

Análise da Influência do Alargamento de um Estreitamento na Hidrodinâmica do Canal da Passagem, Vitória-ES, Através de Modelagem Numérica

Thiago Freitas do Nascimento*, Julio Tomás Aquije Chacaltana*, Fábio Pavan Piccoli*

thiagotfn2@gmail.com, juliotac@gmail.com, fabio_p@hotmail.com

Recebido: 17/08/10 - revisado: 25/11/10 - aceito: 23/04/13

RESUMO

Os ecossistemas costeiros e litorâneos são habitat de uma grande parte dos recursos marinhos, além de comportarem grande parte da população mundial. Também servem de refúgio e berçário para várias espécies, proporcionando renda e alimento para as populações locais. Esses ambientes têm uma circulação bastante complexa, resultado das interações entre os processos físicos e a geomorfologia. E, muitas vezes, esses locais são modificados pela atividade humana, e mesmo sendo justificáveis tais mudanças, fazem-se necessários estudos dos possíveis impactos resultantes dessas modificações. O presente estudo trata do impacto das modificações ocorridas no Canal da Passagem sobre sua hidrodinâmica, ocasionadas pelo alargamento do estreitamento existente sob a Ponte da Passagem, através o modelo numérico (2DH) DIVAST, o qual foi validado para a situação com estreitamento. Os resultados mostraram que o estreitamento é responsável pela retenção da coluna d'água tanto na enchente quanto na vazante da maré, que se propaga até metade do canal. Como consequência, aparece uma região com baixos ou nulos gradientes de pressão no meio do canal, sendo constatado nesses locais velocidades muito baixas. Foi apurado que o alargamento do estreitamento exerce maior influência na região sul do canal, acarretando um aumento nas magnitudes da velocidade, chegando à aproximadamente 0,2 m/s. Já para região norte, a qual é mais influenciada pela região de manguezal, foi observada uma diminuição das magnitudes da velocidade, chegando a 0,1 m/s. O alargamento também foi responsável pela variação na localização da zona de convergência barotrópica, conhecida como Tombo de Maré.

Palavras chaves: Canal da Passagem. Hidrodinâmica. Estreitamento. DIVAST

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros e litorâneos comportam grande parte da população mundial, além de servir de habitat para uma vasta variedade de recursos marinhos. A crescente pressão demográfica aliada com uma administração deficiente faz com que esses ecossistemas essenciais, e bastante influenciados pela hidrodinâmica, sejam destruídos antes que um planejamento adequado possa ser formulado e implementado (DIEGUES, 2001).

A infra-estrutura de saneamento básico nesses locais não tem acompanhado o rápido desenvolvimento das atividades econômicas e o adensamento populacional, provocando uma crescente poluição hídrica, a qual acaba refletindo diretamente na qualidade das águas dos mananciais que abastecem as cidades baías e estuários. As consequências desse

fato acabam refletindo diretamente sobre o homem, acarretando em perturbações na saúde e alterações no comportamento das populações, na economia, na indústria, no turismo e no ambiente, através da degradação da paisagem e alteração dos ecossistemas (MACIEL, 2004).

O movimento das águas em baías e estuários é bastante complexo, tendo em vista as várias interações entre os processos físicos. Essa circulação tem forte influência sobre a distribuição de nutrientes, no transporte e dispersão do plâncton, sedimentos e contaminantes, além de influenciar, significativamente, no ciclo de vida dos organismos marinhos (SANTIAGO, 2004).

Muitos autores vêm utilizando a modelagem numérica como ferramenta para se estudar o comportamento hidrodinâmico de regiões estuarinas. Esse método, desde de que devidamente calibrado e validado, tem-se mostrado como uma ferramenta bastante vantajosa devido à portabilidade e ao baixo custo, quando comparada com a modelagem física ou medições diretas. Por isso estão sendo usadas, cada vez mais, para solucionar problemas ambientais, reproduzindo a dinâmica de regiões costeiras e

*Departamento de Engenharia Ambiental – UFES

à rotação da terra, $f = 2\Omega \sin\theta$ (Ω é velocidade de rotação angular da terra e θ é o ângulo geográfico da latitude, $\Omega = 7,27 \times 10^{-5}$ radianos/s; W_x e W_y são as componentes da velocidade do vento nas direções x e y, respectivamente, medida a 10 m de altura (m/s); β é o fator de correção do momento para um perfil de velocidade vertical não-uniforme; e ε é a viscosidade turbulenta média na vertical (m²/s) (FALCONER, 1993).

