Desenvolvimento de ferramenta computacional para determinação da diferença de pressão em micromanômetro de tubo em "U"

Fernando Souza de Almeida[1], Dorotéa Vilanova Garcia[2], Aureo Emanuel Pasqualeto de Figueiredo[2], Aldo Ramos Santos[2], Deovaldo de Moraes Júnior[2] e Marlene da Silva Moraes[2]

[1]Prefeitura Municipal de Santos Estância Balneária, Santos-SP, Brasil
[2]Universidade Santa Cecília – UNISANTA, Santos-SP, Brasil

E-mail: peritoengenheiro.fernando7@gmail.com

Resumo: Os manômetros são equipamentos utilizados na medição da pressão em pontos de um sistema. O micromanômetro de tubo em "U" com reservatórios, por apresentar boa exatidão, é empregado na calibração de medidores de pressão como os eletrônicos. A motivação ao estudo desse tópico pode ser incrementada com o emprego de programas matemáticos utilizados na engenharia. O presente trabalho teve como objetivo calcular a diferença de pressão existente em dois pontos observados no micromanômetro diferencial com tubo em "U" de dois líquidos, utilizando uma ferramenta computacional. O desenvolvimento do programa ocorreu por meio do Command Window e App Designer do MATLAB. Chegou-se aos dados fixos por meio de uma unidade experimental do Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecília, Santos-SP. O cálculo da variação de pressão foi realizado por intermédio do programa MATLAB, onde o dimensionamento fora igualmente utilizado em todas as situações trabalhadas. A única variável utilizada foi a temperatura. O programa efetuou os cálculos simultâneos aos quais puderam determinar a diferença de pressão com a variação de determinados valores como a massa específica ρ (em kg/m³) e o peso específico γ (em N/m³), seguindo intervalos de 20 ºC em cada valor estimado.

Palavras-chave: Diferença de pressão, matlab, manometria, micromanômetro de tubo em "U", unidade de comprimento de água

Development of a computational tool to determine of the pressure difference in U tube micromanometer.

Abstract: The manometers are equipments used in the measurement of the pressure in points of a system. The specific tube in "U" micromanometer with reservoirs, because of presenting good exactness, it is employed in the calibration of pressure gages as it of the electronics. The motivation of the study of this topic can be increased with the job of mathematicians computer programs used in the engineering. The work present scientific had as since objective calculated the difference of existent pressure in two points observed in the differential U tube micromanometer of two liquids, using a computational tool. In this work, the development of the program took place through Command Window and App Designer of the MATLAB. The reached data approached to the fixed through an equipment of unity experimental in the Unit Operations Laboratory of the Saint Cecília University (UNISANTA). The calculation of the variation of pressure was carried out through the Matlab, where the measurement had been equally used in all the worked situations. The command program effectuated the simultaneous calculations to which they could determined a pressure difference of with the variation of determined values like the specific mass (kgf/m³) and the specific weight (N/m³), following intervals of 20 ºC in each respected value.

Key-words: Pressure difference, matlab app designer and command window, manometry, U tube manometer, unit of water length.

Introdução

A Micromanometria é a parte da Mecânica dos Fluídos responsável pela medição de pressão. Os manômetros são dispositivos que podem apresentar colunas de líquido em tubos verticais ou inclinados, na medição de pressão [3]. São classificados em dois tipos: manômetro de coluna líquida e dispositivos mecânicos e eletrônicos, conforme o Quadro 1:

Quadro 1 – Tipos de manômetros [4].

Manômetro de Coluna Líquida	**Dispositivos Mecânicos e Eletrônicos**
Piezômetro simples ou manômetro aberto	Manômetro de Bourdon
Manômetro de tubo em "U"	Transdutor de pressão
Manômetro diferencial	Coluna de líquido
Manômetro de tubo inclinado	Coluna de líquido

Os manômetros de tubo em "U" apresentam boa exatidão, são aplicados na medição de pressão por calibração, visando medição exata e precisa em processos industriais [3].

Visando dimensionar valores como a massa e o peso específico de uma determinada condição e/ou problemática, recomenda-se utilizar um método computacional como ferramentas, métodos e algoritmos numéricos para a resolução de problemas nas diversas áreas das ciências exatas. A automação dos cálculos faz com que rapidamente e de modo preciso, obtenham-se os resultados desejados de diversos modelos matemáticos [7].

A complexidade de um problema se faz necessário ferramentas computacionais com o objetivo de automatizar os cálculos [2]. A escolha de uma ferramenta matemática computacional para a determinação de cálculos de engenharia requer uma seleção de confiabilidade, sendo que os resultados devem representar uma situação real e precisa [5].

