

## Estimativa de altura de ondas geradas por ventos no reservatório de Belo Monte-PA

### Predicting wind waves's height in Belo Monte Reservoir – PA

DOI:10.34117/bjdv7n8-302

Recebimento dos originais: 07/07/2021

Aceitação para publicação: 12/08/2021

#### **Germano de Oliveira Mattosinho**

Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista  
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais –  
Campus Piumhi  
Endereço: Av. Severo Veloso, 1880 – Bela Vista, Piumhi – MG, Brasil  
E-mail: germano.mattosinho@ifmg.edu.br

#### **Geraldo de Freitas Maciel**

Doutor em Engenharia Mecânica pela Université Joseph Fourier - Grenoble I  
Instituição: Universidade Estadual Paulista – F.E. Ilha Solteira  
Endereço: Alameda Bahia, 550 - Centro, Ilha Solteira – SP, Brasil  
E-mail: geraldo.f.maciel@unesp.br

#### **Fabiana de Oliveira Ferreira**

Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista  
Instituição: Universidade Federal de Mato Grosso  
Endereço: Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Bairro Boa Esperança, Cuiabá - MT  
E-mail: fabiana.of@gmail.com

#### **Adriana Silveira Vieira**

Doutora em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual Paulista  
Instituição: Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Campus Coxim  
Endereço: R. Gen. Mendes de Moraes, 370 - Jardim Aeroporto, Coxim - MS, Brasil  
E-mail: adriana.ilha@gmail.com

#### **RESUMO**

O potencial energético de ondas geradas por ventos é de grande interesse para avaliação de impactos erosivos sobre entornos de reservatórios de barragens ou para fins de segurança à navegação, principalmente no caso de grandes espelhos d'água que possuem extensas pistas (fetch) e, conseqüentemente, trechos mais propícios à geração de maiores alturas significativas de onda (Hs). Este trabalho traz informações sobre estimativas de alturas significativas de onda para uma gama de velocidades de ventos locais utilizando o modelo OndisaCAD (linguagem Autolisp do AutoCad). Cálculos estatísticos foram executados a partir de dados de ventos de três estações durante o período de 2012 a 2016. O contorno do reservatório foi obtido no QGIS (base Google de agosto de 2016). Esses elementos de entrada foram inseridos no modelo numérico que simulou pista efetiva de 15 km e Hs de 1,17 m para uma rajada de vento de 20 m/s. Evidencia-se a necessidade de monitoramento contínuo na região para se obter dados completos da climatologia de ventos × ondas, com vistas à melhor calibração de modelos numéricos de maior precisão e mais assertivos de engenharia

**Palavras-chave:** onda-vento, modelo OndisaCAD, erosão, hidrovias, monitoramento ambiental.

## ABSTRACT

The energetic potential of wind waves is of great interest for assessing erosive impacts on the surroundings of dam reservoirs or for the purpose of safety in navigation, especially in the case of large water mirror that have extensive tracks (fetch) and, consequently, stretches more conducive to the generation of greater significant wave heights (Hs). This scientific note provides information on significant wave height estimates for a range of local wind speeds using the OndisaCAD model (Autolisp language from AutoCad). Statistical calculations were performed using wind data from three stations during the period 2012 to 2016. The contour of the reservoir was obtained from QGIS (Google base of August 2016). These input elements were inserted in the numerical model that simulated effective fetch of 15 km and Hs of 1.17 m for a gust of wind of 20 m/s. The need for continuous monitoring in the region is evident to obtain complete data on climatology of winds  $\times$  waves, with a view to better calibration of numerical models of greater precision and more assertive engineering.

**Keywords:** wind wave, OndisaCAD model, erosion, waterways, environmental monitoring.

## 1 INTRODUÇÃO

Se a ação de vento em grandes espelhos d'água é assunto já em grande parte equacionado em domínios abertos, como nos oceanos, os mecanismos de transferência de momentum ou quantidade de movimento do vento em espelhos d'água restritos (como lagos naturais, lagos artificias (reservatórios de barragens) ou enseadas) requerem cuidados técnicos-científicos no seu tratamento. Assunto de forte interesse de profissionais de recursos hídricos e gestores em geral, a ação de ondas produzidas por ventos em recintos fechados, ainda que por vezes diminuta, seu nível de persistência nas áreas de atuação acaba por provocar, no médio e longo prazo, conjuntamente com outras intempéries, ações severas, tais como erosão e solapamento de margens no entorno dos reservatórios de barragens, por exemplo (Luchetti, et al., 2017; Vieira, et al., 2017; Mattosinho, et al., 2018; Vieira, et al., 2018; Rózyński, 2018; Li, et al., 2019; Holanda, et al., 2020; Sinitsyn, et al., 2020).

Não obstante, quando nos deparamos com grandes pistas (*fetch*) sobre as quais ventos moderados a severos vêm atuar, ondas de amplitudes significativas (denominados banzeiros, na região de estudo) podem ser formar e vir incidir sobre estruturas civis, embarcações, etc, colocando em risco (gerando acidentes) ou ainda interrompendo o tráfego comercial de bens e mercadorias em hidrovia, bem como atuar no transporte e

ressuspensão de sedimentos (Pralhad, et al., 2015; Vieira, et al., 2015; Jalil, et al., 2019; Guo, et al., 2020).

Quais são, então, os cuidados e/ou desafios que enfrentamos quando da previsão da ação de ondas em águas restritas ou confinadas?

O primeiro desafio é o cálculo das alturas de onda ou seus estoques energéticos. Ao contrário das estimativas de onda em oceano aberto, onde as pistas de vento são extensas, sem barreiras físicas, no caso de águas confinadas existem várias limitações. Em primeiro lugar, a geometria, em geral recortada, de lagos interiores e reservatórios de usinas hidroelétricas limita a pista de vento. Em segundo lugar, o relevo em torno do lago ou reservatório influencia a distribuição espacial do vento que atua sobre o espelho d'água, como também induz a formação de esteiras de vórtices a sotavento de morros ou formações rochosas próximas. Por este motivo, a pista não é simplesmente a distância até a margem mais próxima, mas é necessário mapear a sombra do relevo (ponto de restabelecimento de contato da camada limite sobre o espelho d'água). Em terceiro lugar, existe a variabilidade temporal do vento continental, influenciado por fatores diversos, tais como cobertura vegetal, fontes de acúmulo de calor, processos convectivos, para citar alguns exemplos, o que em geral não acontece em oceano aberto na mesma escala espaço-temporal.

Ademais, raramente as medições meteorológicas fornecem dados confiáveis para se estabelecer estatísticas de duração de ventos, seja porque elas são feitas para fins de observação sinótica, seja porque já tenham sido tabuladas para alguma aplicação específica, cujo foco possam ser rajadas ou velocidades máximas de vento ou ainda a caracterização climatológica, em vez da quantificação dos padrões de vento. Como o processo de geração de onda é regido pela combinação de quatro fatores, a profundidade local, o comprimento de pista, a duração do vento e a velocidade (intensidade), em geral as estimativas feitas superestimam as alturas e períodos das ondas formadas.

