

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

IMPACTOS DE DRAGAGENS E READEQUAÇÃO DO GUIA-CORRENTES DO COMPLEXO LAGUNAR DE JACAREPAGUÁ NA DINÂMICA DAS MARÉS

Monica Frickmann Young Buckmann¹, Verônica Silveira de Andrade² &

Paulo Cesar Colonna Rosman³

Abstract: This study evaluated the hydrodynamic impacts of proposed interventions in the Jacarepaguá Lagoon Complex (CLJ), focusing on channel dredging and the restructuring of the jetty. Two scenarios were compared: the Current Situation (SA), based on 2022 bathymetric data, and the Dredging Scenario (SD), which incorporates projected geomorphological modifications aimed at enhancing ocean-lagoon connectivity. Digital Terrain Models (DTMs) were developed for each scenario using refined finite element meshes. Hydrodynamic simulations were conducted for representative summer (01/01/2022 to 28/02/2022) and winter (01/07/2022 to 31/08/2022) periods, enabling the analysis of water levels, flow rates, tidal prisms, and circulation patterns. Results indicate that the proposed interventions reduce tidal phase lag between the ocean and the lagoons and significantly increase the tidal prism. In the SD scenario, water volume entering through the Joatinga Channel increased by 44% in winter and 39% in summer. The Jacarepaguá Lagoon showed increases of 49% (winter) and 45% (summer), while the Marapendi Channel recorded gains of 42% and 20%, respectively. These findings demonstrate the potential of the proposed interventions to enhance water renewal, reduce nutrient retention, and mitigate extreme events, contributing to the environmental and urban resilience of the lagoon system.

Resumo: Este estudo avaliou os impactos hidrodinâmicos das intervenções propostas no Complexo Lagunar de Jacarepaguá (CLJ), com foco na dragagem de canais e na reestruturação do guia-correntes. Foram comparados dois cenários: a Situação Atual (SA), baseada em dados batimétricos de 2022, e a Situação com Dragagem (SD), que incorpora modificações geomorfológicas projetadas para melhorar a conectividade com o oceano. Modelos digitais de terreno (MDT) foram desenvolvidos para cada cenário, utilizando malhas de elementos finitos com discretização refinada. As simulações hidrodinâmicas abrangeram períodos representativos de verão, de 01/01/2022 a 28/02/2022, e inverno, de 01/07/2022 a 31/08/2022, e permitiram a análise de níveis d'água, vazões, prismas de maré e padrões de circulação. Os resultados indicam que as intervenções propostas promovem uma redução na defasagem da maré entre o oceano e as lagoas, além de um aumento significativo no prisma de maré. No cenário SD, observou-se um incremento de 44% no inverno e 39% no verão no volume de água que entra pela embocadura do Canal da Joatinga. A Lagoa de

¹ Engenheira DSc. da ABdoB - Associados Baías do Brasil; Engenheira DSc. Pesquisadora - Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica (AECO) – COPPE. E-mail: myoung@oceanica.ufrj.br; monica@abdob.com.br

² Engenheira DSc. da ABdoB - Associados Baías do Brasil; Engenheira DSc. Pesquisadora - Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica (AECO) – COPPE. E-mail: veronica@abdob.com.br

³ Professor Titular do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (Escola Politécnica) e da Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica (Programa de Engenharia Oceânica – COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: pccrosman@ufrj.br

Jacarepaguá apresentou aumento de 49% (inverno) e 45% (verão), enquanto o Canal de Marapendi registrou acréscimos de 42% e 20%, respectivamente. Esses resultados demonstram que as intervenções projetadas têm potencial para melhorar a renovação hídrica, reduzir a retenção de nutrientes e mitigar eventos extremos, contribuindo para a resiliência ambiental e urbana do sistema lagunar.

Palavras-Chave – Hidrodinâmica Costeira; Modelagem Computacional; Complexo Lagunar.

1- INTRODUÇÃO

Sistemas lagunares costeiros são componentes essenciais da paisagem estuarina, atuando como zonas de transição entre ambientes marinhos e continentais, com funções críticas na regulação hidrodinâmica, na biodiversidade e na mitigação de impactos climáticos. O Complexo Lagunar de Jacarepaguá (CLJ), localizado na região metropolitana do Rio de Janeiro, v. Figura 1. Destaca-se por sua relevância ecológica e funcional, especialmente no controle de inundações e na modulação da dinâmica das marés em áreas urbanas densamente ocupadas (Silva et al., 2018). Inserido em uma bacia de drenagem de aproximadamente 280 km² — cerca de um quarto da área do município — o CLJ é delimitado por importantes formações geológicas, como os maciços da Pedra Branca e da Tijuca, além do oceano Atlântico (RIOONWATCH, 2025).