A equação diferencial parcial que expressa o princípio de conservação de Massa é escrita como:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = q_m \quad (1)$$

As equações para conservação de momento nas direções x e y são:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial \beta p U}{\partial x} + \frac{\partial \beta p V}{\partial y} = f q - g H \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\rho_a}{\rho} C_w W_x \sqrt{W_x^2 + W_y^2} - \frac{g p \sqrt{p^2 + q^2}}{H^2 C^2} + \varepsilon \left[2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial x \partial y} \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial \beta q U}{\partial x} + \frac{\partial \beta q V}{\partial y} = -f p - g H \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\rho_a}{\rho} C_w W_y \sqrt{W_x^2 + W_y^2} - \frac{g q \sqrt{p^2 + q^2}}{H^2 C^2} + \varepsilon \left[2 \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial x \partial y} \right] \quad (3)$$

As regiões a serem modeladas devem satisfazer as seguintes condições: escoamento predominantemente horizontal e com boa mistura vertical, ou variações verticais insignificantes no escoamento. Essas regiões são representadas através de pontos discretos em uma malha composta de células quadradas (FALCONER, 1993).

Malha Computacional

Foi utilizada uma malha regular com células de 25x25 metros, sendo o eixo x composto por 630 células e o eixo y 600 células, tendo o eixo x da grade uma orientação de 148° em relação ao norte, com sua origem fixada nas coordenadas UTM de

7758980.04 N e 353816.25 E, no sistema de referência SAD69. Essa grade compreende todo o sistema estuarino da Ilha de Vitória e Baía do Espírito Santo. No entanto, foi focada apenas a região do Canal da Passagem.

Campanhas

O modelo foi executado para o mês de março de 2009, considerando duas situações distintas: uma com o estreitamento de 35 metros que existe abaixo da antiga Ponte da Passagem, e outra simulando o alargamento do estreitamento para 50 metros.

Os resultados do modelo, considerando o estreitamento de 35 metros, foram confrontados com dados experimentais, obtidos durante algumas horas para os dias 20 e 27, através do equipamento ADP (*Acoustic Doppler Current Profilers*) Aquadopp de 2 MHz da marca NORTEC AS. O equipamento foi fundeado, em um ponto previamente escolhido, por 12 horas nos respectivos dias de campanha.

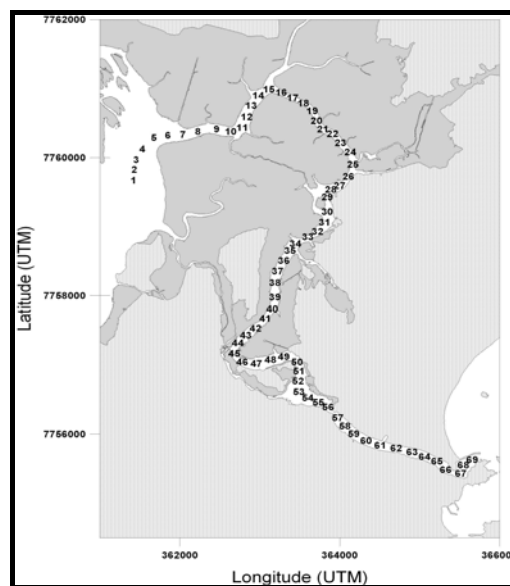


Figura 2 - Localização das estações de cálculo do modelo distribuídas ao longo do Canal da Passagem.

Estações

Para a realização da análise dos resultados numéricos foram distribuídas 69 estações de cálculo do modelo ao longo do Canal da Passagem (Figura 2).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Comparação do modelo com o resultado de campo

Para a campanha do dia 20 de março (Figura 3) os resultados de elevação simulados na preamar foram subestimados em até 0,047 m, enquanto na baixamar os resultados simulados foram superestimados em até 0,021 m. Para altura de onda, o valor experimental foi 0,012 m superior ao modelado, o que em termos percentuais corresponde a 2,4%.

Já para a campanha do dia 27 de março (Figura 4), houve uma superestimativa na preamar e uma subestimativa na baixamar de até 0,082 e 0,173m, respectivamente. Para altura de onda, o experimental foi 0,044 superior ao modelado, ou seja, 2,8%.

