Instrumentação e Sensores

Aula 07 - Sensores de Nível

Material Didático do Instituto Metrópole Digital - IMD
Versão 5.0 - Todos os Direitos reservados

Apresentação

Nesta aula serão introduzidos conceitos sobre a variável de processo nível. Começaremos apresentando algumas definições e aplicações desta variável para, em seguida, abordarmos os tipos de medições mais comuns e os medidores associados a cada um desses tipos. Para facilitar a compreensão do funcionamento dos medidores abordados, foram inseridas nesta aula diversas imagens e vídeos.

Objetivos

- Apropriar-se do conceito de variável de processo nível.
- Distinguir os dispositivos de medição direta e indireta de nível.
- Diferenciar medições de nível contínuas e pontuais.
- Reconhecer os vários tipos de instrumentos empregados na medição de nível.

Medição de Nível

Na indústria, geralmente grandes quantidades de líquidos, como água, solventes, produtos químicos etc., são utilizados numa série de processos industriais. A medição do nível dessas substâncias se faz necessária para avaliar o volume ou quantidade de líquido contido em um determinado local (recipiente ou reservatório) durante as etapas do processo. O conhecimento da quantidade de líquido armazenada possibilita a tomada de ações no decorrer do processo, pois o nível é uma variável que, além de necessitar ser monitorada por questão de segurança - para que não ultrapasse um determinado limiar, influencia diretamente tanto a pressão a qual esse líquido exerce quanto a vazão com que ele escoa. Portanto, sua medição e/ou controle torna-se muito importante em uma variedade de processos encontrados em plantas de produção.

Devemos ter em mente que o conteúdo do qual desejamos determinar o nível pode ser tanto sólido quanto líquido. Assim, além dos processos industriais, a aplicação da medida de nível é necessária em processos como: medição de nível em tanques de combustíveis, reservatórios de água, grãos armazenados em um silo, medição de nível em córregos, lagos etc.

Na aula de vazão, nos medidores em canais abertos, vimos que a vazão medida através desses instrumentos utiliza a medição de nível. De acordo com Balbinot e Brusamarello (2011, p. 270).

O nível é definido como sendo a altura de preenchimento de um líquido ou de algum tipo de material em um reservatório ou recipiente. A sua medição normalmente é realizada do fundo do recipiente em direção à superfície ou a um ponto de referência do material a ser medido.

Na medição do nível, normalmente o medidor "sente" a interface entre dois meios. Esses meios podem ser líquido e gás, sólido e gás, sólido e líquido e até mesmo líquido e líquido (diferentes densidades).

A medição de nível de líquido pode ser classificada como: métodos diretos ou métodos indiretos.

Medição de nível por métodos diretos

Nestes métodos, o nível real de líquido é medido diretamente por meio de um dispositivo mecânico simples. Normalmente esse nível é medido em relação ao fundo do reservatório.

Visores e indicadores de nível

Esses tipos de dispositivos fornecem apenas uma saída visual ao operador. A medição pode ser feita através de uma vareta, método conhecido como "vareta molhada" que pode ou não ser graduada, ou através de uma régua graduada, quando o nível a ser medido encontra-se em reservatório que proporciona uma visualização direta desse líquido, seja por ser um reservatório translúcido seja por meio de um visualizador externo.

Na medição através de uma vareta, o nível de líquido é determinado mergulhando a haste (vareta) no reservatório onde se encontra este líquido de modo que o "zero" da haste coincida com o fundo do reservatório. A marca do líquido na haste, quando esta é retirada do recipiente, indicará a referência para medição do nível. Caso a haste seja graduada, o nível é indicado diretamente, caso contrário pode-se medir com auxílio de uma fita ou régua graduada.

Podemos encontrar exemplos de aplicação desse método na medição do nível de óleo do motor de um carro ou em postos de combustíveis, quando o funcionário vai, com uma haste, verificar o nível nos tanques de armazenamento.

a) b)

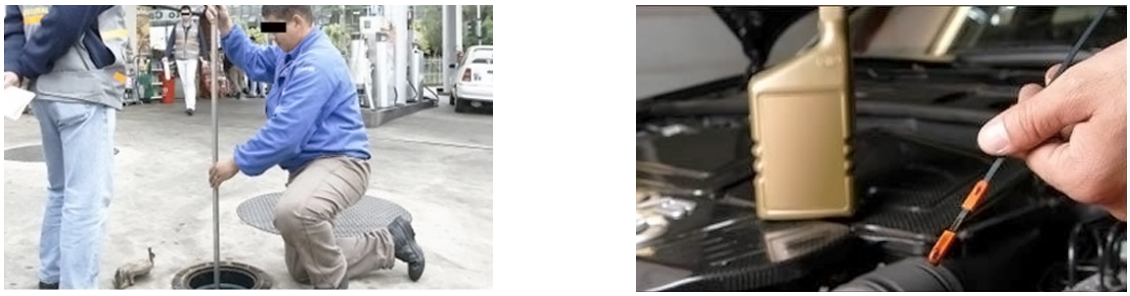
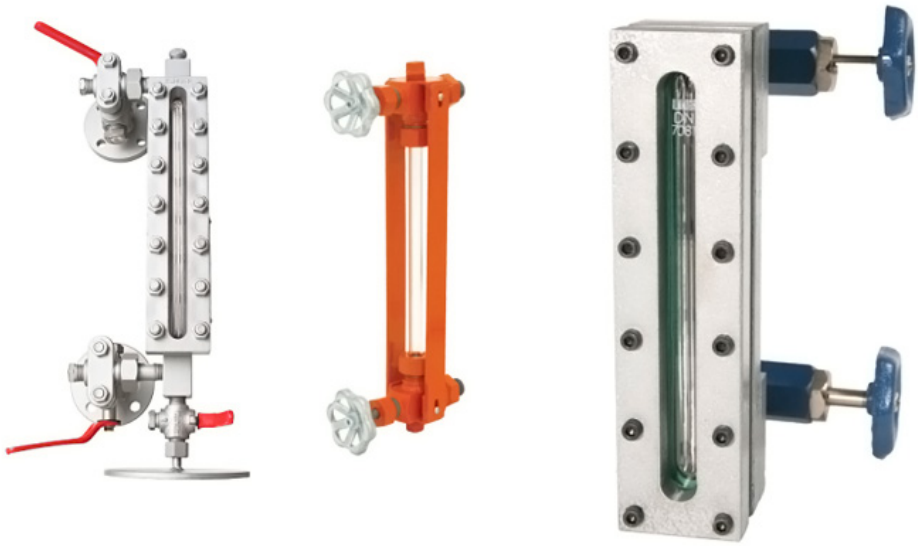


