

## PROCEDIMENTO DO LABORATÓRIO DE FLUIDOS DO INMETRO PARA LIMPEZA DE DENSÍMETROS DIGITAS

Tatiane dos Santos Mazzioli<sup>1</sup>, Evelyn Meireles da Silva<sup>2</sup>, Jose Renato Real Siqueira<sup>3</sup>, José Júlio Pinheiro dos Santos Júnior<sup>4</sup>, Dalni Malta do Espírito Santo Filho<sup>5</sup>, Leandro dos Santos Lima<sup>6</sup>, Thales de Paula Barbosa<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, tsmazioli@inmetro.gov.br

<sup>2</sup> Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, emsilva@inmetro.gov.br

<sup>3</sup> Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, jrsiqueira@inmetro.gov.br

<sup>4</sup> Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, jjjunior@inmetro.gov.br

<sup>5</sup> Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, dsfilho@inmetro.gov.br

<sup>6</sup> Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, lslima@inmetro.gov.br

<sup>7</sup> Inmetro, Duque de Caxias, Brasil, tpbarbosa@inmetro.gov.br

**Resumo:** Este artigo tem como finalidade apresentar um procedimento adequado para a limpeza dos densímetros digitais com os respectivos solventes necessários para a sua realização. Para demonstrar a influência da limpeza da célula do densímetro nos resultados de medição da massa específica, foram realizadas medições antes e após a realização da limpeza, evidenciando que esse procedimento, realizado entre medições influencia diretamente nos resultados.

**Palavras chave:** Massa específica, densímetro digital, limpeza, resultados, medição.

### 1. MEDIÇÃO DE MASSA ESPECÍFICA

O Laboratório de Fluidos (Laflu) da Divisão de Metrologia Mecânica (Dimec) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) é o laboratório primário e o responsável pela padronização da grandeza massa específica no Brasil, Figura 1.

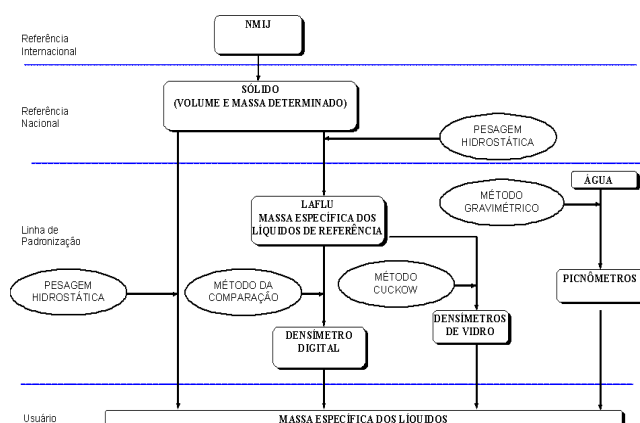


Figura 1 - Diagrama de Rastreabilidade

A massa específica é definida como a massa por unidade de volume, a uma determinada temperatura [1]. Ela possui grande importância na determinação da qualidade de líquidos e sólidos. Como toda substância possui uma massa específica própria, pode-se estimar a sua pureza baseado nesta medição.

Podem ser citados como exemplos a medição de massa específica de etanol e de gasolina nas bombas que são utilizadas nos postos de combustíveis. Toda bomba de venda de combustível deve ter em sua lateral um dispositivo com um densímetro de vidro que possibilite ao consumidor verificar a qualidade do combustível através de sua massa específica, que deve estar nos limites especificados pela legislação da Agencia Nacional de Petróleo – ANP [2].

Para a medição de sólidos, pode-se determinar a pureza do material baseado na sua massa específica, como fez Arquimedes no experimento clássico da determinação da pureza da coroa do rei [1].

Existem várias técnicas para a determinação da massa específica de líquidos. Dentre elas, são aqui citadas:

#### 1.1. Método gravimétrico

Medição com picnômetro: A massa específica do líquido é determinada pela massa de líquido inserida em um picnômetro cujo volume é conhecido. Podem ser utilizados os picnômetros do tipo Gay Lussac ou Reischauer.

Medição pelo Processo de Pesagem hidrostática [3]: A massa específica do líquido é determinada utilizando um sólido cuja massa e volume são conhecidos.

#### 1.2 Método da Vibração

A massa específica é proporcional ao período de oscilação gerado pela vibração de um tubo em U. Sendo esse o método utilizado pelos densímetros digitais.

### 2. MEDIÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DE LÍQUIDOS UTILIZANDO UM DENSÍMETRO DIGITAL

O densímetro digital é utilizado para medição de líquidos e, baseia-se na medição da frequência natural de vibração produzida pelo conjunto: tubo de vidro em U mais líquido.

Este instrumento consiste basicamente em um pequeno tubo de vidro em U (célula de medição), como mostrado na

Figura 2. Esta célula de medição deve ser totalmente preenchida pelo líquido cuja massa específica deseja-se determinar. Após o preenchimento desta, é realizada uma vibração a partir de um oscilador. A frequência gerada por essa vibração é diferente para cada tipo de líquido inserido no interior da célula de medição.

