

Características climatológicas do Oceano Atlântico Sul obtidas a partir de um Modelo Computacional Global (MOM)

Luiz Paulo de Freitas Assad, DSc

Laboratório de Modelagem de Processos Marinhos e Atmosféricos, COPPE/UF RJ
E-mail: lassad@acd.ufri.br

Rogério Neder Candella, DSc

Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
E-mail: rcandella@lamma.ufri.br

Audalio Rebelo Torres Junior, DSc

Laboratório de Modelagem de Processos Marinhos e Atmosféricos, COPPE/UF RJ
E-mail: audalio@acd.ufri.br

Resumo

A utilização de um modelo computacional oceânico global para a realização de prognósticos climáticos requer que o mesmo se encontre em um estado de estabilidade que possa ser considerado como clima oceânico. O tempo necessário para atingir tal equilíbrio é conhecido como aquecimento (*spin up*) e pode variar de poucos dias, para as camadas superficiais, até dezenas de anos, para as camadas mais profundas dos oceanos. Neste trabalho, são apresentados os resultados preliminares da aplicação de um modelo de circulação global dos oceanos, o Modular Ocean Model – MOM – versão 4.0, inicializado com resultados previamente balanceados, oriundos de um experimento do Geophysical Fluid Dynamics Laboratory/National Ocean Atmosphere Agency. Os resultados obtidos permitem verificar que, rapidamente, o modelo tende à estabilidade, evidenciando ciclos anuais e sazonais e importantes aspectos dinâmicos e termodinâmicos da circulação oceânica global. Na bacia do Atlântico Sul, foco principal desta investigação, o modelo obteve resultados para transportes de volume e calor compatíveis com os encontrados na literatura.

Palavras-chave

Climatologia. Oceano Atlântico Sul. Transporte de calor. Transporte de volume. Modelagem numérica.

Climatic Characteristics of the South Atlantic Ocean made from a Global Computational Model (MOM)

Abstract

The use of a computational model ocean to the attainment of global climatic forecasts needs it to be in a state of stability that can be considered as oceanic climate. The time spent by the model to reach this balance is called spin up and it could range from a few days for the upper ocean levels to even dozens of years for the deep ocean levels.

This work presents the preliminary results of the implementation of a global ocean circulation model – the Modular Ocean Model – MOM – version 4.0, which started with results previously balanced from a trial of the Geophysical Fluid Dynamics Laboratory/National Ocean Atmosphere Agency.

The results have showed that the model tends to stability quickly, showing annual and seasonal cycles and important dynamic and thermodynamic aspects of the global ocean circulation. In the South Atlantic basin, main focus of this investigation, the model obtained results for heat and volume transports that are compatible with those found in literature.

Keywords

Climatology. South Atlantic Ocean. Heat transport. Volume transport. Numerical modeling.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de modelos numéricos oceânicos globais necessita de condições dinâmicas e termodinâmicas estáveis como ponto de partida para experimentos prognósticos. Tais características são descritas por Peixoto & Oort (1992) como um conjunto de condições médias que caracterizam a estrutura e o comportamento da atmosfera, hidrosfera e criosfera para um período particular.

Uma das formas possíveis de inicialização é a utilização de uma distribuição de massa derivada de dados climatológicos, com a assunção de velocidade inicial de correntes nula, permitindo-se que o modelo estabeleça o balanço hidrodinâmico por meio da sua própria física. O tempo requerido para isso, denominado de aquecimento (*spin up*), pode variar entre alguns dias, para os níveis superficiais, a dezenas de anos, para as grandes profundidades, estando relacionado com a baixa velocidade de propagação de ondas internas, também representadas pela física do modelo. Por exemplo, Semtner e Chervin (1992), utilizando um modelo global com resolução de 0,5° na horizontal e 20 níveis na vertical, partindo de campos médios climatológicos, necessitaram 32,5 anos de integração para atingirem um estado hidrodinamicamente estável, que pudesse ser considerado como clima.

Outra forma é a aplicação de campos previamente aquecidos, com a utilização de resultados estáveis provenientes de simulações anteriores, o que reduz consideravelmente o tempo de aquecimento. Matano e Philander (1993) conseguiram atingir estabilidade climatológica para o Oceano Atlântico Sul em 3 anos de

integração em um modelo inicializado com campos de densidade climatológicos, aos quais foram adicionadas as estruturas verticais de transporte da Corrente Circumpolar Antártica (CCA) e da Corrente das Agulhas (CA).

O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados preliminares para o Atlântico Sul, oriundos de um modelo global inicializado com campos previamente *aquecidos*. É possível constatar a rápida tendência ao equilíbrio climatológico e a presença das principais características da circulação da bacia e seus ciclos, como o giro subtropical e o transporte de calor. São apresentadas, ainda, uma breve descrição do modelo utilizado (Modular Ocean Model Version 4.0 – MOM), os campos de inicialização e as forçantes utilizadas.