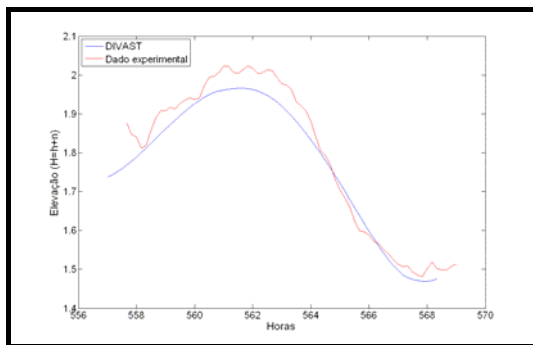


Figura 3 - Comparação dos dados de elevação do modelo com os dados experimentais obtidos pelo equipamento ADP para o dia 20 de março de 2009. A variável h representa a profundidade média e η a variação do nível d'água provocado pela ação da maré.

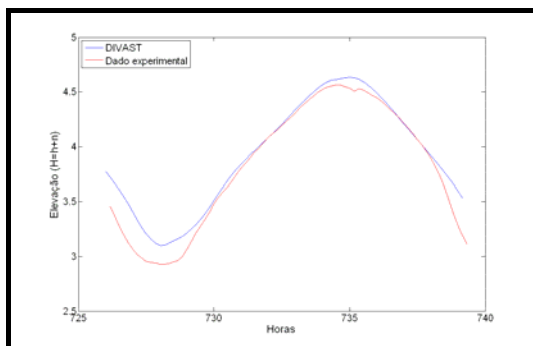


Figura 4 - Comparação dos dados de elevação do modelo com os dados experimentais obtidos pelo equipamento ADP para o dia 27 de março de 2009. A variável h representa a profundidade média e η a variação do nível d'água provocado pela ação da maré.

O coeficiente de correlação cruzada para o dia 20 de março foi de 0,9923, enquanto para o dia 27 março o coeficiente de correlação cruzada foi de 0,9876. Portanto, o modelo DIVAST apresentou boa concordância com os dados de campo.

Hidrodinâmica do Canal da Passagem com o estreitamento

Na Figura 5 se encontra representada a elevação da água para o período de sizígia, compreendido entre 08:00 horas do dia 27/03/2009 e 00:00 horas do dia 28/03/2009. Cabe ressaltar que foi escolhido representar o período de sizígia, já que o comportamento é mais pronunciado.

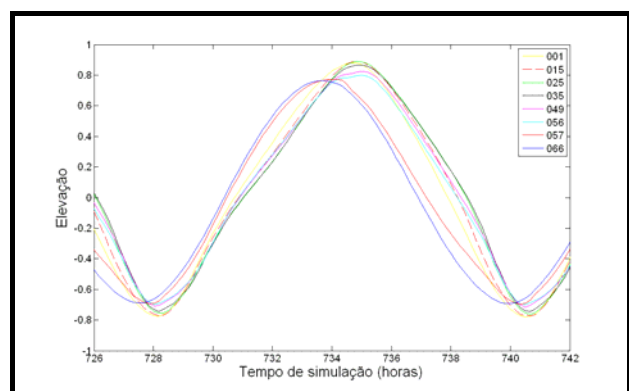


Figura 5 - Deslocamento da superfície da água para algumas estações de cálculo distribuídas ao longo do Canal da Passagem considerando como única forçante a maré astronômica. Às 726 horas de simulação corresponde as 08:00 horas do dia 27/03/2009 e as 742 horas de simulação corresponde as 00:00 horas do dia 28/03/2009.

Tendo em vista que o estreitamento se encontra entre as estações de cálculo do modelo 056 e 057, percebe-se que o estreitamento provoca um atraso na propagação da onda de maré na enchente e na vazante, sendo mais pronunciado durante os períodos de vazante. Esse atraso provocado pelo estreitamento também foi observado por Maciel (2004).

Na Figura 6 estão representadas a elevação ao longo do Canal da Passagem para diferentes horas de simulação para dois períodos, com o intervalo entre 350,34 e 359,17 compreendendo um período de sizígia e o intervalo entre 561,34 e 571,50 compreendendo um período de quadratura.

