

INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DE INSTALAÇÃO SOBRE A HIDRODINÂMICA DE UM CONVERSOR OSCILANTE POR TRANSLAÇÃO DE ONDAS

G. F. Vargas y B. C. Schettini E.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Brasil.
E-mail: guilherme.fuhrmeister@ufrgs.br, bcamano@iph.ufrgs.br

Introdução

Recentemente, os dispositivos conversores do tipo oscilantes por translação de ondas (*Oscillating Wave Surge Converters – OWSC*) vêm experimentando um constante desenvolvimento e aperfeiçoamento por parte de empresas privadas, que lançam esta tecnologia como promissora, em termos energéticos, quando comparada a outras energias renováveis mais comuns, como a eólica e a solar (AW-ENERGY, 2018).

Tal tecnologia baseia-se na captura do movimento horizontal das ondas, que promove a oscilação para frente e para trás de uma placa, movimentando um pistão responsável por impulsionar um fluido em alta pressão em um sistema secundário, gerando energia por meio de uma turbina interna (DHANAK et al., 2016). O esquema de movimento e produção de energia destes dispositivos está esquematizado na Figura 1.

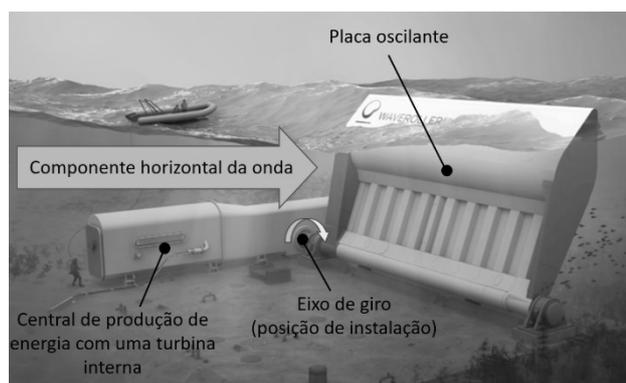


Figura 1.- Princípio de funcionamento de um OWSC.

O presente trabalho tem como finalidade verificar como uma mudança na posição de instalação de um OWSC afeta sua hidrodinâmica, que está diretamente relacionada ao desempenho energético do dispositivo. Assim, os resultados aqui presentes buscam preencher uma das lacunas ainda existentes no estudo e geração de eletricidade por este sistema de conversão.

Metodologia numérica

Para a realização do estudo foram utilizados o código numérico *opensource* OpenFOAM v. 4.1 e o complemento OLAFOAM, ambos fundamentados no método de volumes finitos e que utilizam a metodologia VOF (*Volume of Fluid*) para o tratamento da superfície livre (HIGUERA, 2016).

Uma metodologia muito utilizada na modelagem numérica de escoamentos consiste na aplicação do princípio das médias de Reynolds (RANS) às equações de Navier-Stokes e da continuidade, que podem ser escritas, nessa ordem, pelas seguintes expressões (CHENG et al., 2003):

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial t} + \bar{u}_j \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} = g_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \overline{u_i' u_j'} \right), \quad [1]$$

$$\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_i} = 0, \quad [2]$$

em que $x_{i,j}$ representa as coordenadas espaciais, t o tempo, $u_{i,j}$ o vetor da velocidade, g_i a aceleração da gravidade, P a pressão total, ρ a massa específica do fluido e ν a viscosidade cinemática.

O modelo de turbulência utilizado para a resolução do tensor de Reynolds (termo $-\overline{u_i' u_j'}$) e representação da viscosidade turbulenta é o $k-\omega$ SST, recomendado por Menter et al. (2003) aos casos onde se deseja representar o comportamento do escoamento em regiões próximas aos contornos sólidos e na corrente livre.

A dinâmica de corpo rígido, realizada pela placa do OWSC, pode ser corretamente descrita pela seguinte expressão (RENZI et al., 2012):

$$I_m \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} + C_a \frac{\partial \theta}{\partial t} + R\theta = M_t, \quad [3]$$

em que I_m representa o momento de inércia de massa do dispositivo, θ o ângulo atingido pela placa (considerando como referência a posição da placa a 90° com a horizontal), C_a o coeficiente de amortecimento aplicado ao dispositivo, R o momento de restauração devido ao empuxo e M_t o momento total da placa.