Vale também salientar que a geração de ondas em águas restritas (interiores) e a necessidade de proteção marginal não são, contudo, temas restritos evidentemente aos reservatórios de usinas hidroelétricas. A título de exemplos, na Lagoa de Araruama, estado do Rio de Janeiro, Pereira (2001) estudou a capacidade de transporte litorâneo pelas ondas, as quais, apesar de suas aparentemente pequenas alturas, eram capazes de produzir avanços ou recuos da linha de praia da ordem de 1 m durante um intervalo de tempo de 12 h. Relatos do monitoramento ambiental conduzido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS) na Lagoa Mangueira atestam a capacidade

destrutiva das ondas que, por várias vezes, danificaram as torres de observação instaladas no interior daquela lagoa. Neste ambiente, também, as margens são usualmente protegidas por vegetação aquática.

No reservatório da UHE de Ilha Solteira – SP, há, por exemplo, evidências claras da capacidade erosiva das ondas (Neves et al., 2006) e, tratando-se de um lago artificial (reservatório), o processo de acomodação das margens ainda está em andamento. Em locais onde há alguma forma de vegetação, tenha sido ela submersa por ocasião do enchimento do lago ou tenha brotado posteriormente, as margens ficam resguardadas da ação das ondas. De fato, como o nível do reservatório de Ilha Solteira varia em aproximadamente 3-4 m ao longo das estações hidrológicas, existe tempo suficiente para a vegetação do pasto expandir-se pelas áreas descobertas e, à medida que o nível d'água volta a subir, a vegetação acomoda-se a esta nova situação. Lago este, também segmento da rota comercial Tietê-Paraná, onde o monitoramento e estudo de ondas geradas por ventos é elemento crucial e motor no Sistema de Alerta de Apoio à Navegação.

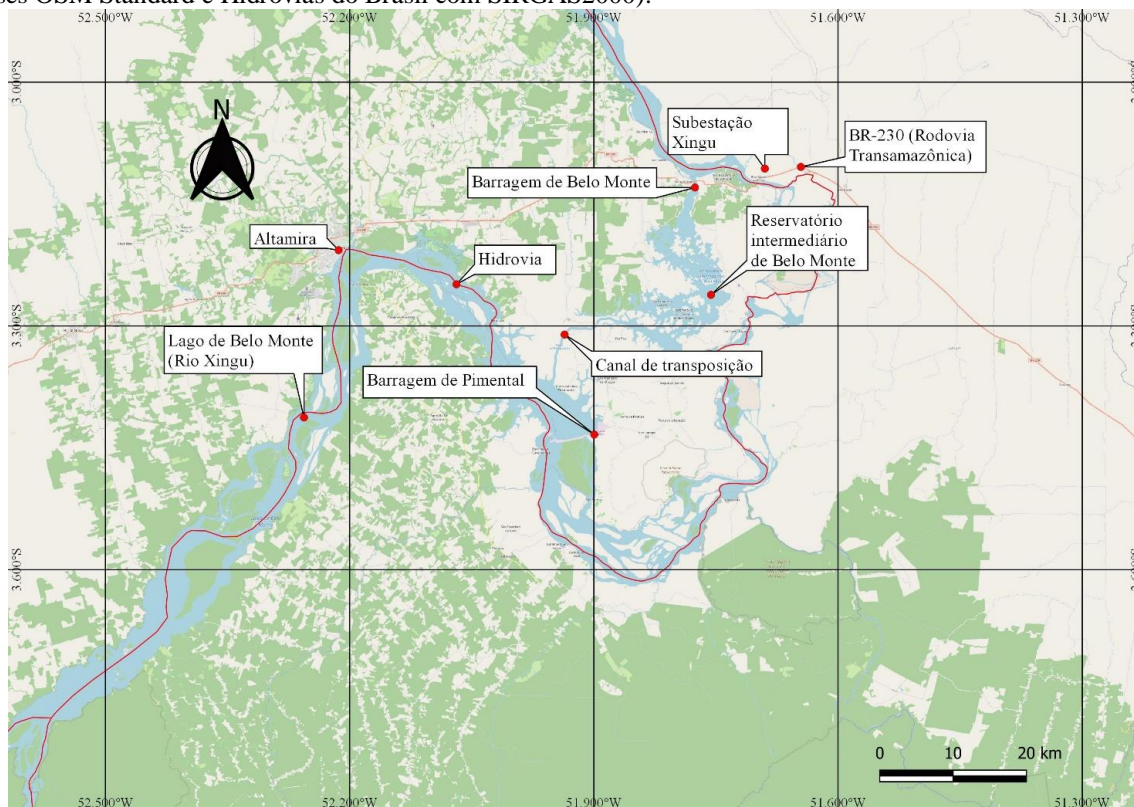
Assim exposto, o estudo da ação de ondas produzidas por ventos nos espelhos d'água de Belo Monte e suas decorrências, seja sobre as margens do reservatório, tráfego de pessoas, bens e mercadorias (navegação) não foge à regra, devendo, portanto, ser amplamente mapeado e monitorado.

Este trabalho tem por objetivo relatar estudo prévio sobre previsão de agitação (ondas) produzidas pela forçante de vento no reservatório de Belo Monte - PA. De forma geral, as seguintes etapas foram realizadas: Análise dos dados de vento; Construção das planilhas para estatísticas de vento; Georreferenciamento do reservatório adaptado ao tipo de leitura do modelo de previsão de ondas OndisaCAD (Mattosinho, 2015); Construção e sensibilidade das malhas de cálculo; Construção dos mapas de pistas (*fetch*); e por fim, a Construção dos mapas de ondas (alturas significativas).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O contorno do reservatório de Belo Monte foi obtido a partir da base de dados do Google de 2016 acessada via QGIS (Figura 1), a fim de adaptá-lo à forma de leitura do software OndisaCAD (Figura 2), e para tal adotaram-se sinteticamente os seguintes procedimentos: verificação de georreferenciamento utilizando QGIS e utilização do Software AutoCad para importação e processamento do contorno georreferenciado do reservatório (Morais, 2009; Mattosinho, 2015; Marques e Andrade, 2017).

