

Benefícios da Medição Contínua de Densidade e Concentração nos Processos de Fabricação de Açúcar & Álcool



Eng. Evaristo Orellana Alves

Gerente de Produto - Divisão de Marketing - SMAR

evaristo@smar.com.br

Resumo

A medição da densidade e concentração de líquidos é necessária em muitas indústrias para que elas operem eficientemente e para garantir qualidade e homogeneidade ao produto final.

A densidade é uma variável há muito tempo estudada e utilizada, através dela pode-se identificar um produto, determinar seu grau de pureza e detectar contaminação em um processo. A densidade, por exemplo, foi utilizada por Arquimedes – 250 anos A.C.- para determinar que a coroa de ouro do rei Hiero não era pura.

Na maioria dos processos industriais monitoram-se variáveis como: pressão, nível, vazão, temperatura, pH, consistência, condutividade, etc. Quando se necessita conhecer a variável densidade ou concentração muitas vezes usa-se medição indireta através de amostragem e análise de laboratório. Isto se deveu à falta de equipamentos com boa relação custo x benefício capazes de medir a densidade e concentração de forma direta e contínua.

Nos últimos anos esta lacuna tem sido preenchida com o surgimento de equipamentos de campo capazes de medir com eficiência e precisão a densidade e concentração. A linha de transmissores de densidade DT300 da Smar oferece uma ótima relação custo x benefício para esta finalidade.

I. INTRODUÇÃO

Nos itens a seguir são apresentadas as características da linha DT300 de Transmissores de Densidade e Concentração Smar que são utilizados para a medição online de densidade e concentração nos processos produtivos de açúcar e álcool.

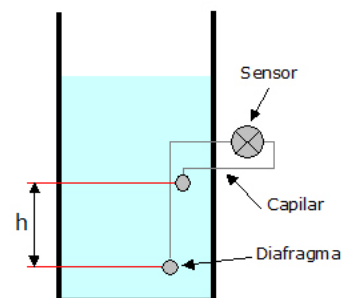
No item 2 é apresentado o transmissor digital de densidade e concentração – DT300; no item 2.1 o seu princípio de funcionamento no item 2.2 as formas de instalação e montagem, no item 2.3 os detalhes de calibração e partida; no item 2.4 são apresentados os detalhes de operação e manutenção.

No item 3 são mostradas as aplicações do DT300 nas Usinas de Açúcar e Álcool.

O item 4 mostra os benefícios da utilização do DT300 em alguns processos na fabricação de açúcar e álcool e, por fim o item 5 apresenta as conclusões deste trabalho.

2. DT300 - TRANSMISSOR DIGITAL DE DENSIDADE E CONCENTRAÇÃO

O DT300 - transmissor de densidade e concentração - utiliza o princípio de medição de pressão diferencial entre dois pontos separados por uma distância fixa e conhecida para calcular com precisão a densidade e concentração de líquidos.



2.1. Princípio de funcionamento

O equipamento utiliza um sensor de pressão diferencial tipo capacitivo que se comunica mediante capilares com os diafragmas que devem estar submersos no fluido do processo, separados por uma distancia fixa.

A pressão diferencial sobre o sensor capacitivo será diretamente proporcional à densidade do líquido medido (ver figura e fórmulas). Este valor de pressão diferencial não é afetado pela variação do nível do líquido nem pela pressão interna do tanque.

O transmissor de densidade possui ainda um sensor de temperatura localizado entre os diafragmas para efetuar a correção e normalização dos cálculos levando em conta a temperatura do processo. Com a temperatura do processo também é corrigida a distância entre os diafragmas e a variação volumétrica do fluido de enchimento dos capilares que transmitem a pressão dos diafragmas ao sensor capacitivo.

Sendo o sensor de pressão diferencial utilizado do tipo capacitivo ele gera um sinal digital. Como o processamento posterior do sinal se realiza também digitalmente, obtém-se um alto nível de estabilidade e exatidão na medição.