O sistema é composto pelas lagoas da Tijuca, Marapendi e Jacarepaguá, interligadas por canais naturais e artificiais, cuja única conexão com o mar se dá pelo Canal da Joatinga. Este canal é responsável pela renovação hídrica e pela manutenção do equilíbrio salino do sistema. Contudo, décadas de intervenções urbanas, assoreamento e obstruções naturais comprometeram a eficiência dessa conexão, resultando em degradação da qualidade da água, retenção de nutrientes e aumento da frequência de eventos de inundação (IGUÁ SANEAMENTO, 2025).



Figura 1 – Mapas de localização do Complexo Lagunar de Jacarepaguá (CLJ), Rio de Janeiro.

Diante desse cenário, intervenções de dragagem e a reestruturação do guia-correntes vêm sendo desenvolvidas como soluções estratégicas para restaurar a funcionalidade hidrodinâmica do CLJ. Este estudo insere-se nesse contexto, propondo uma análise comparativa entre a situação atual do sistema e os cenários projetados com a implementação dessas intervenções. A partir de modelagens hidrodinâmicas, serão avaliadas as alterações na amplitude e fase das marés, os efeitos sobre a circulação interna das águas e os benefícios esperados na mitigação de eventos extremos.

2- METODOLOGIA

Nas análises realizadas neste trabalho utilizou-se os modelos do SisBaHiA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental. Maiores informações sobre o SisBaHiA estão disponíveis no site www.sisbahia.coppe.ufrj.br, de onde pode-se obter a Referência Técnica, Rosman (2024). Neste trabalho rodaram acoplados, interagindo entre si, o modelo hidrodinâmico bidimensional promediado na vertical (2DH), o modelo de geração de ondas e o modelo de transporte de salinidade, considerando condicionantes oceanográficas, meteorológicas e hidrológicas, tais como marés astronômicas e meteorológicas, correntes de deriva, gradientes de densidade, ventos, vazões fluviais e de fontes costeiras. Portanto, os três modelos se retroalimentam e são interdependentes.

Cenários de Modelagem

Para avaliar os efeitos hidrodinâmicos das intervenções propostas no CLJ, foram definidos dois cenários contrastantes: um representando a configuração atual do sistema e outro incorporando modificações morfológicas decorrentes de obras de dragagem e reestruturação hidráulica. Essa abordagem comparativa visa quantificar as alterações na circulação interna, na propagação das marés e na eficiência da renovação hídrica.

O Cenário de Referência (Situação Atual – SA) baseia-se em um modelo hidrodinâmico previamente calibrado e validado (Andrade et al., 2024), refletindo as condições geomorfológicas e batimétricas atualizadas até o ano de 2022. Este cenário representa o estado atual do CLJ, incluindo margens, canais e profundidades tal como observadas em campo, servindo como base para a análise comparativa.

O Cenário Interventivo (Situação com Dragagem – SD) contempla um conjunto de modificações projetadas com o objetivo de restaurar a conectividade hidrodinâmica e mitigar processos de assoreamento e retenção hídrica. As intervenções simuladas incluem: (i) Dragagem de canais principais: aprofundamento dos canais da Joatinga, Gigóia, Camorim e Jacarepaguá para 3,0 m, e dos canais da Tijuca e Marapendi para 2,5 m; (ii) Redefinição do espelho d'água: dragagem das lagoas da Tijuca, Marapendi, Joatinga, Gigóia, Camorim e Jacarepaguá até 1,0 m de profundidade média; (iii) Intervenções em tributários: dragagem dos trechos terminais dos rios das Pedras, Arroio Fundo e Arroio Pavuna; (iv) Infraestrutura ecológica: inclusão de três zonas com diques de contenção para recuperação de manguezais na Lagoa da Tijuca; (v) Reestruturação da embocadura: desobstrução e dragagem da foz do Canal da Joatinga, com reforma do guia-correntes para otimização do fluxo entre o sistema lagunar e o oceano. (vi) Além disso, o cenário SD prevê o reaproveitamento de parte do material dragado para o preenchimento de cavas profundas, com o intuito de reduzir zonas de estagnação e promover maior homogeneidade na coluna d'água. Os períodos de simulação representativos selecionados foram verão, de 01/01/2022 a 28/02/2022, e inverno, de 01/07/2022 a 31/08/2022.