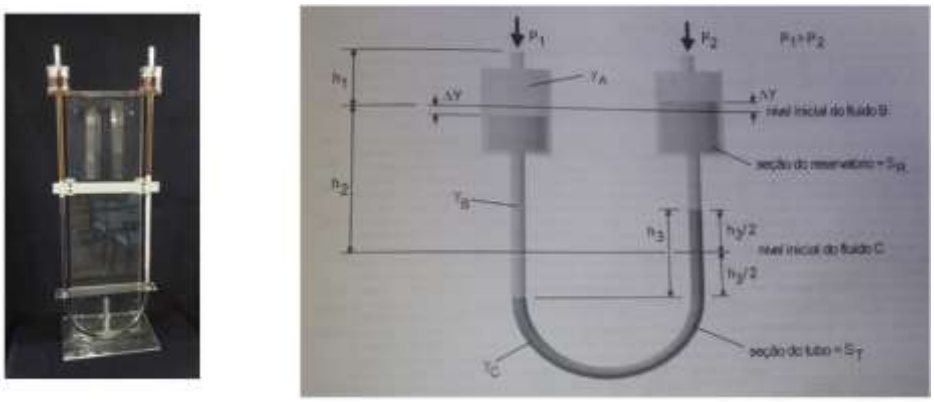
Na execução deste trabalho foi utilizado o programa MATLAB (abreviação de "Matrix Laboratory") com a interface gráfica Matlab App Designer do fabricante MathWorks Inc, podendo ser aplicada em diversos laboratórios e organizações do mundo. O MATLAB é uma plataforma otimizada para resolver problemas de engenharia e científicos, utilizando uma linguagem matricial que pode conceder uma vasta biblioteca de ferramentas para a determinação de cálculos computacionais, proporcionando precisão e geração de gráficos que permitem com que os indicadores de projeto possam ser precisamente analisados. A interface gráfica do App Designer permite que o usuário controle os parâmetros da simulação sem que tenha necessidade de interagir com os códigos do programa (alterando suas variáveis) e também fornece um ambiente para um sistema de cálculo. Com essa interface gráfica, pode-se

criar um código MATLAB, que define todas as propriedades e comportamentos dos componentes do projeto, integrada ao próprio MATLAB que contém essa funcionalidade incorporada para ajudar a criar a interface gráfica para o aplicativo de programação [8].

Objetivo: O objetivo principal do presente estudo foi demonstrar a diferença de pressão em dois pontos, encontrada no micromanometro diferencial em "U" de dois líquidos, por intermédio do programa MATLAB, com a interface gráfica Matlab App Designer do fabricante MathWorks Inc.

Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido a partir do exemplo 2.3 - "Micromanômetro com reservatórios", do livro "Aplicações industriais de estatística e dinâmica dos fluidos I", dos autores MORAES Jr., D.; SILVA, E.L.; MORAES, M.S. (2011). Foram realizados cálculos de diferença de pressão (em Pascal) em dois pontos distintos de um micromanômetro diferencial de tubo em "U" de dois líquidos manométricos, similar ao utilizado no Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Santa Cecília, apresentado na Figura 1(a). Os dados fornecidos (Figura 1(b)) são: pressão barométrica de 700 mmHg; o fluido A é o ar a 20º C, com valor de peso específico (γ de 0,92 kgf/m^3); o fluido B é a água (γ de 998 kgf/m^3); o fluido C é o tetracloreto de carbono (densidade relativa de 1,60 adimensional); diâmetro interno do tubo de 0,5 cm; diâmetro interno do recipiente de 5,0 cm; desnível h_3 do fluido C de 8 mm e aceleração da gravidade (g) de 9,81 m/s^2.



(a) (b)

Figura 1 (a) –Micromanômetro diferencial tubo em "U" com dois fluidos manométricos [6].
(b) Micromanômetro de tubo em "U" do Laboratório de Operações Unitárias I da Universidade Santa Cecília (UNISANTA).

Resultados e Discussão

O cálculo da diferença de pressão $P_1 – P_2$ no micromanômetro diferencial de tubo em "U" de dois líquidos manométricos, foi desenvolvido da seguinte forma:

Dados: a) Pressão Barométrica (P de 700 mmHg) b) Temperatura ambiente (T): 20 ºC c) Densidade relativa do tetracloreto: 1,60 (adimensional) d) Peso Específico da água (γ H_2O) 1.000,00 kgf /m^3 e) Diâmetro interno do tubo (Di_{tubo}) de 0,5 cm f) Diâmetro interno do recipiente ($Di_{recipiente}$) de 5,0 cm g) h_3 de 8 mm h) Peso Específico do fluido A (γ_A): 0,92 kgf /m^3 i) Peso Específico do fluido B (γ_B): 998 kgf /m^3 j) Aceleração da gravidade (g) de 9,81 m/s² k) Seção do reservatório, S_R / Seção do tubo, S_T.