Com a informação gerada pelo sensor de pressão diferencial capacitivo e a temperatura do processo, o software da unidade eletrônica efetua o cálculo da densidade ou da concentração, en-

$$DP = h \cdot g \cdot \rho$$

$$\rho = \frac{DP}{h \cdot g}$$



viando um sinal de 4-20 mA proporcional à escala de densidade ou concentração selecionada pelo usuário (°Brix, °Plato, °Baumé, °INPM, g/cm³, etc.).

A mesma informação poderá ser acessada no indicador digital local ou de forma remota através da comunicação Hart.

Os transmissores inteligentes de densidade oferecem uma exatidão de $\pm 0,0004 \text{ g/cm}^3$ ($\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{Brix}$), e podem ser utilizados em medição de densidades desde 0,5 g/cm³ à 5 g/cm³.

Este método de medição é imune a variações de nível do recipiente e pode ser utilizado tanto em tanques abertos como em tanques pressurizados. A única obrigatoriedade é que ambos os diafragmas estejam em contato permanente com o líquido que se está medindo.

Outra importante vantagem deste transmissor é sua robustez, pois não possui partes móveis e não é afetado por vibrações da planta, diferentemente dos medidores de densidade baseados na oscilação de um elemento sensor.

2.2. Instalação e montagem

Sendo este transmissor de densidade uma unidade única e integrada sua instalação torna-se muito simples, necessitando de apenas uma penetração no recipiente, esta característica o diferencia de outros sistemas de medição.

Esta linha de transmissores de densidade inclui um modelo industrial com montagem flangeada (foto da direita) e um modelo sanitário com conexão ao processo usando braçadeira tipo tri-clamp (foto da esquerda).

No modelo sanitário, a sonda que fica imersa no fluido de processo têm acabamento superficial polido, de acordo com a norma 3 A para evitar depósito de produto e crescimento de bactérias.

Ambos os modelos, podem ser montados de forma lateral (em tanques) ou de topo (em tanques amostradores). Como o indicador digital pode ser rotacionado a leitura será cômoda em qualquer posição de montagem.

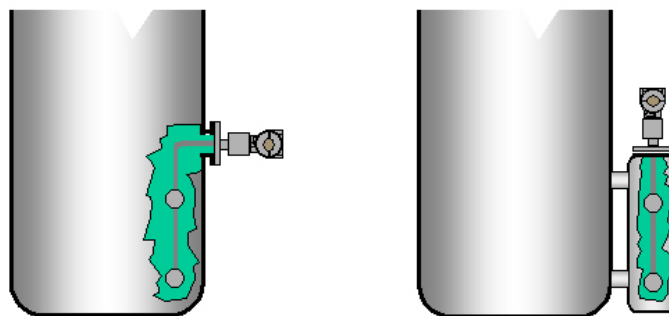
Este transmissor de densidade pode, em alguns casos, ser montado sem a interrupção do processo e por seu princípio de funcionamento não requer nenhum tipo de calibração especial em laboratório para começar a funcionar, desde que ele deixa a fábrica já calibrado na unidade e no range de medição solicitados pelo usuário.

2.2.1. Montagem em tanques

Em geral, o modelo mais adequado para montagem em tanques é o modelo curvo. Este modelo é montado na parede do tanque,

com uma conexão flangeada ou tri-clamp.

Quando não é possível instalar-se o transmissor diretamente no tanque pode-se utilizar um tanque amostrador externo (ver figuras abaixo).

