

CONSTRUÇÃO DE UM TUBO DE VENTURI COM A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS ACESSÍVEIS DE BAIXO CUSTO

CONSTRUCTION OF A VENTURI TUBE USING LOW COST ACCESSIBLE MATERIALS

*Anderson Matheus de Oliveira Moura¹, Jusciane da Costa e Silva², Gustavo de Oliveira
Gurgel Rebouças³*

RESUMO

A utilização de práticas experimentais no ensino de ciência tem caráter fundamental no desenvolvimento da aprendizagem dos alunos. Alguns fenômenos físicos são inesperados intuitivamente e, em muitos casos, o senso comum tem uma compreensão equivocada dos conceitos destes fenômenos. Assim sendo, o presente artigo tem como objetivo a proposição de uma proposta experimental, com o detalhamento da construção do equipamento, como sugestão de aplicação no ensino da hidrodinâmica. A equação de Bernoulli e a equação da continuidade são duas importantes relações que envolvem algumas grandezas observáveis, como: velocidade, pressão e área. O Tubo de Venturi trata-se de uma invenção que permite analisar bem essas equações, e a construção de um modelo deste dispositivo é possível de ser feita com materiais acessíveis de baixo custo com apenas alguns passos simples e sem processos complexos, como proposto neste trabalho. De forma esquemática e ilustrativa, os passos e materiais utilizados são descritos, de modo a facilitar a replicação do modelo proposto. Infere-se, portanto, que com uma solução simples, acessível e de custo reduzido, torna-se viável levar uma diferente abordagem do conteúdo de modo prático à sala de aula, promovendo a expansão do conhecimento sobre os fenômenos físicos, em especial, acerca da hidrodinâmica.

Palavras-chave: Tubo de Venturi. Efeito Venturi. Hidrodinâmica.

ABSTRACT

The use of experimental practices in science teaching is fundamental in the development of student learning. Some physical phenomena are intuitively unexpected and, in many cases, common sense has a misunderstanding of the concepts of these phenomena. Therefore, this article aims to propose an experimental proposal, detailing the construction of the equipment,

¹ Estudante de graduação da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA).
Rua: Gamaliel Martins Bezerra, nº: 578. Bairro: Alto da Alegria, 59515-000, Angicos/RN.
Email: anderson.moura@alunos.ufersa.edu.br

² Professora adjunta da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA).
Rua: Francisco Mota Bairro, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59625-900
Email: jusciane@ufersa.edu.br

³ Professor adjunto da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA).
Rua: Gamaliel Martins Bezerra, nº: 578. Bairro: Alto da Alegria, 59515-000, Angicos/RN.
Email: gustavoreboucas@ufersa.edu.br

as a suggestion for application in the teaching of hydrodynamics. Bernoulli's equation and the continuity equation are two important relationships that involve some observable quantities, such as velocity, pressure, and area. The Venturi Tube is an invention that allows a good analysis of these equations, and the construction of a model of this device is possible to be done with affordable materials at low cost with just a few simple steps and without complex processes, as proposed in this article. In a schematic and illustrative way, the steps and materials used are described, in order to facilitate the replication of the proposed model. It is inferred, therefore, that with a simple, accessible and low-cost solution, it becomes feasible to take a different approach to the content in a practical way to the classroom, promoting the expansion of knowledge about physical phenomena, especially about hydrodynamics.

Key-words: Venturi tube. Venturi effect. Hydrodynamic.

1 INTRODUÇÃO

Uma grande preocupação do ensino de ciências é o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem de forma a deixá-lo mais dinâmico e interativo. Uma alternativa é através da experimentação, que segundo Galiazzi (2004), é um recurso que fundamenta a ciência.

Krasilchik (1987) afirma que o laboratório é uma oficina onde os fenômenos físicos são feitos, tendo as condições ideais para demonstrá-los. As atividades experimentais, por mais simples que sejam, incitam nos discentes movimentos interiores de caráter investigativo, culminando no desenvolvimento de habilidades como: observar, interferir, mediar e formular hipóteses sobre os resultados.