2. METODOLOGIA

O modelo utilizado foi o Modular Ocean Model – MOM, versão 4.0, desenvolvido pelo GFDL/NOAA, amplamente utilizado pela comunidade científica para pesquisas sobre o clima global e previsões. Ele é baseado nas equações de Navier-Stokes, com aproximações hidrostática e de Boussinesq. O sistema de equações é completado por uma equação de estado da água do mar, uma equação de continuidade para fluidos incompressíveis e equações de conservação de temperatura e salinidade. Sua descrição detalhada pode ser encontrada em Pacanowsky & Griffies (1999). As variáveis prognósticas estão distribuídas em uma grade B de Arakawa e é possível a construção de grades numéricas esféricas globais com o deslocamento do pólo, para evitar a convergência de meridianos no pólo Norte. No presente caso, foi empregada uma grade tri-polar, seguindo o método desenvolvido por Murray (1996), que consiste em uma grade regular até o paralelo 65°N e, a partir daí, estabelece dois pólos localizados sobre terra.

A resolução horizontal é de 1° x 1°, sendo que, entre 10°N e 10°S, o espaçamento entre pontos,

em latitude, passa a 1/3°. A grade é, portanto, composta por 360 x 200 pontos em longitude e latitude, respectivamente. A resolução vertical é variável, de forma a melhor representar a região próxima à superfície, sendo composta por 50 níveis, 22 deles nos primeiros 220 m. A espessura de cada nível varia entre 10 e 366,6 m e profundidade mínima considerada foi de 40 m.

2.1. Condições iniciais e de contorno

Como condição inicial, foram utilizados os resultados do *Ocean Data Assimilation for Seasonal to Interannual Prediction – ODASI* (Sun et al., 2007), conduzido pelo GFDL, utilizando o mesmo modelo. Esse experimento gerou 40 anos de médias mensais para os anos de 1963 a 2003, por meio da aplicação de assimilação de dados durante a integração. A configuração utilizada nesse experimento é bastante semelhante àquela empregada nas simulações aqui descritas, especialmente nos níveis superiores. O mês de janeiro de 1985 foi escolhido como ponto inicial, uma vez que, nesse período, não havia fortes anomalias climáticas, como El Niño ou La Niña.

Na condição de contorno de superfície, foram empregados resultados derivados do *Ocean Model Intercomparison Project – OMIP* (Röeske, 2001), compostos por médias diárias de um ciclo anual, sendo utilizadas as componentes zonal e meridional do arrasto do vento, radiações líquidas de ondas curta e longa, calor sensível, fluxo de umidade específica e precipitação. Esses campos foram impostos de forma cíclica, até que o modelo atingisse o estado considerado climatológico.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo foi integrado por 7 anos. A evolução mensal da energia cinética (E_c) global está representada na figura 1, a seguir. É possível identificar um incremento na quantidade total de E_c durante o inverno austral, com valores totais na ordem de 280 a 290 PW (PetaWatt = $P_w =$

10^{15} Watts), com a conseqüente redução para, aproximadamente, 240 PW durante o verão. Tais variações não estão restritas aos níveis superficiais, podendo ser observadas mesmo nas camadas mais profundas, embora com menores amplitudes (figura 2).

Pode-se verificar que, a partir do 2º ano de integração, a variação média interanual é bastante pequena, o que demonstra o acerto da estratégia de inicialização, que tende a levar o modelo rapidamente ao equilíbrio. Há, ainda, uma ligeira tendência de aumento presente na E_c , associada à maior energia presente nos campos de vento do OMIP, tendo a mesma ordem de grandeza da

diferença entre estes campos e os utilizados no ODASI. Tal tendência, no entanto, é da ordem de 8% por ano, ao final do terceiro ano de integração, caindo para 0,4% por ano, ao final do experimento.

Outro resultado importante obtido no experimento foi o desenvolvimento do chamado *conveyor belt*, que representa a circulação de calor no oceano e está representado por meio da integração meridional do transporte global de calor integrado para todo o domínio, na figura 3, onde valores negativos indicam transporte com rumo sul. Ganachaud e Wunsch (2003) estimaram o valor de -0,6 PW ($\pm 0,03$) para o paralelo 30°S

