

**Projeto de bancada didática para determinar perda de carga em tubulação e conexões**  
**Design of teaching workbench to determine loss of load in piping and connections**  
**Diseño de banco de trabajo didáctico para determinar pérdida de carga en tuberías y conexiones**

Recebido: 07/10/2020 | Revisado: 10/10/2020 | Aceito: 19/10/2020 | Publicado: 21/10/2020

**Maria Rita Pereira de Paiva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0130-7613>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sudeste de Minas, Brasil

E-mail: [mariaritasd9@gmail.com](mailto:mariaritasd9@gmail.com)

**Gabriella Fernandes Fagundes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7447-2655>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sudeste de Minas, Brasil

E-mail: [gabriela50ffagundes@gmail.com](mailto:gabriela50ffagundes@gmail.com)

**Reginaldo José Cavallaro**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5437-0806>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sudeste de Minas, Brasil

E-mail: [reginaldo.cavallaro@ifsudestemg.edu.br](mailto:reginaldo.cavallaro@ifsudestemg.edu.br)

**Resumo**

O propósito deste trabalho foi projetar uma bancada didática, para as aulas práticas de escoamento de fluidos, de sistemas elevatórios, de máquinas de fluxo e de cálculo de bombas, que permitisse aos discentes aplicarem, na prática, os conceitos aprendidos, na teoria, em sala de aula. Esse tipo de bancada didática, no mercado, em geral trabalha apenas alguns aspectos das disciplinas de mecânica dos fluidos e de máquinas de fluxo, dessa forma, as escolas precisam ter mais de um modelo de bancada, o que torna oneroso. O projeto foi totalmente modelado em CAD 3D e conta com uma tubulação dividida em oito segmentos, duas bombas d'água, que permitirá aos professores e alunos, após consecução da bancada, executarem diferentes cálculos de perda de carga, com as bombas operando em série, em paralelo, ou bomba única, além de diversos tipos de conexões e válvulas de controle. As principais atividades a serem realizadas serão o cálculo das perdas de cargas distribuídas e localizadas em tubulações, e acessórios, determinar o tipo de escoamento através do número de Reynolds, as medidas de vazão e de velocidade do escoamento através do tubo de Venturi, traçar a curva

pressão x vazão da bomba, identificar os diversos componentes de uma tubulação industrial e realizar pesquisas na área de fluidos. O projeto envolveu os alunos, nas várias disciplinas da engenharia, complementando dessa forma o aprendizado e colocando-os em uma situação real de desenvolvimento de um produto. Os resultados obtidos foram um projeto integrado com projeção de baixo custo de fabricação e possibilidade de expansão para outras aplicações.

**Palavras chave:** Bancada didática; Perda de carga; Mecânica dos fluidos; Máquinas de fluxo; Sistemas elevatórios; Tubulação hidráulica.

### **Abstract**

The purpose of this work was to design a didactic bench, for the practical classes of fluid flow, elevating systems, flow machines and pump calculations, that would allow students to apply, in practice, the concepts learned, in theory, in classroom. On the market, this type of didactic bench usually works only on some aspects of the disciplines of fluid mechanics and flow machines, so schools need to have more than one bench model, which makes it costly. The project was fully modeled in 3D CAD and has a pipeline divided into eight segments, two water pumps, which will allow teachers and students, after reaching the bench, to perform different pressure loss calculations, with the pumps operating in series, in parallel, or single pump, in addition to several types of connections and control valves. The main activities to be carried out will be the calculation of the losses of loads distributed and located in pipes, and accessories, determine the type of flow through the Reynolds number, the flow and speed measurements of the flow through the Venturi tube, trace the pressure curve x pump flow, identify the various components of an industrial pipeline and conduct research in the area of fluids. The project involved students, in the various engineering disciplines, thus complementing their learning and placing them in a real situation of product development. The results obtained were an integrated project with low manufacturing cost projection and the possibility of expansion to other applications.