Domínio de cálculo e condições de simulação

O domínio de cálculo tem formato retangular de largura e altura iguais a 12 m e 4 m, respectivamente. Este é composto por uma entrada, uma saída, um topo e um fundo, conforme mostra a Figura 2.

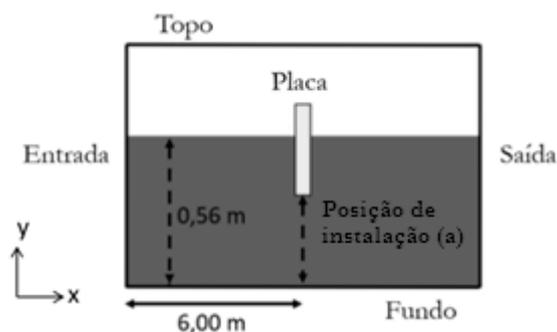


Figura 2.- Domínio de cálculo utilizado nas simulações.

A malha aplicada para representação do domínio numérico é estruturada, gerada a partir do *solver snappyHexMesh*, próprio do código OpenFOAM, e possui tamanhos iguais e constantes de elementos ($\Delta_x = \Delta_y = 0,04$ m). Esta grade é modificada a cada passo de tempo, em função da metodologia utilizada pelo *solver dynamicMotionSolverFvMesh*, que consiste na deformação dos elementos para acompanhar o movimento do

corpo rígido. Este método foi validado com estudos experimentais e aplicado a um modelo bidimensional em todas as simulações realizadas (VARGAS, 2018).

As condições de contorno consistem na condição de não-deslizamento (*noSlip*) no fundo e na superfície da placa, deslizamento livre (*slip*) no topo, geração de ondas regulares na entrada (*waveVelocity*) e camada esponja na região de saída do domínio (*waveAbsorption2DVelocity*).

A placa utilizada no estudo possui 0,4 m de altura, 0,8 m de largura e 0,08 m de espessura, 620,3 kg/m³ de massa específica e 0,86 kg.m² de momento de inércia de massa. O objeto está localizado exatamente no centro do domínio e tem sua posição de instalação “a” modificada em cada simulação.

Para as análises aqui presentes, foi considerada uma onda regular incidente de 0,12 m de altura (H) e 2,4 s de período, cuja celeridade (C) e comprimento de onda (L) são, respectivamente, 2,19 m/s e 5,26 m. A posição de instalação foi variada em três valores distintos (0,05 m, 0,1 m e 0,2 m), no intuito de verificar as diferenças existentes entre os OWSC's instalados em regiões mais próximas à superfície livre e aqueles assentados próximo ao fundo do oceano.

Resultados e discussões

A utilização do modelo bidimensional, previamente validado, juntamente com o emprego da metodologia RANS para a modelagem da turbulência, possibilitou, em função de cada posição de instalação adotada, o estudo de variáveis importantes, como o campo de velocidades, velocidade angular e amplitude angular, essenciais para a compreensão da hidrodinâmica dos conversores.

Na Figura 3 são apresentados os campos de velocidade, em um mesmo instante de tempo ($t = 10$ s), para as posições de instalação de 0,2 m e 0,05 m. Nela é possível identificar uma maior magnitude de velocidades na parte superior e inferior da placa em ambos os casos, sendo que, no caso de uma instalação mais próxima ao fundo, ocorrem regiões de grandes velocidades na parte superior da placa, deixando a parte inferior sujeita a menores valores de velocidade, dificultando o movimento oscilatório do conversor.