As análises consideram a variação sazonal de verão e inverno, a fim de capturar as características climáticas mais distintas do Rio de Janeiro. O verão é conhecido por ser mais quente e chuvoso, enquanto o inverno é mais frio e menos chuvoso. Tais variações influenciam diretamente a hidrodinâmica do sistema lagunar, afetando a recarga fluvial, os gradientes de salinidade e a eficiência da renovação hídrica.

Modelo Digital de Terreno

Para representar adequadamente as condições hidrodinâmicas do CLJ, foram elaborados dois Modelos Digitais de Terreno (MDT), correspondentes aos cenários de referência SA e de intervenção

A Figura 2 apresenta, respectivamente, os domínios de modelagem dos cenários SA e SD, mostrando as malhas de discretização. Em seguida, a Figura 3 mostra o mapa de cores de batimetria dos cenários SA e SD.

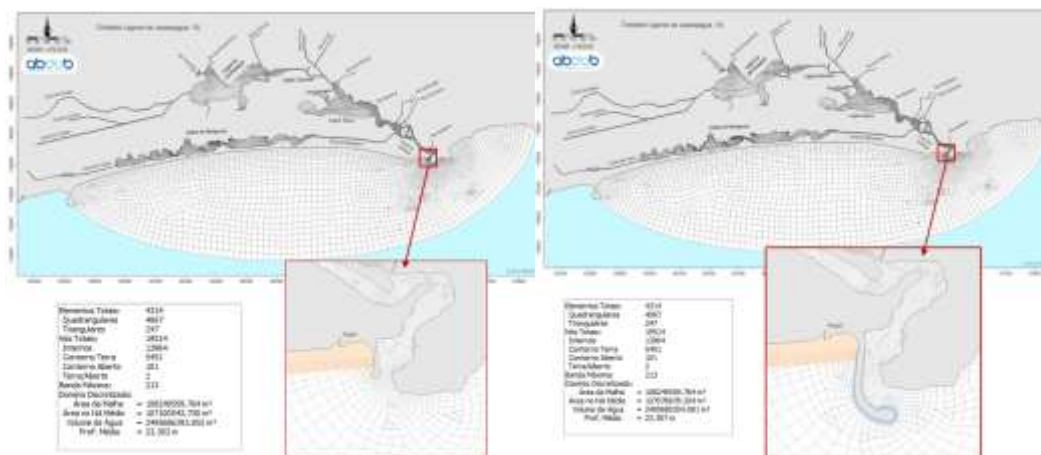


Figura 2 – Domínio de modelagem e malha de elementos finitos da Situação Atual – SA na esquerda e Situação com Dragagem – SD na direita, com destaques nas regiões do guia-correntes.

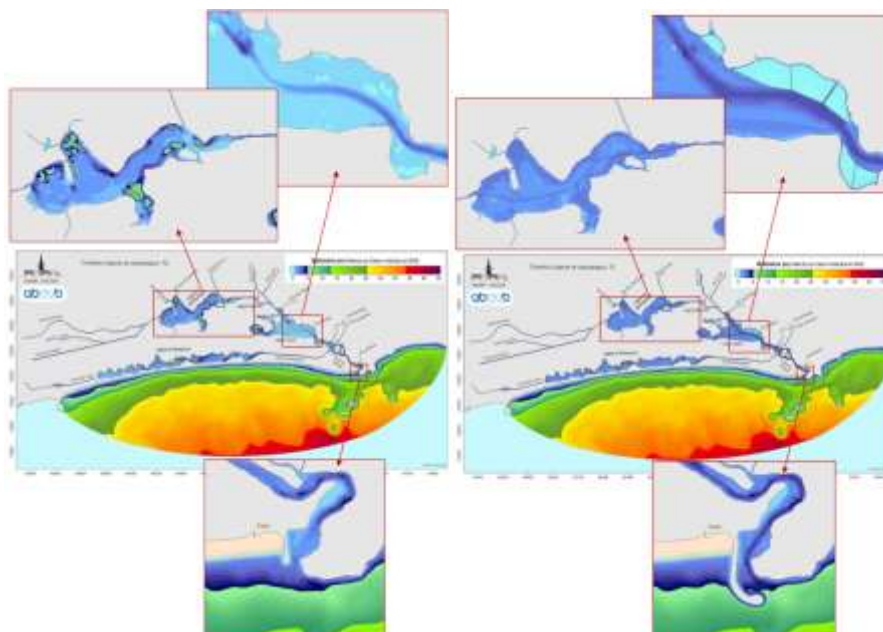


Figura 3 – Batimetria da Situação Atual – SA na esquerda e Situação com Dragagem – SD na direita, com destaques nas regiões do guia-correntes readequado, configuração de diques e mangues e ampliação de canais de dragagem na lagoa de Jacarepaguá.

