

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“ATUALIZAÇÃO DA ELEVATÓRIA LENHS – UFMG BASEADA EM SIMULAÇÃO DE PROGRAMA COMPUTACIONAL”

*Jair Nascimento Filho (1), Carlos Barreira Martinez (2), Danilo Amaral (3),
Alison Vieira Damasceno (4)*

(1) (2) (3) LENHS – Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento / UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, CEP 31270-901, Campus Pampulha, Belo Horizonte, M.G., Brasil, Tel. 00 55 31 34094821, jair@demec.ufmg.br; martinez@cce.ufmg.br; danilo@demec.ufmg.br.

(4) Engenheiro Mecânico pela UFMG / 2013. Universidade Federal de Minas Gerais, Av. Antônio Carlos 6627, CEP 31270-901, Campus Pampulha, Belo Horizonte, M.G., Brasil, Tel. 34094925 advieira@yahoo.com

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo destinado a aumentar a capacidade de ensaios de associações de conjuntos motobombas de uma bancada de bombas instalada no Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS). A bancada de bombas em questão foi caracterizada de forma que seus componentes fossem identificados. Posteriormente, a partir dessa caracterização fez-se a modelagem da mesma com auxílio do EPANET. Para se identificar alternativas de mudanças de arranjo físico que permitissem a ampliação da capacidade de ensaios foram efetuadas simulações que mostraram as diversas possibilidades de mudança da instalação.

Palavras chaves: elevatória, simulação, EPANET.

ABSTRACT

The objective of the present study is to increase the testing capacity of associations of motor-pumps in experimental set-ups in the Laboratory for Energy and Hydraulic Efficiency in Sanitation (LENHS). The pump set-ups were initially characterized in order to identify their components, and then modeled utilizing the EPANET software. Simulations for the various possibilities of changes in the set-up were performed, in order to allow the increase in their testing capacity.

Key words: pumping station, simulation, EPANET.

SOBRE O AUTOR PRINCIPAL

Jair Nascimento Filho: Graduação em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (1975), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1990) e doutorado em Energética – Université Toulouse III (1997). É professor associado da Universidade Federal de Minas Gerais. Têm experiência na área de Engenharia Mecânica e Engenharia Térmica, atuando principalmente nos seguintes temas: eficiência energética, projeto e ensaio de turbomáquinas hidráulicas e, fenômenos de transporte.

ANTECEDENTES E INTRODUÇÃO

A caracterização de estações elevatórias, normalmente é realizada pelos projetistas e compõem as memórias de cálculo, folhas de dados e fluxogramas da documentação que acompanha o processo de implantação dessas instalações. Esses documentos facilitam a manutenção do sistema e as modificações futuras da instalação. Com os dados existentes e com as atualizações que são feitas sistematicamente é possível fazer, a partir de modelos construídos em programas computacionais, simulações hidráulicas que fornecem resultados que podem ser utilizados para estudos sobre modificações e modernizações da instalação. Tais simulações podem auxiliar na determinação de um conjunto de detalhes a serem implantados, tais como: a) qual o melhor tipo de associação de bombas a ser utilizado para uma nova demanda; b) qual o melhor conjunto moto-bomba que irá substituir de maneira adequada à montagem anterior; c) se existe a necessidade de um novo reservatório ou a ampliação do existente; d) se existe a possibilidade de aumento da vazão; etc.

Esse trabalho apresenta um exercício de caracterização da elevatória do LENHS / UFMG, seguido da modelagem da elevatória com ajuda do programa computacional EPANET. Em seguida apresentam-se as simulações referentes a uma atualização que será realizada na elevatória no sentido de ampliar suas possibilidades de ensaios de associações de conjuntos motobombas e de aumentar sua capacidade de bombeamento no que diz respeito ao aumento de vazão.

BASE CIENTÍFICA E TEÓRICA

O estudo em questão se baseia na comparação dos cenários de desempenho de associações de bombas obtidos por meio de simulação com o EPANET. A escolha do cenário, ou seja, da modificação da instalação, é assumida basicamente em função das perdas de carga do sistema existente, partindo-se do princípio que a rede não deve sofrer intervenções físicas significativas. A princípio, selecionar-se-á aquele cenário que corresponder à menor perda de carga..

Todavia, a relação entre vazão e dimensionamento (diâmetro de tubulação) deve atender as recomendações de velocidades máximas para cada diâmetro nominal (Macintyre, 1987; NBR12.214, 1992).

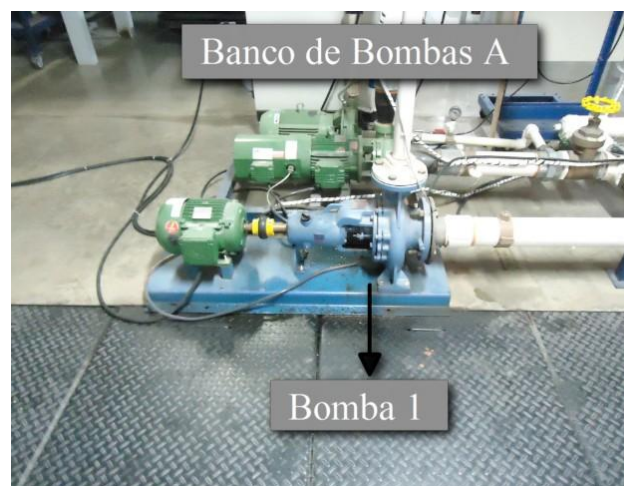
De acordo com essas considerações e, com ajuda do programa computacional EPANET, foi possível simular cenários relativos a modificações de dimensionamento e de arranjo físico da instalação.