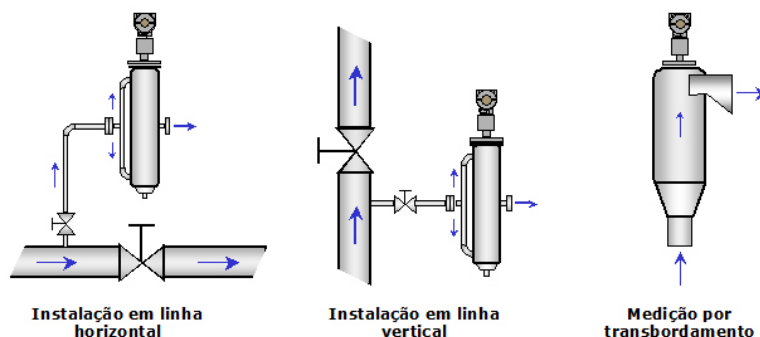


Montagem lateral

2.2.2. Montagem em linha

Nos processos em que não se disponha de recipientes ou tanques de armazenamento para fazer a medição é possível instalar-se o transmissor em linha. Para tanto basta intercalar na linha um tanque amostrador por onde circule o fluido de processo, tal como se vê nos exemplos abaixo (figuras da esquerda e do centro).

Como a entrada do produto no tanque amostrador se dá simultaneamente pela parte superior e inferior, a medição não é afetada pela velocidade de circulação do fluido.



Instalação em linha horizontal

Instalação em linha vertical

Medição por transbordamento

Outra alternativa de montagem é o uso de tanque amostrador com descarga por transbordamento, nesta configuração o produto entra pela parte inferior e transborda na parte superior (figura da direita).

Desta forma, se dimensiona o recipiente para que a altura da coluna de líquido fixa, que transborda, cubra completamente os diafragmas repetidores de pressão do transmissor.

2.3. Calibração e partida

O DT300 é calibrado em fábrica na unidade de engenharia e no range de medição designado pelo usuário, desta forma basta instalar o equipamento e energizá-lo que ele já comece a medir. Em caso de re-calibração ou reprogramação do range de trabalho basta conectar ao transmissor um programador de campo (hand-held) e fazer a operação, sem a necessidade de se interromper o processo. Como os cálculos de densidade e normalização por temperatura se realizam na mesma unidade não são necessários outros dados além do range de densidade ou concentração que se vai trabalhar.

Uma característica fundamental deste transmissor é que não é

necessária calibração em laboratório.

A alimentação se realiza pelo mesmo par de fios de comunicação de 4-20mA e para a verificação do laço durante a partida, o transmissor pode gerar uma saída de corrente constante definida pelo usuário.

Caso o usuário necessite que o valor de densidade ou concentração seja expresso em uma unidade diferente das normalmente usadas, por exemplo, % de sólidos, duas opções são disponíveis:

- um polinômio do 5º grau com os coeficientes configuráveis para realizar a correlação entre a função da unidade do usuário e a densidade;
- uma tabela de 16 pontos com duas entradas para realizar uma linearização da função que relaciona a unidade do usuário com a densidade.

Habilitando uma destas duas opções, o transmissor de densidade e concentração medirá primariamente a densidade enquanto que indicará a indicação local e a saída digital seguirão a função carregada no polinômio ou na tabela.

2.4. Operação e manutenção

O transmissor de densidade oferece uma indicação direta e em unidades de engenharia do valor da densidade do líquido, assim como da temperatura do mesmo, tanto no indicador local como através da comunicação digital.

Este transmissor foi projetado para poder trabalhar com fluidos sujos, sem a necessidade de filtragem. O desenho dos diafragmas faz com que se seja muito pouco freqüente o depósito de produto sobre os mesmos, desta forma não é necessário limpeza periódica do equipamento.

O modelo sanitário foi projetado especialmente para trabalhar com sistemas de limpeza CIP, assegurando que todas as partes do transmissor que tenham contato com o processo sejam alcançadas pelo fluido de lavagem do sistema CIP.

