

CONSTRUÇÃO DE UM EXPERIMENTODIDÁTICO PARA ANÁLISE DE ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL – AMT

Ruan M. de M. Fenna – ruanruanfenna@hotmail.com

Luiz C. C. Junior – luiz.cordeiro@fat.uerj.br

Rafael C. da Silva – costarafaelprod@gmail.com

Fábio G. A. Filho – fguedesalexandre@hotmail.com

Jônatas D. Lopes – jonataslopes97@gmail.com

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Departamento de Mecânica e Energia

Rodovia Presidente Dutra km 298 (sentido RJ-SP) - Pólo Industrial

Cep: 27.537-000 - Resende/RJ

Resumo: A visualização e a percepção do aluno no dimensionamento hidráulico para análise do comprimento característico em tubulações, nem sempre é realizado de forma clara e efetiva. Uma atividade experimental visa o contato físico e a aplicação prática dos conceitos que são abordados em sala de aula. Nessa perspectiva, as atividades experimentais realizadas têm como finalidade superação destas dificuldades nas disciplinas teóricas, sendo a contribuição destes circuitos muito enriquecedora para o conteúdo do curso, visto que os alunos são estimulados a desenvolver uma análise experimental na solução do problema prático proposto. Para atender este objetivo foi construída uma bancada com dois circuitos hidráulicos (PVC e Ferro Galvanizado), sendo a maior parte dos materiais utilizados provenientes de materiais reciclados (tubos, conexões e acessórios). Os experimentos foram projetados para serem bem compreensíveis e terem uma boa área de interação, buscando maior entendimento e permitindo análise comparativa entre os circuitos de diferentes materiais submetidos às mesmas condições.

Palavras-chave: Circuitos Hidráulicos. Perda de Carga. Comprimento Característico.

1. INTRODUÇÃO

A construção de circuitos hidráulicos (em bancada) para análise e dimensionamento que exemplificam na prática todo o conteúdo das disciplinas lecionadas com base na literatura,

estimula os alunos de engenharia na faculdade e no Laboratório de Motores, Hidráulica e Pneumática. O estudo da perda de carga em tubulações é de suma importância para o correto dimensionamento de sistemas de bombeamento. O fluido ao escoar em um duto é submetido à forças resistentes exercidas pelas paredes da tubulação e por uma região do próprio líquido, denominada camada limite. Assim, há o surgimento de forças cisalhantes (atritos) que dissipam energia, principalmente em forma de calor. Essa energia não é recuperada e, por isso, denomina-se perda de carga (Δp). A perda de carga ocorre ao longo do trecho da tubulação (distribuída) e nas singularidades (localizada).

Este trabalho surge na tentativa de responder a um problema muito comum em algumas disciplinas teóricas: como despertar o interesse dos alunos que acabam não entendendo bem a importância e a aplicação da teoria na sua formação, levando a uma queda da aprendizagem e não raro, no desinteresse pela disciplina?

Na bancada analisada (Figura 1), os circuitos hidráulicos são pressurizados através de uma bomba centrífuga de água, e ambos os circuitos são analisados por meio das medições registradas nos manômetros, nos tipos de conexões, nos comprimentos característicos, na altura manométrica total, nos diversos acessórios que compõem os circuitos e nas devidas análises de rugosidades das paredes destes tubos e perda da carga que isto representa.

Para isso, realizamos uma pesquisa aplicada, desenvolvida no laboratório de mecânica da UERJ¹. Nosso objetivo é demonstrar os conceitos teóricos aprendidos em sala de aula, proporcionando ao aluno uma consolidação desses conceitos. Também apresentar equipamentos relacionados a operações para que o aluno possa entender melhor seu princípio de funcionamento. Concordamos com Gibbons (1971), que através das atividades práticas, os alunos são estimulados a desenvolver análise técnica para uma melhor compreensão e aplicação dos conceitos teóricos.

(Figura 1- Bancada Hidráulica)



Fonte: Laboratório de Mecânica

2. METODOLOGIA

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Campus Resende.

