



Relatório de Medição de Nível

EDUARDO P. PUTTI¹, GABRIEL E. DETTENBORN², RAIAN LOBATO³, Thiarllis Bach de Andrade⁴.
eduardo.p2005@ifsc.edu.br, gabriel.ed2003@aluno.ifsc.edu.br, raiian.lv19@aluno.ifsc.edu.br,
thiarllis.v@aluno.ifsc.edu.br

Disciplina de Instrumentação e Medidas, prof. Heron Avila, Dr. Eng.

Resumo. Descrição dos princípios utilizados na medição de grandezas de nível, exemplificação de sensores comerciais que se fazem valer de tais princípios e suas características metrológicas, bem como daqueles instalados na planta de aprendizado da FESTO.

Palavras-chave: Medição de nível, Instrumentação, Estação compacta FESTO.

1 Introdução

Define-se medição de nível como o processo de determinar a altura, o nível ou a profundidade de um líquido ou outro material contido em um recipiente. Esse tipo de medição é importante para diversas indústrias, como a petroquímica, farmacêutica, agropecuária, alimentícia e outras.

Neste trabalho, serão abordados conceitos teóricos de alguns dos métodos de medição existentes, os mesmos que são empregados pelos sensores presentes na planta de bancada FESTO, e o confronto entre os resultados de uma medição prática na bancada de aprendizado e os valores teóricos disponibilizados no *datasheet* do equipamento.

2 Medição de nível

O nível pode ser entendido como a posição ocupada por um líquido, sólido ou material granulado dentro de um tanque, silo ou qualquer outro recipiente. Essa medição geralmente é feita a partir de uma referência fixa, como o fundo do reservatório, até a superfície do material ou até um ponto pré-definido.

A medição de nível é essencial em diversos setores industriais e ambientais, sendo aplicada, por exemplo, no controle de estoque de grãos em armazéns, no monitoramento de tanques de combustível, na gestão de reservatórios de água potável e até na observação de variações em rios e represas.

Atualmente, há uma ampla gama de tecnologias disponíveis para essa medição, como sensores de pressão hidrostática, dispositivos ultrassônicos, sistemas capacitivos e medidores por radar. Além disso, com o avanço da automação e da digitalização,

diversos instrumentos modernos incorporam funções adicionais, como comunicação remota, ajuste automático de calibração e integração com sistemas de controle e supervisão.

Outro aspecto relevante na medição de nível é o uso de sensores de detecção, que permitem identificar condições específicas, como nível máximo ou mínimo. Esses dispositivos podem ser configurados para fornecer saídas digitais, acionando alarmes ou ações corretivas conforme a necessidade, garantindo maior segurança e eficiência nos processos.

A seguir são apresentados um diagrama das etapas de conversão de sinais de um sensor de nível do tipo capacitivo e a descrição de cada etapa.

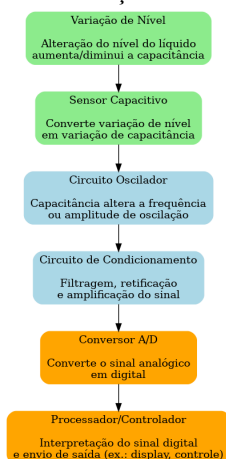


Fig. 1. Diagrama das etapas de conversão de sinal do sensor.

A conversão se inicia com a variação do nível do mensurando em um reservatório e a correspondente e proporcional alteração da constante dielétrica entre as placas do sensor capacitivo.

Associada à etapa inicial, está o próprio sensor capacitivo, o qual converte a variação de nível físico do material em variação elétrica de capacitância.

Um circuito oscilador RC ou LC gera um sinal oscilado com sua frequência ou amplitude alterada, em correspondência à capacitância detectada.

No entanto, as duas etapas anteriores (Sensor capacitivo e Circuito Oscilador) podem variar de acordo com a grandeza avaliada pelo sensor e o seu princípio de funcionamento, o qual poderia ser, por exemplo, uma bóia de flutuação ou um dispositivo ultrassônico.



Um circuito de condicionamento pode estar presente após o oscilador a fim de se tratar o sinal por meio de filtragem, retificação, amplificação ou linearização. Tem-se como saída um sinal analógico proporcional ao nível medido.

O sinal analógico tratado é convertido em digital na quinta etapa. O que permite que microcontroladores ou sistemas digitais interpretem a medição.

Por fim, um controlador interpreta o sinal digital e o processa. O resultado do processamento pode ser a apresentação da medição ao usuário, o controle automático de um processo, ou outro.