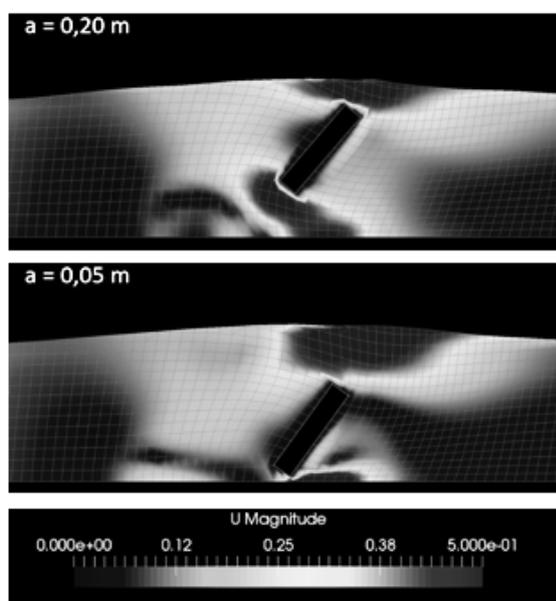


Figura 3.- Comparação entre os campos de velocidade em duas posições de instalação diferentes.

Calculando-se os valores eficazes (RMS) das séries temporais da amplitude angular e velocidade angular atingidas pela placa e, em seguida, plotando-os em função da posição de instalação, são obtidas as curvas apresentadas na Figura 4.

Nesta figura é possível observar que, quanto mais próximo do fundo do oceano for assentado o dispositivo (levando em conta a existência de uma lâmina de água acima da extremidade superior da sua placa), menor será seu comportamento hidrodinâmico (diretamente relacionado à amplitude angular e à velocidade angular “ ω ”). Dessa maneira, pode-se concluir que os OWSC's que possuem a extremidade superior acima do nível d'água e encontram-se assentados em regiões próximas a superfície, apresentam melhores comportamentos hidrodinâmicos (maiores velocidades e amplitudes angulares atingidas), bem como uma maior tendência de geração de energia, enquanto que os dispositivos instalados muito próximo ao fundo apresentam menores tendências hidrodinâmicas.

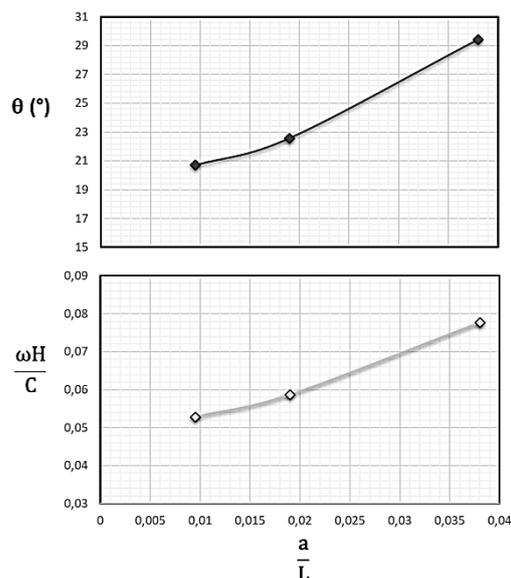


Figura 4.- Variação da amplitude angular e da velocidade angular, em função da posição de instalação do OWSC.

Referências

- AW-Energy. (2018). “Waveroller”. Disponível em: <http://aw-energy.com/waveroller/> Acesso em: 15 mar. 2018
- Cheng, Y.; Lien, F. S.; Yee, E.; Sinclair, R. (2003). “A comparison of large Eddy simulations with a standard $k-\epsilon$ Reynolds-averaged Navier–Stokes model for the prediction of a fully developed turbulent flow over a matrix of cubes”. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. 91, Aug 2003, pp. 1301-1328.
- Dhanak, M. R.; Xiros, N.I.; Darwish, M. (2016). *Springer handbook of Ocean Engineering*. Springer, USA.
- Higuera, P. (2016). *OLAFOAM Reference Manual*, Spain, Cantabria.
- Menter, F. R.; Kuntz, M.; Langtry, R. (2003). “Ten years of industrial experience with the SST turbulence model”. *Proceedings of the IV International Symposium On Turbulence, Heat and Mass Transfer*. New York, USA.
- Renzi, E.; Abdolali, A.; Belloti, G.; Dias, F. (2012). “Mathematical modelling of the oscillating wave surge converter”. *Proceedings of the XXXIII Conference of Hydraulics and Hydraulic Engineering*. Brescia, Italy.
- Vargas, G. F. (2018). “Modelagem numérica da hidrodinâmica e geração de energia dos dispositivos oscilantes por translação de ondas”. *Dissertação de mestrado- Instituto de Pesquisas Hidráulicas (UFRGS)* Porto Alegre, Brasil.