

***ESTUDO DO PARÂMETRO TEOR DE
MASSA ESPECÍFICA DO ÁLCOOL
ETÍLICO ANIDRO COMBUSTÍVEL
UTILIZANDO DENSÍMETRO DIGITAL***

DALNI MALTA DO ESPIRITO SANTO FILHO

Pesquisador-Tecnologista do Laboratório de Fluidos do Inmetro

DENSIMETRIA

Medição da massa específica ou densidade das substâncias.

MASSA ESPECÍFICA

Massa por unidade de volume, a uma determinada temperatura expressa geralmente em gramas por centímetro cúbico (g/cm^3) ou gramas por mililitro (g/mL), seus múltiplos e submúltiplos.

DENSIDADE RELATIVA

Número adimensional que expressa a razão entre a massa específica de uma substância a uma determinada temperatura e a massa específica de uma outra substância de referência, geralmente a água, a uma determinada temperatura, que pode ser a mesma da anterior. Geralmente expressa por $D(20^\circ\text{C}/20^\circ\text{C})$ ou $D(20^\circ\text{C}/4^\circ\text{C})$.

MASSA ESPECÍFICA - EQUAÇÃO

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Onde:

ρ =massa específica;

M =Massa;

V =Volume

MAS, COMO MEDIR ?

Padrão de Referência: Picnômetro

Recipiente fabricado em vidro, com formas definidas, utilizado para medição de massa específica de um líquido.





Rastreabilidade do Densímetro Digital

Referência
Internacional

ÁGUA BIDEISTILADA
E DEIONIZADA
(ISO/TR 20461:2000)

Método
Gravimétrico

Referência
Nacional

PICNÔMETRO

Método
Gravimétrico

MASSA ESPECÍFICA DE
LÍQUIDO DE REFERÊNCIA

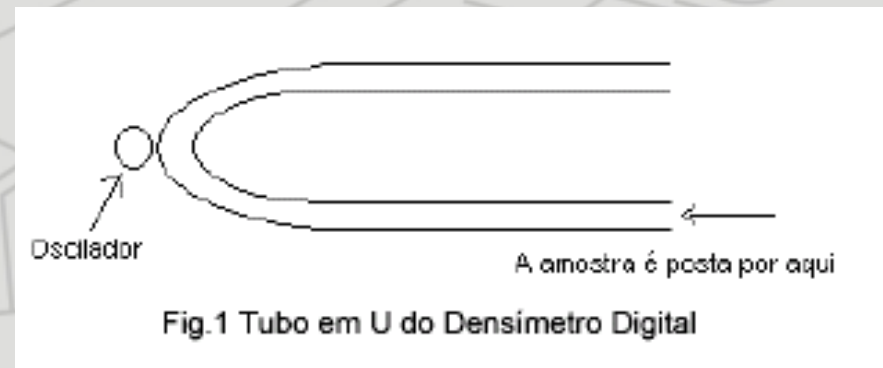
Calibração por
Comparação

Usuário

DENSÍMETROS DE
VIDRO

DENSÍMETROS
DIGITAIS

COMO DETERMINAMOS



T
↑

ρ
↓

VANTAGENS

- Podem ser feitas medições com volumes muito pequenos;
- A temperatura dentro da célula em que o fluido é inserido pode ser variada rapidamente, sem que haja grande influência do meio-ambiente.

MENSURANDO E GRANDEZAS DE ENTRADA

Mensurando: Massa Específica do Líquido

$$\rho = f (X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n)$$

EQUAÇÃO UTILIZADA

$$\rho_{Li} = \rho_{\alpha} - F_v \cdot (t_{v\alpha}^2 - t_{vL}^2) + \delta\rho_{\alpha} + \delta\rho_L(T) + \delta R(\rho_L) + \delta D$$

Onde:

ρ_{Li} = Massa específica do líquido indicado no densímetro digital , em g / cm³

ρ_{α} = Massa específica do ar indicada no densímetro digital, em g / cm³

F_v = valor indicado para determinação do Fator interno de calibração g/cm³

$t_{v\alpha}$ = valor indicado diretamente proporcional ao período de oscilação do ar

t_{vL} = valor indicado diretamente proporcional ao período de oscilação do líquido

$\delta\rho_{\alpha}$ = Variação da massa específica do ar durante a medição da solução, em g/cm³

