

ONDAS OCEÂNICAS EXTREMAS NA COSTA SUL-SUDESTE BRASILEIRA GERADAS POR CICLONE COM TRAJETÓRIA ANORMAL EM MAIO DE 2011

ROGÉRIO NEDER CANDELLA E SHIRLEY MARQUES LIMA SOUZA

Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), Arraial do Cabo, RJ, Brasil

rcandella@gmail.com, shirley@ieapm.mar.mil.br

Recebido Agosto de 2012 - Aceito Abril de 2013

RESUMO

Uma intensa agitação marítima, com ondas de altura significativa acima de 6 m, foi gerada pelos ventos associados a um ciclone no oceano Atlântico em maio de 2011. O ciclone, que pode ser classificado como subtropical, devido às suas características de sistema híbrido e com forte contraste entre a temperatura do oceano e a temperatura do ar em 500 hPa, teve trajetória totalmente anômala, deslocando-se no rumo norte/noroeste, em uma etapa de seu desenvolvimento. Para caracterização do evento, foram utilizados dados oriundos de boias oceanográficas, resultados de modelagem numérica e imagens de satélite.

Embora não tenha tocado o continente e não haja relato de perdas materiais ou humanas, seu tipo de desenvolvimento se assemelha à do furacão Catarina, ocorrido em março de 2004, especialmente seu deslocamento contrário ao fluxo atmosférico médio.

Palavras-chave: ondas extremas, ciclones subtropicais, litoral brasileiro.

ABSTRACT: EXTREME OCEAN WAVES AT THE SOUTHEASTERN BRAZILIAN COAST GENERATED BY AN ABNORMAL TRAJECTORY CYCLONE IN MAY, 2011

Wind waves with significant height of more than 6 m were generated by the winds associated to a cyclone off the Brazilian coast in May 2011. The cyclone, which can be classified as subtropical due to its characteristics of hybrid system and the strong contrast between the ocean temperature and air temperature at 500 hPa, had completely abnormal trajectory, moving towards the north/northwest, in a stage of its development. Data from oceanographic buoys, numerical modeling results and satellite images were used to characterize the event.

Although this cyclone had not touched the continent and there were no reports of human or material losses, this type of development is similar to Hurricane Catarina, occurred in March 2004, especially its trajectory opposites to the mean atmospheric flow.

Keywords: extreme waves, subtropical cyclones, Brazilian coast

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento ou intensificação de ciclones desempenha um papel importante nas operações navais e atividades marítimas. A mais drástica consequência da interação desses ciclones com o oceano se dá através do vento que, por sua vez, origina as ondas.

Ondas superficiais de gravidade geradas pelo vento são a principal forma de transporte de energia nos oceanos e fator primordial para a segurança no mar. Para seu desenvolvimento, três fatores básicos são relevantes: a intensidade do vento, sua

duração e o espaço geográfico em que esse vento se mantém com direção aproximadamente constante, conhecido como pista (*fetch*, em inglês). No estudo dessas ondas, habitualmente, condições severas de mar são também chamadas de tempestades, ficando o termo ressaca mais relacionado com seus efeitos no litoral.

No oceano Atlântico Sudoeste, especialmente próximo ao litoral brasileiro, não ocorrem eventos com ondas tão intensas, como o litoral da África do Sul ou o Atlântico Norte. Porém, por vezes, são registradas condições de mar bastante severas na costa sul-sudeste, especialmente durante o outono,

mais propriamente entre abril e junho (Candella et al., 2008). Candella e Candella (2010) citam que o ondógrafo Datawell Waverider, fundeado nas proximidades de Arraial do Cabo, RJ, registrou um evento com altura significativa (Hs) máxima de 6,78 m, com altura máxima individual de onda próxima a 10,5 m, em abril de 1999. Alves et al. (2009) utilizam, como eventos extremos na Baía de Campos, três tempestades entre 1999 e 2000, com valores máximos de altura significativa (Hs) e período de pico (Tp) de 5,63 m e 12,83 s, respectivamente.

Essas tempestades são, na maioria dos casos, geradas por ciclones extra ou subtropicais que, após a ciclogênese, geralmente tomam a direção sudeste. No entanto, em algumas ocasiões essa trajetória sofre alterações. Innocentini e Caetano Neto (1996), por exemplo, descreveram uma tempestade ocorrida em Maio de 1988, ocasião em que o ciclone se intensificou durante seu deslocamento inicial para leste, forçando ondas com Hs de até 5 m e resultando, inclusive, em perdas humanas. Candella et al. (1999) descrevem o resultado de um intenso ciclone com lento deslocamento para leste, ocasionando ondas da direção sudeste responsáveis por diversos danos materiais no litoral do Rio de Janeiro, em 1997.

Os serviços de previsão existentes regularmente emitem *alertas* em caso de previsão de tempestades fortes, mas, por não existirem, até recentemente, dados de onda coletados de forma sistemática e disponíveis para a comunidade científica, muitas dessas situações são registradas apenas pela mídia, sobre as consequências das ondas na costa, sem que haja uma confirmação quantitativa dos prognósticos. O Programa Nacional de Boias (PNBOIA) foi concebido para minorar essa dificuldade, sendo a contribuição brasileira para o Sistema Global de Observação do Oceano (GOOS). Foi desenvolvido e é gerenciado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela Marinha do Brasil. Até novembro de 2012, seis boias estavam fundeadas ao longo da costa brasileira, com previsão de lançamento de outras três, totalizando de nove boias, ao longo de 2013. Os dados coletados por essas boias podem ser acessados em <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/dados/dados.htm>.

No evento analisado, a formação de uma onda frontal entre o Nordeste da Argentina, o Uruguai e o sul do RS, entre os dias 24 e 25 de maio de 2011, provocou temporais com acumulados de chuva significativos, fortes rajadas de vento e descargas elétricas nestas áreas. Esse sistema deu origem a um ciclone no oceano entre os dias 26 e 27 e apresentou um deslocamento atípico entre os dias 28 e 29, dirigindo-se para noroeste, deixando o mar agitado e com ressaca no litoral sudeste do Brasil.

Seu deslocamento foi totalmente atípico com uma parte de sua trajetória com sentido norte/noroeste, com algumas características semelhantes às observadas durante o

desenvolvimento e evolução do Catarina, o primeiro ciclone a apresentar características de furacão categoria 1, durante sua fase madura, sobre as latitudes subtropicais do Atlântico Sul, em março de 2004, conforme descrito por Pezza e Simmonds (2005) e Gan (2009).

Estudos, como os de Simpson (1952) e Oda (2010), procuram um melhor entendimento acerca de sistemas responsáveis por situações mais severas do tempo sobre o mar. O ciclone aqui analisado pode ser classificado como subtropical, um sistema híbrido que apresenta características entre tropicais e extratropicais, e forte contraste entre a temperatura do oceano e a temperatura do ar em 500 hPa, conforme o conceito descrito por Jarvinen e Caso (1978) e Roth (2002),

Candella et al. (2008) mostraram que, em geral, os eventos de onda mais intensos estão distribuídos de sul para norte na costa brasileira. Nesse caso, diferentemente do habitual, as maiores ondas ocorreram na Baía de Santos, no litoral de São Paulo, local de intensa exploração de petróleo, com altura significativa de até 7 m e altura máxima acima de 12 m, valores maiores que os registrados nas boias localizadas em latitudes maiores.

O objetivo deste trabalho é investigar o desenvolvimento dessa agitação marítima e as forçantes meteorológicas geradoras, utilizando, para isso, dados das boias do PNBOIA, resultados de modelos numéricos e imagens de satélite.

2. DADOS E METODOLOGIA

Para caracterização meteorológica, foram analisadas imagens do satélite GOES, no canal vapor d'água, do banco de dados da Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC); a análise numérica do European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) das variáveis altura geopotencial, pressão reduzida ao nível médio do mar, as componentes zonal e meridional do vento a 10 metros e em 250hPa, além da temperatura do ar em 2 metros e 500 hPa. Também foram utilizados campos de vento do satélite ASCAT, como forma de aferição dos resultados numéricos do ECMWF.

Os dados de ondas foram medidos pelas boias oceanográficas do PNBOIA, localizadas nos litorais do Rio Grande do Sul (RS), identificada com o nº 69152; Santa Catarina (SC), com nº 69150; e São Paulo (SC), boia nº 69151 (Figura 1). Os registros brutos, ou seja, os deslocamentos verticais e horizontais a cada amostragem, não são transmitidos via satélite e não estão disponíveis. Assim, utilizou-se os resultados do processamento realizado pelo sistema da própria boia, que consiste em análises estatísticas do sinal bruto:

- altura significativa (Hs) – no domínio do tempo, é a média do terço superior das ondas, quando ordenadas de

forma decrescente, sendo mais comumente denominada como $H_{1/3}$; no domínio da frequência, forma como é calculada pelo equipamento, é dada por $H_s = 4,01\sqrt{E}$, onde E é a energia total do espectro unidimensional $[E = \int E(f)df]$; H_s e $H_{1/3}$ tendem a ser semelhantes em situações de espectro unimodal.

