

PROJETO DE EQUIPAMENTO PARA ESTUDO DE BOCAIS E ORIFÍCIOS PARA O LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA I DA UPM

Anna Paula R. de Abreu¹, Liliane F. Armelin²

1. Estudante da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie (EEUPM)
2. Professora e pesquisadora da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie - Departamento de Hidráulica/Orientadora

Resumo

O presente projeto tem como objetivo projetar um bancada experimental para estudo de jatos através de orifícios e bocais. Nesse aparato, permite-se compreender conceitos de carga, escoamento e desenvolvimento de jatos, medições de vazão, drenos e órgãos de descarga. Através de investigação bibliográfica na literatura vigente na área de hidráulica, catálogos, normas e manuais pertinentes permitiu a concepção da bancada, como seu funcionamento, análise crítica dos materiais escolhidos e estudo de viabilidade orçamentária. Definiu-se, também, diretrizes para sua idealização, dados os fatores limitantes concernentes à construção e utilização do aparato pela universidade. Finaliza-se então com a exposição dos métodos de funcionamento, exposição da viabilidade de materiais alternativos e demais ideias que podem ser implementadas à idealização dessa bancada.

Palavras-chave: Aparato; bancada; escoamento.

Apoio financeiro: PIBIC Mackenzie.

Trabalho selecionado para a JNIC: COPq Mackenzie.

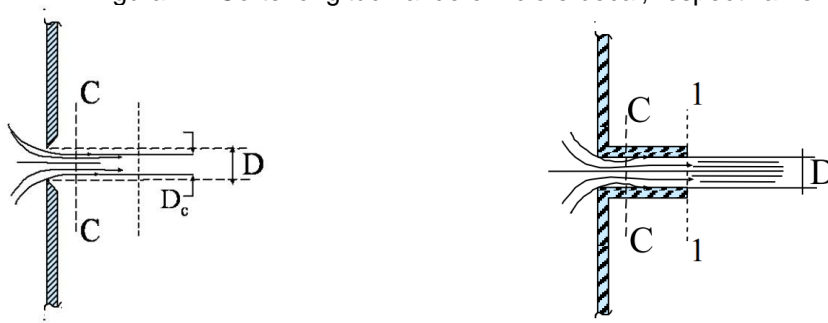
Introdução

A hidráulica é uma parte muito importante para várias engenharias, e em especial para a engenharia civil. Através dos conceitos teóricos podemos estudar o comportamento do escoamento em condutos forçados, como canos e tubulações, ou submetidos à pressão atmosférica, como córregos e canais. Um laboratório tem como objetivo aplicar os fundamentos teóricos aprendidos em aula, visualizando os conceitos e compreendendo questões-problema vistos em obras hidráulicas. O projeto consiste em uma bancada retangular que possui dispositivos acoplados que permitem o escoamento da água armazenada em seu interior. Estes dispositivos são os orifícios e bocais, muito utilizados na vida prática de quem se dedica à área de recursos hídricos.

Analisando-se duas bancadas locadas de duas universidades distintas, durante a concepção do projeto, pôde-se analisar fatores que favoreceram ou não a aprendizagem e manuseio por alunos e professores. Atenção especial foi dada para os materiais transparentes e resistentes e, devido ao sistema individual de abastecimento, a água desse aparato pode, periodicamente, ser descartada para que não se proliferem vetores de doenças.

Notou-se que a visualização do escoamento era dificultada devido aos materiais dos aparatos já existentes. Observar a variação do nível d'água (um dos pontos principais para a escolha do material do tanque) é de suma importância para a compreensão de conceitos de escoamento permanente e não permanente e a influência das linhas de convergência na contração do jato que se forma.

Figura 1 – Corte longitudinal do orifício e bocal, respectivamente



Fonte: PHD 2304 Hidráulica 2 – Laboratório – EPUSP

Tendo em vista esses fatores, houve outros pontos limitantes para a elaboração de um aparato de proporções e materiais idôneos, como sua localização. A bancada tem limitações de espaço que devem ser respeitadas, porém, uma redução extrema do modelo poderia afetar a precisão dos resultados. A limitação de espaço, durabilidade, versatilidade, manutenção facilitada e viabilidade financeira direcionaram a concepção da bancada e todo o seu desenvolvimento.

Metodologia

Inicialmente, houve pesquisa bibliográfica preliminar dos conceitos teóricos do processo, descritos por formulações simples. A pesquisa também envolveu o estudo de experiências apontadas na literatura que tiveram como objetivo levantar os coeficientes que corrigem as equações teóricas e da sua dependência do tipo, forma e dimensões da abertura, além de a carga sobre o orifício ou bocal, dentre outros fatores.