$\delta\rho_L(T)$ = Variação da massa específica do líquido

$\delta R(\rho_L)$ = Repetitividade das medições (aleatório)

δD = Correção devido ao amortecimento (oscilação) do fluido

Equação para determinação da massa específica do líquido corrigida no densímetro digital:

$$\rho_{Lpc} = \rho_{Lp} - \beta \cdot (T_{ic} - T_{Lp})$$

Onde:

ρ_{Lpc} = Massa específica do líquido no padrão corrigida, em g/cm³

ρ_{Lp} = Massa específica do líquido medida no padrão, em g/cm³

β = Variação da massa específica do líquido por °C

T_{ic} = Temperatura indicada no densímetro digital corrigida em °C

T_{Lp} = Temperatura do líquido indicado no padrão em °C

PEP - DIMCI

- Na determinação da massa específica foi utilizado um densímetro digital, com resolução de $0,00001 \text{ g/cm}^3$;
- Calibrado por comparação direta com um padrão de volume do laboratório (picnômetro);
- A amostra foi selecionada aleatoriamente para se realizar o estudo da caracterização;
- Todas as medições foram realizadas à temperatura de $20,0 \text{ }^\circ\text{C}$;

A Tabela abaixo apresenta as informações referentes à estimativa da incerteza da caracterização da massa específica.

| Fonte de incerteza (x_i) | Valor de x_i | Incerteza padrão $u(x_i)$ | Distribuição | Coefficiente de sensibilidade | Contribuição da incerteza $u_i(x_i) \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ |
|---|---|---------------------------|--|-------------------------------|---|
| Variação da massa específica no período oscilatório | - | $1,154 \times 10^{-5}$ | Retangular | 1 | 1,154E-05 |
| Densímetro digital (padrão) | $0,79086 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ | $8,000 \times 10^{-5}$ | Normal | 1 | 8,000E-05 |
| Coefficiente de Bulk | $0,000856 \text{ g}(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$ | $4,090 \times 10^{-6}$ | Retangular | 0,006 | 2,454E-08 |
| Temperatura do líquido no interior da célula | $20,0 \text{ }^\circ\text{C}$ | 0,01 | Normal | $8,564 \times 10^{-4}$ | 8,564E-06 |
| Repetitividade | - | $5,771 \times 10^{-6}$ | - | 1 | 5,771E-06 |
| Incerteza combinada (u_c) | | | $0,00008 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ | | |

PROCEDIMENTO RESUMIDO DAS MEDIÇÕES FEITAS NO LABORATÓRIO

- Limpeza do densímetro digital;
- Medição da massa específica de uma garrafa;
- Limpeza do densímetro digital;
- Medição da massa específica de OUTRA garrafa, E ASSIM SUCESSIVAMENTE, QUANTAS FOREM AS GARRAFAS A SEREM MEDIDAS EM UM DIA.

O IMPORTANTE É SALIENTAR QUE JAMAIS UMA AMOSTRA É POSTA NO DENSÍMETRO DIGITAL “EXPULSANDO” OUTRA AMOSTRA. PROCEDE-SE DESTA MODO PARA NÃO HAVER POSSIBILIDADE DE SE TER UM RESULTADO “MASCARADO” POR OUTRO.

GRÁFICOS

As Tabelas 12 e 13 apresentam os resultados referentes às leituras e o tratamento estatístico, segundo o Protocolo Harmonizado da IUPAC [11], apêndice 1, para massa específica, respectivamente.

Cabe salientar que na Tabela 13, o resultado do valor da variância entre amostras foi menor que o valor crítico, para 95% de confiança. Dessa forma, como os valores não apresentam variação significativa entre os grupos e no grupo das amostras analisadas, eles podem ser considerados homogêneos entre si.