- altura máxima (H_{max}) – maior onda individual do registro;
- período de pico (T_p) – período associado à frequência de maior energia do espectro;
- direção de pico (D_p) – direção associada à maior energia do espectro bidimensional;

A terminologia aqui utilizada para as variáveis estatísticas que caracterizam as ondas é mundialmente difundida no estudo desse tema, independentemente do idioma.

O tratamento consistiu apenas na remoção dos dados espúrios (*spikes*) e, devido à inconsistência de intervalo temporal dos registros, na interpolação linear para obtenção de registros horários.

3. ANÁLISE DOS DADOS

3.1 Análise meteorológica

Entre os dias 25 e 26, a frente fria que se formou entre o nordeste da Argentina, o Uruguai e o sul do Rio Grande do Sul avançou para o oceano conforme mostrado nas Figuras 2a e 2b.

No dia 27, o ciclone associado ao sistema frontal despreendeu-se e passou a se deslocar para norte/noroeste (Figura 2c). Nos dias 28 e 29, o sistema mantém-se quase estacionário (Figuras 2d e 2e). A partir do dia seguinte (30 de maio), o ciclone volta a se deslocar para leste (Figuras 2f).

A ocorrência de ventos intensos, próximos a 100 km/h, no oceano pode ser comprovada pelos campos estimados pelo satélite ASCAT, não exibidos aqui, obtidas em <http://manati.star.nesdis.noaa.gov/datasets/ASCATData.php>.

A seguir, serão mostrados campos meteorológicos, obtidos através da Reanálise do ECMWF, para caracterizar o ambiente atmosférico.

No dia 25 de maio, a presença de um cavado em altos níveis, com reflexos em médios níveis (Figuras 3a e 3b), assim como uma região de forte divergência (Figura não mostrada) na saída polar do jato forneceram suporte dinâmico ao sistema em superfície (Figura 3c). Destaca-se a inclinação para oeste com a altura, entre os dias 25 e 26 (Figuras 4a-c), desde a superfície até os altos níveis, indicando uma estrutura baroclínica. Durante esses dias, é possível observar, pelas imagens de satélite, o deslocamento para leste do sistema.

Contudo, o padrão de inclinação começa a se modificar a partir do dia 27, quando é possível se observar um alinhamento vertical do sistema (Figuras 5a-c) e um deslocamento para norte/noroeste. Observa-se também que, durante esse dia, o cavado

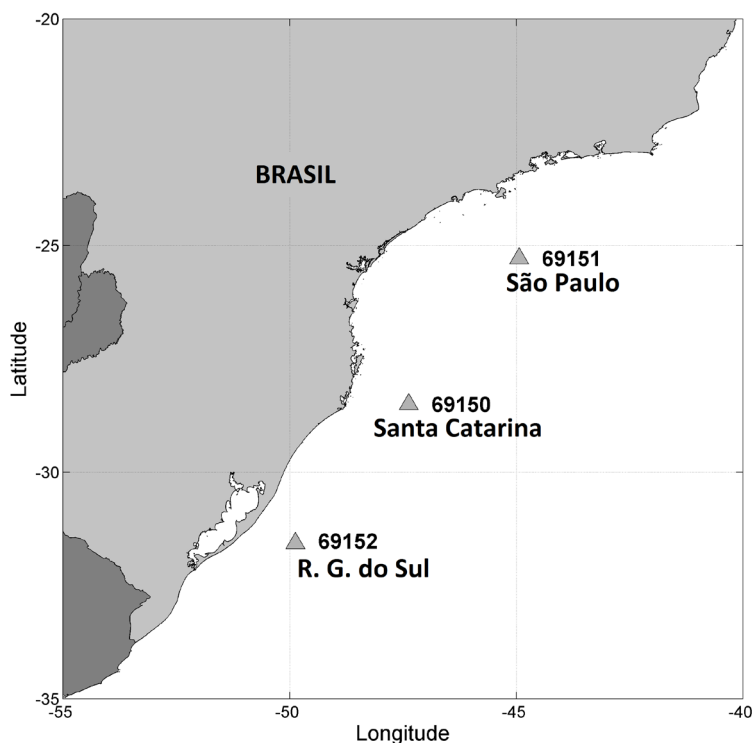
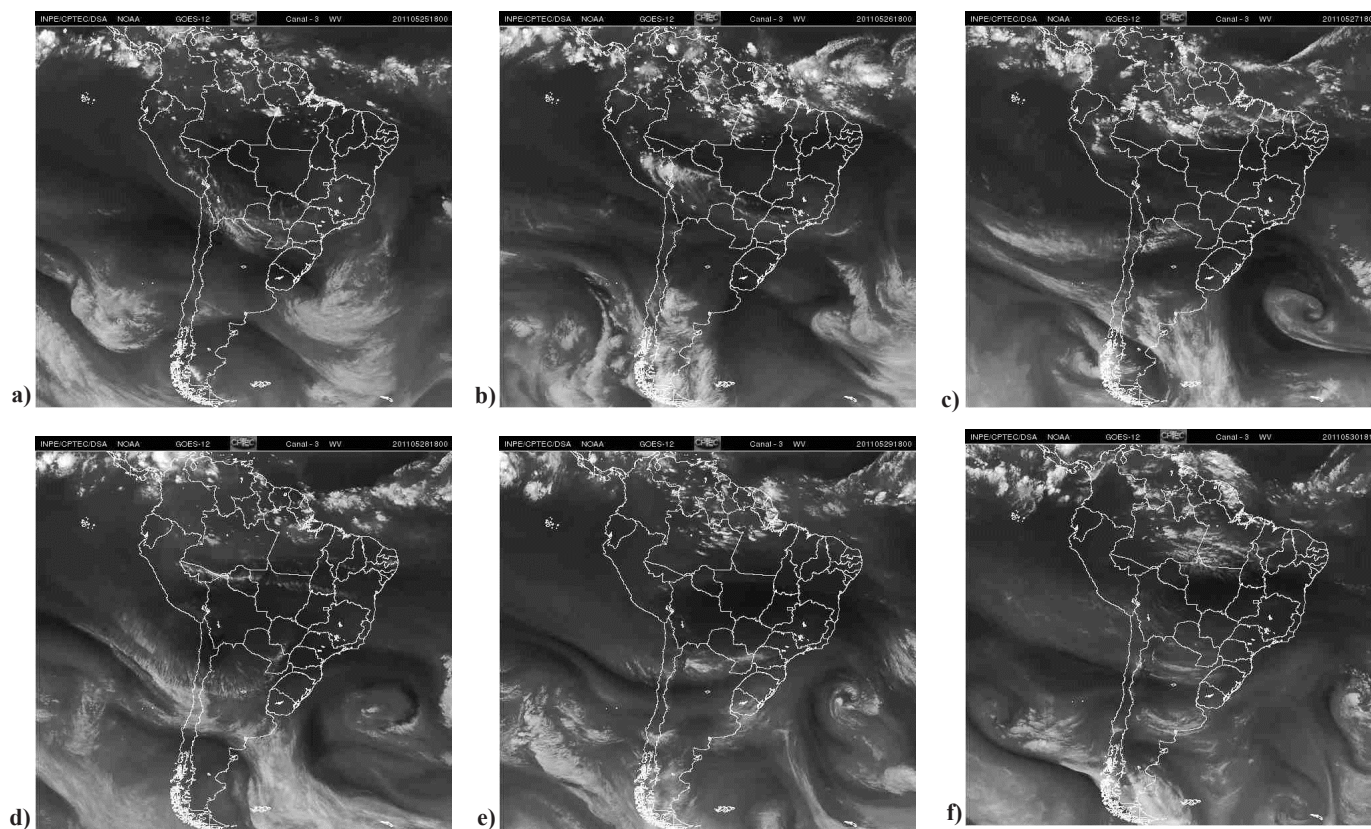


Figura 1 - Localização das boias do PNBOIA instaladas na ocasião do evento, ao largo dos estados do Rio Grande do Sul (69152), Santa Catarina (69150) e São Paulo (69151).



Figuras 2 - Imagens do satélite GOES-12 no canal vapor d'água para as 18:00Z dos dias 25 (a), 26 (b), 27 (c), 28 (d), 29 (e) e 30 (f) de Maio de 2011, evidenciando o deslocamento anômalo do ciclone, com maior aproximação da costa no dia 29. Fonte: DSA/CPTEC/INPE.

deu origem a um vórtice ciclônico de altos níveis (VCAN), assim como o cavado em 500 hPa transformou-se em vórtice, reforçando a instabilidade.

O padrão de inclinação é mantido durante o dia 28 (Figuras 6a-c) até o dia 29 (Figuras 7a-c), porém o ciclone manteve-se praticamente estacionário com relação ao dia anterior. A partir do dia 30, o sistema volta a apresentar uma pequena inclinação vertical para oeste, a configuração de vórtice dá lugar à configuração de cavado, tanto em níveis altos, quanto em médios níveis (Figuras 8c), e seu deslocamento passa a ser para leste, conforme mostrado na sequência das imagens de satélite. No dia 31, a trajetória passa a ter rumo sudeste, retornando ao padrão considerado normal (Figuras 9a-c).

Outra característica que vale ressaltar é a presença de ar frio em níveis médios, resultando em forte diferença de temperatura entre 2 metros e 500 hPa, abaixo de -30°C , o que é um fator relevante para instabilizar ainda mais a atmosfera (Figuras 10a-d), conforme ressaltado por Roth (2002).

A trajetória do ciclone, identificada pelo mínimo de pressão atmosférica em sua estrutura, desde sua formação até o momento em que retoma características usuais, pode ser vista na Figura 11. Nota-se que, a partir do dia 26, 09:00Z, sua direção

tende a norte/noroeste, aproximando-se da costa e aumentando a duração do vento na região.

3.2 ANÁLISE DAS ONDAS

A extensa pista e, especialmente, a duração do vento associado ao ciclone geraram uma intensa agitação marítima tanto localmente, quanto em áreas mais remotas, devido à propagação do *swell*.

Na Figura 12, estão mostrados os dados de Hs e Hmax para o mês de Maio de 2011. Nota-se que, conforme afirmado inicialmente, o mês é marcado por condições severas de mar, com, pelo menos, 4 eventos significativos, marcados por círculos, nos três pontos. Para as boias SP (linha cheia), SC (linha tracejada) e RS (linha pontilhada), os registros de Hs estiveram acima de 2,5 m, limiar adotado por Candella et al. (2008), para caracterização de tempestades, em 43, 37 e 34 % dos registros, respectivamente. É perceptível, também, a evolução espacial do pico das tempestades, assim como a maior severidade do mar, ambas ocorrendo, em 3 dos 4 eventos, de sul para norte.

Embora a fase inicial do ciclone, a partir do dia 26, tenha gerado ondas que já poderiam classificar o evento como

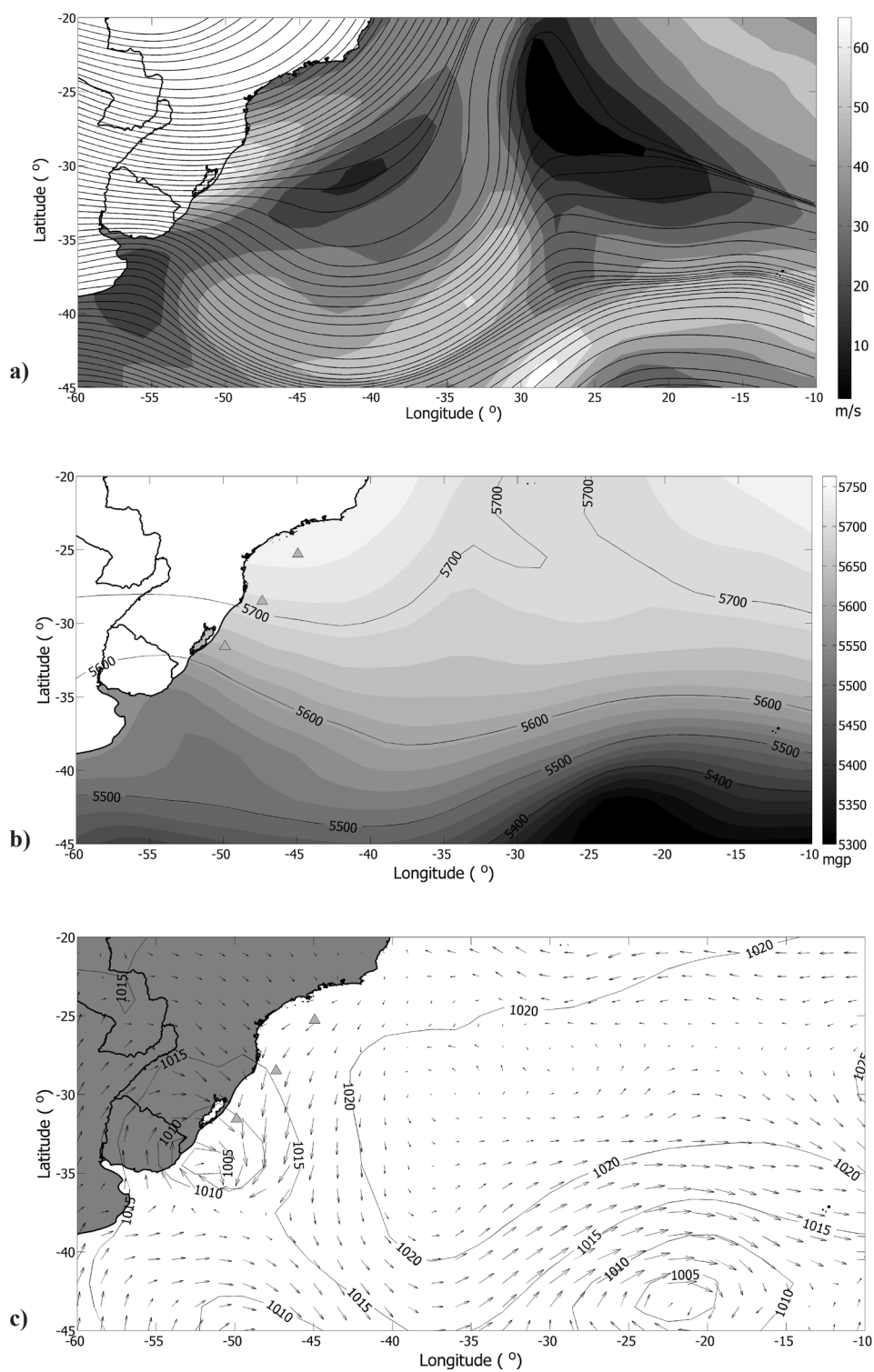


Figura 3 - Linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa (a); altura geopotencial(mgp) a 500 hPa (b); e pressão atmosférica reduzida ao nível do mar (hPa) e vento (m/s) a 10 m (c) em 18Z25MAI2011.

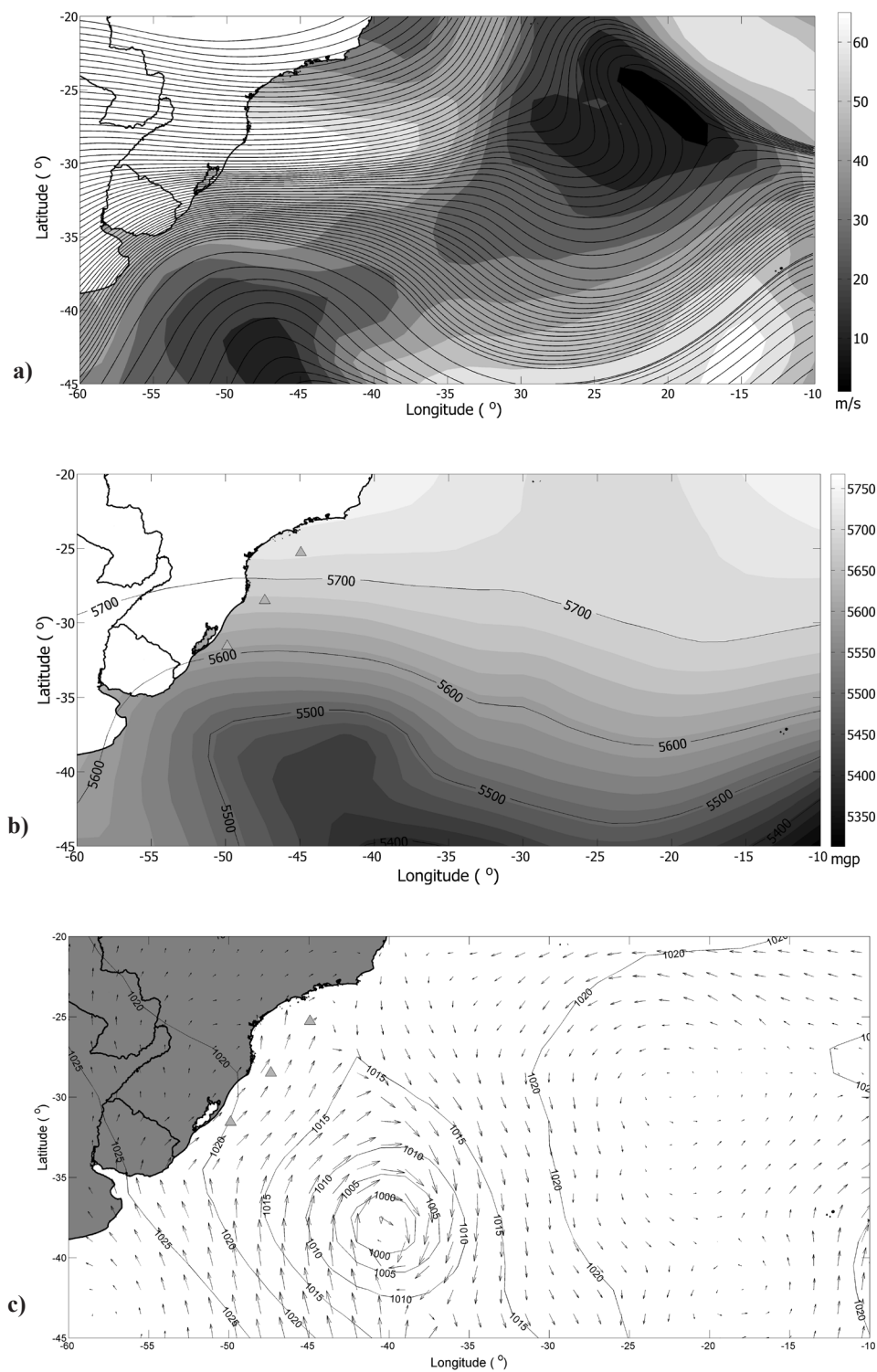


Figura 4 - Linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa (a); altura geopotencial(mgp) a 500 hPa (b); e pressão atmosférica (hPa) e vento (m/s) a 10 m (c) em 18Z26MAI2011.

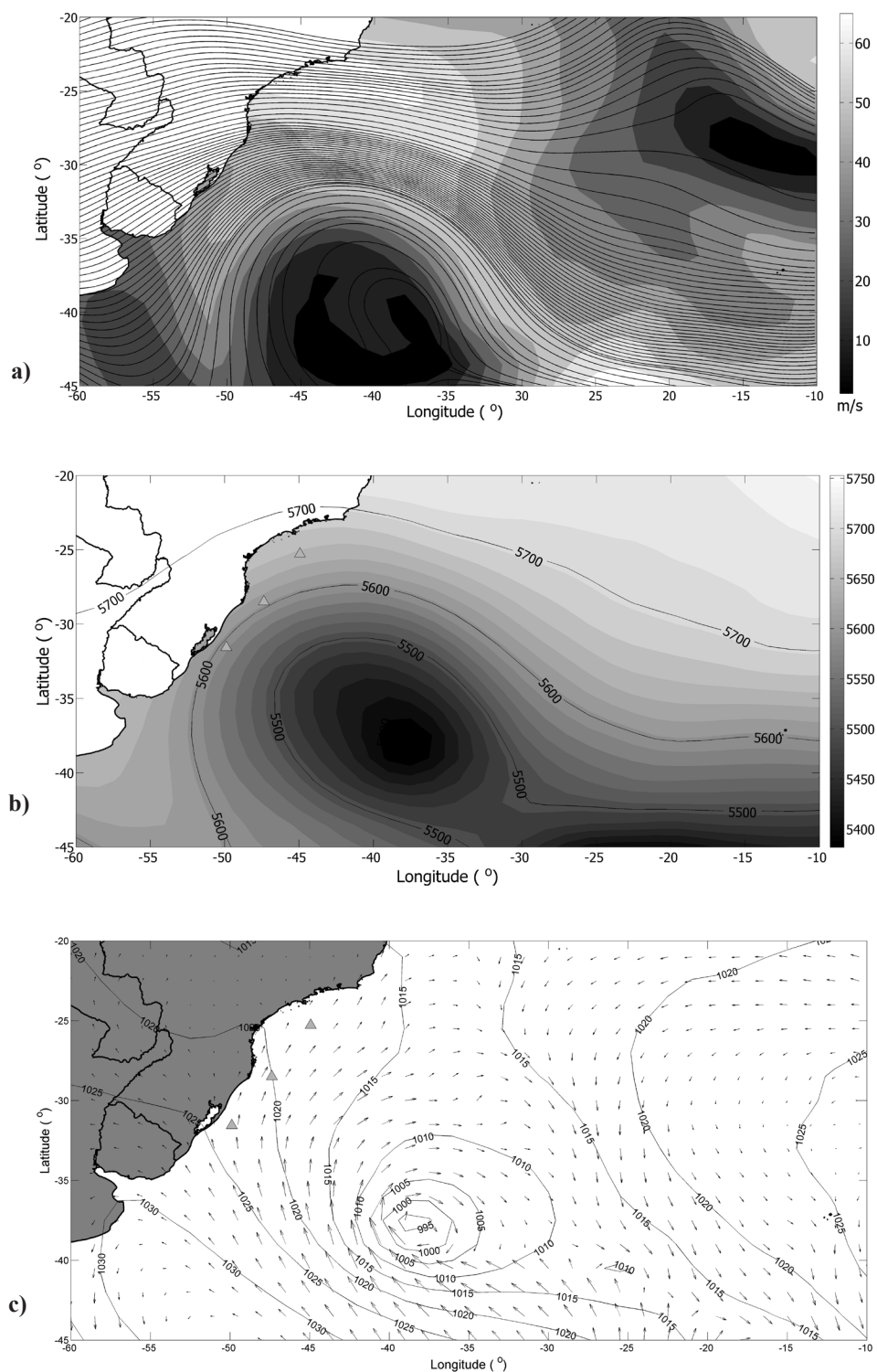


Figura 5 - Linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa (a); altura geopotencial(mgp) a 500 hPa (b); e pressão atmosférica (hPa) e vento (m/s) a 10 m (c) em 18Z27MAI2011.

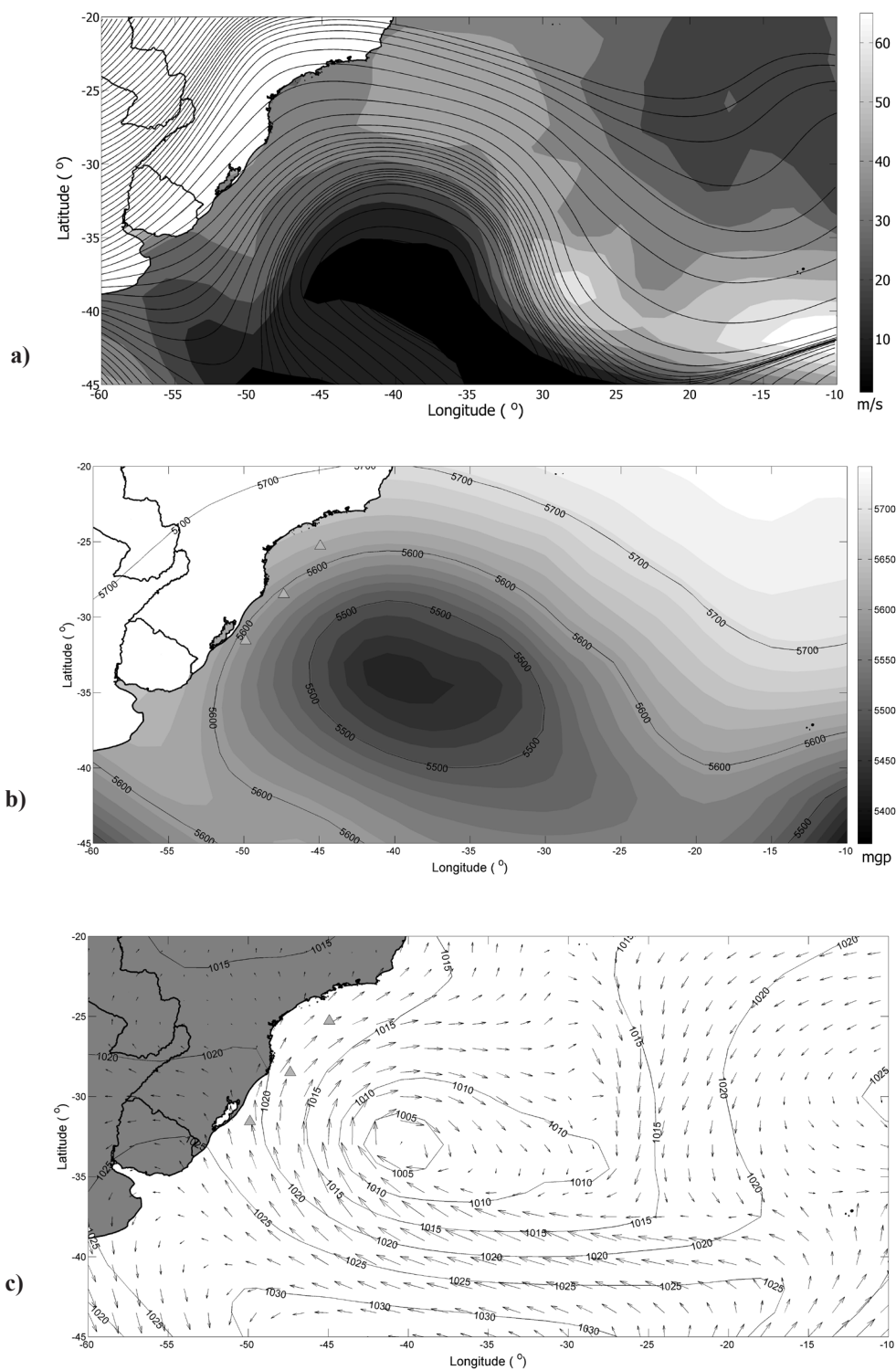


Figura 6 - Linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa (a); altura geopotencial(mgp) a 500 hPa (b); e pressão atmosférica (hPa) e vento (m/s) a 10 m (c) em 18Z28MAI2011.

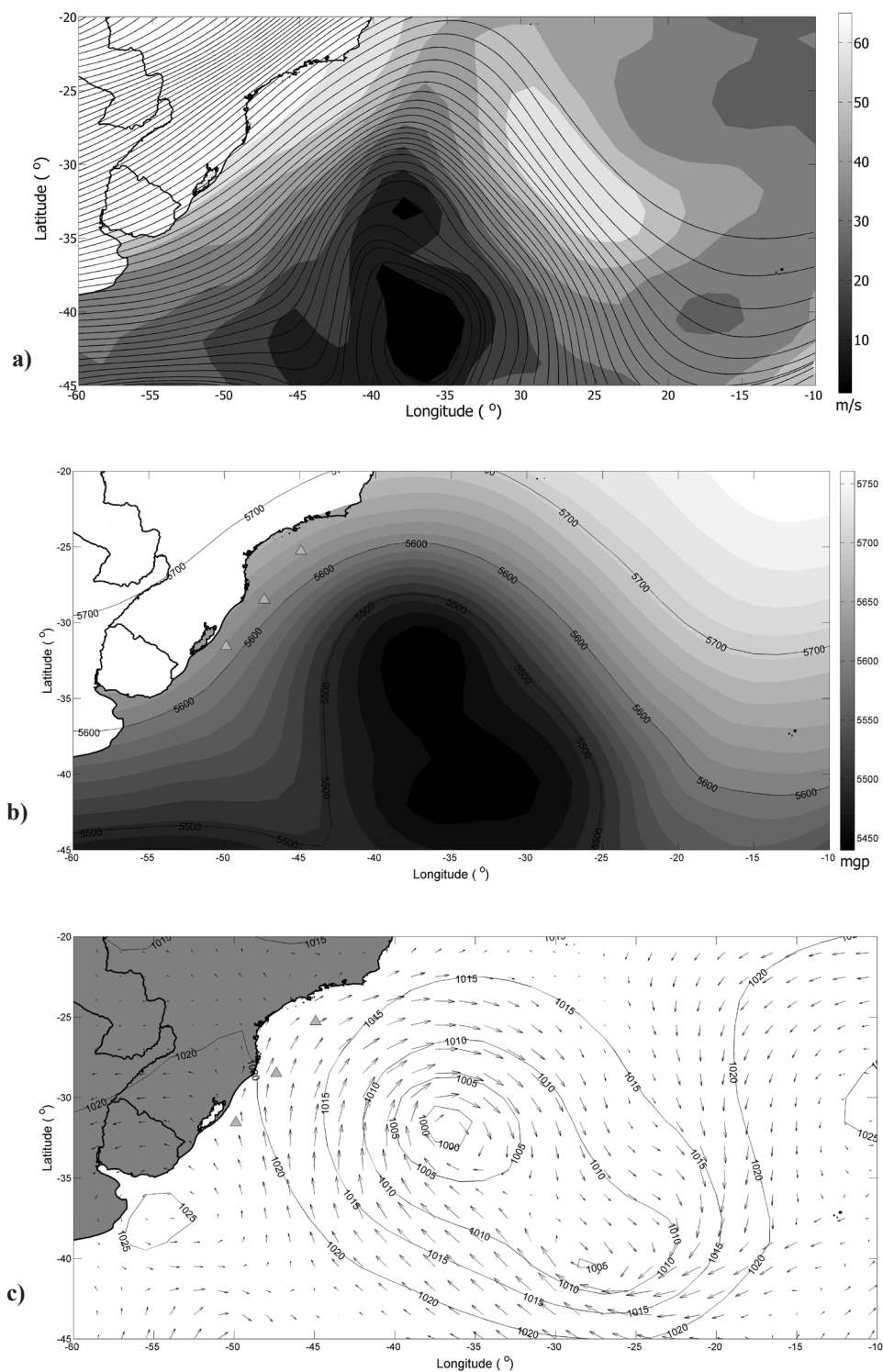


Figura 7 - Linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa (a); altura geopotencial(mgp) a 500 hPa (b); e pressão atmosférica (hPa) e vento (m/s) a 10 m (c) em 18Z29MAI2011.

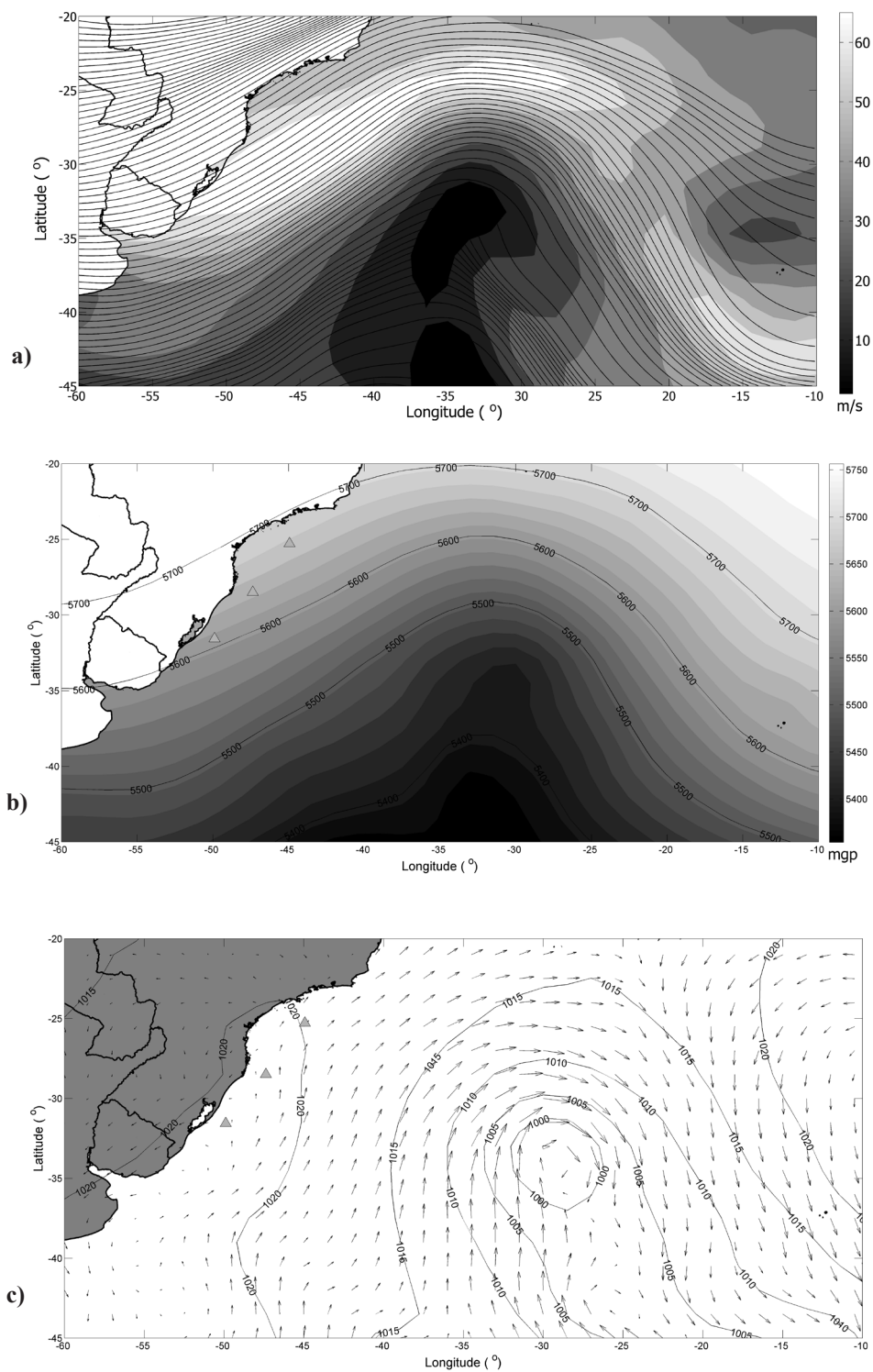


Figura 8 - Linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa (a); altura geopotencial(mgp) a 500 hPa (b); e pressão atmosférica (hPa) e vento (m/s) a 10 m (c) em 18Z30MAI2011.

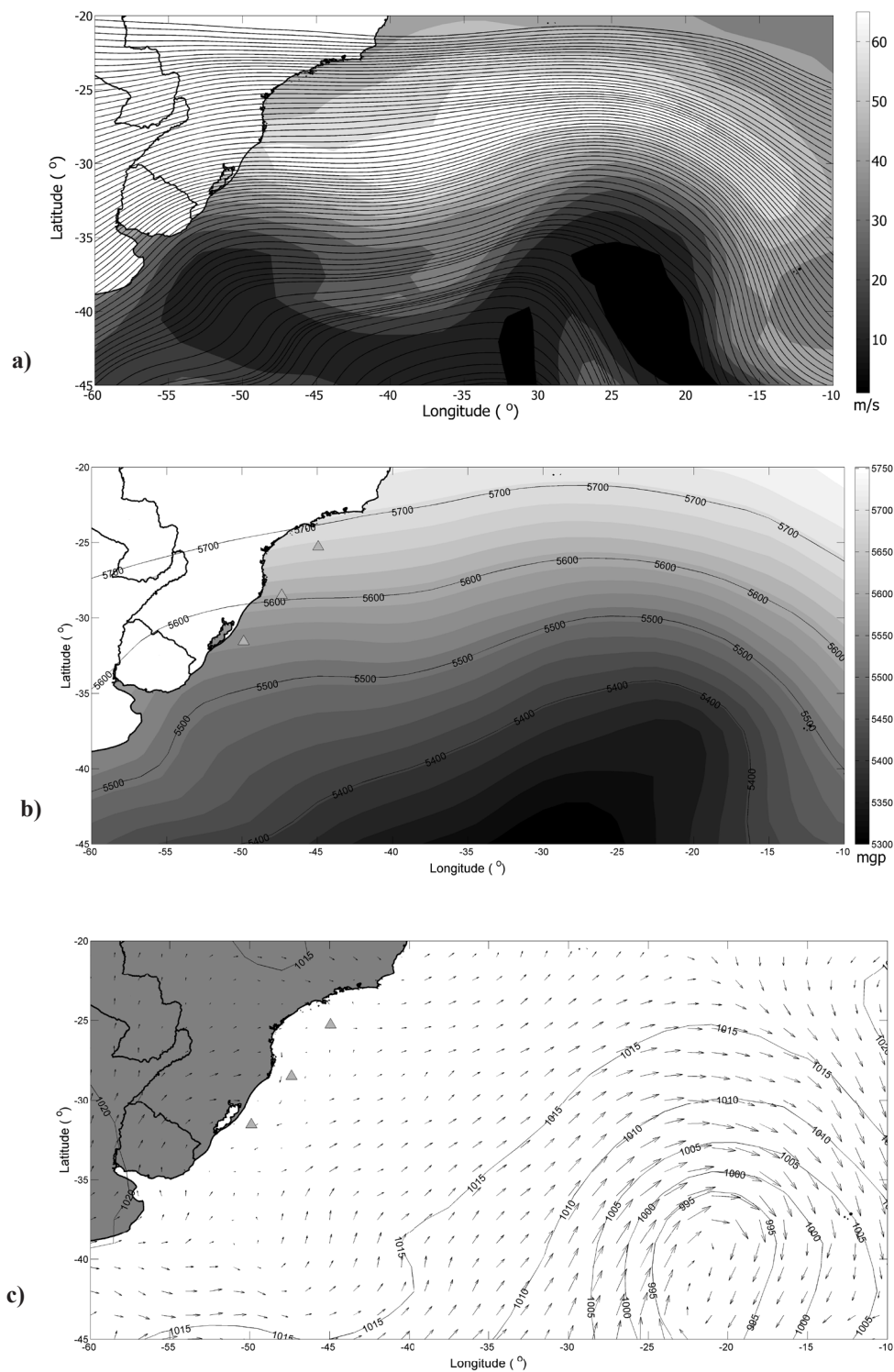


Figura 9 - Linha de corrente e magnitude do vento (m/s) em 250 hPa (a); altura geopotencial(mgp) a 500 hPa (b); e pressão atmosférica (hPa) e vento (m/s) a 10 m (c) em 18Z31MAI2011.

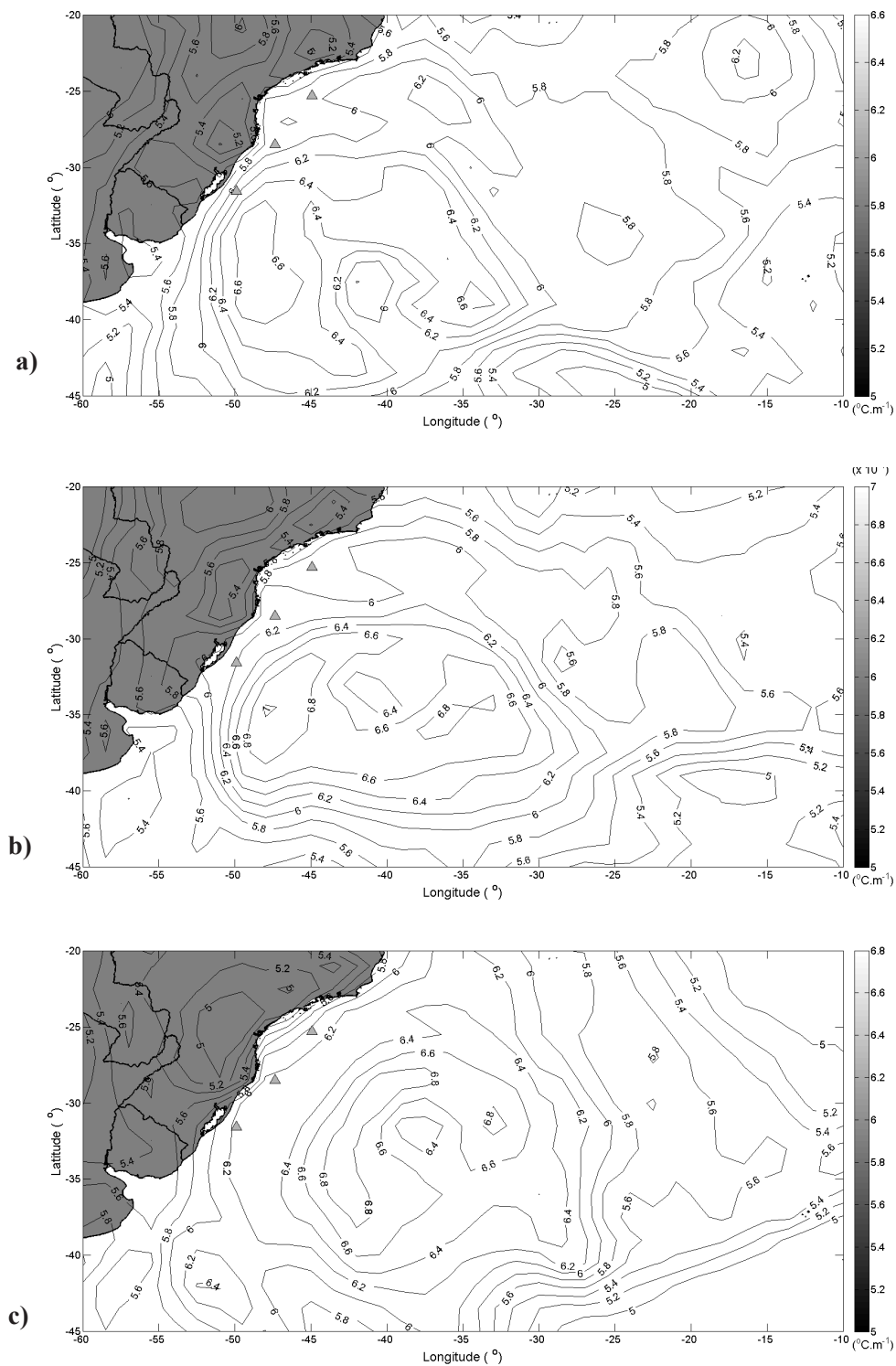


Figura 10 - Gradiente de temperatura ($^{\circ}\text{C.m}^{-1}$) entre 2 m e 500 hPa para os dias 27 (a), 28 (b), 29 (c) e 30 (d) de Maio de 2011, respectivamente. Continua

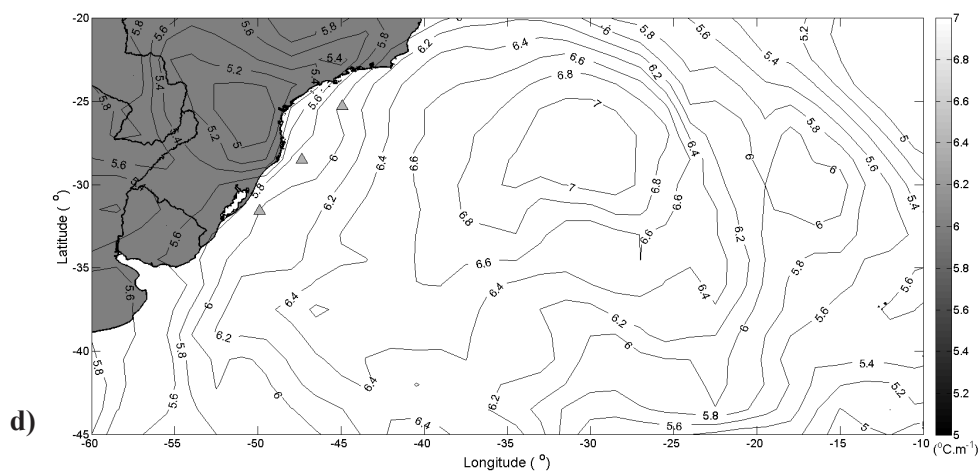


Figura 10 - Conclusão

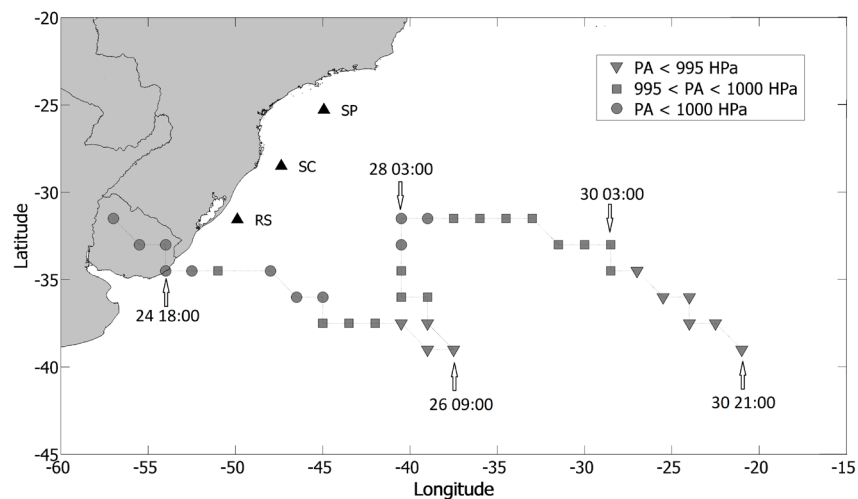
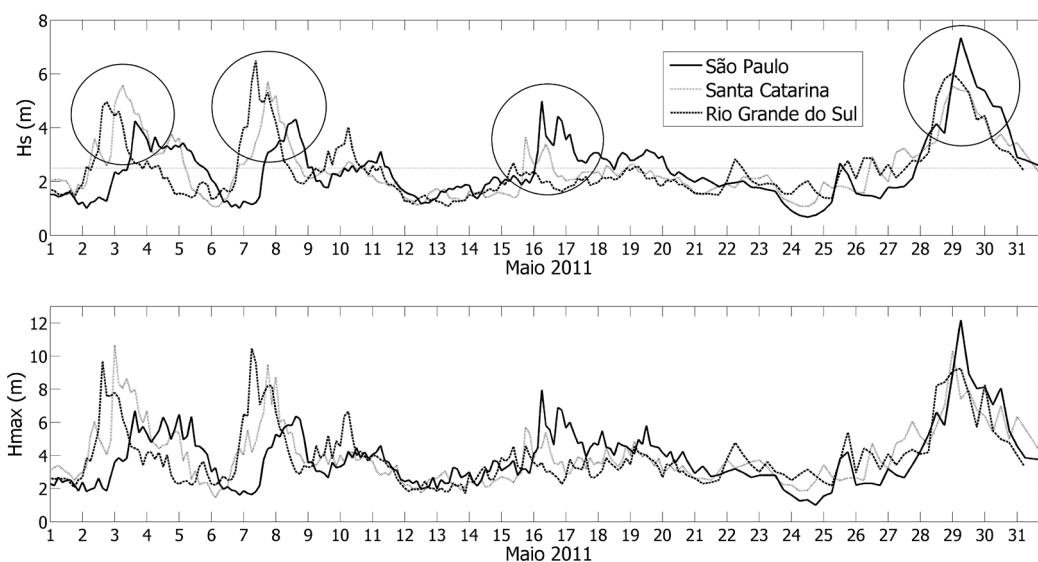


Figura 11 - Posicionamento do centro do ciclone entre os dias 25 e 30 de Maio de 2011, evidenciando seu desvio da trajetória normal.

Figura 12 - Evolução de Hs (painel superior) e Hmax (painel inferior) para o mês de Maio de 2011 nas boias RS (linha pontilhada), SC (linha tracejada) e SP (linha cheia). No painel superior, a linha pontilhada indica o limiar de tempestade ($H_s \geq 2,5$ m) adotado.

tempestade, é no dia 28 que as condições de mar começam a se intensificar acentuadamente.

Os maiores valores de Hs foram registrados ao largo do estado de São Paulo, no dia 29 de Maio, com Hs = 7.34 m, Hmax = 12.17 m, Tp = 15.4 s e Dp = 200.4° (S-SW), sendo o período de pico maior do que aqueles normalmente associados às maiores tempestades no litoral sul-sudeste. Isso pode ser, também, associado ao desenvolvimento anormal do ciclone, uma vez que, com seu deslocamento para norte/noroeste, a pista e a duração do vento foram significativamente maiores do que aquelas que o seriam, caso o ciclone se deslocasse diretamente para sudeste.

Também não usual é o fato das maiores ondas serem registradas mais ao norte, sendo mais comum que isso ocorra ao sul (Candella et al., 2008). Na bibliografia consultada, o valor de Hs é o maior já medido no Brasil, o que pode ser, somente, fruto da escassez de medições.

A evolução dos parâmetros estatísticos da tempestade analisada pode ser vista na Figura 13a-d. Pode-se perceber que os picos de Hs e Tp não são concomitantes nas 3 estações e que a direção principal varia muito lentamente de SW para SE.

O espalhamento espectral (EE) é um parâmetro que pode ser utilizado para estimar a complexidade do estado do mar. Quanto menor seu valor, menor será a banda do espectro de energia e, consequentemente, mais esta estará concentrada em torno do período de pico, o que, na prática, está relacionado, tipicamente, a marulho (*swell*). Analogamente, maiores valores de EE denotam a existência de estados complexos de mar, com a presença de vagas (*wind sea*). Os valores fornecidos pelo software das boias estão representados na Figura 14. Pode-se

verificar que, após o período de 24 a 27 de Maio, o valor de EE decresce consideravelmente, indicando que, quando da ocorrência das maiores ondas, estas tendem a ser *swell*.

Dentre os critérios utilizados por Candella e Candella (2010) para definição de onda anormal (*freak ou rogue wave*), dois podem ser aqui aplicados: a altura individual da onda deve ser o dobro da altura significativa e esta deve ser maior que 2,5 m, lembrando que os parâmetros utilizados são apenas os estatísticos gerados pelo software interno da boia. Na Figura 15, estão apresentadas as relações Hmax/Hs para o mês de Maio. Verifica-se a ocorrência de possíveis ondas anormais nas três localidades, cujos parâmetros são exibidos na Tabela 1. Durante o período da tempestade analisada, no entanto, apenas 3 possíveis casos foram registrados pela boia ao largo de Santa Catarina. As relações Hmax/Hs, tanto para todo o mês de Maio, quanto apenas para o período do evento analisado, são bastante próximas, sendo o coeficiente angular dado por $H_{max} = 1,51(\pm 0,03) \cdot H_s$ m.

4. CONCLUSÕES

Ciclones com desenvolvimento e trajetórias anormais e suas consequências para o estado do mar já foram previamente estudados através de modelagem numérica no Brasil. No entanto, essa foi a primeira vez em que foi possível avaliar esse tipo de situação com medições de ondas. Além disso, nos outros casos, a ciclogênese deu-se em latitudes menores que 30° S, mais ao norte que aquela aqui observada.

A partir da análise sinótica realizada, pode-se afirmar que a junção de fatores como difluência em altitude, intenso gradiente de temperatura entre a superfície e níveis médios e

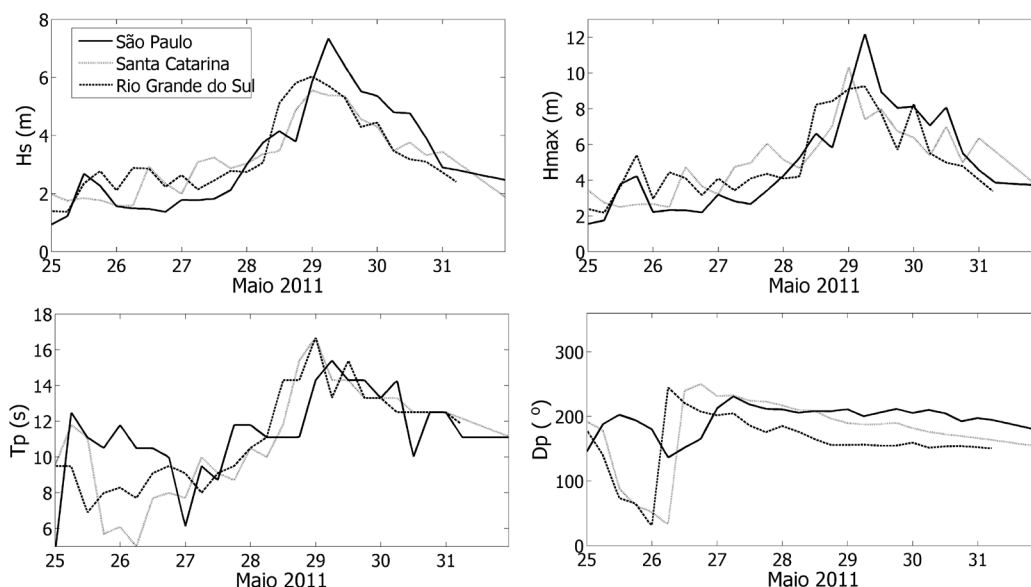


Figura 13 - Parâmetros estatísticos Hs (painel superior esquerdo), Hmax (painel superior direito), Tp (painel inferior esquerdo) e Dp (painel inferior direito) registrados pelas 3 boias - RS (linha pontilhada), SC (linha tracejada) e SP (linha cheia) - destacando a evolução da tempestade.

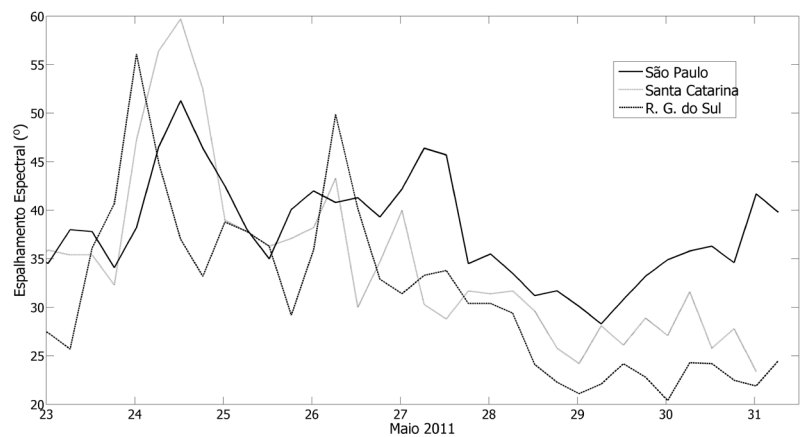


Figura 14 - Espalhamento espectral (EE) conforme dados das boias de São Paulo (linha cheia), Santa Catarina (linha tracejada) e Rio Grande do Sul (linha pontilhada), denotando a tendência das ondas relacionadas com o pico da tempestade serem swell.

Tabela 1 - Possíveis ondas anormais (freakwaves) ocorridas durante o mês de Maio, registradas nas três boias, segundo os critérios adotados.

Boia	Dia	Hora	Hs (m)	Hmax (m)	Hs/Hmax	Tp (s)	Dp (°)
ST	04	10	3.11	6.34	2.04	13.28	201.8
SC	02	00	4.24	8.89	2.10	10.14	236.7
SC	02	01	4.86	10.67	2.20	11.12	237.0
SC	26	18	2.93	5.89	2.01	8.8	223.2
SC	26	19	2.87	6.05	2.11	8.7	223.0
SC	26	20	2.90	5.90	2.03	9.0	222.0
RS	1	16	4.78	9.70	2.03	12.48	200.1

o suporte dinâmico de um cavado/vórtice ciclônico em altos níveis, favoreceram para a formação e a evolução do ciclone que provocou ventos fortes, ressaca e agitação marítima no litoral de Santa Catarina ao RJ. A síntese da Meteoromarinha, emitida pela Marinha é baseada na análise de 12:00z do dia 27 de Maio de 2011 (<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/iac/P11052712.iac>), por exemplo, traz avisos de vento forte, vento muito forte, mar grosso, mar muito grosso e ressaca para todas áreas da região sul/sudeste.

O ciclone apresentou características híbridas, podendo ser classificado como um ciclone subtropical, ou seja, com características entre tropical e não tropical. Deve, também, ser ressaltado que seu deslocamento para norte/noroeste, contrário ao fluxo atmosférico médio, durante uma parte de seu desenvolvimento, é muito pouco comum. Essa característica marcante foi também observada durante a evolução do furacão

Catarina, em março de 2004, no Atlântico Sul.

As ondas geradas nesse evento, com grandes alturas e longos períodos, foram, também, incomuns e, pela primeira vez, puderam ser medidas por boias oceanográficas. A medição desse tipo de condição extrema de mar, além da importância científica, é de particular interesse para o projeto de estruturas oceânicas, como plataformas de petróleo e navios.

Considerando-se como eventos extremos aqueles que têm intensidade muito superior à média, conclui-se que, o aqui descrito, com ventos estimados em mais de 100 km/h e ondas com Hs de cerca de 7 m, pode ser enquadrado nessa categoria. O ciclone não tocou o continente e, aparentemente, não há relatos de danos materiais extensos ou perda de vidas em terra e no mar, como no caso do Catarina. Porém, o registro de sua ocorrência faz supor que eventos dessa magnitude não sejam tão raros quanto se supunha no oceano Atlântico sudoeste.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. H. G. M.; RIBEIRO, E. O.; GROSSMANN MATHESON, G. S.; LIMA, J. A. M.; PARENTE RIBEIRO, C. E. Reconstituição do Clima de Ondas no Sul-Sudeste Brasileiro entre 1997 E 2005. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 3, p. 427-45, 2009.
- CANDELLA, R. N.; QUENTAL, S. H. A. J.; GROSSMAN, G. S. Reconstituição de Condições de Ondas no Oceano Atlântico Sul com a Utilização de Modelo de Terceira Geração. **Pesquisa Naval (SDM)**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 123-134, 1999.
- CANDELLA, R. N.; LOMONACO, D. R.; MARQUES DA CRUZ, L. M.; FERREIRA, R. S. Análises Preliminares das Características Regionais das Ondas ao Longo da Costa Brasileira Através de Modelagem Numérica. in: III CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, Fortaleza, CE, 2008.
- CANDELLA, R. N.; CANDELLA, M. V. Investigações Sobre a Ocorrência de Ondas Anormais em Arraial do Cabo, RJ. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 28, n. 4, p. 551-61, 2010.
- INNOCENTINI, V.; CAETANO NETO, E. S. A Case Study of the August 1988 South Atlantic Storm: Numerical Simulation of Wave Activity. **Weather and Forecasting**, v. 11, p. 78-88. 1996.
- GAN, M. A; Ciclone Catarina: Análise Sinótica. in: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, Canela, RS, 2009.
- JARVIENE, B. R.; CASO, E. L. A Tropical Cyclone Data Tape for North Atlantic Basin, 1988-1977: Contents, Limitations and Uses. **NOAA Technical Memorandum NWS NHC 6**, Miami, Florida, 1978.
- ODA, T. O. Aspectos Comparativos das Ciclogêneses Ocorridas em Maio e Abril de 2010 ao Largo da Região Sudeste do Brasil. in: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Belém, PA, 2010.
- PEZZA, A. B.; SIMMONDS, I. The first South Atlantic hurricane: unprecedented blocking, low shear and climate change. **Geophysical Research Letters**, v. 32, 2005.
- ROTH, D. M. A Fifty Year of Subtropical Cyclones. in: 25TH CONFERENCE ON HURRICANES AND TROPICAL METEOROLOGY. 29 April—3 May 2002, San Diego, CA, USA, 2002.
- SIMPSON, R. H. Evolution of the Kona Storm, a Subtropical Cyclone. **Journal of Meteorology**, v. 9, p. 24-35, 1952.