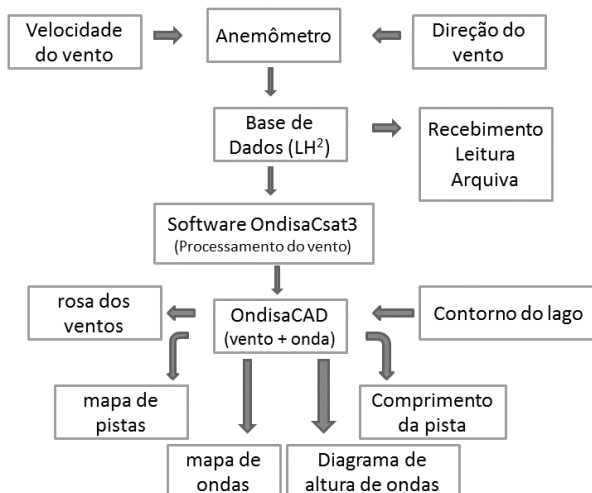
Figura 1 – Mapa georreferenciado da região de estudo com indicação das principais informações (QGIS: bases OSM Standard e Hidrovias do Brasil com SIRGAS2000).



Para os estudos de caso deste trabalho foi considerada a situação esperada do espelho d'água após o pleno desenvolvimento e obras referentes ao “Projeto Belo Monte”.

Em posse dos dados brutos de ventos das estações Altamira (Climatológica Altamira), BR230 (UHE BELO MONTE BR230) e Pimental (UHE BELO MONTE PIMENTAL) contendo suas coordenadas X e Y (SAD 69 UTM), data, hora, direção e velocidade do vento, efetuou-se a organização sistemática dos dados para verificação de inconsistências e tratamento estatístico.

Figura 2 – Fluxograma de funcionamento do OndisaCAD. (Mattosinho, 2015).



De acordo com a *U. S. Army Coastal Engineering Research Center* (1984) e *U. S. Army Coastal of Engineering Reseach Center* (2002) cinco correções devem ser realizadas na velocidade do vento, a saber: elevação, efeitos de localização, instabilidades devido à diferença de temperatura, velocidade média no tempo e coeficiente de arraste. Dada a escassez de dados, aplicou-se, no primeiro momento, a correção de todos os dados da intensidade do vento para a elevação normatizada com fator majorante de 1,188,  $U_{10}$  (equação 1). Outras possíveis correções preconizadas pela norma não puderam ser avaliadas, dada a natureza dos dados disponíveis, ou quando possível, não conduziram grandes alterações.

$$U_{10} = U_x \cdot \left(\frac{10}{x}\right)^{1/7} \quad (1)$$

onde:

- $U_x$ : medida da velocidade do vento a  $x$  metros de altura;
- $U_{10}$ : velocidade do vento a 10 metros de altura;
- $x$ : altura do vento medido.

A correção devido ao fato do vento estar soprando de terra para a água pode, nesta aproximação de estudo ser reduzida à unidade para ventos superiores a 15 m/s, sobretudo estando os anemômetros localizados próximos às margens do lago. No entanto para velocidades inferiores a 15 m/s fatores de correção conservadores poderiam ser aplicados com efeito majorante máximo de 2,0 (efeito de localização).

Entretanto, dado que as estações climatológicas estão muito próximas do lago, considerou-se fator de localização da ordem 1 mesmo para ventos de pequenas intensidades. Outrossim, para o caso da velocidade reinante foi simulado o mapa de alturas de ondas com fator de localização da ordem 2,0.

Após o zoneamento dos ventos nas 16 direções características, obteve-se a média das velocidades médias e máximas de cada direção. Pôde-se, assim, determinar o nível de persistência dos ventos (reinância) em cada um dos anos para cada estação e executar o modelo OndisaCAD a fim de se obter os mapas de pistas de ventos e, por fim, os mapas de alturas significativas de ondas no espelho d'água do reservatório de Belo Monte.

O modelo OndisaCAD faz o cálculo da pista de vento pelo método clássico de Saville (1954). Este método faz o cálculo traçando linhas auxiliares que vão do ponto em que se quer calcular até a margem do lago, logo esta rotina exige para o seu funcionamento que o usuário trabalhe sobre o arquivo de contorno da margem do lago, culminando com o denominado *fetch* efetivo (Vieira et al., 2011; Mattosinho, 2015; Holanda et al., 2020).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Rosa dos Ventos foram elaboradas para cada estação e para cada um dos anos separadamente e uma com o período completo de registro de cada Estação, assim como para o período completo das 3 (três) Estações (Figura 6). Vale salientar que os dados de velocidade com intensidades menores que 0,5 m/s foram classificados como calmarias (*calms*, na legenda) e, dessa forma, desconsiderados na elaboração da Rosa de Ventos.

A Figura 3 traz a Rosa de Ventos de todo o período da estação Altamira, a Figura 4, para a estação BR230, Figura 6 para a estação Pimental, e por fim, a Figura 6 é a rosa dos ventos de todo o período para as 3 estações conjuntas para o período de 2012 a 2016.

Observa-se na Figura 3 (Estação Altamira), que a maior incidência dos ventos vem de NNE com reinância de 19%. Nesta Estação obtivemos velocidade média de 1,01 m/s, tendo sido registrado velocidade máxima de 21,5 m/s na direção NNE (11.25° - 33.75°) e de 22,69 m/s ESE.

Com relação à velocidade do vento, 29% do período total, obteve-se um vento entre 0,5 m/s e 0,8 m/s e, em apenas 4,3% do período, o vento esteve a uma velocidade maior que 2,3 m/s.

Figura 4 (Estação BR230) apresenta a maior incidência dos ventos oriundos de ENE com uma reinância de 14%. Nesta Estação obtivemos velocidade média de 1,59 m/s e uma velocidade máxima (extrema) de 50,01 m/s na direção OSO (191,25° - 213,75°).

Com relação à velocidade do vento, em 10% do período total, obteve-se um vento entre 0,5 m/s e 0,8 m/s e em 31,1% do período o vento esteve a uma velocidade maior que 2,3 m/s.

Para Figura 5 (Estação Pimental) tem-se a maior incidência dos ventos vem de NE com uma reinância de 29%. Nesta Estação obtivemos velocidade média de 1,0 m/s e uma velocidade máxima de 21,38 m/s na direção NE (33.75°- 56.25°).

Com relação à velocidade do vento, em 26,2% do período total, obteve-se um vento entre 0,5 m/s e 0,8 m/s e, em apenas 5,4% do período o vento esteve a uma velocidade maior que 2,3 m/s.

Figura 3 - Rosa dos Ventos – Estação Altamira – 2012 a 2016.