Foi observado que há um gradiente de pressão provocado pelo estreitamento, sendo mais pronunciado durante os períodos de enchente e vazan-

te. Na maré vazante, o estreitamento promove uma retenção de água ao norte do mesmo (353,67 e 564,34 horas de simulação), e durante a enchente essa retenção se dá ao sul do estreitamento (359,17 e 571,50 horas de simulação). Esse gradiente de pressão provocado pelo estreitamento também foi observado por Maciel (2004).

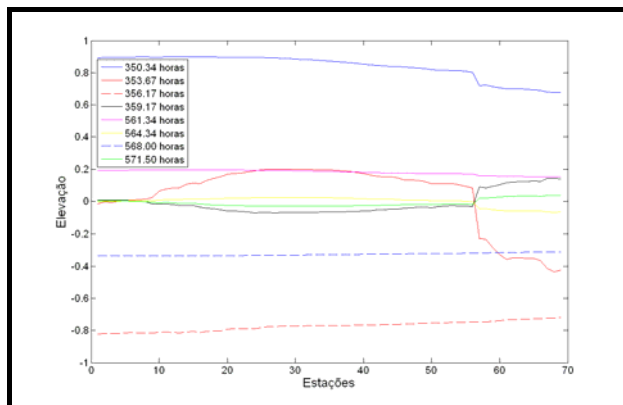


Figura 6 - Elevação ao longo do Canal da Passagem para diferentes horas durante dois períodos, com o intervalo entre 350,34 e 359,17 compreendendo um período de sizígia (350,34-preamar; 353,67-vazante; 356,17-baixamar; 359,17-enchente) e o intervalo entre 561,34 e 571,50 compreendendo um período de quadratura (561,34-preamar; 564,34-vazante; 568,00-baixamar; 571,50-enchente).

Além disso, foi observado na extremidade norte do canal (1 até a 8) que o estreitamento não exerce nenhuma influência na elevação da onda de maré, tendo em vista que, durante o instante de tempo de enchente e vazante, a elevação permaneceu em zero.

Nas proximidades da estação 30 foi identificada uma região de máximos de elevação, ou seja, onde são encontrados os menores gradientes de pressão: na enchente é o local onde está localizado o menor nível d'água e na vazante o de maior nível d'água. Para as situações de preamar e baixamar, com relação à estação 1, não foi observado esse padrão tão pronunciado de retenção de água.

Na Figura 7 estão plotadas as magnitudes da velocidade para diferentes horas de simulação ao longo do Canal da Passagem, com o intervalo entre 350,34 e 359,17 compreendendo um período de sizígia e o intervalo entre 561,34 e 571,50 compreendendo um período de quadratura.

Constatou-se que, no entorno da estação 30, são encontradas as menores velocidades, além de duas regiões com picos de velocidade. O primeiro pico de velocidade se encontra próximo às estações

8, localizado ao norte do canal, enquanto o segundo pico ficou localizado na região do estreitamento, entre as estações 56 e 57.

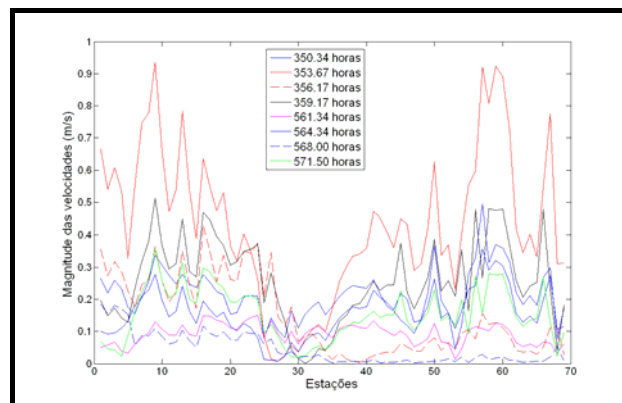


Figura 7 - Magnitude das velocidades ao longo do Canal da Passagem, para diferentes horas durante dois períodos, com o intervalo entre 350,34 e 359,17 compreendendo um período de sizígia (350,34-preamar; 353,67-vazante; 356,17-baixamar; 359,17-enchente) e o intervalo entre 561,34 e 571,50 compreendendo um período de quadratura (561,34-preamar; 564,34-vazante; 568,00-baixamar; 571,50-enchente).

Em alguns momentos de sizígia, no caso para uma vazante, com relação a estação 1, representado na Figura 7 pelo instante de 353,57 horas de simulação, os picos de velocidade para as duas regiões foram de aproximadamente 0,92 m/s, enquanto próximo à estação 30, os valores foram próximos de zero. Dessa maneira, foi verificado um gradiente nas magnitudes da velocidade dos extremos para o centro do canal.