As subseções a seguir detalham o método de medição por flutuador, o qual emprega um flutuador para monitorar o aumento ou decréscimo do nível; o de medição por sensor capacitivo, o qual emprega sensores capacitivos montados em alturas específicas para se determinar o nível do mensurando; e o de medição por ultrassom, o qual se utiliza de ondas ultrassônicas que refletem na superfície do material ou líquido, permitindo calcular a distância e, conseqüentemente, o nível.

2.1 Medição de nível por flutuador

Os medidores que utilizam boias e flutuadores operam com base no princípio de Arquimedes. A força de empuxo faz com que o flutuador se mova conforme o nível que o líquido varia. Esse movimento pode ser convertido em uma indicação de nível de várias formas.

Neste caso, o monitoramento é contínuo, sempre havendo um mensurado associado ao nível. Entretanto, nada impede a sua utilização apenas em pontos limites ou intermediários, através de detectores conhecidos como chaves, de funcionamento mecânico ou magnético.

Nos sistemas mecânicos convencionais, a boia está conectada a um braço articulado que transforma o movimento vertical em indicação angular. Nos sistemas magnéticos, a boia contém um ímã permanente que aciona um mostrador externo sem contato mecânico, sendo ideal para líquidos corrosivos. Já os sistemas com transmissão usam um cabo e contrapeso para converter o movimento em um sinal elétrico (normalmente no intervalo de 4mA a 20mA), permitindo integração com sistemas de controle automatizados.

As vantagens desses medidores incluem adaptabilidade a diversos tipos de líquidos, custo acessível e possibilidade de saída elétrica. Por outro lado, as partes móveis estão sujeitas ao desgaste, o sistema pode ser afetado por turbulência no tanque e exige que a densidade do líquido seja constante. Eles

são comumente usados em reservatórios de água industrial, tanques de óleo hidráulico e processos petroquímicos básicos.

Um exemplo comercial de sensor de nível por flutuador é o Sensor de Nível para líquidos EICOS LA36M-40. Este sensor é projetado para monitorar o nível de líquidos em reservatórios e utiliza um flutuador magnético que abre ou fecha um contato elétrico, indicando quando o nível de líquido atinge a altura em que o sensor está instalado. Possui as seguintes características:

TABELA I
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR DE NÍVEL LA36M-40

Especificação	Detalhe
Material	PPA (Poliftalamida)
Pressão máxima de trabalho	2 bar
Temperatura de trabalho	-10°C a 125°C
Densidade mínima do Líquido (SG)	0,70
Saída	Contato On/Off
Conexão elétrica	Cabo 2 x 0,5mm ² com 40 cm de comprimento
Grau de proteção	IP66 (proteção contra poeira e maresia intensa)
Montagem	Lateral interna em furo de Ø16mm
Peso	30g

Fonte: [1] (adaptado).



eicos.net

eicos

Fig. 2. Sensor de nível Eicos LA36M-40 para controle de nível de líquidos.

O sensor de nível por flutuador da estação compacta FESTO, código 691282, utilizado nas aulas práticas, foi projetado para instalação lateral em tanques compactos e pode ser utilizado na medição de água, óleo (exceto os minerais), e qualquer produto químico. É ideal para o uso nas indústrias alimentícia e médica, em motores a óleo e no tratamento de água. Seu funcionamento é simples e diretamente baseado na mudança de nível do fluido. Suas características técnicas incluem:

TABELA II
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR DE FLUTUAÇÃO 691282



Especificação	Detalhe
Material	PP (Polipropileno) e PVC
Pressão máxima de trabalho	7 bar
Temperatura de trabalho	-40°C a 107°C
Densidade mínima do Líquido (SG)	0,55
Saída	Contato On/Off
Conexão elétrica	Cabo 22 AWG de 2,50m de comprimento
Grau de proteção	IP64 (proteção contra poeira e respingos de água)
Peso	80g

Fonte: [2] (adaptado).

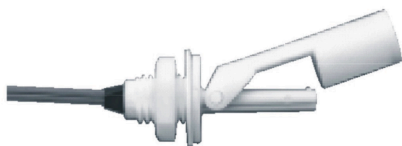


Fig. 3. Sensor de flutuação 691282.

