

ANÁLISE DAS JANELAS DE MARÉ UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO MARÍTIMOCANAL DA BARRA NORTE DO RIO AMAZONAS

Alves¹, S. M.; Caprace², J. D.; Ferreira³, B. C. B da C.; Gallo⁴, M.; Moita⁵, J. V. M. O.; Monteiro⁶, G. P.; Vinzon⁷, S.

¹UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/Brasil, sarahalves@oceanica.ufrj.br

²UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/Brasil, jdcaprace@oceanica.ufrj.br

³UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/Brasil, bernardo_ufrj@poli.ufrj.br

⁴UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/Brasil, marcosgallo@oceanica.ufrj.br

⁵UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/Brasil, joaov@poli.ufrj.br

⁶UFRJ/POLI, Rio de Janeiro/Brasil, gabriel_premolimonteiro@poli.ufrj.br

⁷UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro/Brasil, susana@oceanica.ufrj.br

RESUMO

A navegação no rio Amazonas é considerada crítica devido à presença de lama fluida, que resulta em uma profundidade restrita de 11,5m. Considerando este problema, este trabalho relata um estudo de caso utilizando um programa de simulação de tráfego marítimo que avalia as janelas de maré do canal norte do rio Amazonas para avaliar a viabilidade da navegação com maior calado e, conseqüentemente, maior capacidade de carga nesta região. A metodologia consiste em uma simulação de tráfego incluindo previsão de maré e efeito Squat para aumentar a capacidade de carga e a segurança na navegação. Resultados preliminares indicam que há potencial para aumentar o peso morto dos navios com segurança. O estudo propõe a criação de um modelo que auxilie na tomada de decisão da janela de maré ideal para navegação que permitirá um maior transporte de carga com uma baixa possibilidade de encalhe no fundo.

Palavras chave: Janela de maré, efeito Squat, rio Amazonas.

INTRODUÇÃO

O rio Amazonas possui características naturais que permitem o tráfego de embarcações com alta capacidade de carga. O principal problema logístico nessa região é poder conciliar a maré em condições ideais com o momento em que o navio entra no PC (Figura 1), sem encalhar. A região do canal Barra Norte do rio Amazonas possui uma limitação de calado de 11,5m podendo navegar sem a presença do prático, de acordo com os Padrões e Procedimentos de Capitania do Rio Santarém (Marinha do Brasil, 2015). No entanto, estudo mais recente nessa região mostra que o calado dinâmico pode aumentar para 11,7m sem apresentar nenhum risco à navegação, porém é necessário a presença do prático a bordo.

A área de estudo foi delimitada de acordo com Baltazar et al. (2016), onde foram analisadas 10 estações com resultados de modelo numérico espalhadas por aproximadamente 350 km do canal de navegação do rio Amazonas. Uma atenção maior deve ser dada à estação P8, devido a sua profundidade limitada, sendo uma área descrita como problemática para a navegação e, portanto, restringindo o calado dos navios que navegam pelo canal. A figura 1 mostra a extensa área do rio Amazonas e a parte ampliada é a estação P8, onde há a presença da lama fluida em uma extensão de aproximadamente 20km.

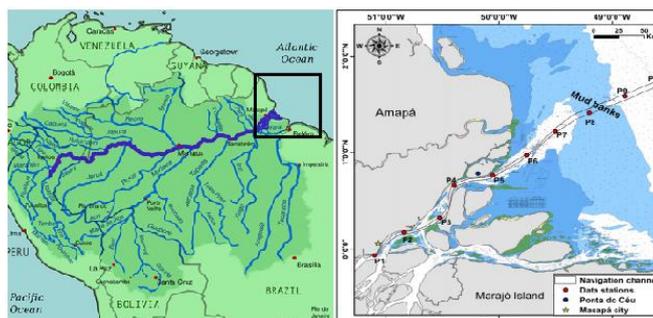


Figura 1 – O mapa mostra a rota do rio Amazonas à esquerda. A figura de seleção da seção PC-P1, destaca os pontos de localização das estações (Baltazar et al., 2016)

OBJETIVOS

O estudo proposto consiste em uma simulação do tráfego marítimo incluindo janela de maré e efeito Squat, reproduzindo um modelo para permitir o aumento do calado dos navios na tomada de decisão aceitável para a navegação no rio Amazonas.

METODOLOGIA

A simulação de eventos discretos é um modelo no qual as variáveis mudam discretamente em pontos específicos ao longo do tempo e apresentam um cenário em que os sistemas são necessariamente planejados (Buffa e Dyer, 1977). Para a criação do modelo de estudo, foi utilizado o software Quest, que permite ao usuário modelar simulações de eventos discretos tanto a partir de uma interface gráfica (GUI) quanto de suas próprias linguagens de programação.

