



DISPOSITIVO HIDRÁULICO DIDÁTICO DE MISTURA RÁPIDA E MEDIÇÃO DE VAZÃO

Elizabeth Regina Halfeld da Costa
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFETMG
Av. Amazonas, 5253 - Nova Suíssa
30421-169 - Belo Horizonte - Minas Gerais

Marcelo Coimbra Cristo Filho
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFETMG
Av. Amazonas, 5253 - Nova Suíssa
30421-169 - Belo Horizonte - Minas Gerais

Wederson Nunes de Oliveira
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFETMG
Av. Amazonas, 5253 - Nova Suíssa
30421-169 - Belo Horizonte - Minas Gerais

Resumo: *O desenvolvimento de protótipos nas disciplinas ministradas nos cursos de engenharia permite ao estudante vivenciar aspectos e conceitos que aguçam a curiosidade, a criatividade e a visão interdisciplinar do curso. Este trabalho apresenta a montagem de um dispositivo hidráulico de mistura rápida e medição de vazão. Tal dispositivo propiciou aos alunos do curso de engenharia a compreensão dos conceitos de gradiente de velocidade e tempo de detenção, fundamentais na mistura rápida, que é a etapa essencial do tratamento de águas de abastecimento. Além disso, o protótipo permitiu a aferição da vazão, parâmetro importante na concepção de estações de tratamento de águas e efluentes. Para tanto, foi utilizado um vertedor triangular em função de sua precisão para pequenas vazões. O protótipo foi concebido com baixo custo a partir de material em acrílico e tubos de PVC reutilizados. O dispositivo hoje é utilizado didaticamente em aulas práticas em várias disciplinas do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.*

Palavras-chave: *Dispositivo hidráulico didático, Mistura rápida, Medição de vazão, Tratamento de águas.*

1. INTRODUÇÃO

Há muito tempo que os vertedores têm sido utilizados na medição de vazão em pequenos cursos d'água e em condutos livres, por isso seu estudo é de grande importância na engenharia. Os vertedores apresentam comportamentos diversos dependendo de sua

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





forma e disposição, os quais são associados fórmulas práticas que correlacionam a vazão e a altura da lâmina d'água sobre ele.

AZEVEDO NETTO (1998) descreve os vertedores triangulares como mais precisos na medida de carga correspondentes as vazões reduzidas. São recomendados para medição de vazão abaixo de 30 L/s, com cargas entre 0,06 e 0,5 m (PORTO, 2013). Para vertedores triangulares recomenda a Fórmula de Thompson (AZEVEDO NETTO, 1998).

$$Q = 1,4H^{5/2} \quad (1)$$

Onde Q, é a vazão dada em m/s e H, a carga, dada em m.

Vertedouros são muito utilizados em estações de tratamento de água a fim de promover a mistura rápida de coagulantes. Para tanto, uma calha perfurada deve ser colocada sobre a lâmina d'água vertente, para promover a distribuição do coagulante na massa líquida. A energia resultante da queda d'água oriunda do vertedor, em um recipiente devidamente dimensionado, propiciará excelentes condições de mistura rápida.

Os conceitos de gradiente de velocidade e tempo de detenção na mistura rápida são fundamentais para a compreensão do processo de coagulação de produtos químicos. O gradiente de velocidade representa em termos físicos, o número de oportunidades de colisões em um determinado tempo, que duas partículas experimentam, em função de uma energia externa fornecida ao sistema, o qual se encontram as partículas. A oportunidade de choque entre as partículas deve ocorrer em um curto espaço de tempo. A literatura define gradiente de velocidade como:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}} \quad (2)$$

Sendo:

$$P = \gamma Q h_f \quad (3)$$

Onde:

γ é o peso específico da água = 1000 kgf/m³;

Q = vazão m³/s;

h_f = perda de carga (m);

$\mu_{H_2O, 20^\circ C} = 10^{-4}$ kgf.m⁻².s

V = volume em que a perda se dissipa (m³);

P = potência fornecida à massa líquida (kgf.m/s).

A compreensão dos conceitos que envolvem a coagulação química pode parecer complexa quando descritos sem uma vivência experimental. A montagem de um dispositivo de mistura rápida e medição de vazão permite, de forma prática e aplicada, o entendimento dos conceitos de gradiente e tempo de mistura.

O dispositivo hidráulico foi construído de forma simples e com materiais

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





reutilizados e de baixo custo, permitindo aos alunos, desde o início de sua construção, desenvolver conhecimentos em torno dos parâmetros hidráulicos que envolvem a coagulação. O dispositivo hoje é utilizado didaticamente em aulas práticas nas disciplinas do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

2.OBJETIVO

Montagem de um dispositivo hidráulico de mistura rápida e medição de vazão que permita de forma prática e aplicada, a compreensão dos conceitos de gradiente de mistura rápida e tempo de detenção.