**Keywords:** Workbench; Pressure loss; Fluid mechanics; Flow machines; Lifting systems; Hydraulic piping.

### **Resumen**

El propósito de este trabajo fue diseñar un banco didáctico, para las clases prácticas de flujo de fluidos, sistemas de elevación, máquinas de flujo y cálculo de bombas, que permitiera a los estudiantes aplicar, en la práctica, los conceptos aprendidos, en teoría, en el aula. En el mercado, este tipo de banco didáctico suele trabajar solo en algunos aspectos de las

disciplinas de mecánica de fluidos y máquinas de flujo, por lo que las escuelas necesitan tener más de un modelo de banco, lo que lo hace costoso. El proyecto fue modelado íntegramente en 3D CAD y cuenta con una tubería dividida en ocho segmentos, dos bombas de agua, que permitirá a profesores y alumnos, luego de llegar al banco, realizar diferentes cálculos de pérdida de carga, con las bombas operando en serie, en paralelo, o bomba simple, además de varios tipos de conexiones y válvulas de control. Las principales actividades a realizar serán el cálculo de las pérdidas de cargas distribuidas y ubicadas en tuberías, y accesorios, determinar el tipo de caudal por el número de Reynolds, las medidas de caudal y velocidad del caudal por el tubo Venturi, trazar el curva de presión x caudal de la bomba, identificar los distintos componentes de una tubería industrial y realizar investigaciones en el área de fluidos. El proyecto involucró a estudiantes, en las distintas disciplinas de la ingeniería, complementando así su aprendizaje y colocándolos en una situación real de desarrollo de producto. Los resultados obtenidos fueron un proyecto integrado con proyección de bajo costo de fabricación y posibilidad de expansión a otras aplicaciones.

**Palabras clave:** Banco de trabajo; Pérdida de presión; Mecánica de fluidos; Máquinas de flujo; Sistemas de elevación; Tubería hidráulica.

## 1. Introdução

O mercado profissional exige profissionais de engenharia cada vez mais completos, com amplo conhecimento e experiências em suas áreas, e o conhecimento é adquirido nas universidades, e as experiências na prática (Silveira e Souza, 2018). Compete aos professores oportunizarem através de práticas didáticas, de projetos acadêmicos e de iniciação científica, aos discentes, o conhecimento e a prática (Figueiredo et al., 2014).

Algumas disciplinas, dos cursos de engenharia e de técnicos nível médio, utilizam equações para o estudo do escoamento de fluidos, em dutos forçados (Silva et al., 2017), e o entendimento dessas equações vai além da teoria, se fazem necessárias as práticas de laboratório, que tornam os resultados das equações reais. E, um dos recursos utilizados, para realização de aulas práticas e melhor entendimento dos resultados obtidos, são as bancadas didáticas, que servem para que o discente aplique os conhecimentos adquiridos em sala de aula, realizando ensaios, testes de funcionamento, experimentos de montagem e entre outras atividades aplicadas ao aprendizado (Cavalcanti et al., 2009).

Muitos fabricantes de materiais didáticos, segundo Figueiredo et al., (2014), comercializam bancadas didáticas, para as mais diversas disciplinas de engenharias, com

roteiros de práticas dirigidas, para que o aprendizado seja consolidado com o fazer. E, alguns dos estudos, que se consolidam com bancadas didáticas, são as perdas de cargas em tubulações e conexões, o dimensionamento de bombas elevatórias, o número de Reynolds, que utilizam diversas equações e relações matemáticas (Zitterell et al., 2009). Em geral, as bancadas comercializadas apresentam custos elevados e são específicas para o estudo de um tema.

Os equipamentos didáticos são indispensáveis para as atividades educacionais, consoante ao aprendizado das disciplinas de engenharia, segundo Martinez et al., (2001), como por exemplo os cálculos de sistemas elevatórios de abastecimento de água, que precisa ser verificado as perdas de cargas nas tubulações e conexões, para dimensionamento das bombas (Andrade et al., 2019). Em seu trabalho, Martinez et al. (2001) relaciona demandas que uma bancada de ensaio de bombas deve ter para as áreas de engenharia civil, mecânica e elétrica.

O objetivo deste trabalho foi projetar uma bancada didática, para que os discentes possam determinar as perdas de cargas em tubulações, válvulas de controle e conexões, caracterizar a curva de funcionamento das bombas centrífugas e realizar as práticas de laboratório. Aliando às várias disciplinas que envolvem um curso de engenharia, como a mecânica dos fluidos, processos de fabricação, desenho técnico, materiais mecânicos e planejamento, permitindo ao aluno participar, diretamente, de uma situação real de dimensionamento, da seleção de equipamentos industriais, da tomada de preços no mercado e da fabricação.