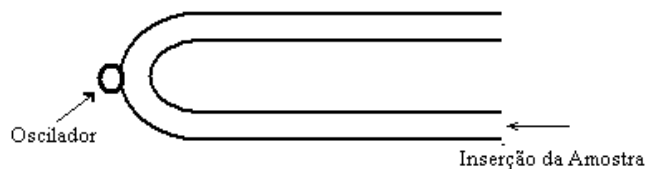


Figura 2 - Ilustração da célula do densímetro digital

Quanto maior a frequência medida, menor será o período de oscilação do líquido e conseqüentemente menor será a massa específica do líquido medido, como mostram as equações abaixo:

$$T_L = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{\rho_L \cdot V_c + M_c}{K}} \quad (1)$$

Em que:

$T_L$  é o período de oscilação do líquido em segundos;

$\rho_L$  é a massa específica do líquido no interior da célula de medição em g/cm<sup>3</sup>;

$V_c$  é o volume de líquido inserido na célula de medição em cm<sup>3</sup>;

$M_c$  é a massa da célula de medição em gramas;

$K$  é a constante da célula de medição em g/cm<sup>2</sup>.

$$\rho_L = A \cdot T_L^2 + B \quad (2)$$

Em que  $A$  e  $B$  são constantes determinadas pela elasticidade e massa da célula.

Alguns densímetros digitais podem também fazer a compensação da temperatura e pressão atmosférica e aplicar as correções na medição da massa específica.

Atualmente, esses instrumentos são amplamente utilizados devido à rapidez das suas medições, à necessidade de pequenas quantidades de amostras e à sua facilidade de operação.

### 3. LIMPEZA DO DENSÍMETRO DIGITAL

Para iniciar uma medição da massa específica de líquido com um densímetro digital calibrado, é necessário verificar se não há de resíduos no interior da célula de medição.

Esta verificação é realizada através da medição da massa específica do ar dentro da célula de medição, na temperatura de referência na qual foi realizado o fator de ajuste interno necessário na calibração do densímetro digital.

A massa específica do ar (umidade relativa de 50 % e contendo 0,04 % de CO<sub>2</sub>) é influenciada pela pressão atmosférica local, conforme descrito na tabela 1[4].

Tabela 1. Verificação da Massa Específica do ar para o ajuste

Pressão (hPa)	960	980	1013,25	1050
Temperatura de medição (°C)	Massa específica do ar (kg/m <sup>3</sup> )			
15	1,157	1,181	1,222	1,254
20	1,136	1,160	1,199	1,231
25	1,115	1,138	1,177	1,209

Caso haja resíduos de outros líquidos dentro da célula de medição, certamente a medição será afetada, uma vez que a amostra a ser medida será contaminada pelos resíduos existentes, gerando então um resultado duvidoso. No momento da limpeza devem ser utilizados solventes adequados para cada tipo de líquido. Estes solventes têm a função não só de remover os resíduos como a de auxiliar na secagem da célula, por serem voláteis.

A Tabela 2 indica os solventes adequados para a realização da limpeza de alguns fluidos.

Tabela 2. Líquidos para a limpeza da célula do densímetro digital

Líquidos	Solventes adequados
Gasolina	Éter de Petróleo PA
Álcool Anidro	Álcool PA
Álcool Hidratado	Álcool PA
Biodiesel	Éter de Petróleo PA
Soluções Oleosas	Éter de Petróleo PA
Soluções Ácidas	Água Destilada e Alcool PA
Água Destilada	Álcool PA
n-nonano	Éter de Petróleo PA
n-dodecano	Éter de Petróleo PA

Os densímetros digitais permitem a limpeza pelo processo automático ou manual (utilizando seringas apropriadas).

O processo manual de limpeza da célula de medição é realizado da seguinte maneira:

Primeira etapa: Após a medição da massa específica do líquido, retirar todo o líquido da célula de medição com auxílio da seringa utilizada na medição, empurrando-o para o reservatório de descarte.

Segunda etapa: Injetar o solvente apropriado com a seringa específica para limpeza (cada solvente deve ter sua respectiva seringa, de modo a evitar a contaminação da mesma). Realizar este passo no mínimo 5 vezes, a fim de que o solvente retire totalmente os resíduos do líquido medido.

Terceira etapa: Realizar a secagem da célula utilizando a bomba de secagem e deixá-la em funcionamento por pelo menos 3 minutos.

Quarta etapa: Verificar se a célula está limpa e totalmente seca, isto é, observar o valor da massa específica do ar seco, para a temperatura de referência e pressão definidas para o ajuste do fator interno.

O processo automático de limpeza realizado pelo densímetro digital deve seguir as mesmas etapas do procedimento manual, apenas configurando-o para esta operação

Caso o procedimento de limpeza não seja realizado, pode-se obter diferentes valores de massa específica durante a medição. Isto se deve à contaminação da célula, que pode ocorrer como, por exemplo, ao realizar medições de diferentes líquidos e utilizar o próximo líquido a ser medido para “expulsar” o líquido anterior. O efeito desta contaminação é apresentado nos resultados.

