

Influência do Vento nas Massas d'Água da Baía de Guanabara

Eduardo Negri de Oliveira ¹
Alexandre Fernandes ¹
Rodolfo Paranhos ²
Fernando Neves Pinto ²
Alessandro Fillipo ¹

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ
Rua São Francisco Xavier, 524 – 20550-013 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{negrig, alxmfr, renagrassi, amfilippo}@gmail.com,

² Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Av. Prof. Rodolpho Rocco, 211 - 21941617 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{rodolfo, fneves}@biologia.ufrj.br

Abstract. The continental shelf of Rio de Janeiro is marked by the outcrop of the South Atlantic Central Water (SACW) in the region of Arraial do Cabo-RJ as a result of the resurgence phenomenon, which is attributed to the regional wind pattern, the orientation of the shoreline, and the bathymetric characteristics of the region. Although the outcrop is not observed further west along the coast of Rio de Janeiro, the subsurface intrusions of SACW, driven by this process, are frequently observed on the inner shelf and can reach the interior of the Guanabara Bay, producing stratification in the water column. This study evaluates the role of the wind mechanisms that determine the intrusion of ACAS into the Guanabara Bay. The wind curl was calculate from the stress of the wind at the sea surface over the entire continental shelf between Arraial do Cabo and Sepetiba – RJ. The presence of SACW was observed within the Guanabara Bay with temperatures below 20 ° C and salinities near 34.7 psu. The data suggest that this process is major controlled by the negative values of the wind curl.

Palavras-chave: ACAS, SACW, rotacional do vento, ressurgência, sensoriamento remoto, Baía de Guanabara, plataforma continental sudeste.

1. Introdução

A Baía de Guanabara (22,81° S/43,15° W) é um importante sistema estuarino que, ao longo do processo de urbanização da região metropolitana do Rio de Janeiro, tem recebido impactos antrópicos intensos, provocados principalmente pelas atividades portuárias, parques industriais e falta de saneamento básico na região jusante de sua bacia de drenagem (Monteiro et al., 2012). Processos circulatórios modulados pelo aporte fluvial (descarga média $100 \pm 59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), vento local e, principalmente, pela maré, associados às características oceanográficas da plataforma continental adjacente, promovem a renovação de cerca de 50 % das águas da baía em aproximadamente 12 dias, diluindo e conduzindo parte do material em suspensão presente na coluna d'água para a região externa do sistema estuarino (Kjerfve et., 1997, Bérghamo, 2006). Essa dinâmica conduz diferentes massas d'águas e caracterizam o estuário da Baía de Guanabara como fracamente e parcialmente estratificado, dependendo da época do ano e das massas d'águas que permeiam a região (Bérghamo, 2006).

Estudos anteriores revelam que a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), formada na região de convergência subtropical com temperaturas variando de 6° C a 20° C e salinidade entre 34,6 e 36 (Silveira et al., 2000), é uma componente importante para a formação das massas d'águas do estuário da Baía (Melo, 2004; Bérghamo, 2006). No litoral norte do Rio de Janeiro, o afloramento da ACAS em superfície é um fenômeno de ressurgência atribuído ao padrão de vento regional, à orientação da linha de costa e às características batimétricas da região, que ocorre com maior frequência nos meses de setembro a março, período de ventos

predominantemente de leste e nordeste (Ikeda et al., 1974; Castro & Miranda, 1998; Rodrigues & Lorenzetti, 2001; Calado et al., 2006; Castelao & Barth, 2006). Geralmente a pluma de ressurgência estende-se ao longo da plataforma continental do estado do Rio de Janeiro e, conduzida pelo padrão de circulação local, pode alcançar a porção interna da Baía de Guanabara, conferindo maior estratificação na coluna d'água (Bérgamo, 2006) e interferindo na diversidade biológica da região (Castro et al., 2005; Villac & Tenenbaum, 2010).

A capacidade de compreender e de prever a dinâmica da massa hídrica, dos sedimentos e dos diversos elementos naturais e antropogênicos no sistema estuarino da Baía de Guanabara é essencial não só à uma gestão otimizada do recurso hídrico, como ao desenvolvimento de estratégias mitigadoras de eventos extremos como “bloom” de algas recentemente observados. Nesse sentido, o presente trabalho avalia o papel do vento buscando entender os mecanismos que determinam a intrusão da ACAS no interior da Baía de Guanabara.

