



XXI Congresso Brasileiro
de Engenharia Química

Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro



XVI Encontro Brasileiro sobre o
Ensino de Engenharia Química
Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro

DISPOSITIVO DE BAIXO CUSTO PARA MEDIÇÃO DE VAZÃO DE FLUIDOS DE ALTA VISCOSIDADE

N.M.A. COELHO¹, B.F. GOMES¹, M.S. MORAES¹, A.R. SANTOS¹, J.L. PAIVA² e
D. MORAES Jr.¹

¹ Universidade Santa Cecília, Departamento de Engenharia Química

² Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: nelizecoelho@unisanta.br

RESUMO – A economia atual, sendo fundamentada na disponibilidade de petróleo, motiva a otimização de técnicas de beneficiamento, de transporte e de medição de vazão desse fluido viscoso. O uso dos medidores deprimogênicos e os de área variável, mais comumente utilizados nas indústrias, esbarra na propensão à formação de borras, na opacidade e no elevado tempo de resposta dos óleos de alta viscosidade, sendo necessário, portanto, a instalação de instrumentos de alto importe, para se obter precisão na medição. O trabalho visou desenvolver um dispositivo de baixo custo para medir a vazão de um fluido viscoso newtoniano. O medidor consistiu de uma válvula de retenção modificada com uma haste metálica acoplada à portinhola, capaz de relacionar o ângulo de sua abertura com a vazão do fluido. Foram obtidas as curvas de calibração para água e óleo (2200 cP a 25°C) e a reprodutibilidade foi significativa. Os coeficientes de correlação encontrados foram de 0,9475 e 0,9397 e os desvios médios máximos para vazão de 8% e 15% na operação com água e óleo, respectivamente, legitimando o acessório como potencial alternativa para medidores dessa relevante variável.

1. INTRODUÇÃO

O transporte de fluidos representa uma grande parcela do custo de produção, principalmente quando se deslocam fluidos com alta resistência ao escoamento, como os viscosos. A vazão é a terceira grandeza mais medida em processos industriais, perdendo apenas para pressão e temperatura. Ela pode ser quantificada através de medidores: a) lineares, b) geradores de variação de pressão ou medidores deprimogênicos, c) volumétricos e d) em canais abertos, como os vertedores e as calhas. Os principais medidores lineares são os de área variável (rotâmetro), eletromagnético, coriolis, térmico, ultrassônico e turbina. No grupo dos medidores deprimogênicos pode-se citar o venturi, a placa de orifício, o bocal e o tubo de Pitot. São considerados medidores volumétricos a palheta, o pistão oscilante, o de diafragma, o de lóbulos e o de engrenagem. (DELMÉE, 2006; BEGA, 2011; THOMAZINI E ALBUQUERQUE, 2013; MILLER, 1996 e SPITZER, 1995). Dos medidores supracitados são normalmente considerados adequados para fluidos de elevada viscosidade os de maior custo como o de efeito coriolis com considerável perda de carga e o medidor ultrassônico.

PROMOÇÃO

REALIZAÇÃO

ORGANIZAÇÃO



O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade da utilização de uma válvula de retenção adaptada com indicador de abertura como dispositivo para medição de vazão de fluidos, com ênfase aos viscosos, em uma unidade experimental de bancada. Este projeto visou amparar pesquisadores que necessitam de instrumentos economicamente acessíveis como opção aos disponíveis no mercado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A unidade experimental utilizada para este estudo foi projetada e construída no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecília (UNISANTA) e consistiu de um tanque de armazenamento de acrílico com dimensões 500 x 500 x 650 mm, preenchido com 112,5 L de fluido. O tanque foi acoplado a um sistema de bombeamento com, aproximadamente, 2 m de tubulação de PVC transparente de 1 in. e uma bomba centrífuga com motor de 1,5 hp, em balanço, com rotação máxima de 3500 rpm. Um inversor de frequência proporcionou a variação das rotações de trabalho. Foram utilizados nos testes dois fluidos: água destilada com densidade de 997,04 kg/m³ e viscosidade de 0,89 cP e óleo lubrificante automotivo Lubrax Gear 680 de densidade 932,44 kg/m³ e viscosidade de 2200 cP a 25 °C (temperatura dos ensaios). A figura 1 apresenta um esquema da bancada.

