

RESPOSTA DINÂMICA DE LINHAS PNEUMÁTICAS DE SENSORES PARA MEDIÇÃO DE PRESSÃO EM CÂMARAS DE COMBUSTÃO

Alessandro B. de S. Oliveira

Fernando J. R. Neves

João Nildo de Souza Vianna

Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia - UnB

CEP 70910-900 Brasília - Brasil - E-mail : borges@enm.unb.br

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados de testes experimentais feitos para avaliar os efeitos de adaptadores de sensor na medição dinâmica de pressão em cilindros de motores de combustão interna. O comportamento dinâmico de linhas de pressão de diferentes adaptadores são determinados usando um tubo de choque e uma câmara de abertura rápida como dispositivos de calibração. Os resultados são discutidos com relação a influência da linha de pressão nas medidas de pressão dinâmicas, quando são usados adaptadores para alcançar regiões de acesso difícil na máquina.

Palavras-chave : Calibração Dinâmica, medição de pressão, Motores de Combustão Interna

1. INTRODUÇÃO

A medida de pressão dinâmica é um dos meios mais eficientes para se avaliar os processos transientes que ocorrem no interior dos cilindros de motores de combustão interna. Estas medições permitem, tanto a simples análise termodinâmica do ciclo indicado bem como a avaliação de fenômenos mais complexos tais como os níveis e frequências de detonação.

As maiores dificuldades encontradas na determinação dinâmica destas pressões estão relacionadas com a operacionalização dos métodos de medição. Apesar de atualmente já existirem sensores capazes de resistir às severas condições de operação dos motores, verifica-se usualmente a influência conjunta de dois importantes fatores que dificultam o procedimento das medições.

O primeiro deles é a influência direta das altas temperaturas a que o sensor é submetido. Este fator, além do risco de dano ao sensor, pode comprometer sua linearidade e confiabilidade. Um segundo fator de dificuldade são as limitações geométricas do cabeçote do motor. O pouco espaço disponível dificulta a instalação do sensor de pressão diretamente em um furo que dê acesso à câmara de combustão de forma independente. Usualmente este problema é resolvido com a utilização de adaptadores de sensores que, nos motores do ciclo Otto, são instalados na vela de ignição. Em motores do ciclo Diesel, a observação das pressões no interior do cilindro exige a instalação de sensores no próprio cabeçote, através de um furo aberto especificamente para este fim.

Os adaptadores são elementos de ligação entre o sensor e o interior do cilindro gerando uma linha ou volume pneumático que acabam por interferir no pulso de pressão que efetivamente excita o sensor (Van, 1977). Esta interferência se acentua nas altas rotações, mascarando as medições e dificultando a identificação de importantes fenômenos da combustão (Brown 1967).

Como a influência das dimensões dos adaptadores, da composição dos gases e da temperatura ocorrem conjuntamente. Este trabalho busca através de ensaios dinâmicos, apresentar

alguns dos efeitos causados essencialmente pelas características geométricas do adaptador, eliminando-se assim os efeitos da temperatura e composição dos gases.

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo preliminar dos efeitos dinâmicos decorrentes da geometria dos adaptadores dos sensores de pressão, fornecendo bases para um maior aprofundamento nestes estudos, que são de fundamental importância para a determinação das pressões dinâmicas no interior de cilindros de motores de combustão interna.

Para a obtenção das características dinâmicas dos adaptadores, foram utilizados como dispositivos de calibração, um tubo de choque e um dispositivo de abertura rápida.

2. TUBO DE CHOQUE

O tubo de choque metrológico é um dispositivo gerador de ondas de choque utilizado como padrão para a calibração dinâmica de sensores de pressão ou temperatura de alta frequência, ou seja, de 150 Hz à 20 kHz (Damion, 1977).

Este aparato é constituído de dois tubos, tubo indutor e tubo induzido, separados por uma fina membrana. A figura 1 apresenta de forma esquemática os principais elementos de um tubo de choque e do sistema de aquisição de dados.