A seguir, descrevem-se os dados ambientais adotados nos modelos. É importante destacar que os modelos consideram os mesmos parâmetros hidrodinâmicos para fins de comparação, considerando os cenários de verão e inverno. As condições de contorno adotadas incluem vazões dos rios afluentes ao CLJ, variações nos níveis astronômicos e meteorológicos no mar, além de ventos, precipitação e evaporação variáveis no tempo e no espaço.

- Vazões Afluentes

Considera-se nas modelagens hidrogramas de vazões gerado a partir de modelo chuva-vazão. Nas vazões fluviais também estão incluídas vazões de esgoto afluentes.

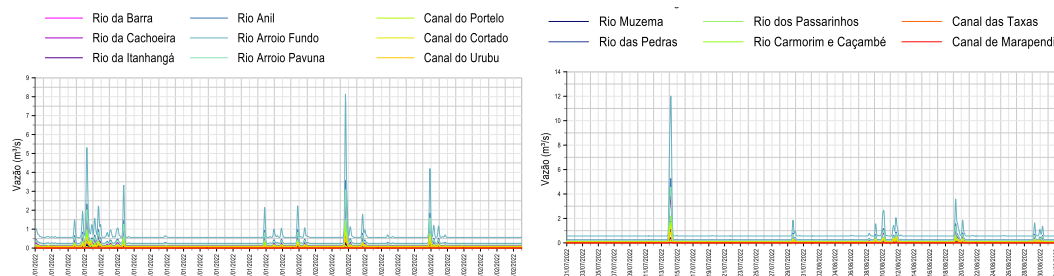


Figura 4 – Hidrogramas de vazão adotados para cada período de simulação, verão na esquerda e inverno na direita.

- Níveis de Maré Astronômicos e Meteorológicos

Séries de níveis de maré astronômica e maré meteorológica foram consideradas como condicionantes de níveis na fronteira aberta para os períodos de verão e inverno. A série de maré astronômica foi gerada a partir de Constantes Harmônicas do *FES2014 – Finite Element Solution*, disponível em <https://datastore.csls.fr/catalogues/fes2014-tide-model/>. Foram consideradas cinco estações, que incluem 33 constantes harmônicas em cada, conforme mostrados na Figura 5. A série meteorológica da maré foi obtida do modelo de reanálise no Atlântico Sul HYCOM – *Hybrid Coordinate Ocean Model*.



Figura 5 – Estações de origem dos dados ambientais utilizados nos modelos hidrodinâmicos.

A Figura 6 apresenta as séries das componentes astronômicas e meteorológicas, bem como a série resultante de maré considerada na modelagem, respectivamente, para os períodos de verão e inverno.

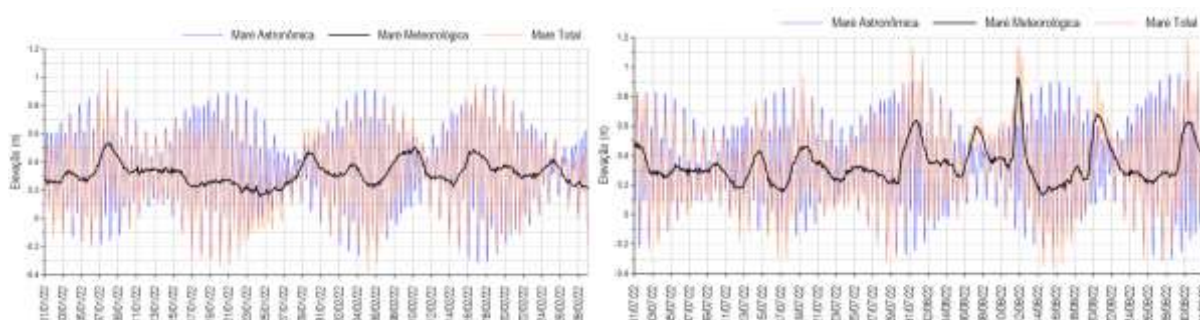


Figura 6 – Elevação resultante da soma dos níveis astronômicos e meteorológicos, impostos como condição de contorno nos modelos de Verão na esquerda e Inverno na direita. Os níveis são referidos ao Datum Imbituba do IBGE.