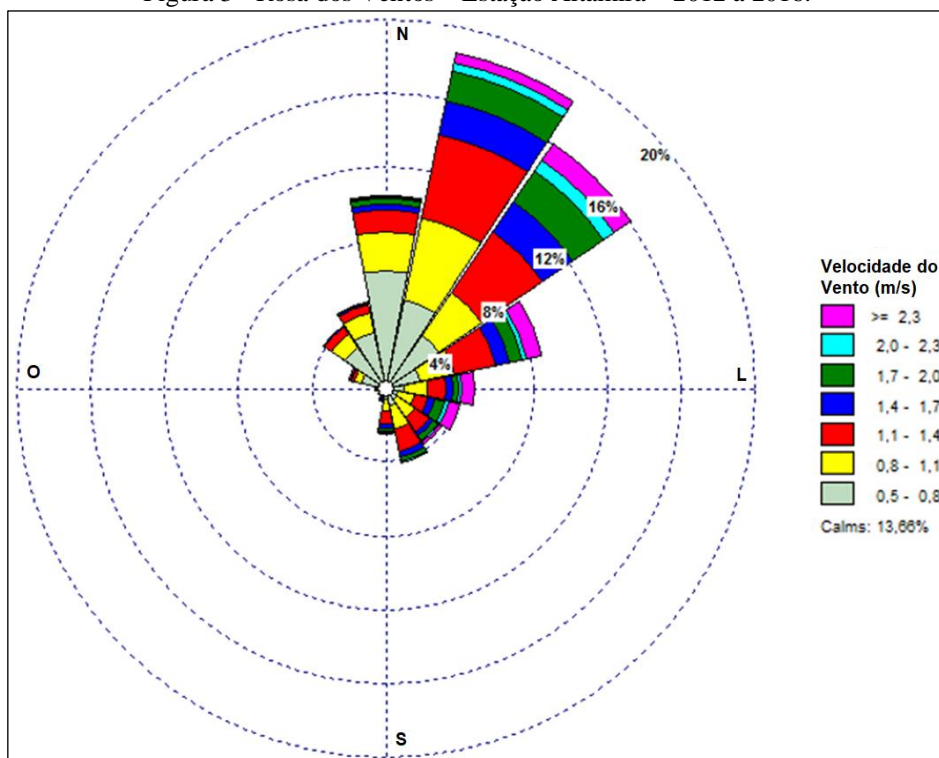




Figura 4 - Rosa dos Ventos – Estação BR230 – 2012 a 2016.

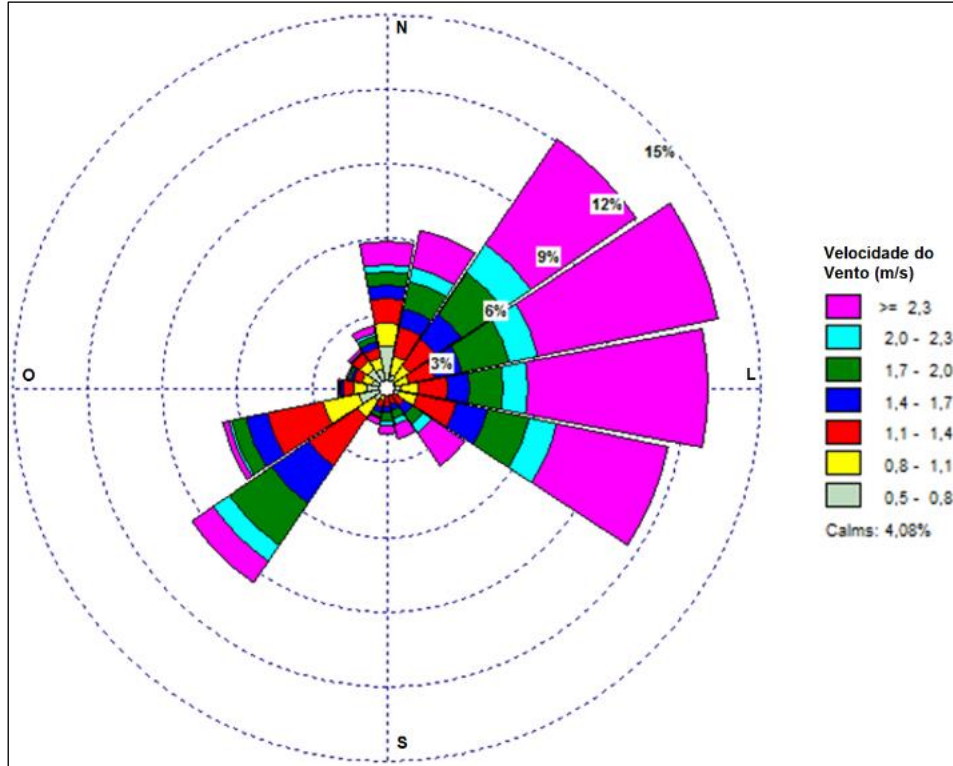


Figura 5 - Rosa dos Ventos – Estação Pimental – 2012 a 2016.

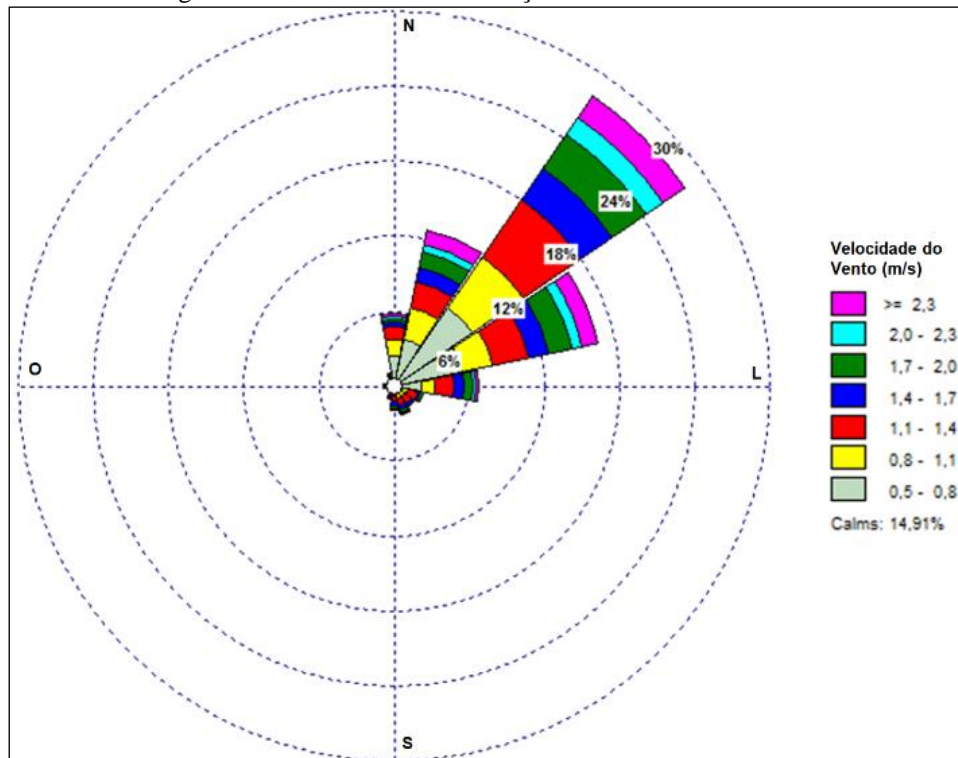
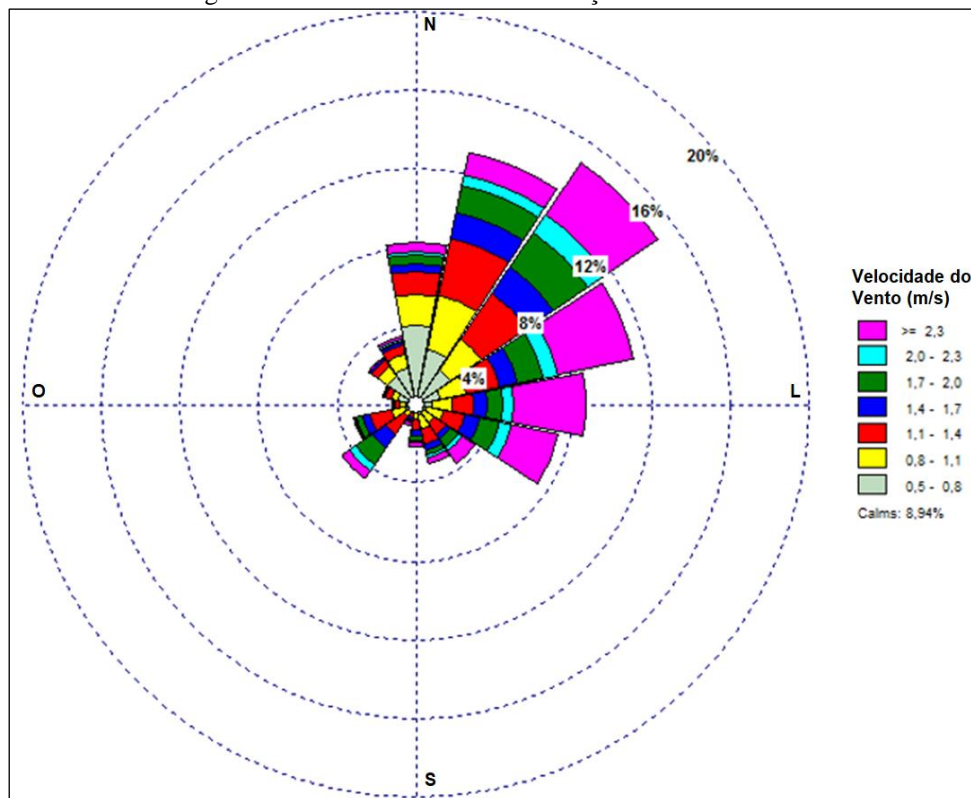