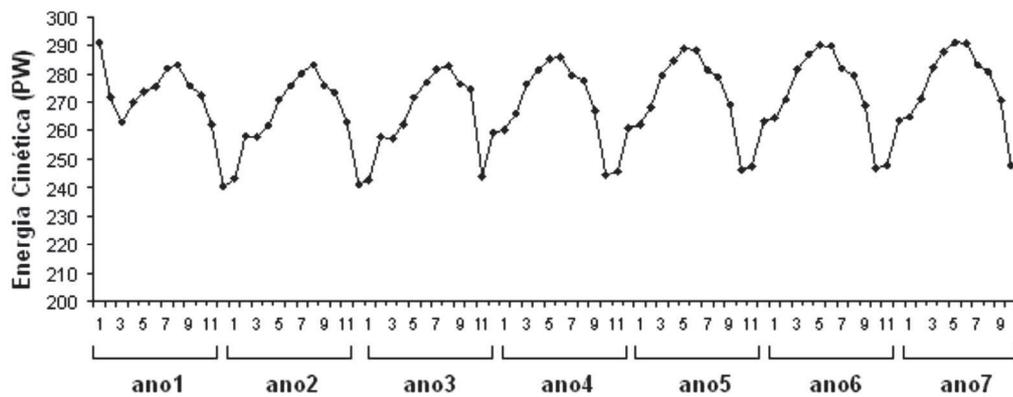


FIGURA 1
Variação mensal da energia cinética global ao longo dos 7 anos de integração.

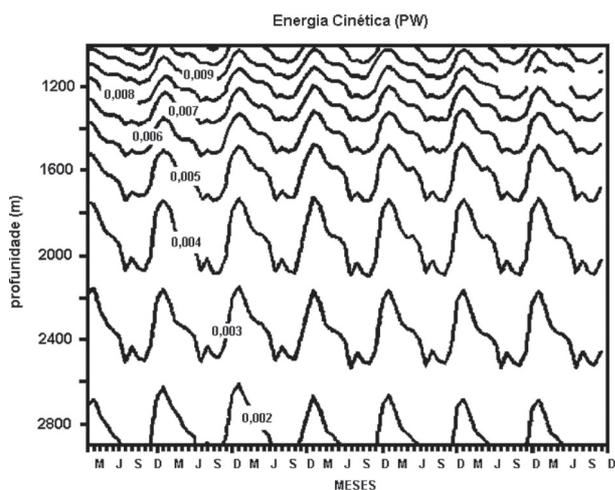


FIGURA 2
Série temporal de energia cinética integrada para cada nível z do modelo, entre 1000 e 3000 m, para a bacia do Oceano Atlântico Sul.

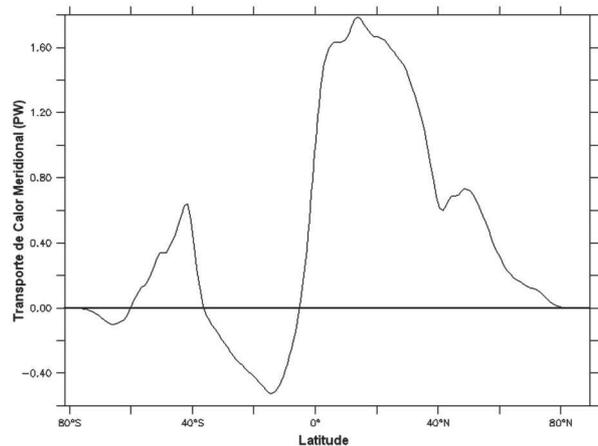


FIGURA 3
Transporte meridional de calor integrado para todo o domínio para o 7º ano de integração.

e 2,2 PW($\pm 0,6$) para o paralelo 12° N, utilizando o método geostrófico, baseado em dados do WOCE. Para as mesmas latitudes, o modelo obteve -0,2 PW ($\pm 0,01$) e 1,75 PW ($\pm 0,03$), sendo que esses resultados não levam em conta os primeiros 100 m a partir da superfície, como forma de minimizar a variância associada ao arrasto do vento.

3.1. Clima do Oceano Atlântico Sul

Na figura 4, pode-se verificar o transporte superficial de volume associado ao giro subtropical, como a Corrente do Brasil (CB), a Corrente do Atlântico Sul, a Corrente de Benguela e a Corrente Sul Equatorial (CSE), além de outras importantes correntes, como a Corrente Circumpolar Antártica (CCA), a Corrente das Malvinas (CM), a Corrente das Agulhas e a Corrente Norte do Brasil.

Outras feições, notáveis nos resultados referentes à distribuição de temperaturas, são a Frente Subtropical do Atlântico Sul, localizada na confluência entre a CB e a CM, caracterizada por um forte gradiente de temperatura, localizada próximo ao paralelo 40°S, e a zona de ressurgência nas costas da África (figura 5). As regiões de ressurgência no Brasil não puderam ser identificadas por seu caráter extremamente localizado e pela resolução espacial adotada.

A trajetória da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), formada na confluência das Correntes Brasil-Malvinas, pode, da mesma forma, ser corretamente representada pelo modelo. Após sua formação, a ACAS entra no giro subtropical, prosseguindo até atingir novamente o continente americano, na altura do paralelo 20° S. A partir daí, essa massa d'água se bifurca, sendo que a porção que vai para sul passa a integrar a CB, enquanto a que toma rumo norte flui ao longo da costa, chegando a compor mais de 60% da termoclina junto à costa, acima do equador (Poole e Tomczac, 1999). Essa circulação, referente à profundidade de 250 m, pode ser visualizada na figura 6.