Na sequência, procurou-se conhecer outros equipamentos em operação para investigar as vantagens e desvantagens de diferentes formatos, tamanhos e materiais, observar o entendimento através da visualização e utilização de bombas e outros equipamentos adjacentes ao aparato, assim como a escolha dos componentes mais adequados para o funcionamento ideal da bancada. A intenção é basear o projeto no melhor arranjo, ou seja, um equipamento que seja robusto, versátil, viável física e economicamente, de fácil uso e compreensão por alunos e professores, composto de materiais duráveis, e, conseqüentemente, manutenção reduzida e funcionamento simples para medições coletadas fácil e rapidamente. Após as duas primeiras etapas, foi realizado o projeto básico com elaboração de desenhos, detalhes, lista de materiais e levantamento de custos.

O trabalho teve como referenciais práticos o equipamento do laboratório de hidráulica do Centro tecnológico de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo CTH-USP, sendo o ponto de partida na realização desta pesquisa por destacar-se durante tanto tempo no estudo do assunto. O tanque é feito em ferro fundido, tem seção transversal quadrada (área em planta) de 1,0327m², de lados iguais a 1,016m, sua altura é estimada em 2,011m. Possui dois orifícios e dois bocais, uma harpa para cálculo da velocidade real e alcance do jato. Possui também um piezômetro para cálculo da carga H, através desta encontra-se a velocidade teórica. Os bocais e orifícios são completamente fixados na bancada, o que não permite alteração das dimensões dos orifícios, impossibilita que estudos com novos diâmetros de orifícios nem bocais diferentes sejam feitos no equipamento.

O segundo aparato analisado foi da Armfield, denominada pelo fabricante como F1-17a, é um equipamento de porte pequeno, cilíndrico e transparente. Possui manômetros acoplados, um difusor interno e peças individuais que podem ser acopladas no orifício inferior, sendo três orifícios e dois bocais. A qualidade dos materiais utilizados neste equipamento é alta e o pequeno reservatório de material transparente facilita o entendimento e observação dos fenômenos do escoamento. No entanto, é uma bancada de dimensões muito reduzidas, dificultando a coleta de dados e fornecendo pouca precisão, retornando erros muito grandes. Hoje, o aparato é usado somente para visualização dos jatos, impossibilitando a obtenção de resultados realistas e experiências conclusivas.

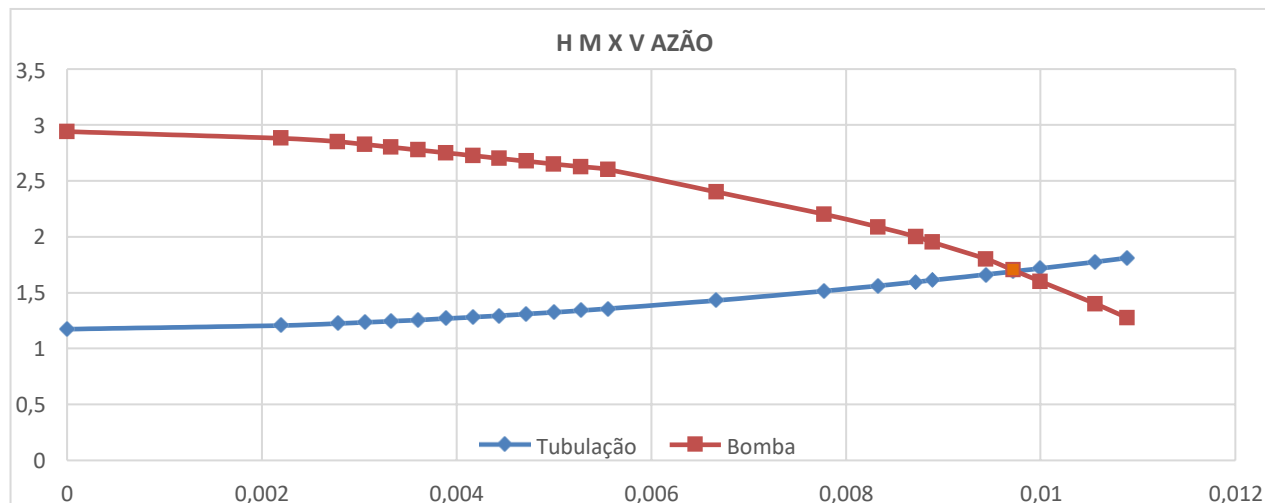
Após esse processo, realizou-se a concepção do projeto, determinação do melhor arranjo hidráulico e visualização. Através de ferramentas de engenharia, como o AutoCAD, pôde-se representar cortes esquemáticos da bancada, indicando os elementos adjacentes como tubulação, bomba, tanque inferior e tampa. Elaborou-se lista de itens, materiais e seus devidos custos.