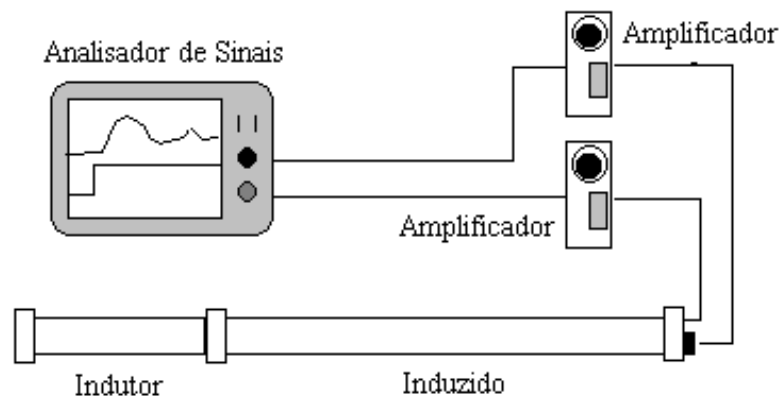


Figura 1 - Esquema de um Tubo de Choque metrológico

O conjunto é pressurizado de maneira que a pressão no tubo indutor seja maior que a pressão no tubo induzido. Com a ruptura da membrana, produz-se uma onda de choque que se propaga com velocidade supersônica em direção ao fundo do tubo induzido. Após da onda de choque o gás é colocado em movimento gerando uma superfície de separação que se desloca na mesma direção da onda de choque, com velocidade subsônica.

A onda de choque reflete-se no fundo do tubo induzido, gerando um degrau de pressão, para em seguida encontra-se com a superfície de separação, tornando a se refletir em direção ao fundo do tubo induzido.

O intervalo de tempo necessário para a onda alcançar a superfície de contato e retornar ao fundo do tubo caracteriza a região 5, figura 2, do diagrama de tempo por posição do tubo e define a duração do degrau de pressão gerado.

A posição de calibração utilizado foi o fundo do tubo induzido, no qual foram montados os sensores e adaptadores. O sensor instalado no fundo do tubo é submetido a um degrau de pressão de amplitude e duração muito bem controladas.

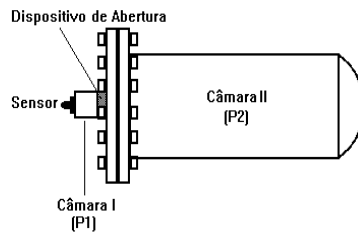


Figura 4 - Representação Esquemática do dispositivo de Abertura rápida.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados mostram, para cada adaptador, o sinal obtido por um sensor de referência, que é instalado diretamente no dispositivo de abertura rápida ou no fundo do tubo de choque, e o sinal de sensor do mesmo tipo montado no adaptador com a linha pneumática.

Os adaptadores de pressão testados são mostrados nas figuras 5 à 8 .

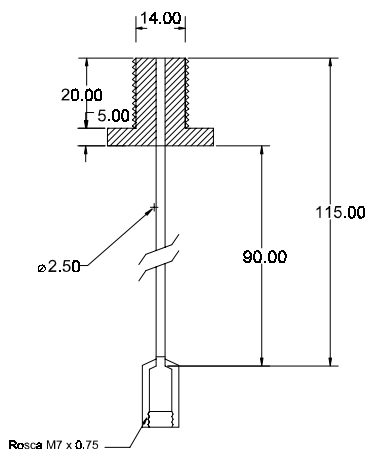


Figura 5 - Linha Pneumática longa.