Figura 1 – (a) medição do nível de um tanque de combustível e (b) medição do nível do óleo do motor de um veículo.
Fonte: (a) <http://www.brasilpostos.com.br/site/author/admin/>;
(b) <http://estadodeminas.vrum.com.br/app/noticia/manutencao-mandamentos-do-oleo.shtml>.
Acesso em: 22 mar. 2013.

A medição de nível para um reservatório que possua certa transparência pode ser feita com uma régua instalada encostada nesse reservatório. Nesse caso, a leitura será feita sem o contato com o conteúdo. Caso o recipiente seja completamente opaco, utiliza-se um visualizador externo e uma régua. Esse visualizador é constituído por um tubo de vidro, montado ao lado do tanque que contém o líquido, para proporcionar uma indicação visual do nível de líquido.

Os tubos utilizados no visualizador externo são geralmente feitos de vidro temperado e são fornecidos com tampas metálicas de proteção em torno deles. O comprimento e o diâmetro dependem das condições de utilização, isto é, das pressões e temperaturas máximas. Assim, faz-se necessário uma análise aprofundada no momento da escolha do dispositivo. Outro fator que se deve levar em consideração é a definição do diâmetro do medidor, uma vez que um diâmetro maior que o necessário pode alterar o nível do reservatório e um diâmetro muito aquém do projetado pode causar o efeito capilar no tubo. A Figura 2 apresenta alguns visualizadores de nível disponíveis no mercado.

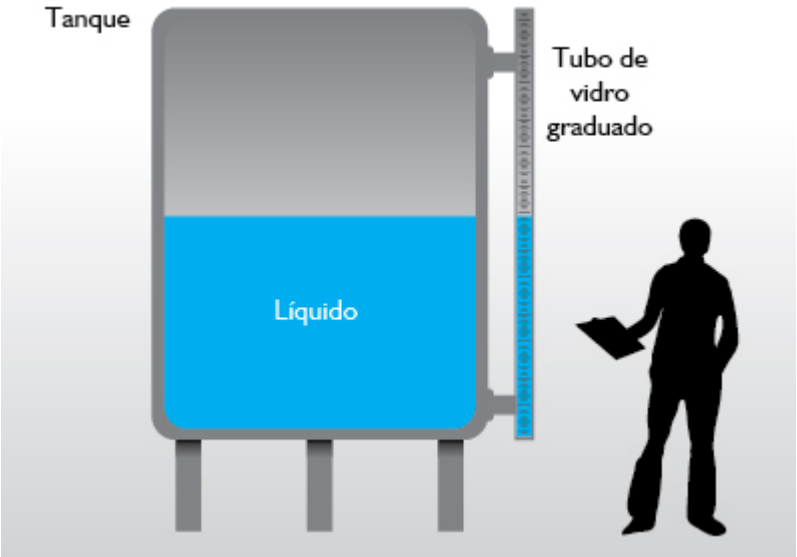
Figura 02 - indicadores de nível disponíveis comercialmente.



Fonte: http://www.sotequi.com.br/produto.php?p=p&cc=24&pc=73 http://www.ecr-sc.com.br/loja/popup_image.php?pID=66 http://www.hecam.com.ar/productos/niveles.html. Acesso em: 18 mar. 2013.

A medição de nível de líquido com esses dispositivo é simples e direta para líquidos limpos e coloridos. No entanto, é inadequada para líquidos sujos, viscosos e corrosivos. Além disso, muitas vezes é necessário um operador para registrar os níveis de líquido (Figura 3).

Figura 03 - Operador coletando informações do nível.



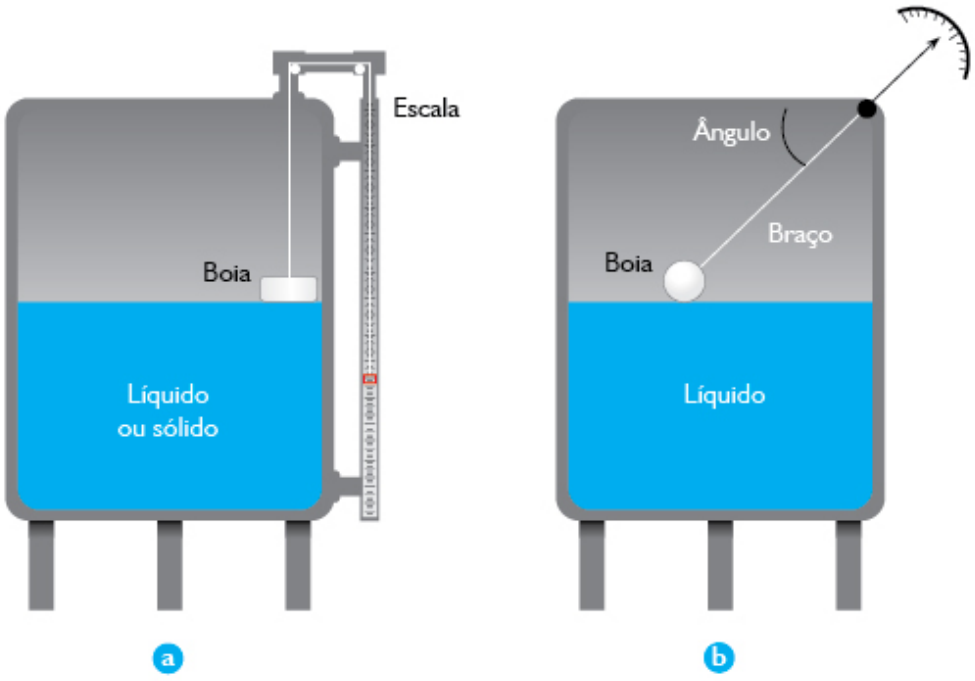
Fonte: Autoria Própria

Boias e flutuadores

Nesse método de medição direta do nível as boias ou flutuadores são fabricados com um material cuja densidade (massa específica) seja menor do que a densidade do fluido a ser medido. Assim, quando o nível se alterar, a posição do flutuador também deverá variar de forma contínua, seguindo o nível do fluido. Esse deslocamento do flutuador pode ser conectado a um dispositivo mecânico ou eletrônico para prover algum modo de visualização.

