



MUDANÇAS CLIMÁTICAS E NOVAS ESTRATÉGIAS DE DEFESA CONTRA INUNDAÇÕES DE ÁREAS URBANAS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5385

Autores: GILBERTO JOÃO PAVANI, SERGIO ADALBERTO PAVANI

Resumo: As mudanças climáticas que agem sobre o nosso ambiente provocam alterações nos sistemas de precipitações pluviométricas, gerando períodos de secas e de chuvas prolongadas com desastrosas consequências como as enchentes ocorridas recentemente no estado Rio Grande do Sul que causaram incontáveis perdas humanas e materiais. A Bomba Helicoidal Vertical Sem Vedações proposta é uma solução viável para prevenir perdas em enchentes e alagamentos que ocorrem em zonas baixas de diversas regiões do Brasil, sendo uma opção econômica, eficiente que, também, pode ser utilizada em sistemas de irrigação de baixa cota, como lavouras de arroz localizadas em planícies alagáveis.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Enchente; Bomba de Arquimedes; Falhas na manutenção; Perdas humanas e materiais

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E NOVAS ESTRATÉGIAS DE DEFESA CONTRA INUNDAÇÕES DE ÁREAS URBANAS

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, as universidades têm como meta a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, ou seja, as instituições de ensino superior devem trabalhar estes eixos formativos de maneira equivalente e justaposta. O ensino aliado à pesquisa possibilita o desenvolvimento de novas tecnologias com enfoque profissional enquanto o ensino partilhado com a extensão possibilita a formação acadêmica contextualizada às questões urgentes da sociedade brasileira.

As mudanças climáticas que ocorrem em nosso ambiente provocam alterações nos sistemas de precipitações pluviométricas, gerando períodos de secas e de chuvas prolongadas com desastrosas consequências como as enchentes ocorridas recentemente no estado Rio Grande do Sul que causaram incontáveis perdas humanas e materiais, requerendo medidas urgentes que devem encontrar eco na formação acadêmica que, geralmente, apresenta as boas práticas de engenharia que são soluções conservadoras.

A ocorrência da enchente catastrófica no Rio Grande do Sul em 1941 (Guimaraens, 2009) originou o projeto do Sistema de Proteção Contra a Cheias com a finalidade de proteger Porto Alegre e arredores contra “novas” cheias, mas devido a falhas mecânicas, operacionais e estratégicas não protegeu a capital gaúcha contra as cheias ocorridas nos anos de 2023 e 2024, em maio do corrente ano, mostrando as fragilidades do sistema (g1, 2024) e a busca de novas soluções para velhos problemas. Após a grande inundação, voluntários e gestores públicos buscaram solucionar os problemas ocorridos com as mesmas soluções.

Segundo a imprensa (Estadão, 2024), o principal problema que causou uma tragédia social e econômica, com consequências ainda não totalmente mensuradas foram as falhas na manutenção dos equipamentos que necessitaria de R\$ 400 milhões em investimentos para a recuperação das casas de bombas, muros e diques, ou seja, 5% (cinco por cento) do prejuízo estimado de R\$ 8 bilhões causado pela última enchente.

2 A ENCHENTE DE PORTO ALEGRE

Regiões alagáveis ou permanentemente alagadas como os Países Baixos (Exame, 2024) e Veneza na Itália (UOL, 2024) necessitam de sistemas complexos e de alto custo para evitar a elevação dos níveis de água, sendo viáveis para regiões que conseguem direcionar recursos financeiros suficientes, mas a grande de Porto Alegre onde as soluções tradicionais que apresentaram falhas e fragilidades, destacando-se o que segue:

- Bombas de drenagem em Casas de Bombas alagáveis e sem a proteção elétrica adequada, conforme determina a NBR 5410 (ABNT, 2004);
- Sistemas de drenagem pluvial mistos que são efetivos em cotas baixas do Rio Guaíba, mas que apresentam falhas no sistema de válvulas de retenção em situações de alta cota, permitindo o refluxo de águas contaminadas do estuário que banha Porto Alegre, alagando suas ruas e moradias;
- Bombas sensíveis a entupimento por entulhos, o que deve ser considerado no caso de enchentes, sendo que as embalagens plásticas presentes no lixo urbano são extremamente prejudiciais a estes equipamentos, mas que na época do projeto e construção do sistema de proteção contra as cheias da Grande Porto

