

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

Adiniele Martins de Faria – Universidade Tuiuti do Paraná
adiniely@hotmail.com

Alexandre Lopes dos Santos – Universidade Tuiuti do Paraná
alexandre.lsanatos@hotmail.com

Raul Soares de Souza – Universidade Tuiuti do Paraná
rsouza2810@gmail.com

Alexandro Stonoga Vieira da Silva¹ – Universidade Tuiuti do Paraná
alexando.silva@utp.br

¹ Professor orientador.

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

RESUMO

O estudo objetiva apresentar a comparação de dados de curva característica sendo obtido através de um método empírico com os dados fornecidos pelo fabricante da bomba. Foi realizado o experimento em uma bancada didática que possui tubulação em material PVC. A bomba escolhida para o experimento tem aplicação residencial e é do fabricante Vonder, modelo BPV 375. A bancada utilizada para o experimento contempla medidores de pressão e vazão que fornecem os dados empíricos tornando possível o cálculo da altura manométrica e com isso traçar a curva característica da bomba. Os dados são por fim comparados com os do fabricante, disponibilizados em material técnico pelo mesmo. Através da comparação de resultados pode-se comprovar a veracidade das informações relatadas pelo fabricante e com os experimentos, o assunto abordado torna-se lúcido aos alunos.

PALAVRAS-CHAVE

Curva característica; tubulação; bomba centrífuga.

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

INTRODUÇÃO

O presente estudo tem como objetivo comparar os dados empíricos retirados de um experimento em uma bancada didática com tubulação em policloreto de polivinila (PVC) com os dados fornecidos pelo fabricante da máquina de fluxo. Para coletar os parâmetros de pressão e vazão são empregados instrumentos de medições, como manômetros, vacuômetros e rotômetros na bancada.

Com a comparação de dados o aluno, futuro profissional de engenharia mecânica, será capaz de compreender o funcionamento de uma bomba centrífuga, lucidar seus conhecimentos acerca do tema proposto e acrescer seus conhecimentos no que tange as curvas características de bombas centrífugas comprovando os dados do fabricante de forma empírica e verificando a veracidade das informações a respeito do tema proposto na literatura específica.

O presente estudo garantirá que os alunos além do conhecimento através da linguagem (aulas teóricas, acesso a bibliografias específicas), também consigam realizar experimentos na prática para a coleta de dados e assim poder aplicar o conhecimento já adquirido para comprovar as informações da literatura.

BOMBAS CENTRÍFUGAS

As bombas centrífugas são máquinas que realizam trabalho sobre um fluido. Por possuírem essa propriedade construtiva elas são capazes de fornecer energia ao fluido e por isso são consideradas máquinas geratrizes. A energia acrescida sobre o fluido se dá em forma de energia potencial de pressão e cinética. As bombas centrífugas possuem como elemento rotativo o rotor, também denominado impulsor, constituído de pás giratórias, que está alocado no interior da carcaça ou alojamento da bomba, este é conectado ao eixo do motor. O eixo transfere energia mecânica ao fluido fazendo assim com que o líquido tenha o acréscimo de energia. (MACINTYRE, 1997), (FOX; McDONALD; PRITCHARD, 2006)

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

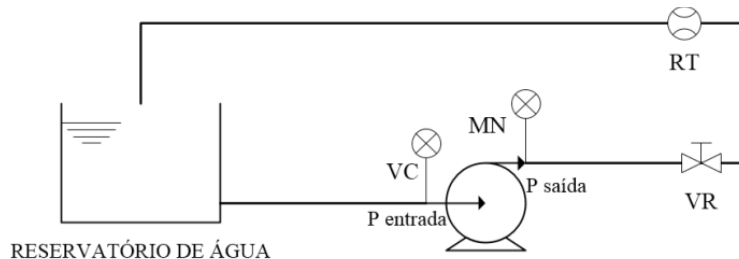
Para o cálculo da energia do fluido é usado a equação de conservação de energia, equação 1. Sendo a pressão no ponto analisado em Pa , a velocidade do escoamento em m/s , a altura do ponto analisado até a referência em m , peso específico do líquido em kg/m^3 , a altura útil de elevação da bomba em m e a aceleração da gravidade em m/s^2 . (MACINTYRE, 1997)

$$\frac{P_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} + z_0 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + H_{p0-2} \quad (1)$$

(1) CURVA CARACTERÍSTICA HxQ

De acordo com a KSB (2003), as curvas características são representações gráficas que indicam os parâmetros de funcionamento das bombas centrífugas. Essas curvas são fornecidas pelo fabricante e traduzem o desempenho da bomba. É traçada em função da carga de uma bomba, ou seja, energia por unidade de peso que a bomba tem condições de fornecer ao fluido quando escoando com uma determinada vazão. (MATTOS, 1998) As curvas são levantadas através de experimentos realizados pelo fabricante em bancadas específicas e em ambientes controlados. A figura 1 representa um circuito utilizado pelos fabricantes.