METODOLOGIA

Como citado anteriormente fez-se a modelagem hidráulica a partir de um programa computacional livre, o EPANET. Os dados experimentais utilizados no modelo foram obtidos de ensaios de caracterização da elevatória. Apresenta-se nessa seção, uma descrição sucinta da elevatória e os modelos relativos às modificações estudadas.

Elevatória do LENHS / UFMG

A estação elevatória do LENHS / UFMG é constituída de dois bancos de bombas, quais sejam: i) banco de bombas “A” (Fotografia 1); ii) banco de bombas “B” (Fotografia 2); iii) de dois circuitos de bombeamento independentes, entre o tanque 1 e o tanque 3, conforme apresentado na Figura 3. O banco de bombas A é constituído de uma bomba denominada Bomba 1.



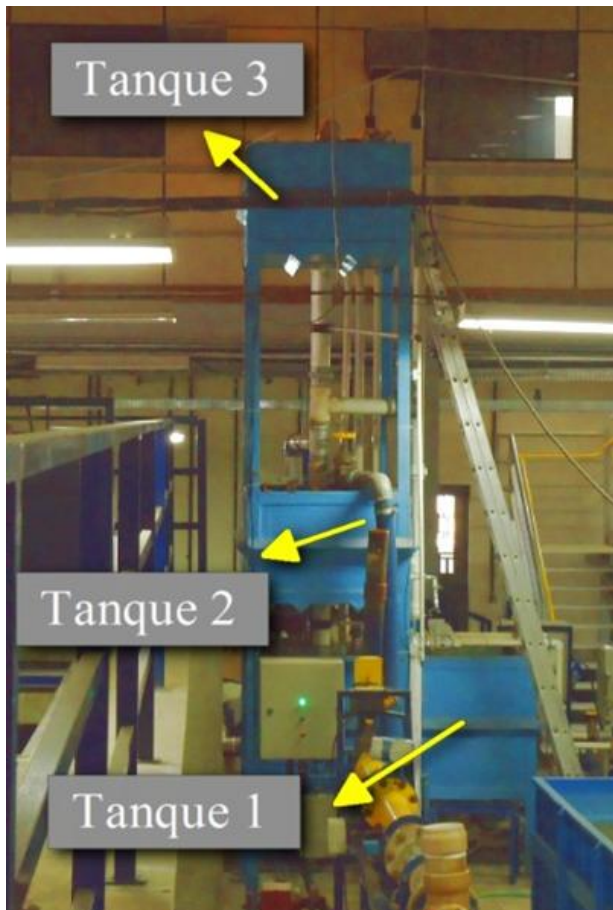
Fotografia 1. Banco de bombas A

O banco de bombas “B” consta de três bombas, denominadas de Bomba 4, Bomba 5 e Bomba 6, conforme apresentado na Fotografia 2.



Fotografia 2. Banco de bombas B

A instalação é composta por três reservatórios, denominados tanque 1, tanque 2 e tanque 3 (Fotografia 3). Apenas os tanques 1 e 3 foram utilizados nesse trabalho. A água é aspirada do tanque 1 e recalçada para o tanque 3. O tanque 3 tem uma tubulação de saída que serve de retorno para o tanque 1. Dessa forma é possível operar em circuito fechado (tanque 1 → bomba → tanque 3 → tanque 1). Como existe um vertedouro no tanque 3, é possível operar com nível de água constante no tanque.



Fotografia 3. Tanques 1, 2 e 3

Os esquemas dos dois circuitos apresentados nas Figuras 1 e 2 a seguir mostram a montagem.

Uma visão da “Estação Elevatória” pode ser vista na tela do sistema supervisorio existente no LENHS / UFMG (Fotografia 4). O sistema em questão é identificado como “subsistema” uma vez que o supervisorio também monitora outro sistema (Rede de distribuição de água) mais complexo e que incorpora a instalação em estudo. O supervisorio tem capacidade de acionar e controlar a velocidade de rotação das bombas, abrir e fechar válvulas solenoides, fazer leituras das vazões e pressões, etc.

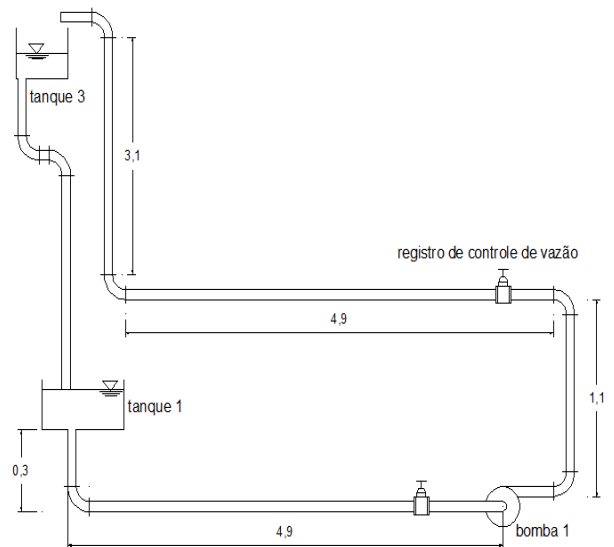


Figura 1. Representação esquemática do circuito da bomba 1. Comprimentos em metros e tubulação de 4”

