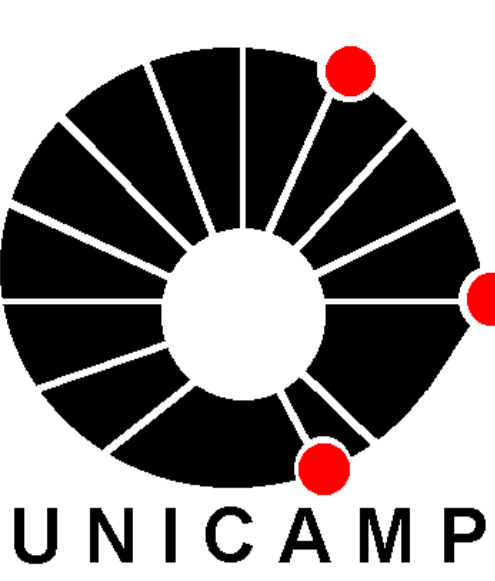


MEDIÇÃO DA TENSÃO SUPERFICIAL EM INTERFACE GÁS-LÍQUIDO



Aluno: Daniel Candeloro Cunha RA 101917

E-mail: dancancunha@gmail.com

Orientador: Prof. Eugênio Spanó Rosa FEM/DE UNICAMP

DEPARTAMENTO DE ENERGIA, FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – FEM/DE UNICAMP

Agência Financiadora: CNPq (PIBIC)

Palavras-chave: Tensão Superficial – Método da Máxima Pressão de Bolha – Medição Experimental

Introdução

O escoamento simultâneo de gás e líquido em tubulações ocorre com frequência na área de produção de petróleo, nuclear e em processos químicos. As fases neste tipo de escoamento podem se distribuir em diferentes arranjos espaciais, também denominados por padrões. A formação dos diferentes padrões depende de parâmetros operacionais da linha, entre eles: o diâmetro e inclinação do tubo, as vazões de gás e de líquido, assim como as propriedades de transporte dos fluidos. Para cada tipo de padrão, há diferentes mecanismos físicos que controlam as interações entre as estruturas de gás-líquido; essas interações determinam as taxas de transferência de massa, quantidade de movimento e energia, que são peças centrais no desenvolvimento de modelos para escoamentos bifásicos. Dentre as propriedades de transporte das fases, destaca-se a tensão superficial. O conhecimento deste parâmetro torna-se essencial para o desenvolvimento de modelos, uma vez que a tensão superficial controla e define diversos fenômenos bifásicos nos padrões.

Entretanto, nem sempre é conhecido o valor da tensão superficial nas interfaces gás-líquido com que se está trabalhando. Frequentemente, emprega-se o uso de valores tabelados ou de estimativas para remediar esse problema, mas esta prática não é satisfatória. A tensão superficial, além de variar com a temperatura, varia com a concentração de íons, tenso-ativos e outras substâncias em solução que podem causar uma drástica redução em seu valor. Além disso, valores tabelados de tensão superficial para óleos e gás em geral são pouco conhecidos. Sendo assim, é importante que se possa medir experimentalmente essa propriedade nas interfaces com que se trabalha.

Metodologia

Para a determinação experimental da tensão superficial em interfaces gás-líquido, foi utilizado o Método da Máxima Pressão de Bolha de Sugden (1924). Neste método, bolhas são formadas na extremidade de tubos capilares imersos no líquido selecionado e a pressão do gás no interior de cada bolha é monitorada ao longo do seu crescimento através de transdutores de pressão diferencial, conforme a Figura 1 – onde P_{G1} e P_{G2} são as pressões do gás selecionado no interior dos capilares e P_0 é a pressão atmosférica, todas medidas numa altura H em relação à superfície livre do líquido.