Segundo Eletrobrás (2009), diversas equações podem ser utilizadas para determinar a perda de carga nas tubulações. A perda de carga, ou de pressão, provocada pelo atrito do fluido, na tubulação, pode ser determinada pelas equações de Darcy-Weissbach, de Hazen-Williams, de Flamant entre outras (Gonçalves, 2018).

O projeto da bancada didática foi desenvolvido para ser utilizado em laboratório de máquinas de fluxo e mecânica dos fluidos, devido às exigências de dimensões da bancada, de instalação elétrica e de suprimento de água, não sendo recomendado sua utilização fora de um laboratório de máquinas.

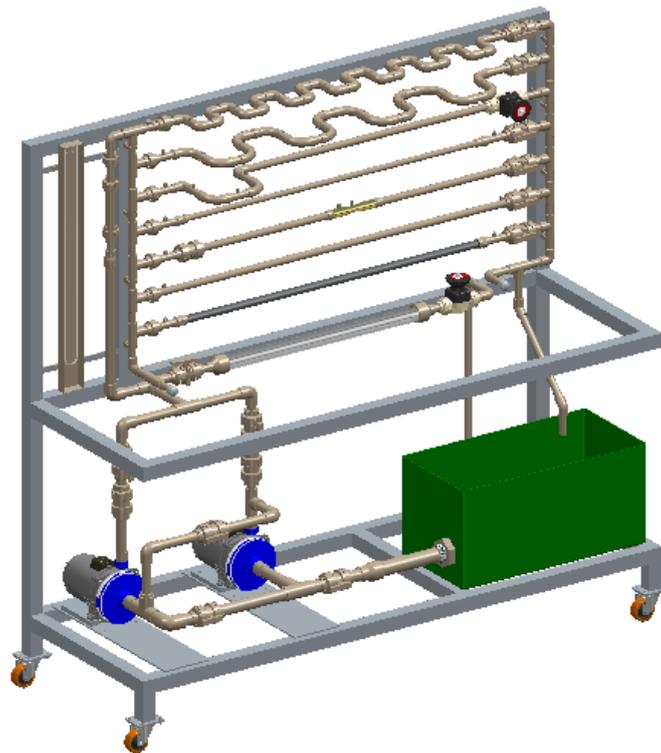
Com a consecução da bancada, os alunos poderão calcular as perdas de cargas distribuídas e localizadas em tubulações industriais, e acessórios, determinar o tipo de escoamento através cálculo do número de Reynolds, as medidas de vazão e velocidade do escoamento através do tubo de Venturi, e traçar a curva pressão x vazão da bomba, identificar os diversos componentes de uma tubulação industrial e realizar pesquisas na área de fluidos.

## 2. Metodologia e Discussão

Os sistemas de bombeamento, de fluidos incompressíveis, são compostos por tubulações que se interligam através de acessórios (conexões, válvulas e tubos) e cada um desses itens, contribuem para o aumento da potência consumida pela bomba, para fazer com que o fluido circule pela tubulação e chegue nos pontos consumidores (Pereira et al. 2018).

O projeto da bancada didática foi concebido, no software SolidEdge (Zimmermann et al., 2006). As conexões, tubos, materiais mecânicos e componentes foram selecionados em catálogos de fabricantes nacionais. Na Figura 1, tem-se uma visão geral do equipamento em representação 3D, gerada pelo próprio software de CAD (Amaral & Pina Filho, 2010).

**Figura 1.** Vista geral da bancada didática.



Fonte: Autores.

O conjunto terá duas bombas de capacidade  $6,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  cada, e poderão operar com uma bomba, duas bombas em série, ou duas bombas em paralelo, essa composição permite abranger as mais variadas condições de funcionamento de sistemas elevatórios.

## 2.1 Altura manométrica das instalações

Tecnicamente, a altura manométrica, de uma instalação elevatória, pode ser definida como a quantidade de energia que deve ser absorvida por um quilograma de fluido que atravessa a bomba, e é a soma da perda de carga, da tubulação, com a altura geométrica da instalação (Carvalho, 1999), e pode ser expressa pela Equação (1).

$$H_{man} = H_{geo} + \Delta H \quad (1)$$

Sendo,  $H_{man}$  a altura manométrica de uma instalação elevatória em m,  $H_{geo}$  desnível da instalação em m, e  $\Delta H$  perda de carga da tubulação em m.