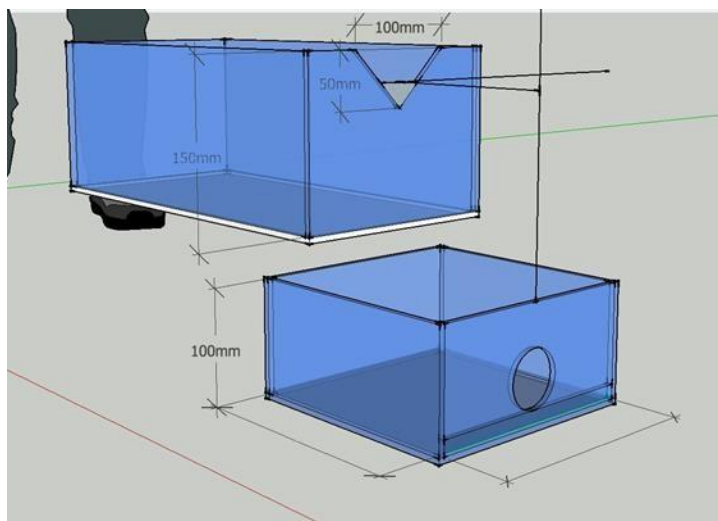
3.DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O trabalho foi desenvolvido a partir dos conceitos dados em sala de aula. Perguntas referentes à coagulação química, carga hidráulica, variação de gradientes de velocidade e tempo de mistura levaram os alunos a fazer o projeto do protótipo, capaz de medir vazão e promover mistura de coagulantes.

Dentre os dispositivos hidráulicos capazes de medir vazão o vertedor triangular foi escolhido por apresentar precisão na medição e facilidade de construção. Para montagem foram escolhidas peças em acrílico e tubos de PVC reutilizados que atuaram na estrutura e na condução da água.

A figura 1 mostra o projeto de concepção do dispositivo de mistura rápida e medição de vazão.

Figura 1: Projeto de concepção do dispositivo de mistura rápida e medição de vazão.



Duas caixas em acrílico de dimensões distintas foram construídas e sobrepostas, por meio de uma estrutura em PVC, a qual possibilitou a locação da segunda caixa em diferentes alturas para simular as diversas possibilidades de introdução de energia externa ao sistema. Na primeira caixa instalou-se uma tubulação de entrada de água e o próprio vertedor triangular. Na segunda (caixa de mistura) foi instalada uma tubulação de saída

Organização



Promoção





de forma a limitar o volume de mistura atendendo ao tempo de detenção recomendado pela NBR 12216/92, para a coagulação.

Um tudo de PVC conduziu a água até a caixa com o vertedor. Um registro de gaveta foi colocado nesta tubulação para variar a vazão. A entrada de água por este tubo foi determinada empiricamente, de forma a impedir quaisquer oscilações na lâmina de água sobre o vertedor, permitindo a medição mais apurada da vazão. Uma régua milimétrica foi instalada no vertedor para medir a lâmina de água (H) sobre o vertedor possibilitando o cálculo da vazão (Q) usando a fórmula de Thompson, como mostrado na Equação (1).

A dispersão do coagulante foi simulada utilizando-se uma pisseta com tinta a base de água sobre a lâmina de água vertente. As diferentes alturas entre lâminas de água nas duas caixas permitiam o cálculo do gradiente de velocidade utilizando as Equações (2) e (3). O tempo de mistura foi calculado considerando o volume da caixa de mistura que tinha sua altura limitada pela geratriz inferior da tubulação de saída da caixa.

A figura 2 mostra toda a estrutura montada em 3 posições diferentes mostrando a flexibilidade de variação do dispositivo no cálculo dos gradientes de velocidade.

Figura 2: Estrutura montada em posições diferentes



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta o resultado do aprendizado dos alunos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET-MG a partir da montagem de um dispositivo hidráulico de mistura e medição de vazão, que propiciou o estudo e a compreensão dos conceitos de gradiente de velocidade e tempo de detenção, fundamentais na mistura rápida (etapa fundamental do tratamento de águas de abastecimento).

A montagem do protótipo funcionou como forte agente motivador na disciplina de tratamento de águas, ampliando a visão prática de dimensionamento de estruturas hidráulicas e os desafios construtivos e operacionais de projetos.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público, NBR 12216, Rio de Janeiro, ABNT, 1992.

VIANNA, Marcos Rocha. *Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água*. 2ªed. Belo Horizonte: Ed. Imprimatur Artes Ltda., 2002. Vol.1.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. *Manual de Hidráulica*. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

PORTO, Rodrigo de Melo. *Hidráulica básica*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da USP, 2003.

DIDATIC HYDRAULIC DEVICE FOR RAPID MIXTURE AND FLOW METER

Abstract: *The development of prototypes in the classes of engineering courses allows the student to experience aspects and concepts that promote curiosity, creativity and the interdisciplinary approach to the course. This paper presents the assembly of a hydraulic device for rapid mixture and flow meter. Such a device made it possible for the students in the engineering course to understand the concepts of speed gradient and detention time, fundamental in the rapid mixture, which is a major stage for municipal water treatment. In addition, the prototype allowed the measurement of the flow, important parameter in the conception of water and wastewater treatment plants. For this purpose, a triangular spout was employed, because of its precision in small flows. The prototype was a low cost design, using recycled acrylic and PVC tubes. The device is used for teaching in workshops in the Environmental and Sanitary Engineering course.*

Key-words: *teaching hydraulic device, rapid mixture, flow meter, water treatment*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção



Associação Brasileira de Educação em Engenharia