É consenso na literatura que o ensino através das práticas experimentais se faz imprescindível no desenvolvimento da aprendizagem e que despertam interesse genuíno pelo conhecimento (GASPAR, 2009; SILVA, 2017). As atividades experimentais permitem que o aluno seja um agente ativo no processo de construção do conhecimento, favorecendo a autonomia intelectual e desenvolvendo habilidades para atuar de forma crítica e competente. Gaspar (2009) pontua a sobressaliência das atividades experimentais às atividades teóricas, afirmando ao mesmo tempo, a importância de ambas andarem juntas, dada a complementaridade.

Experimentos em hidrodinâmica baseados na Equação de Bernoulli (EB) são importantes para a formação de alunos desde o nível fundamental até o médio. Tanto expositivamente, sem os detalhes matemáticos, quanto com o detalhamento e cálculos que comprovem e façam previsões sobre grandezas como fluxo, velocidade e pressão. Os comportamentos destas grandezas são, algumas vezes, não esperados intuitivamente quando se apresenta aos alunos (SILVEIRA, LEVIN, 2004), fato que ocorre através da previsão do comportamento ideal dos fluidos da EB e suas grandezas envolvidas (BARBOSA *et al.*, 2011, JESUS, MACEDO JUNIOR, 2011).

O teorema de Bernoulli tem aplicações em diversas áreas, como: irrigação, medição de vazão industrial de água, gases e produtos corrosivos. Mesmo sendo uma aproximação, considerando diversas restrições, a EB se apresenta como uma ótima ferramenta de descrição do fluido (FOX *et al.*, 2010).

A apresentação de experimentos que tratam da medição de pressão de um fluido é relevante para o ensino de hidrostática e hidrodinâmica. A primeira traz conceitos fundamentais para a segunda, como a pressão, e em consequente, pressão atmosférica, pressão absoluta e pressão manométrica, bem como a física envolvida na construção dos manômetros.

O manômetro mais simples e mais utilizado é o tubo em U, onde são utilizadas as equações da hidrostática para encontrar a diferença de pressão entre dois pontos, levando em consideração que a pressão em relação às duas superfícies do líquido confinado no tubo é medida em função da diferença de altura entre as superfícies (HALLIDAY, 2006; NUSSENZVEIG, 2014), sendo esta última a ideia base do conceito de pressão atmosférica na construção de barômetros (LONGUINE E NARDI, 2000; COELHO E NUNES, 1992).

Há outras alternativas de manômetros que requerem conhecimento técnico apurado (ROCHA E GUADAGNINI, 2014) e usados em experimentos para a obtenção de valores exatos como o proposto no trabalho de Cid e Corrêa (2019). Temos ainda os manômetros analógicos e digitais, no entanto estes não estão tão presentes no cotidiano, como também o próprio conceito de pressão, por vezes, é incompreendido pelos discentes.

Este trabalho apresenta a construção de um experimento de hidrodinâmica, o Tubo de Venturi, utilizando materiais de baixo custo e acessíveis, onde o fluido em questão é o ar colocado em movimento por um secador de cabelos. Para analisar o experimento, propomos dois tipos manômetros para a identificação da pressão em alguns pontos da tubulação, os quais possibilitam observar visualmente ou através do tato em qual ponto a pressão é maior ou menor. No entanto, o dispositivo não fornece a possibilidade de aferir a diferença de pressão entre os pontos, permitindo apenas comparar qualitativamente a pressão entre os pontos de interesse.

2 HIDRODINÂMICA

Apesar de trabalharmos com fluidos reais, é importante entendermos antes a forma simplificada dos fluidos ditos ideais, que são um modelo de fluido contínuo, homogêneo, incompressível e com viscosidade nula (HALLIDAY, 2006). Para efeito de análise consideramos sempre o fluido como sendo ideal.