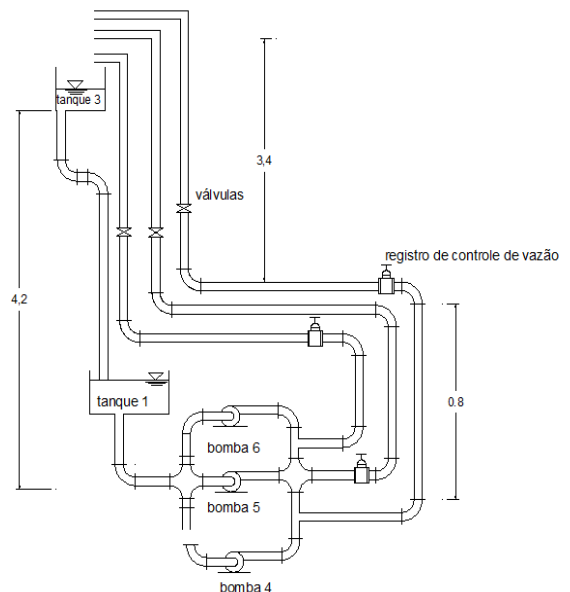
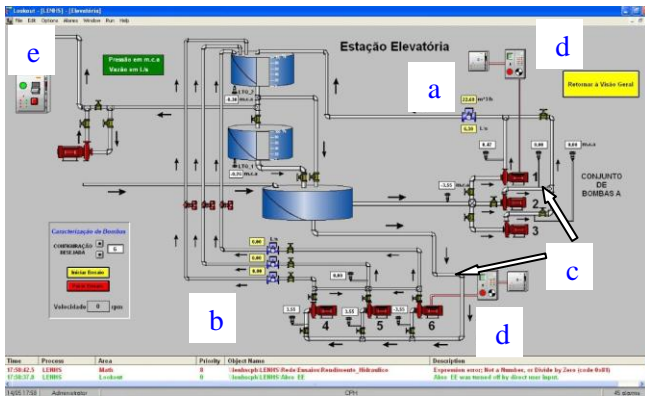


Figura 2. Representação esquemática do circuito do banco de bombas B. Comprimentos em metros e tubulação de 4”



Fotografia 4. Visão esquemática da Estação Elevatória no supervisório do LENHS/UFMG

Os componentes e equipamentos desse sistema são:

- Medidor de vazão tipo eletromagnético Endress – Hauser Promag F 33F (a);
- Três medidores de vazão tipo eletromagnético Incontrol CEV 1000 (b);
- Bombas Mark Grandfos (uma DN 80 – 20 no banco de bombas A e duas DN 40 – 20 no banco de bombas B) (c);
- Dois inversores de frequência, 10CV, 220V, 60Hz (d);
- Medição de potencia (e)

Ensaios

Foram realizados ensaios de caracterização da elevatória e, a partir de seus resultados foram construídas curvas características altura (H) versus vazão (Q) dos conjuntos motobombas (curvas HxQ).

As curvas HxQ foram obtidas a partir de, no mínimo, 5 pontos de operação. Para a bomba 1, por exemplo, foram considerados 7 pontos de operação, pois utilizando-se esse equipamento, é possível se cobrir uma faixa de vazão mais extensa. Em cada ponto de operação, são realizadas 10 medições de cada variável (vazão, pressão à entrada da bomba e pressão à saída da bomba) com um intervalo de 1 minuto entre cada medição. A coleta de dados realizada com esse intervalo entre medições permite de se monitorar a variabilidade do escoamento.

Os ensaios foram realizados sob condições de rotação de 1750, 1500, 1250 e 1000rpm para a bomba 1. Não foram realizados ensaios com rotação 1000rpm nas bombas 5 e 6 pois nessas rotações essas bombas cobrem uma faixa de vazão muito pequena. Portanto foram levantadas para o banco de bombas B, as curvas de 1750, 1500 e 1250 rpm.

Os ensaios na elevatória foram realizados a partir da cabine de comando, com ajuda de um supervisório, um programa computacional “Lookout-LENHS/UFMG”. Com o Sistema Supervisório, podem-se: a) acionar inversores de frequência (Fotografia 5) que alimentam os motores de bombas nas rotações programadas; b) acionar válvulas solenoides; c) e coletar dados de medições de pressão (H) e de vazão (Q).



Fotografia 5. Inversores de frequência da elevatória

Modelagem

Esse trabalho foi fundamentado na simulação de cinco condições de funcionamento da elevatória. Foram então, elaborados cinco modelos: três relativos a simulações relativas ao banco de bombas A e duas simulações relativas ao banco de bombas B, quais sejam:

a) Banco de bombas A

- ✓ Operação de apenas uma bomba (bomba 1);
- ✓ Operação de duas bombas do mesmo modelo associadas em série (bomba 1);
- ✓ Operação de duas bombas do mesmo modelo associadas em paralelo (bomba 1).

b) Banco de bombas B

- ✓ Operação de duas bombas do mesmo modelo associadas em série (bomba 5 e bomba 6);
- ✓ Operação de duas bombas do mesmo modelo associadas em paralelo (bomba 5 e bomba 6).

