

## **IMPORTÂNCIA DA MARÉ E DO VENTO PARA A MISTURA DAS FRENTES DE PLATAFORMA NA COSTA PATAGÔNICA, ARGENTINA**

Fabrizio Rodrigues Lapolli<sup>1</sup>, P.; Paulo Henrique Rezende Calil<sup>1</sup>, S.

*<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande – Instituto Oceanográfico – Dinâmica de Modelagem Oceanica – DinaMO  
Av. Itália km 8 Bairro Carreiros – RS CEP 96203-000  
fabri\_l@hotmail.com*

### **RESUMO**

Frentes de Maré são bordas que dividem regiões completamente misturadas de regiões estratificadas. Sua principais forçantes controlados são o calor como fonte de fluatibilidade e o vento e a maré como fonte de mistura. Na região da Patagônia muito já se é conhecido sobre a presença das frentes na região, mas pouco se sabe sobre a contribuição individual de cada forçante. Esse mistura visa avaliar a importância de cada forçante para mistura da coluna d'água e consequentemente para a presença das frentes. Com a utilização do modelo ROMS foram realizadas quatro simulações: com vento climatológico (com e sem maré) e com vento sinótico (com e sem maré). Os resultados preliminares mostram a grande influência da maré na formação da frente, entretanto, também ilustram a contribuição significativa do vento como forçante de mistura.

Palavras chave: Frentes de maré, Patagônia, Anomalia da Energia Potencial

### **INTRODUÇÃO**

As frentes marinhas são interfaces de duas massas d'água de diferentes características. Elas normalmente formam fortes gradientes horizontais de temperatura e/ou salinidade. Embora existam divergências na sua classificação, as frentes podem ser agrupadas em quebra de plataforma, ressurgência, halina e de maré.

As frentes de maré são frentes de plataforma que dividem regiões bem misturadas de regiões bem estratificadas. São normalmente formadas quando a corrente de maré é suficientemente intensa para quebrar a barreira da estratificação e misturar completamente a coluna d'água (SIMPSON ET AL, 1981).

Essas correntes ocorrem conjuntamente com elevação e depressão do nível do mar. O movimento vertical das marés próximo a costa estabelece a movimentação horizontal da água, criando as correntes. MILLER (1966) dispõe sobre o fluxo de energia das marés no oceano profundo, e definiu as regiões de plataforma com maior dissipação, sendo a costa patagônica a quarta região que mais dissipa energia.

Atualmente já se é conhecida diversas frentes na região, sendo as frentes mais conhecida localizadas no Golfo de San Matías (GLORIOSO & SIMPSON, 1994; PISONI ET AL. 2014). Entretanto, esses estudos focaram-se principalmente na maré como principal forçante, negligenciando o vento como uma fonte significativa de mistura.

### **OBJETIVOS**

O objetivo principal desse trabalho visou principalmente em avaliar a contribuição do vento e da maré como forçantes de mistura para a formação das frentes de maré. Para isso, almejou compreender de um ponto de vista energético as frentes localizadas no Golfo de San Matías e

visualizar a resposta do modelo à variação dessas forçantes (vento & maré).

## METODOLOGIA

Para evitar efeitos espúrios associados à representatividade descontínua da batimetria foi utilizado o modelo oceânico tridimensional *Regional Oceanic Modelling System* (ROMS), cuja grande vantagem em relação a outros modelos é a utilização de um sistema de coordenadas verticais que seguem a topografia (Shchepetkin & McWilliams, 2005). A versão AGRIF do modelo foi utilizada por ser mais simples e disponibilizar prontamente as ferramentas necessárias para as simulações.

Os dados meteo-oceânicos de entrada do modelo foram retirados das bases de dados climatológica CARS e COADS e da base sinótica do CFSR. Já os dados de marés foram obtidos do modelo global de marés TPXO.

Foi inicialmente simulado o período de quatro anos com a base de dados climatológica (CARS/COADS) com o objetivo de aquecer o modelo. A partir disso, foram realizadas quatro simulações com duração de um ano: duas das quais foram realizadas somente com a base climatológica (CARS/COADS) com e sem maré, enquanto as duas últimas substituíram o vento climatológico de COADS pelo sinótico de CFSR com e sem maré.

Com o resultado obtido, foi extraído uma seção vertical das frentes localizadas no Golfo de San Matías e visto seu comportamento durante o ano de interesse para todas as simulações. Também foi calculado a equação da Anomalia da Energia Potencial a fim de obter o nível de estratificação temporal de cada modelo na região da frente:

$$\phi = \frac{1}{h} \int (\hat{\rho}gz - \rho(z)gz)dz \quad (1)$$

onde  $\hat{\rho}$  ( $\text{Kg.m}^{-3}$ ) é a média da densidade da coluna d'água,  $\rho(z)$  ( $\text{Kg.m}^{-3}$ ) é a densidade d'água em um ponto  $z$  (m),  $g$  ( $\text{m.s}^{-1}$ ) é a aceleração da gravidade e  $h$  (m) é a profundidade da coluna.