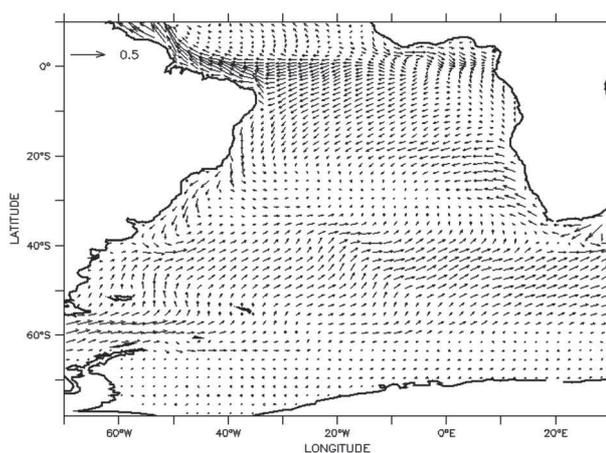


FIGURA 4 Transporte médio de volume para janeiro do ano 7, no Oceano Atlântico Sul.

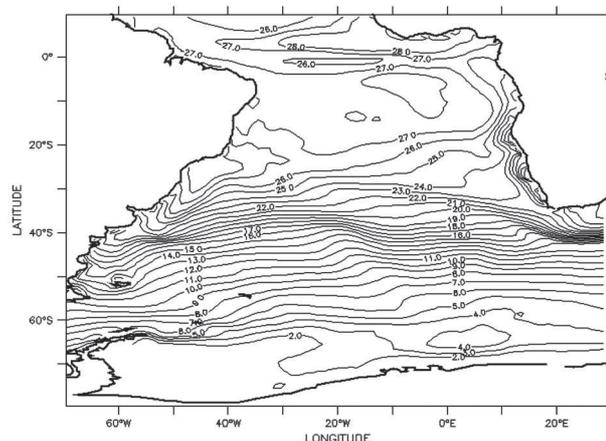


FIGURA 5 Temperatura potencial média para os primeiros 5 metros de profundidade para janeiro do ano 7.

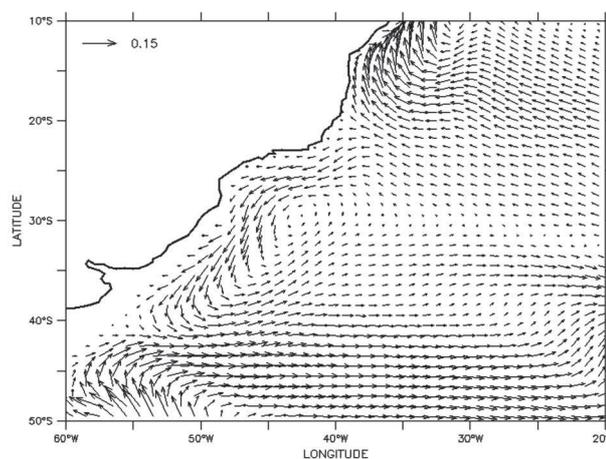


FIGURA 6 Transporte de volume médio relativo a 250 m de profundidade para a região sudoeste do Atlântico Sul, evidenciando a trajetória da ACAS.

A Água Central do Atlântico Norte (APAN) também foi bem representada na simulação. Essa massa d'água, que tem rumo sul, é um escoamento bem organizado que flui até, aproximadamente, o paralelo 40° S, onde sofre uma bifurcação, com parte de seu volume retornando para norte, através do giro subtropical do AS, enquanto outra fração segue rumo leste, integrada à circulação da CCA (Stramma & England, 1999). Na figura 7, pode-se visualizar o deslocamento médio da APAN, integrado entre as profundidades de 1500 e 3000 m, ao longo da costa brasileira, para o mês de janeiro.

3.2. Corrente do Brasil

A estrutura vertical de transporte oceânico associada à CB foi corretamente representada, desde sua origem até seu deslocamento da costa brasileira, no experimento climático.