Figura 6 - Rosa dos Ventos das 3 Estações – 2012 a 2016.

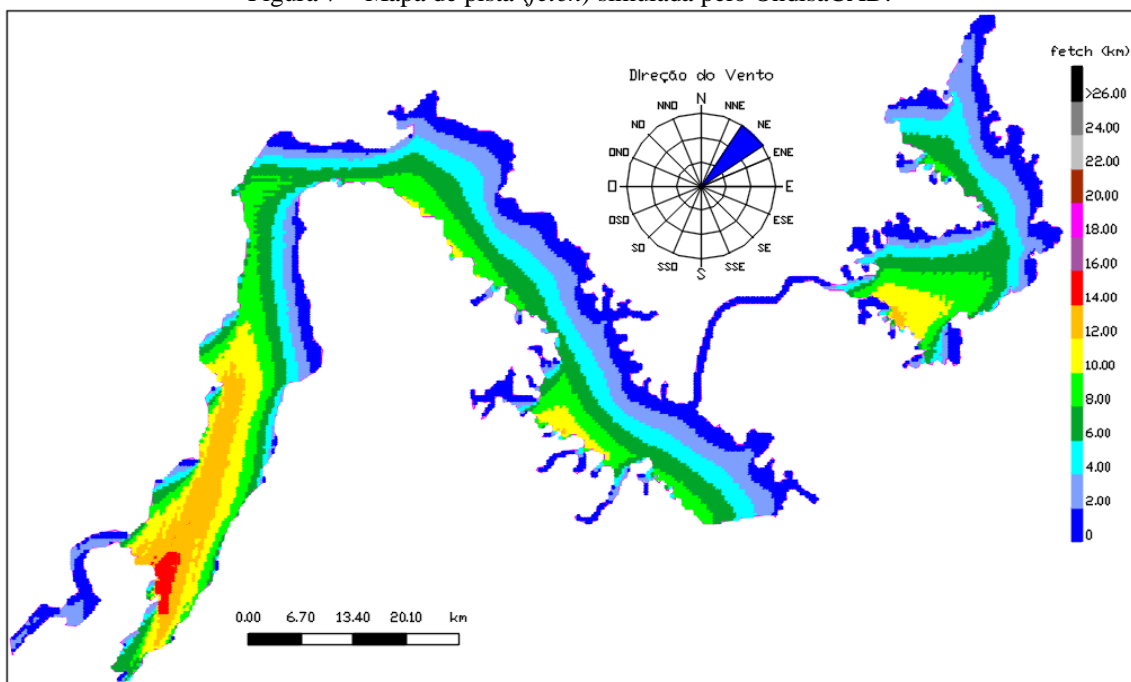


Efetuada-se a junção de todos os dados para análise global em relação às três Estações, obteve-se a Figura 6 que apresenta a maior incidência dos ventos proveniente de NE com uma reinância de 15%. Nas Estações analisadas, obteve-se velocidade média de 1,2 m/s e velocidade máxima (excepcional registrada em todo período) de 50,01 m/s na direção OSO (191,25° - 213.75°). Com relação à velocidade do vento, em 20% do período total, obteve-se um vento entre 0,5 m/s e 0,8 m/s e em apenas 17% do período o vento esteve a uma velocidade maior que 2,3 m/s.

Para executar o modelo OndisaCAD é necessário a construção das malhas do reservatório a fim de analisar a sensibilidade/resolução em função do tempo de processamento/precisão. Neste estudo criaram-se malhas de 1000 m, 700 m, 500 m, 300 m e 200 m. Analisou-se o tempo de processamento e observou-se que a malha de 300 m atendia largamente ao problema, com precisão satisfatória e também em termos de tempo de processamento razoável, tempo este que cresce exponencialmente com o refinamento da malha. Ademais, vale salientar que a criação de cada mapa de direção com 300 m de resolução durou cerca de quatro horas em uma máquina com processador Core I7 (4 GB) com 8 GB de memória RAM e placa de vídeo de 1 GB. Os mapas de pistas de vento e de alturas significativas de onda foram produzidos sobre essa base. A malhagem foi confeccionada no próprio modelo OndisaCAD.

Os mapas de pistas de ondas foram confeccionados, levando-se em consideração o quadrante crítico (N (norte) - E(este)), que fora obtido após análise estatística dos ventos. Para o reservatório de Belo Monte, a direção do vento reinante é NE (nordeste), com intensidade de 1,39 m/s, considerando os dados das três estações do período analisado, e o maior *fetch* simulado que foi da ordem de 15 km (Figura 7).