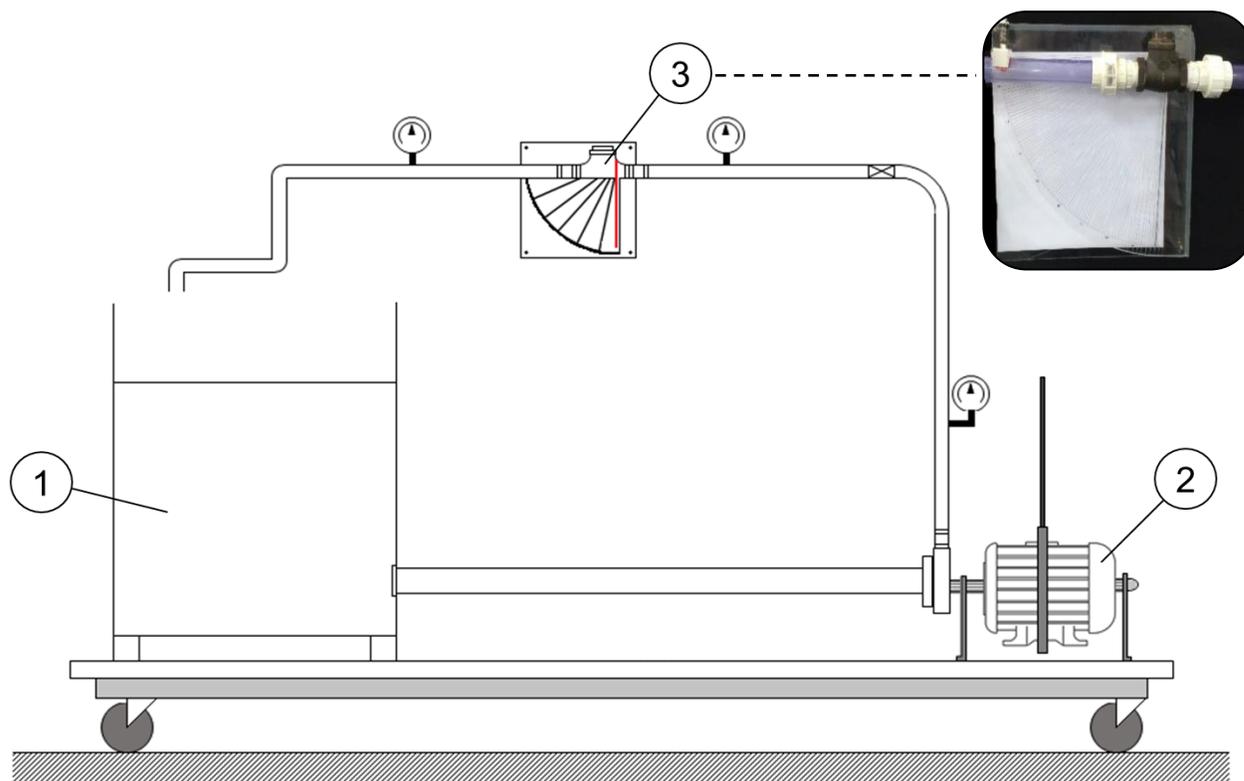


Figura 1 – Unidade Experimental. 1) Tanque de armazenamento, 2) Bomba Centrífuga com motor em balanço, 3) Válvula de retenção modificada. No detalhe, uma fotografia do dispositivo instalado na bancada de testes.