Resultados e Discussão

A bancada possui três partes principais: o tanque superior, que comportará um volume total de 768 litros. O reservatório inferior, que armazenará a água a ser utilizada durante os experimentos, garantindo a recirculação da água e a reutilização da bancada quantas vezes forem necessárias, terá capacidade de 1050 litros, respeitando o bordo livre de 10 centímetros e volume morto com altura de 20 centímetros para garantir funcionamento afogado da bomba, evitando processos que desgastam, como a cavitação, que diminuem a vida útil deste equipamento. A tubulação adjacente será de tubo DEFoFo MPVC de 100mm de diâmetro interno, idônea para absorver os impactos gerados pela vibração da bomba.

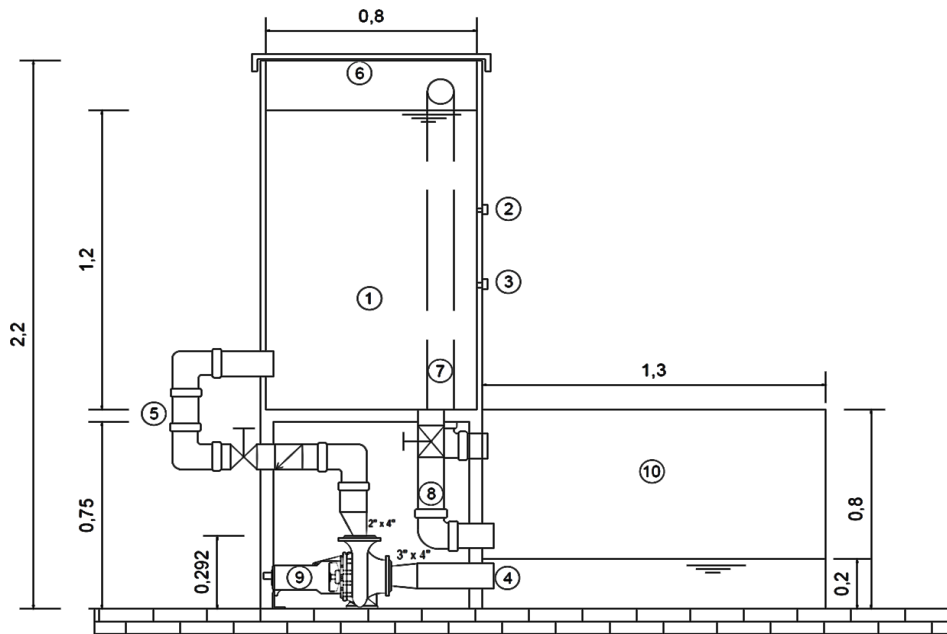
Os elementos que sustentam a bancada serão em chapas de aço galvanizado com 3mm de espessura e soldados. A tampa será em aço galvanizado, sendo instalada com duas dobradiças rebitadas a 10 centímetros da borda da chapa superior. A tampa e a base superior servirão como reforço nas paredes de acrílico de sustentação dos 768 litros, o volume quando o tanque estiver cheio.

O tanque em acrílico será fixado com silicone para aquário (especificado mais adiante). A área de contato deve estar seca, limpa, livre de pó ou óleos. As juntas deverão ter dimensões mínimas maiores que 6x6mm. A tampa e base desse tanque será de aço galvanizado e suas juntas soldadas. Diferentemente, o reservatório inferior será composto de 5 chapas de alumínio liso, liga 1100 h14. Todas as chapas metálicas tem espessura de 3mm.



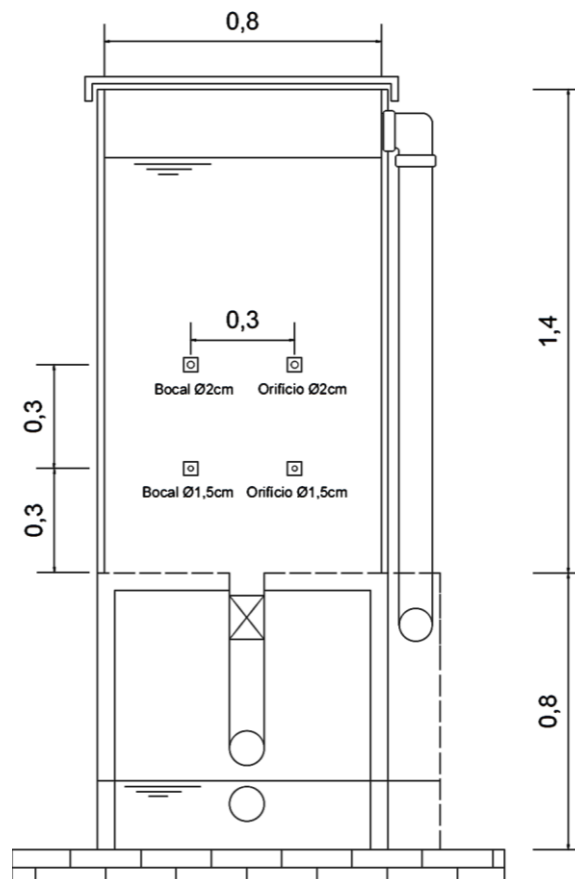
A marca escolhida, pela versatilidade e qualidade foi a KSB. A linha Meganorm compreende bombas pequenas e de alta qualidade, garantindo durabilidade, já que a bomba será usada inúmeras vezes ao dia. Porém, para que a bomba tenha sua melhor vida útil, é necessário que se tome medidas e cuidados e que se mantenha um programa de manutenção eletromecânica periódica, mais informações disponíveis no manual técnico do fabricante.