Esse padrão nas magnitudes foi mantido durante a maioria dos instantes, entretanto, durante a baixamar, com relação à estação 1, as magnitudes ao norte do canal foram bem maiores que as encontradas na região do estreitamento, como visto para os instantes de 356,17 e 568,00 horas de simulação. Entretanto, durante a enchente, com relação à estação 1, para um momento de sizígia representado pelo instante de 350,34 horas de simulação, as maiores velocidades encontradas foram na região do estreitamento.

Cabe ressaltar que a região onde foram encontradas os “máximos de elevação” (Figura 6) coincidem com a região onde são encontradas as menores velocidades (Figura 7).

Essa região de baixos ou nulos gradientes de pressão é conhecida como Convergência Barotrópica, ou “Tombo de Maré” e foi constatada em vários

outros trabalhos realizados no local (RIGO & SARMENTO, 1993; RIGO, 2004; MACIEL, 2004 e MOTTA, 2008). A zona de convergência barotrópica também foi constatada por Warner *et al.* (2003), no estudo realizado na Baía de São Francisco, na Califórnia.

Considerando que a interação entre duas ondas progressivas propagando-se em sentidos opostos produzem uma onda estacionária de velocidades nulas, e como o Canal da Passagem é aberto à maré nos seus dois extremos, tem-se que a região de Convergência Barotrópica se dá pela interação da onda de maré que se propaga de sul para norte, proveniente da Baía do Espírito Santo, e da onda de maré que se propaga de norte para sul, proveniente da Baía de Vitória. De acordo com Warner *et al.* (2003), essas zonas de convergência são importantes pois podem acumular substâncias dissolvidas e sedimentos no local da convergência.

Os jatos formados na região do estreitamento ocorrem em virtude da conservação de massa, dada pela equação de continuidade para fluidos incompressíveis, $Q=Sc$ (onde Q é vazão volumétrica, S é a área da seção transversal e c é velocidade média do escoamento). Além disso, foi observado que esse aumento de velocidades, provocados pelo estreitamento, é responsável pela formação de vórtices (Figura 8).

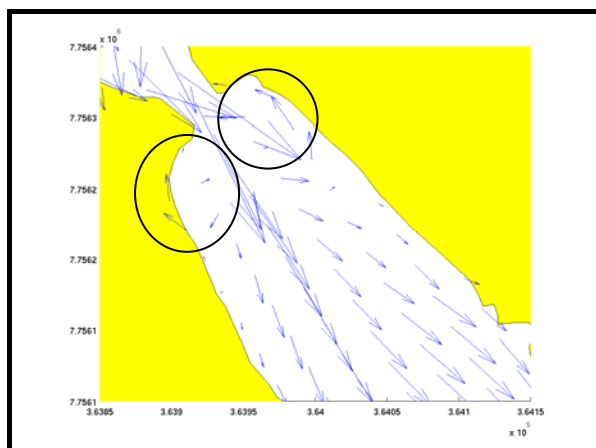


Figura 8 - Vórtices, formados pelo aumento das velocidades na região do estreitamento, sendo mostrados na região demarcada pelos círculos.

Já as altas velocidades encontradas na região norte do canal, são provocadas pela presença de uma grande área de manguezal e por ter o canal mais estreito que o da Baía de Vitória.

Na preamar, grande parte da região entre marés está cheia d'água, e a partir do início da

vazante toda essa água armazenada irá vazar com uma velocidade maior que a do enchimento, já que o gradiente de pressão provocado pela região entre marés durante a vazante irá contribuir para o aumento das magnitudes da velocidade no canal principal. Esse aumento das magnitudes da velocidade devido a presença do manguezal já foi relatado por vários autores (MAZDA *et al.*, 2002; STRUVE *et al.*, 2003; WU *et al.*, 2001).

Já para situação de enchente, a maré propagando-se da Baía de Vitória para o Canal da Passagem encontra uma região mais estreita o que faz valer a lei da conservação de massa, dada pela equação de continuidade, situação já discutida para a presença do estreitamento no escoamento da região sul do canal.