2.2 Medição de nível por sensor capacitivo

Um sensor de nível capacitivo mede nível, indiretamente, detectando variações da capacitância entre um eletrodo e a referência quando o material líquido ou sólido muda o dielétrico ao redor. Para tal, deve-se levar em consideração a condutividade ou não do mensurando e, caso necessário, isolar o eletrodo e fazer os ajustes necessários no cálculo da capacitância para considerar os efeitos do isolante.

O princípio de funcionamento consiste, grosso modo, na mudança da capacitância (C) entre duas superfícies quando a permissividade dielétrica do meio (ϵ) alterar, em uma área (A) e uma distância (d) pelo o produto atingir o sensor, de acordo com a fórmula:

$$C = \epsilon \cdot \frac{A}{d} \quad (1)$$

Esses sensores também podem ser utilizados como detectores. Aqui, os sensores são fixados a distâncias preestabelecidas no reservatório e só detectam se o produto atingiu ou não aquele nível.

O método capacitivo, geralmente, é usado em conjunto com técnicas de radiofrequência (RF). Podendo ser aplicadas em líquidos, meios viscosos aquosos, grãos ou interfaces de substâncias. Na medição, um sinal RF (na faixa de frequência entre 30 kHz e 1 MHz) atua sobre o meio e o nível é determinado indiretamente através da impedância (Z) ou admitância (Y), segundo as fórmulas:

$$Z = R + \frac{1}{j2C\pi f} \quad (2)$$

$$Y = \frac{1}{Z} \quad (3)$$

Em que R é uma resistência em série com o capacitor, j representa a porção imaginária de um número complexo, C é a capacitância e f é a frequência do sinal.

Enquanto algumas desvantagens ou limitações incluem o afetamento da constante dielétrica pela mudança de temperatura e calibração específica para cada produto armazenado, as vantagens incluem a simplicidade de projeto, ausência de partes móveis e manutenção reduzida.

Usos comuns do sensor capacitivo incluem tanques de processos químicos, reservatórios de água, silos de grãos e detecção de nível em óleos e combustíveis.

Um exemplo comercial de sensor de nível capacitivo é a chave de limite capacitiva ultra-compacta série VEGAPOINT. Um conjunto de sensores projetados para detectar a presença ou ausência do produto no ponto de instalação de líquidos aquosos ou produtos sólidos e de aplicação típica como proteção contra transbordo ou funcionamento a seco. Possui as seguintes características:

TABELA III
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR CAPACITIVO VEGAPOINT 11

Especificação	Detalhe
Material	PEEK e Aço inoxidável 316L
Pressão máxima de trabalho	25 bar
Temperatura de trabalho	-20°C a 100°C
Saída	Transistor PNP, IO-Link
Conexão elétrica	Plug M12 x 1
Grau de proteção	IP66 (proteção contra poeira e maresia intensa) a IP69
Montagem	Rosca G½

Fonte: [3] (adaptado).



Fig. 4. Sensor capacitivo Vegapoint 11.



Dois sensores de proximidade capacitivos estão presentes na estação compacta FESTO, código 690588. Eles foram projetados para instalação lateral e ajustados mecanicamente de acordo com o nível desejado. A detecção do nível é feita pelo lado externo do reservatório. Suas características técnicas incluem:

TABELA IV
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR CAPACITIVO 690588

Especificação	Detalhe
Material	PTFE, Latão Niquelado
Alimentação	12 a 48V DC
Distância de chaveamento normal	9,5 - 10mm
Temperatura de trabalho	-20°C a 50°C
Saída	Transistor PNP
Conexão elétrica	Plug M8 e cabo de 2m de comprimento
Grau de proteção	IP65
Montagem	Mecânica, externa ao vaso
Peso	55g

Fonte: [4] (adaptado).

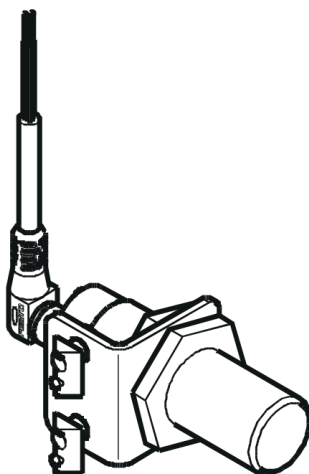


Fig. 5. Sensor capacitivo 690588.