Em um escoamento incompressível ao longo de todo o circuito a densidade do fluido (ρ) é constante. Assim, para um fluido em escoamento a vazão volumétrica (R_v), ou seja, o volume (V), que atravessa o circuito por unidade de tempo (t), será o mesmo. Portanto, temos:

$$R_v = \frac{\text{Volume}}{\text{tempo}} = \text{constante} \quad (1.1)$$

Esta é uma equação de conservação, o que significa dizer que o volume ao longo do tempo se mantém constante ao longo da tubulação, não podendo ser criado ou destruído. A Equação 1 pode ser reescrita em função da área de seção transversal, A , e da velocidade (v) do fluido, ficando:

$$R_v = Av = \text{constante} \quad (1.2)$$

Ao relacionar a área com a velocidade e o volume na equação, chegamos à conhecida Equação da Continuidade (EC), representada pela equação 2. Utilizando-a para comparar dois pontos (1 e 2) do fluido na linha de escoamento, obteremos:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1.3)$$

Por outras palavras, a relação é denominada como a conservação da vazão, que diz que em qualquer ponto ao longo da tubulação o produto Av é constante e igual a vazão volumétrica. Esta equação, juntamente EB são de grande importância para a hidrodinâmica.

A EB afirma que, para qualquer ponto do fluido ideal há uma relação constante entre velocidade, pressão e energia potencial do fluido, que é dada por:

$$p + \rho gy + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{constante} \quad (2.1)$$

Onde p é a pressão em um dado ponto, g a aceleração da gravidade, y é a altura deste ponto com relação a um referencial e v a velocidade do fluido neste ponto. Nesse sentido, podemos comparar dois pontos de um escoamento identificando alguns comportamentos do fluido com relação às grandezas envolvidas, de modo que:

$$p_1 + \rho gy_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gy_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (2.2)$$

A EB está sujeita a restrições, como: escoamento em regime permanente; ausência de atrito; escoamento ao longo de uma linha de corrente e escoamento incompressível. A EB só pode ser usada considerando estas restrições, nenhum fluido real satisfaz todas estas restrições, no entanto a EB apresenta uma aproximação razoável do comportamento de muitos escoamentos (FOX *et al*, 2010).

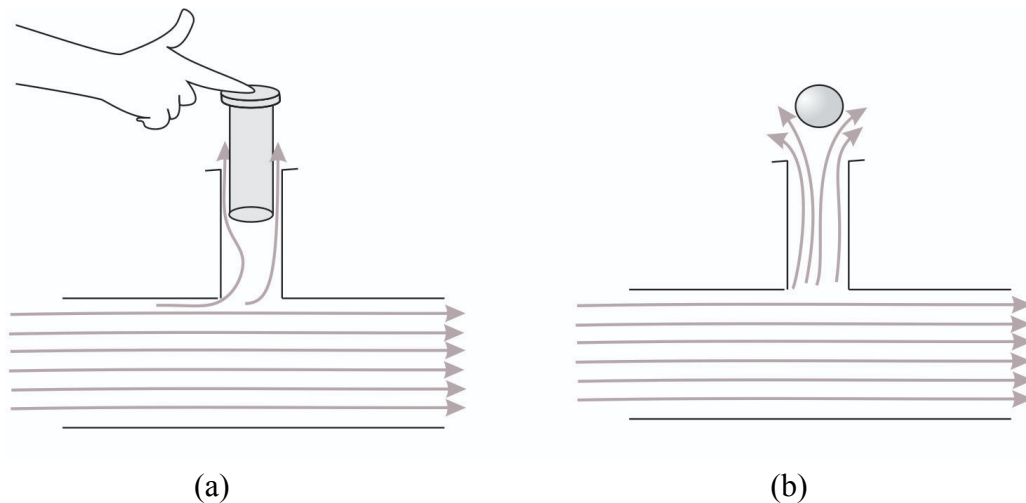
O fluido trabalhando nesse projeto é o ar, que não se comporta como um fluido ideal. No entanto, veremos que é possível apresentar previsões da EB com o seu uso no experimento.

