



Artigo apresentado na disciplina Engenharia de Automação de Processos
Produtivos II do Curso de Engenharia de Produção da Universidade do
Estado de Minas - Campus Divinópolis

MEDIÇÃO DE VAZÃO: CONCEITOS E MÉTODOS DE MEDIDAS

Ana Paula Ferreira Arruda¹

Barbara Soares Fonseca²

Gabriela Madeira³

Mariele Oliveira⁴

Matheus Oliveira de Faria⁵

Natália Cristina Vitoriano⁶

Sulaman Henrique de Castro Leite⁷

Tatiana Francisca Moreira⁸

Wesley Felipe Duarte⁹

Professor: Jomar Teodoro Gontijo

Resumo

A vazão é a quantidade volumétrica ou gravimétrica de determinado fluido que passa por uma determinada seção de um conduto num dado intervalo de tempo. Nas indústrias, os medidores de vazão influenciam diretamente no processo, sendo possível através deles a principal finalidade de mensurar o rendimento do processo. A escolha de um instrumento para medição de vazão apropriada depende de vários fatores. Dentre eles pode-se destacar a exatidão desejada na medição, o tipo de fluido a ser medido (líquido ou gás, sujo ou limpo, número de fases, dentre outros), condição termodinâmica como níveis e faixa de pressão e temperatura nos quais o medidor deve atuar, espaço físico disponível, custo, etc. Portanto, conhecer os medidores de vazão mais aplicados na atualidade, assim como compreender sua funcionalidade se torna necessário para melhor desempenho do processo. Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os métodos de vazão, abordando a junção dos estudos localizados via internet e livros que contribuíram para o desenvolvimento do tema. O objetivo principal é descrever os métodos de vazão, apresentar a aplicabilidade, funcionalidade, além de, apresentar os métodos que destacam atualmente nos sistemas produtivos para mensuramento da vazão do fluido. Logo, percebeu-se que a utilização dos medidores de vazão independente do seu modelo contribui positivamente para a qualidade do processo industrial, cabendo aos profissionais conhecerem sua aplicabilidade.

Palavras-chave: Medição Vazão. Medidores Industriais. Vazão Volumétrica. Vazão Mássica. Medidores Especiais.

INTRODUÇÃO

Os medidores de vazão ou fluxo, comumente chamados na indústria, são equipamentos cuja finalidade é obter a medida de um fluxo ou de uma vazão de matéria, podendo ser este líquido ou gás. Na maioria das operações industriais realizadas nos processos, é muito importante efetuar a medição e o controle da quantidade de fluxo de líquidos, gases e até sólidos granulados, para fins contábeis e também, verificação do rendimento do processo; para se estimar a unidade de medida a ser usada deve avaliar a operação no qual o processo esta sujeito a passar, incluindo os instrumentos de medição que indicam a quantidade total movimentada deverá levar em consideração o intervalo de tempo.

Na História, os métodos de vazão começaram a ser utilizados em pesquisa, no ano de 1502, onde Leonardo da Vinci observou a quantidade de água por unidade de tempo que escoava em um rio, era a mesma em qualquer parte. Analisando a largura, profundidade, inclinação entre outros pontos importantes, o desenvolvimento de dispositivos práticos só foi possível com o surgimento da era industrial e o trabalho de pesquisadores como Bernoulli, Pitot e outros (CASSIOLATO, 2012).

A vazão é a terceira grandeza mais utilizada nos processos industriais, estando em primeiro lugar os medidores de pressões e temperatura. Os medidores de vazão são constituídos a partir de um elemento primário, secundário e terciário. Basicamente, o elemento primário é gerado através de uma grandeza mensurável a vazão, o elemento secundário é responsável em modificar essa grandeza e uma terceira, que possa ser medida diretamente; e, o medidor de vazão, ou elemento terciário, transmite a informação do sinal do dispositivo responsável por fazer as conversões necessárias.

Há dois tipos de medidores de vazão, os medidores de quantidade e os medidores volumétricos. Os medidores de quantidade determinam a quantidade do fluxo que esta passando, mas não vazão do fluxo. Já os medidores volumétricos são responsáveis por determinar a vazão em relação ao tempo. Portanto, a medição da vazão é essencial a todas as fases da manipulação dos fluidos, incluindo a produção, o processamento, a distribuição dos produtos e das utilidades.

¹ Graduando em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. anapaulaferreira@yahoo.com

² Graduando em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. babiifonseca@hotmail.com.

³ Graduanda em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. bielabh10@yahoo.com.br.

⁴ Graduanda em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. mari_oliveira_05@hotmail.com.

⁵ Graduanda em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. matheus_of@hotmail.com.

⁶ Graduanda em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. natyvitoriano@gmail.com.

⁷ Graduando em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. S.laman@hotmail.com

⁸ Graduando em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. tatianafmoreira19@gmail.com.

⁹ Graduando em Engenharia de Produção - Universidade do Estado de Minas Gerais. Wfelipe.duarte@gmail.com

1 DESENVOLVIMENTO

1.1 Definição

Segundo Bojorge, vazão pode ser definida como a quantidade volumétrica ou gravimétrica de determinado fluido que passa por uma determinada seção de um conduto que pode ser livre ou forçado por uma unidade de tempo, ou seja, há uma relação para se realizar a medição entre o volume e o tempo de escoamento de um determinado fluido.