Apresentam-se nas figuras 3 a 7, os traçados dos modelos hidráulicos construídos com ajuda do programa EPANET. Cada figura faz referência ao estudo de uma bomba ou associação de bombas.

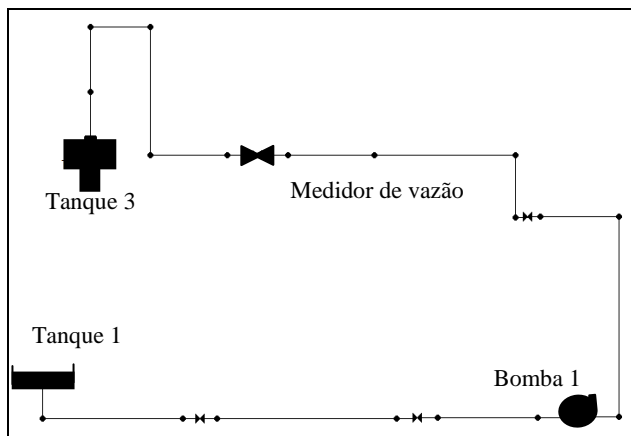


Figura 3. Operação de uma bomba (bomba 1)

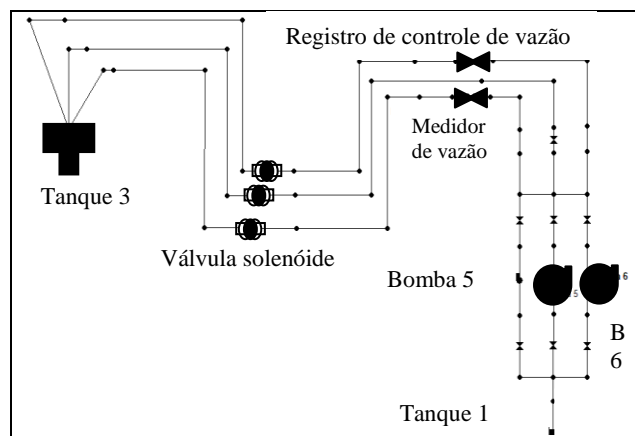


Figura 6. Operação de duas bombas do mesmo modelo associadas em paralelo (bomba 5 e bomba 6)

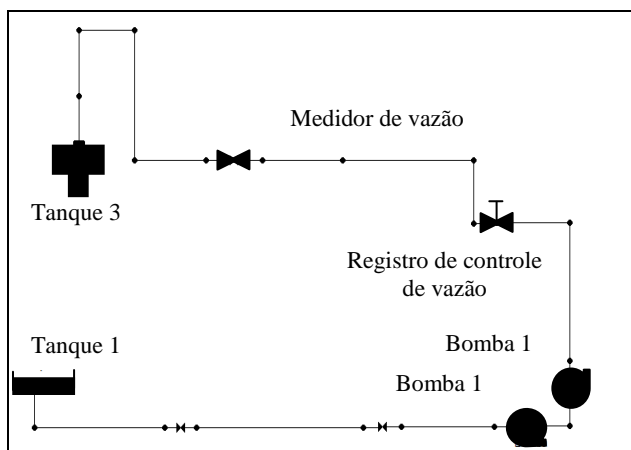


Figura 4. Operação de duas bombas do mesmo modelo associadas em série (bomba 1)

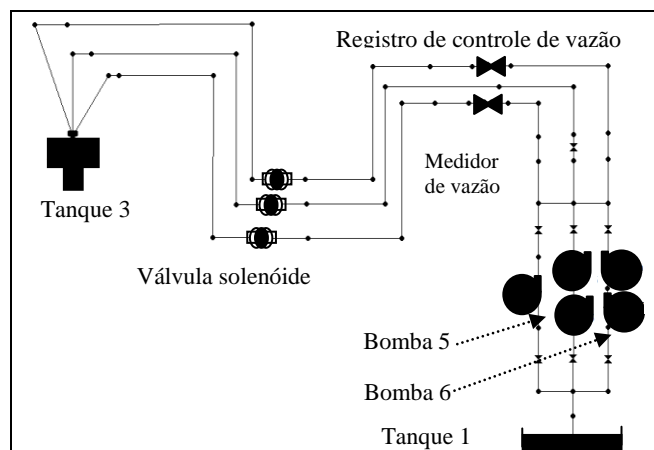


Figura 7. Operação de duas bombas do mesmo modelo associadas em série (bomba 5 e bomba 6)

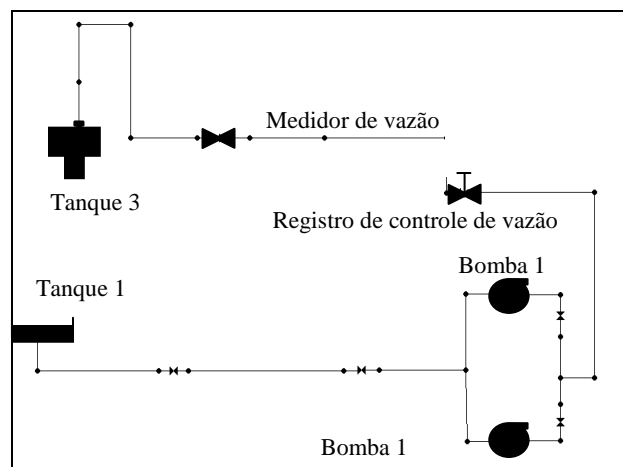


Figura 5. Operação de duas bombas do mesmo modelo associadas em paralelo (bomba 1)