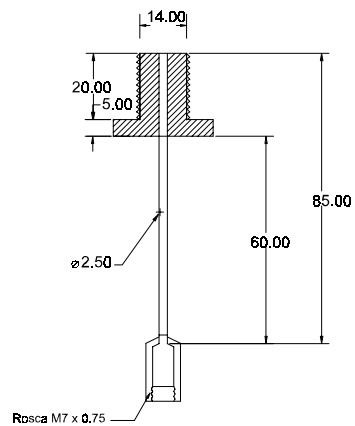


Figura 6 - Linha Pneumática Média

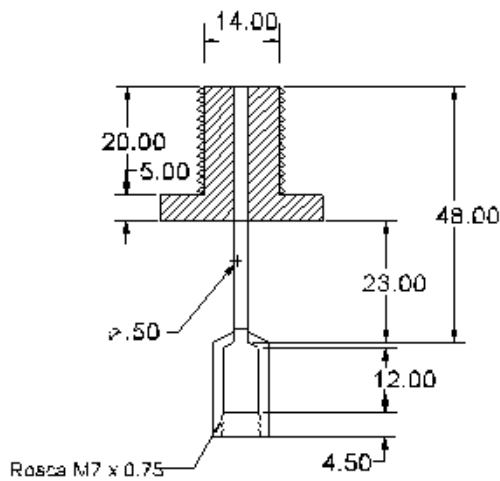


Figura 7 - Linha Pneumática Curta

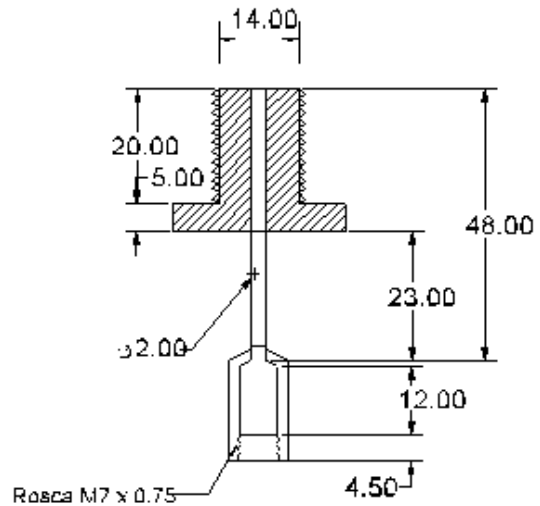


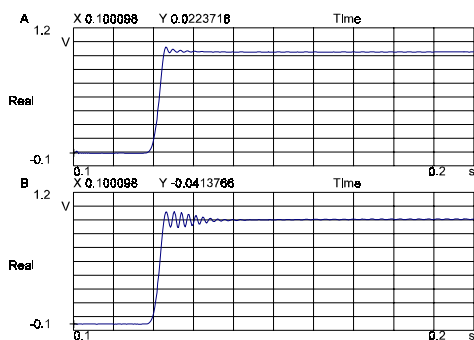
Figura 8 - Linha pneumática Curta e Fina

Para a realização dos ensaios foram utilizados dois sensores piezoelétricos Kistler modelo 6001A, e a aquisição dos sinais foi feita em um analisador de dinâmico de sinais HP 35665A.

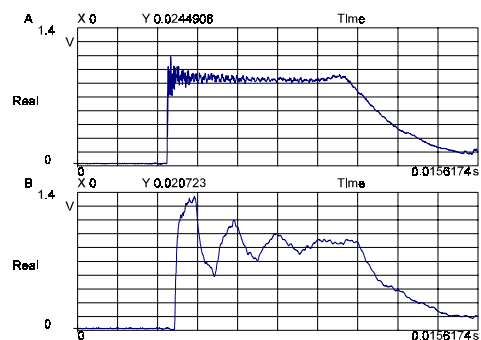
Todos os ensaios foram realizados em um temperatura controlada de 21°C, para que possa ser desconsiderada a influência da temperatura na comparação dos resultados apresentados.

Nas figuras 9 a 11 tem-se os resultados experimentais para as três primeiras linhas pneumáticas mostradas, nestas figuras são apresentados os sinais no domínio do tempo. Nas figuras o sinal do sensor de referência corresponde ao gráfico superior e aquele com a linha pneumática ao inferior.

Para o caso da linha curta e fina, na figuras 12 tem-se os resultados experimentais obtidos para este adaptador.

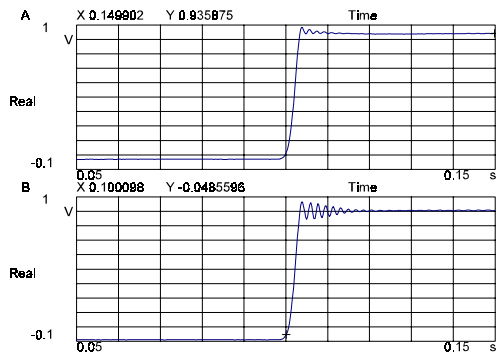


(a)

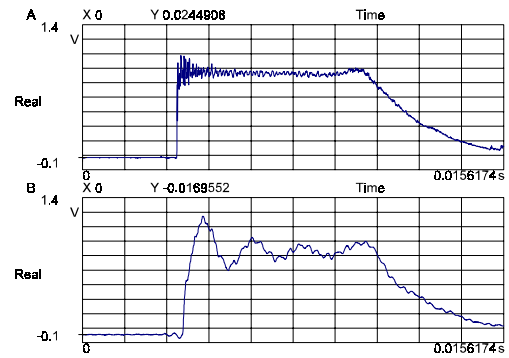


(b)