## RESULTADOS

Com a saída dos dados foi extraído uma seção vertical que coincidissem com ambas as frentes na região (fig. 1). Igualmente buscou-se localizar a exata posição das frentes no golfo para a extração dos pontos onde foi calculado a Energia da Anomalia Potencial.

Durante o ápice do verão (fig. 2), no mês de fevereiro, é visível que as frentes estão bem desenvolvidas entre os primeiros 100 e 200 Km em ambas simulações com marés (fig. 2.a-b). Percebe-se, entretanto, que a rodada sinótica (fig. 2.a) mostra as frentes sensivelmente mais amplas que as climatológicas (fig. 2.b), e, nos pontos onde há estratificação, a camada de mistura se encontra mais profunda na rodada sinótica. Por sua vez, nas rodadas sem maré (fig. 2.c-d), enquanto se observa uma intensa estratificação em toda a seção na análise climatológica (fig. 2.c), a simulação sinótica (fig. 2.d) se mostra menos estratificada nos pontos entre 100 e 200 Km e, comparativamente a climatológica, ela produz uma camada de mistura mais profunda ainda que em nenhum ponto exista uma mistura completa da coluna d'água. Por sua vez, durante o ápice de inverno (não ilustrado), no mês de agosto, todos os casos se encontram bastante similares, com poucas diferenças visíveis entre eles.

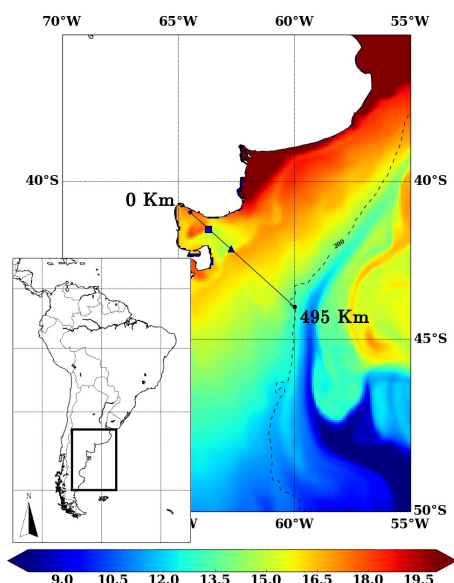


Figura 1: Média de SST do mês de fevereiro da rodada climatológica com marés. As linhas tracejadas representam a quebra de plataforma (~200 m), enquanto a linha contínua representa o local de extração da seção vertical. Os pontos (localizados na linha contínua) são os locais onde foram calculadas a anomalia da energia potencial para o ano de análise

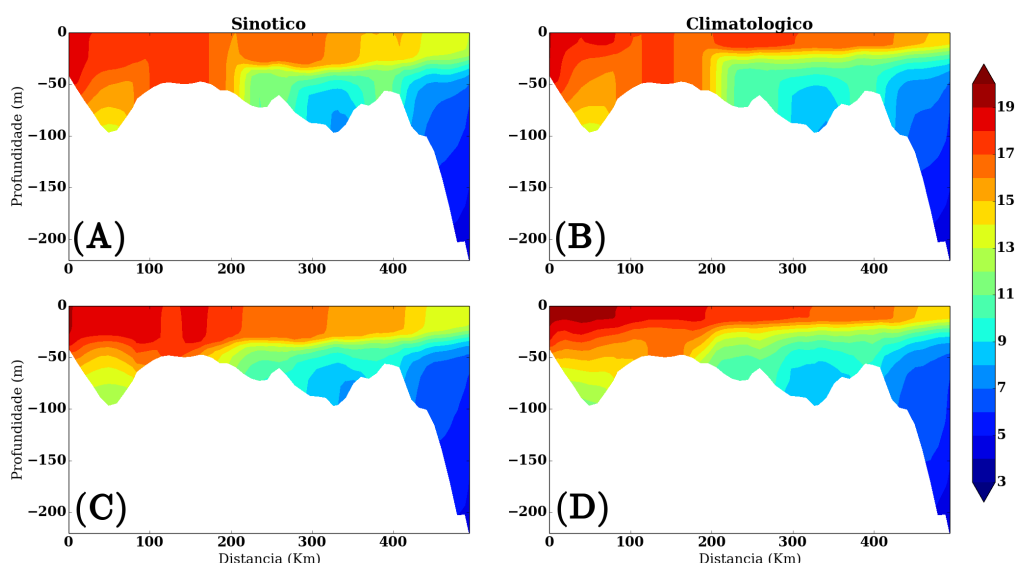


Figura 2: Seção vertical da temperatura, extraído do Golfo de San Matías, para a média de fevereiro. 'a' e 'c' representam a rodada sinótica com e sem maré respectivamente, enquanto 'b' e 'd' representam a rodada climatológica com e sem maré respectivamente