2.1. Materiais e Métodos

Este trabalho foi conduzido no Laboratório de Motores, Hidráulica e Pneumática da UERJ, para grupos de 30 alunos a cada semestre. Trata-se de uma pesquisa aplicada, que tem como principal objetivo a visualização e a percepção do aluno no dimensionamento hidráulico para análise do comprimento característico em tubulações. De acordo com (GIBBONS, 1971), a utilização de experimentos em aula pode ser classificada como uma forma de aprendizagem ativa. Tal aprendizagem, implica em um processo no qual os alunos estejam descobrindo, processando e aplicando informações e não apenas ouvindo o professor.

No experimento foram utilizados, na bancada: uma bomba centrífuga, dois reservatórios hidráulicos, tubos de PVC e ferro galvanizado, cotovelos de 90°, tê de passagem direta e de saída lateral, reduções, válvulas esférica, uniões, válvulas de retenção, válvula de pé com crivo, todos com diâmetro de $\frac{3}{4}$ ". Para análise da vazão no circuito hidráulico foi introduzido o conceito do Tubo de Venturi, porém para atender a condição da equação de Bernoulli foi necessário desenvolver um diferencial de pressão no circuito. Desta forma, foram utilizados tubos de PVC de 1" com reduções para tubulação de $\frac{1}{2}$ ", nele também foram utilizados um tê de 1" e manômetros para registro das pressões.

Em aula, é mostrado para os alunos que a transferência de um fluido através de uma tubulação requer uma análise técnica da variação de suas propriedades (pressão, vazão, viscosidade, etc). Para compor este estudo, primeiramente, é introduzido aos alunos todos os conceitos a cerca da bancada de altura manométrica total, como por exemplo, perda de carga, comprimento linear, comprimento equivalente, e também, o nome de cada acessório a ser utilizado. Em seguida, no laboratório, os alunos são incentivados pelos próprios alunos estagiários, conforme a figura 2, a analisar os circuitos através das medições encontradas nos manômetros e/ou vacuômetros e, então, mapear todos os circuitos propostos.

(Figura 2- aula experimental)



Fonte: Laboratório de Mecânica

2.2. Procedimento experimental

Na bancada (Figura 1) é possível calcular a vazão por galonagem e/ou por diferencial de pressão, através do Tubo de Venturi. As pressões são registradas nos manômetros e vacuômetros e comparadas com os valores calculados. Aliado a isso, com as perdas de carga



dos acessórios e do comprimento linear do circuito, pode-se calcular a altura manométrica total, energia por unidade de peso que o sistema solicita para transportar o fluido do reservatório de sucção para o reservatório de descarga com uma determinada vazão. A energia encontrada serve de parâmetro e é fundamental para especificação da potência da bomba e compreensão dos efeitos hidráulicos no sistema.

Para o correto dimensionamento e mapeamento do circuito hidráulico foram considerados cinco casos distintos para análise técnica:

1. Circuito simples, (Figura 3) sendo o fluido succionado do reservatório inferior e seu descarte feito logo após o primeiro manômetro (reservatório superior).

1º análise (Figura 3- Bancada Hidráulica)



Fonte: Laboratório de Mecânica

2. Circuito simples, (Figura 4) sendo o fluido succionado do reservatório inferior e seu descarte sendo feito no reservatório superior, percorrendo toda e somente as instalações de PVC.

2º análise (Figura 4- Bancada Hidráulica)



Fonte: Laboratório de Mecânica



COBENGE

2019

XLVII Congresso Brasileiro
de Educação em Engenharia
e II Simpósio Internacional
de Educação em Engenharia
da ABENGE

17 a 20 SETEMBRO de 2019

Fortaleza - CE

"Formação por competência na engenharia
no contexto da globalização 4.0"

3. Circuito simples, (Figura 5) com o fluido sendo succionado do reservatório inferior e seu descarte sendo feito no próprio reservatório (inferior), percorrendo toda e somente as instalações de PVC.