A medição confiável e precisa requer uma correta engenharia que envolve a seleção do instrumento de medição, a sua instalação, a sua operação, a sua manutenção e a interpretação dos resultados obtidos. A vazão de fluidos é complexa, nem sempre se chega a um resultado exato, diferentemente do sólido, onde os elementos de um fluido vazando podem mover em velocidades diferentes e podem ser sujeitos a acelerações diferentes (PROCEL, 2008).

1.2 Classificação

A vazão de um material pode ser expressa em massa ou em volume determinada em uma unidade de tempo, portanto, a medição pode ser medida em critérios volumétricos ou mássicos. Pode ser classificada também como direta ou indireta, a medição direta consiste na determinação da medição da massa, volume ou peso que passa através de uma determinada seção transversal em um determinado intervalo de tempo. A medição indireta através da velocidade de escoamento, da carga hidráulica ou da diferença de pressão em diversos pontos numa seção transversal.

1.3 Vazão Volumétrica

A vazão pode ser determinada a partir do escoamento de um fluido através de determinada seção transversal de um conduto livre (canal, rio, tubulação aberta) ou de um conduto forçado (tubulação compressão positiva ou negativa). Isso significa que a vazão representa a rapidez com a qual um volume esco.

Os medidores volumétricos expressam a vazão em unidade de tempo (CEFET, 2006). A vazão volumétrica é igual à quantidade de volume que esco através de uma seção em um intervalo de tempo considerado, representada pela letra Q , expressa conforme abaixo (PROCEL, 2008):

$$Q = V/t$$

As medidas adotadas para esse tipo de vazão são m^3/s , m^3/h , l/h ou l/s .

1.3.1 Medidores de Quantidade Volumétrica

Os medidores volumétricos acionam com a passagem do fluido que escoar em quantidades sucessivas pelo mecanismo de medição fazendo com que o mesmo ative o mecanismo de indicação. Estes medidores são utilizados para serem os elementos primários das bombas de gasolina e dos hidrômetros. Exemplo: disco nutante, pistão rotativo oscilante, pistão alternativo, pás giratórias, engrenagem, entre outros.

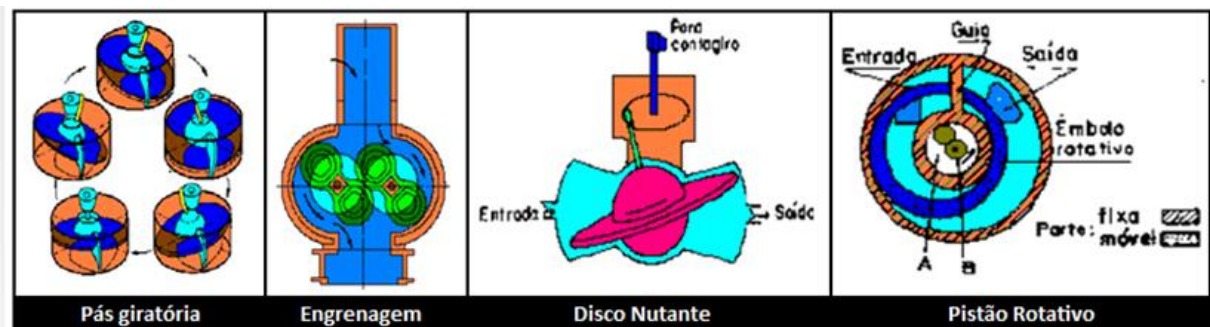


Figura 1: Exemplos de Medidores Volumétricos .

Fonte: <https://www.google.com.br/imghp>

1.4 Vazão Mássica

A vazão mássica é igual à quantidade de massa de um fluido que atravessa a secção de uma tubulação por unidade de tempo, referindo aos fluidos sólidos. Sendo possível, saber que quantidade de fluxo passou, porém, não necessariamente a vazão do fluxo que está passando. São representadas pela letra Q_m e expressa pela seguinte equação:

$$Q_m = m/t$$

Já a vazão gravitacional que considera os parâmetros semelhantes à vazão mássica, utiliza a presença do peso do fluxo. Expressa na letra Q_p (onde W é o peso), é igual à quantidade de peso que passa por certa secção por unidade de tempo.

$$Q_p = W/t$$

Como definido anteriormente, sabe-se que $P = m/V$, portanto, a massa pode ser escrita do seguinte modo:

$$m = \rho \cdot V$$



$$Q_m = \frac{\rho \cdot V}{t}$$

Portanto:

$$Q_m = \rho \cdot Q_v \quad \longrightarrow \quad Q_m = \rho \cdot v \cdot A$$

Logo, para se obter a vazão em massa basta multiplicar a vazão em volume pela massa específica do fluido em estudo, o que também pode ser expresso em função da velocidade do escoamento e da área da seção. As unidades usuais para a vazão em massa são o kg/s ou então o kg/h.