A Figura 4 mostra dois tipos de medidores utilizando boia e visualizadores mecânicos. Na Figura 4 (b), a boia está ligada a um braço, e o ângulo desse braço é mensurado para indicar o nível. A desvantagem desse medidor com braço, em relação ao da Figura 4 (a), é a não linearidade.

Figura 04 - Medidores de nível tipo boia ou flutuadores: (a) linear e (b) não linear.

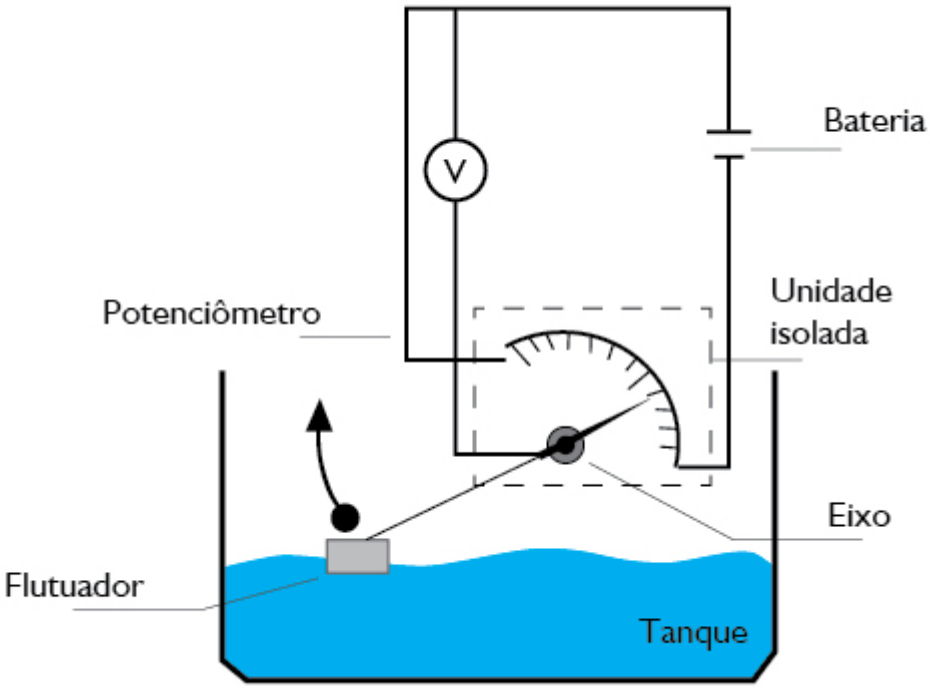


Fonte: Autoria Própria

Para se obter um indicador de nível eletrônico basta instalar um potenciômetro, conforme vemos na Figura 5. O deslocamento do flutuador movimenta o braço, fazendo o cursor mover-se sobre o elemento resistivo e acarretando uma mudança

na resistência. Essa alteração na resistência é diretamente proporcional ao nível de líquido armazenado. Nesse caso, o nível pode ser representado de diversas formas como lâmpadas, *leds* com escala de cores, *displays* numéricos etc.

Figura 05 - Utilização de flutuadores com potenciômetro para medição de nível.



Fonte: adaptada de Balbinot e Brusamarello (2011).

As boias podem também ser utilizadas quando se deseja monitorar os limites máximo e mínimo de um reservatório ou pontos intermediários. Normalmente, nessas aplicações as boias são acopladas a detectores conhecidos como chaves, que podem ser mecânicas ou magnéticas. A chave é conectada ao elemento flutuador através de uma haste que funciona como alavanca.

No caso das chaves magnéticas, a boia possui um imã. Assim, a variação do nível acarreta o deslocamento do conjunto flutuador-haste em direção ao detector magnético (*reed-switch*). Ao se aproximar desse detector ocorre o acoplamento magnético, provocando a atuação de um contato elétrico. O inverso ocorre quando o elemento flutuador se afasta do detector magnético, realizando o desacoplamento magnético. O vídeo abaixo nos dá uma visão mais concreta do funcionamento dessas chaves.

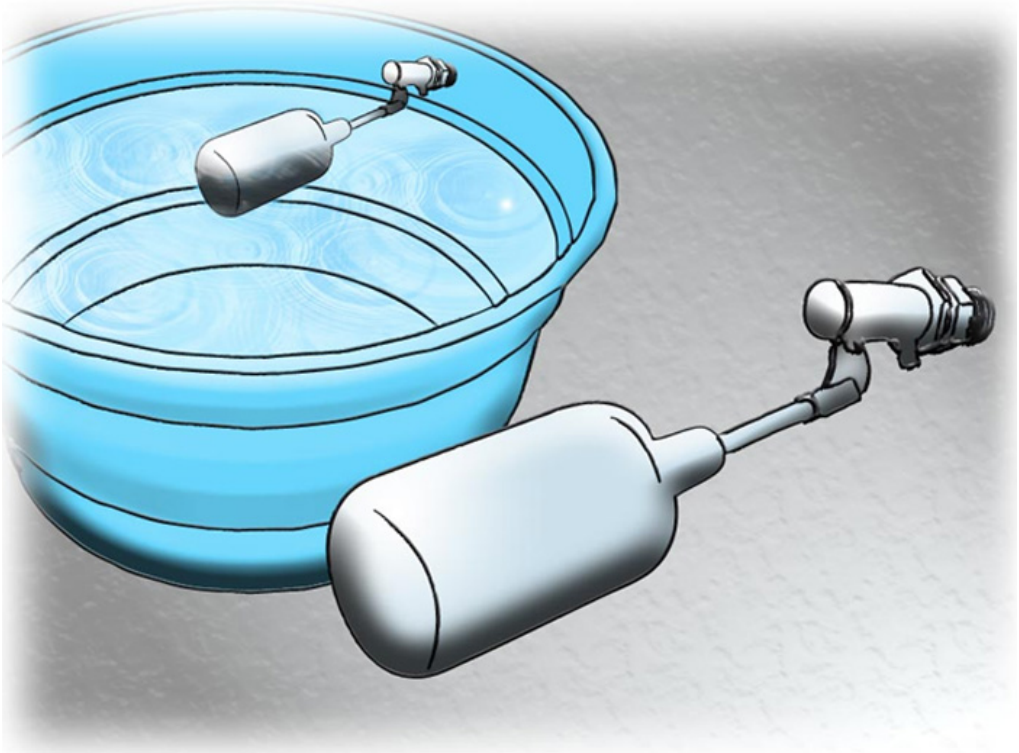
Vídeo das chaves magnéticas:

Fonte:https://www.youtube.com/watch?NR=1&v=ZdHS9nxDN_4.

Como Funciona um Sensor de Nível Bóia Magnética - ICOS
Fonte:https://www.youtube.com/watch?v=guZ4Z94FGII.

O funcionamento das chaves mecânicas é semelhante ao das chaves magnéticas. A diferença básica é que, em vez de utilizar um imã e um detector magnético, as chaves mecânicas utilizam um sistema de abertura e fechamento mecânico, que é acionado pelo movimento do braço. Esse mecanismo é facilmente encontrado em reservatórios residenciais, permitindo a entrada de água quando este se encontra vazio e cortando a entrada de água quando cheio. A Figura 6 ilustra uma caixa d'água utilizando uma boia para controle.

Figura 06 - Utilização de uma chave de nível mecânica.



Fonte: http://autos.culturamix.com/noticias/boia-de-nivel Acesso em: 25 mar. 2013.

As chaves magnéticas (*reed-switches*) podem ainda ser utilizadas de outra forma para detecção do nível. Nesse tipo de medidor é utilizada uma haste com um detector magnético (*reed-switch*) localizado em um ponto pré-determinado, onde se

deseja determinar ou controlar o nível. Uma boia magnética (boia com imãs permanentes fixados em sua estrutura) desliza externamente ao longo desta haste, deslocando-se juntamente ao nível do produto. Quando o nível e a boia passam pelo ponto onde se encontra o detector magnético de posição (*reed-switch*), o magneto da boia faz com que este comute o contato. Com essa ação é possível executar qualquer tipo de controle ou, então, essa informação pode ser enviada a um sistema microprocessado que faz uma tomada de decisão. Uma grande vantagem desse tipo de medidor é a possibilidade de se colocar vários *reed-switches* espalhados ao longo da haste (detectores multipontos). O funcionamento desses medidores multipontos segue o mesmo princípio do medidor com um único *reed-switch*. A Figura 7 (a) ilustra esse tipo de medidor.

a) b)

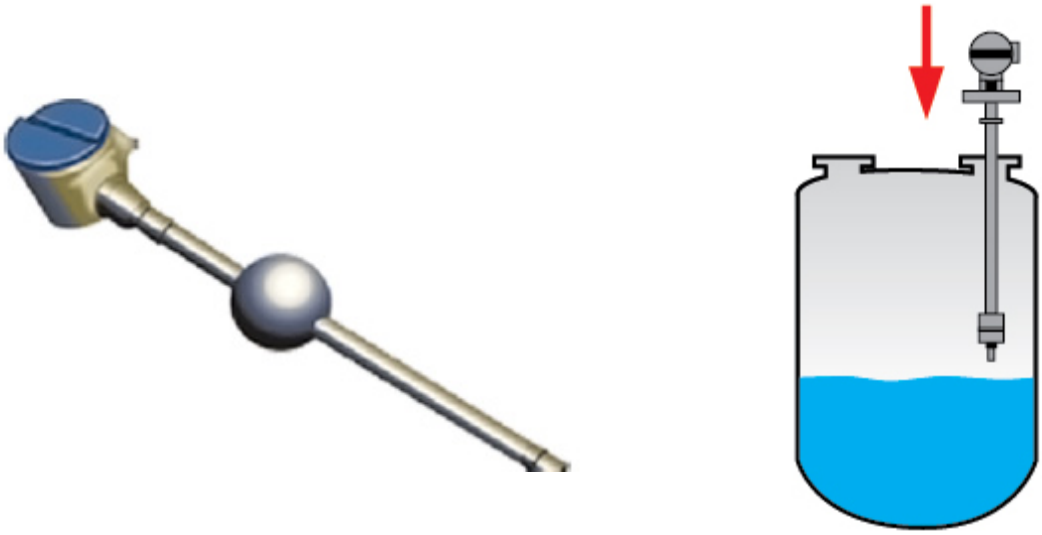


Figura 7 – (a) medidor de nível tipo boia magnética e (b) sua instalação.
Fonte: <http://www.nivetec.com.br/>.
Acesso em: 25 de mar. de 2013.

O link abaixo se refere a uma animação do funcionamento desse medidor.

Fonte:https://www.youtube.com/watch?v=RsT3-e-_eg0.

Atividade 01

1. Pesquise sobre as chaves de mercúrio, descrevendo o seu funcionamento, suas aplicações e o porquê de se utilizar o mercúrio.

Vídeo sobre medidor utilizando mercúrio.

Fonte:https://www.youtube.com/watch?v=G9j5aUjd4Tw.

Para verificar suas respostas, clique aqui.

