

MÉTODO NÃO INTRUSIVO DE MEDIR VAZÃO EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO POR MEIO DE CORRELAÇÃO MATEMÁTICA

Allysson Macário de Araújo Caldas; Allan Giuseppe de Araújo Caldas; Rodrigo Ernesto Andrade Silva; Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo

Instituto Federal da Paraíba – IFPB – Campus João Pessoa

INTRODUÇÃO

Os sistemas de refrigeração mais utilizados baseiam - se na tecnologia de compressão, os quais proporcionam a partir de ciclos termodinâmicos apropriados, o desejado conforto térmico. O funcionamento dessas máquinas exige um elevado consumo de energia elétrica sem contar que fazem uso de fluidos que agredem substancialmente a natureza. As buscas incessantes pela produção da energia limpa e sustentável retomam os estudos de sistemas de refrigeração por absorção. Muitas pesquisas vêm dedicando esforços que promovem o aprofundamento nessa tecnologia e evidenciando as dificuldades para seu funcionamento.

Busca – se nesse trabalho, contribuir significativamente com o desenvolvimento de técnicas de medição de vazão em sistema de refrigeração por absorção a partir de um estudo teórico e experimental.

METODOLOGIA

O projeto que se propõe para o presente trabalho gira em torno da construção de uma bancada experimental de pequeno porte, que encontra – se lotada no laboratório de energia solar LES – UFPB. Tal bancada pretende simular escoamento interno de uma unidade piloto de sistema de refrigeração por absorção duplo efeito (protótipo do LES - UFPB), visando fornecer informações que possam servir de base para refinamentos de resultados anteriores a este trabalho, e base para estudos futuros no tocante a otimização dos sistemas de refrigeração por absorção.

A estrutura da bancada preexistente consistia de dois circuitos hidráulicos que se comunicam, resultando em 6,87 m em aço inox, o qual era composto por 2 dutos de 25mm de diâmetro, flangeados, medindo 2,72 e 1,90 m de comprimento, um duto 50 mm e 0,65 m, flangeado e um duto intermediário de seção retangular (21 x 3,5 cm), conectado ao circuito principal por

reduções flangeadas. A mesma ainda contava com um recipiente T5-50 litros, também em aço inox, além de 4 válvulas de esfera NICSA(11/2’’), 3 válvulas globo (2 Válvulas DECA, 11/2’’ e 1 Válvula FRABWAR, 3/4’’), 2 conexões T e 1 redução (50mm/25mm). A energia para escoamento era cedida ao fluido, por bomba de cavidades progressivas MONO PUMPS, acionada por um motor WEG de 0,5 cv, trifásico.

As intervenções promovidas constaram da substituição do duto flangeado de 50 mm em aço inox, por outros dutos flangeados de 19, 22 e 25 mm com mesmas características, em seguida a instalação de uma bomba de engrenagem comercializada pela STAINLESS STEEL PUMPS LTD e acionada por um motor BROWN BOVER, trifásico de 0,5 HP alimentado a 220 V.

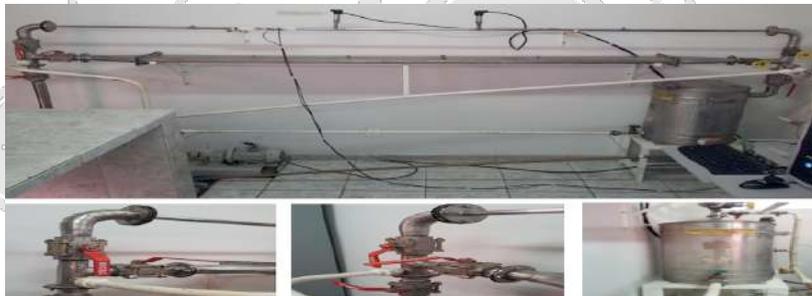


Figura 1. Estrutura da Bancada Experimental.