3 MANÔMETRO DIFERENCIAL

Foram construídos dois modos de aferição com o mesmo manômetro diferencial para identificar os pontos de maior e menor pressão, de modo a possibilitar a identificação através do tato e de modo visual. A Figura 1 apresenta de forma esquemática os dois manômetros construídos.

O primeiro modo, representado na Figura 1(a), é construído com uma seringa de 20 ml, da qual é retirada a borracha interna e aberta a parte inferior de modo que a base do êmbolo entre em contato com o ar em movimento e possa subir ou descer, possibilitando a sentir a resistência no movimento de descida ao empurrar com a mão sobre o êmbolo levantado, identificando assim, o ponto de maior ou menor pressão.

Figura 1 – Figura esquemática dos modos de aferição propostos no trabalho de forma a identificar qualitativamente a pressão nos pontos de interesse.



Fonte: Autoria própria (2022)

No segundo modo, Figura 1(b), o êmbolo é retirado e o ar escapa com maior ou menor velocidade em função da pressão no ponto em que se deseja analisar a pressão. Ao colocar uma bolinha de isopor — usamos uma bolinha de 20 mm de diâmetro — a mesma flutua de forma quase estável, com maior altura para o ponto de maior pressão em relação ao ponto de menor pressão.

4 PROPOSTA EXPERIMENTAL

Propomos e construímos um sistema hidrodinâmico de modo a possibilitar a identificação qualitativa das pressões em determinados pontos. O sistema é construído com tubos e conexões de PVC (Polyvinyl Chloride, em inglês; ou policloreto de vinila), em que o fluido utilizado será o ar colocado em movimento por um secador de cabelo comercial.

4.1 Materiais e processo de construção

A Tabela 1 mostra os materiais utilizados para construção do sistema supracitado. A idealização e construção foram pautadas na utilização de materiais acessíveis com baixo custo, facilitando a replicação do modelo.

Tabela 1 – Lista de materiais utilizados no Tubo de Venturi e do Tubo de Venturi em Y.

TUBO DE VENTURI	
QTD	ITEM
02	Luva 50 mm
01	Conexão ‘T’ 50 mm com saída 20 mm
02	Bucha de redução 50x20 mm
01	Conexão ‘T’ 20 mm
02	Tubo PVC 20 mm (10 cm)
01	Tubo PVC 50 mm (10 cm)
02	Bola de isopor (poliestireno) 20 mm
02	Seringa
01	Secador

Fonte: Autoria própria (2022)

A construção do dispositivo é dada de forma simples, sem a necessidade de ferramentas específicas ou processos complexos. As ferramentas utilizadas na montagem foram, basicamente: uma serra para corte em PVC, uma fita e uma lixa.

Antes de começar a construção, é necessária a realização de alguns ajustes nos materiais. Os canos de PVC, por exemplo, não são encontrados em peças de 10 centímetros, como listado na tabela. Por este fato, realizamos estes procedimentos prévios à montagem, que será a etapa inicial.

Assim sendo, a etapa 01 consistirá em serrar o cano de modo a obter as peças com tamanhos desejados (conforme descrito na Tabela 1). Ainda nesta etapa, são retiradas as borrachas nas pontas dos êmbolos das seringas, tornando o movimento deste mais fluido dentro do cilindro. Em caso de haver atrito mesmo com a retirada das borrachas, é possível lixar, e assim, diminuir o diâmetro da parte inferior do êmbolo, que causara tal impedimento no movimento subida-descida.

De posse dos materiais e realizados os procedimentos prévios na primeira etapa, dá-se início à etapa 02, onde será realizada a ligação dos pedaços de tubos às conexões. É a etapa em que será montada a parte estrutural do dispositivo.

Feito isso, passa-se à etapa 3, onde serão feitos os encaixes das partes cilíndricas da seringa nas saídas verticais do tubo, que por não terem diâmetro exato para encaixe, pode ser resolvido com a utilização de fita, que ao ser colada em algumas camadas por cima do cilindro em sua parte inferior, servirá para aumentar o diâmetro e proporcionar o encaixe.