- Correntes de Deriva Costeiras

As correntes de deriva costeiras consistem em séries temporais de componentes de velocidade U e V, provenientes do modelo HYCOM no ponto indicado como HYCOM na Figura 5. A Figura 7 mostra as séries de velocidade de correntes resultantes, respectivamente, para o verão e para o inverno. Nas séries, valores negativos indicam corrente de leste a oeste, características de bom tempo. Valores positivos indicam correntes de oeste para leste, que caracterizam entradas de frente fria.



Figura 7 – Correntes de deriva costeiras obtidas a partir de dados das componentes de velocidade U e V do HYCOM, inseridas como condições de contorno de Nível Médio Diferencial no Modelo Hidrodinâmico do SisBaHiA. Na esquerda o Nível Médio Diferencial para o período de verão e na direita para o inverno.

- Ventos

Os dados de ventos adotados consistem em séries temporais de intensidade e direção de ventos em diferentes pontos no domínio, obtidas do modelo de reanálise ERA5 do ECMWF – *European Community Medium scale Weather Forecast* para todo o período de modelagem. Os dados estão disponíveis na plataforma do ERA5. Foram obtidos dados de 5 estações, indicadas na Figura 5. Os gráficos da Figura 8 mostram as rosas dos ventos de cada estação, respectivamente, para os períodos de modelagem de verão e inverno.

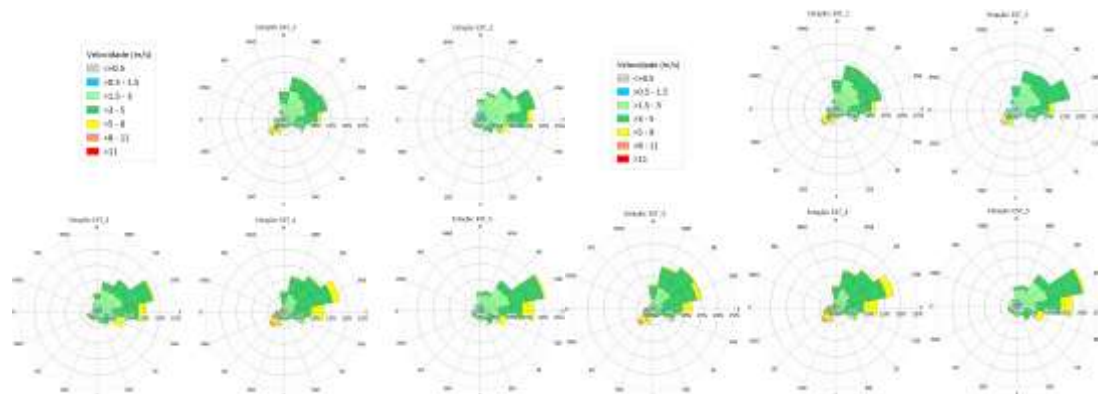


Figura 8 – Rosas dos ventos referentes às estações ERA_1, ERA_2, ERA_3, ERA_4 e ERA_5, para o período de modelagem de verão na esquerda e inverno na direita, dos cenários SA e SD.

- Precipitação e Evaporação

Os modelos consideram também variáveis de precipitação e evaporação. Os dados de precipitação foram obtidos das duas estações do CEMADEM - Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres indicadas na Figura 5. Os dados de evaporação provêm do modelo de reanálise ERA 5, nas duas estações mostradas na Figura 5. As séries de dados utilizadas, mostradas na Figura 9, possuem valores a cada hora para todo o período de simulação nos cenários de verão e inverno.

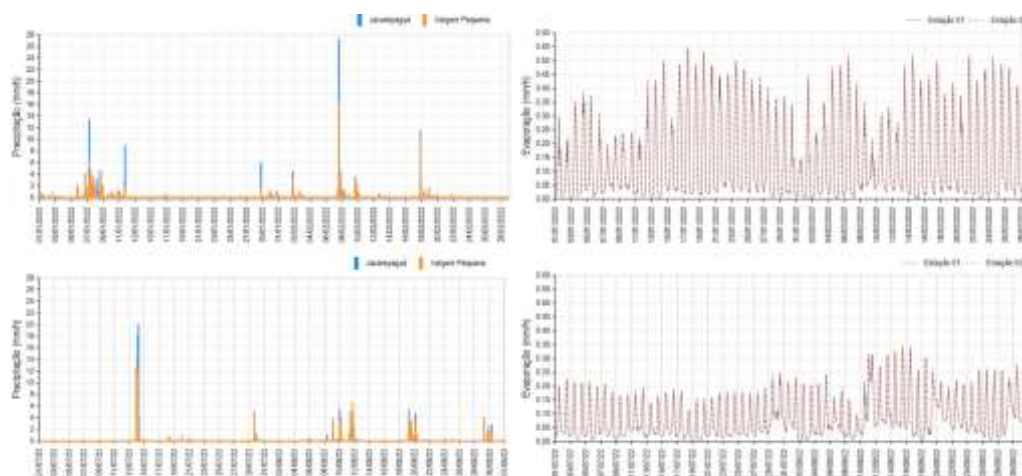


Figura 9 – Séries de precipitação na esquerda e evaporação na direita para o verão e inverno.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são apresentados os principais resultados das simulações hidrodinâmicas, com foco nas séries de níveis d'água, prismas de maré e padrões de circulação no CLJ. A análise compara os cenários modelados, destacando os efeitos das intervenções propostas sobre a dinâmica do sistema.

