

SIMULAÇÃO NUMÉRICA TRIDIMENSIONAL DE UM DISPOSITIVO DE COLUNA DE ÁGUA OSCILANTE

LOPES, Nathalia da Rosa Lopes¹; MACHADO, Bianca Neves¹; DOS SANTOS, Elizaldo Domingues¹; SOUZA, Jeferson Avila¹; ISOLDI, Liércio André²

¹Universidade Federal do Rio Grande – nathaliapel@hotmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande – liercioisoldi@furg.br

1. INTRODUÇÃO

Muitos países tem investido na exploração de novas fontes de energia para gerar eletricidade, pois a maior parte dela ainda é gerada por combustíveis fósseis que além de serem prejudiciais ao meio ambiente, correm risco de escassez em pouco tempo. A tendência é utilizar fontes renováveis de energia, existindo um grande destaque para a conversão de energia das ondas oceânicas em energia elétrica. A energia das ondas possui um potencial de aproximadamente de 2 TW que é da mesma ordem de grandeza do consumo de eletricidade no mundo (BARSTOW; MOLISSON, 2008). A potência estimada na região sul do Brasil é de 30 kW/m, sendo um recurso possível de ser explorado.

Para a exploração desse recurso, existem vários dispositivos, dentre eles os conversores tipo Coluna de Água Oscilante (CAO) que são, basicamente, estruturas ocas parcialmente submersas, abertas para o mar abaixo da superfície livre da água.

O processo de geração de eletricidade segue duas fases: quando uma onda entra na estrutura o ar que se encontrava dentro dela é forçado a passar por uma turbina, como consequência direta do aumento de pressão na câmara. Quando a onda regressa ao mar o ar passa novamente na turbina, desta vez no sentido inverso, dada a pressão inferior no interior desta câmara. Para aproveitar estes movimentos de sentidos opostos a turbina utilizada é, normalmente, do tipo Wells, que possui a propriedade de manter o sentido de rotação independentemente do sentido do escoamento. Esta turbina é acoplada a um gerador, sendo estes equipamentos os responsáveis diretos pela geração da energia elétrica (CRUZ; SARMENTO, 2004).

Algumas técnicas já foram usadas para simular o comportamento fluidodinâmico do dispositivo CAO. CONDE; GATO (2008) analisaram o escoamento do ar em uma CAO equipada com duas chaminés, onde o movimento oscilatório do ar no interior da câmara foi reproduzido por uma função senoidal aplicada à parte inferior da CAO. Já LIU et al (2008) monitoraram a elevação de água no interior do dispositivo, por meio do método *Volume of Fluid* (VOF), que simula a interação da água e do ar. GOMES et al (2009a) desenvolveram simulações numéricas bi e tridimensionais, aplicando o método VOF para simular a interação de ondas incidentes com a CAO. GOMES et al (2009b) analisaram também a influência da variação do comprimento de uma CAO no aproveitamento da energia da onda, variando apenas o comprimento do dispositivo, mantendo as demais dimensões constantes.

Neste trabalho, analisa-se numericamente o princípio de funcionamento de um dispositivo CAO submetido à incidência de ondas regulares, a fim de observar a variação das velocidades na direção y e o fluxo de ar, características que

influenciam diretamente no acionamento da turbina que aliada ao gerador é responsável pela conversão da energia das ondas oceânicas em energia elétrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para simular o dispositivo CAO, foi utilizado um modelo tridimensional, no qual foram usadas dimensões em escala de laboratório para a elaboração do domínio computacional, através do software GAMBIT. Um tanque de ondas com 6 m de comprimento, 1 m de altura e 1 m de largura foi adotado, onde ondas regulares com período de 0.8 s, altura de 0.14 m e comprimento de 1 m foram geradas.

Primeiramente, para validar a geração das ondas regulares empregadas neste trabalho, foi medida a elevação da superfície livre da água dentro de um tanque de ondas, sem a presença do conversor CAO, através de uma sonda numérica posicionada a 2 m de sua lateral esquerda. Estes valores foram comparados aos obtidos analiticamente pela equação de Stokes de 2ª ordem, para a descrição da superfície livre da água, utilizada por GOMES (2009a).

$$h(x,t) = \frac{H}{2} \cos(kx - \omega t) + \frac{H^2}{16} \frac{k \cosh(kh)}{\sinh^4(kh)} (2 + \cosh(2kh)) \cos 2(kx - \omega t) \quad (1)$$

Para a geração das ondas, foi imposta na lateral esquerda do tanque de ondas, uma variação de velocidades nas direções horizontal e vertical, através de uma UDF (*User Defined Function*) que se baseia na Teoria de Stokes de 2ª Ordem, conforme GOMES (2009a).