FIGURA 1 – CIRCUITO DO FABRICANTE



FONTE: KSB, p 76, ADAPTADO PELO AUTOR

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

Sendo:

VC: Medidor de pressão na entrada da bomba (Vacuômetro);

MN: Medidor de pressão na saída da bomba (Manômetro);

VR: Válvula reguladora de fluxo; e

RT: Medidor de fluxo volumétrico (Rotâmetro).

É possível obter a altura de carga da bomba aplicando a equação 1, com as considerações de:

- Os pontos de sucção e descarga estão na mesma referência, portanto não há diferença de elevação; e
- A tubulação de entrada é igual à tubulação de saída, portanto as vazões de entrada e saída serão iguais. Analogamente as velocidades serão iguais.

As considerações a e b, resultam na equação 2.

$$H_B = \frac{P_{saída} - P_{entrada}}{\gamma} \quad (2)$$

Para traçar a curva, é necessário operar o sistema com diferentes vazões, para isso é utilizado a válvula reguladora de fluxo que permite alterar as vazões fornecendo ao sistema diferentes pressões de entrada e saída na bomba, resultando, portanto, em valores de altura de carga respectivas as vazões aplicadas

TUBULAÇÃO PVC

A tubulação de PVC apresenta uma facilidade na montagem, além disso, possui um custo reduzido quando comparado com outros materiais de tubulações como aço galvanizado. A tubulação utilizada para o experimento possui diâmetro de 1 polegada Schedule 40 compatível com as dimensões de entrada e saída da bomba.

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

PERDA DE CARGA

O fluido ao se descolar sofre perdas de cargas. As perdas podem ser consideradas todos os fatores e/ou elementos que de alguma forma fornecem resistência a passagem do fluido acarretando ao mesmo perda de pressão (energia). (UFPR, 2017) Ao se deslocar por uma tubulação, por exemplo, o fluido sofre a ação do atrito que ocorre entre a parede da tubulação e a camada do líquido que está próxima ao duto.

As perdas podem ser classificadas como distribuídas e localizadas. As distribuídas consistem nas perdas provenientes do comprimento da tubulação. As perdas localizadas são aquelas provenientes de acessórios da tubulação como, por exemplo, válvulas, curvas direcionadoras de fluxo, e outras. Essas são capazes de provocar uma variação brusca na velocidade e pressão influenciando diretamente na perda de energia do fluido. (UFPR, 2017)

Portanto, quanto mais acessórios e maior o comprimento da tubulação maior será a perda de energia do fluido.

EXPERIMENTO REALIZADO

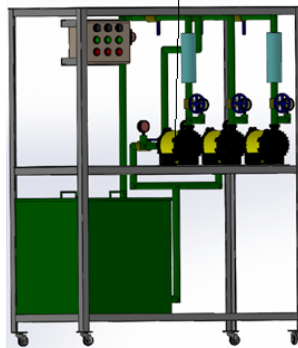
O experimento foi realizado em uma bancada didática, representada pela figura 2. Na bancada é possível ainda realizar outros experimentos de fluidos e máquinas de fluxo, como associação de bombas em série e em paralelo, estudo de perda de carga e outros.

A bancada contempla vacuômetro, responsável pela leitura de pressão na entrada da bomba e manômetro, responsável pela leitura de pressão na saída da bomba. Para a regulação de fluxo é utilizada uma válvula gaveta e o rotâmetro é responsável pela leitura de vazão.

A tubulação de PVC da bancada didática foi posteriormente substituída por aço galvanizado para outros fins de estudo. A figura 3 indica os elementos construtivos do projeto. O quadro 1 apresenta a listagem dos elementos construtivos evidenciados na figura 3.