3º análise (Figura 5- Bancada Hidráulica)



Fonte: Laboratório de Mecânica

4. Circuito simples, (Figura 6) com o fluido sendo succionado do reservatório inferior e seu descarte sendo feito no próprio reservatório, percorrendo toda e somente as instalações de ferro galvanizado.

4º análise (Figura 6- Bancada Hidráulica)



Fonte: Laboratório de Mecânica

5. Circuito combinado, (Figura 7) com o fluido sendo succionado do reservatório inferior e seu descarte sendo feito no próprio reservatório, percorrendo ambas as instalações de PVC e ferro galvanizado.

5º análise (Figura 7- Bancada Hidráulica)

Promoção:



Realização:



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ

Organização local do evento:





Fonte: Laboratório de Mecânica

Em todos os casos propostos o fluido é succionado pela bomba centrífuga, passando pela parte de sucção do circuito. Após realizar esse trajeto o fluido é bombeado passando pela parte de recalque percorrendo esse circuito até chegar ao reservatório final. Os manômetros ao longo do percurso marcam as pressões no sistema.

Em busca de um valor preciso para a vazão no circuito foi projetado e adicionado ao sistema o Tubo de Venturi, equipamento que indica a variação de pressão de um fluido em escoamento em regiões com áreas transversais diferentes. Consiste num tubo com uma constrição (estreitamento) a meio do seu diâmetro. A constrição causa uma variação da pressão do fluido que se desloca no tubo. Indicadores de pressão, ligados aos tubos dispostos nos diferentes diâmetros, permitem medir a variação de pressão, que é utilizada para medir a velocidade de escoamento do fluido. Onde a área é menor, haverá maior velocidade, assim a pressão será maior. Por meio da diferença de pressão é possível calcular a velocidade do fluido e a vazão, sucessivamente, utilizando a equação de Bernoulli.

Com a utilização de válvulas de gaveta é possível direcionar o fluxo à parte em que foi adicionada o Tubo de Venturi, podendo, desta forma, avaliar a velocidade e a vazão do fluido para análise do experimento, como mostra a figura 8.

(Figura 8- Tubo de Venturi)



Fonte: Laboratório de Mecânica

2.3. Equações Governantes

Na bancada são utilizadas três equações governantes como é apresentado por Bustamante (Automação Hidráulica-2004). Primeiramente, para calcular a vazão utilizando o recurso experimental do Tubo de Venturi, e mais a equação de Bernoulli, como é mostrada abaixo:

Equação (1):

$$P_1 + \frac{v_1^2}{2g} = P_2 + \frac{v_2^2}{2g} + K \left(\frac{v_2^2}{2g} \right) \quad (1)$$

Sendo, “K” o coeficiente de perda de carga, “V” a velocidade no ponto 1 e 2, “A” a área no ponto 1 e 2, “g” a aceleração da gravidade, “P” as pressões dos pontos “1” e “2”.

Para o cálculo da altura manométrica total a partir do fator de correção referente à vazão encontrada aplica-se a seguinte equação:

Equação (2)

$$H = (H_s + H_r) + (C_l \times F_c) + (C_{lr} \times F_c) + P_{ca} \quad (2)$$

Sendo, “H” a altura manométrica total, “H_s” a altura de sucção, “H_r” a altura de recalque, “C_l” o comprimento linear de sucção, “C_{lr}” o comprimento linear de recalque, “F_c” o fator de correção referente a vazão encontrada e “P_{ca}” a perda de carga dos acessórios.

Para determinar o fator de atrito, utilizamos o número de Reynolds de acordo com o material do ferro galvanizado.

Equação (3)

$$Re = \frac{v \cdot D_i}{\nu} ; \quad \Psi = \frac{64}{Re} \quad (3)$$

Sendo, “ν” a viscosidade do fluido, “D_i” o diâmetro da tubulação, “V” a velocidade do fluido e “Ψ” o fator de atrito.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao colocar em prática o funcionamento do Tubo de Venturi (Figura 8) para a bancada, com os valores medidos a partir da diferença de pressão feita pelos manômetros e vacuômetro, adotou-se o critério de realização de uma média de valores registrados, para evitar qualquer erro de paralaxe, além de realizar os cálculos das tolerâncias na vazão em função do fundo de escala dos manômetros utilizados no experimento. A partir da relação de Bernoulli, obtêm-se, analiticamente, a velocidade e a vazão nesta tubulação.