A modelagem do sistema

Fez-se a modelagem dos sistemas a partir da introdução dos dados de cada um no software EPANET. A sequencia do trabalho é apresentada a seguir:

- ✓ Introdução no programa dos valores (dados) de vazão e pressão relativos aos pontos de operação obtidos no ensaio da bomba (tabelas 2 e tabelas 3).
- ✓ Introdução dos valores (dados) de comprimentos, diâmetros e rugosidade absoluta de tubulação (valor indicado no manual do software para tubos de PVC), (tabela 1).
- ✓ Introdução de valores de comprimentos equivalentes aos acessórios (joelhos, registros, medidores de vazão, etc.) que não constam no EPANET.

Para esse estudo fez-se, por meio de um processo interativo, a determinação dos comprimentos equivalentes de acessórios que não constam no EPANET. Assim arbitra-se e soma-se ao comprimento medido da tubulação, um valor de comprimento de tubulação correspondente aos acessórios existentes na instalação que não constam no elenco de acessórios do programa EPANET. Em seguida compara-se a curva H x Q experimental com aquela obtida em simulação. Se a comparação não convergir faz-se a uma nova tentativa. O procedimento é repetido até que os valores obtidos converjam.

Tabela 1. Dados utilizados nos ajustes dos modelos

Circuito	Comprimento total (metros)	Diâmetro "polegadas"	Rugosidade absoluta (mm)
bomba 1	14,3	4	0,0015
bombas 5 e 6	8,3	1 ½	0,0015

APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Apresentam-se inicialmente os resultados experimentais obtidos a partir de ensaios de caracterização das bombas. Esses resultados experimentais são utilizados para a simulação com o EPANET.

Resultados experimentais

Apresenta-se nas tabelas 2 ("a" e "b") e 3 ("a", "b" e "c") os resultados do tratamento dos dados obtidos na coleta de dados dos ensaios. Nas figuras 8, 9 e 10, pode-se ver as curvas características $(HxQ)_n$ dos bancos de bombas A e B, obtidas com ajuda dos dados das tabelas 2 e 3 respectivamente. Em cada uma dessas figuras pode-se ver a equação de ajuste da curva na rotação nominal da máquina.

Tabela 2a. Vazão e altura manométrica do banco de bombas A: bomba 1.

1750rpm		1500rpm	
Q [l/s]	H [m]	Q [l/s]	H [m]
0,00	21,60	0,00	16,00
2,74	20,71	2,35	15,32
5,68	19,67	4,64	14,44
8,45	18,64	6,96	13,78
11,26	17,54	9,35	12,88
13,98	15,67	11,66	11,86
16,69	13,81	13,84	10,34

Tabela 2b. Vazão e altura manométrica do banco de bombas A: Bomba 1

1250rpm		1000rpm	
Q [l/s]	H [m]	Q [l/s]	H [m]
0,00	10,93	0,00	7,36
1,67	10,47	1,14	7,14
3,68	10,01	2,25	6,90
5,39	9,52	3,68	6,48
7,23	9,19	4,85	6,32
9,02	8,33	6,24	5,94
10,48	7,43	7,48	5,65

Tabela 3a. Vazão e altura manométrica do banco de bombas B: bomba 5 e bomba 6, a 1750rpm

Bomba 5		Bomba 6	
Q [l/s]	H [m]	Q [l/s]	H [m]
0,00	28,02	0,00	26,70
0,88	27,02	1,00	25,66
1,93	26,96	2,06	24,98
3,20	25,85	3,09	23,84
4,01	25,14	4,52	22,32
5,50	23,16	5,51	20,62

Tabela 3b. Vazão e altura manométrica do banco de bombas B: bomba 5 e bomba 6, a 1500rpm

Bomba 5		Bomba 6	
Q [l/s]	H [m]	Q [l/s]	H [m]
0,00	16,62	0,00	19,42
0,90	16,10	1,01	19,26
1,58	16,09	2,15	19,14
2,56	15,93	3,09	18,58
3,07	15,76	3,64	16,82
		4,31	15,88

Tabela 3c. Vazão e altura manométrica do banco de bombas B: bomba 5 e bomba 6, a 1250rpm

Bomba 5		Bomba 6	
Q [l/s]	H [m]	Q [l/s]	H [m]
0,00	16,62	0,00	14,66
0,90	16,10	0,70	14,38
1,58	16,09	1,40	14,14
2,56	15,93	1,93	13,82
3,07	15,76	2,45	13,38
		3,06	12,98