Na etapa 4, será realizado o último procedimento antes de pôr o equipamento para funcionar. Nesta etapa, será feita a acoplagem do secador ao tubo, onde será utilizada a fita para selar a conexão.

Por fim, a etapa 5 será destinada aos ajustes finais antes da realização do experimento. Neste momento, serão posicionados os materiais propostos para aferição da pressão (seringa ou bolinha), sendo de livre escolha o modo a ser utilizado primeiro. É aconselhado utilizar o secador no modo frio para evitar eventuais deformações na estrutura em decorrência do aumento de temperatura.

De modo esquemático, a Tabela 2 resume os processos da construção do dispositivo que foram utilizados na construção da proposta experimental.

Tabela 2 – Listagem de processos para a construção dos dispositivos.

ETAPA	PROCESSO	ATIVIDADE REALIZADA
01	Procedimentos prévios	Ajustes nos materiais
02	Montagem da parte estrutural	Ligação das peças de tubo e conexões
03	Encaixe dos cilindros	Encaixes das partes cilíndricas da seringa no tubo
04	Acoplagem do secador	Acoplar secador no tubo e selar conexão
05	Ajustes finais	Posicionar manômetros e ajustar secador

Fonte: Autoria própria (2022)

4.2 Tubo de Venturi

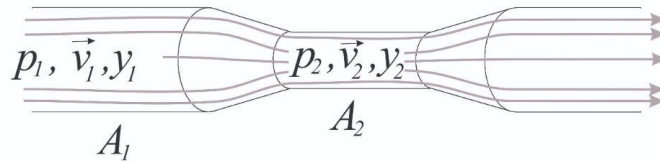
O tubo de Venturi, apresentado na Figura 2, é um sistema amplamente estudado em livros de física ao trabalhar com a EB. Ele é utilizado em diversas aplicações do nosso cotidiano, como: no carburador de combustível, sistema de borrifadores e sistemas de adubação através da irrigação (ROGERS, 2003).

Estruturalmente, o tubo de Venturi consiste em um tubo com um estreitamento – redução da seção transversal –, onde neste ponto a velocidade do fluido é maior e a pressão é reduzida em relação à parte de maior área de seção transversal, podendo chegar a ser menor até do que a pressão atmosférica. Este fenômeno observado é denominado efeito Venturi.

Tratando-se de exemplos práticos, podemos citar a ocorrência do fenômeno, por exemplo, nos borrifadores, que podem ser aplicados com a utilização de líquidos como: tinta, adubo, agrotóxico, ou qualquer líquido que se queira aspergir. O efeito Venturi nos

borrifadores ocorre a partir da redução de pressão na parte de menor área de seção transversal, que causa sucção pelo fato da pressão neste ponto ser menor do que a atmosférica. Neste caso, ao acoplar um recipiente com um líquido, este é sugado e misturado com o ar que sairá da extremidade aberta.

Figura 2 – Tubo de venturi.



Fonte: Autoria própria (2022)

A diferença entre a pressão da parte com maior área de seção transversal (p_1), e a pressão na área de menor área de seção transversal (p_2), pode ser obtida usando a EB.

Sabendo, que a linha de corrente não varia verticalmente e a gravidade é a mesma para os dois pontos, teremos que $\rho g y_1 = \rho g y_2$, o que nos permite cancelar ambos os termos dos dois lados da equação, ficando:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (2.4)$$

Como pretendemos encontrar a diferença de pressão, podemos isolar a expressão $p_1 - p_2$, de modo que:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 \quad (2.5)$$

Logo, ajustando os termos e colocando $\frac{1}{2} \rho$ em evidência, obtemos:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \quad (2.6)$$

Como $v_2 > v_1$ devido o estreitamento da área 2, pela EC as pressões serão $p_1 > p_2$. É intuitivo pensar que no ponto de estreitamento (A_2) a pressão seria maior (NUSSENZVEIG, 2014), mas é possível explicar que, na verdade, o fenômeno ocorre diferente do que propõe a nossa intuição.