Para definir os valores das velocidades, foram considerados as relações de diâmetros D1 (1')= 0,025m e D2 (1/2')= 0,012m que envolvem o seguimento do tubo de Venturi. O coeficiente de perda de carga “K” foi obtido através da relação entre os diâmetros dos tubos e similar ao modelo apresentado por Fox e McDonald (Introdução à Mecânica dos Fluidos - 1988), conforme tabela abaixo.

Tabela 1- Coeficiente de Perda de Carga

K	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,5	3	4	5	10	∞
D/d	0,15	0,25	0,34	0,38	0,41	0,44	0,46	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,5

Fonte: Laboratório de Mecânica

Identificado o valor do coeficiente de perda de carga "K", utiliza-se a Equação "1" para a definição das velocidades ($V_2 = 4,7983 \text{ m/s}$) e a vazão ($Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$).

A altura manométrica para as propostas em destaque são apresentadas na tabela abaixo:

Tabela 2- Vazão x Altura Manométrica Total x Pressão (manômetros)

Análises	Vazão	Altura Manométrica Total	Pressões (Manômetros)
1º Análise	2,5 m³/h	9,4 PSI	9,0 PSI
2º Análise	2,5 m³/h	15,3 PSI	15,0 PSI
3º Análise	2,5 m³/h	14,6 PSI	15,0 PSI
4º Análise	2,5 m³/h	16,2 PSI	16,0 PSI
5º Análise	2,5 m³/h	11,5 PSI	11,0 PSI

Fonte: Laboratório de Mecânica

Diferentemente do procedimento anterior, no qual todo o embasamento foi desenvolvido a partir tubo de Venturi, fez-se outra avaliação do mesmo circuito hidráulico, na definição da vazão pelo método da galonagem, e desta forma os valores conforme mostrados abaixo e consequentemente uma nova altura manométrica total. Os novos valores obtidos foram:

Tabela 3- Vazão x Altura Manométrica Total x Pressão (manômetros)

Análises	Vazão	Altura Manométrica Total	Pressões (Manômetros)
1º Análise	3,2 m³/h	10,0 PSI	9,0 PSI
2º Análise	3,2 m³/h	20,9 PSI	15,0 PSI
3º Análise	3,2 m³/h	19,4 PSI	15,0 PSI
4º Análise	3,2 m³/h	18,2 PSI	16,0 PSI
5º Análise	3,2 m³/h	13,6 PSI	11,0 PSI

Fonte: Laboratório de Mecânica

É possível notar que o método de galonagem é mais suscetível ao erro humano, paralaxe. Com a introdução do Tubo de Venturi no experimento, os valores calculados são muito mais

próximos e satisfatórios para as pressões calculadas e registradas nos manômetros. O experimento pôde ser comprovado com uma pequena margem de erro de 0,5 PSI que pode ser explicada por falhas visuais ao observar as pressões registradas nos manômetros.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão dessa atividade nos fez perceber que ofertar de um experimento prático ao aluno, propicia a aplicação de seus conhecimentos teóricos, cria um ambiente de alto nível de concentração e envolvimento, além de contribuir para sua capacidade crítica na abordagem de problemas reais. Através de uma enquete realizada com os alunos, a primeira pergunta que sempre surge é “por quê não existem mais experimentos como esse em outras disciplinas?” - até porque essas atividades práticas quebram um pouco a rotina das aulas expositivas.

O retorno obtido dos alunos, nas avaliações, com base nesses experimentos tem sido muito positivo. Desta forma, através desses experimentos, os alunos puderam concluir que ao utilizarmos a equação de Bernoulli para calcular a vazão no sistema utilizando o Tubo de Venturi chegou-se a um valor mais preciso para a mesma e, conseqüentemente, para o resultado final da altura manométrica total.