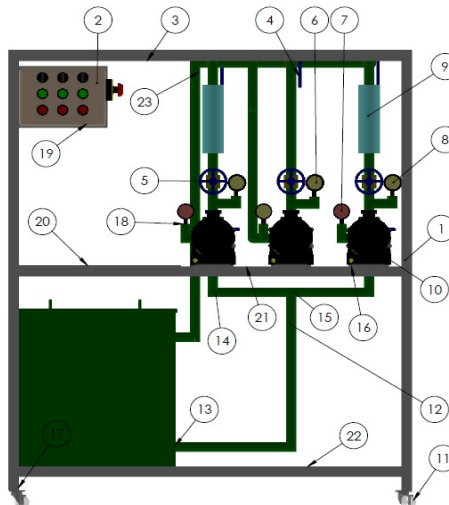
COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

FIGURA 2 – BANCADA DIDÁTICA B1



FONTE: FARIA;SANTOS;SOUZA, 2018

FIGURA 3 – BANCADA DIDÁTICA COM ELEMENTOS CONSTRUTIVOS



FONTE: FARIA;SANTOS;SOUZA, 2018

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

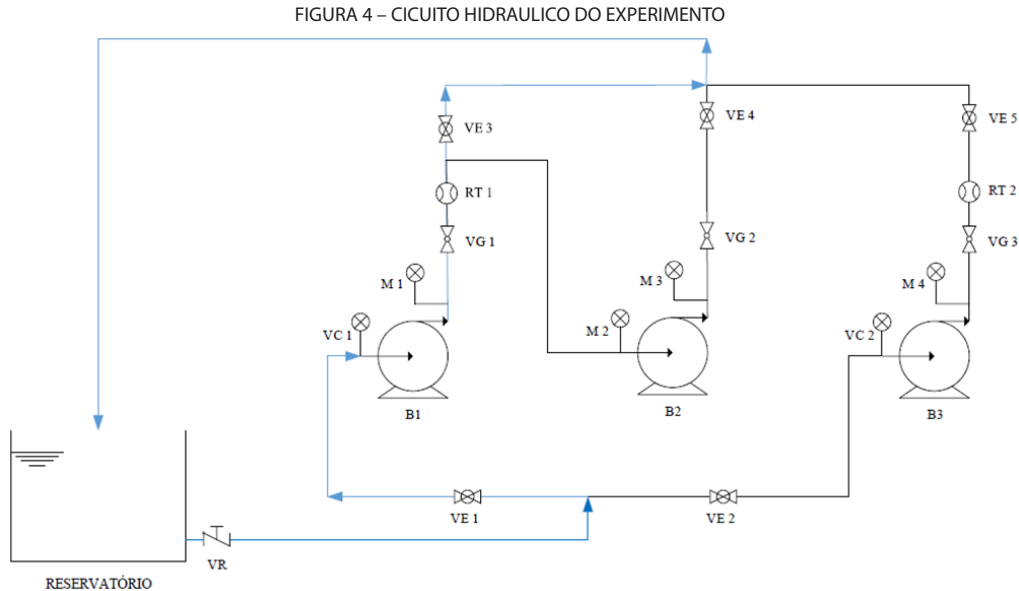
QUADRO 1- ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DA BANCADA

N. do item	N. da peça	Descrição	Quantidade
1	28	Sub Conjunto 8	1
2	Comercial	Painel Eletrico	1
3	Comercial	Fita Led 4v 4 metros	1
4	Comercial	Válvula esfera 1"	5
5	Comercial	Válvula gaveta	3
6	Comercial	Manômetro 0 a 10bar	1
7	Comercial	Vácuometro -1a 0 bar	2
8	Comercial	Manômetro 0 a 4 bar	3
9	Comercial	Rotâmetro 3000/LH	2
10	Comercial	Bomba centrifuga	3
11	Comercial	Rodizio 3"	4
12	Comercial	Tubo aço 1" sch 40 com 6 metros	1
13	Comercial	Flange 1" c/ vedação	2
14	Comercial	Curva Tupi 1"sch40	17
15	Comercial	T Tupi 1"sch40	9
16	Comercial	Parafuso M8x25mm Sext. c/ porca e arruela	12
17	Comercial	Parafuso M6x15mm Sext. c/ porca e arruela	16
18	Comercial	Redução 1" p. 1/4"	6
19	Comercial	Parafuso m6x25 sext. c/ porca e arruela	4
20	Comercial	Borracha de impacto 4mm x 600mm x 600mm	1
21	Comercial	Cabo eletrico 2P+1 5metros	1
22	Comercial	Borracha 4mm x 600mm x 800mm	1
23	Comercial	Fita Vedarosca 50m	1

FONTE: FARIA,SANTOS,SOUZA, 2018

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

A figura 4 evidencia em cor azul e seta o circuito utilizado na bancada didática para o experimento.