Nem sempre o fato de $v_2 > v_1$ é tão claro à sensibilidade do observador. Afim de esclarecer, pode-se associar a EB e a EC, de modo que, sendo $v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2}$, teremos:

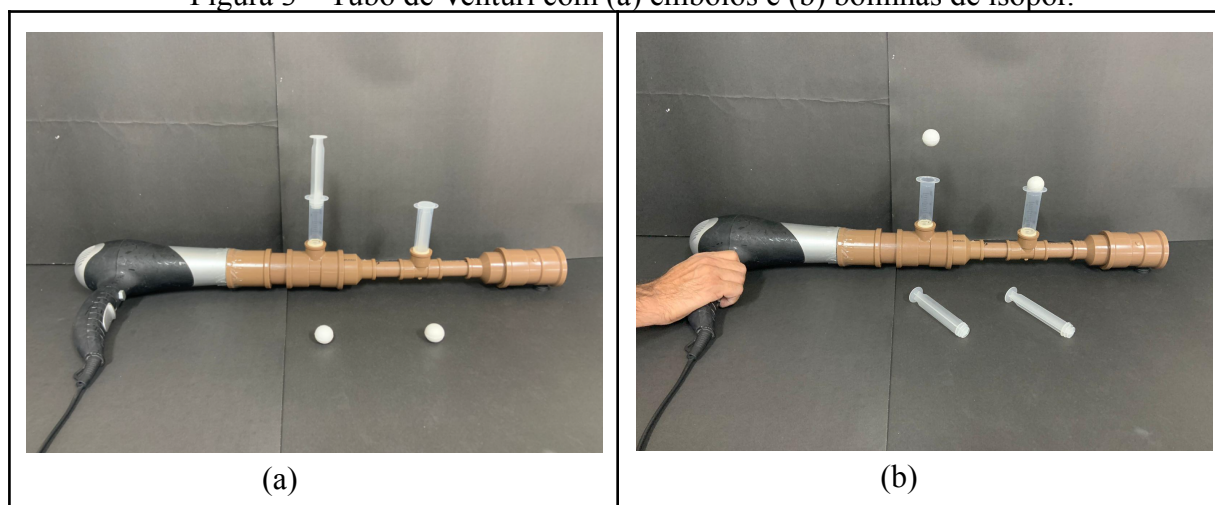
$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left(\frac{A_1^2 - A_2^2}{A_2^2} \right) \quad (2.7)$$

Neste contexto, o fato de $p_1 > p_2$ fica associado a $A_1 > A_2$, de modo a apresentar mais claramente a diferença da pressão nos pontos, dado que é mais fácil notar a diferença entre as áreas do que a diferença entre as velocidades.

Enquanto que a relação da pressão com as velocidades ocorre de modo que a pressão é menor no ponto de maior velocidade e vice-versa, temos que a ocorrência do oposto na relação entre pressão e área, de tal modo que o ponto com área maior é também o de maior pressão e o ponto de área menor é o ponto de menor pressão.

A Figura 3 mostra o dispositivo em funcionamento quando usamos (a) êmbolos e (b) bolinhas de isopor.

Figura 3 – Tubo de Venturi com (a) êmbolos e (b) bolinhas de isopor.



Fonte: Autoria própria (2022)

De forma clara, ao analisar o dispositivo em funcionamento, observa-se que a pressão no ponto de maior diâmetro é maior que no ponto mais estreito, conforme comprovado na equação 2.7.