Para a realização da medição da vazão mássica é necessário o conhecimento e entendimento de alguns conceitos relacionados a fluidos, visto que, estes influenciam na medição. Conceitos estes descritos abaixo:

- **Calor Específico:** Define-se como o quociente da quantidade infinitesimal de calor fornecido a uma unidade de massa de uma substância pela variação infinitesimal de temperatura resultante deste aquecimento. Por exemplo: A quantidade de calor necessária para mudar a temperatura de 1 grama de uma substância em 1°C.
- **Viscosidade:** Definida como a resistência ao escoamento de um fluido em um duto qualquer. Está resistência provocará uma perda de carga adicional que deverá ser considerada na medição de vazão.
- **Distribuição de Velocidade em um Duto:** Em regime de escoamento no interior de um duto, a velocidade não será a mesma em todos os pontos. Cabe ressaltar que será máxima no ponto central do duto e mínima na parede do duto.
- **Número de Reynolds:** Número adimensional utilizado para determinar se o escoamento se processa em regime laminar ou turbulento. Sua determinação é importante como parâmetro modificador do coeficiente de descarga.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Onde: v – velocidade (m/s),
 D – diâmetro do duto (m),
 ν - viscosidade cinemática

Observação: Na prática, se $\text{Re} > 2.320$, o fluxo é turbulento, caso contrário é sempre laminar. Nas medições de vazão na indústria, o regime de escoamento é na maioria dos casos turbulento com $\text{Re} > 5.000$.

- **Regime Laminar:** Caracterizado por um perfil de velocidade mais acentuado, onde as diferenças de velocidades são maiores.

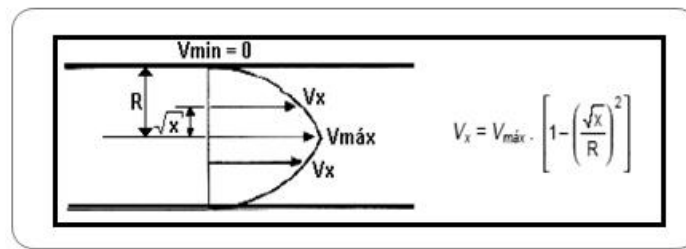


Figura 2: Perfil de Velocidades em regime laminar.
Fonte: CEFET (2006)

- **Regime Turbulento:** Apresenta um perfil de velocidade mais uniforme que o perfil laminar. Suas diferenças de velocidade são menores.

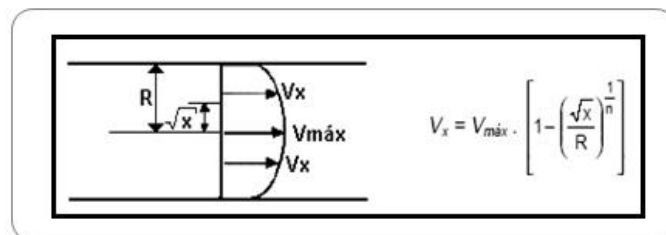


Figura 3: Perfil de Velocidade em regime turbulento.
Fonte: CEFET (2006)

1.5 Medição por variação de Pressão variável e constante

1.5.1 Medição por variação de pressão variável ou diferenciada

A pressão de diferencial é constituída por muitos elementos primários inseridos na tubulação de tal forma que o fluido passe através deles, ao aumentar a velocidade do fluido diminui-se a área da seção em um pequeno comprimento para que haja uma queda de pressão. Desta maneira é possível medir a vazão por meio dessa queda.

A principal vantagem dos medidores de vazão por pressão diferencial é serem aplicados em um grande número de medições, envolvendo a maioria dos gases e líquidos, inclusive fluidos com sólidos em suspensão, bem como fluidos viscosos, em uma faixa e temperatura muito vasta. A desvantagem encontrada é a perda de carga que ele causa ao processo.

Há no mercado diversas tecnologias, mas o mais utilizado é o Medidor com Placa de Orifício. Devido ao baixo custo de fabricação e vida útil sem grandes manutenções. Apesar de a placa apresentar alta perda e baixa rangeabilidade sua aplicação é mais favorável que outros tipos de medidores de vazão, sendo eles, Tubo Venturi, Bocal de Vazão, Orifício Integral, Tubo Pitot e Tubo Annubar.

1.5.1.1 Placa de Orifício

Este modelo apresenta uma placa precisamente perfurada, a qual é instalada perpendicularmente ao eixo da tubulação. Sendo importante que as bordas do orifício estejam sempre em perfeitas condições, pois, se ficarem imprecisas ou corroídas pelo fluido a precisão da medição

será afetada. As mesmas são fabricadas com aço inox, latão, monel, etc, dependendo do fluido. O funcionamento ocorre à medida que o fluido se aproxima da placa, havendo um pequeno aumento da pressão e logo após uma súbita queda seguida da passagem do orifício. A pressão continua diminuindo até atingir um ponto de pressão mínimo, chamado Vena Contracta.