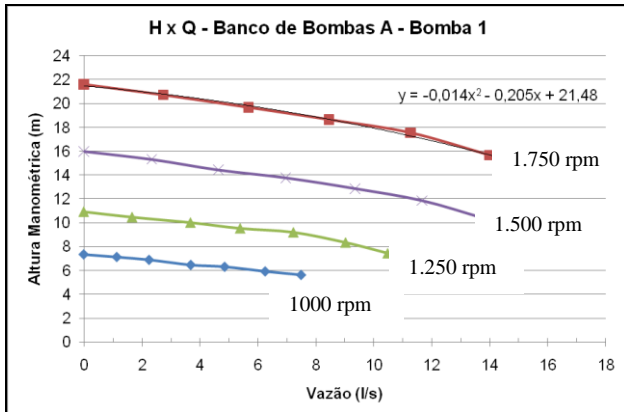


Figura 8. Curvas (HxQ)_n experimentais da bomba 1. Equação de ajuste a 1750rpm

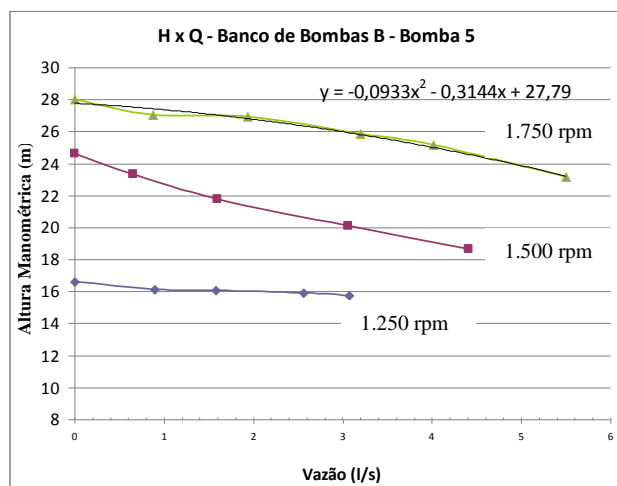


Figura 9. Curvas (HxQ)_n experimentais da bomba 5. Equação de ajuste a 1750rpm

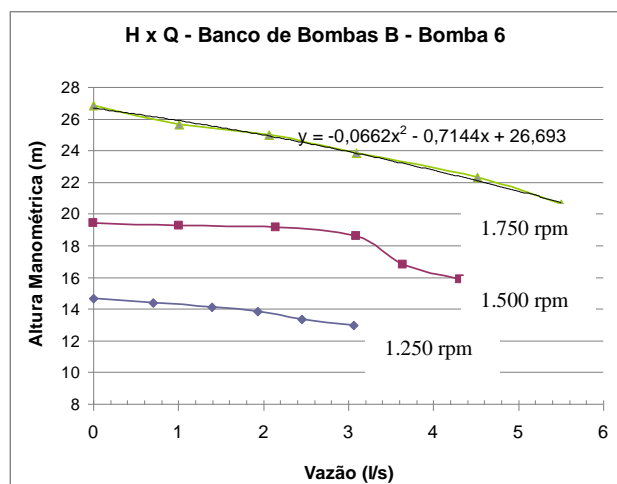


Figura 10. Curvas (HxQ)_n experimentais da bomba 6. Equação de ajuste a 1750rpm

Construção dos modelos hidráulicos

Aplicando-se o método descrito anteriormente (A modelagem do sistema), obtêm-se o comprimento

equivalente das peças e acessórios utilizado no modelo.

No caso do circuito hidráulico relativo ao banco de bombas A, o comprimento de tubulação é de 14,30m e o comprimento equivalente aos acessórios é de 26m. Assim o comprimento equivalente total utilizado no modelo é de 40,30 m. O diâmetro é de 100 mm (4").

No caso do banco de bombas B, têm-se respectivamente, 8,35m, 28,0m, e 36,35m, sendo que o diâmetro é de 38 mm.

Resultados de simulação do circuito do banco de bombas A

Nas figuras 11 e 12, apresentam-se as simulação da associação de bombas do tipo bomba 1 em série e em paralelo, respectivamente, na velocidade de rotação de 1750rpm.

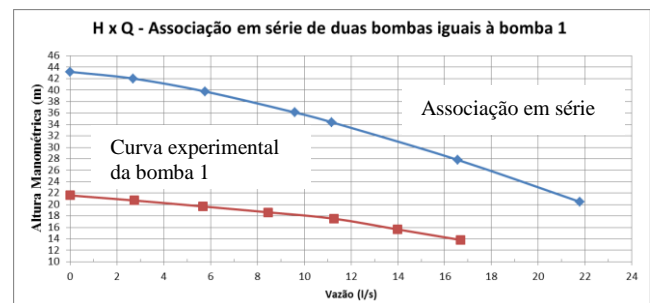


Figura 11. Simulação da associação em série de duas bombas do tipo bomba1 (curva azul)

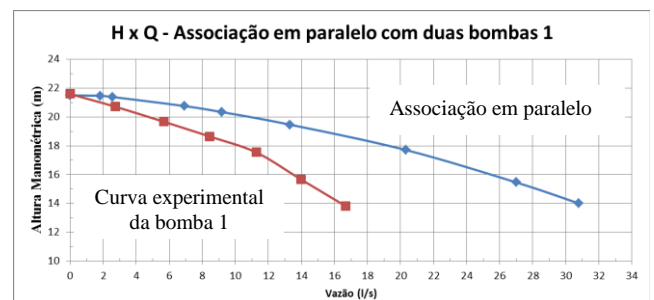


Figura 12. Simulação da associação em paralelo de duas bombas do tipo bomba1 (curva azul)

Na simulação de associação de bombas em série, para uma mesma vazão a altura manométrica praticamente dobrou, como era de se esperar e, a vazão máxima foi ligeiramente acrescida.