2. Metodologia

Dados de salinidade, temperatura e pressão (profundidade) foram coletados no interior da Baía de Guanabara durante o período de 2011 e 2012, perfazendo um total de 35 dias de perfis de CTD. As coletas *in situ* foram realizadas com CTD modelo SeaCat com pontos distribuídos ao longo do canal principal de circulação.

Dados de vento, velocidade e estresse do vento, foram adquiridos do IFREMER (*French Research Institute for Exploitation of the Sea* - <ftp://ftp.ifremer.fr/ifremer/cersat/products/gridded/MWF/L3/ASCAT/Daily/>). Em síntese, o campo de vento é gerado diariamente em grades regulares, resolução espacial 25 km, a partir de medidas adquiridas pelo sensor ASCAT (Advanced CATterometer) e dados de reanálises do ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* - <http://www.ecmwf.int/>), maiores detalhes em Bentamy & Croize-Fillon (2012).

O rotacional do vento foi calculado a partir do estresse do vento (τ): $\nabla \times \tau = d\tau_y/dx - d\tau_x/dy$, para uma região delimitada sobre a plataforma continental localizada no entorno da desembocadura da Baía de Guanabara, polígono verde na figura 1. Considerou-se, para o cálculo do rotacional, o dia da coleta *in situ* (*day 0*), e os dias anteriores à coleta *in situ*, 24 horas e 48 horas (*day -1* e *day -2*, respectivamente). Para cada dia, obteve-se um valor de rotacional médio a partir dos valores presentes na região delimitada pelo polígono verde da figura 1.

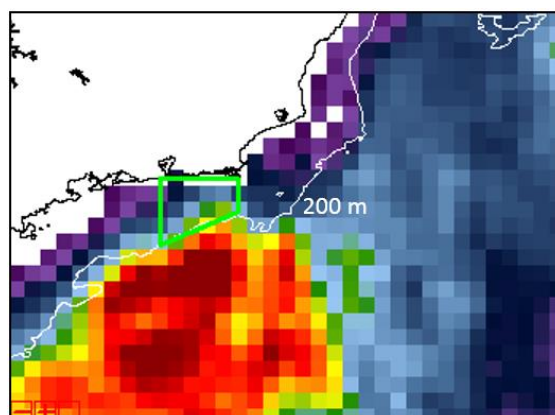


Figura 1 – Campo de estresse do vento adquirido do IFREMER (resolução espacial de 25 km). Polígono (retângulo verde) delimita a área sobre a qual calculou-se o rotacional do vento a partir do estresse do vento.

Para cada dia de coleta *in situ*, extraiu-se a temperatura mínima registrada nos perfis de CTDs e, correspondentemente, a salinidade e a profundidade relativas à temperatura mínima. Os índices termohalinos considerados no presente estudo para indicar a presença da ACAS no interior da Baía de Guanabara foram de 5° a 20° C para a temperatura e de 34,7 a 36,4 para a salinidade.

3. Resultados e Discussões

A figura 2 apresenta o diagrama T-S onde é possível observar as massas d'água encontradas no interior da Baía de Guanabara durante o período de coleta *in situ*. A salinidade variou de 26 a 36 enquanto a temperatura variou de 15° a 28° C. As baixas temperaturas da coluna d'água, inferiores a 20° C, com salinidades entre 34,7 e 36,0 psu, evidenciam a presença da ACAS na região, que eventualmente pode ser observada a cerca de 15 km a montante da desembocadura da Baía.