FONTE: FARIA;SANTOS;SOUZA, 2018

Dentre as opções disponíveis no mercado de bombas centrífugas optou-se pelo modelo BPV 375 do fabricante Vonder, pois são capazes de fornecer os parâmetros exigidos pelo projeto (pressão, altura manométrica e vazão). Além disso, o fabricante disponibiliza material técnico permitindo assim a comparação de resultados, sendo esse o objetivo do estudo. Suas especificações técnicas estão evidenciadas no quadro 2 (FARIA;SANTOS;SOUZA, 2018)

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

QUADRO 2- ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DA BOMBA

Bomba centrífuga	
Fabricante	Vonder
Modelo	BPV 375
Altura máxima	25 m.c.a
Rotação	3450 rpm
Vazão volumétrica máx	1980 litros/hora
Tensão	127 V / 220 V
Quantidade	3 Unidades

FORNE: VONDER, 2018, ADAPTADO PELO AUTOR

Para o experimento foi utilizado o sistema que permite o funcionamento de apenas de uma bomba na bancada didática, para isso é necessário configurar as válvulas esferas do sistema para que o fluxo passe pelo caminho pretendido (Evidenciado na figura 4).

Para que o experimento seja realizado é necessário seguir os seguintes passos:

1. Verificar se as válvulas esferas VE 2, VE 4 e VE 5 estão totalmente fechadas;
2. Verificar se as válvulas esferas VE 1 e VE 3 estão totalmente abertas;
3. Verificar se a válvula gaveta VG 1 está totalmente aberta;
4. Ir no painel elétrico e desativar o botão de emergência;
5. Verificar a luz do painel energizado;
6. Destruar a chave de acionamento;
7. Acionar a bomba B1;
8. Coletar os dados de pressão do vacuômetro e do manômetro, VC 1 e M 1, respectivamente;
9. Registrar os dados coletados do passo 8;

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

10. Coletar os dados de vazão do rotâmetro RT 1;
11. Registrar os dados coletado do passo 10;
12. Regular a válvula gaveta VG 1 para que a mesma forneça as vazões de 1,7 m³/h, 1,5 m³/h, 1,4 m³/h, 1,2 m³/h, 1,0 m³/h, 0,8 m³/h, 0,7 m³/h, 0,6 m³/h e 0,5 m³/h evidenciadas pelo rotâmetro; e
13. Repetir os passos 8, 9, 10 e 11 para as medições expostas no passo 12. (FARIA;SANTOS;SOUZA, 2018)

Foi realizado a conversão de unidades de mmHg, unidade usual do vacuômetro, para Pascal [Pa] e kgf/cm² unidade usual do manômetro em bar e depois para Pa. O fator de conversão utilizado de kgf/cm² para bar foi 1 e de bar pra Pa sendo 100000. O fator de conversão utilizado de mmHg para Pa foi de 133,315558

Para cada valor de vazão acima evidenciado foi retirado do vacuômetro e do manômetro os valores de pressão de entrada e saída da bomba, respectivamente. Com os dados de pressão coletados é aplicado então os mensurados sobre a equação 2, para se obter a altura manométrica da respectiva vazão volumétrica, considerando massa específica da água como sendo 998 kg/m³ e aceleração da gravidade como 9,81 m/s².

Os dados obtidos foram compilados e estão apresentados no quadro 3. O gráfico 1 representa a curva característica obtida pelos dados experimentais.