Para atender as necessidades deste trabalho no que diz respeito à aquisição e monitoramento de dados foi feita uma análise minuciosa de equipamentos que já dispunham em nosso laboratório, diante desses equipamentos resolvemos utilizar transdutores de pressão e um medidor de vazão ultra-sônico para o proposito do trabalho, tais escolhas foram cruciais para o andamento do mesmo. Os transdutores e indicadores de pressão utilizados são fabricados pela empresa Hytronic, os transdutores são do modelo TM25 e indicadores HM204.



Figura 2. Transdutores de Pressão/Medidor Ultrassônico.

Após o término da instalação dos transdutores verificou – se os itens sugeridos pelo fabricante do medidor de vazão ultrassônico UFM 170, tais como; a força da recepção de sinal (valor de S) que deve estar na faixa de 700 a 900 , a qualidade de sinal (valor Q) que deve estar na faixa de 60 a 90, o coeficiente de transito (valor de R) que deve estar na faixa 100 % admitindo – se uma variação de $\pm 3\%$, todos esses itens são mostrados no visor do medidor, alcançando esses parâmetros garantimos a excelência da medição de vazão, isso feito pode-se ter a certeza de que o medidor de vazão está funcionando corretamente e os resultados são confiáveis e precisos.

RESULTADOS E DISCURSSÃO

Implementou –se um software (LabVIEW) a todo aparato experimental onde nele podemos introduzir e/ou fixar valores, verificando seus efeitos e suas saídas. A figura 3 mostra o painel frontal do presente trabalho.

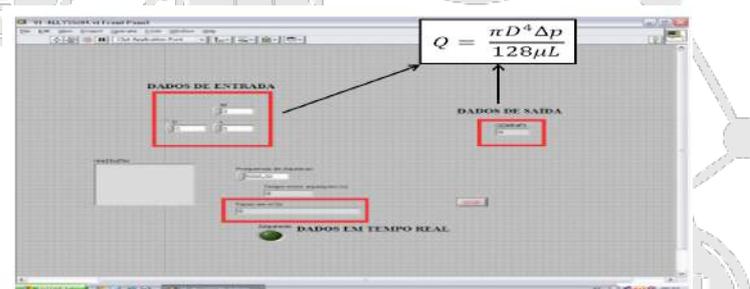


Figura 3. Interface do LabVIEW.

Os dados de entrada do painel frontal estão descritos por; (μ), (D) e (L), que nessa ordem representam as grandezas viscosidade dinâmica, diâmetro interno e comprimento para que o escoamento seja completamente desenvolvido. Esses dados juntamente com o dado “deltaP” extraído pelo LabVIEW gera outro dado de saída “Q(deltaP)” (ver Figura 4).

O resultado visto no painel frontal do “Q(deltaP)” refere – se a vazão volumétrica em função da queda de pressão, cujo valor foi obtido pela equação:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^4}{128 \cdot \mu \cdot L} \cdot \Delta p \quad (1)$$

Foram feitos ensaios para frequência de 60 Hz para os diâmetros de 19, 22 e 25 mm que culminaram nos seguintes resultados para a água.

Tabela 1. Ensaio de vazão na tubulação de (a) 19 mm, (b) 22mm; (c) 25mm

Q(TEÓRICA)	Q(ULTRASSOM)	TEMPO
0,000367	0,00043	0
0,000382	0,00049	5
0,000402	0,00048	10
0,000374	0,00046	15
0,000407	0,00045	20
0,000402	0,00046	25
0,000394	0,00048	30
0,000389	0,00046	35
0,000402	0,00046	40
0,000394	0,00045	45
0,000389	0,00044	50
0,000387	0,00041	270
0,000383	0,00046	275
0,000377	0,00042	280
0,000376	0,00043	285
0,000380	0,00042	290
0,000380	0,00041	295
0,000376	0,00042	300
0,000390	0,00044	