Foi desenvolvido um programa na ferramenta Command Window do software MATLAB, específico para obtenção das informações acima com maior eficiência e agilidade.

O mesmo foi dividido em três sequências: *start* (início), dados e gráfico. O *start* apresenta sequência condicional baseada em respostas objetivas: sim e não. Em seguida o programa apresenta a fase de dados, com a solicitação de informações constadas no enunciado do exercício, como por exemplo, o peso específico γ_B (em N/m^3).

Como consequência, grande parte dos valores calculados foram tabulados e posteriormente utilizados na elaboração de gráficos. A última parte do programa é curta, com o intuito de apenas associar sequências de valores já estabelecidos em fases anteriores, visando elaborar gráficos. Segue no Quadro 2 a descrição do programa na fase de gráficos.

Quadro 2 – Programa na fase de gráficos

```
%tabela
rol=zeros(0,0);
ma=zeros(0,0);
mb=zeros(0,0);
d=zeros(0,0);
g=9.8;
dtetra=1.6;
yagua=1000;
h3=8*0.001;
dt=0.5;
dr=5;
mc=dtetra*yagua;
st=pi*(dt^2)/4;
sr=pi*(dr^2)/4;
ra=st/sr;
j=i-1;
for q=1:j
   rol(q)=p*m/r*k(q);
   ma(q)=rol(q)*g;
   mb(q)=ma(q)*g;
   d(q)=h3*(mc-mb(q))*(1-ra)-ma(q)*ra;
end
disp(' ');
disp('Aguarde...Traçando o gráfico');
subplot(3,1,1);plot(c,rol);
xlabel('Temperatura em graus Celsius (°C)');ylabel('Massa específica (em N/m³)'); grid on;
subplot(3,1,2);plot(c,ma,'k');
xlabel('Temperatura em graus Celsius (°C)'); ylabel('Peso específico A (em N/m³)'); grid on;
subplot(3,1,3); plot(c,d,'r');
xlabel('Temperatura em graus Celsius (°C)');ylabel('Dif. de Pressão P1-P2 (em N/m²)'); grid
on;
```

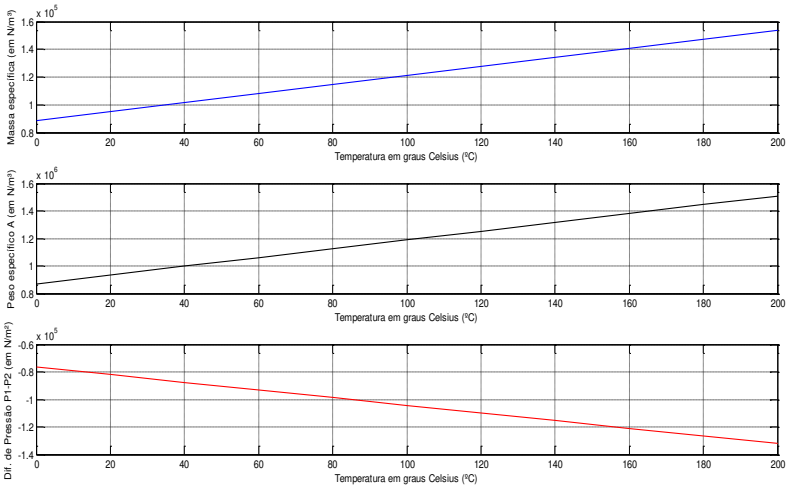
Apresenta-se na Tabela 2 os valores calculados e dimensionados empiricamente, na estimativa da temperatura entre 0 ºC a 200 ºC:

Tabela 2 – Resultados.

Temperatura (T em ºC)	Temperatura (T em K)	Massa Especifica (ρ em kg /m^3)	Peso Especifico (γ_A em N/m^3)	Peso Especifico (γ_B em N/m^3)	Peso Especifico (γ_C em N/m^3)	Diferenca de Pressao $P_1 - P_2$ (em N /m^2)
0	273,15	1,19	11,69	9.790,38	15.696,00	48,03
20	293,15	1,11	10,89	9.790,38	15.696,00	48,03
40	313,15	1,04	10,19	9.790,38	15.696,00	48,03
60	333,15	0,98	9,58	9.790,38	15.696,00	48,03
80	353,15	0,92	9,04	9.790,38	15.696,00	48,03
100	373,15	0,87	8,55	9.790,38	15.696,00	48,03
120	393,15	0,83	8,12	9.790,38	15.696,00	48,03
140	413,15	0,79	7,73	9.790,38	15.696,00	48,03
160	433,15	0,75	7,37	9.790,38	15.696,00	48,03
180	453,15	0,72	7,04	9.790,38	15.696,00	48,03
200	473,15	0,69	6,75	9.790,38	15.696,00	48,03