Nesse momento a pressão começa a elevar novamente, até atingir a pressão máxima após a placa, essa pressão sempre será menor que a pressão antes da placa. Com a diminuição da pressão haverá como resultado do aumento em sua velocidade passando pela área reduzida. A diferença chama peda de carga, que significa energia perdida devido à restrição imposta na linha pela placa. O fluido escoando através da área da tubulação tende a querer passar pelo orifício que possui área menor, assim ele é acelerado e impacta diretamente na queda de pressão. Existem três tipos de Orifícios, sendo eles:

- **Orifício Concêntrico:** utilizado para líquidos, gases e vapor que não contenham sólidos em suspensão;
- **Orifício Excêntrico:** utilizada para fluidos com sólidos suspensos. Estes podem ser retidos e acumulados na base da placa, sendo o orifício posicionado na parte de baixo do tubo.
- **Orifício Segmental:** esta placa tem a abertura para passagem de fluido, disposta em forma de segmento de círculo. Destinada para uso em fluidos laminados e com alta porcentagem de sólidos em suspensão.

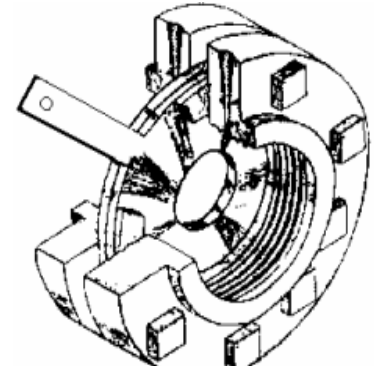


Figura 4. Placa de Orifício. Fonte: Instrumentação de Controle (2008)

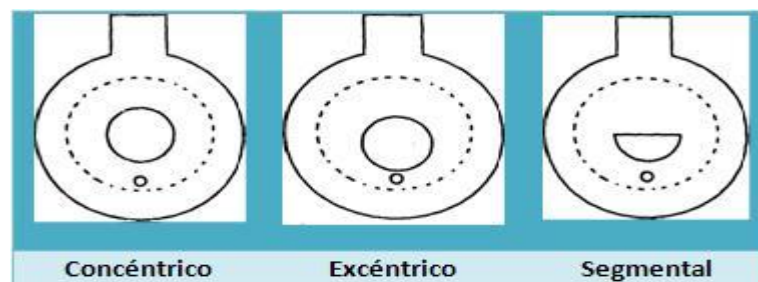


Figura 5. Tipos de placas de Orifício.
Fonte: <https://www.google.com.br/imghp>

1.5.2 Medidores de Vazão de Pressão Constante

Há alguns dispositivos nos quais a área de restrição pode ser alterada para manter o diferencial de pressão constante enquanto atua na medição da vazão. Como exemplo deste princípio cita o rotâmetro. Estes são medidores de vazão por área variável e pressão constante, nos quais um flutuador varia sua posição dentro de um tubo cônico, proporcionalmente à vazão do fluido. Consistem basicamente duas partes, sendo elas:

- Um tubo de vidro com formato cônico, que é colocado verticalmente na tubulação onde passará o fluido que se quer medir. Sendo que a extremidade maior do tubo cônico ficará voltada para cima;
- Dentro do tubo cônico há um flutuador que se moverá verticalmente, em função da vazão medida.

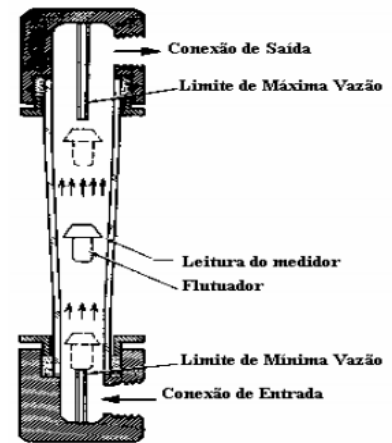


Figura 6. Rotâmetros. Fonte: <https://www.google.com.br/imgph>

1.6 Medidores especiais

1.6.1 Medidor eletromagnético

O medidor eletromagnético é considerado um dos medidores mais flexíveis e universais dentre os métodos de medição de vazão. Esse medidor não possui qualquer obstrução e sua perda de carga corresponde a um trecho reto da tubulação. Sendo muito utilizada para medição de produtos químicos altamente corrosivos, fluidos com sólidos em suspensão, lama, água, polpa de papel. Comumente, utilizado em indústrias diversas como química, papel, celulose, alimentícia, além de mineração e saneamento, teoricamente é insensível à densidade e a viscosidade do fluido de medição.



Figura 7 - Medidor Eletromagnético.
Fonte: SENAI (1999)

O medidor eletromagnético é um elemento primário de vazão volumétrica, independente da densidade e das propriedades do fluido, porém, é necessário que haja necessidade do fluido ser eletricamente condutivo e com propriedades magnéticas, ocasionando ocorrer à presença de um discreto erro de medição. É uma opção para medição de líquidos limpos com baixa viscosidade, se o líquido a ser medido tiver partículas sólidas e abrasivas, como polpa de mineração ou papel, este método é praticamente a única alternativa. Como o processo possui partes úmidas como os eletrodos e o revestimento, é possível através de uma seleção cuidadosa destes elementos, medir fluidos altamente corrosivos como ácidos e bases. Por exemplo, a medição de ácido fluorídrico, selecionando-se eletrodos de platina e revestimento de teflon. Outro fluido, particularmente adequado para medição por essa técnica é o da indústria alimentícia, como o sistema de vedação dos eletrodos não possui reentrâncias, as aprovações para uso sanitário são facilmente obtidas.