2.1. Dispositivo de baixo custo para medição de vazão

O instrumento de medição de vazão proposto neste trabalho foi desenvolvido a partir de modificações em uma válvula de retenção de portinhola leve. Esse componente hidráulico tem como característica permitir o escoamento do fluxo em apenas uma direção e utiliza um elemento móvel, a portinhola, que, sob efeito das forças dinâmicas do fluido, desloca-se em movimento angular o qual é dependente da quantidade de líquido deslocado.

Utilizando-se de sua configuração construtiva, a modificação realizada pelos autores visou mensurar o ângulo de abertura da portinhola e relacioná-lo com a vazão de fluido bombeado. Para tal, recorreu-se a uma válvula de retenção comercial e acoplou-se ao eixo de fixação da portinhola uma haste metálica estendida e posicionou-se um painel de leitura calibrado em graus (intervalos de 1 grau) de forma que, sob determinada pressão, o fluido fora capaz de mover a articulação e a haste metálica de transmitir externamente essa abertura para leitura. A figura 2 expõe um corte com a adaptação proposta para a válvula de retenção e seu funcionamento como medidor de vazão.

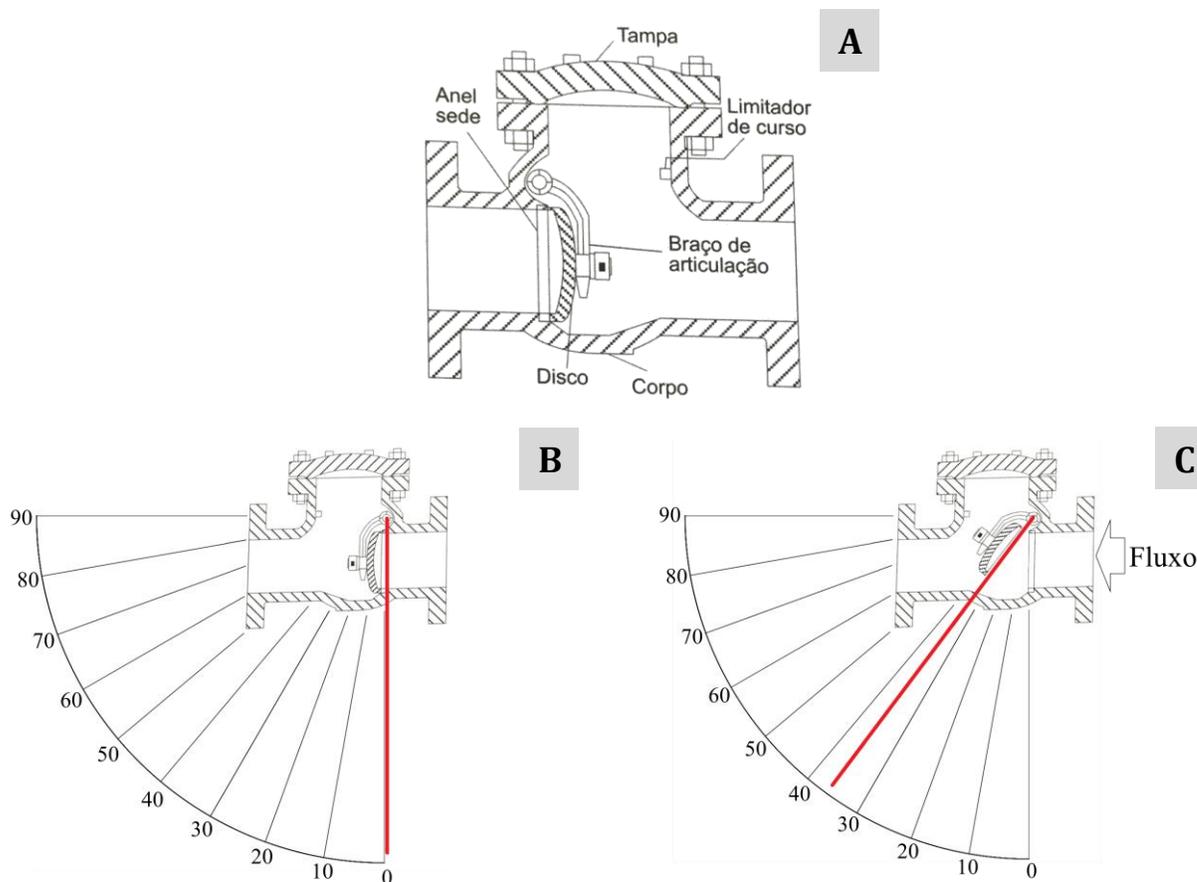


Figura 2 – A) Esquema construtivo da válvula de retenção de portinhola leve (MATHIAS, 2008). B) Posicionamento inicial da haste. C) Transmissão da abertura da portinhola para painel de leitura.

2.2. Procedimento Experimental