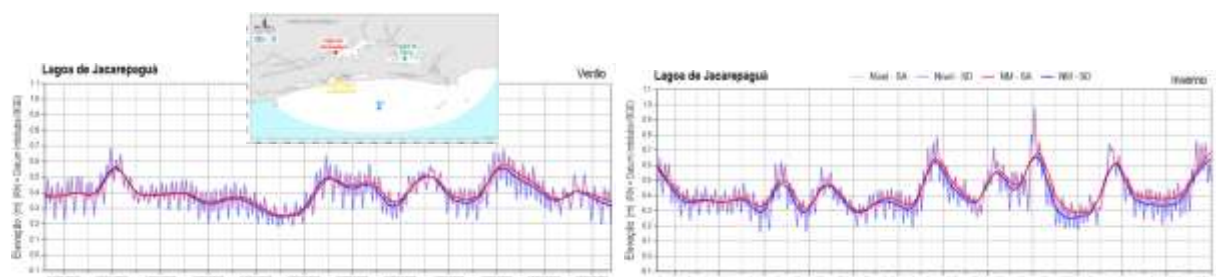
Séries Temporais de Níveis no CLJ

As análises temporais dos níveis de água nas lagoas do CLJ indicam que a dragagem e a desobstrução dos canais contribuem para a redução das perdas de carga hidráulica. Essa redução resulta em um aumento nas amplitudes das variações de maré em determinadas regiões do sistema, com destaque na Lagoa de Jacarepaguá. As máximas amplitudes de maré são observadas no cenário SD, resultado do aumento da área hidráulica na seção da embocadura do Canal da Joatinga, devido à dragagem e à readequação do guia-correntes.

Apesar da SD apresentar maiores amplitudes de maré nas lagoas, o nível médio é ligeiramente menor. Essa característica é benéfica em cenários de grandes aportes fluviais, pois contribui para a mitigação de inundações, fato que foi comprovado em estudos adicionais fora do escopo deste artigo.

O mapa indica a localização das estações referentes a cada série. Os aumentos nos níveis do mar e das lagoas estão associados à passagem de frentes frias, que elevam o nível médio do mar, conforme ilustrado na Figura 10. Um exemplo desse comportamento é observado no dia 12/08.

A Tabela 1 apresenta a defasagem da maré entre a estação costeira e os pontos nas lagoas, com base na fase da componente harmônica M2. Os resultados mostram que, no cenário com intervenções SD, há redução no atraso da maré, com pouca variação sazonal. Isso reflete o aumento do prisma de maré e da eficiência de transporte promovidos pela desobstrução dos canais.