Além disso, foi adotado o método VOF que simula a interação de dois ou mais fluidos imiscíveis, nesse caso entre a água e o ar. A solução das equações governantes do problema (Equação da continuidade e de Navier Stokes) em estudo foi realizada no software FLUENT, baseado no Método dos Volumes Finitos (MVF).

Após essa validação foi acoplado a este tanque de ondas, o dispositivo CAO, posicionado a uma distância de 2.5 m do gerador de ondas, como mostra a Figura 1.

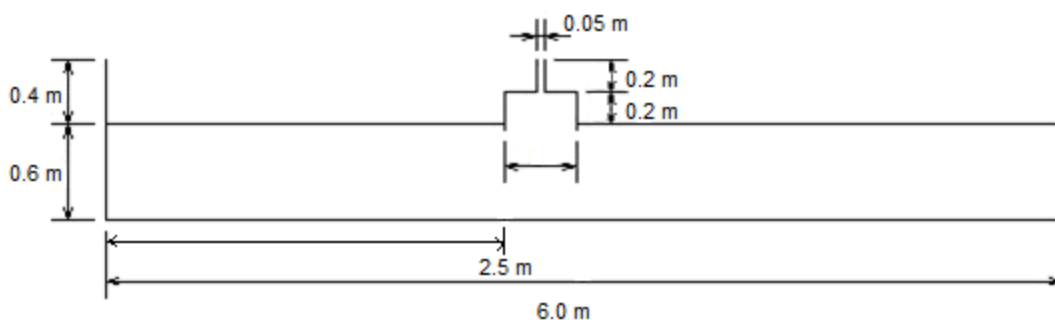


Figura 1: Domínio computacional

Por fim, analisaram-se as variações da velocidade do ar, dentro da câmara, na direção y e, o fluxo de ar que passou pela turbina por meio de uma sonda numérica, localizada no topo da chaminé.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 apresenta-se a comparação da solução numérica com a solução analítica (Eq. 1), para a elevação da superfície livre. Cabe destacar que as

dimensões do tanque de ondas utilizado para esse teste são as mesmas apresentadas na Figura 1.

O erro médio entre os resultados numérico e analítico foi de 3.6 %, apresentando boa concordância.

Na Figura 3 mostra-se a configuração da onda formada ao longo do tanque acoplado ao dispositivo CAO.

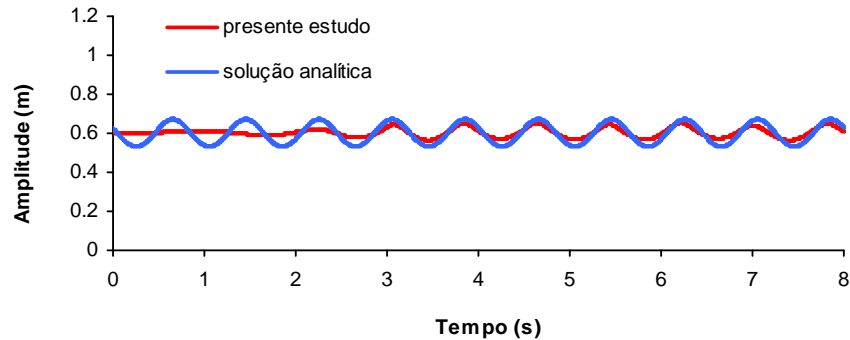


Figura 2: Elevação da superfície da água na posição $x = 2$ m

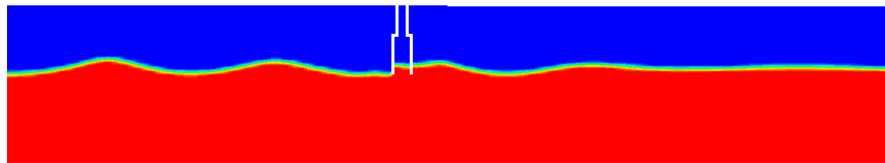


Figura 3: Tanque de Ondas

Sabe-se que o fluxo de ar, ao passar pela turbina instalada na chaminé da CAO, será responsável pela movimentação da turbina e, conseqüentemente, pela geração da energia elétrica. Então, foi analisado o fluxo de massa de ar que passou pela chaminé ao longo de um período de 8 s, como mostra a Figura 4.

