

DESENVOLVIMENTO DE BOCAIS ASME PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO NA ADMISSÃO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

D. A. Canali

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina
Laboratório de Combustão e Engenharia de Sistemas Térmicos - LabCET
Campus Universitário, Trindade, CEP: 88040-900, Florianópolis – SC

Palavras chaves: **motores de combustão interna, medição de vazão, bocais.**

RESUMO

O ensaio de motores exige a avaliação de muitos parâmetros. Entre eles esta a vazão de ar admitido pelo motor. Com este dado podemos determinar a eficiência volumétrica do motor e, a partir do conhecimento do consumo de combustível, a razão estequiométrica ar/combustível e a vazão de gases de exaustão.

A eficiência volumétrica (η_v) é um dos parâmetros que mais fortemente influencia o desempenho dos motores de combustão interna. Esta é definida como a massa de ar realmente admitida no cilindro dividida pela máxima massa de ar que pode ser admitida na pressão e temperatura de admissão. A eficiência volumétrica expressa a capacidade do sistema de admissão de permitir o completo enchimento do cilindro. É representada pela razão entre a vazão admitida no ciclo sobre a taxa de variação média de volume do cilindro.

$$\eta_v = \frac{2\dot{m}_a}{\rho_{a,i}V_dN} = \frac{m_a}{\rho_{a,i}V_d} \quad (1)$$

Onde \dot{m}_a (kg/s) é a vazão média de mistura por ciclo, m_a (kg) é a massa de mistura, $\rho_{a,i}$ (kg/m³) é a massa específica média da mistura na admissão, V_d é o volume da câmara e N (s⁻¹) é a frequência de operação. A eficiência volumétrica atinge o máximo em rotações intermediárias do motor (2500 a 4000 rpm), neste ponto o motor está desenvolvendo o seu torque máximo, e decai quando o motor entra em regimes de rotação mais elevados.

Uma forma de determinação da eficiência volumétrica durante testes de motor é através da medição da vazão média de ar admitida pelo motor. Esta medição é feita antes do sistema de admissão, através de um medidor de vazão. As dificuldades nesta medição decorrem da variação da vazão com a rotação do motor e devido ao caráter pulsante deste escoamento. Em motor típico 1,0 litros de 4 cilindros a vazão varia entre 400 litros por minuto a 800 rpm até 3000 litros por minuto a 6000 rpm. Neste mesmo motor, a frequência de pulsação, decorrente da abertura e fechamento das válvulas dos cilindros, dada por $f = 4/(2 \cdot \text{rpm}/60)$, varia de 6 Hz a 50 Hz.

Para medir a vazão de admissão de ar foram desenvolvidos dois bocais padrão ASME, de raio longo e β reduzido. Um bocal, de diâmetro interno 15mm, atende a vazão na faixa de 0,005 a 0,015 m³/s e outro bocal, de diâmetro interno 28mm, atende a faixa de vazão entre 0,015 a 0,05 m³/s. Os bocais ASME se apresentaram como os mais adequados para exercer essa função, quando comparados a outros sistemas deprimogênios de medição de vazão, como placas de orifício e tubos de Venturi. Eles apresentam uma perda de carga intermediária, simplicidade de projeto e baixo custo de

fabricação (Fox e McDonald, 1982; Delmée, 1982). Para atuar junto aos bocais foi desenvolvida uma câmara de compensação, necessária para atenuar as ondas e as vibrações causadas pela sucção de ar no motor. Um tanque de compensação com cinquenta vezes o volume de um cilindro é suficiente para motores de múltiplos cilindros (Taylor, 1976; Stone, 1985).

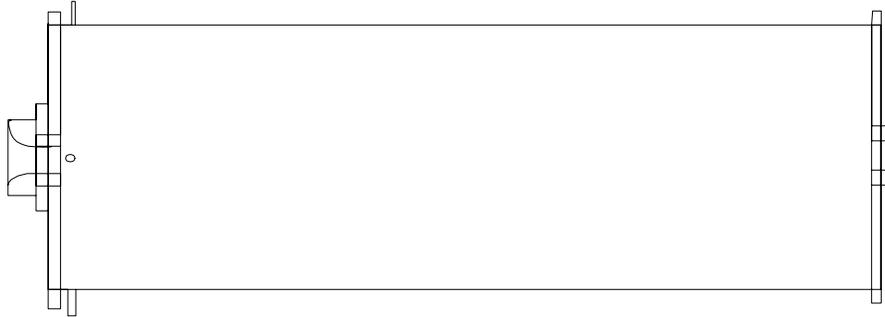


Figura 1: Vista em corte dos bocais e da câmara de compensação.

Testes realizados com um motor Fiat de quatro cilindros e 1.0 litros demonstraram que uma câmara de 15 litros é capaz de atenuar satisfatoriamente as pulsações. Esta mesma câmara abriga os bocais e as tomadas de pressão.