Com relação à associação em paralelo, a predição teórica para uma dada altura manométrica considerada é a soma das vazões; no caso, a cada altura manométrica considerada, o dobro da vazão. Como a geometria da tubulação permanece constante um aumento de vazão significa aumento de velocidade, portanto aumento de perda de carga.

Considerando altura manométrica H de 20 m e, utilizando a equação de ajuste da curva característica (HxQ)1750 rpm, (Fig. 8) têm-se vazão Q de 5,22 L/s. A predição teórica da associação em paralelo seria de 10,44 L/s. Utilizando-se a equação de ajuste da curva de associação em paralelo, obtêm-se 10,23 L/s, diferença em torno de 2%. A equação (1) apresenta o ajuste obtido para essa situação.

$$H = -0,0048 * q^2 - 0,0974 * q + 21,5 \quad (1)$$

Analogamente, considerando altura manométrica H de 14 m, obtêm-se vazão Q de 16,54 L/s, predição teórica da associação em paralelo de 33,1 L/s e, simulação 30,66 L/s. Nesse caso a diferença é da ordem de 7%. Essas diferenças de resultados obtidos entre simulação e medição, a luz da precisão dos equipamentos de medição utilizados, pode ser considerada muito boa.

Resultados de simulação do circuito relativo ao banco de bombas B

Na figura 13 apresenta-se a simulação da associação da bomba 5 e bomba 6 em série, na velocidade de rotação de 1750rpm.

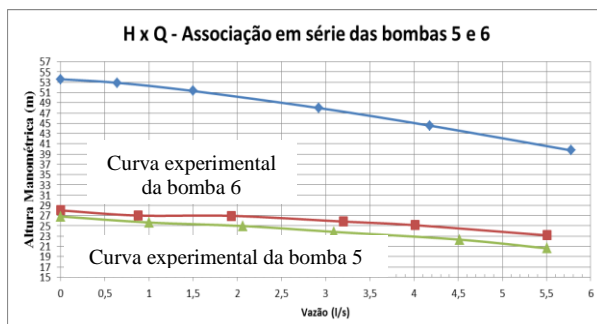


Figura 13. Simulação da associação em série da bomba 5 com bomba 6 (curva azul)

Considerando vazão nula, altura manométrica da bomba 5 (Figura 9) e da bomba 6 (Figura 10), a altura manométrica teórica da na associação em série seria de 54,9m. Com a simulação obtêm-se 53,6m, uma diferença de apenas 2,3%.

Na figura 14 apresenta-se a simulação da associação da bomba 5 e bomba 6 em paralelo, na velocidade de rotação de 1750rpm.

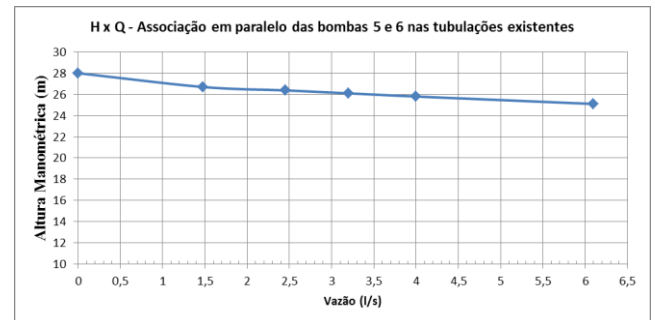


Figura 14. Simulação da associação em paralelo da bomba 5 com bomba 6

Como as curvas características (HxQ)1750rpm das bombas 5 e 6 (Figuras 9 e 10) são diferentes, utiliza-se as equações de ajuste das curvas para determinar as vazões em cada máquina, com referência a uma altura manométrica comum (Tabela 4). São elas, eq. de ajuste da curva da bomba 5 (eq. 2), eq. de ajuste da curva da bomba 6 (eq. 3) e eq. de ajuste da curva de simulação de associação em paralelo das bomba 5 e bomba 6 (eq. 4).

$$H = -0,0933Q^2 - 0,3144Q + 27,79 \quad (2)$$

$$H = -0,0662Q^2 - 0,7144Q + 26,693 \quad (3)$$

$$H = -0,0466Q^2 - 0,736Q + 27,9 \quad (4)$$

Tabela 4. Comparação das vazões de bombas e associações de bombas

Bomba 5		Bomba 6		Associação paralelo	
H [m]	Q [l/s]	H [m]	Q [l/s]	H [m]	Q [l/s]
25,5	3,6	25,5	1,47	25,5	4,6
26,0	3,0	26,0	0,89	26,0	3,3
26,5	2,4	26,5	0,26	26,5	2,2
26,69	2,1	26,69	0,00	26,69	1,9

Considerando altura manométrica H de 25,5 m têm-se a vazão Q de 3,6 L/s para a bomba 5, e vazão de 1,47 L/s para a bomba 6. Nesse caso esperava-se uma vazão (teórica) da associação em paralelo de 5,1 L/s. A simulação da associação em paralelo fornece 4,6 L/s, diferença de 10,9%.

Analogamente considerando altura manométrica H de 26,9m, têm-se uma vazão Q de 2,1 L/s para bomba 5, vazão de 0,0 L/s para bomba 6. A avaliação (teórica) da associação em paralelo é de 2,1 L/s. A simulação da associação em paralelo fornece um resultado de 1,9 L/s (diferença de 20,9%).