Modificações na hidrodinâmica do Canal da Passagem com o alargamento do estreitamento

Analizando os resultados do alargamento do estreitamento, verifica-se que a onda de maré se propaga de sul para norte do Canal da Passagem ou vice-versa de maneira mais uniforme, não ocorrendo um atraso tão pronunciado entre as estações 56 e 57 (Figura 9), como ocorreu para a situação considerando o estreitamento (Figuras 5). Isso vem a corroborar com a explanação dada no estudo feito por Maciel (2004), o qual o autor argumentou que o estreitamento atrasa a onda maré tanto para encher quanto para vazar.

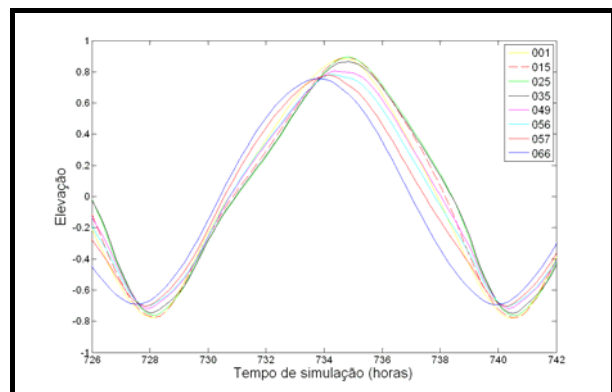


Figura 9 - Deslocamento da superfície da água ao longo do Canal da Passagem considerando como única forçante a maré astronômica, considerando o alargamento do estreitamento para um período de sizígia. Às 726 horas de simulação corresponde as 08:00 horas do dia 27/03/2009 e as 742 horas de simulação corresponde as 00:00 horas do dia 28/03/2009.

Comparando os resultados de elevação ao longo do Canal da Passagem Figura 10, na qual estão representadas a elevação sem e com o alargamento, nota-se que, para a maioria das estações, a diferença foi bastante reduzida. Entretanto, durante os períodos de vazante e enchente (com relação a estação 1) para um período de sizígia (353,67 e 359,17 horas de simulação, respectivamente) foram observadas as maiores variações.

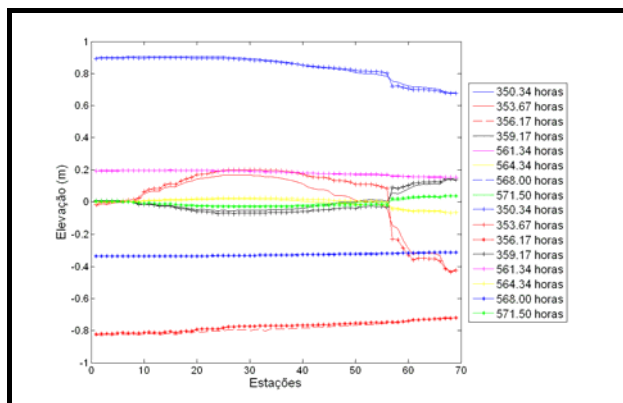


Figura 10 - Diferença da elevação sem e com o alargamento para diferentes horas de simulação. As linhas contínuas e as linhas pontilhadas estão representando a elevação considerando o alargamento, enquanto as linhas com símbolo (*) estão representando a elevação com o estreitamento. O intervalo entre 350,34 e 359,17 representa um período de sizígia (350,34-preamar; 353,67-vazante; 356,17-baixamar; 359,17-enchente) e o intervalo entre 561,34 e 571,50 representa um período de quadratura (561,34-preamar; 564,34-vazante; 568,00-baixamar; 571,50-enchente).

O estreitamento funciona como uma barreira hidráulica para propagação da onda de maré, assim para o instante de 353,67 horas de simulação (período de vazante), quando se considera o alargamento, ocorre uma menor retenção de água na região sul do canal, com isso o nível d'água diminui na região sul e aumenta na região norte do canal. Já para o instante de 359,17 (período de enchente), ocorre a situação inversa, verificando-se que o nível d'água ao norte do canal diminui e aumenta no sul. No extremo norte do canal foi observado que a influência do estreitamento é mínima, não havendo variações significativas na elevação (Figura 10) e nas magnitudes da velocidade (Figura 11). Nesse local, o maior influenciador na hidrodinâmica é a região de manguezal.