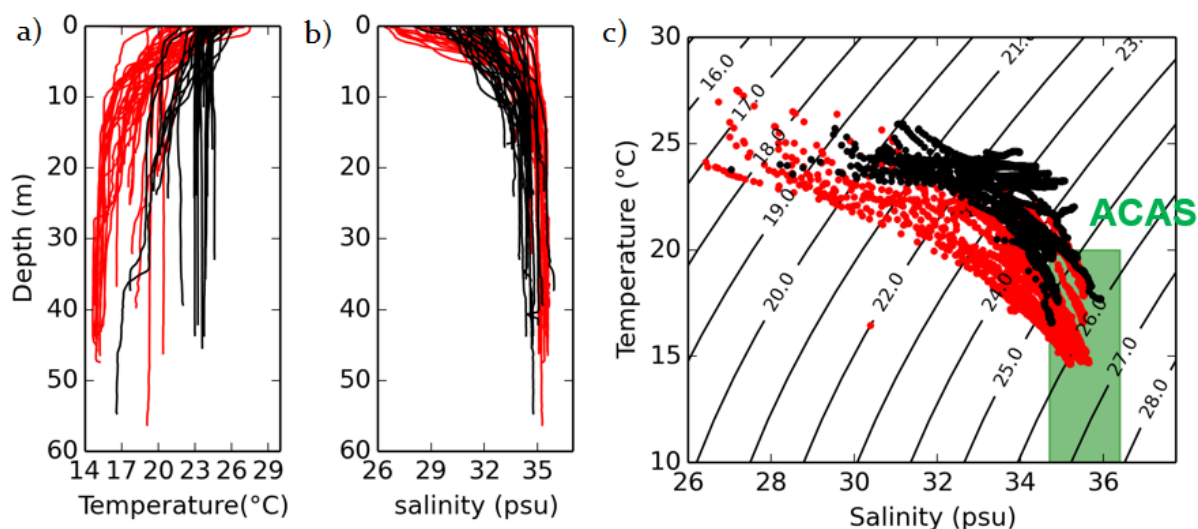


Figura 2 –perfis de CTD coletados no interior da Baía de Guanabara (2011 a 2012) a) Primavera/Verão, b) Outono/Inverno; c) Diagrama T-S dos perfis de CTD.

Considerando o dia *day -1*, ou seja, vento defasado de ~ 24 horas da coleta dos perfis de CTDs, o rotacional do vento variou de 1.10^{-6} a -3.10^{-6} Pa.m⁻¹ e oscilou entre valores negativos e positivos (figura 3). Quando analisado em conjunto com a temperatura, o rotacional apresentou valores negativos (favorável ao afloramento da ACAS) para temperaturas inferiores a 20° C e valores positivos para temperaturas superiores a 20° C. De maneira geral, a salinidade refletiu as variações de temperatura, com maiores valores de salinidade correspondendo às menores temperaturas. Dois casos particulares apresentaram temperatura abaixo de 20° C e salinidade abaixo de 34,7: dias 09/02/2012 e 20/03/2012, com salinidade de 34,34 e 34,62, respectivamente, valores não condizentes com o índice termohalino definido nesse trabalho. Estudos conduzidos por Castela & Barth (2006) mostraram que o rotacional do vento sobre a plataforma continental norte do estado do Rio de Janeiro tem forte variabilidade sazonal, e embora na média os valores negativos predominam durante o ano todo, valores negativos máximos caracterizam o verão (dezembro, janeiro, fevereiro) e mínimos o outono (março, abril, maio).