Alegre praticamente não existiam, ou seja, não era uma preocupação vigente e importante para o funcionamento do sistema de drenagem como é hoje em dia;

- Dificuldade de acesso às casas de bombas, tornando a manutenção destes equipamentos demorada e custosa, sendo impraticável durante as cheias;
- Sistema de alimentação elétrica inadequada para áreas alagáveis, obrigando a empresa concessionária a desligar a rede urbana para prevenir acidentes o que dificulta as operações de resgate e salvamento.

Os problemas acima citados poderiam ser minorados se o ensino das boas práticas de engenharia fosse permeado pela pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias adequadas às necessidades específicas da região geográfica onde se localiza Porto Alegre.

3 ALTERNATIVAS PARA PREVENIR A INUNDAÇÃO DE REGIÕES ALAGÁVEIS

Como as soluções existentes para o sistema de proteção contra as cheias na região da Grande Porto Alegre mostraram-se ineficazes, pois eliminar a possibilidade de novas falhas será oneroso e demorado, há necessidade de uma nova solução para este problema recorrente de drenagem urbana.

As soluções tradicionais quando revisitadas adequadamente transformam-se em novas soluções que podem resolver os problemas de uma determinada região, em especial, os sistemas de drenagem convencionais que apresentam dois principais tipos de bombas: as centrífugas (verticais e horizontais) e as do tipo Arquimedes cujas características serão apresentadas a seguir.

No caso de águas poluídas com detritos flutuantes, característico na ocorrência de enchentes urbanas, as bombas centrífugas exigem um sistema automatizado de filtragem na sucção para manter a sucção das bombas liberada que apresenta alto custo de instalação e manutenção.

As bombas do tipo Arquimedes são indicadas para poluídas por detritos sólidos, flutuantes ou arrastados pelas correntes, mas apresentam alto custo de fabricação e requerem construções de concreto de grande porte para sua instalação (Ubando, 2022).

As bombas tipo Arquimedes são, normalmente, formadas por um eixo inclinado entre 30 e 37 graus, circundado por um helicóide de aço e uma calha circular complementada por paredes verticais (Nagel, 1968) (Waters, 2015). São equipamentos que, além do alto custo de aquisição e instalação, apresentam problemas de manutenção, especialmente, no mancal inferior.

Apesar de suas limitações técnicas, as bombas de Arquimedes ainda são consideradas uma boa opção para o esgotamento ou elevação de águas residuais em relação às bombas centrífugas, mesmo apresentando restrições quanto ao alto custo, maior espaço demandado e maior tempo de instalação (Rorres, 2000) (Burt, 2008).

Assim, há necessidade da pesquisa acadêmica para encontrar soluções adequadas para o problema que tende a se repetir devido ao agravamento das mudanças climáticas, possibilitando o desenvolvimento de novas tecnologias que tragam soluções viáveis para a prevenção de enchentes urbanas como a ocorrida em Porto Alegre.

4 PESQUISA DA SOLUÇÃO A SER IMPLEMENTADA

O ensino de engenharia, geralmente, está aliado à pesquisa qualitativa ou quantitativa (Borrego, 2009), com elogiáveis ações como a sala de aula invertida (Kerr,

2015) e a pesquisa exploratória que busca maior proximidade com o objeto de estudo (Cervo, 2007) como no caso da bomba de Arquimedes (BA).

Assim, ao escolher como objeto de estudo a BA, deu-se início ao processo de análise do problema, destacando-se os seguintes pontos positivos:

- Capacidade de transportar qualquer água e outros líquidos com diferentes tipos de contaminantes;
- Possibilidade de manter a “sucção” (captação do líquido) com cotas baixas, ou seja, não exigem alta submersão da sucção para evitar a cavitação, entre outros problemas;
- Capacidade de transportar sólidos de diversas formas e densidades, dependendo basicamente do espaçamento do helicóide.

Os pontos negativos das BAs são os seguintes:

- Fabricação complexa além de exigir uma estrutura de concreto “in situ”;
- Necessidade de grande área para a montagem e instalação devido à posição inclinada do seu eixo;
- Dificuldade da manutenção do mancal do helicóide de entrada, pois permanece sempre abaixo do nível da água, exigindo drenagem do canal de sucção.