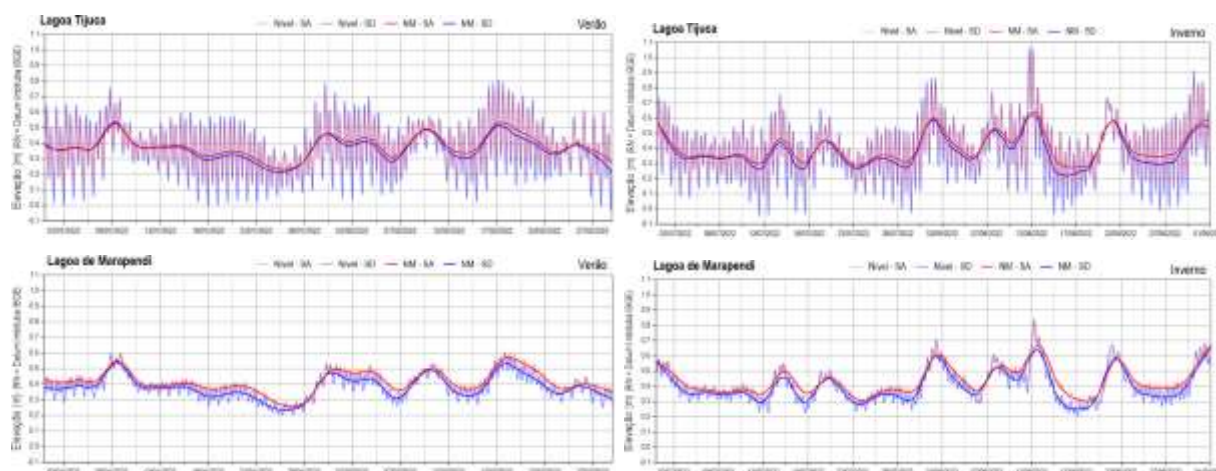


Figura 10 – Séries temporais de nível nas lagoas de Jacarepaguá, da Tijuca e de Marapendi comparando o SA e SD para os períodos do verão e inverno.

Tabela 1 – Defasagem, ou atraso em minutos, dos níveis de água máximos em relação à estação Mar.

Estações	Verão		Inverno	
	SA	SD	SA	SD
<i>Referência: Mar</i>	Defasagem (min)		Defasagem (min)	
Lagoa da Tijuca	107	75	129	74
Lagoa de Jacarepaguá	241	239	262	238
Lagoa de Marapendi	265	223	288	222

Prismas de Maré

O Prisma de Maré de um estuário é definido como o volume de água do mar que ingressa pela embocadura durante uma maré enchente de sizígia média. Neste estudo, o prisma de maré do CLJ foi estimado para os períodos de 18 a 20 de janeiro de 2022 (verão) e de 29 de julho a 1º de agosto de 2022 (inverno), abrangendo cinco ciclos de maré em cada estação.

A Figura 11 apresenta no gráfico da esquerda os volumes de entrada de água pela embocadura do Canal da Joatinga para os dois cenários simulados. Observa-se um aumento expressivo no prisma de maré no cenário com intervenções SD, com incrementos de 44% no inverno e 39% no verão em relação à situação atual. Esse aumento está associado à maior eficiência hidráulica promovida pelas dragagens e reestruturações propostas.

Análises específicas por subárea também indicaram ganhos significativos. Na Lagoa de Jacarepaguá, c.v. no gráfico da direita da Figura 11, o volume de água que atravessa a Lagoa do Camorim durante a maré enchente aumentou 49% no inverno e 45% no verão no cenário SD. No Canal de Marapendi, os acréscimos foram de 42% e 20%, respectivamente. Esses resultados evidenciam a ampliação da conectividade hidrodinâmica e o aumento da capacidade de renovação hídrica do sistema após as intervenções simuladas.



Figura 11 – Comparação entre o prisma de maré da embocadura do Canal e na Lagoa de Jacarepaguá, volume de água que atravessa a Lagoa do Camorim. Os volumes foram calculados na SD e SA durante as marés enchente de sizígia média de 18 a 20 de janeiro de 2022 (verão) e de 29 de julho a 1º de agosto de 2022 (inverno).

Padrões de Circulação Hidrodinâmica

Entender os processos hidrodinâmicos na área de estudo é essencial para a análise dos mecanismos de transporte na região, pois a hidrodinâmica é responsável pelo transporte de sedimentos e dos constituintes dissolvidos na água, como nutrientes e poluentes.

A Figura 12 apresenta os padrões de corrente na embocadura do Canal da Joatinga e durante enchente e passagem de frente fria no inverno, assinalada nas séries de vazão do gráfico por ponto preto. A Figura 13 mostra os padrões de corrente na região dos mangues na Lagoa da Tijuca em um instante de maré enchente com os mangues cheios (mapas de baixo) em um instante de maré vazante com os mangues vazios (mapas do alto).

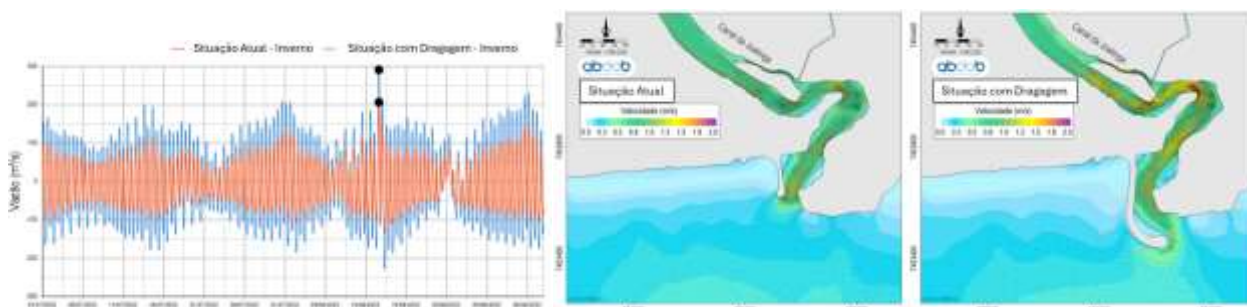


Figura 12. Padrões de Corrente na embocadura do Canal da Joatinga e durante enchente e passagem de frente fria no inverno (assinalada nas séries de vazão por ponto preto).