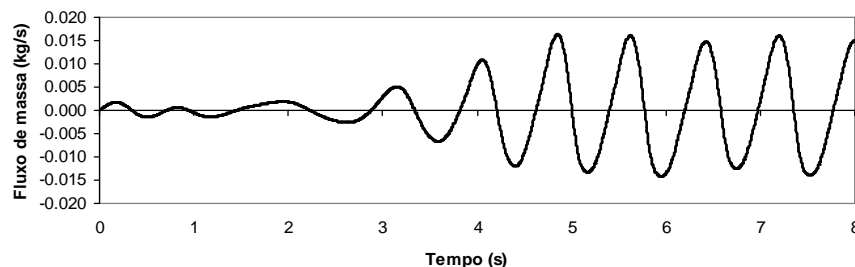


Figura 4: Variação do fluxo de ar, no topo da chaminé, num período de 0 a 8 s

O total de fluxo de massa que passou pela chaminé, nesse período de tempo foi de 8.8 kg/s. Através da Figura 4 é possível perceber o movimento oscilatório do ar, no interior do dispositivo, resultante da sua interação com as ondas oceânicas, fato que torna possível transformação da energia das ondas em energia elétrica.

A Figura 5 mostra os movimentos de compressão e de decompressão do ar no interior da câmara, devido à incidência das ondas sobre a mesma.

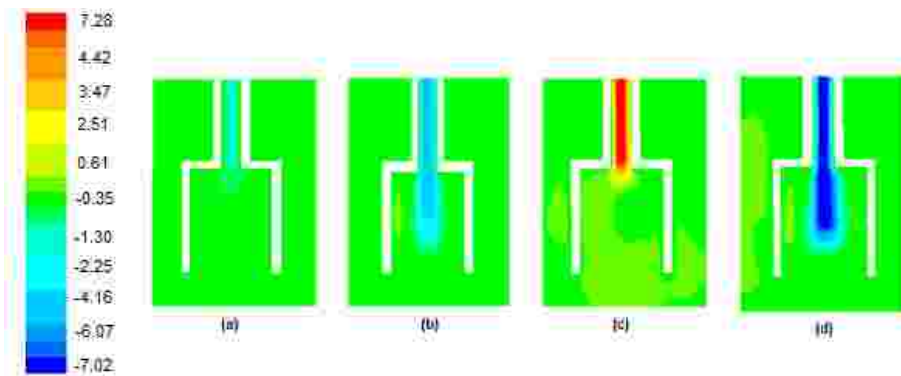


Figura 5: Velocidade vertical do ar (m/s) no tempo: (a) 3 s, (b) 4 s, (c) 6 s, (d) 8 s.

Nos tempos de 3 e 4 s, Figura 5 (a) e (b), a velocidade negativa para o escoamento de ar indica que o ar externo ao conversor está entrando na CAO, devido ao processo de descompressão ocorrido em seu interior e para os tempos 6 e 8 s, Figura 5 (c) e (d), o ar possui velocidades positivas indicando o processo de compressão no interior da câmara o ar está sendo expelido para fora do dispositivo CAO através da chaminé. Assim, comprova-se o comportamento oscilatório do ar dentro da CAO.

4. CONCLUSÕES

A modelagem computacional 3D do princípio de funcionamento do conversor tipo CAO desenvolvida neste trabalho auxilia no entendimento sobre o comportamento fluidodinâmico deste dispositivo. Através da simulação numérica foi possível determinar a intensidade e a velocidade do fluxo de ar que passou pela chaminé, devido à incidência de ondas regulares.

Portanto, fica evidente a importância da modelagem computacional tanto para definir a viabilidade de utilização desse tipo de dispositivo, como também para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de projetos desse equipamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARSTOW, S.; MOLISSON, D. The wave energy resource. In: Cruz, João. **Ocean Wave Energy: Current Status and Future Perspectives**. Bristol: Springer, 2008.
- CONDE, J.M.P; GATO, L.M.C. Numerical study of the air-flow in an oscillating water column wave energy converter. **Renewable Energy**, v. 33, n. 12, p. 2637 – 2644, 2008.
- CRUZ, J. M. B. P.; SARMENTO, A. J. N. A. **Energia das Ondas: Introdução aos Aspectos Tecnológicos, Econômicos e Ambientais**. Alfragide: Instituto do Ambiente, 2004.
- GOMES, M. das N. et al. Modelagem Computacional de um dispositivo do tipo Coluna de Água Oscilante para a costa de Rio Grande. **Vetor**, Rio Grande, v.19, n.2, p. 58-73, 2009a.
- GOMES, M. das N. et al. Simulação numérica e otimização do comprimento de um dispositivo do tipo coluna d'água oscilante. In: **Congresso Ibero-Latino-Americano de Métodos Computacionais em Engenharia (CILAMCE)**, Armação dos Búzios, 2009b.
- LIU, Z., HYUN; B.; HONG, K. Application of Numerical Wave Tank to OWC Air Chamber for Wave Energy Conversion. In: **International Offshore and Polar Engineering Conference**, 2008.