Em relação a análise harmônica dos dados de maré foi utilizado como base o artigo do Baltazar (2016) onde determina as constantes harmônicas das componentes. O autor Franco (1997) utiliza a análise de Fourier como um filtro para separar as componentes, e considera que o sinal é representado por uma soma finita de termos de senos e cossenos, apresentados em duas equações (Figura 2): equação 1 descrevendo o nível da água; e a equação 2 descrevendo as correntes.

$$\eta(t) = a_0 + \sum_{n=1}^k a_n \times \cos \omega_n t + \alpha_n$$

Eq. 1

$$V(t) = v_0 + \sum_{n=1}^k v_n \times \cos(\omega_n t + \alpha_n)$$

Eq. 2

Figura 2 – Análise harmônica do nível da água e das correntes (Franco, 1997)

Em relação ao cálculo do efeito Squat, foi utilizada a fórmula empírica do Tuck (Figura 3) pelo fato de se aproximar com o modelo de estudo e por não possuir restrições de aplicabilidade nas dimensões do navio, dando ao modelo uma maior liberdade de uso. Foram utilizadas quatro velocidades de navegação (5nós, 6nós, 7nós, 8nós) na simulação durante um mês. As simulações foram realizadas tanto de IDA (entrando no canal) quanto de VOLTA (saindo do canal).

$$S_{bT} = 1.46 \frac{\nabla}{L_{pp}^2} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}} K_S + 0.5L_{pp} \sin \left\{ \frac{\nabla}{L_{pp}^3} \frac{F_{nh}^2}{\sqrt{1 - F_{nh}^2}} K_S \right\}$$

Figura 3 - Fórmula empírica Tuck (Pianc, 2014)

RESULTADOS

Com base nas distribuições da janela de tempo relacionadas a cada cenário e velocidade, foi possível encontrar o tempo médio de passagem do navio em relação a distância de navegação pela lama fluida (Figura 4).

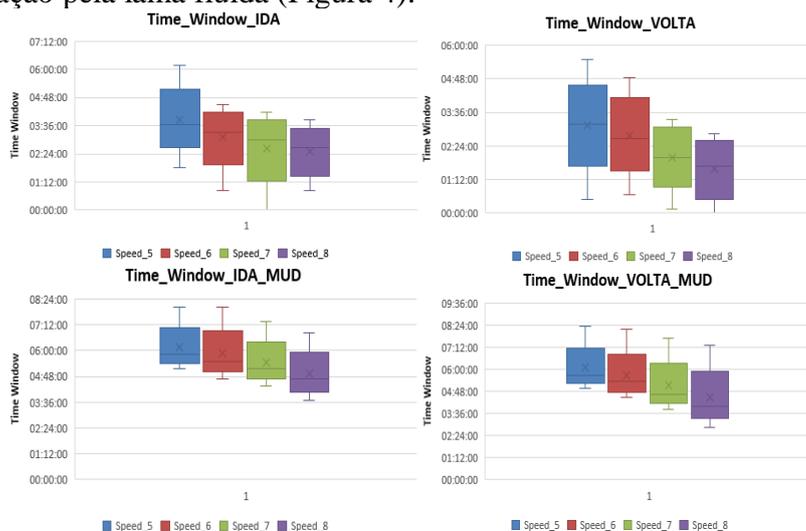


Figura 4 – Distribuição média da janela de tempo

O rio Amazonas possui maré semi-diurna, ou seja, existem duas marés altas em cada dia lunar. Assim, na Figura 5, foi feita uma comparação entre a quantidade de marés altas durante um mês, o total de janelas de marés em que o navio navegou sem encalhar na lama fluida, e as janelas de marés navegáveis considerando o tempo mínimo de travessia. Na figura 5, nota-se que quando o navio entra a 0,5m na lama fluida, o tempo de passagem é maior, possibilitando assim que haja uma elevada quantidade de navios navegando nesse cenário.