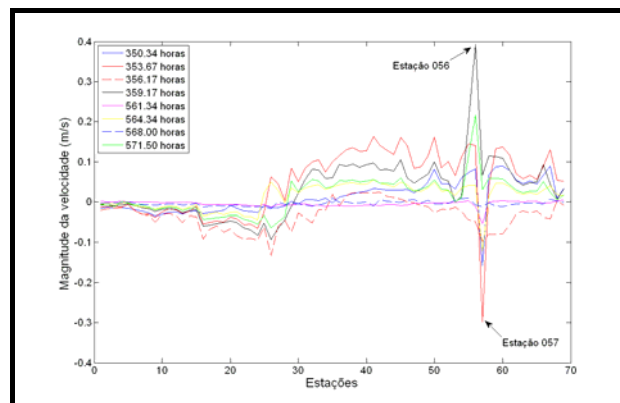


Figura 11 - Diferença das magnitudes da velocidade sem e com o alargamento do estreitamento para diferentes horas de simulação. O intervalo entre 350,34 e 359,17 representa um período de sizígia (350,34-preamar; 353,67-vazante; 356,17-baixamar; 359,17-enchente) e o intervalo entre 561,34 e 571,50 representa um período de quadratura (561,34-preamar; 564,34-vazante; 568,00-baixamar; 571,50-enchente).

A Figura 11 representa as consequências do alargamento nas magnitudes da velocidade. Pode-se observar que há uma redução das velocidades da estação 1 até as proximidades da estação 28, e depois desta estação ocorre um acréscimo das velocidades.

Nota-se que há dois picos, sendo um de redução e outro de magnificação. Como o estreitamento provoca a formação de jatos durante a enchente e a vazante, ocorre que com o alargamento isso é bastante minimizado. Essa diferença chegar a 0,38 m/s na enchente (estação 56), e 0,32 m/s na vazante (estação 57).

Na situação de baixamar, para um período de sizígia representado na Figura 11 pelo instante de 356,17 horas de simulação, ocorre uma redução das velocidades tanto ao norte quanto ao sul do canal: no entanto, nas proximidades da estação 40 foi verificada uma intensificação das velocidades. Já para baixamar em um período de sizígia representado na Figura 11 pelo instante de 568,00 horas de simulação, foi verificado que a variação foi ínfima.

CONCLUSÃO

Foi verificado que o estreitamento promove a retenção da coluna d'água tanto na enchente quanto na vazante de maré, e devido a essa retenção sua influência se propaga até a metade norte do

canal. Com isso são encontrados no meio do canal, nas proximidades da estação 30, regiões com máximos e mínimos de elevação, na vazante e enchente, respectivamente.

Com relação à velocidade, foi constatado que há duas regiões de máximas velocidades, uma no extremo norte do canal e outra na região do estreitamento, e uma região de velocidades bastante baixas, sendo esta região coincidente com de máximos de elevação. Além disso, foi observado que o estreitamento é responsável pela formação de jatos e vórtices em suas proximidades.

Considerando o alargamento, foi observado um aumento nos gradientes de pressão, ocasionando mudanças nas magnitudes da velocidade, já que a barreira física que retinha a água foi retirada.

O aumento do gradiente de pressão se deu na região sul do canal, e devido a esse aumento foi constatado uma elevação nas magnitudes da velocidade nessas regiões, chegando à aproximadamente 0,2 m/s na estação 40. Já para região norte do canal, foi constatado que o mesmo sofre uma maior influência da região de manguezal, sendo averiguada nesses locais uma diminuição das magnitudes da velocidade, chegando a 0,1 m/s na estação 22. A única exceção a esses padrões se deu para os instantes de baixamar.