Figura 2 – Vista lateral da bancada (medidas em metros)



Fonte: a autora.

Figura 3 – Vista frontal da bancada (medidas em metros)



Fonte: a autora.

Legenda		
Nº	Peça	Material
1	Tanque	Acrílico
2	Orifício/Bocal d=2,0cm	Aço galvanizado
3	Orifício/Bocal d=1,5cm	Aço galvanizado
4	Tubulação de sucção	MPVC Defofo (100mm)
5	Tubulação de recalque	MPVC Defofo (100mm)
6	Tampa	Alumínio
7	Tubulação escape	MPVC Defofo (100mm)
8	Tubulação de descarga	MPVC Defofo (100mm)
9	Bomba Hidráulica	Ferro fundido
10	Reservatório inferior	Aço galvanizado

Figura 3 – Gráfico da altura manométrica versus curva característica da bomba

Conclusões

O valor total do material a ser utilizado no projeto é de, aproximadamente, R\$17.300,00. A bancada foi pensada para ser de fácil compreensão dos alunos, de aspecto visual agradável para o laboratório, economicamente viável, duradoura, de fácil manutenção e manuseio. Outras possibilidades de materiais também são consideradas possíveis, como o poliestireno ao acrílico, que chega a ser dez vezes mais barato. A tubulação de MPVC DEFoFo também é uma escolha de altíssima qualidade dada aos atritos que deverá suportar durante seu uso, podendo ser, de forma conveniente, substituída por outro. A mão-de-obra, soldas e silicones não foram incluídos no orçamento final.

Já a bomba, por exemplo, foi dimensionada para uma vazão um pouco maior da que realmente vai ser necessária, sendo uma de menor dimensão mais adequada e econômica para a altura manométrica requerida de 1,7m e vazão de 0,1m³/h. De acordo com a curva de funcionamento da mesma, a vazão mínima adequada para seu funcionamento da exposta neste projeto é de, aproximadamente, 6m³/h. A escolha da bomba maior ocorreu com o objetivo de conferir uma maior versatilidade ao equipamento, o que não necessariamente deva ser implantado na ocasião de sua construção.

A bancada ficará muito mais interessante através da instalação de um piezômetro e uma régua para visualização da altura da água no reservatório, que é a carga, valor utilizado nas equações teóricas aprendidas em aula, como, por exemplo, no cálculo da vazão real. Uma estrutura presente na bancada do CTH-USP, a harpa, facilita os cálculos da distância do jato, assim como melhor precisão na cronometragem, consistindo em duas hastes paralelas projetadas para a frente do tanque inclinadas a um ângulo de 45°, com fios de nylon distanciados igualmente. Destaca-se, também, a importância de se evidenciar as cotas dos orifícios.

Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16198: Medição de vazão de fluidos em condutos fechados**. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2013.

BOMBA PADRONIZADA PARA USO GERAL KSB MEGANORM. **Catálogo de curvas características**. 2013. HOUGHTALEN, R. J.; HWANG. Ned H. C.; OSMAN AKAN, A. **Engenharia Hidráulica**. 4ª Edição. São Paulo: Pearson, 2012.

NETTO, JOSÉ M. DE AZEVEDO. **Manual de Hidráulica**. 8ª edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. ARMFIELD, Instruction Manual Armfield F1-17a. **Flow through an Orifice Apparatus**. New Jersey: November, 2012.

NEVES, E.T. **Curso de Hidráulica**. Rio de Janeiro: Globo, 1979.

BAPTISTA, M; LARA M. **Fundamentos da Engenharia Hidráulica**. 4ª Edição. Belo Horizonte: UFMG, 2016.

CARVALHO, D. F. **Instalações Elevatórias: Bombas**. 2ª Edição. Minas Gerais: FUMARC - Fundação Mariana Resende Costa, 1977.

LENCASTRE, A. **Manual de Hidráulica Geral**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. 411p.

PORTO, R. de M. **Hidráulica Básica**. 4ª Edição. São Carlos: EESC/USP, 2006.