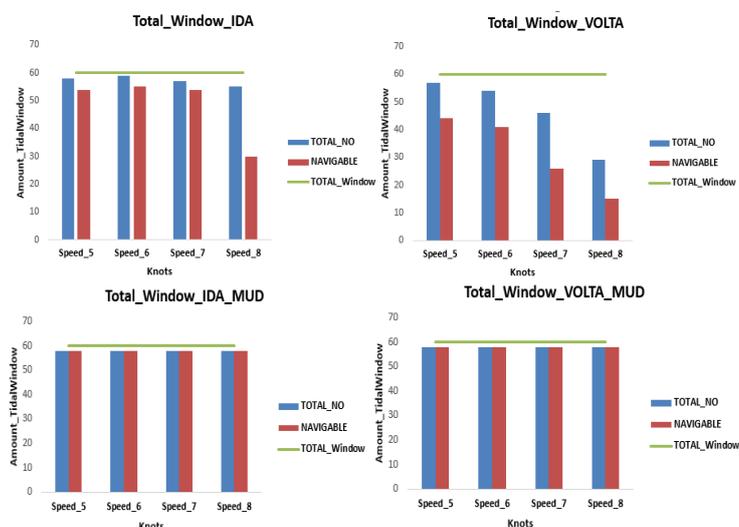


Figura 5 – Total de janelas de marés

A partir da janela de maré, foi possível encontrar o tempo de passagem do navio na região onde se encontra a lama fluida para cada cenário estudado. Este tempo de passagem, estipula o momento de entrada do primeiro navio na região crítica, até a saída do último navio nessa região, sem que o mesmo encalhe. Em conseguida, foi identificada a altura da maior maré (preamar) em cada passagem e relacionada com a janela disponível (Figura 6). Pode ser observado que quanto maior a maré, maior a janela disponível. Além disso, maiores diferenças são encontradas entre IDA e VOLTA, quanto menores são as velocidades do navio.

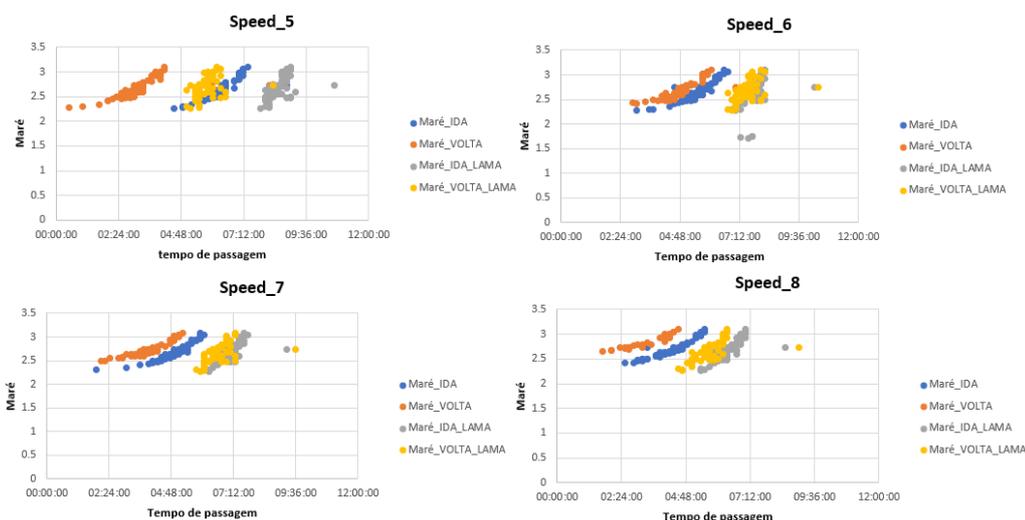


Figura 6 – Altura da maior preamar em cada janela

CONCLUSÕES

A simulação para o rio Amazonas mostrou que há uma influência significativa da velocidade dos navios. Os aspectos probabilísticos relacionados ao ganho significativo quando o navio navega por dentro da lama fluida em de 0,5m, representam um aumento na passagem de navios pela região. Destaca-se que mais testes e pesquisas tem que ser realizadas para avaliar a navegação na lama, tanto segurança quanto manobrabilidade do navio.

Essa análise faz menção a segurança na navegação e a uma melhor eficiência para o aumento do calado dos navios pelo canal da barra norte do rio Amazonas. De fato, a metodologia permite calcular o tempo mínimo de travessia para cada velocidade e encontrar a janela de maré relacionada a cada cenário ao longo de um mês.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALTAZAR, L. R.; MOITA, J. M.; GALLO, M. N.; VINZON, S.; CAPRACE, J. D. Including Hydrodynamics Model and Tidal Windows into a Stochastic Traffic Simulation. In: 26º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore – SOBENA, Rio de Janeiro, 2016.

BUFFA, E. S.; DYER, J. S. Management science/operations research: model formulation and solution methods. Willey: University of Michigan, 1977.

FRANCO, A. S. Marés, Fundamentos, Análise e Previsão. 1º.ed, Niterói, RJ, Diretoria de Hidrografia e Navegação, 1997. 265 p.

MARINHA DO BRASIL. Normas e procedimentos da capitania fluvial de Santarém. 2015.

PIANC. Harbour Approach Channels Design Guidelines. PIANC Report n. 121, 2014.