## 2.2 Determinação da perda de carga

As perdas de carga podem ocorrer de três formas, sendo: a) perdas distribuídas, aquelas que ocorrem em trechos retos de tubulações; b) perdas localizadas, aquelas que são ocasionadas pelas peças e singularidades ao longo da tubulação, provocadas por curvas, válvulas, derivações, reduções, expansões; c) perdas totais, que é a soma das perdas de carga distribuídas e das perdas de carga localizadas (Carvalho, 1999). As equações a seguir são as mais utilizadas no meio industrial, para determinação da perda de carga em sistemas elevatórios.

A Equação (2), que é conhecida como equação de Darcy-Weissbach é válida para diâmetros de tubos acima de 50mm, com escoamentos incompressíveis.

$$\Delta H = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2)$$

Sendo,  $f$  fator de fricção adimensional,  $L$  comprimento equivalente da tubulação em m,  $D$  diâmetro interno da tubulação em m,  $V$  velocidade média do fluido em m/s e  $g$  aceleração da gravidade em m/s<sup>2</sup>. O fator de fricção é obtido através de cálculos específicos, ou por números aproximados através do diagrama de Moody.

A Equação (3), de Hazen-Willians, é utilizada para escoamento de água, em regime turbulento, em tubulações maiores que 50 mm.

$$\Delta H = \frac{10,646 Q^{1,852}}{C^{1,852} D^{4,87}} L \quad (3)$$

Sendo,  $Q$  a vazão em m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>,  $C$  coeficiente dependente do tipo de tubulação a ser

utilizada, conforme Tabela 1, e D diâmetro interno da tubulação em m.

**Tabela 1.** Coeficiente C da equação de Hazen-Willians.

<b>Tipo de tubo</b>	<b>Coeficiente C</b>
Aço corrugado	60
Aço com juntas “loc-bar” novas	130
Aço com juntas “loc-bar” usadas	90-100
Aço galvanizado	125
Aço rebitado novo	110
Aço rebitado usado	85-90
Aço soldado novo	130
Aço soldado usado	90-100
Aço soldado com revestimento especial	130
Aço zincado	140-145
Alumínio	140-145
Cimento/Amianto	130-140
Concreto com bom acabamento	130
Concreto com acabamento comum	120
Ferro fundido novo	130
Ferro fundido usado	90-100
Plástico	140-145
PVC rígido	145-150

Fonte: Macintyre (1996).

Outra, a Equação (4), que é aplicada para tubulações de até 100 mm, que inicialmente foi desenvolvida para aço galvanizado, é a equação de Flamant.

$$\Delta H = k \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} L \quad (4)$$

Sendo, k um coeficiente adimensional conforme o tipo de tubulação a ser utilizada na instalação. Na Tabela 2 são apresentados os valores de k.

**Tabela 2.** Coeficiente k da equação de Flamant.

<b>Tipo de tubo</b>	<b>Coeficiente k</b>
PVC	0,000824
Ferro fundido e aços novos	0,001133
Ferro fundido e aços usados	0,001400
Cimento amianto	0,000950
Chumbo	0,000860

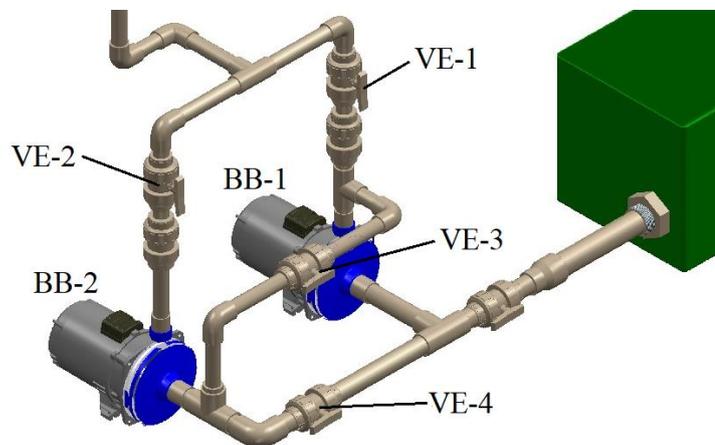
Fonte: Macintyre (1996).