O medidor eletromagnético de vazão é baseado na Lei de Faraday. Esta lei foi descoberta por um cientista inglês chamado Faraday em 1831. Segundo esta lei, quando um objeto condutor se move em um campo magnético, uma força eletromotriz é gerada.

A relação entre a direção do campo magnético, movimento do fluido e a força eletromagnética induzida, pode facilmente ser determinada pela regra da mão direita de Fleming. No caso do medidor eletromagnético o corpo móvel é o fluido que flui através do tubo detector. Desta forma, a direção do campo magnético, a vazão, e a força eletromagnética estão posicionadas uma em relação à outra de um ângulo de 90 graus.

Relação entre a vazão e a força eletromagnética de acordo com a Lei de Faraday é expressa pela seguinte equação:

$$E = B.d.V \quad (1)$$

Onde:

E: força eletromagnética induzida (V)

B: densidade do fluxo magnético (T)

d: diâmetro interno do detector (m)

V: velocidade do fluido (m/s)

De acordo com a equação 1, levando-se em consideração que a densidade de fluxo magnético B é constante, temos que a força eletromagnética é proporcional à velocidade.

A grande transformação sofrida pelos medidores eletromagnéticos de vazão, nos últimos anos, foi com relação à forma de excitação das bobinas. Os quatro tipos principais de

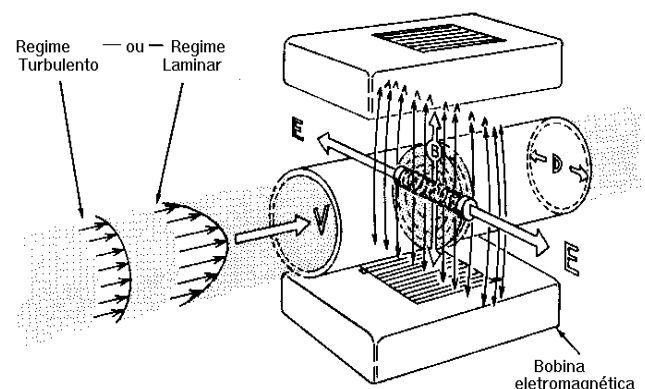


Figura 8. Medidor eletromagnético.

Fonte: SENAI (1999)

excitação são: corrente contínua, corrente alternada, corrente pulsante e frequência dupla simultânea. Pode-se fazer uma comparação técnica entre os quatro tipos citados, ressaltando suas vantagens e desvantagens.

A excitação em corrente contínua (CC) tem a vantagem de permitir uma rápida detecção da variação de velocidade do fluido, e só é aplicada para casos muito especiais, como por exemplo, metais líquido. Entre as desvantagens deste método, citamos: dificuldade de amplificação do sinal obtido, influência do potencial eletroquímico, fenômeno de eletrólise entre os eletrodos e outros ruídos.

A excitação corrente alternada (CA) tem as vantagens de não ser afetada pelo potencial eletroquímico, ser imune à eletrólise, ainda é de fácil amplificação. Por outro lado, temos as desvantagens de vários ruídos surgirem em função da corrente alternada, que são provocados pela indução eletromagnética, chamado de ruído de quadratura, pela corrente de Foucault que provoca o desvio de zero e pelos ruídos de rede que se somam ao sinal de vazão, e muitas vezes são difíceis de serem eliminados.

A excitação em CC pulsada ou em onda quadrada, combina as vantagens dos métodos anteriores e não tem as desvantagens. Não é afetada pelo potencial eletroquímico, pois o campo magnético inverte o sentido periodicamente, mas como durante a medição o campo é constante, não teremos problemas com correntes de Foucault nem com indução eletromagnética que são fenômenos que ocorrem somente quando o campo magnético varia. O ruído da rede é eliminado sincronizando o sinal de amostragem com a frequência da rede e utilizando-se uma frequência que seja um submúltiplo par da frequência da rede, e finalmente a amplificação torna-se simples com amplificadores diferenciais.

A corrente de excitação de dupla frequência é aplicada ao tubo de medição, o qual gera um sinal de vazão com a mesma forma de onda. Se um sinal de vazão em degrau é aplicado ao tubo de medição, este é amostrado e filtrado nos seus componentes de baixa e alta frequência. A seguir essas componentes são somadas reproduzindo o degrau aplicado. Deste modo a componente de alta frequência responde principalmente às variações rápidas, enquanto que a componente de baixa frequência responde principalmente às variações lentas.

Os medidores magnéticos industriais apresentam um melhor desempenho relativo à precisão, quando a vazão medida corresponde a uma velocidade apreciável. Devem ser levadas em conta considerações relativas ao compromisso entre a decantação/incrustação e abrasão. Tipicamente, eles têm uma precisão de 1% da escala quando a velocidade que corresponde ao fim da escala de vazão, é superior a 1m/s e 2% quando compreendido entre 0,3 e 1m/s (os valores numéricos citados variam dependendo do fabricante). Os fabricantes

apresentam ábacos de escolha para seus medidores onde, conhecendo a velocidade ou a vazão máxima a medir, pode ser determinado o diâmetro do medidor magnético para efetuar a medição.