Em virtude do alargamento foi verificada uma variação na localização da zona de convergência barotrópica, e isso se deve a mudança dos padrões nos gradientes de pressão formados pelo encontro das marés que entram pelos dois extremos do Canal da Passagem.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, M. S. M.; CHACALTANA, J. T. A. *Análise do padrão de escoamento na desembocadura do canal da passagem - Vitória (ES) por meio da utilização de derivadores e modelagem computacional*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória, ABES, p.1-7. set. 2002.
- DIEGUES, A. C. *Ecologia Humana e Planejamento Costeiro*. 2º Ed. São Paulo: Núcleo de Apoio à Pesquisa sobre Populações Humanas em Áreas Úmidas Brasileiras, USP. 2001.
- FALCONER, R. A., *DIVAST Manual*. Civil Engineering Department, Bradford University, UK, 1993.
- FALCONER, R. A. *Mathematical Modelling of Jet-Forced Circulation in Reservoirs and Harbours*. Thesis (Doctor of Philosophy), Dept. of Civil Engineering, Imperial College. London. 1976.
- FURUKAWA, K.; WOLANSKI, E.; MUELLER, H. Currents and sediment transport in mangrove forests. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.44, p.301-310, 1997.
- MACIEL, M. A. *Modelagem do Padrão de Escoamento no Canal da Passagem (Vitória, ES)*. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2004.
- MACIEL, M. A.; CHACALTANA, J. T. A.; RIGO, D. *Padrão de escoamento no Canal da Passagem*. In: V SEMINÁRIO ESTADUAL SOBRE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 2003, Vitória ES. V Seminário Estadual De Meio Ambiente. Vitoria ES, 2003.
- MAZDA, Y.; MAGI, M.; NANAHO, H.; KOGO, M.; MIAGI, T.; KANAZAWA, N.; KOBASHI, D. *Coastal erosion due to long-term human impact in mangrove forests*. *Wetlands Ecology and Management*, v. 10, p.1-9, 2002.
- MAZDA, Y.; WOLANSKI, E.; KING, B.; SASE, A.; OHTSUKA, D.; MAGI, M. *Drag force due to vegetation in mangrove swamps*. *Mangroves and Salt Marshes*. v.1, p.193-199, 1997.
- MOTTA, L. C. *Estudo da hidrodinâmica e distribuição do oxigênio dissolvido da água do Canal da Passagem, Vitória-ES utilizando modelagem numérica*. Monografia de Graduação em Oceanografia. Vitória, 2008.
- RIGO, D. *Análise do escoamento em regiões estuarinas com manguezais – medições e modelagem na Baía de Vitória, ES*. 2004. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenharia Oceânica, COPPE, Rio de Janeiro, 2004.
- RIGO, D.; SARMENTO, R. *Determinação do Tombo da Maré no Canal da Passagem-Relatório Final*. Laboratório de Hidráulica, UFES, Vitória, Brasil. 1993.
- SANTIAGO, I., D. *Simulação Numérica do Padrão de Escoamento no Canal de Acesso ao Porto de Vitória, ES*. Monografia de Graduação em Oceanografia. Vitória, 2004.

STRUVE, J.; FALCONER, R. A.; WU, Y. Influence of model mangrove trees on the hydrodynamics in a flume. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.58, p.163-171, 2003.

VIÉGAS, N. J. de F. Modelagem numérica das marés no litoral do Espírito Santo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

WARNER, J. C.; SCHOELLHAMER, D.; SCHLADOW, G. *Tidal truncation and barotropic convergence in a channel network tidally driven from opposing entrances. Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 56, p.629-639, 2003.

WU, F.; FALCONER, R. A.; STRUVE, J. *Mathematical modeling of tidal currents in mangrove forests*. Elsevier, *Environmental Modelling & Software*, v.16, p.19-29, 2001.

Analysis Of The Influence Of The Enlargement Of A Constriction Of The Hydrodynamics In Teh Canal da Passagem, Victoria, ES, Using Numerical Modeling

ABSTRACT

Coastal ecosystems are the habitat of a large part of marine resources, and also support a lot of the world's population. They are also a refuge and nursery for many species, providing income and food for local populations. These environments have a fairly complex hydrodynamics, the result of interactions between physical processes and geomorphology. Often these places are modified by human activity and even though such changes can be justified, it is necessary to study the potential impacts resulting from these modifications. This study addresses the impact of changes occurring in the hydrodynamics of Canal da Passagem due to the enlargement of the constriction under the bridge, through numerical model (2DH) DIVAST, which was validated for the situation with the constriction. The model results reveal that the constriction is responsible for retaining water both in flood and ebb tide which propagates to the northern half of the channel. Consequently a region appears with low or no pressure gradients in the middle of the channel, and very low velocities were found at these places. It was found that enlarging the constriction

has more influence on the southern channel, resulting in an increase in the magnitude of speed, reaching approximately 0.2 m/s. However for the northern region, which is under greater influence from the mangrove, a decrease in magnitudes of velocity was found, reaching 0.1 m/s. Enlargement of the constriction was also found to influence the location of the Barotropic Convergence zone.

Keywords: Canal da Passagem, hydrodynamics, constriction, DIVAST