### 2.3 Associação de bombas em série

Na associação de bombas em série, para cada vazão, o valor da Altura Manométrica Total (HMT) será a soma das alturas manométricas correspondente de cada sistema, isto é, a altura manométrica de cada bomba é somada, obtendo uma elevação total (Nesbitt, 2006).

Para o funcionamento das bombas em série, a bomba BB-1 estará alimentando a bomba BB-2 (Nesbitt, 2006), mantendo fechadas as válvulas VE-1 e VE-4, e abrindo as VE-2 e VE-3, como mostrado na Figura 2.

**Figura 2.** Ligação hidráulica das bombas em série e em paralelo.



Fonte: Autores.

O cálculo da altura manométrica das bombas em série será pela Equação (5), e

$$H_{MTS} = H_{BB-1} + H_{BB-2} \quad (5)$$

o rendimento do sistema será determinado pela Equação (6).

$$\eta_S = \frac{(H_{BB-1} + H_{BB-2})\eta_{BB-1}\eta_{BB-2}}{H_{BB-1}\eta_{BB-1} + H_{BB-2}\eta_{BB-2}} \quad (6)$$

Sendo, HMTS a altura manométrica total das bombas em série, HBB-1 altura manométrica da bomba BB-1 e HBB-2 altura manométrica da bomba BB-2,  $\eta_S$  rendimento do sistema de bombas em série,  $\eta_{BB-1}$  rendimento da BB-1 e  $\eta_{BB-2}$  rendimento da BB-2.

## 2.4 Associação de bombas em paralelo

Na associação de bombas em paralelo, cada bomba contribui com parte da vazão, porque as entradas e as saídas das bombas estão acopladas. Assim, a vazão total que passa pelo sistema é igual à soma das vazões que passam em cada uma das bombas (Nesbitt, 2006).

Para o funcionamento das bombas em paralelo, as bombas BB-1 e BB-2 estarão funcionando de forma concomitante, mantendo fechada a válvula VE-3, e abrindo as válvulas VE-1, VE-2 e VE-4, como apresentado na Figura 2.

A altura manométrica das bombas, em paralelo, será calculada pela Equação (7),

$$H_{MTP} = H_{BB-1} = H_{BB-2} \quad (7)$$

o rendimento das bombas, em paralelo, será determinado pela Equação (8), em função da vazão de cada bomba.

$$\eta_P = \frac{(Q_{BB-1} + Q_{BB-2})\eta_{BB-1}\eta_{BB-2}}{Q_{BB-1}\eta_{BB-1} + Q_{BB-2}\eta_{BB-2}} \quad (8)$$

Sendo,  $Q_{BB-1}$  a vazão da bomba BB-1 e  $Q_{BB-2}$  vazão da bomba BB-2,  $\eta_P$  rendimento das bombas em paralelo.

## 2.5 Operação com bomba única

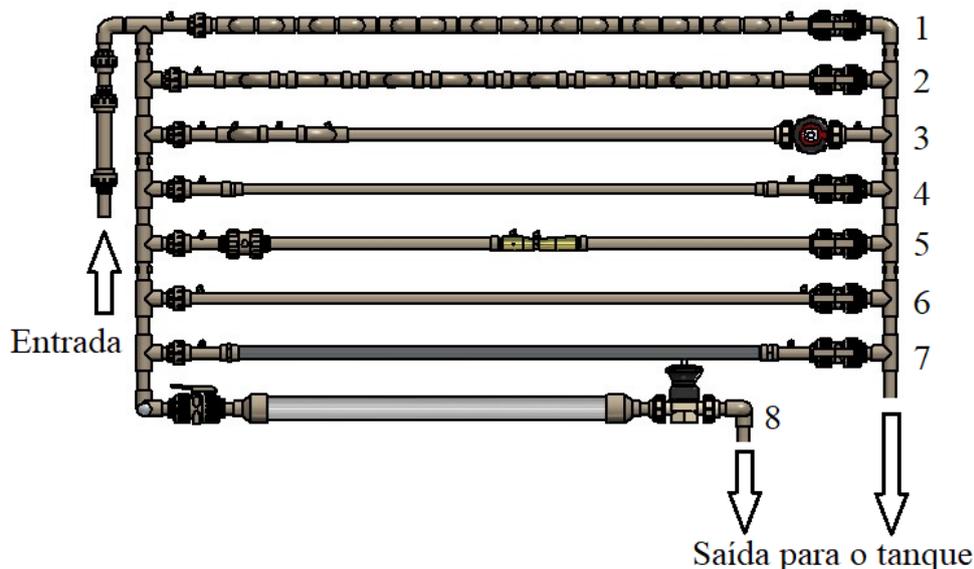
Para o funcionamento com bomba única, qualquer uma das bombas BB-1 ou BB-2 poderá entrar em operação.