1.6.2 Medidor tipo Turbina

O medidor é constituído basicamente por um rotor montado axialmente na tubulação. O rotor é provido de alertas que o fazem girar quando passa um fluido na tubulação do processo. Uma bobina captadora com um imã permanente é montada externamente fora da trajetória do fluido. Quando este se movimenta através do tubo, o rotor gira a uma velocidade determinada pela velocidade do fluido e pelo ângulo das lâminas do rotor. À medida que cada lâmina passa diante da bobina e do imã, ocorre uma variação da *relutância* do circuito magnético e no fluxo magnético total a que está submetida à bobina. Verifica-se então a indução de um ciclo de tensão alternada. A frequência dos pulsos gerados desta maneira é proporcional à velocidade do fluido e a vazão pode ser determinada pela medição/totalização de pulsos.

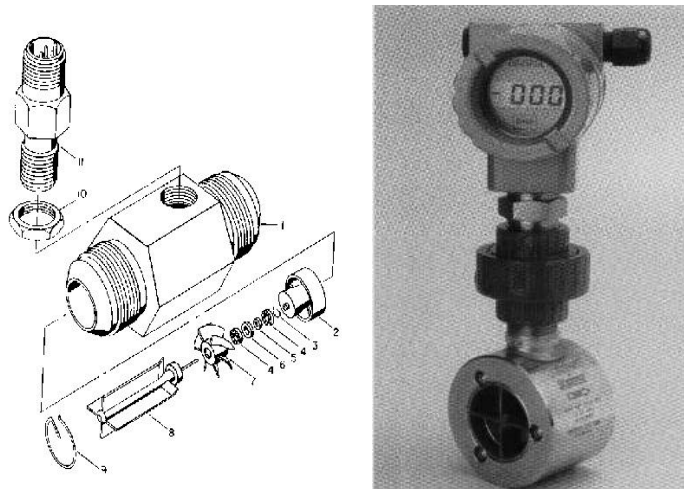


Figura 9. Medidor Tipo Turbina
Fonte: SENAI (1999)

Devido à frequência de saída de o sensor ser proporcional a vazão, portanto, é possível que cada turbina, fazer o levantamento do coeficiente de vazão K , que é o parâmetro de calibração da turbina, expresso em ciclos (pulsos) por unidade de volume. Numa turbina ideal este valor K seria uma constante independente da viscosidade do fluido medido. Observa-se, entretanto, que à medida que a viscosidade aumenta, o fator K deixa de ser uma constante e passa a ser uma função da viscosidade e da frequência de saída da turbina.

Cada turbina sofre uma calibração na fábrica, usando água como fluido. Os dados obtidos são documentados e fornecidos junto com a turbina. Através destes dados obtêm-se o

fator médio de calibração K relativo à faixa de vazão específica. O fator é representado pela seguinte expressão:

$$K = \frac{60.f}{Q}$$

1.6.3 Medidor de Vazão Coriolis

A medição de vazão é realizada por meio da oscilação (vibração) de um tubo interno ao medidor por meio da aplicação do princípio de Coriolis que é uma técnica direta ou dinâmica que gera um sinal proporcional à vazão mássica, e praticamente independente das propriedades do material, tais como condutividade, pressão, viscosidade ou temperatura e ainda pode ser utilizada para determinar a densidade do produto circulante. Essa técnica de medição é utilizada nos mais variados processos e de medição de líquidos e gases nas indústrias petroquímicas, químicas, petrolíferas, farmacêuticas, alimentícias e outros segmentos industriais.

1.6.3.1 Partes do medidor Tipo Coriolis

As conexões do medidor Coriolis às tubulações são geralmente flangeadas para facilitar troca, inspeção e manutenção do instrumento. E, independentemente da quantidade de tubos internos os medidores tem duas conexões: a de entrada, por onde entra o fluido no medidor, e a de saída, por onde sai o fluido após de passar pelo sistema de medição.

Pode existir um ou mais de tubos medidores dependem de encomenda, fabricante, alta necessidade de não perder carga e etc. Eles podem ser retos, em u, arredondados, em forma de “s”. Eles são os responsáveis por transmitir a força de Coriolis aplicada neles pelo fluido aos sensores por meio de vibrações. Geralmente são feitos de aço inox, titânio ou outro material a depender da necessidade do processo.

O excitador é um dispositivo presente em todos os medidores tipo coriolis, é o elemento responsável por provocar certa frequência de vibração na tubulação e também possibilita a medição não só da densidade como a vazão mássica como veremos mais adiante. Os sensores eletromagnéticos (eletroímãs), presentes também no medidor, são muito sensíveis às vibrações dos tubos de medição, pois, pouquíssimos milímetros de oscilação nas vibrações desses tubos significam significativas alterações da vazão mássica da tubulação. Geralmente se encontram aos pares em trechos retos dos tubos de medição.

O transmissor é um instrumento que recebe um sinal dos sensores magnéticos tratam-no num circuito eletrônico e geram a saída num sinal padronizado que pode ser digital em Hz ou analógico em 4 a 20 mA. Ele pode ficar acoplado ao medidor ou, dependendo do

fabricante, até 300 metros de distância sem prejuízo nos sinais de entrada e saída. Já o corpo é a parte que reveste o instrumento e possui os bocais de entrada e de saída, não possui contato direto com o tubo medidor, mas sustenta o excitador e os sensores magnéticos. Sua forma, tamanho e material de confecção varia de fabricante a fabricante.