Baseado em técnicas de gerenciamento de projetos (PMBOK, 2017), foram analisados os pontos positivos e negativos acima citados, gerando as seguintes metas de projeto para o desenvolvimento de uma nova BA:

- Simplificar a fabricação da bomba, eliminando a estrutura de concreto;
- Reduzir a área ocupada pela bomba;
- Facilitar a manutenção, especialmente, do mancal inferior da bomba.

O resultado deste projeto de pesquisa foi o desenvolvimento de uma nova configuração da BA chamada de Bomba Helicoidal Vertical Sem Vedações (BHVSV) que agrega os pontos positivos da BA e elimina seus pontos negativos.

Foi construído, com recursos próprios dos autores, um modelo experimental da BHVSV com capacidade de elevação de 2000 mm, vazão nominal de 200 m³/h à 550 rpm, potência instalada de 3 CV com motor trifásico de IV polos, transmissão de potência por polias e correias em V e controle através de conversor de frequência para partida e variação da velocidade do eixo da bomba.

5 REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado utilizando um tambor de aço com capacidade para 200 litros, um tanque de água comercial com capacidade para 300 litros com montagem elevada e uma tubulação de DN 50 mm com válvula para descarrega da água do tanque no tambor de aço.

A BHVSV foi montada no tambor com o auxílio de uma empilhadeira hidráulica manual, próxima do tanque e ao ligar a bomba, ela descarregava a água contida no tambor para o tanque.

A vazão foi determinada pelo tempo de descarregamento da água no tambor, sendo modificada pela seleção da velocidade do motor elétrico através de um conversor de frequência, gerando uma vazão maior ou menor, conforme a seleção realizada.

As características identificadas foram as seguintes:

- Submersão da sucção: 0 (zero) – os testes práticos demonstraram que a sucção necessária em tanques de testes foi nula, pois após a drenagem do tanque (reservatório de água de 300 litros), o nível era de aproximadamente 10 mm acima da boca de sucção da bomba;
- Presença de sólidos – apresentou resultados satisfatórios, pois foram usadas nos testes bolas de plástico com diâmetro de 60 mm que passaram facilmente pelo corpo de uma bomba com 200 mm de diâmetro, ou seja, o eixo de 60 mm resulta em um raio livre de $(\text{Raio do corpo} - \text{Raio do eixo}) = 100 - 30 = 70$, sendo que a maioria das bolas passou intacta pela bomba;
- Montagem – a BHVSV pode ser montada em qualquer estrutura, sendo idealmente considerada a descarga livre em uma calha ou canal;
- Fabricação – este modelo de bomba pode ser fabricado em aço carbono em diversas fábricas e instalações de caldeiraria industrial existentes no Rio Grande do Sul, contribuindo para a redução do desemprego na região;
- Sistema de alimentação elétrico – para as BHVSV móveis que poderão ser instaladas ante a previsão de enchente ou alagamento pontual, os sistemas de alimentação também poderão ser móveis, devendo existir rede elétrica compatível nas proximidades;
- Resistência aos sistemas de enchente – devido ao motor ser instalado no topo da bomba, este estaria a uma altura superior a 1.000 mm acima da borda de descarga da bomba;
- Facilidade de manutenção: devido à construção simples, pois todo o sistema de bombeamento é apoiado por um conjunto de mancais acessíveis pelo topo da bomba, mas o sistema deverá contar com rolamentos resistentes à projeção de chuvas.

As Figuras 1 e 2 mostram o transporte e a vazão mínima da BHVSV em operação:

Figura 1 – Transporte da BHVSV



Figura 2 – Vazão mínima da BHVSV



Fonte: acervo dos autores

6 CONCLUSÕES

A proposta de desenvolver industrialmente a Bomba Helicoidal Vertical Sem Vedações (BHVSV) para situações de enchentes e alagamentos que ocorrem em zonas baixas de diversas regiões do Brasil tornou-se uma opção econômica, eficiente e que pode alavancar a economia regional devido à fabricação local de bombas, pois também poderão ser aplicadas em sistemas de irrigação de baixa cota como lavouras de arroz localizadas em planícies alagáveis.