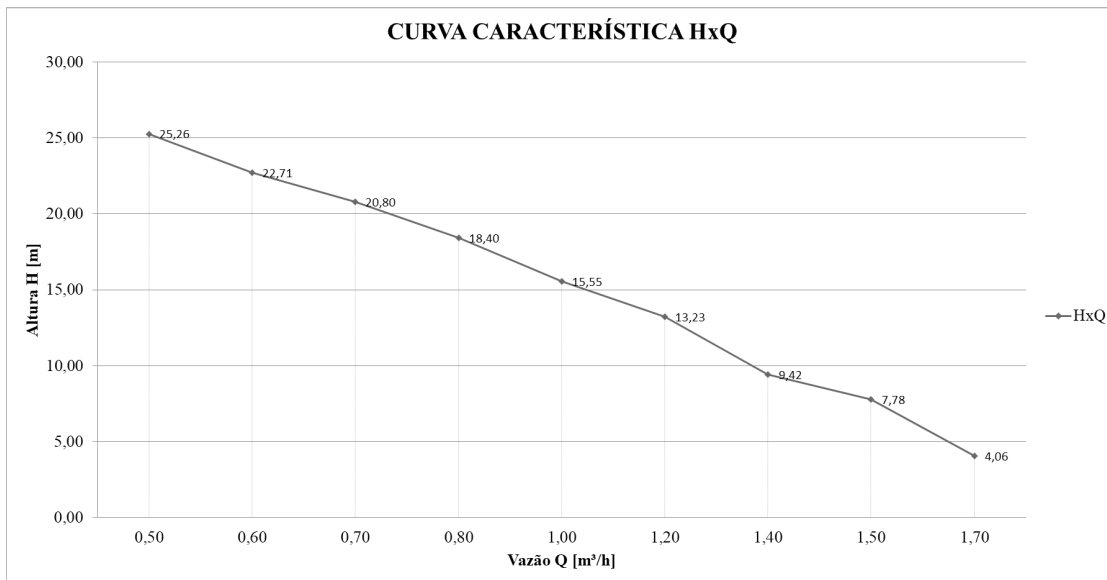
COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

QUADRO 3 – DADOS DO EXPERIMENTO

VAZÃO [m ³ /h]	ALTURA MANOMÉTRICA [m]
0,50	25,26
0,60	22,71
0,70	20,80
0,80	18,40
1,00	15,55
1,20	13,23
1,40	9,42
1,50	7,78
1,70	4,06

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

GRÁFICO 1 – CURVA CARACTERÍSTICA DO EXPERIMENTO



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

DADOS FORNECIDOS PELO FABRICANTE

O fabricante disponibiliza em seu material técnico a curva característica da bomba. O quadro 3 evidencia os dados de altura manométrica e vazão da bomba BPV 375. A figura 4 apresenta a curva característica da bomba cedida em catalogo da respectiva máquina de fluxo.

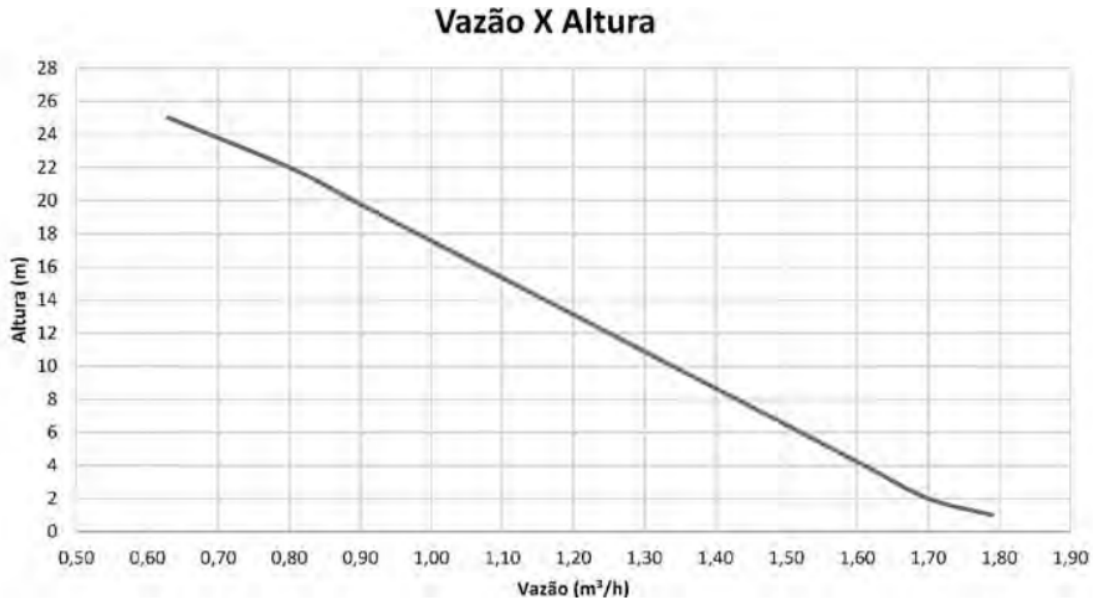
QUADRO 4 – DADOS DO FABRICANTE

Vazão [m³/h]	H \cong Fabricante [m]
0,60	25,00
0,70	24,00
0,80	22,00
1,00	17,00
1,20	13,00
1,40	9,00
1,60	6,00
1,70	2,00

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

FIGURA 5 - CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE



FORNE: VONDER, 2018

COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Ao comparar a curva característica obtidos experimentalmente (gráfico 1) com os dados do fabricante (figura 5) é possível identificar uma diferença nos valores de altura manométrica, o quadro 5 apresenta as diferenças nos valores obtidos.