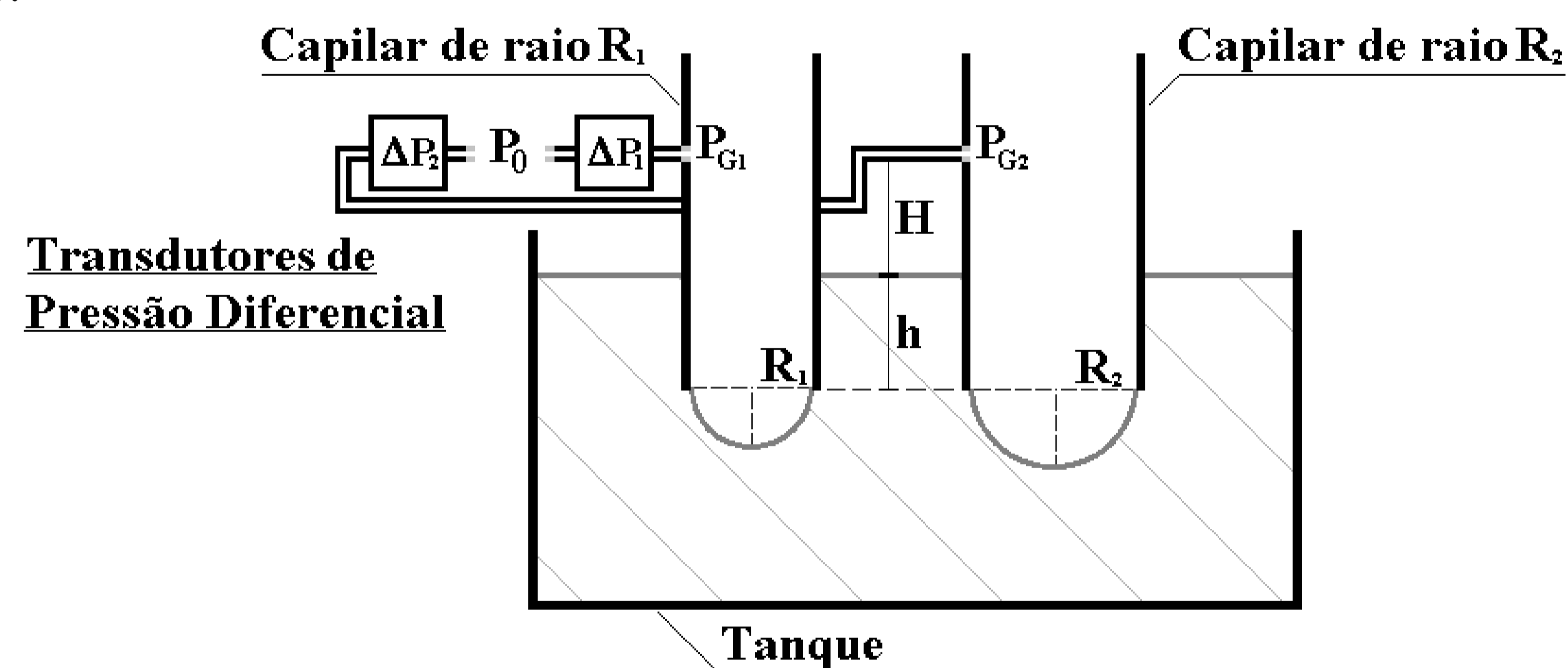


Fig. 1 – Bancada experimental

Sabe-se, pela equação de Young-Laplace, que a diferença de pressão entre o interior de uma bolha e o líquido numa mesma altura, desprezando efeitos dinâmicos, é igual a $2\sigma/r$; onde σ é a tensão superficial e r é o raio de curvatura da superfície da bolha nessa altura. Sendo assim, o momento em que a pressão é máxima corresponde ao momento em que o raio da bolha é mínimo. Como pode-se ver na Figura 2, o raio da bolha será mínimo quando este for igual ao raio do capilar.