Para operação da bomba BB-1 serão mantidas fechadas as válvulas de controle VE-2, VE-3 e VE-4, mantendo a válvula VE-1 aberta. Para operação da bomba BB-2 serão mantidas fechadas as válvulas VE-1 e VE-3, mantendo as válvulas VE-2 e VE-4 abertas, como mostrado na Figura 2.

## 2.6 Segmentos da tubulação.

O sistema foi dividido em segmentos, identificados de 1 a 8, a partir da entrada, permitindo dessa forma a execução de oito cálculos de perda de cargas diferentes, como mostrado na Figura 3.

**Figura 3.** Tubulação com a divisão dos segmentos.



Fonte: Autores.

As atividades que serão desenvolvidas, em cada um dos oito segmentos, estão descritas na Tabela 3 e farão parte do manual de atividades da bancada didática.

**Tabela 3.** Atividades a serem desenvolvidas em cada segmento.

Segmento	Descrição das atividades
1	Determinação do comprimento equivalente da tubulação com conexões do tipo joelho 90°.
2	Determinação do comprimento equivalente da tubulação com conexões do tipo curva 90°.
3	Determinação da perda de carga localizada em conexões do tipo joelho 90°, curva 90° e válvula globo.
4	Determinação da perda de carga em redução de diâmetro da tubulação.
5	Determinação da velocidade de escoamento e da vazão através de tubo Venturi.
6	Determinação da perda de carga em tubo liso de PVC.
7	Determinação da perda de carga em tubo liso de aço galvanizado.
8	Visualização do tipo de fluxo: laminar, turbulento, ou de transição a partir da equação de Reynolds.

Fonte: Autores.

O comprimento equivalente das tubulações é determinado conforme os valores apresentados por De Mattos et al. (1998), e segundo Soares e colaboradores (2015) as perdas de carga, para diversos diâmetros e conexões, podem ser determinados pela equação de Bernoulli, já tratada por diversos trabalhos e literaturas. A Equação (9) de Bernoulli para fluidos incompressíveis, sem atrito constante ao longo de uma tubulação (White, 2011).

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2) + g(z_2 - z_1) = 0$$

ou (9)

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{1}{2}V_1^2 + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{1}{2}V_2^2 + gz_2 = \text{constante}$$

Não é objetivo desse trabalho o estudo das equações que foram apresentadas.

### 3. Resultados e Discussão

O projeto, como experiência didática, envolveu os alunos nas várias disciplinas da engenharia, complementando dessa forma o aprendizado, com a prática. Oportunizou, aos alunos envolvidos, serem protagonistas no desenvolvimento de um equipamento industrial, em situação real, aplicando os conceitos de planejamento das atividades, o uso das ferramentas de desenvolvimento e projeto, cálculos matemáticos, busca por materiais comerciais e formação de custos.

Após a consecução da bancada, as aulas de máquinas de fluxo e mecânica dos fluidos se tornarão didaticamente mais interessantes, permitindo ao professor mostrar com a prática os conceitos das disciplinas, desenvolver atividades e projetos práticos.

Possibilidade de expansão da bancada, para outras aplicações nas áreas de mecânica dos fluidos e de máquinas de fluxo.

Os custos de produção, compra dos componentes e montagem da bancada, foram estimados em aproximadamente R\$ 35.000,00, o que mostra ser viável a continuidade desse tipo de projeto, além da consolidação do aprendizado dos participantes.

Para que a bancada didática seja utilizada pelos professores, ou discentes de forma direcionada e objetiva, serão desenvolvidos roteiros de aulas que auxiliarão a prática didática, para as atividades propostas na Tabela 3, o caderno de atividades ficará disposto na bancada para aplicação correta dos experimentos.