(a)

Q(TEÓRICO)	Q (ULTRASSOM)	TEMPO
0,0004224	0,00043	0
0,00038	0,00042	5
0,0003977	0,00046	10
0,0003918	0,00048	15
0,0003817	0,00045	20
0,000407	0,00044	25
0,000392	0,00044	30
0,000381	0,00043	35
0,000405	0,00042	40
0,000381	0,00043	45
0,000421	0,00043	50
0,000417	0,00041	270
0,000417	0,00042	275
0,000391	0,00043	280
0,000405	0,00042	285
0,000383	0,00041	290
0,000390	0,00042	295
0,000396	0,00043	300
0,000408	0,000432	

(b)

Q(TEÓRICO)	Q(ULTRASSOM)	TEMPO
0,0006682	0,00062	0
0,0006697	0,00063	5
0,0006138	0,00064	15
0,000613	0,00062	20
0,000614	0,00062	25
0,000614	0,00061	30
0,000614	0,00061	35
0,000595	0,00062	40
0,000592	0,00063	45
0,000608	0,00063	50
0,000615	0,00063	270
0,000609	0,00062	275
0,000629	0,00063	280
0,000616	0,00061	285
0,000618	0,00062	290
0,000615	0,00061	295
0,000621	0,00062	300
0,000614	0,000621	

(c)

Com a análise desses dados busca – se encontrar uma correlação matemática que estime vazões volumétricas que dependam diretamente dos diâmetros e diferenças de pressão, ou seja, sem vínculos explícitos com outras grandezas, uma equação cuja expressão seja dada por:

$$Q(D, \Delta P) = C \cdot D^\alpha \cdot \Delta P^\beta \quad (2)$$

Para encontrar a expressão sugerida pelo presente trabalho montou - se uma tabela que aglutinou todos os valores da tabela 1, onde todos esses dados foram obtidos diretamente pelo VI (Instrumento Virtual – LabVIEW). Utilizou – se o método da Regressão Múltipla, que é um procedimento analítico de dados baseado no critério dos mínimos quadrados, esse procedimento foi realizado no Excel, no que culminou nos seguintes resultados;

Tabela 2. Coeficientes de correlação da água para impor a equação 2.

Coeficientes da Correlação			
	C	α	β
1ª Regressão	5,1522x10-11	3,3710 4321	0,93980 8152
2ª Regressão	3,02118x10-10	2,9098 8778	0,89189 9564

Tais regressões aplicadas a equação (2) resultam em:

$$Q_T(D, \Delta P) = 5,1522 \times 10^{-11} \cdot D^{3,37104321} \cdot \Delta P^{0,939808152} \quad (3)$$

$$Q_U(D, \Delta P) = 3,02118 \times 10^{-10} \cdot D^{2,909887788} \cdot \Delta P^{0,891899564} \quad (4)$$