Através do comparativo apresentado pelas tabelas “2” e “3”, os alunos puderam concluir que a utilização do método do Tubo de Venturi para calcular a vazão é mais preciso do que o método da galonagem. Além de compreenderem que os efeitos da degradação do sistema que para a tubulação em PVC são desprezíveis, enquanto que para os tubos de ferro galvanizado é possível constatar que os efeitos desta degradação por intermédio da corrosão interna aumentam suscetivelmente a rugosidade e, conseqüentemente, a perda de carga.

Em contribuição para atividades futuras, são recomendadas as seguintes sugestões, como: inserir um rotâmetro na saída da bomba centrífuga (bancada hidráulica) combinado com um circuito de “by-pass”, para possibilitar o estudo da perda de carga e do coeficiente de atrito sob variação da vazão.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Motores, Hidráulica e Pneumática da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, (Campus Resende), companheiros e técnicos. Este trabalho foi desenvolvido e montado graças aos esforços e compreensão do professor (orientador) Luiz Cordeiro, atual diretor do Centro de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica. Com a ajuda da atual direção do Campus que entendeu a importância do projeto e sempre que pôde ajudou financeiramente.

5. REFERÊNCIAS

BRASILEIRO, Ada Magaly Matias. **Manual de produção de textos acadêmicos e científicos**. Editora Atlas SA, 2013.

FIALHO, A. B., 2003, “**AUTOMAÇÃO HIDRÁULICA – Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos**”, Érica Ltda., 2ª Ed, São Paulo, Brasil.



COBENGE

2019

XLVII Congresso Brasileiro
de Educação em Engenharia
e II Simpósio Internacional
de Educação em Engenharia
da ABENGE

17 a 20 SETEMBRO de 2019

Fortaleza - CE

"Formação por competência na engenharia
no contexto da globalização 4.0"

FOX, R. W. McDONALD, ^a T. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**, Editora Guanabara, 1988.

GIBBONS, J. F.; "Classroom Experiments for the teaching of physical insight in electrical engineering", **Proceedings of the IEE**, v. 59, n. 6, pp. 895-899, 1971. doi: 10.1109/PROC.1971.8283.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Equipamentos industriais e de processo**. LTC, 1997.

MUNSON, Young. Okiishi: "Fundamentos da Mecânica dos Fluidos". **Editora Edgard Blücher Ltda**, 1997.

NETTO, Azevedo; FERNANDEZ, Miguel F.; ARAÚJO, Roberto de; ITO, Acácio Eiji – **Manual de Hidráulica**. Editora Edgard Blücher Ltda –1998. São Paulo.

ȘCHEAUA, Fănel Dorel. Theoretical Approaches Regarding the VENTURI Effect. **Hidraulica**, n. 3, 2016.

ZORZAN, Flávio Bouffleur; DARONCH, Jéferson; MOLIN, A. Desenvolvimento de uma Bancada Didática de Hidráulica. **Anais: FÓRUM LATINO AMERICANO DE ENGENHARIA**. Foz do Iguaçu: Unila, 2013.

CONSTRUCTION OF A HYDRAULIC ANALYSIS EXPERIMENT

Abstract: *The visualization and the student's perception in the hydraulic dimensioning for analysis of the characteristic length in pipes is not always performed in a clear and effective way. An experimental activity aims at the physical contact, the practical application of the concepts that are approached in the classroom. In this perspective, the experimental activities carried out have the purpose of overcoming these difficulties in the theoretical disciplines, the contribution of these circuits being very enriching for the course content, since the students are stimulated to develop experimental analysis in the solution of the proposed practical problem. To meet this objective, a bench with two hydraulic circuits (PVC and Galvanized Iron) was constructed, most of the materials used being recycled. The experiments were designed to be very understandable and have a good area of tabular interaction, seeking a better understanding and allowing comparative analysis between the circuits of different materials submitted to the same conditions.*

Key-words: Hydraulic Circuits. Manometric Head. Head Loss.

Promoção:



Realização:



Organização local do evento:

