



## ESTUDO DOS EFEITOS DA CORRENTE DO BRASIL NAS ONDAS DA REGIÃO SUL-SUDESTE

Adriano Wiermann Barroso

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.

Orientadores: Nelson Violante Carvalho  
Pedro Veras Guimarães

Rio de Janeiro  
Março de 2019

*A alguém cujo valor é digno  
desta dedicatória.*

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

## ESTUDO DOS EFEITOS DA CORRENTE DO BRASIL NAS ONDAS DA REGIÃO SUL-SUDESTE

Adriano Wiermann Barroso

Março/2019

Orientadores: Nelson Violante Carvalho  
Pedro Veras Guimarães

Programa: Engenharia Oceânica

Os efeitos de correntes superficiais em ondas são amplamente conhecidos, quando estas estão sujeitas a um campo de correntes existe uma troca de energia entre a onda e a corrente. Em casos de alto cisalhamento horizontal do campo de corrente é mais notável estes efeitos. O presente trabalho tem como principal objetivo analisar o efeito da Corrente do Brasil no campo de ondas na região sul-sudeste do Brasil. Para isso foram escolhidos alguns eventos para estudo de caso em que a Corrente do Brasil apresentava estruturas de mesoescala (meandros e vórtices). Estes eventos foram simulados através de modelagem numérica com o modelo de ondas Wave Watch III com o campo de correntes provenientes do modelo Hycom. Foram empregadas simulações com e sem o campo de correntes afim de verificar os impactos.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

STUDY OF BRAZIL CURRENT EFFECTS ON OCEAN WAVES WITHIN  
SOUTHEASTERN REGION

Adriano Wiermann Barroso

March/2019

Advisors: Nelson Violante Carvalho

Pedro Veras Guimarães

Department: Ocean Engineering

Abstract here...

# Sumário

Lista de Figuras	f
Lista de Tabelas	g
1 Introdução	1
2 Revisão Bibliográfica	4
3 Método Proposto	5
4 Resultados e Discussões	6
5 Conclusões	7
Referências Bibliográficas	8
A Algumas Demonstrações	10

# Lista de Figuras

- 1.1 Imagem retirada do artigo citado. Impacto da corrente do Golfo nas ondas do tipo swell em 18 de Setembro de 2014, 6:00 UTC. Mapas de (a) altura de onda modelada com corrente, (b) altura de onda do modelo sem corrente, (c) corrente de alta resolução do ROMS (d) mesma corrente filtrada. (e,f) diferença na altura de onda para (e) caso com corrente de alta resolução menos caso sem corrente e (f) caso com corrente de alta resolução menos caso com corrente filtrada. A área pontilhada refere-se a região usada para análise espectral. . . . 2

# Lista de Tabelas

2.1	Exemplos de citações utilizando o comando padrão <code>\cite</code> do <code>L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X</code> e o comando <code>\citet</code> , fornecido pelo pacote <code>natbib</code> . . . . .	4
-----	---	---



# Capítulo 1

## Introdução

A análise e modelagem numérica de correntes oceânicas e ondas foram historicamente desenvolvidas separadamente. No entanto, é bem conhecido os efeitos de correntes superficiais nas ondas, muitos trabalhos já investigaram os efeitos que ocorrem nas ondas quando estas estão sujeitas a um campo de correntes em larga escala. Trabalhos que fizeram essa análise em sub e mesoescala são mais escassos, no entanto, regiões como a corrente das Agulhas e corrente do Golfo já foram estudados estes efeitos. Embora sejam os mesmos princípios físicos empregados, o impacto de correntes de menor escala ainda foi pouco explorado no oceano aberto ARDHUIN *et al.* [1].

Segundo conclusões de HOLTHUIJSEN e TOLMAN [2] em oceano aberto os efeitos locais das correntes podem ser consideráveis, por conta dos processos de geração e dissipação de onda serem mais afetados nessa região.

A forma de interação de correntes com as ondas é através da tensão de radiação que principalmente em casos em que o gradiente do campo de corrente não for zero, ou seja não uniforme, ocorre maior troca de energia entre as ondas e a corrente através dos termos de fluxo de momento [3]. Os principais casos em que este gradiente é diferente de zero em correntes contorno oeste ocorre nas instabilidades da corrente como meandros e vórtices da corrente.

No Brasil a CB de contorno oeste se origina em latitudes próximas a 15°S flui em direção ao sul até a região da confluência brasil-malvinas próximo de 28°S, ela se intensifica a medida que diminui sua latitude, com velocidades de corrente que alcançam a ordem de 1  $ms^{-1}$  [4] e com intensa atividade de mesoescala muito reportada na literatura.

Apesar da existência de uma corrente de contorno oeste intensa e com atividade de mesoescala conhecida, ainda não há na literatura estudos que investiguem a influência da CB no campo de ondas na região sul-sudeste. O clima de ondas nesta região é muito característico com persistência das vagas de nordeste geradas pelo AAS (Anticiclone do Atlântico Sul) e a chegada de algumas ondulações de

sudoeste com longos períodos oriundas de ciclones extratropicais, apresentando a bimodalidade do mar muito constante na região [5].

No estudo recente de ARDHUIN *et al.* [1] eles analisaram a influência da corrente do Golfo no campo de ondas. Pode-se verificar uma grande diferença no campo de ondas nas simulações com (Figura 1.1a) e sem corrente Golfo (Figura 1.1b).

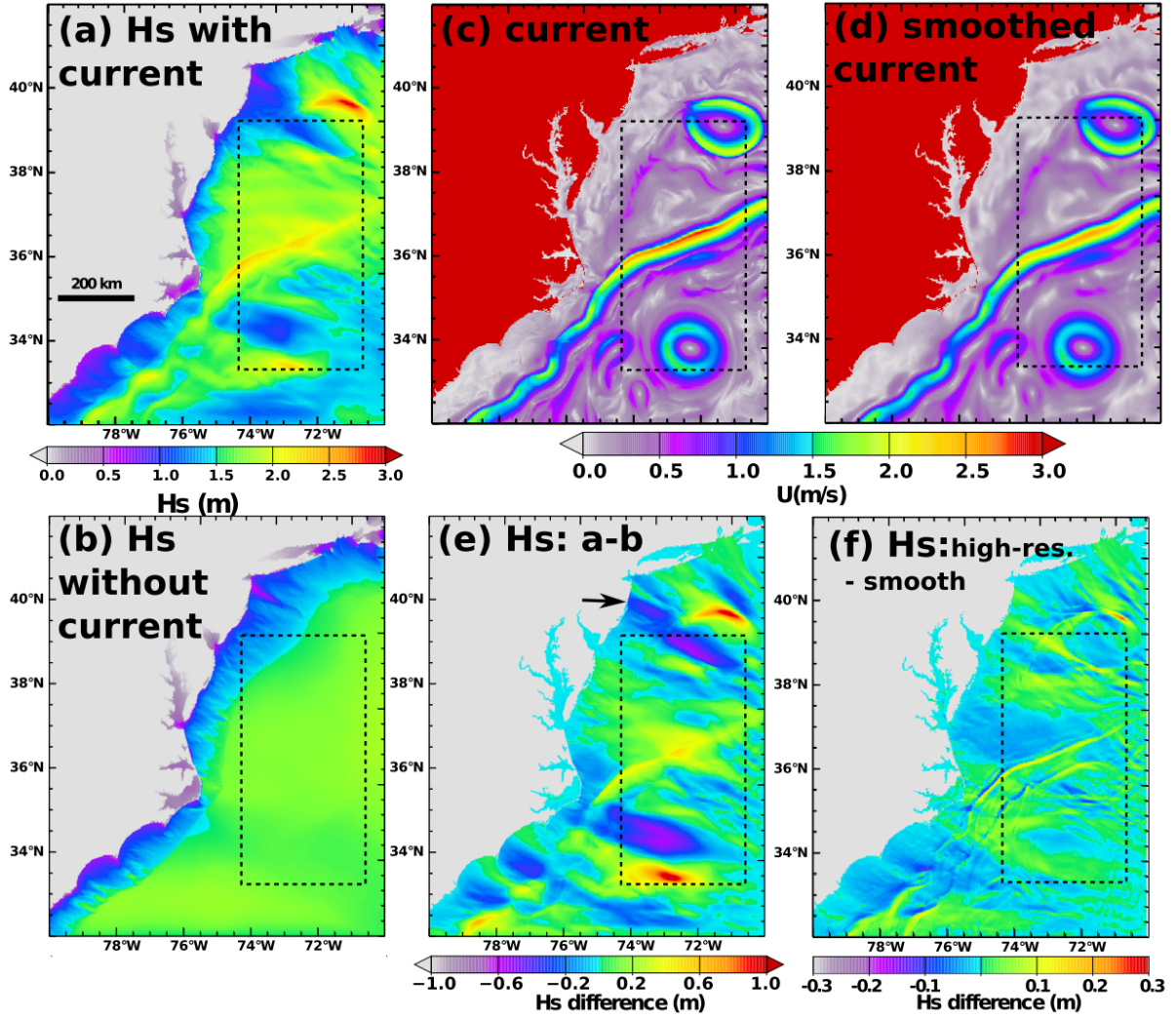


Figura 1.1: Imagem retirada do artigo citado. Impacto da corrente do Golfo nas ondas do tipo swell em 18 de Setembro de 2014, 6:00 UTC. Mapas de (a) altura de onda modelada com corrente, (b) altura de onda do modelo sem corrente, (c) corrente de alta resolução do ROMS (d) mesma corrente filtrada. (e,f) diferença na altura de onda para (e) caso com corrente de alta resolução menos caso sem corrente e (f) caso com corrente de alta resolução menos caso com corrente filtrada. A área pontilhada refere-se a região usada para análise espectral.

\* break

A forma de interação de correntes com as ondas é através dos termos de tensão de radiação que principalmente em casos que o cisalhamento horizontal de corrente for diferente de zero, ou seja não uniforme, ocorre maior troca de energia entre as

ondas e a corrente através dos termos de fluxo de momento. Os principais casos em que este gradiente é diferente de zero são em instabilidades da corrente como meandros e vórtices.

A Corrente do Brasil (CB) possui no campo de ondas na costa sul-sudeste. Para isso foram feitas simulações numéricas com o modelo de ondas Wave Watch III com dados de campo de corrente superficiais provenientes do modelo Hycom. Foram escolhidos eventos de alta instabilidade da CB para serem analisados.

# Capítulo 2

## Revisão Bibliográfica

Para ilustrar a completa adesão ao estilo de citações e listagem de referências bibliográficas, a Tabela 2.1 apresenta citações de alguns dos trabalhos contidos na norma fornecida pela CPGP da COPPE, utilizando o estilo numérico.

Tabela 2.1: Exemplos de citações utilizando o comando padrão `\cite` do  $\text{\LaTeX}$  e o comando `\citet`, fornecido pelo pacote `natbib`.

Tipo da Publicação	<code>\cite</code>	<code>\citet</code>
Livro	[6]	ABRAHAM <i>et al.</i> [6]
Artigo	[7]	IESAN [7]
Relatório	[8]	MAESTRELLO [8]
Relatório	[9]	GARRET [9]
Anais de Congresso	[10]	GURTIN [10]
Séries	[11]	COWIN [11]
Em Livro	[12]	EDWARDS [12]
Dissertação de mestrado	[13]	TUNTOMO [13]
Tese de doutorado	[14]	PAES JUNIOR [14]

## Capítulo 3

### Método Proposto

## Capítulo 4

### Resultados e Discussões

# Capítulo 5

## Conclusões

# Referências Bibliográficas

- [1] ARDHUIN, F., GILLE, S. T., MENEMENLIS, D., et al. “Small-scale open-ocean currents have large effects on wind-wave heights”, *Journal of Geophysical Research: Oceans*, , n. April, 2017. doi: 10.1002/2016JC012413. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/2016JC012413>>.
- [2] HOLTHUIJSEN, L. H., TOLMAN, H. L. “Effects of the Gulf Stream on Ocean Waves”, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, v. 96, n. C7, pp. 12755–12771, jul. 1991.
- [3] CRAPPER, G. D. *Introduction to Water Waves*. Ellis Horwood, 1984. ISBN: 978-0-521-36829-2.
- [4] DA SILVEIRA, I. C. A., LIMA, J. A. M., SCHMIDT, A. C. K., et al. “Is the meander growth in the Brazil Current system off Southeast Brazil due to baroclinic instability?” *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, v. 45, n. 3-4, pp. 187–207, 2008. ISSN: 03770265. doi: 10.1016/j.dynatmoce.2008.01.002.
- [5] CAMPOS, R. M. *ANÁLISE DOS EXTREMOS DE ONDA NO RIO DE JANEIRO ASSOCIADOS A CICLONES EXTRATROPICAIS NO ATLÂNTICO SUL*. M.Sc. dissertação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ BRASIL, 2009.
- [6] ABRAHAM, R., MARSDEN, J. E., RATIU, T. *Manifolds, Tensor Analysis, and Applications*. 2 ed. New York, Springer-Verlag, 1988.
- [7] IESAN, D. “Existence Theorems in the Theory of Mixtures”, *Journal of Elasticity*, v. 42, n. 2, pp. 145–163, fev. 1996.
- [8] MAESTRELLO, L. *Two-Point Correlations of Sound Pressure in the Far Field of a Jet: Experiment*. NASA TM X-72835, 1976.
- [9] GARRET, D. A. *The Microscopic Detection of Corrosion in Aluminum Aircraft Structures with Thermal Neutron Beams and Film Imaging Methods*. In:



Report NBSIR 78-1434, National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1977.

- [10] GURTIN, M. E. “On the nonlinear theory of elasticity”. In: *Proceedings of the International Symposium on Continuum Mechanics and Partial Differential Equations: Contemporary Developments in Continuum Mechanics and Partial Differential Equations*, pp. 237–253, Rio de Janeiro, ago. 1977.
- [11] COWIN, S. C. “Adaptive Anisotropy: An Example in Living Bone”. In: *Non-Classical Continuum Mechanics*, v. 122, *London Mathematical Society Lecture Note Series*, Cambridge University Press, pp. 174–186, 1987.
- [12] EDWARDS, D. K. “Thermal Radiation Measurements”. In: Eckert, E. R. G., Goldstein, R. J. (Eds.), *Measurements in Heat Transfer*, 2 ed., cap. 10, New York, USA, Hemisphere Publishing Corporation, 1976.
- [13] TUNTOMO, A. *Transport Phenomena in a Small Particle with Internal Radiant Absorption*. Ph.D. dissertation, University of California at Berkeley, Berkeley, California, USA, 1990.
- [14] PAES JUNIOR, H. R. *Influência da Espessura da Camada Intrínseca e Energia do Foton na Degradação de Células Solares de Silício Amorfo Hidrogenado*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1994.

# Apêndice A

## Algumas Demonstrações