Figura 9 - Sinais no tempo para a linha pneumática longa ; (a) No DAR (b) No Tubo de Choque

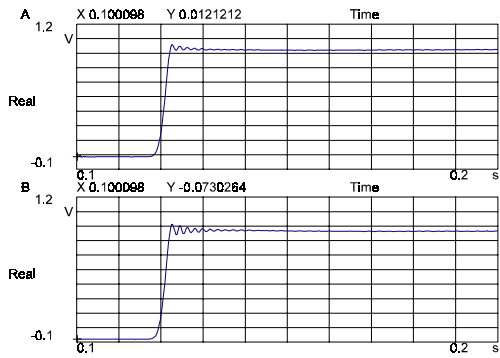


(a)

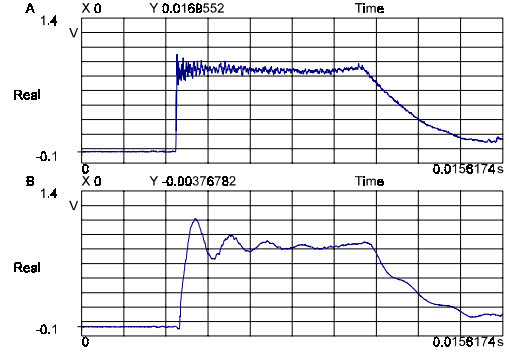


(b)

Figura 10 - Sinais no tempo para linha pneumática Média ; (a) No DAR (b) No Tubo

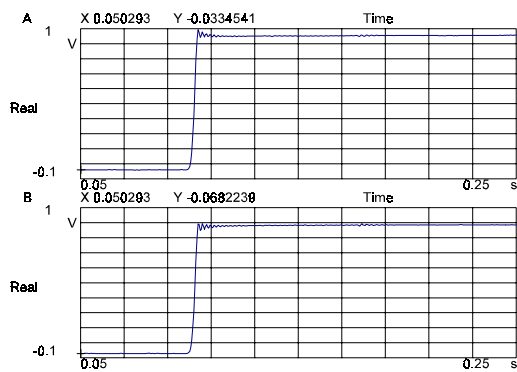


(a)

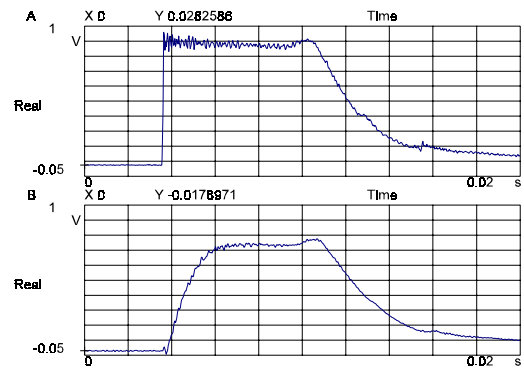


(b)

Figura 11 - Sinais no tempo para linha pneumática Curta ; (a) No DAR (b) No Tubo



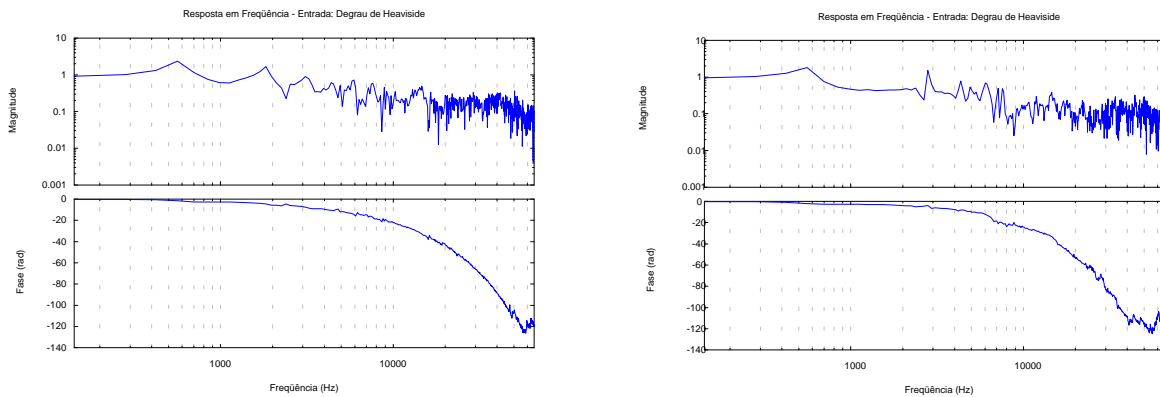
(a)