Nestes dois casos apresentados a pressão no ponto mais estreito é menor que a pressão atmosférica, provocando sucção do êmbolo e da bolinha de isopor. Caso as pressões nestes pontos fossem maiores que a pressão atmosférica, nos êmbolos seria necessário tocá-los para perceber o ponto de maior pressão, pois ambos estariam flutuando. No caso das bolinhas, a bolinha no ponto mais estreito flutuaria em uma altura menor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de construção de alternativas de medidas analíticas de pressão trás ao ensino de física possibilidades de entendimento e discussões sobre o comportamento de fluidos, além do desenvolvimento da análise crítica da teoria envolvida.

O Tubo de Venturi é um exemplo amplamente discutido em livros didáticos e em sala de aula, de modo a validar a EB identificando suas possibilidades de uso prático. No entanto, geralmente são apresentados apenas de forma teórica e ilustrativa.

Com base nesta conjuntura, a presente proposta experimental possibilita a apresentação prática em sala de aula de um dispositivo como o Tubo de Venturi, concedendo a possibilidade de confrontar o conhecimento equivocado advindo do senso comum, pondo luz à explicação dos fenômenos com a identificação da pressão nos pontos de interesse, comprovando as equações.

Com a idealização, construção e esquematização do sistema por meio deste artigo, é pretendido a possibilitar a fácil replicação do modelo e, como consequência, propiciar a aplicação de experimentos de hidrodinâmica com materiais de baixo custo.

Os manômetros utilizados na proposta podem ser adaptados a outras alternativas de estudo de hidrodinâmica além dos expostos neste trabalho. Do mesmo modo, outros tipos de tubos podem ser desenvolvidos a partir da inspiração por meio do experimento proposto.

Alguns tipos de tubos hidráulicos não podem ser descritos pela EB devido a descontinuidade da vazão, como o exemplo de tubos em que o fluxo se divide. Nestes casos, são trazidas à luz as limitações do assunto em questão. Considerando isso, é possível observar a existência de limites da teoria, o que se faz válido pontuar como sugestão à pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, L. H., MORA, C. E., PACO H. TALERO, P. H., ORGANISTA, J. O., El Soplador mágico: un experimento discrepante en el aprendizaje de la ley de presión hidrodinámica de Bernoulli. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 4309, 2011.
- CID, A. S., CORREA, T. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 41, n 3, e20180333, 2019.
- COELHO, S. M., NUNES, a. d., **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 14, 24, 1992.
- FONSECA, D. S., DRUMMOND, J. M. H., OLIVEIRA, W. C., BATISTA, G. L. F., FRETAS, D. B. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, 64, 2017.
- FOX, R. W., MACDONALD, A. T., PRITCHARD, P. J, **Introdução à Mecânica dos Fluidos**, Oitava Edição, LTC, 2010.
- GASPAR, ALBERTO. **Atividades experimentais no ensino de física. Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: LF Editorial, 2014.
- GALLIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. **A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em Química**. Química Nova. v. 27, n. 2, p. 363-331, 2004.
- HALLIDAY, DAVID; RESNICK ROBERT; WALKER, JEARL. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Vol. 2, 10 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- JESUS, V.L.B., MACEDO JUNIOR, M.A.V. Uma discussão sobre hidrodinâmica utilizando garrafas PET, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1507, 2011.
- KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU, 1987, 80p.
- LONGUINE, M. D., NARDI, R. **Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, 19, 64, (2000)
- NOBRE A. S. **Proposta De Uma Nova Prática Para O Laboratório Na Disciplina De Física 2 - Hidrodinâmica: Tubo De Venturi**, 2013.
- NUSSENGVEIG, H.MOYSÉS, **Curso de Física Básica 2**, Ed. Edgard Blücher LTDA. São Paulo, 2014.
- ROCHA, F. S., GUADAGNINI, P. H. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 124, 2014.
- ROGERS, D.H.; BLACK, R.D. **Irrigation water measurement**. Disponível em: <<http://www.oznet.ksu.edu/library/ageng2/1877.pdf>>. Acesso em 12 de abril de 2022.
- SILVA, E. D. **A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NA EDUCAÇÃO**, (2017).
- SILVEIRA, F. L., LEVIN, Y. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, 2085, 2004.