear (magnitude 1 e fase  $0^\circ$ ) na faixa de frequências a ser analisada, teremos então que a Função de Resposta em Frequência (FRF) obtida é a que corresponde ao comportamento dinâmico do dispositivo de abertura rápida. De fato, foi utilizado um sensor de referência com características dinâmicas conhecidas que atendem à especificação acima.

Deve-se notar que a obtenção da Função de Resposta em Frequência na situação aqui descrita não é trivial, considerando que: a) não está disponível um sinal de referência para cálculo da FRF; b) sendo o sinal um degrau de duração infinita apresentam-se problemas de convergência de cálculo da FRF (estes problemas são resolvidos pelo programa RFREQ).

Utilizando os dados obtidos através do ensaio realizado, determinou-se a resposta em frequência do dispositivo de abertura rápida que está mostrada a seguir, nas figuras 5 e 6. Vale ressaltar que este programa também calculou a incerteza de medição (Oliveira, 1998) para uma confiabilidade de 95% e com 5 graus de liberdade.



**Figura 5.** Gráfico de resposta em frequência (amplitude) utilizando um degrau teórico



**Figura 6.** Gráfico de resposta em frequência (fase) utilizando um degrau teórico

Observando as figuras 5 e 6, pôde-se constatar que as curvas apresentaram um decaimento significativo, a partir da frequência de 70 Hz.

A incerteza de medição foi baixa, mostrando uma boa repetibilidade do sinal gerado pelo dispositivo de abertura rápida.

O gráfico de resposta em frequência apresentado na figura 5 e 6, representa a caracterização dinâmica do dispositivo de abertura rápida podendo-se dizer, portanto, que o dispositivo gera um degrau de pressão próximo do degrau teórico, para uma faixa de frequência de 0 até 70 Hz.

## 5. CONCLUSÃO

Foi desenvolvida uma metodologia para a caracterização dinâmica do dispositivo de abertura rápida. Esta metodologia pode ser estendida à caracterização de outros dispositivos usados para calibração dinâmica de sensores de pressão, ou de outras grandezas (temperatura por exemplo).

A resposta em frequência utilizando um degrau teórico como sinal de entrada, apresentou uma baixa incerteza de medição mostrando, com isso, uma boa repetibilidade do sinal.

O dispositivo foi caracterizado de forma que, o mesmo pode ser utilizado com confiabilidade, em uma faixa de frequência de 0 até 70 Hz.

## 6. REFERÊNCIAS

- Carvalho, M.A.M., 1995, “Estudo e Aplicação Metrológica do Tubo de Choque para a Calibração Dinâmica de Sensores de Pressão”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, D.F., Brasil, 187p.
- Diniz, A.C.G.C., 1994, “Gerador Periódico para Calibração Dinâmica de Transdutores de Pressão”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, D.F., Brasil, 122p.
- Oliveira, A.B.S., Siqueira, M.B.B. and Vianna, J.N.S., 1998, “Determinação de Incerteza de Medição em Calibração Dinâmica de Transdutores de Pressão”, ENCIT.98, 7<sup>th</sup> Brazilian Congress of Engineering and Thermal Sciences, Rio de Janeiro, R.J., Brasil.
- Vianna, J.N.S., Oliveira, A.B.S. and Damion, J.P., 2000, “The Influence of the Diaphragm on The Metrological Characteristics of A Shock Tube”, Revista Metrologia, Paris, França.
- Villa, C.V.S., 2000, “RFREQ – Software para Calibração Dinâmica de Transdutores de Pressão”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, D.F., Brasil, 132p.