Os testes iniciais foram realizados utilizando água como fluido transportado e tiveram como propósito a avaliação da funcionalidade, sensibilidade, repetibilidade e reprodutibilidade do dispositivo. Nesses ensaios, acionou-se a bomba através do inversor de frequência e permitiu-se o bombeamento de fluido por toda unidade. Já em regime permanente, foi coletada certa quantidade de massa em um intervalo de tempo medido por cronômetros em redundância. Através da densidade, transformou-se vazão mássica em volumétrica. O painel de leitura graduado forneceu o ângulo de abertura promovido pelo fluxo. O intervalo de trabalho foi fixado entre 600 e 2400 rpm e os ensaios realizados em triplicata.

Posteriormente à avaliação com água, deu-se início aos ensaios empregando óleo lubrificante de alta viscosidade como fluido de trabalho. O intervalo de trabalho foi estabelecido entre 1440 e 2400 rpm em função do limite de operação da bancada. O procedimento experimental foi realizado de forma semelhante àqueles com água, em triplicata, com as coletas de massa e leitura do ângulo de abertura da válvula.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os ensaios, foram obtidas as curvas de calibração vazão-abertura para água, as quais têm seus resultados expressos nas Figuras 3 A e B. A Figura 3A apresenta o mapeamento inicial do dispositivo e a abertura da portinhola foi medida na forma de unidades de ângulo. Foram constatados os limites de medição da válvula de retenção para o fluido em estudo: a) Inferior de 1,0 L/s, abaixo do qual o fluido não dispunha de energia o bastante para provocar a abertura da portinhola da válvula e mantê-la estabilizada durante o fluxo; b) Superior de 2,5 L/s, acima do qual, a portinhola estava completamente aberta e, portanto, não mais sensível ao aumento de vazão.