Figura 7 – Mapa de pista (*fetch*) simulada pelo OndisaCAD.



Os mapas de altura significativas de ondas<sup>1</sup> (Figuras 8 a 11) foram simulados para o quadrante reinante, com base no espectro de JONSWAP (Hasselmann et al., 1973; Sorensen, 2006) (melhor adaptado às simulações), considerando uma gama de velocidades do vento a fim de compor o banco de dados para diversos cenários. As velocidades consideradas foram de 1 m/s (da ordem da velocidade reinante), 2,0 m/s, 2,78 m/s (velocidade reinante com fator majorante de localização, Figura 10), 5,0 m/s, 10,0 m/s, 15,0 m/s e 20,0 m/s (simulando rajadas de vento, Figura 11).

<sup>1</sup> Altura significativa de onda: representa a média do terço superior de todas as ondas analisadas durante o período considerado.

Figura 8 – Mapa de altura significativa de onda simulada pelo OndisaCAD com vento de 1,0 m/s.

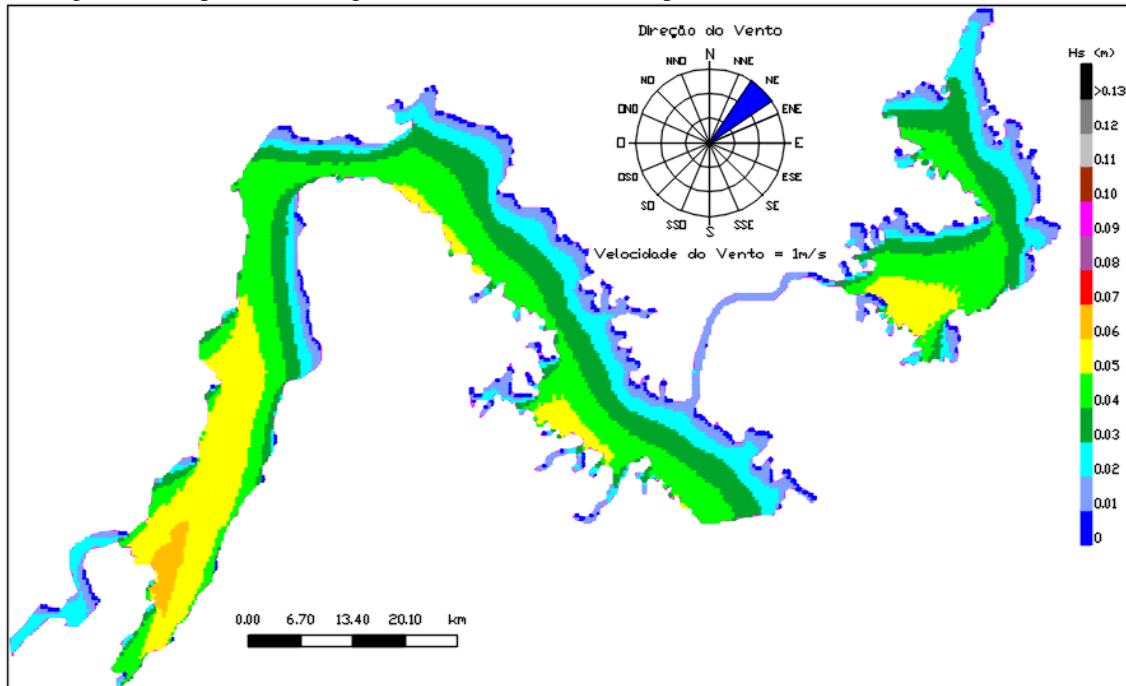


Figura 9 – Mapa de altura significativa de onda simulada pelo OndisaCAD com vento de 2,0 m/s.

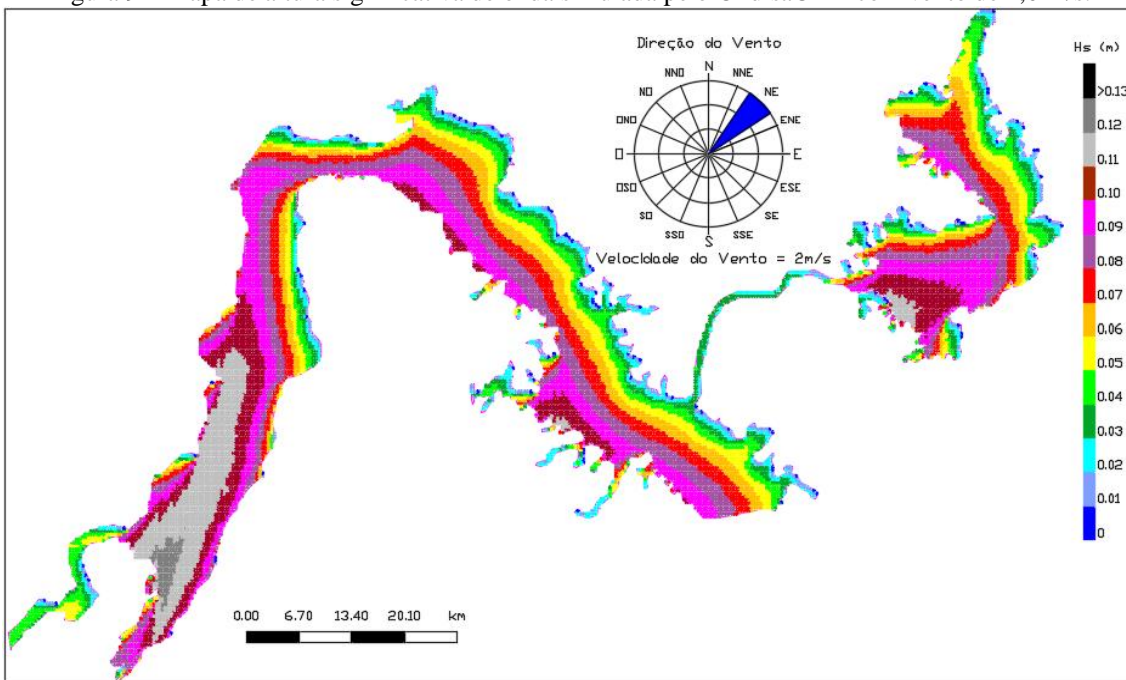


Figura 10 – Mapa de altura significativa de onda simulada pelo OndisaCAD para o Vento Reinante com fator de localização (2,78 m/s).