(b)

Figura 12 - Sinais no tempo para linha pneumática Curta e fina; (a) No DAR (b) No Tubo de choque

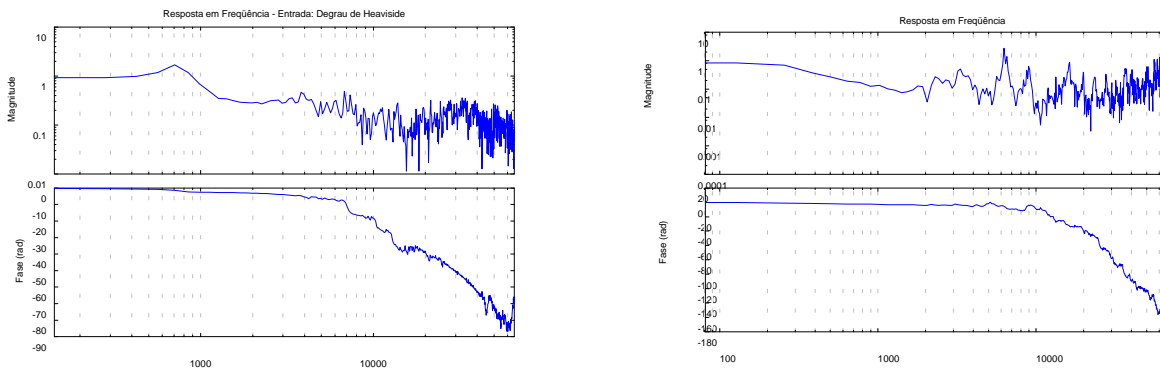
Nas figuras 13 e 14 tem-se as curvas de resposta em frequência para cada uma das linhas



(a)

(b)

Figura 13 - Curvas de Resposta em frequência: (a) Linha Longa (b) Linha Média



(a)

(b)

Figura 14 - Curvas de Resposta em Frequência: (a) Linha Curta (b) Linha Curta e Fina

5. CONCLUSÕES

Pode-se verificar que o principal efeito na medição de pressão são o aparecimento, nos sinais obtidos com o tubo de choque, e no caso dos sinais do DAR, de uma oscilação da pressão na cavidade pneumática onde está instalado o sensor. Um ligeiro aumento do tempo de resposta no caso do tubo de choque pode também ser observado

Verifica-se neste caso uma considerável alteração no sinal medido com a linha pneumática curta e fina, quando se utiliza como fonte do sinal o tubo de choque. A linha de pressão retarda o enchimento da cavidade na extremidade do adaptador em que o sensor é instalado. Por outro lado a linha pneumática não influencia a medida, quando a medição é realizada em frequências abaixo de 200 Hz. Portanto a utilização deste adaptador tem obvia limitação para o registro de sinais com variação muito rápida de pressão.

Como pode ser visto nos resultados mostrados, tem-se para os três primeiros adaptadores uma amplificação do *overshoot* do sinal de referência do dispositivo de abertura rápida de maneira inversamente proporcional ao comprimento da linha. No sinal obtido com o uso do tubo de choque também há um *overshoot* do sinal que se amortece com a diminuição da linha pneumática. Nas curva de resposta em frequência notam-se amplificações em torno de 500 a 700 Hz.

6 . REFERÊNCIAS

- Brown, W. L. - “Methods for evaluation Requirements and Errors In Cilinder Pressure Measurements” - SE, Paper, 670008, 1967.
- Damion, J. P. - “Moyens d'etalonnage Dynamique des Capteurs de pression - Bulletin d'informtion du Bureau National de Métrologie” - 1977.
- Van, Aken - “Adapter Errors In Indicator Diagrams of combustion Engines , IME- Inst. of Mechanical Engineering”- 1977.
- Berg, H. & Tijdeman, H. - “Theoretical and Experimental results for dynamic response of pressure measuring Systems“- Report NLR-TR F238.