2.3 Medição de nível por sensor ultrassônico

Um sensor de nível ultrassônico mede a distância (d) entre o sensor e a superfície do mensurando pela emissão de pulsos ultrassônicos e medição do tempo de retorno do eco (t). A partir desse tempo (TOF - tempo de voo, em Português), calcula-se a distância usando a velocidade dos som no ar (v - aproximadamente 343 m/s a 20°C). Subtraindo essa distância da altura total do tanque (h) obtém-se o nível:

$$d = \frac{v \times t}{2} \quad (4)$$

$$\text{nível} = h - d \quad (5)$$

Sensores industriais que se utilizam deste

princípio, tipicamente, podem obter medições de nível em uma faixa de 0,2m a 10,0m, com uma precisão entre 10mm e 50mm, a depender do modelo, temperatura e turbulência.

Seu ponto de montagem, geralmente, é no topo do vaso, alinhado verticalmente com a superfície e a uma distância suficiente do nível máximo a ponto de se evitar a zona morta de medição.

Enquanto algumas limitações abrangem sensibilidade à espuma, ao vapor, condensação, temperatura e correntes de ar, as vantagens abarcam a fácil instalação, medição sem contato (higiénico) e bons resultados para líquidos e sólidos granulados.

Usos comuns incluem monitoramento de níveis em tanques de água, reservatórios, silos de grãos, estações de tratamento e controle de bombas.

Um exemplo comercial de sensor de nível ultrassônico é o SITRANS Probe LU240, da Siemens. Projetado para medição contínua de nível de líquidos e sólidos em tanques e reservatórios. Possui as seguintes características:

TABELA V
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR SITRANS PROBE LU240.

Especificação	Detalhe
Material	ETFE
Pressão máxima de trabalho	0.5 bar
Temperatura de trabalho	-40°C a 80°C
Frequência do Transdutor	54kHz
Faixa de medição	0,25 m a 12 m
Resolução	3mm

Fonte: [5] (adaptado).



Fig. 6. Sensor SITRANS PROBE LU240.

Um sensor ultrassônico de nível está presente na estação compacta FESTO, código BE.SI.0193. Ele foi projetado para instalação no topo do tanque e funciona emitindo um pulso ultrassônico inaudível aos humanos. Após a emissão, o eco do pulso é refletido de volta ao receptor pelo material. A duração entre emissão e recepção é usada no cálculo



da distância e do nível. Suas características técnicas incluem:

TABELA VI ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO SENSOR CAPACITIVO 690588	
Especificação	Detalhe
Alimentação	20 a 30V DC
Faixa de medição	50mm a 345mm
Temperatura de trabalho	-25°C a 70°C
Saída	corrente de 4mA a 20mA
Grau de proteção	IP67
Montagem	Mecânica, topo do vaso
Peso	67g

Fonte: [6] (adaptado).

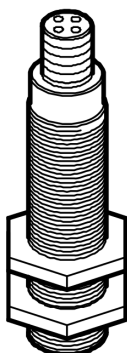


Fig. 7. Sensor SITRANS PROBE LU240.

3 Descrição bancada Festo

NOME	RAMAL	DESCRIÇÃO
LIC	B101	controlador e indicador de nível (acessível ao operador)
LS-	S112	chave de nível (acessível ao operador)
LS-	B113	chave de nível (acessível ao operador)
LS+	B114	chave de nível (acessível ao operador)
LA+	S111	alarme de nível (acessível ao operador)

4 Referências Bibliográficas

[1] Especificações do Sensor de Nível LA36M-40. Adaptado de Eicos. (n.d.). Folheto técnico: Sensores de nível interno. Disponível em: <https://icoscombr.s3.amazonaws.com/downloads/folheto-tecnico-sensores-de-nivel-interno-eicos-pt.pdf>.

[2] FESTO. MPS® PA Datasheet. p. 131. Documento fornecido pelo professor. Acesso via arquivo pessoal do docente.

[3] VEGA. Vegapoint 11 — nível pontual capacitivo. Disponível em: <https://www.vega.com/pt-br/produtos/catalogo-de-produtos/nivel-pontual/capacitivo/vegapoint-11>. Acesso em: 03 set. 2025.

[4] FESTO. MPS® PA Datasheet. p. 125. Documento fornecido pelo professor. Acesso via arquivo pessoal do docente.

[5] SIEMENS. Sitrans Probe LU240 — ultrassônica para medição contínua de nível. Disponível em: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/level-measurement/continuous/ultrasonic/sitrans-probe-lu240.html>. Acesso em: 05 set. 2025.

[6] FESTO. MPS® PA Datasheet. p. 181. Documento fornecido pelo professor. Acesso via arquivo pessoal do docente.

[7] BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. “Instrumentação e Fundamentos de Medidas - Vol. 2”.