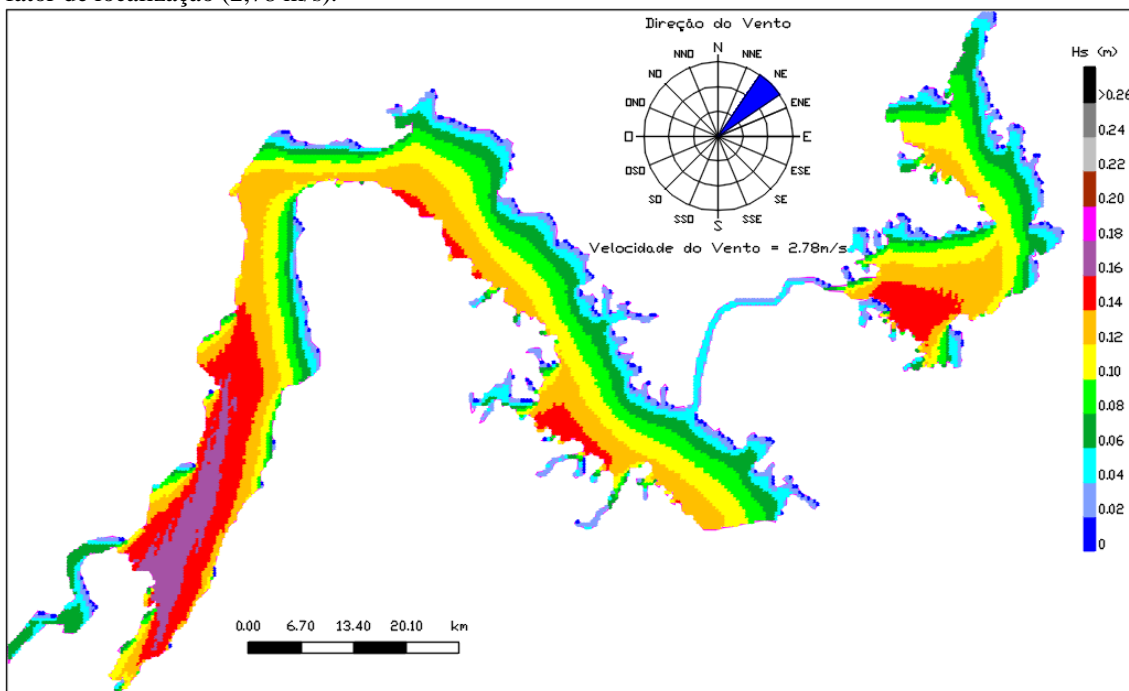
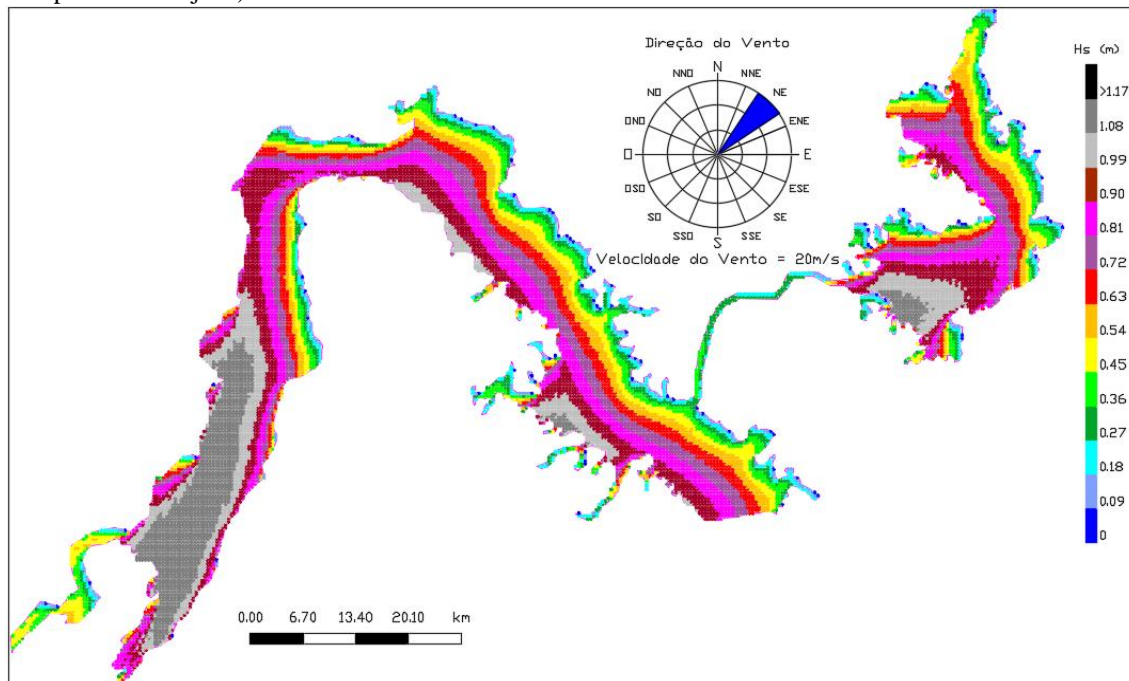


Figura 11 – Mapa de altura significativa de onda simulada pelo OndisaCAD com vento de 20 m/s (caso excepcional de rajada).



#### 4 CONCLUSÃO

As alturas significativas de ondas esperadas para o reservatório de Belo Monte considerando a velocidade de 1,0 m/s (ordem da reinante) e direção reinantes não devem ultrapassar 0,07 metros (ordem de 10 cm) e no caso de majoração pelo fator de localização da ordem 2 não devem ultrapassar 0,16 m no eixo do Rio Xingu, todavia quando tratamos

rajadas intensas, obtém-se ondas de até 1,17 metros e 3,30 metros, para ventos de 20 m/s e 50 m/s (caso excepcional do registro), respectivamente.

Outrossim, a caracterização e simulação para a gama de velocidades do vento elaborada neste trabalho deve servir apenas como base de previsão para as alturas significativas de ondas geradas. Reforça-se a necessidade de medição de ventos com intervalos de tempo menores e em locais mais adequados, a fim de obter maior fidedignidade aos eventos climatológicos da região considerada.

Um monitoramento contínuo de ventos (intensidade, direção, duração), de temperatura, umidade e pluviosidade, por um período de pelo menos 02 anos, deve ser perseguido na região de interesse. Tal protocolo deverá, forte provavelmente, permitir realizar uma análise mais refinada em vista de um melhor acoplamento meteorológico-hidrodinâmico para o reservatório em estudo. Se a isso, adiciona-se uma batimetria recente e mais criteriosa, vislumbra-se, pois, fazer estimativas mais refinadas de ondas a partir de códigos de cálculo (softwares) bem mais aprimorados, testados e já validados em outros espelhos d'água do mundo (o consagrado modelo SWAN é uma das opções (Diebold e Heller, 2017; Lemke, et al., 2018; Mattosinho, et al., 2019)). A partir daí, estudos mais assertivos para ação de ondas em margens (erosão, solapamento) poderão ser desenvolvidos. Ainda neste contexto (de “método expedito”), o grupo de trabalho já dispõe de uma nova versão do OndisaCAD em linguagem Python (OndisaPython), cuja eficiência (em resolução e tempo de cálculo) é bem superior.