Tabela 12. Resultados da massa específica (g·cm⁻³) em cada garrafa

| Garrafa | Alíquota 1 | Alíquota 2 | Média | Desvio Padrão |
|---------|------------|------------|---------|---------------|
| A 004 | 0,79085 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00002 |
| A 015 | 0,79086 | 0,7909 | 0,79088 | 0,00003 |
| A 032 | 0,79085 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00002 |
| A 035 | 0,79085 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00002 |
| A 054 | 0,79086 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00001 |
| A 065 | 0,79087 | 0,79088 | 0,79088 | 0,00001 |
| A 068 | 0,79086 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00001 |
| A 069 | 0,79085 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00002 |
| A 078 | 0,79085 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00002 |
| A 091 | 0,79085 | 0,79089 | 0,79087 | 0,00003 |
| A 098 | 0,79085 | 0,79087 | 0,79086 | 0,00001 |
| A 104 | 0,79086 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00001 |
| A 128 | 0,79085 | 0,7909 | 0,79088 | 0,00004 |
| A 170 | 0,79086 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00001 |
| A 239 | 0,79086 | 0,79089 | 0,79088 | 0,00002 |
| A 240 | 0,79087 | 0,79088 | 0,79088 | 0,00001 |
| A 244 | 0,79087 | 0,79091 | 0,79089 | 0,00003 |
| A 255 | 0,79087 | 0,79089 | 0,79088 | 0,00001 |
| A 263 | 0,79086 | 0,79089 | 0,79088 | 0,00002 |
| A 286 | 0,79085 | 0,79088 | 0,79087 | 0,00002 |

Tabela 13. Resultados estatísticos para o teste de homogeneidade referentes à massa específica

| Componentes da variância | Resultados |
|------------------------------------|------------|
| Desvio alvo | 0,0001 |
| Variância aceitável entre amostras | 9E-10 |
| Variância analítica | 4,275E-10 |
| Variância entre amostras | -1,64E-10 |
| Valor crítico | 1,67E-09 |

A tabela abaixo apresenta os valores dos resultados das medições de massa específica, com seus respectivos valores de média e desvio padrão, cujas garrafas foram armazenadas na temperatura de 20,0 °C e analisadas em semanas diferentes.

| Tempo (semana) | Código das garrafas | Número de determinações | Média das leituras | Desvio Padrão |
|----------------|---------------------|-------------------------|--------------------|---------------|
| 0 | 297 | 2 | 0,79086 | 0,00000 |
| 2 | 267 | 2 | 0,79089 | 0,00002 |
| 4 | 36 | 2 | 0,79088 | 0,00001 |
| 5 | 110 | 2 | 0,79086 | 0,00001 |
| 6 | 76 | 2 | 0,79085 | 0,00000 |
| 7 | 180 | 2 | 0,79085 | 0,00001 |
| 17 | 260 | 2 | 0,79090 | 0,00001 |
| 21 | 172 | 2 | 0,79073 | 0,00001 |

VALOR DE REFERÊNCIA DA MASSA ESPECÍFICA ANALISADO NESTE EP

Valor de referência U ($k=2$; $NC=95\%$)

T (°C)

$(0,79085 \pm 0,00017) \text{ g/cm}^3$

20,0

OBSERVAÇÕES

- O valor de referência estabelecido para massa específica foi $0,79085 \text{ g/cm}^3$ e sua incerteza combinada u foi $0,00009 \text{ g/cm}^3$.
- Os valores medidos para massa específica estão dispersos entre os valores aproximados: $0,780$ e $0,793$ (dispersão global).

COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE ENSAIO DE PROFICIÊNCIA

Paulo Roberto da Fonseca Santos
Damares da Silva Santos
Vanderléa de Souza

COMITÊ TÉCNICO

Bianca de Souza Rossini Marques
Cleber Nogueira Borges
Dalni Malta do Espírito Santo Filho
Evelyn de Freitas Guimarães
Isabel Cristina Serta Fraga
Janaína Marques Rodrigues Caixeiro
José Júlio Pinheiro dos Santos Júnior
Joyce Costa Andrade
Júlio Cesar Dias
Marcus Vinícius Barreto Souza
Paulo Paschoal Borges
Paulo Roberto Guimarães Couto
Vanderléa de Souza
Viviane Fernandes da Silva

ESTUDO DO PARÂMETRO TEOR DE MASSA ESPECÍFICA

Dalni Malta do Espirito Santo Filho - dsfilho@inmetro.gov.br

José Júlio Pinheiro dos Santos Júnior - jjjunior@inmetro.gov.br

DIRETORIA DE METROLOGIA CIENTÍFICA - Dimci

DIVISÃO DE METROLOGIA MECÂNICA - Dimec

LABORATÓRIO DE FLUIDOS - Laflu

laflu@inmetro.gov.br

www.inmetro.gov.br