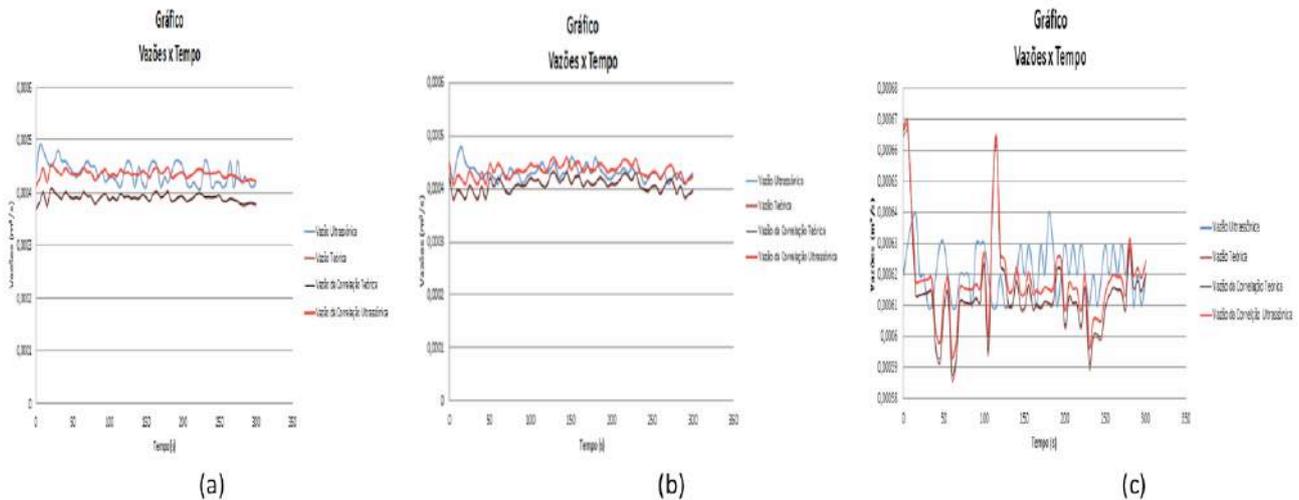


Figura 4. Relação entre curvas da vazão do ultrassom, vazão teórica e vazões provenientes da correlação para o diâmetro de (a) 19 mm, (b) 22mm, (c) 25mm - Água.

Nessas condições podemos concluir que o objetivo do presente trabalho para a água foi extremamente satisfatório tendo em vista que foi possível encontrar a correlação matemática para a vazão ultrassônica em termos do diâmetro e da diferença de pressão que quando comparado com a vazão ultrassônica teve erros tolerados dentro da faixa experimental (menor que 5%).

A pesquisa continua em andamento o passo seguinte destina – se a solução do Brometo de Lítio (LiBr), onde será feita a mesma abordagem da água, de forma que também se evidencie o êxito alcançado pela mesma.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste trabalho de pesquisa seguiu todos os passos metodológicos apresentados. Baseando – se em um levantamento bibliográfico preliminar, onde foi desenvolvido toda a sequencia lógica para o alcance do objetivo final do presente trabalho.

Portanto a amplitude desse trabalho vai além dos aspectos de interesse prático da engenharia, pois refletem ainda em todo um conhecimento teórico adquirido em sua metodologia.

Tendo em vista todo o exposto, o desenvolvimento de sistema de medição de vazão não intrusivo para sistemas de refrigeração por absorção que é o tema do presente trabalho, mostrou – se capaz de realizar os objetivos do mesmo, que era desvincular – se do medidor ultrassônico e passar através de correlação matemática aferir/estimar vazões que dependam explicitamente apenas do diâmetro e das diferenças de pressão.

Outro ponto importante é que o propósito do trabalho não aplica - se apenas em sistemas de refrigeração por absorção com o par água brometo de lítio, pode estender – se a qualquer sistema de refrigeração para qualquer que seja o fluido de trabalho.

Outro aspecto que culminou para o sucesso do presente trabalho foi o uso do software LabVIEW em comunicação com o medidor ultrassônico UFM170, pois o tempo decorrido entre uma tomada de aquisição e outra se não existisse tal comunicação poderia destacar alguns erros, então a aferição das vazões em tempo real já exclui esse tipo de problema o que possibilita uma melhor compreensão e análise do resultado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Ari F. de, 199, Sistemas de Refrigeração por Absorção Intermitente: concepção, dimensionamento, construção, ensaio e considerações econômicas. Tese de D.S.c – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo.

ALVES, José Luiz Antônio, 2010, Instrumentação, controle e automação de processos. -2. ed.- Rio de Janeiro, LTC.

BEGA, Egídio Alberto et. al, 2006 , Instrumentação Industrial. - 2. ed.- Rio de Janeiro, Interciência: IBP.

ÇENGEL, Yunus, 2007, Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e Aplicações. 1 ed.- São Paulo, McGraw.