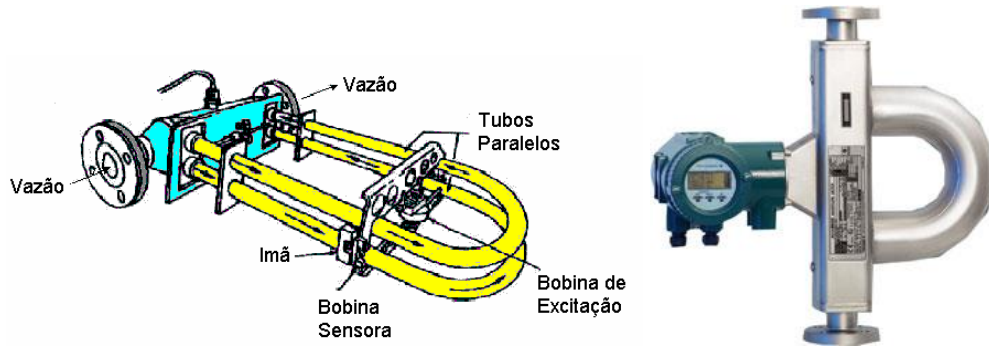


Figura 11. Medidor Coriolis
Fonte: Lima (2005)

1.6.4 Medidor de Vazão Tipo Vortex

Estes medidores são utilizados na medição de vazão de líquidos de baixa viscosidade, gases e vapor (saturado e superaquecido). Os Medidores Vortex se caracterizam pela ausência de partes móveis em contato com o fluido, baixa perda de carga e boa precisão. Utilizado em aplicações industriais para medição a vazão de gases e líquidos, incorpora ao obstáculo reto sensores que percebem as ondas do vortex e geram um sinal em frequência proporcional a vazão.



Figura 12: Medidor Vortex
Fonte: SENAI (1999)

Quando um anteparo de geometria definida é colocado de forma a obstruir parcialmente uma tubulação em que escoar um fluido, ocorre a formação de vórtices, que se desprendem alternadamente de cada lado do anteparo. Os sensores são colocados dentro do duto e protegidos de choques, temperaturas e desgaste pela passagem do fluido. Os sensores capacitivos detectam os pulsos de pressão e os convertem em pulsos elétricos.

1.6.5 Medidor de Vazão Ultrassônico

Os medidores de vazão Ultrassônicos são aplicados para medir vazões volumétricas e são ideais para aplicações em águas residuais ou em líquido poluído que seja condutivo ou apresente água como base geralmente não funciona em água destilada ou potável. Esses medidores de vazão usam a velocidade do som como meio

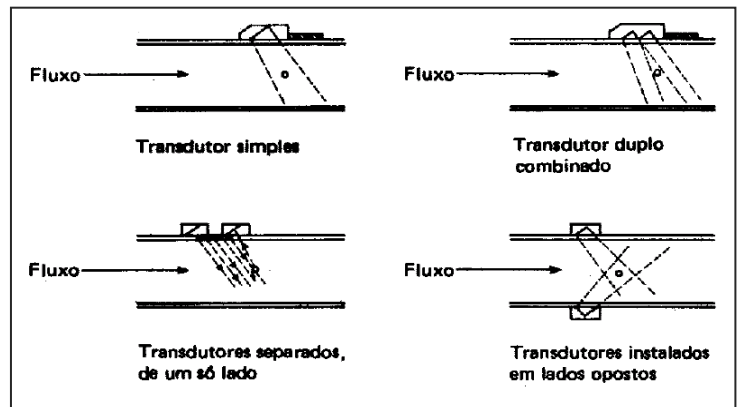


Figura 13. Representação do efeito Doppler
Fonte: SENAI (1999)

auxiliar de medição e podem ser divididos em dois tipos principais:

- **Medidores a Efeito Doppler:** O efeito Doppler é aparente variação de frequência produzida pelo movimento relativo de um emissor e de um receptor de frequência.

Estes instrumentos são conseqüentemente adequados para medir vazão de fluidos que contêm partículas capazes de refletir ondas acústicas.

No caso, esta variação de frequência ocorre quando as ondas são refletidas pelas partículas móveis do fluido. Nos medidores baseados neste princípio, os transdutores-emissores projetam um feixe contínuo de ultrassom na faixa das centenas de khz. Os ultrassons refletidos por partículas veiculadas pelo fluido têm sua frequência alterada proporcionalmente ao componente da velocidade das partículas na direção do feixe. São aplicados em medições em líquidos corrosivos, medição do fluxo de sangue e sistemas de tratamento de água residuais.

- **Medidores de Tempo de Trânsito:** Os Medidores de tempo de trânsito não são adequados para medir vazão de fluidos que contêm partículas. Para que a medição seja possível, estes instrumentos devem medir vazão de fluidos relativamente limpos.