Pode-se verificar, na figura 8a, referente às condições médias de transporte de volume para os 5 metros superficiais, de janeiro do ano 7, a bifurcação da CSE, próximo ao paralelo 10°S, que

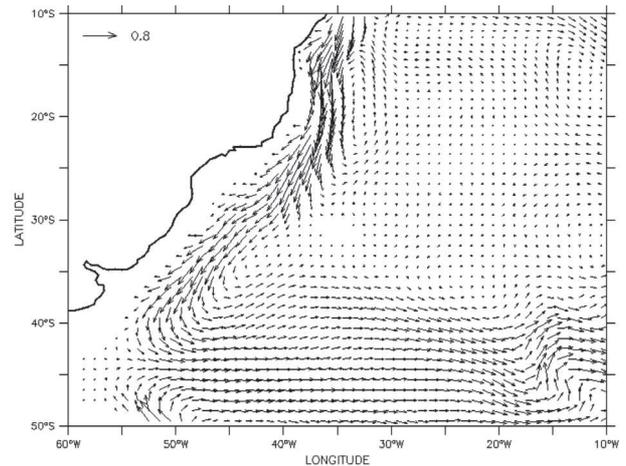


FIGURA 7 Transporte médio de volume da APAN, entre as profundidades de 1500 e 3000m, para o mês de janeiro, ao longo da porção sudoeste do oceano Atlântico Sul.

marca a região inicial da CB. Na figura 8b, pode-se perceber o forte divergente de transporte na área da bifurcação, com valores positivos, que assinalam a Corrente Norte do Brasil, e negativos, referentes à CB. O correto posicionamento da bifurcação pode ser confirmado por meio da

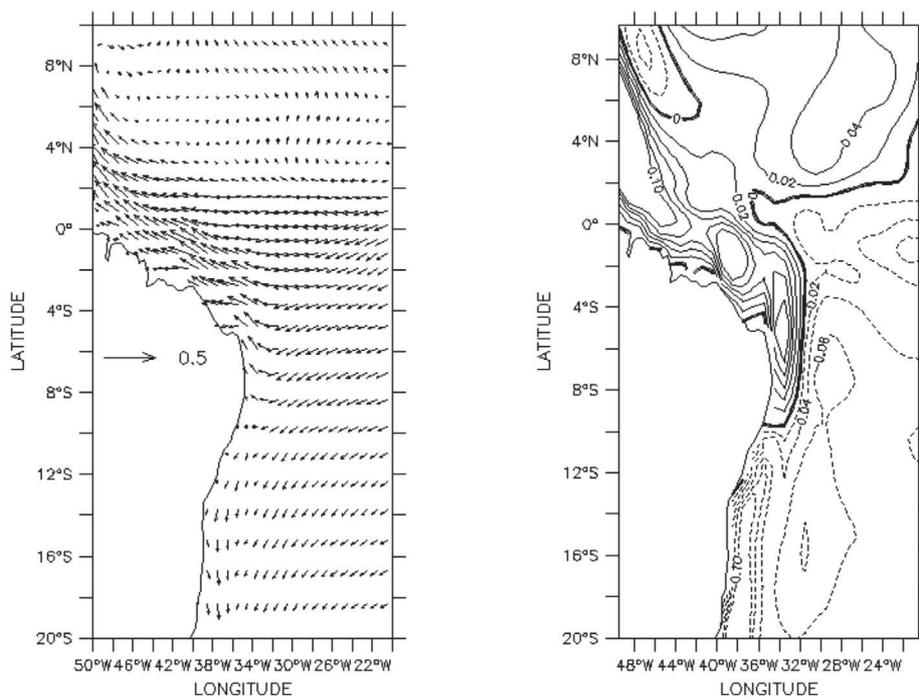


FIGURA 8 Transporte médio de volume para os primeiros 5 m (a) e distribuição do transporte meridional médio (b) para a região norte-nordeste do Brasil, mês de janeiro, ano 7. (right).

análise de dados hidrográficos históricos realizada por Stramma et al (1990).

Na tabela 1 estão listados os transportes, integrados até 300 m, e as velocidades máximas para cada mês nas latitudes 23°S, integrado até 300 m, e 31°S, integrado até 4000 m.

Silveira et al (2001) compilaram diversos resultados de campanhas de medição, que mostram variações nos valores, especialmente devido à escolha do nível de referência. Os valores aqui obtidos encontram-se dentro do intervalo citado na publicação, mesmo sendo climatológicos e não refletindo, portanto, uma

situação específica, como ocorre em campanhas oceanográficas.

Especialmente nas velocidades máximas, que ocorrem próximo à superfície, nota-se um ciclo bem marcado, com os máximos no verão e mínimos no inverno. Na figura 9, estão representados os perfis verticais de velocidade, até 100 m de profundidade, relativas ao paralelo 31°S, onde é possível verificar tais variações.