#### **4. Considerações finais**

Sugere-se para trabalhos futuros a implementação de outras máquinas de fluxo acopladas à bancada, como turbina do tipo Pelton com gerador de energia, canal de escoamento para estudo dos fluxos em canais.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao IFSUDESTEMG – Instituto Federal Sudeste de Minas – Campus Santos Dumont, à FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio disponibilizado para o desenvolvimento deste estudo.

#### **Referências**

Amaral, R. D. C. & Pina Filho, A. C. (2010). *A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia. Nono Simpósio de Mecânica Computacional. UFSJ. São João del Rei/MG.*

Andrade, A. F., Chepluk, A. R., Varela, E. D. B., Dias, R. M., Barbosa, V. A. D. (2019). Bancada para ensaio e obtenção de performance de bomba centrífuga. *Revista Eletrônica Multidisciplinar – FACEAR.*

Carvalho, D. F. (1999). Instalações elevatórias – Bombas. *PUC-Minas, Belo Horizonte, 355 p.*

Cavalcanti, R. A., Cruz, O. C. & Barreto, A. C. (2009). Determinação da perda de carga em tubo de PVC e comparação nas equações empíricas. *II Seminário de Iniciação Científica – IFTM, Campus Uberaba, Anais.*

De Mattos, E. E., De Falco, R. (1998). *Bombas Industriais, (2a ed.), Rio de Janeiro, Interciência.*

Eletrobrás (2009). *Bombas: guia básico. Brasília: IEL/NC.*

Figueiredo, M. R., Pitol-Filho, L., Reis, L. A.V., & Reis, J. P. (2014). Construção e validação de uma bancada didática de impulso hidrostático, *Congresso de Engenharia: Múltiplos saberes e atuações – COBENGE*.

Gonçalves, L. B. (2018). Projeto de uma bancada hidráulica para treinamento de operadores de oleodutos, UFRJ, Monografia.

Macintyre, A. J. (1996) Instalações hidráulicas - prediais e industriais, LTC, (3a ed.), 739 p.

Martinez, C. B., Nascimento Filho, J., & Santos, H. A. (2001). Bancada didática de ensaios de turbobombas, *Congresso de Engenharia: Experiências Concretas no Ensino da Engenharia – COBENGE*.

Mosena, J. H. T., Dias, L. & Scortegagna, V. (2016). Bancada didática para experimentos de perda de carga nas tubulações. *III Semana do Conhecimento – Universidade de Passo Fundo. Anais*.

Nesbitt, B. (2006). Handbook of pumps and pumping. *Elsevier Science Ltd*, 155-174. <https://doi.org/10.1016/B978-185617476-3/50007-X>.

Pereira A. S., Shitsuka, D. M., Parreira & F. J., Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria, RS. Ed. UAB/NTE/UFMS. Recuperado de [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic\\_Computacao\\_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Silva, F. M. C., Apolinario, M. F., Siqueira, A. M. O., Candian, A. L. M., Moreira, L. A. F., & Sarti, M. R. (2017). Experimento didático de Reynolds e conceitos básicos em mecânica dos fluidos. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 3(3), 346-357. <https://doi.org/10.18540/jcecvl3iss3pp346-357>.

Silveira, Al., & Souza, J. (2019). Construção e validação de uma bancada didática para caracterização de compressores. *Brazilian Applied Science Review*, Curitiba, 3(1), 121-132. <https://doi.org/10.22533/at.ed.73919220418>.

Soares, F. C., Teles, G. C., & Russi, J. L. (2015). Aferição dos Valores dos Comprimentos Equivalentes Utilizados na Determinação da Perda de Carga. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 24, 16-21.

Zimmermann, C. C., Hadlich, A. R., Bigolin, E. M., Siewert, L. (2006). Importância do ensino de ferramentas de cad no desempenho dos acadêmicos perante as disciplinas do curso de graduação de engenharia civil da UFSC. Anais do XXXIV, Passo Fundo

Zitterell, D. B., Frizzone, J. A., Rettore Neto, O., & Ullmann, M. N. (2009). Perda de carga em microtubos e conectores usados em microaspersão. *Engenharia Agrícola*, 29 (4), 591-604. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000400009>.

White, F. M. (2011). Fluid mechanics. *Mcgraw-Hill*, (7a ed.), 885.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Maria Rita Pereira de Paiva – 30%

Gabriella Fernandes Fagundes – 20%

Reginaldo José Cavallaro – 50%