3. Aplicações do DT300 em Usinas de Açúcar e Alcool

O DT300 – Transmissor de Densidade e Concentração – pode ser utilizado em praticamente todos os processos de produção de açúcar e álcool, garantindo muitos benefícios para o processo e facilidades para os operadores. As principais aplicações são:

Preparação e Moenda:

- Brix do Caldo Primário
- Brix do Caldo Misto

Tratamento do Caldo:

- Brix do Caldo Clarificado
- Densidade do Lodo no Decantador
- Baumé do Leite de Cal

Evaporação e Flotação do Xarope:

- Brix do Xarope Pré-evaporado
- Brix do Xarope entre Efeitos
- Brix do Xarope na Saída do Evaporador
- Brix do Xarope Flotado

Fábrica de Açúcar:

- Brix do Xarope

- Brix do Mel Rico
- Brix do Mel Pobre
- Brix do Mel Final

Produção de Álcool:

- Brix nos Tanques de Fermentação
- Brix do Mosto
- Grau Alcoólico do Vinho
- Nível de Interface do Ciclo-Hexano
- Grau Alcoólico do Álcool Hidratado
- Grau Alcoólico do Álcool Anidro

4. Benefícios da Utilização do DT300 nos Processos Produtivos de Açúcar e Álcool

Vamos analisar alguns destes processos em detalhes e verificar como a utilização da medição contínua de densidade e concentração com a conseqüente automatização do processo produtivo pode trazer muitos benefícios ao processo, agilizando a fabricação, melhorando a qualidade e homogeneidade do produto final.

4.1. Controle de Retirada Automática de Lodo

4.1.1. Objetivo

Utilizar o Transmissor de Densidade DT300 no Tanque Decantador com a finalidade de automatizar o processo de retirada de Lodo deste tanque que até então era, na sua grande maioria, operado em manual ou quando semi-automatizado, ainda assim resultava em grandes variações no resultado final da produção, significando perdas nesta fase do processo. Para este processo, utilizado largamente em Usinas produtoras de Açúcar e Álcool, é essencial estabelecer uma malha de controle para operação totalmente em automático visando a obtenção de ganhos em produtividade e de inserir condições para maiores avanços na otimização e melhoria deste processo.

A automatização do processo constitui-se em utilizar o transmissor de densidade DT300 da Smar – medindo a densidade do lodo na saída do decantador e atuar no inversor de freqüência da bomba de retirada do lodo.

O objetivo da automação é manter constante a concentração de lodo que vai em seguida para os filtros a vácuo. Este condicionamento otimiza o funcionamento dos filtros, permitindo



a máxima extração de açúcar residual, significando redução das perdas em termos de POL da torta que sai dos filtros, diminuição da umidade da torta, além da redução considerável no volume de caldo recirculado. A seguir a foto de uma instalação do DT301 na medição da densidade do lodo no decantador.

4.1.2. Benefícios da Automatização da Retirada do Lodo nos Decantadores

Com o processo automatizado o lodo que sai do decantador torna-se mais uniforme devido a adição automática e controlada de determinados elementos (bagacilho, cal, polímero, etc.) melhorando assim, o seu acondicionamento e permitindo também, uma melhor operação na etapa posterior do processo - nos filtros à vácuo e nas peneiras desaguadoras - propiciando inclusive condições para automatizar também esta outra fase do processo.

Assim sendo é possível automatizar todo o sistema de extração, acondicionamento e lavagem do Lodo, com os seguintes ganhos:

- Redução do valor da POL (presença de açúcar) na torta, portanto menores perdas no processo;
- Redução substancial do volume de recirculação de caldo no processo;
- • Maior eficiência operacional dos filtros a vácuo e prensas desaguadoras;
- • Redução do número de operadores no setor, portanto diminui o custo operacional.

4.2. Controle do Processo de Fermentação do Mosto na Dorna

4.2.1. Objetivo

Como a fermentação é um processo biológico envolvendo meios, materiais, condições e tempos que se alteram rapidamente, qualquer técnica que garanta uniformidade ao processo e previna infecções é essencial.