O cálculo da Anomalia da Energia Potencial ( $\Phi$ ) nas regiões das frentes mostram uma maior estratificação no início e no fim do ano quando a incidência de calor é maior (fig. 3) e uma maior mistura no restante do ano. Percebe-se que a maior estratificação de todos os casos em ambas as frentes é a da rodada climatológica sem maré (atingindo  $\sim 80 \text{ J.m}^{-3}$ ), seguido imediatamente pela rodada sinótica sem maré. A simulação sinótica com maré é a rodada que mostra a coluna completamente misturada em praticamente todo o ano. É visível também que as simulações sinóticas produzem oscilações de maior frequência quando comparado com as rodadas climatológicas.

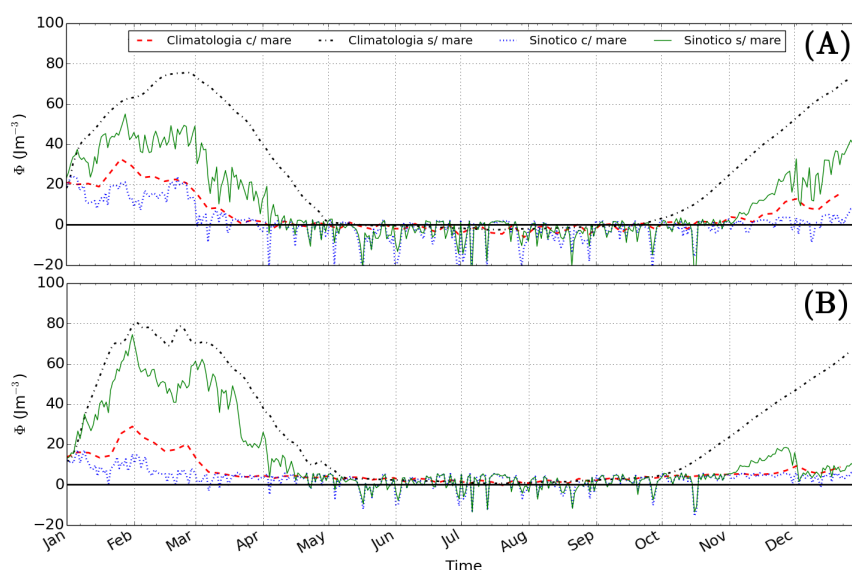


Figura 3: Anomalia da Energia Potencial para as quatro simulações das frentes localizadas na figura 1. 'a' está localizado na frente mais próxima do continente (quadrado) enquanto 'b' está localizado na frente mais afastada (triângulo)

## CONCLUSÕES

A partir da análise preliminar dos resultados percebe-se que a maré talvez seja a principal forçante de mistura da coluna d'água na região; o vento, entretanto, não é desprezível. Essa forçante eólica complementa significativamente à mistura completa da coluna d'água (fig. 3) e expandindo a região de mistura (fig. 2.a).

Esses resultados, contudo, só levam em conta as variações ocasionadas pelo vento sinótico, mas não pelo fluxo de calor que é uma importante variável contribuidora para o incremento da flutuabilidade na coluna d'água. Portanto, estudos futuros são necessários com o intuito de avaliar a contribuição conjunta do fluxo de calor como fonte de flutuabilidade e da maré e do vento como fonte de mistura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GLORIOSO, P. & SIMPSON, J. 1994. Numerical Modelling of the M2 Tide on the Northern Patagonian Shelf. *Continental Shelf Research*. 14: 267-278
- MILLER, G. 1966. The flux of Tidal Energy out of the Deep Oceans. *Journal of Geophysical Research*. 71: 2485-2489.
- PISONI, J.; RIVAS, A. & PIOLA, A. 2014. On the Variability of Tidal Fronts on a Macrotidal Continental Shelf, Northern Patagonia, Argentina. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*.
- SCHCHPETKIN, A. & MCWILLIAMS J. 2005. The Regional Oceanic Modeling System (ROMS): a Split- Explicit, Free-surface, Topography-following-coordinate Oceanic Model. *Ocean Modelling*. 9:347-404.
- SIMPSON, J.; CRISP, D. & HEARN, C. 1981. The Shelf Sea fronts: Implications of their Existence and Behaviour [and discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 1472: 531-546