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

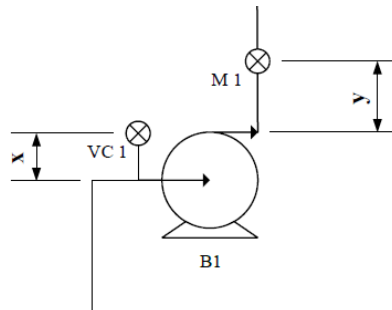
QUADRO 5- COMPARAÇÃO DE ALTURAS

Vazão [m ³ /h]	H ≅ Fabricante [m]	H Experimento [m]
0,80	22,00	18,41
0,70	24,00	20,80
0,60	25,00	22,71
1,00	17,00	15,55
1,20	13,00	13,33
1,40	9,00	9,42
1,60	6,00	7,78
1,70	2,00	4,00

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Uma explicação plausível para essa pequena diferença é o fato de que nos cálculos realizados pelo experimento não se leva em consideração a diferença de altura da localização do manômetro M1 e vacuômetro VC1 instalados na bancada, como exemplificado na figura 6.

FIGURA 6- ALTURA DO MANÔMETRO E VACUÔMETRO



FONTE: FARIA; SANTOS; SOUZA, 2018

O vacuômetro está a uma distância “x” de aproximadamente 0,1 metros de altura da entrada da bomba, através da equação 1 é possível verificar que essa elevação proporciona uma pressão adicional de aproximadamente 979,04 Pa no sistema. O manômetro está a uma distância “y” de

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

aproximadamente 0,15 metros de altura da saída da bomba, essa elevação proporciona uma pressão adicional de aproximadamente 1468,56 Pa no sistema. Esses valores aplicados aos valores de pressão média de entrada e saída da bomba resultam em alturas manométricas superiores aos que estão apresentados no quadro 3. Os valores adicionais de pressão estão apresentados no quadro 6. (FARIA;SANTOS;SOUSA, 2018)

QUADRO 6 - DIFERENÇA DE RESULTADOS COM PRESSAO ADICIONAL

Vazão [m³/h]	Média p. de entrada [Pa]	P. total entrada [m]	Média p. de saída [Pa]	P. total saída [m]	H final [m]	H do experimento[m]
1,70	-15731,24	-14752,20	24000,00	25468,56	4,11	4,06
1,50	-15197,97	-14218,93	61000,00	62468,56	7,83	7,78
1,40	-15197,97	-14218,93	77000,00	78468,56	9,47	9,42
1,20	-14531,40	-13552,36	115000,00	116468,56	13,28	13,23
1,00	-14264,76	-13285,72	138000,00	139468,56	15,60	15,55
0,80	-14131,45	-13152,41	166000,00	167468,56	18,45	18,40
0,70	-13598,19	-12619,15	190000,00	191468,56	20,85	20,80
0,60	-13331,56	-12352,52	209000,00	210468,56	22,76	22,71
0,50	-13331,56	-12352,52	234000,00	235468,56	25,31	25,26