Respostas

1. Apesar de ser uma pesquisa para os alunos, uma possível resposta seria:

   A chave de mercúrio é normalmente composta por uma ampola de vidro com dois ou mais filamentos (contatos) de uma liga especial. Dentro desta ampola é inserido uma gota de mercúrio sendo lacrada (a ampola) a vácuo. Quando ocorre o movimento da ampola, o mercúrio no estado líquido se move fazendo contato entre os contatos elétricos. Como mercúrio é um metal e é bom condutor, faz o fechamento elétrico de tais contatos, agindo como uma chave liga e desliga, de maneira simples, sem o menor esforço possível para tal, já que no estado líquido, o mercúrio se move facilmente com a inclinação da ampola.

   Um dos principais motivos de sua utilização é justamente dessa ausência de esforço para fechar os contatos elétricos. Por causa do fechamento dentro da ampola, os contatos elétricos ficam protegidos de corrosão por exposição ao ambiente externo. Além disso, esse isolamento do ambiente exterior permite o seu uso nos mais diversos locais por justamente evitar arcos elétricos ao ar livre, o que em locais com gases ou líquidos inflamáveis seria extremamente perigoso.

A sua aplicação é a das mais diversas, controle de nível de tanques de combustível, de água, detecção de inclinação, alarmes entre outros.

Indicador de nível magnético

Esse indicador apresenta uma estrutura física/visual muito semelhante aos vidros de visualização de nível, no entanto, seu princípio de funcionamento se assemelha àqueles medidores que utilizam flutuadores.

Neste caso, esses dispositivos operam pelo princípio dos vasos comunicantes, onde um tubo antimagnético é fixado externamente ao tanque. Uma boia com imã permanente desliza dentro do tubo, acompanhando o nível do tanque. Assim, à medida que o nível se altera dentro do tubo, a boia, provida de um imã permanente, atua sobre os indicadores magnéticos que alteram a sua cor, devido ao campo magnético gerado pelo imã. Esses indicadores podem ser palhetas bicolores ou flutuadores e são acionados através da parede do tubo. A Figura 8 mostra o esquema desse indicador de nível e a Figura 9 exibe exemplos comerciais desses indicadores.

a) b)

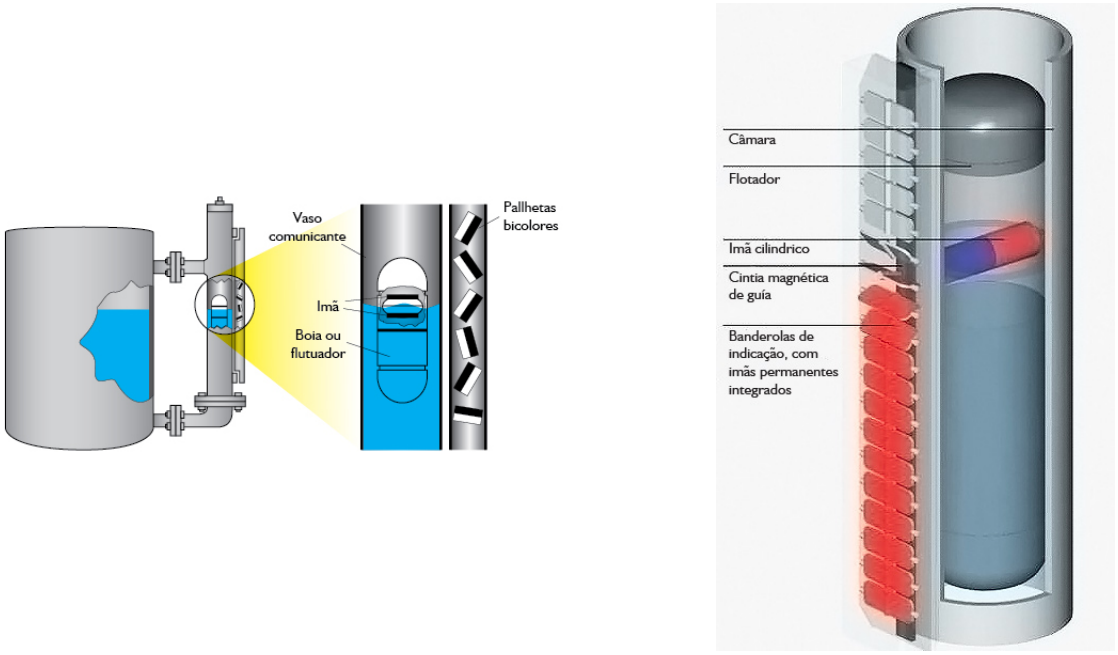


Figura 8 – Detalhes físicos de um medidor de nível magnético.
Fontes: (a) <http://www.jsatm.com/Product.asp?SortID=14&ItemID=210>;
(b) <http://www.contechind.com.br/transmissores-de-nivel/catalogo/transmissor-de-nivel-indicador-e-visor-de-nivel-magnetico.pdf>.
Acesso: 28 mar. 2013.

Figura 09 - Indicadores de nível magnético disponíveis comercialmente.

Fonte: http://dir.indiamart.com/impcat/liquid-level-indicator.html Acesso em: 28 mar. 2013.

Medição de nível por métodos indiretos

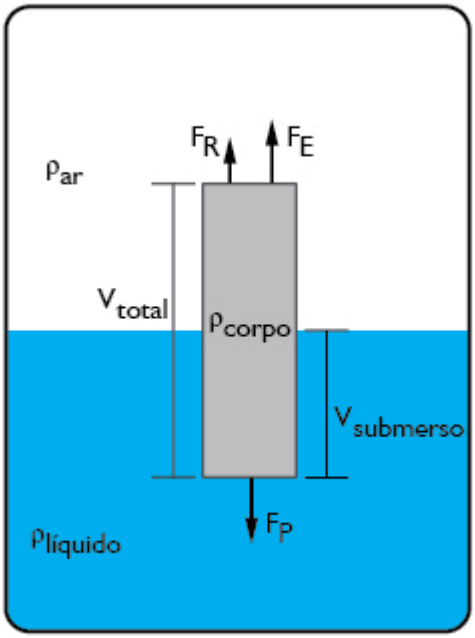
Na medição indireta o nível é medido em função de grandezas físicas relacionadas ao nível: pressão, empuxo, radiação, tempo de propagação, propriedades elétricas etc.

Medidor de nível do tipo deslocador

O princípio de funcionamento deste medidor se baseia na lei enunciada por Arquimedes, que diz: "todo corpo mergulhado em um fluido sofre a ação de uma força vertical dirigida de baixo para cima igual ao peso do fluido deslocado" (BALBINOT; BRUSAMARELLO, 2011, p. 274). A essa força vertical exercida pelo fluido no corpo nele submerso dá-se o nome de *empuxo*. Ela será maior quanto maior for a densidade do líquido.

Esse medidor de nível é equipado com um dispositivo, o deslocador, que utiliza o princípio de Arquimedes. Normalmente, deslocador utilizado como sensor de transmissores de nível tem a forma de um cilindro oco (Figura 10), que pode ser fabricado de diversos materiais. Quando necessário, são depositados contrapesos no interior do cilindro para ajustar o peso do deslocador.

Figura 10 - Princípio de funcionamento do medidor de nível tipo deslocador.



Fonte: Autoria Própria

Esse cilindro oco é colocado no interior do recipiente onde contém o líquido que se deseja mensurar o nível. Quando submergido no líquido, esse cilindro sofre a ação da força empuxo dando a impressão de que ele está mais leve, ou seja, a impressão de que "perdeu" peso, sendo esse peso "perdido" proporcional ao nível de líquido. Em outras palavras, o nível é diretamente proporcional à força vertical resultante da diferença entre o peso do cilindro e a força empuxo ao qual ele está submetido. Assim, à medida em que o nível aumenta, a força empuxo também aumenta, aumentando a força resultante.

A força de empuxo F_E é definida como:

$$F_E = V_{submerso} \times \rho_{líquido} \times g + (V_{Total} - V_{submerso}) \times \rho_{ar} \times g$$

Onde:

$V_{submerso}$ é o volume do corpo mergulhado no líquido de massa específica $\rho_{líquido}$;

g é a aceleração da gravidade;

V_{Total} o volume do corpo;

ρ_{ar} é a massa específica do ar (nesta variável, em vez do ar poderia ser qualquer outro fluido).

No medidor tipo deslocador o corpo flutuante é ligado mecanicamente a uma espécie de dinamômetro, cuja medida indica de maneira indireta o valor do nível. O valor indicado pelo dinamômetro é o que chamamos de *peso aparente,* que é a diferença entre o peso do corpo fora do fluido – isto é, o peso real – e a força empuxo.

Medidor de nível do tipo deslocador

A força peso é função da massa *m* que, por sua vez, depende do volume (comprimento x área de seção) do corpo e da sua massa específica, podendo ser calculada pela equação abaixo:

$$F_p = m \times g$$

Assim, facilmente podemos encontrar a força resultante através da equação:

$$F_R = F_P - F_E$$

Esse medidor funciona transformando a força de empuxo no deslocador em um movimento de torção em um braço, que pode estar acoplado a um indicador local ou então a um imã. Quando o nível medido se altera, se o braço está conectado ao indicador local – um ponteiro, por exemplo – este se deslocará sobre uma escala específica, indicando o valor do nível (Figura 11 (a)). No entanto, no caso em que o braço está acoplado a um imã (Figura 11 (b)), o movimento de rotação desse braço faz o imã se deslocar alterando o campo magnético, que é sentido por um sensor magnético de efeito *Hall*. O sensor, portanto, converte essa variação do campo magnético em um sinal analógico proporcional ao nível de líquido. Esse sinal pode ser enviado a uma estação de controle, onde será monitorado ou servir como parâmetro para controle de alguma variável.

a) b)

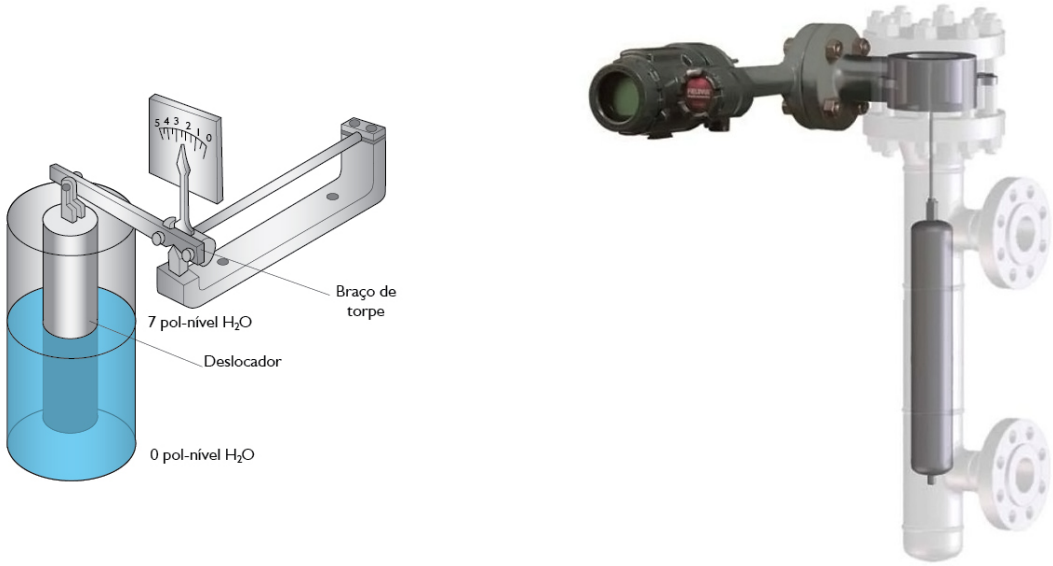


Figura 11 – Medidor de nível tipo deslocador com (a) indicação local e (b) acoplamento magnético.
Fonte: (a) <http://instrupedia.blogspot.com.br/2012/03/buoyancy-indirect-level-measurement.html>;
(b) <http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/displacer-level-transmitter-84415.html>. Acesso em: 26 mar. 2013.

Medidor de nível por pressão diferencial

Outro tipo de medição de nível indireta pode ser realizada através da leitura da pressão diferencial. No caso vamos relembrar como calcular a pressão em um ponto qualquer de uma coluna líquida. A pressão é dada pela seguinte equação:

$$P = \rho \times g \times h$$

onde P é a pressão;

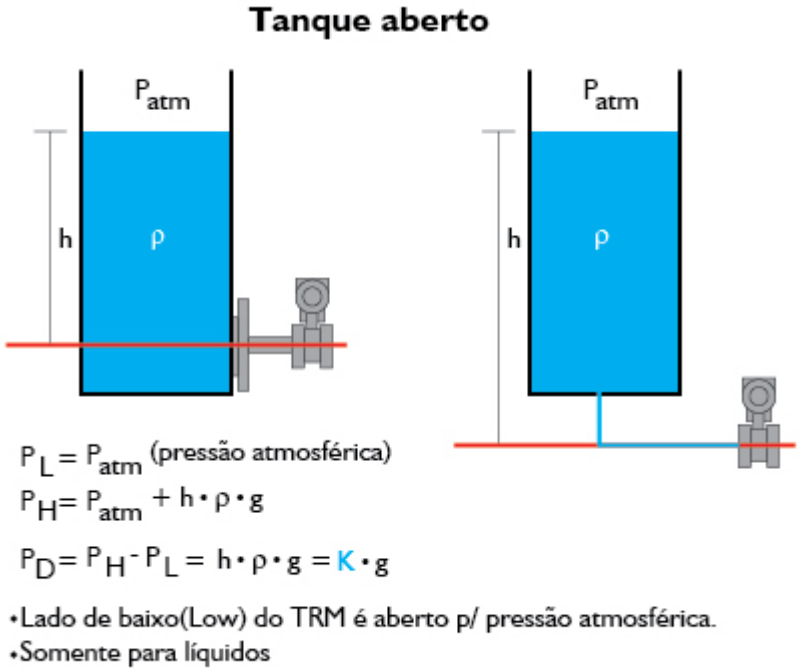
ρ a massa específica do líquido;

g a aceleração da gravidade e

h a altura da coluna de líquido.

Para se ter uma leitura mais precisa do nível, um transmissor de pressão pode ser instalado na parte inferior ou na lateral do reservatório que contém o líquido, conforme visto na Figura 12. Esse transmissor de pressão pode ser configurado para informar ao operador ou enviar para uma central de controle o valor já convertido em nível.

Figura 12 - Medição de nível através do diferencial de pressão em tanque aberto.



Fonte: http://www.smar.com/newsletter/marketing/index21.html. Acesso em: 25 abr. 2013.

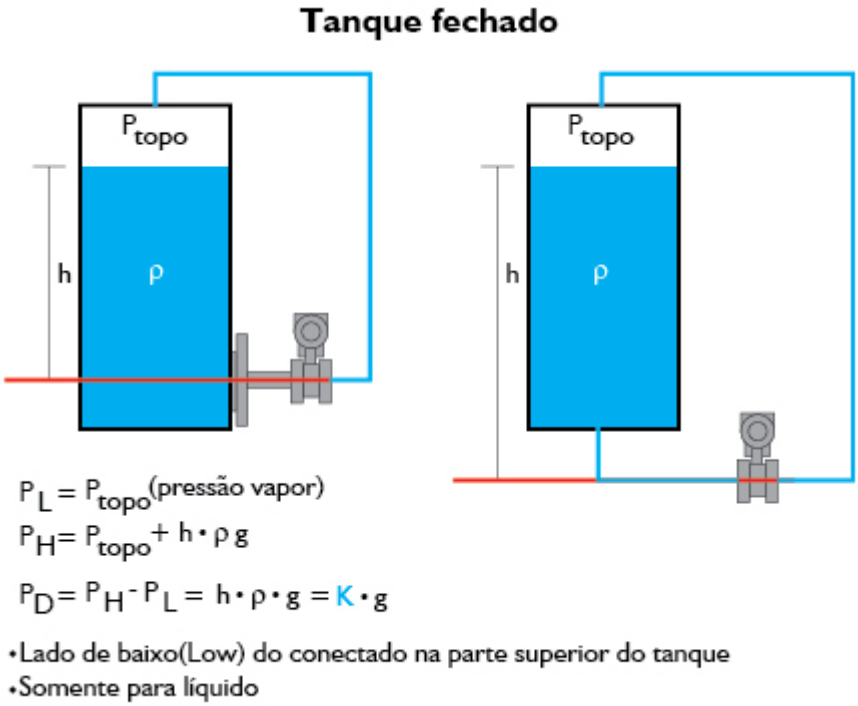
No caso da Figura 12, considerou-se um tanque aberto. Diante desse cenário, o transmissor de pressão será instalado de forma que um dos pontos de tomada de pressão seja o próprio ambiente (pressão atmosférica), também conhecido como ponto de baixa pressão (localizado acima da coluna de líquido). Esse ponto será ligado à câmara de baixa pressão do transmissor. O outro ponto, conhecido como ponto de alta, está localizado na base do reservatório, que sofre a pressão exercida pela coluna de líquido. Esse outro ponto é, então, conectado à câmara de alta pressão do transmissor.

No entanto, quando o tanque é fechado ou pressurizado, a pressão no seu interior é diferente da pressão atmosférica. Desta forma, se faz necessária a utilização da pressão interior do sistema, na ausência da coluna líquida, para realizar

a medição de nível por pressão diferencial corretamente.

Neste tipo de medição uma tubulação conecta a parte de cima do tanque (baixa pressão), de onde se mede apenas a pressão exercida sobre a superfície do líquido, à câmara de baixa pressão do transmissor. Uma outra tubulação conecta a parte de baixo do tanque (alta pressão), cuja pressão é a soma da pressão exercida sobre o líquido mais a pressão exercida pela coluna de líquido, à câmara de alta pressão do transmissor. A Figura 13 mostra como é feita uma tomada de pressão diferencial.

Figura 13 - Medição de nível através do diferencial de pressão em tanque fechado.



Fonte: http://www.smar.com/brasil/artigostecnicos/artigo.asp?id=78. Acesso em: 25 abr. 2013.