A confluência Brasil-Malvinas, uma das regiões mais energéticas do planeta, tendo energia cinética por unidade de massa associada de ordem superior a $1500 \text{ cm}^2\text{s}^{-2}$ (Vivier & Provost, 1999),

TABELA 1

Transporte mensal climatológico da Corrente do Brasil nas latitudes 23°S e 31°S.

mês	23°S		31°S		mês	23°S		31°S	
	transp (Sv)	v (m/s)	transp (Sv)	v (m/s)		transp (Sv)	v (m/s)	transp (Sv)	v (m/s)
jan	-4.72	-0,19	-16.29	-0,16	jul	-3.96	-0,12	-17.13	-0,10
fev	-5.40	-0,22	-15.62	-0,16	ago	-3.96	-0,13	-17.39	-0,11
mar	-5.33	-0,18	-16.18	-0,14	set	-3.92	-0,12	-17.31	-0,12
abr	-5.00	-0,15	-16.49	-0,14	out	-4.17	-0,15	-17.53	-0,13
mai	-4.44	-0,13	-15.36	-0,10	nov	-4.28	-0,18	-17.18	-0,14
jun	-4.12	-0,12	-15.70	-0,08	dez	-4.18	-0,17	-16.96	-0,15

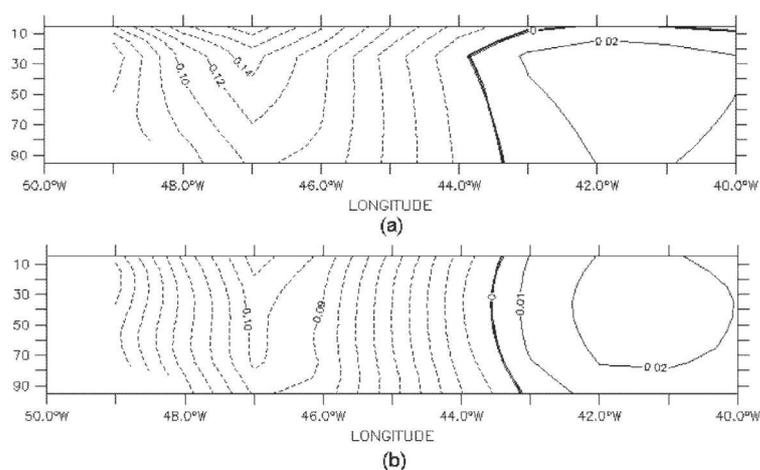


FIGURA 9

Campos médios mensais de velocidade meridional, para os meses de janeiro (a) e julho (b), até a profundidade de 100 metros, em uma seção zonal localizada em 30° S entre os meridianos de 50°W e 40°W.

tem crucial importância na circulação do Oceano Atlântico Sul. A variação de sua localização espacial vem sendo objeto de estudos há bastante tempo, como, por exemplo, por Olson et al (1988), Matano (1993) e Wainer et al (2000), e embora não haja, ainda, um consenso sobre o principal fator determinante de seu posicionamento, pode-se afirmar que, climatologicamente, este se encontra mais a sul durante o verão e, analogamente, mais a norte, no inverno. Neste experimento, a localização da confluência oscilou entre 35°S e 39°S, para o inverno e o verão, respectivamente (figura 10), utilizando-se, como critério de identificação, o posicionamento em que isoterma de 18°C cruza a isobatimétrica de 1000 m (Candella, 2007). Tais valores são plenamente compatíveis com os obtidos por Olson et al (1988).

3.3. Corrente Circumpolar Antártica

A CCA apresenta ciclo anual bem marcado, com máximo no inverno e mínimo no verão. Quantitativamente, a média de transporte, obtida no Estreito de Drake, foi de 144,4 Sv, com valor mínimo de 132 Sv, em janeiro, e máximo de 149 Sv, em setembro. Os resultados das medições de Whitworth & Peterson (1985) na CCA têm como média em 123 Sv, com desvio padrão de 10,5 Sv. No entanto, os mesmos autores relatam ocasiões em que flutuações da ordem de metade do valor médio em períodos menores que um mês. Rintoul

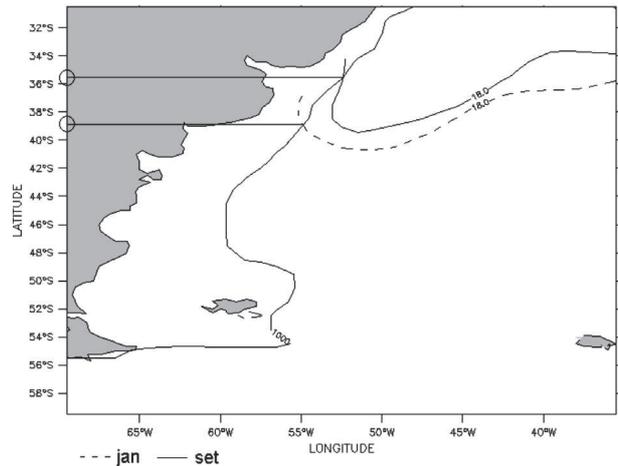


FIGURA 10
Variação do posicionamento da Confluência Brasil-Malvinas, utilizando o critério do ponto onde a isoterma de 18°C cruza a isobatimétrica de 1000 m.