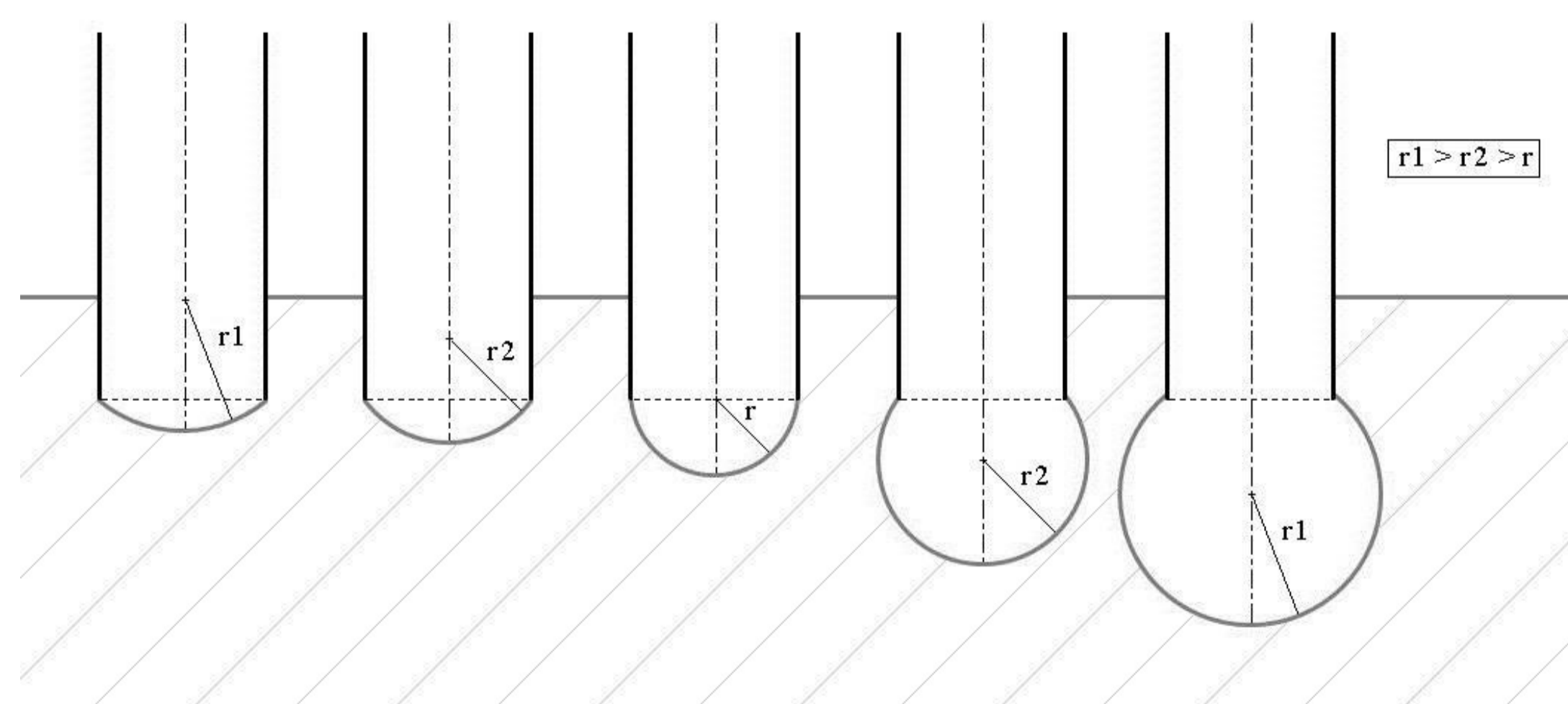


Fig. 2 – Formação de uma bolha

Considerando que o fluxo de gás é muito baixo (sistema quase estático), a diferença entre os valores máximos de pressão manométrica, $\Delta P_{1m\acute{a}x}$ e $\Delta P_{2m\acute{a}x}$, medidos nos transdutores será dada por:

$$\Delta P_{1m\acute{a}x} - \Delta P_{2m\acute{a}x} = 2\sigma \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

Desta maneira, conhecendo-se os raios dos capilares e medindo experimentalmente, num sistema quase estático de formação de bolhas, as pressões manométricas máximas, pode-se encontrar o valor da tensão superficial através da seguinte equação:

$$\sigma = \frac{1}{2} \frac{\Delta P_{1m\acute{a}x} - \Delta P_{2m\acute{a}x}}{\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)}$$

Resultados, Discussão e Conclusão

Construiu-se um aparato e desenvolveu-se um programa de aquisição de dados em *Lab View* para a determinação experimental da tensão superficial (Figuras 3 e 4).



Fig. 3 – Foto do aparato



Fig. 4 – Imagem do programa de aquisição de dados

Para que se realize o experimento, deve-se encher o *Becker* com o líquido selecionado; encher o reservatório com o gás selecionado; submergir as extremidades das agulhas no líquido; ajustar as válvulas para que bolhas comecem a se formar lentamente (nos experimentos realizados, uma bolha era formada, em cada capilar, a cada 30 segundos); e iniciar o programa de aquisição de dados. Após o encerramento do programa, a tensão superficial é calculada.

Foram feitos experimentos (todos a 27 °C) com 4 líquidos distintos, indicados na Tabela 1, para determinar a tensão superficial nas interfaces deles com o ar. Como pode-se observar, os resultados obtidos foram muito próximos dos valores tabelados e a incerteza das medições é menor que 1%.

Tab. 1 – Resultados experimentais

Líquidos	Tensão superficial tabelada (dina/cm)	Tensão superficial encontrada experimentalmente (dina/cm)	Incerteza em relação ao valor tabelado (%)
Água	71,7	72,1	0,6
Etanol	21,6	21,6	0,0
Água + Etanol (5% em massa)	55,5	55,3	0,3
Benzeno	28,0	27,8	0,8

Portanto, concluiu-se que o método é adequado e que o aparato pode ser utilizado de maneira confiável para realizar medições de tensão superficial em interfaces de interesse prático.

Referências Bibliográficas

Sugden, S. 1924. *The determination of surface tension from the maximum pressure in bubbles*. *J. Chem. Soc.*, vol. 125, pp. 27-41.