Para a efetiva aplicação das BHVSV serão necessários ensaios e testes adicionais para determinar com precisão a potência e a rotação ideais para cada altura de descarga e vazão exigida que podem ser realizados com a colaboração dos estudantes em um projeto de pesquisa.

A BHVSV mostra-se resistente aos principais fatores limitantes das bombas convencionais como a presença de sólidos de grande volume como sacos de lixo que flutuam nas águas de enchentes, presença de bolhas de ar ou vórtices com grande entrada de ar que geram perda da escorva e paralização do fluxo, variação da temperatura, viscosidade e densidade, sendo um caso de sucesso da aplicação da pesquisa exploratória contribuindo com o aumento da qualidade do ensino de engenharia.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 5410** - Instalações elétricas de baixa tensão - Rio de Janeiro, 2004.

Borrego M, Douglas EP, Amelink CT, **Quantitative, Qualitative, and Mixed Research Methods in Engineering Education**, Journal of Engineering Education, v. 98, Issue 1, p. 53-66, 2009, <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2009.tb01005.x>

Burt C, Piao X, Gaudi F, Busch B, Taufik N, **Electric Motor Efficiency under Variable Frequencies and Loads**, Journal of Irrigation and Drainage Engineering 134:129-136, 2008, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(2008\)134:2\(129\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(2008)134:2(129))

Cervo AL, Bervian PA, Silva R, **Metodologia Científica**, 6 ed, São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN: 978-8576050476

Estadão - <https://www.estadao.com.br/sustentabilidade/porto-alegre-prejuizo-custo-prevencao-diques/> - Acesso em 09/06/2024

Exame - <https://exame.com/mundo/holanda-especialista-em-protecao-contra-a-ameaca-da-agua/> - Acesso em 09/06/2024

g1 - <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2024/05/18/por-que-sistema-contra-cheias-nao-funcionou-em-porto-alegre.ghtml> - Acesso em 09/06/2024

Guimaraens R, **A Enchente de 41**, Editora Libretos: Porto Alegre. ISBN 8588412217, 2009

Kerr B, **The flipped classroom in engineering education: a survey of the research**, International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL), Firenze, Italy, p. 815-818, 2015, <https://doi.org/10.1109/ICL.2015.7318133>

Nagel G, **Archimedian Screw Pump Handbook**, Ritz Pumpenfabrik OHG, Schwabisch Gmund, 1968

Project Management Institute, **A guide to the Project Management Body of Knowledge - PMBOK guide**, 6 ed, Project Management Institute, 2017

Rorres C, **The turn of the screw: optimal design of an Archimedes screw**, Journal of Hydraulic Engineering 126:72-80, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(2000\)126:1\(72\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(2000)126:1(72)), 2000

Ubando AT, Marfori IAV III, Peradilla MS, Sy CL, Calapatia AMA, Chen W-H, **Sustainable Manufacturability of Archimedes Screw Turbines: A Critical Review**, Journal of Manufacturing and Materials Processing. 6(6):161, 2022. <https://doi.org/10.3390/jmmp6060161>

UOL - <https://www.uol.com.br/nossa/noticias/ansa/2021/11/06/acqua-alta-provoca-alagamento-na-praca-san-marco-em-veneza.htm> - Acesso em 09/06/2024

Waters S, Aggidis GA, **Over 2000 years in review: Revival of the Archimedes Screw from Pump to Turbine**, Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 51, p. 497-505, ISSN 1364-0321, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.028>

CLIMATE CHANGE AND NEW FLOOD DEFENSE STRATEGIES IN URBAN AREAS

Abstract: The climate changes affecting our environment causes changes in rainfall systems, generating periods of drought and prolonged rain with disastrous consequences, such as the recent floods in the state of Rio Grande do Sul, which caused countless human and material losses. The proposed Seales Vertical Helicoidal Pump is a viable solution to prevent losses due to floods and inundations that occur in low-lying areas in various regions of Brazil. It is an economical and efficient option that can also be used in low-lying irrigation systems, such as rice fields located in floodplains.

Keywords: Climate change, Flood, Archimedes Bomb, Maintenance failures, Human and material losses