A diferença de vazões para cada bomba na altura manométrica 25,5m se deve ao fato das mesmas apresentarem curvas características diferentes entre si, a despeito de serem do mesmo modelo. O mesmo se verifica com os demais valores de H .

Pode-se observar que as curvas características de ambas as bombas apresentam vazão máxima de 5,5 L/s. Porém a bomba 6 atinge essa vazão com altura manométrica de 20,62 m e, a bomba 5 com 23,16 m. Para se determinar qual seria a máxima vazão esperada nessa associação em paralelo, é necessário determinar a vazão da bomba 6 quando a altura manométrica é de 23,16 m. Utilizando a equação de ajuste da curva ($H \times Q$) 1750 rpm da bomba 6, obtêm-se, para altura manométrica de 23,16 m, a vazão de 3,68 L/s. Assim, a máxima vazão correspondente a avaliação teórica da associação em paralelo seria de 9,2 L/s, que é a soma das vazões 5,5 L/s e 3,68 L/s.

Comparando a vazão de 9,2 L/s com aquela de 6,1 L/s obtida na simulação, a diferença é da ordem de 50%, o que significa que a perda de carga nesse circuito de diâmetro de 38 mm (1½") é elevada e pode ser considerada como excessiva. Para se obter a vazão de 9,2 L/s a velocidade média do escoamento seria de 8 m/s, muito acima de 1,1 m/s recomendado por Macintyre (1997).

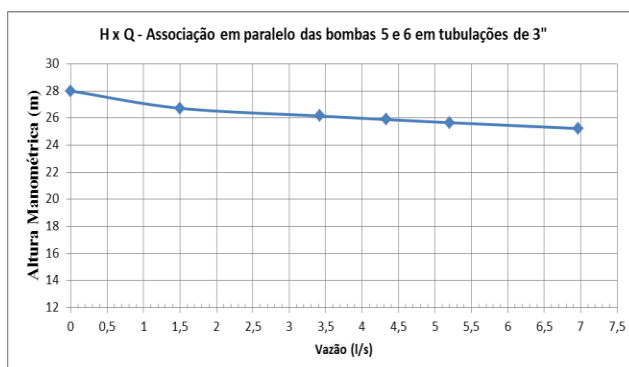


Figura 22. Simulação da associação em paralelo das bombas 5 e 6, circuito de diâmetro 76mm (3")

Realizou-se uma simulação de funcionamento das bombas 5 e 6 associadas em paralelo, considerando

diâmetro de 76 mm (3") no circuito relativo ao banco de bombas B (Figura 22).

Os resultados mostram que o sistema com uma tubulação de 76 mm de diâmetro teria um aumento de vazão no caso da associação em paralelo: a vazão máxima passaria a ser de 6,97 L/s sendo que atualmente é de apenas 6,1 L/s, o que representa um aumento de 14,3%.

Comparando a vazão de 9,2 L/s com aquela de 6,97 L/s obtida na simulação, a diferença é da ordem de 32%.

Um novo aumento de diâmetro da tubulação para 100 mm permite que se alcance uma vazão máxima de 7,01 L/s. Isso representa apenas 0,06% de aumento de vazão evidenciando que essa opção (aumento de diâmetro de 3" para 4") dificilmente seria interessante.

CONCLUSÕES

As simulações com o EPANET relativas ao circuito hidráulico constituído pelo do banco de bombas A do LENHS/UFMG mostra resultados aceitáveis do ponto de vista de perda de carga, tanto para o caso de associação em série quanto em paralelo. Ou seja, o sistema está adequado para atividades de bombeamento com associação de bombas.

Com relação ao circuito do banco de bombas B, a simulação das bombas 5 e 6 associadas em série apresenta uma diferença de no máximo 2,3% com relação ao resultado teórico da associação. Ou seja, o sistema pode apresentar desempenho dentro dos parâmetros aceitáveis de eficiência no caso de associação em série.

Simulações das bombas associadas em paralelo no banco B, apresentaram diferença de até 50% com relação à previsão teórica de associação, o que indica perda de carga excessiva nessa configuração. Uma modificação na tubulação atual, de 38 mm de diâmetro, para tubulação com diâmetro de 76 mm pode acarretar aumento da vazão máxima da ordem de 14,3%. A diferença de resultados de vazão máxima entre simulação e predição teórica seria de 32%.

O EPANET, ferramenta gratuita e desenvolvida pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency - EPA), mostrou-se uma excelente ferramenta para a avaliação do

comportamento de sistemas de bombeamento de água quando da realização de alterações físicas no circuito hidráulico.

BIBLIOGRAFIA

CEDAE. (2006), Norma geral para projeto e construção de estações elevatórias de água. Companhia estadual de águas e esgotos.

INMETRO. (Acesso em 01/07/2013) Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/BombaCentrifuga.pdf>.

MACINTYRE, A. J. (1997), Bombas e Instalações de Bombeamento. 2ª ed. Rio de Janeiro: editora LTC – Livros Técnicos e Científicos.

ROSSMAN, L. A. (2000), Epanet 2 User's Manual. Cincinnati: US Environmental Protection Agency: National Risk Management Research Laboratory – Office of Research and Development.

Vieira, A. D. (2013). Engenharia Civil, Engenharia Hidráulica, Hidráulica. Monografia, 2013-M7. BeloHorizonte, Brasil.