Como pode ser visto nas Figura 12 e 13, as fórmulas para medir a pressão diferencial e por conseqüência o nível, não se alteram. Apenas a tomada de pressão de baixa se altera quando o tanque é fechado ou aberto.

Atividade 02

1. Pesquise sobre os seguintes termos utilizados na medição de nível por pressão diferencial: “elevação de zero” e “supressão de zero”, definindo os seus significados, quando devem ser utilizados e exemplos de cálculos.

Para verificar suas respostas, clique aqui.

Respostas

1. Supressão de Zero ocorre quando o transmissor indica um nível superior ao real. Em medições de nível, por exemplo, onde o transmissor não está instalado no mesmo nível que sua tomada de alta, há então a necessidade de compensação da coluna de líquido na tomada do transmissor. Neste caso, uma coluna líquida se forma com certa altura dentro da tomada de pressão e o transmissor indicará um nível superior ao real. A correção é o que chamamos de Supressão de Zero.

   No caso onde existe a selagem líquida também na tomada de pressão baixa (low), é necessária a compensação da coluna de liquido aplicada na tomada de pressão alta (Hi) e na tomada de pressão baixa (Low). É o que chamamos de Elevação de Zero.

   Esse tipo de procedimento é muito utilizado pois é comum que os instrumentos de pressão sejam instalados em pontos diferentes de sua tomada de pressão. Os motivos variam desde facilidade de manutenção até facilidade de leitura.

   Para realizar a devida correção, basta realizar o cálculo de pressão da coluna de líquido dentro dos tubos de tomada de pressão. Isso pode ser realizado de forma manual, calculando através da fórmula de pressão e dos dados como a densidade do fluido e a altura da tomada. Outra forma é realizar a compensação através do próprio instrumento. Muitos instrumentos (transmissores) já possuem sistemas de calibragem e supressão de zero ou elevação de zero, cabendo ao operador realizar tais operações antes de iniciar a utilização do instrumento no processo.

Leitura Complementar

1 – **Blog** “Controle e Automação” <https://sites.google.com/site/automacao0/disciplinas/instr2009/mvp>

Leitura do tópico 2.2, “Medição de Variáveis de Processo: Nível”.

Blog com excelente material, partindo desde a apresentação das aulas (slides) até a resolução dos exercícios (slides). Tudo isso disponível para download.

2 – **Livro** “Instrumentação e Fundamentos de Medidas” - volume 2, Alexandre Balbinot e Valner João Brusamarello. Leitura das páginas 270 a 278.

Apresenta, detalhadamente, conceitos sobre medição de nível e sobre os métodos abordados nessa aula de forma ilustrativa e completa.

Resumo

Nessa aula introduzimos o conceito e apresentamos algumas aplicações da medição de nível. Vimos os conceitos de medição direta e indireta de nível, assim como apresentamos parte dos instrumentos mais comuns pertinentes a cada uma dessas medições. Ainda sobre esses instrumentos, foram apresentados os conceitos de medição de nível contínua e pontual (ou detectores de nível).

Autoavaliação

1. Defina nível.
2. Cite 3 aplicações nas quais são utilizados os visualizadores de nível.
3. Em que consiste o medidor de nível tipo boia ou flutuador?

4. Qual a diferença entre as chaves de nível mecânica e magnética?
5. Como se pode medir o nível através da medição de pressão?

Para verificar suas respostas, clique aqui.

Respostas

1. Defina nível.

   O nível é definido como sendo a altura de preenchimento de um líquido ou de algum tipo de material em um reservatório ou recipiente.

2. Cite 3 aplicações nas quais são utilizados os visualizadores de nível.

   Nível de óleo do motor, nível dos reservatórios de combustíveis em postos, nível de tanques de água.

3. Em que consiste o medidor de nível tipo boia ou flutuador?

   São medidores fabricados com um material cuja densidade (massa específica) seja menor do que a densidade do fluido a ser medido. Assim, quando o nível se alterar, a posição do flutuador também deverá variar de forma contínua, seguindo o nível do fluido. Esse deslocamento do flutuador pode ser conectado a um dispositivo mecânico ou eletrônico para prover algum modo de visualização.

4. Qual a diferença entre as chaves de nível mecânica e magnética?

   As chaves mecânicas utilizam um sistema de abertura e fechamento mecânico, que é acionado pelo movimento do braço. Esse mecanismo é facilmente encontrado em reservatórios residenciais, permitindo a entrada de água quando este se encontra vazio e cortando a entrada de água quando cheio.

   No caso das chaves magnéticas, a boia possui um imã. Assim, a variação do nível acarreta o deslocamento do conjunto flutuador-haste em direção ao detector magnético (reed-switch). Ao se aproximar

desse detector ocorre o acoplamento magnético, provocando a atuação de um contato elétrico. O inverso ocorre quando o elemento flutuador se afasta do detector magnético, realizando o desacoplamento magnético.

5. Como se pode medir o nível através da medição de pressão?

   Através da medição da pressão diferencial. O transmissor de pressão será instalado de forma que um dos pontos de tomada de pressão seja o ambiente externo (pressão atmosférica), nos casos de tanques aberto, ou a pressão interna de baixa, também conhecido como ponto de baixa pressão (localizado acima da coluna de líquido). Esse ponto será ligado à câmara de baixa pressão do transmissor. O outro ponto, conhecido como ponto de alta, está localizado na base do reservatório, que sofre a pressão exercida pela coluna de líquido. Esse outro ponto é, então, conectado à câmara de alta pressão do transmissor. A diferença dessa pressão permite calcular a altura da coluna líquida.

Referências

BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**. Rio de Janeiro: LTC, 2011. p. 270-291. v 2.

BEGA, E. A. et al.**Instrumentação Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. p. 143-206.

CHAVES, C. R. **Curso de formação de operadores de refinaria: instrumentação básica.** Curitiba, 2002. p. 49-54. Treinamento Petrobras.

DUNN, W. C. **Introduction to Instrumentation, Sensors, and Process Control**. Norwood: ArtechHouse, 2006. p. 85-97.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações.** 5. ed. São Paulo: Érica, 2005. p.129-145.