(1991) e Wunsch (2000), ambos baseados em dados do WOCE, estimaram o transporte em 130 Sv (± 13) e 140 Sv (± 6), respectivamente.

Em termos de advecção de calor, o valor médio anual integrado no Estreito de Drake, de 1,52 PW ($\pm 0,0008$), sendo que Ganachaud & Wunsch (2000) estimaram esse valor como 1,3 PW, a partir de uma seção meridional na mesma região. Na figura 11, pode-se verificar a evolução mensal dessa média para os 3 últimos anos de integração, sendo possível identificar os picos de máximo, em março, e de mínimo em novembro e dezembro.

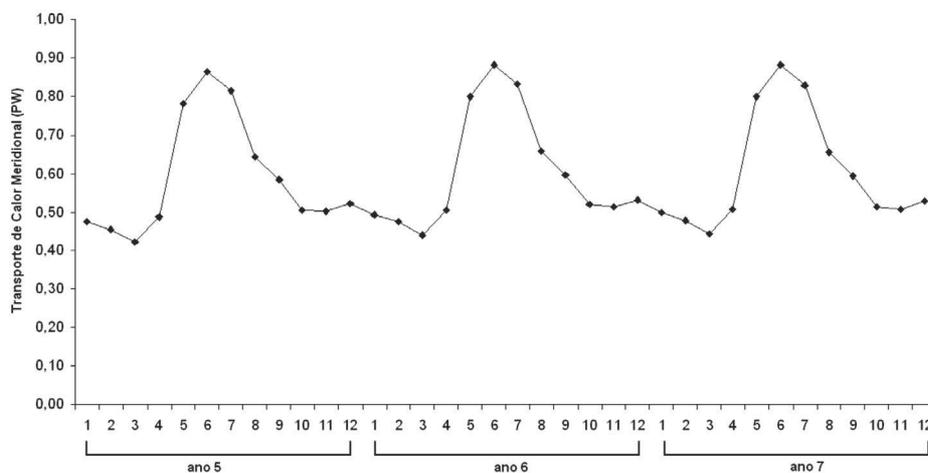


FIGURA 11
Evolução da advecção de pelo Estreito de Drake para os 3 últimos anos de integração.

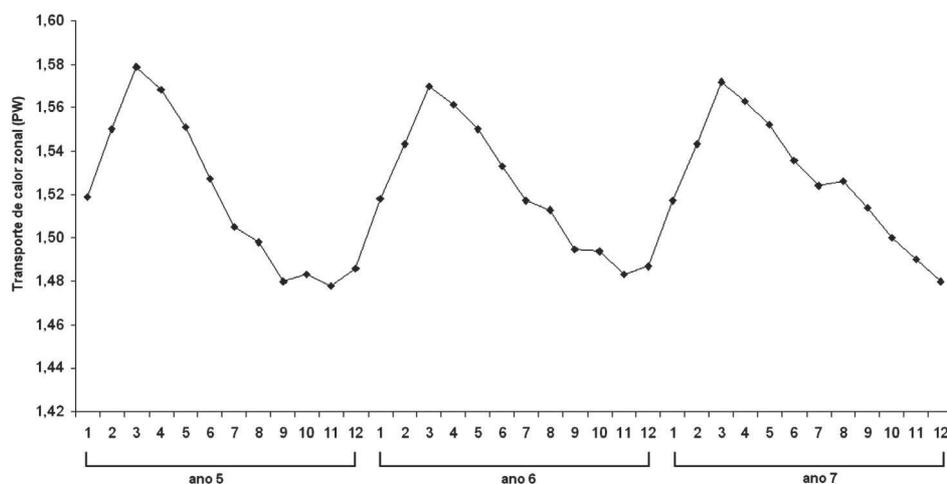


FIGURA 12

Transporte meridional de calor pelo paralelo 30°S para os últimos 3 anos de integração.

3.4. Transporte de Calor no Paralelo 32°S

Por definição, transporte de calor envolve conservação de massa e tal restrição é adotada, ou assumida, tanto em modelos de inversão (Holfort & Siedler, 2001; Rintoul, 1991), quanto em cálculos derivados de resultados de modelos hidrodinâmicos. Seguindo essa definição, só faz sentido utilizar-se o termo transporte de calor para seções zonais integradas no oceano em que a variação da massa seja nula, ou muito próxima disso. Dessa forma, a região próxima ao paralelo 30°S é bastante utilizada para tal estimativa uma vez que satisfaz as condições necessárias.