### **AGRADECIMENTO**

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Câmpus Piumhi pelo apoio ao trabalho desenvolvido.

## REFERÊNCIAS

- Diebold, M., Heller, P. 2017. Scaling wind fields to estimate extreme wave heights in mountainous lakes. *Journal of Applied Water Engineering and Research* [online] 7 (1). Disponível: <https://doi.org/10.1080/23249676.2017.1317294>. Acesso em 20 ago. 2020.
- Guo, B., Subrahmanyam, M. V., & Li, C. 2020. Waves on Louisiana Continental Shelf Influenced by Atmospheric Fronts. *Scientific Reports*, 10 (1), 1–9. doi: 10.1038/s41598-019-55578-w.
- Hasselmann, K., Barnett, T.P., Bouws, E., Carlson, H., Cartwright, D.E., Enke, K., Ewing, J.A., Gienapp, H., Hasselmann, D.E., Kruseman, P., Meeburb, A., Muller, P., Olbers, D. J., Richter, K., Sell, W., Walden, H. 1973. Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). *Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift Reihe 8* (12), 2–95.
- Holanda, F. S. R., Wanderley, L. L., Mendonça, B. S., Rocha, I. P., Santos, L. D. V., Pedrotti, A. 2020. Formação de ondas e os processos erosivos nas margens do lago da UHE Xingó. *Revista Brasileira de Geografia Física* [online] 13 (2). Disponível: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p887-902>. Acesso: 20 out. 2020.
- Jalil, A., Li, Y., Zhang, K., Gao, X., Wang, W., Khan, H. O. S., Pan, B., Ali, S., Acharya, K. 2019. Windinduced hydrodynamic changes impact on sediment resuspension for large, shallow Lake Taihu, China. *International Journal of Sediment Research*, 34 (3), 205–215. doi: 10.1016/j.ijsrc.2018.11.003.
- Lemke, N., Fontoura, J. A. S., Calliari, L. J., Ferreira, N. M. 2018. Estimativa de cenários característicos de ondas na enseada de São Lourenço do sul, Lagoa dos Patos – RS. *Revista Perspectivas Online: Exatas & Engenharias* [online] 8 (20). Disponível: <https://doi.org/10.25242/885X82020181305>. Acesso: 18 out. 2020.
- Li, Jinxuan, Zang, J., Liu, S., Jia, W., & Chen, Q. 2019. Numerical investigation of wave propagation and transformation over a submerged reef. *Coastal Engineering Journal*, 0(0), 1–17. doi: 10.1080/21664250.2019.1609712.
- Luchetti, M., Andrade, F. O., Marques, M. 2017. Simulação de altura de ondas pela ação de ventos severos no reservatório de capivara. Em XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis (ANAIS).
- Marques, M., Andrade, F.O. 2017. Automated computation of two-dimensional fetch fields: case study of the Salto Caxias reservoir in southern Brazil, *Lake and Reservoir Management*, 33 (1), 62-73, DOI: 10.1080/10402381.2016.1264514.
- Mattosinho, G. O., Maciel, G. F., Vieira, A. S. 2019. The SWAN-veg model as a useful tool in the prediction of waves in dam reservoirs. *Brazilian Journal of Development* [online] 5 (7). Disponível: DOI: 10.34117/bjdv5n7-075. Acesso: 3 jul. 2019.
- Mattosinho, G.O. 2015. Comparação entre os softwares OndisaCAD e SWAN na estimativa de altura significativa de ondas geradas por vento no reservatório da barragem de Ilha Solteira – SP. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Dept. de Engenharia Civil –

FEIS/UNESP, Ilha Solteira.

Mattosinho, G.O., Vieira, A.S., Maciel, G. F., Rocha, G. E., Tardivel, J. L. C. 2018. Dissipação de energia de ondas pela vegetação em recintos fechados. Em XXVIII Congresso Latinoamericano de Hidráulica, Buenos Aires, Argentina.

Neves, C.F.; Maciel, G. F.; Rosauo, N. M. L. 2006. Amortecimento de ondas por vegetação: uma estratégia para proteção de margens lacustres. In: *SEMENGO*, Rio de Janeiro.

Pereira, C.F.B. 2001. Um experimento sobre transporte litorâneo em uma praia da Lagoa de Araruama, RJ. 2001. [Dissertação de Mestrado]. [Programa de Engenharia Oceânica], COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

Prahalad, V., Sharples, C., Kirkpatrick, J., & Mount, R. (2015). Is wind-wave fetch exposure related to soft shoreline change in swell-sheltered situations with low terrestrial sediment input?. *Journal of Coastal Conservation* 19 (1), 23–33. doi: 10.1007/s11852-014-0352-x.

Różyński, G. 2018. Local Wave Energy Dissipation and Morphological Beach Characteristics along a Northernmost Segment of the Polish Coast. *Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics*, 65(2), 91–108. doi: 10.1515/heem-2018-0007

Saville, T. 1954. The effect of Fetch width on wave generation. *Journal Technical Memorandum* 70.

Sinitsyn, A. O., Guegan, E., Shabanova, N., Kokin, O., & Ogorodov, S. 2020. Fifty-four years of coastal erosion and hydrometeorological parameters in the Varandey region, Barents Sea. *Coastal Engineering*, 157. doi: 10.1016/j.coastaleng.2019.103610.

Sorensen, R. M. 2006. *Basic coastal engineering*. 3<sup>rd</sup> ed. New York, N.Y.: Springer, 2006. xii, 324 p.

United States Army Coastal Engineering Research Center. 1984. *Shore protection manual*. 4. ed. Washington, D.C.: Department of the Army Corps of Engineers.

United States Army Coastal Engineering Research Center. 2002. *Shore protection manual*. Washington, D.C.: Department of the Army Corps of Engineers.

Vieira, A. S., Maciel, G. F., Mattosinho, G. O. 2015. Atenuação de ondas pela vegetação: estudo de sensibilidade de malhas no SWAN para o lago da barragem de ilha solteira. Em VIII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, Alveiro, Portugal.

Vieira, A. S., Maciel, G. F., Mattosinho, G. O. 2017. Modelagem numérica da atenuação de ondas pela vegetação. Em XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis (ANAIS).



Vieira, A.S., Mattosinho, G. O., Maciel, G.F. 2018. Estudo numérico da atenuação de ondas geradas por ventos em lagos de barragens com presença de vegetação. Em XIV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Maceió.

Vieira, A.S.; Maciel, G.F.; Fortes, C. J. E. M.; Minussi, C. R.; Trovati, L. R.; Sobrinho, M. D.; Morais, V. S.; Fernandes, E. C.; Lima, G. B.; Oliveira, E. B. 2011. Proposta de dois simuladores de ondas geradas por vento em águas restritas: SWAN e OndisaCAD. *In* Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XIX, 2011, Maceió.