O equipamento foi calibrado utilizando um medidor volumétrico para gás com 2 padrões em paralelo, pistão rotativo e diafragma. A Figura 2, mostra a curva do coeficiente de descarga em função da pressão indicada para os dois bocais.

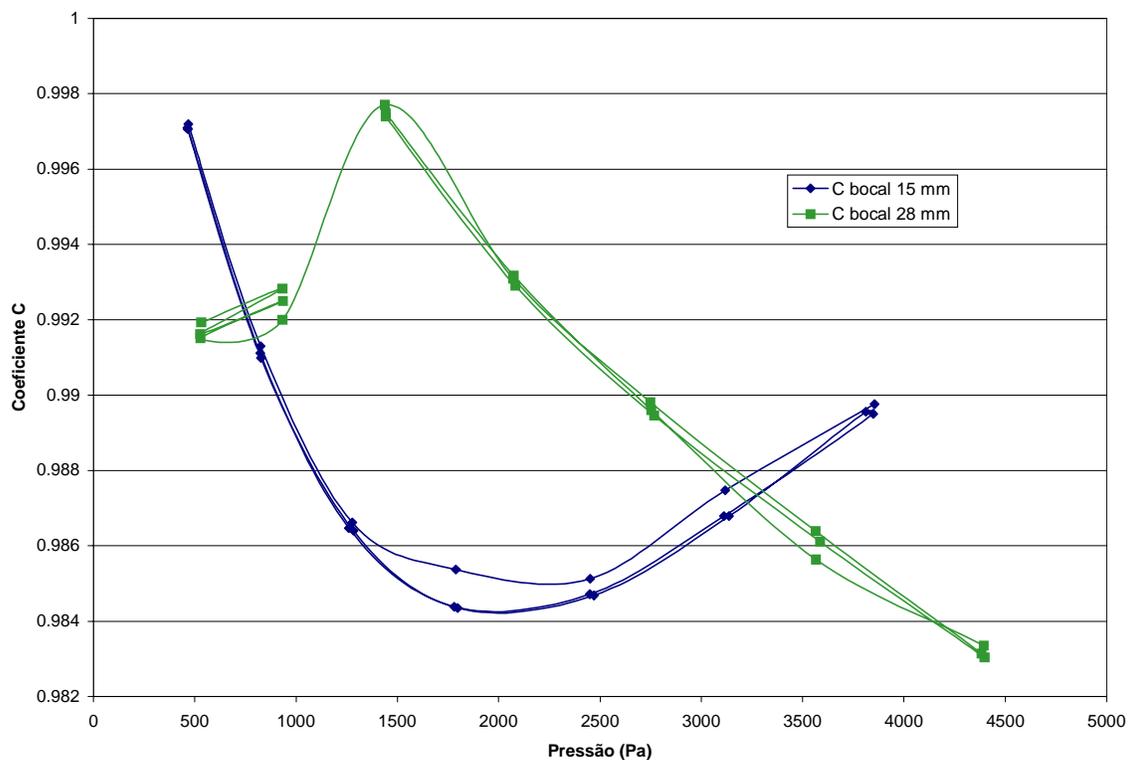


Figura 2: Curvas de coeficiente de vazão para os dois bocais.

O coeficiente de descarga é definido como a vazão indicada no bocal, dividida pela vazão standard medida pelos dois padrões em paralelo e calculado de

$$Q_b = CA_2 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho(1 - A_1/A_2)^2}} \quad (2)$$

Onde Q_b (m^3/s) é a vazão apresentada pelo bocal, já corrigida pelo fator C , A_2 (m^2) é a área nominal dos bocais, A_1 (m^2) é a área maior dos bocais, ρ (kg/m^3) é a massa específica do ar e ΔP (Pa) pressão estática. O coeficiente de descarga obtido na calibração dos bocais situa-se entre 0,983 e 0,977. Através da pressão indicada, a vazão real padrão é obtida pela Equação (2) utilizando-se os valores de C obtidos da Figura 2. A incerteza máxima de medição determinada na calibração é de cerca de 0,6% do valor de leitura.

Estes bocais serão utilizados em conjunto com um dinamômetro para determinação do desempenho de motores de combustão interna.

REFERÊNCIAS

Delmée, G. J., *Manual de Medição de Vazão*, Segunda Edição, Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo 1982.

Fox, R. W. e McDonald, A.T., *Introdução à Mecânica dos Fluidos*, Quarta edição, Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro 1995.

Taylor, C. F., *Análise de Motores de Combustão Interna*, Volume 2, Editora Edgard Blücher LTDA. São Paulo 1976.

Stone, R., *Introduction to Internal Combustion Engines*, Editora Macmillan Londres 1985.