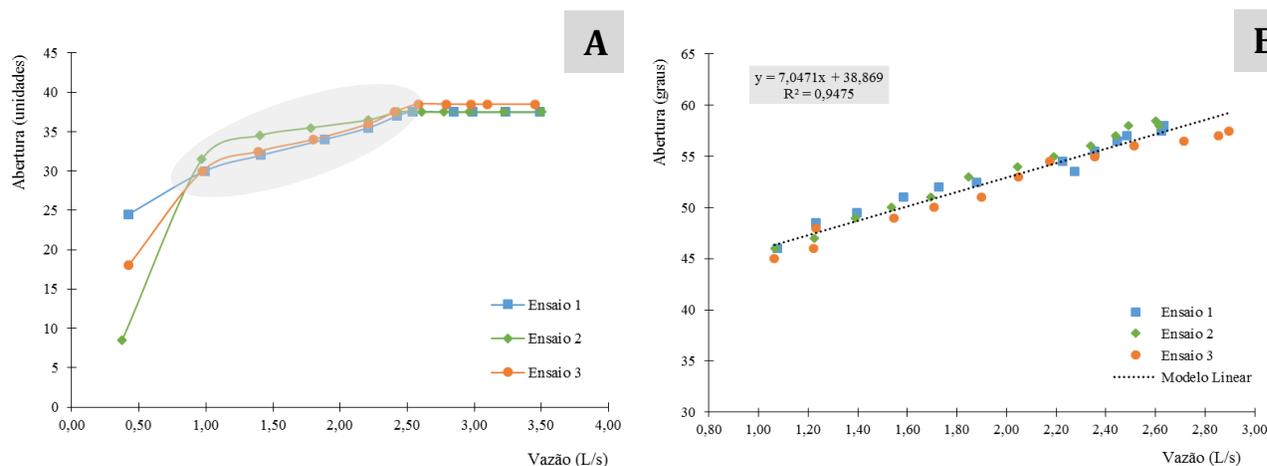


Figura 3 – A) Mapeamento inicial da região de funcionamento (destaque) do dispositivo de medição de vazão para operação com água. B) Detalhamento do intervalo de trabalho.

A observação dos resultados demonstrados na Figura 3A levou os autores a explorarem com maior detalhamento a região entre 1 e 2,5 L/s, ou seja, a faixa de vazão em que o dispositivo se mostrou apropriado para operação com água. A Figura 3B apresenta estes resultados. Para ampliar a precisão na leitura do ângulo de abertura, o painel com graduação angular foi redividido, estabelecendo intervalos de 1 grau. A partir destes resultados, foi possível estabelecer uma equação relacionando o ângulo de abertura e a vazão de fluido, a qual apresentou excelente ajuste à uma reta com coeficiente de correlação de 0,9475. O desvio máximo encontrado para vazão foi de cerca de 8%.

Após criteriosa avaliação dos ensaios utilizando água, este fluido foi substituído por óleo e novos resultados foram obtidos, os quais estão representados nas Figuras 4 A e B.

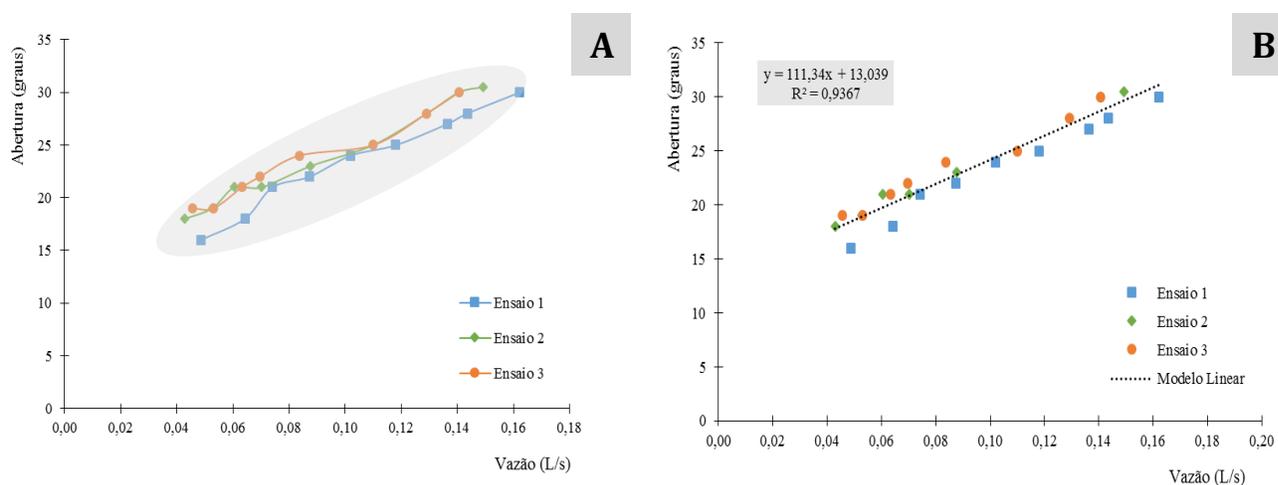


Figura 4 – A) Mapeamento inicial da região de funcionamento (destaque) do dispositivo de medição de vazão para operação com óleo. B) Detalhamento do intervalo de trabalho.