Desta forma o objetivo da automatização do processo de fermentação na dorna é simplificar a operação, garantir repetibilidade no processo fermentativo e controlar a liberação de Gás Carbônico (CO₂) durante o processo para eliminar ou minimizar a utilização de produtos químicos.

4.2.2. Estratégia de Controle

Nesta malha de controle, são considerados o brix do mosto, o nível e a temperatura da dorna.

O controle consiste na determinação de uma curva de alimentação desde a introdução do fermento na dorna até o final do ciclo fermentativo.

Inicia-se o controle pelo Nível do fermento na dorna e em seguida o Brix e a Temperatura do Mosto assumem o controle, que a partir de Set Points pré estabelecidos controlam todo o ciclo fermentativo, até o seu final.

Além do controle da válvula de alimentação, a temperatura também é utilizada no controle de recirculação do mosto pelos resfriadores, atuando na velocidade do inversor da bomba de recirculação.

Com o controle do processo de fermentação consegue-se estabilidade da temperatura e redução da turbulência do mosto na

dorna, o que traz como consequência grande redução da espuma gerada e, portanto diminuição drástica do uso de anti-espumante e dispersante.



Instalação do DT301 e do LD301 na Dorna de Fermentação

4.2.3. Benefícios da Automatização do Processo de Fermentação do Mosto na Dorna

- Economia significativa de produtos químicos - dispersante e antiespumante;
- Com a automatização da dorna não haverá sobrecarga de fermento, pois o DT301 controlará o Brix do mosto em fermentação e caso haja aumento do Brix a válvula que alimenta a dorna fechará automaticamente;
- Com o controle da temperatura das dornas automatizadas através de inversores colocados nos motores elétricos dos trocadores de calor, haverá uma substancial economia de energia elétrica;
- Com a automatização das dornas haverá também um melhor controle através de monitoramento constante da fermentação, acompanhado de histórico fornecido pelo sistema de automação de dorna, registrando assim possíveis problemas ocorridos na fermentação durante todo o período de moagem.

4.3. Controle Automático de Álcool na Saída da Coluna

4.3.1. Objetivo

Um dos parâmetros mais importantes dentro do universo Sucroalcooleiro, é a medição da graduação alcóolica no processo de fabricação de álcool. Esta medição é que irá ditar o ritmo da produção, determinará as perdas, os rendimentos, proporcionará uniformidade e qualidade ao álcool produzido.

Tradicionalmente o controle de retirada do álcool das colunas é feito baseando-se na temperatura das bandejas B-4 ou B-11. Utilizando-se um Transmissor de Densidade e Concentração – DT300 podemos medir de forma contínua o Grau INPM do álcool na saída da coluna e fazer um controle combinado, baseado na temperatura e no grau alcoólico do álcool.

As equações para o cálculo do Grau INPM, baseados na densidade e temperatura só são válidas até a temperatura de 40°C, desta forma o álcool que sai da coluna deve ser resfriado para só então passar pelo DT301, que fornecerá a informação do Grau Alcoólico com precisão para um correto controle do processo. Com a informação precisa do Grau Alcoólico o operador não “segura a coluna” dando maior continuidade ao processo produtivo, aumentando por conseqüência a produtividade da destilaria.



Instalação do DT301 na Saída da Coluna de Destilação

4.3.2. Benefícios da Automatização da Retirada de Álcool na Saída da Coluna de Destilação

- Maior Rendimento das Colunas
- Redução das Perdas
- Continuidade Operativa
- Aumento da Produção
- Garantia da Uniformidade e Qualidade do Álcool Produzido.

5. Conclusão

Através do monitoramento da densidade e concentração com o DT300 pode-se conseguir inúmeros benefícios nos processos de fabricação de açúcar e álcool, como: melhorar a produtividade da Usina, diminuir os custos de produção e de mão de obra utilizada, além de agregar qualidade ao produto produzido.

A excelente relação custo x benefício do DT300 faz com ele seja hoje largamente utilizado na maioria das Usinas, nos mais diversos processos produtivos.