#### 4. RESULTADOS

O efeito da contaminação é apresentado nos gráficos 1, 2 e 3 para algumas amostras analisadas.

Cada gráfico mostra dois resultados de medição para cada líquido. O primeiro com a célula previamente limpa (conforme o procedimento de limpeza) e o segundo, apenas “expulsando” a amostra anterior com o próprio líquido.

No gráfico 1 foi realizada a medição da massa específica da água bidestilada e a amostra anterior foi biodiesel de sebo bovino.

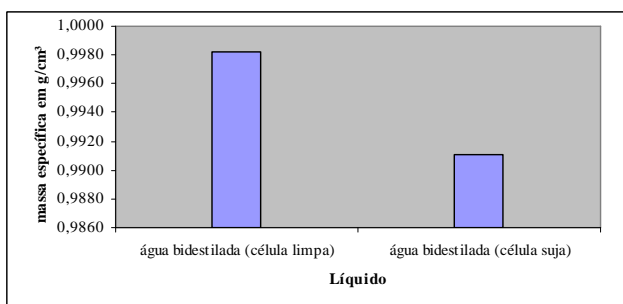


Gráfico 1 – Resultados de medição da água bidestilada

No gráfico 2 foi realizada a medição do óleo mineral e a amostra anterior foi a água bidestilada

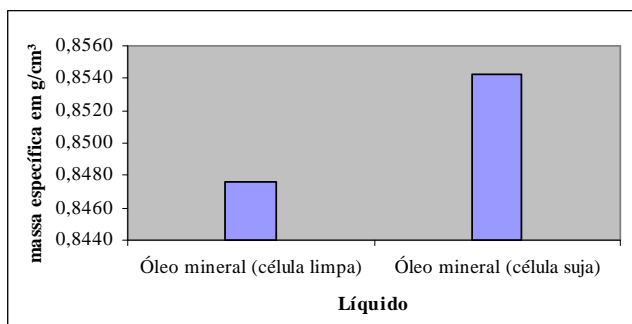


Gráfico 2 – Resultados de medição do óleo mineral

No gráfico 3 foi realizada a medição do n-nonano e a amostra anterior foi óleo mineral.

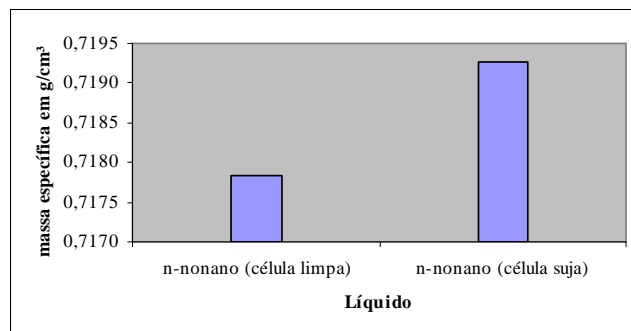


Gráfico 3 – Resultados de medição do n-nonano

#### 5. CONCLUSÃO

Para realizar a medição da massa específica de diferentes líquidos é necessário limpar a célula de maneira correta, afim de que se possa iniciar uma nova medição. Caso esta limpeza não seja realizada pode-se obter uma variação na massa específica maior do que 0,001 g/cm³ em relação ao valor de referência de massa específica do líquido conforme demonstrado nos gráficos 1, 2 e 3.

Para efetuar repetidas medições de massa específica de uma mesma amostra, é necessário realizar a limpeza entre essas medições, garantindo com isso a melhor exatidão dos resultados.

A utilização inadequada ou a não utilização de soluções para limpeza da célula do densímetro digital poderá também acarretar desvios na leitura da massa específica da solução.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a toda equipe do Laboratório de Fluidos e a Petrobrás pelo suporte financeiro.

#### REFERÊNCIAS

- [1] T. S. Mazioli, *Medição de Massa Específica de Líquidos Utilizando o Densímetro Digital*, monografia do Curso Técnico em Metrologia. Colégio Estadual Círculo Operário/Inmetro. Duque de Caxias, 2008.
- [2] Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – Resolução Anp Nº 7, De 19.3.2008 – Dou 20.3.2008 – disponível em [http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes\\_anp/2008/mar%C3%A7o/ranp%207%20-%202008.xml](http://nxt.anp.gov.br/nxt/gateway.dll/leg/resolucoes_anp/2008/mar%C3%A7o/ranp%207%20-%202008.xml) – acesso em 09/3/2009.
- [3] J. J. P. dos Santos Júnior, P. R. Marteleto, J. R. R. Siqueira, A. P. F. Barbosa, S. R. R. da Costa, *Utilização do Método da Pesagem Hidrostática para Determinação de Massa Específica de Líquidos*. I CIMMEC, Rio de Janeiro, 2008.
- [4] ISO 15212-1 Oscillation-type density meters – Part 1: Laboratory Instruments, First Edition, 1998-10-01.