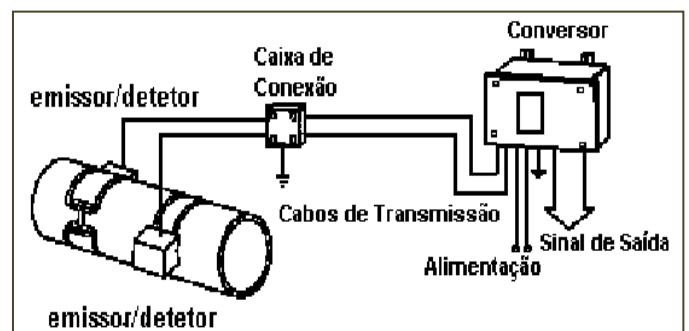


Figura 14. Medidor de Tempo de Trânsito
Fonte: SENAI (1999)

Nestes medidores, um transdutor – emissor receptor de ultrassons é fixado à parede externa do tubo, ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas. O eixo que reúne os emissores–receptores forma com o eixo da tubulação, um ângulo α .

Os transdutores ultrassônico transmitem e recebem alternadamente um trem de ondas ultrassônicas de duração pequena. São aplicados em fluidos limpos e gases, óleos brutos

médios na indústria de refino de petróleo, fluidos puros e semicondutores ultrapuros nas indústrias farmacêuticas e de alimentos e bebidas.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mensuramento e o controle da quantidade de fluxo escoando em uma tubulação são de grande importância para a verificação do rendimento do processo industrial, bem como para a receita da empresa. Existem diversos grupos de medidores de vazão, conforme mencionados neste artigo, cada um utilizando um parâmetro físico diferente para realizar a medição da vazão do fluido, além de, estar relacionado com as características de utilização destes.

Concluimos que, os medidores de vazão, se tornaram importantes ferramentas no cotidiano diante das aplicações como em hidrômetros de uma residência, em estações de tratamento, o marcador de bomba de combustível; equipamentos que seriam dificilmente controlados ou operados de forma segura e com baixo índice de erro, como atuam os medidores. Assim como, a implementação de um sistema de mensuramento de vazão pode ser complexa para medir, controlar e monitorar todos os fluidos de uma unidade industrial com alta precisão e eficiência, automatizar esses processos garantem a confiabilidade dos resultados. A eficiência dos processos sempre garante vantagens competitivas e bons resultados produtivos e econômicos.

REFERÊNCIAS

BOJORGE, Ninoska. **Sistema de Medição de Vazão**. UFF – Departamento de Engenharia Química e de Petróleo. Unidade 5. Disponível em:<http://www.professores.uff.br/controldeprocessos-eq/images/stories/Aula05_Instrumen_Vazao.pdf>. Acesso em 20 de Agosto de 2016.

CASSIOLATO, C. **Medição de Vazão**. Disponível em:<<http://www.smar.com/newsletter/marketing/index40.html>>. Acesso em 25 de agosto de 2016.

CEFET. **Instrumentação Industrial – Módulo Vazão**. Espírito Santo, 1º Edição. 2006. Disponível em: <<http://www.sr.ifes.edu.br/~rafael/ii2/apostilas/Instrumentacao%20Modulo%20Vazao.pdf>>. Acesso em 20 de agosto de 2016.

EMERSON PROCESS. **Elementos Primários e medidores de vazão Annubar**. Disponível em: < <http://www2.emersonprocess.com/pt-br/brands/rosemount/flow/dp-flow-products/annubar-flowmeters/pages/index.aspx>>. Acesso em 25 de Agosto de 2016.

LIMA, Marcos. **Medidor de fluxo tipo Coriolis**. Instrumentação em Controle -UNP . Ano 2005. Disponível em: < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAekRUAG/medidor-fluxo-tipo-coriolis>>. Acesso em 02 de Setembro de 2016.

OMEGA INDÚSTRIA. **Medidores de Vazão**. Disponível em: <<http://br.omega.com/prodinfo/medidores-de-vazao-magneticos.html>>. Acesso em 20 de Agosto de 2016.

PROCEL INDÚSTRIA. **Instrumentação e Controle – Guia Básico**. Brasília, 2008. 218 páginas. Disponível em: < www.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/.../instrumentao_corrigido.pdf>. Acesso em 18 de Agosto de 2016.

RODRIGUES, Luiz. **Mecânica dos Fluidos – Aula 8**. IFECT - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Disponível em: < <http://www.engbrasil.eng.br/pp/mf/aula8.pdf>>. Acesso em 30 de Agosto de 2016.

SENAI. **Medição de vazão**. Minas Gerais. Disponível em: <www.senai-mg.org.br/cetel>. Acesso em 18 de Agosto 2016.

SENAI/ CST. **Instrumentação básica II – Vazão, Temperatura e Analítica**. Espírito Santo. Ano 1999. Disponível em: < http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5817066/157/Instrumentacaobasica2_pdf.pdf>. Acesso em 30 de Agosto de 2016.

VASCONCELOS, Alexander. SANTOS, Everton. NÓBREGA, Fábio. **O funcionamento dos Medidores de Vazão e sua importância nos processos industriais**. Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE. Disponível em: < <http://up.eng.br/eventos/ensee/assets/o-funcionamento-dos-medidores-de-vaz%C3%A3o-e-sua-import%C3%A2ncia-nos-processos-industriais2.pdf>>. Acesso em 18 de Agosto de 2016.