Com base na figura 4A, pôde-se observar que os limites de funcionamento da bancada foram completamente compreendidos pela válvula medidora, de forma que o intervalo de trabalho não foi restringido pelo dispositivo e, sim, pela instalação. Essa situação difere da apresentada anteriormente na operação com água. Tal fato pode ser explicado pela baixa viscosidade da água que permite que esta chegue até o medidor com energia significativa para promover a abertura da portinhola sem grande dificuldade. Entretanto, no caso do óleo, sua alta viscosidade provoca grande perda de energia durante o transporte de forma que, para uma mesma potência da bomba, este fluido alcança o medidor com vigor substancialmente menor, provocando, conseqüentemente, aberturas discretas da portinhola e maior intervalo de medição.

A figura 4B apresenta o ajuste dos pontos experimentais ao modelo linear, o qual se mostrou, novamente, muito apropriado ao relacionar a abertura da válvula com a vazão de fluido, com coeficiente de correlação de 0,9367. O desvio máximo encontrado para vazão foi de cerca de 15%. Uma possível interpretação para o aumento do desvio padrão no bombeamento de óleo encontra-se na dificuldade em manter a temperatura deste fluido constante durante a operação. Sabe-se da baixa eficiência das bombas centrífugas para fluidos viscosos, devido a uma parte da potência motriz ser



XXI Congresso Brasileiro
de Engenharia Química

Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro



XVI Encontro Brasileiro sobre o
Ensino de Engenharia Química
Fortaleza/CE
25 a 29 de setembro

transformada em calor. Dessa forma, o calor dissipado ocasiona o aquecimento do óleo, o qual tem sua viscosidade exponencialmente diminuída, gerando aumento da vazão. Assim, espera-se que quando da utilização de uma bomba de deslocamento positivo, como a de engrenagem, lóbulo ou de cavidades progressivas, modelos mais adequados aos fluidos viscosos, este desvio padrão seja atenuado.

Por fim, o dispositivo aqui proposto encontra-se em fase de desenvolvimento de automação, no qual a leitura das aberturas será feita de forma eletrônica, inferindo maior precisão na medição.

4. CONCLUSÃO

O estudo permitiu concluir que a utilização de uma válvula de retenção, com indicador de abertura da portinhola, é uma alternativa viável e de excelente custo benefício para medição de vazão de fluidos viscosos, devido à boa repetibilidade e reprodutibilidade além de não ter sido encontrado produto similar no mercado. Foi também constatado que, por se tratar de uma avaliação inicial do dispositivo, o desvio de 15% encontrado foi um resultado muito atrativo, o qual despertou interesse na continuação dos estudos para seu aperfeiçoamento, principalmente, no que tange a mecanismos de automação que confeririam maior precisão dos resultados. Dessa forma, este projeto de medidor de vazão desponta como potencial concorrente a uma linha de produtos extremamente restrita e de custo muito elevado e fomenta uma classe de usuários com poder reduzido de compra: pesquisadores, professores e educadores de engenharia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEGA, E. A. organiz. Instrumentação industrial. 3ed. Rio de Janeiro: Interciência. 2011. 694p.
- DELMÉE, G. J. Manual de medição de vazão 3ed. São Paulo: Edgard Blucher. 2006. 346p.
- MILLER, R. W. Flow measurement engineering handbook. 3ed. New York: McGraw-Hill. 1996. 1120p.
- MATHIAS, A. C. Válvulas Industriais, segurança, controle: tipos, seleção, dimensionamento. São Paulo: Artliber Editora Ltda. 2008. 463p.
- SPITZER, O. W. Industrial flow measurement. North Carolina: 1995. 441p.
- THOMAZINI, O. W; ABUQUERQUE, P. U. B. Sensores industriais. 8ed. São Paulo. 2013. 224p.

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO