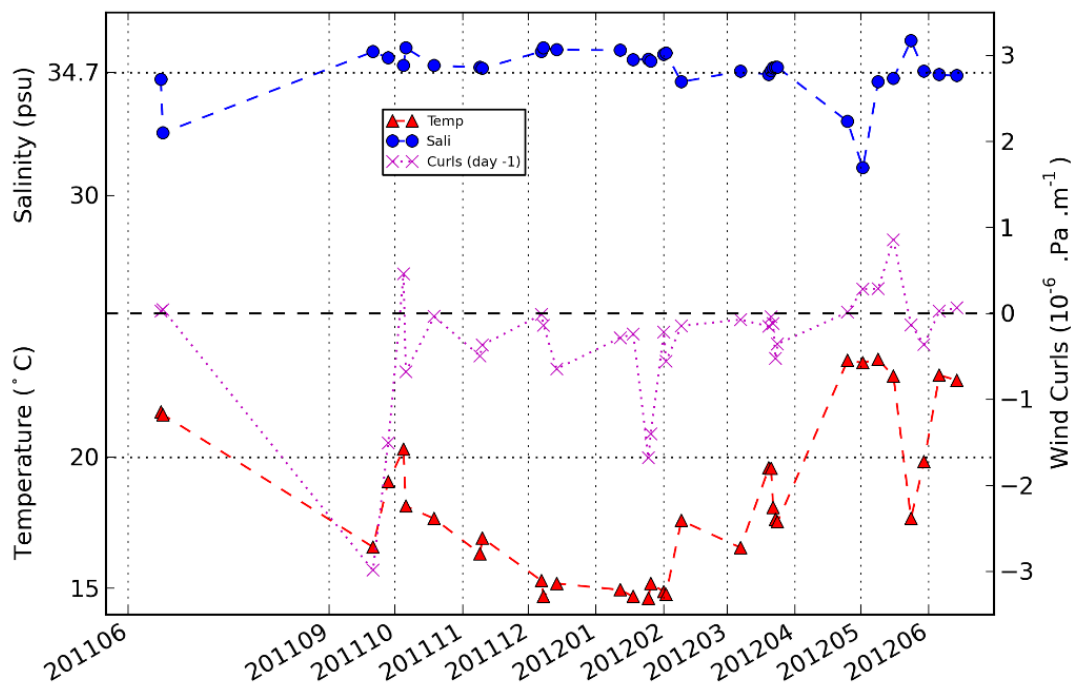


Figura 3 – Temperatura/salinidade extraídos dos perfis de CTDs e o rotacional do vento. Para cada dia de coleta *in situ*, extraiu-se a temperatura mínima registrada nos perfis de CTDs e a salinidade correspondente à temperatura mínima. *Day -1* corresponde ao rotacional calculado a partir do campo de vento defasado de 24 horas do dia da coleta *in situ*, respectivamente.

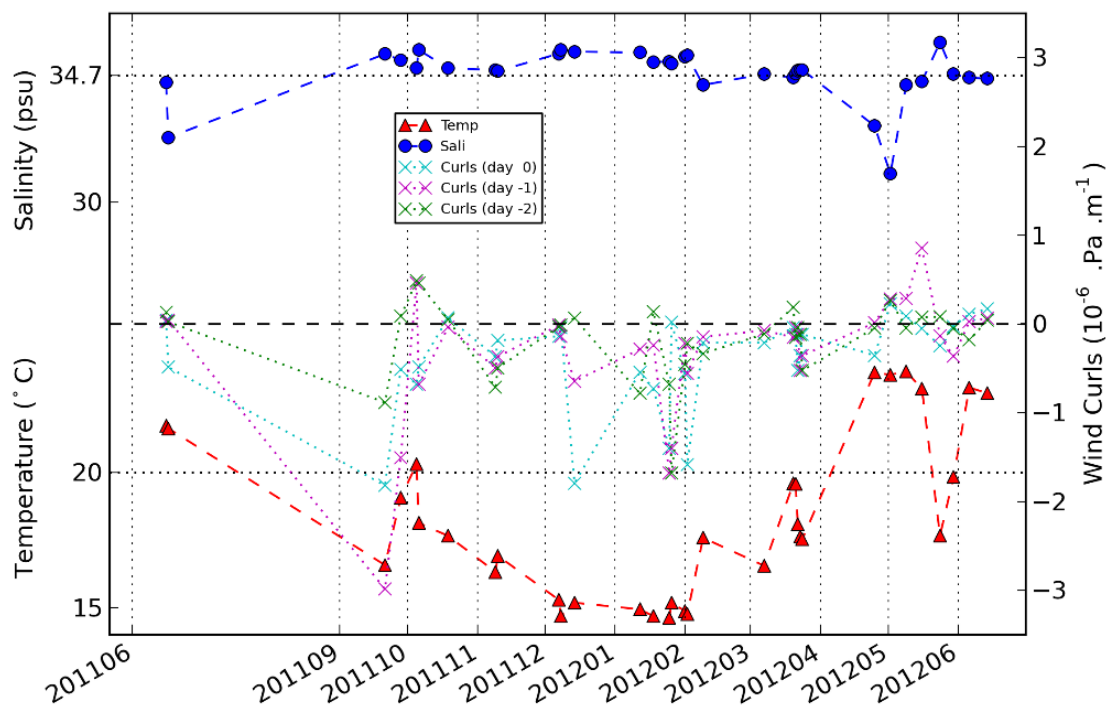


Figura 4 – Temperatura/salinidade extraídos dos perfis de CTDs e o rotacional do vento. Para cada dia de coleta *in situ*, extraiu-se a temperatura mínima registrada nos perfis de CTDs e a salinidade correspondente à temperatura mínima. *Day 0*, *day -1* e *day -2* correspondem ao rotacional calculado a partir do campo de vento do mesmo dia, defasado de 24 horas e defasado de 48 horas do dia da coleta *in situ*, respectivamente.