Em seguida, por meio da interface gráfica Matlab App Designer do fabricante MathWorks, do programa MATLAB, foram elaboradas três relações entre indicadores conforme a Figura 2, supondo não haver mudança de fase:

1) Temperatura (T em ºC) em função da massa específica (ρ em kgf /m^3);
2) Temperatura (T em ºC) em função do peso específico (γ_A em N/m^3);



3) Temperatura (T em ºC) em função da diferença de pressão P1 - P2 (em N /m^2).

Figura 2 – Relações entre a temperatura (em °C) e respectivamente com a massa específica (em kgf /m^3), o peso específico (em N/m^3) e a diferença de pressão P_1 - P_2 (em N /m^2). Supondo que os fluidos não mudam de fase.

Analisando a relação entre a temperatura T (em °C) e a massa específica ρ (kg/m^3), observa-se uma variação linear (supondo que os líquidos não se evaporem) diretamente

proporcional no intervalo entre 0 e 200 ºC. Ou seja, ao passo de sua progressão linear, de 20 em 20 ºC, a massa específica foi crescente. Neste caso, a diferença entre os valores de ρ medidas, diminui com o aumento da temperatura. A segunda relação estabelecida graficamente, entre a temperatura T (em °C) e o peso específico γ_A (N/m^3), também é notada uma variação linear diretamente proporcional no intervalo estabelecido (temperatura entre 0 e 200 ºC). Ou seja, ao passo de sua progressão linear, de 20 em 20 ºC, os valores trabalhados de peso específico demonstram crescente nos indicadores. Neste caso, a diferença entre os valores de γ_A medidos, diminui com o aumento da temperatura. A última relação estabelecida graficamente, entre temperatura T (em °C) e a diferença de pressão ($P_1 - P_2$ em N /m^2), apresenta também um diferente cenário na oscilação dos valores mencionados. Ou seja, ao passo de sua progressão linear, de 20 em 20 ºC, os valores trabalhados na diferença de pressão demonstram queda, rememorando distorção quanto aos valores obtidos algebricamente.

Conclusão

Analisando os valores calculados pelo MATLAB, fornecidos empiricamente no micromanômetro diferencial tubo em "U" de dois líquidos, conclui-se que empiricamente houve mudanças na variação de pressão (em Pa), mesmo com a alteração da temperatura do fluido no micromanômetro, de 20 ºC para 200 ºC, supondo que os líquidos não se tornem vapor nas condições estudadas. Exceto no caso em que o peso específico do ar seja considerado desprezível (normalmente desprezível em relação ao peso específico dos líquidos), não ocorrerá alteração significativa no valor da diferença de pressão ($P_1 - P_2$). Visando a realização de futuros trabalhos acadêmico-práticos voltados nesta temática, recomenda-se a utilização do programa MATLAB para o desenvolvimento de cálculos empíricos acerca da diferença de pressão entre dois pontos, trabalhando com outras variáveis como a pressão barométrica (em mmHg) e os diâmetros internos do recipiente e do tubo contemplando a capilaridade.

Referências Bibliográficas

1. CASSIOLATO, C. Medições de Pressão: características e tecnologias. São Paulo: Intech, 2007.
2. CUORE, R. **A vantagem do uso dos métodos computacionais em cálculo numérico.** 2009.
3. GUEDES, H. A. S. Manometria. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2016.
4. Manômetros De Coluna - Técnica. <http://www.hygro-therm.com.br/informacoes.php?id=875>. Acesso: 13 mar. 2017.
5. KAEWNAI, S.; CHAMAOOT, M.; WONGWISES, S. Predicting performance of radial flow type impeller of centrifugal pump using CFD. Journal of Mechanical Science and Technology, v. 23 nº. 6 p. 1620-1627. Junho de 2009

6. MORAES Jr., D., et al, 2011. Aplicações industriais de estatística e dinâmica dos fluidos I. Santos: Universidade Santa Cecília, 360 p.
7. SHOKRARIAN, S. Tópicos em Métodos Computacionais. 1ª ed. Editora Ciência Moderna, 2009, 368 p.
8. THE MATHWORKS, Inc., Matlab for Student Use, 2015.