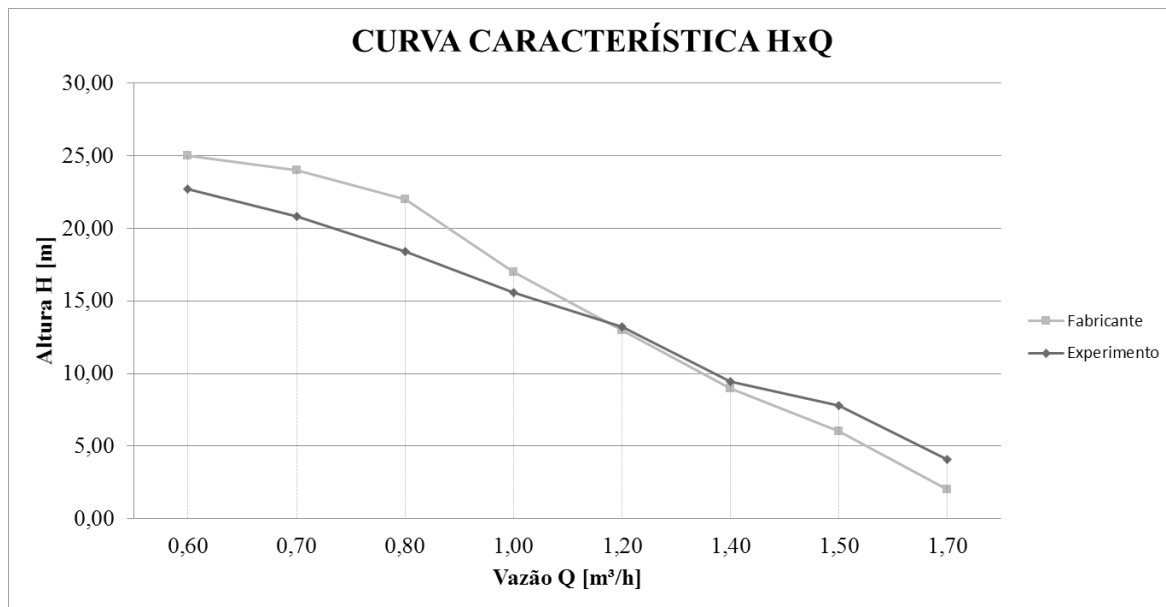
FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Outro fator a ser considerado na diferença de resultados foi a perda de carga. Devido à configuração da bancada, essa apresenta elementos construtivos como válvulas esfera para abrir e fechar o sistema garantindo a manutenção da bancada e da bomba, cotovelos direcionadores de fluxo, conexões de entradas e o comprimento da tubulação. Qualquer um desses acessórios instalados na tubulação implica em perda de carga (perda de energia do fluido) resultado em uma menor altura manométrica da bomba. (UFPR, 2017)

O gráfico 2 apresenta a curva característica dos valores obtidos experimentalmente com os dados do fabricante.

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO DAS CURVAS



FONTES: PRÓPRIO AUTOR

CONSIDERAÇÕES

O experimento que objetiva levantar os dados empíricos para traçar a curva característica de uma bomba centrífuga, utilizando uma bancada didática com tubulação de PVC se mostrou satisfatório, pois os resultados obtidos experimentalmente muito se assemelham aos dados fornecidos pelo fabricante.

Não conhecendo os parâmetros e condições que o fabricante utilizou para traçar o gráfico, evidenciado na figura 4, pode-se inferir que, pela proximidade dos resultados o mesmo utilizou

COMPARAÇÃO DE CURVA CARACTERÍSTICA DO FABRICANTE DE BOMBA CENTRÍFUGA COM TUBULAÇÃO DE PVC

tubulação também em PVC para a coleta dos dados de pressão e altura manométrica. É possível inferir também que a tubulação utilizada nos testes do fabricante tenham sido de PVC tendo em vista a aplicação da bomba, sendo essa residencial.

REFERÊNCIAS

- FARIA, M. Adiniele; SANTOS, L. Alexandre; SOUZA, S. Raul. *Bancada didática de associação de bombas centrífugas*. Monografia (Engenharia Mecânica) –Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, p.148. 2018
- FOX, Robert W. *Introdução à mecânica dos fluidos*. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- KSB. *Manual de Treinamento: Seleção e aplicação de bombas centrífugas*. Centro de treinamento KSB, 2003, 234 f. Disponível em: <http://www.escoladavida.eng.br/mecfluquimica/segundo2008/manual_de_treinamento.pdf> Acesso em: 19 de novembro de 2018
- MACINRYRE, Archibald. *Bombas e instalações de bombeamento*. 2. Ed. São Paulo: LTC, 1997.
- MATTOS, Edson E. de; FALCO, Reinaldo de. *Bombas industriais*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998
- UFPR, ANDRADE, Alan. Máquinas hidráulicas At-087. Disponível em: < http://servidor.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/APOSTILA_MH/AT087-Aula07_CALCULO%20PERDA%20CARGA.PDF>. Acesso em: 18 de novembro de 2018
- VONDER. *Bomba periférica monofásica: BPV 375*. Disponível em: < <http://www.vonder.com.br/estatico/vonder/documentos/6686100012/Manual%20de%20Instruções.pdf>>. Acesso em: 19 de novembro de 2018