Para verificar a pertinência da escolha do vento defasado de 24 horas da coleta *in situ* como a melhor estratégia para o monitoramento da intrusão da ACAS na Baía de Guanabara, o rotacional do vento também foi calculado para os dias *day 0*, campo de vento correspondente ao mesmo dia da coleta *in situ*, e *day -2*, campo de vento defasado de 48 horas da coleta *in situ* (figura 4). Nota-se que o rotacional apresenta uma concordância, em relação ao índice termohalino, menos contundente do que os valores do rotacional calculado a partir do campo de vento defasado de 24 horas da coleta *in situ* (*day -1*).

4. Conclusões

Apesar da resolução espacial de 25 km não ser a mais indicada para estudos costeiros, o rotacional derivado do campo de vento na plataforma continental adjacente apresentou evidente relação com a presença da ACAS no interior da Baía de Guanabara. Nas medidas realizadas, verificou-se que a ACAS não é observada na Baía quando o rotacional do vento, calculado 24h antes da medição *in situ*, apresenta valores positivos. Adicionalmente, valores negativos do rotacional sempre coincidiram com a presença da ACAS no período analisado.

Entende-se que o aumento da disponibilidade da ACAS na plataforma continental adjacente, possui influência direta para a sua intrusão na BG. Embora os resultados mostrem evidente relevância do campo rotacional do vento, a entrada da ACAS na Baía de Guanabara, assim como o aumento de sua disponibilidade sobre a plataforma, também dependem de outros mecanismos como o transporte de Ekman e a dinâmica da frente interna da Corrente do Brasil. Portanto, a avaliação desses mecanismos é essencial para uma compreensão ampla a respeito da entrada da ACAS na Baía de Guanabara.

5. Citações e Referências

Bentamy, A., Croize-Fillon, D. Gridded surface wind fields from Metop/ASCAT measurements. **International Journal of Remote Sensing**, v.33(6), p.1729-1754, 2012.

Bérgamo, A.L., **Características Hidrográficas, da circulação e dos transportes de volume e sal na Baía de Guanabara (RJ): variações sazonais e moduladas pela maré**. 2006. 170 p. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

Calado L., Gangopadhyay, A. and Silveira, I. C. A. A parametric model for the Brazil Current meanders and eddies off southeastern Brasil. **Geophys. Res. Letters**, vol. 33, p. LI2602. 2006.

Castelao, R., Barth, J. Upwelling around Cabo Frio, Brazil: The importance of wind stress curl. **Geophysical research Letters**, vol. 33, L03602, 2006.

Castro, M. S.; Bonecker, A. C. T.; Valentin, N, J. L. Seasonal Variation in Fish Larvae at the Entrance of Guanabara Bay, Brazil. **Brazilian Archives Of Biology And Technology**, v.48, n. 1, pp. 121-128. 2005.

Kjerfve, B., Ribeiro, C.H.A., Dias, G.T.M., Filippo, A.M., Quaresma, V.S. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. **Continental Shelf Research**, v.17, 1609-1643, 1997.

Melo, G. V. **Transporte de metais pesados no sedimento em suspensão na baía de Guanabara, em um ciclo de maré**. 2004. 102 p. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

Monteiro, F.F., Cordeiro, R.C., Santelli, R.E., Machado, W., Evangelista, H., Villar, L.S., Bidone, E.D. Sedimentary geochemical record of historical anthropogenic activities affecting Guanabara Bay (Brazil) environmental quality. **Environ Earth Sci.**, v.65:1661-1669, 2012.

Rodrigues, R. R., Lorenzetti, J. A. A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling. **Cont. Shelf Res.**, v.21, 371-394, 2001.

Silveira, I.C.A.; Schmidt, A.C.K., Campos, E.J.D., Godoi, S.S., Ikeda, Y. A Corrente do Brasil ao largo da costa leste Brasileira. **Rev. Bras. Oceanogr.** v.48(2):171-183, 2000.

Villac, M.C., Tenenbaum, D.R. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil: I-Historical account of its biodiversity. **Biota Neotrop.**, v. 10, n.2, p. 271-293, 2010.