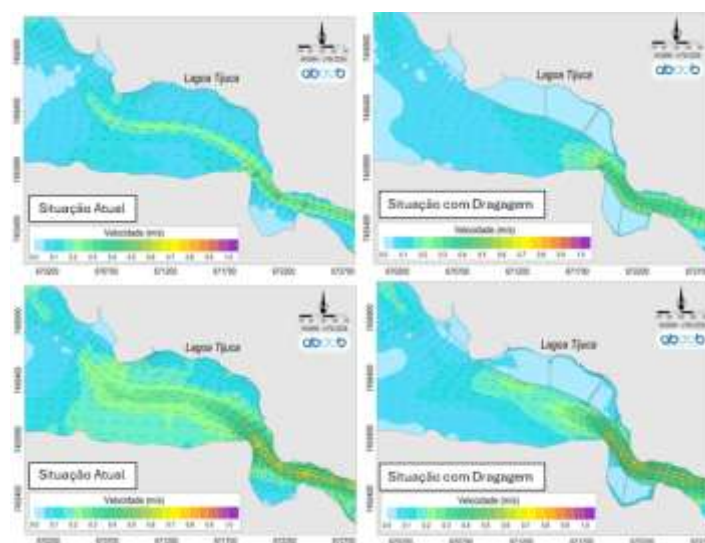


Figura 13. Padrões de Corrente na região dos mangues na Lagoa da Tijuca em um instante de maré enchente com os mangues cheios (mapas de baixo) em um instante de maré vazante com os mangues vazios (mapas do alto).

4- CONCLUSÃO

Este trabalho objetivou analisar os efeitos hidrodinâmicos de modificações projetadas, como dragagens e estruturação da embocadura, com o objetivo de restaurar a conectividade hidrodinâmica e mitigar processos de assoreamento do CLJ. Os ganhos no prisma de maré mostram que as intervenções propostas resultaram numa melhora significativa na circulação hidrodinâmica do CLJ, tornando a troca de água entre as lagoas e a troca com mar mais eficiente.

Esses resultados fazem parte de uma coletânea estudos de hidrodinâmica ambiental, envolvendo análises de qualidade de água, caracterização do clima e propagação de ondas e caracterização sedimentológica, e demonstram que as intervenções projetadas têm potencial para melhorar a renovação hídrica, reduzir a retenção de nutrientes e mitigar eventos extremos, contribuindo para a resiliência ambiental e urbana do sistema lagunar.

5- REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. S., SILVA, L. M. D. ROSMAN, P. C. C. (2024). “Influência da precipitação na calibração de modelagem hidrodinâmica em sistemas lagunares. Estudo de caso Complexo Lagunar de Jacarepaguá, RJ”. II FluHidros & XVI ENES. ABRHidro. Curitiba, PR.
- IGUÁ SANEAMENTO (2025). “Iguá lidera marco histórico na dragagem do Complexo Lagunar da Barra e Jacarepaguá”. 2025. Acesso em: 5 jun. 2025. Disponível em: <https://juntospelavidadaslagoas.igua.com.br/noticias/igua-lidera-marco-historico-na-dragagem-do-complexo-lagunar-da-barra-e-jacarepagua>.
- RIOONWATCH (2025). A degradação do Pantanal Carioca, Parte 3: Alagamentos e enchentes estão mais frequentes nas comunidades das lagoas de Jacarepaguá. 2022. Disponível em: 2. Acesso em: 5 jun. 2025.
- ROSMAN, P. C. C. (2024). “Referência Técnica do SisBaHiA - Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental”. Rio de Janeiro, RJ: Coppe/UFRJ. http://www.sisbahia.coppe.ufrj.br/SisBAHIA_RefTec_V10c.pdf.
- SILVA, J. et al. (2018). “Panorama das lagoas urbanas no Rio de Janeiro: aspectos relevantes na gestão das Lagoas Rodrigo de Freitas, Araruama e Complexo Lagunar de Jacarepaguá”. Engenharia Sanitária e Ambiental. SciELO Brasil. Acessado em: 5 jun. 2025. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/5DY8rWywqBMtLFM7qhp3WCv/>