Os resultados do modelo concordam com a literatura no que tange ao transporte de calor, indicando uma exportação de calor do hemisfério sul em direção ao norte, num valor médio mensal, na altura do paralelo 30°S, de, aproximadamente, 0,6 PW. Em termos quantitativos, os valores divergem, mas estão na mesma ordem de grandeza. Matano & Philander (1993) estimaram esse transporte de 0,19 PW, porém utilizando um modelo em estado estacionário, visando reproduzir condições médias e, portanto, sem variações em qualquer escala temporal. Gan et al (1998) obtiveram 0,3 PW como resultado do balanço de calor na mesma latitude, também com um modelo diagnóstico, mas Fu (1981, *apud* Gan et al, 1998) obteve um valor de 0,5 PW. Segundo

ainda os mesmos autores, o saldo do transporte meridional de calor pode variar de acordo com os métodos computacionais utilizados, mas são sempre inferiores a 1 PW.

Segundo Jung (1955) e Brian (1962), *apud* Rintoul (1991), o transporte de calor no AS é, basicamente, o dirigido pela célula de recirculação meridional, onde águas mornas são carregadas para norte em níveis superficiais e, após tornarem-se mais densas por resfriamento e evaporação no Atlântico Norte, retornam como Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Na mesma referência, Rintoul indica para o transporte de calor, com rumo norte, no paralelo 32°S, o valor de $0,25 \pm 0,12$ PW. Nos trabalhos de diversos outros autores por ele mencionados, o transporte varia entre 0,04 PW (Hsiung, 1985) até 1,15 PW (Hastenrath, 1980).

Holfort & Siedler (2001) estimaram o valor de $0,29 \pm 0,05$ PW, porém com incerteza de 0,24 PW, devido ao arrasto do vento e variações temporais.

Na figura 12, pode-se verificar a variação da média mensal do transporte de calor através do paralelo 30°S, nos últimos 3 anos de integração, indicando valores máximo em junho e mínimo em março. Nota-se, ainda, que praticamente não há variações interanuais, o que demonstra, mais uma vez, a tendência à estabilidade na simulação.

4. CONCLUSÕES

A aplicação de campos de massa e momentum já em pré-equilíbrio dinâmico e hidrodinâmico como condições iniciais para um modelo de circulação global mostrou-se uma boa estratégia para diminuir o tempo necessário para *aquecimento* (*spin up*), permitindo resultados estáveis em pouco tempo de integração. Pela análise da energia cinética global, foi possível verificar a rápida tendência à estabilidade já a partir do segundo ano simulado, com variações bastante reduzidas ao final da simulação.

Pode-se, então, obter boas estimativas das condições climatológicas de diversas feições características do Oceano Atlântico Sul, comparáveis com valores encontrados na literatura, tanto em termos qualitativos, quanto quantitativos.

Obtém-se, assim, uma ótima base inicial para estudos climáticos no AS, que pode ser utilizada para qualquer tipo de investigação na área.

REFERÊNCIAS

ASSAD, L.P.F.. *Influência do Campo de Vento Anômalo Tipo ENSO na Dinâmica do Atlântico Sul*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. 222 p.

CANDELLA, R. N.. *Influência do Transporte no Estreito de Drake sobre a Circulação no Oceano Atlântico Sul*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. 117 + XIV p.

GAN, J., MYSAK, L. A. & STRAUB, D. N.. *Simulation of the South Atlantic Circulation and Its Seasonal Variability*. J. Geophys. Res., **103**, 1998, 10241-10251 pp.

GANACHAUD, A. & WUNSCH, C.. *Improved estimates of global circulation, heat transport and mixing from hydrographic data*. Nature vol: 408, 2000. 453 – 457 pp.

GORDON, A.L., WEISS, R.F., SMETHIE, W.M.J. & WARNER, M.J.. *Thermocline and Intermediate Water Communication Between the South Atlantic and Indian Oceans*. J. Geophys. Res., **97**, C5, 1992 . 7223-7240 pp.

HOLFORT, J. & SIEDLER, G.. *The Meridional Oceanic Transports of Heat and Nutrients in the South Atlantic*. J. Phys. Oceanogr. **31**, 2001. 5-29 pp.

MATANO, R.P.. *On the Separation of the Brazil Current from the Coast*. J. Phys. Oceanogr. **23**, 1993. 79-90 pp.

MATANO, R.P., & PHILANDER, G.H.. *Heat and mass balances of the South Atlantic Ocean from a Numerical Model*. J. Geophys. Res., **98**, 1993. 977-984 pp.

OLSON, D.B., PODESTÁ, G.P., EVANS, R.H e BROWN, O.B.. *Temporal Variations in the Separation of Brazil and Malvinas Currents*. Deep Sea Research **35**, 1988. 1971-1988 pp.

PACANOWSKY, R.C. & GRIFFIES, S.M.. *The MOM3 Manual*. Geophysical Fluid Dynamics Laboratory/NOAA, Princeton, USA, 1999. p. 680.

PEIXOTO, J.P. & OORT, A.H.. *Physics of Climate*. American Institute of Physics. 1992., p. 520.

PETERSON, R.G. & STRAMMA, L.. *Upper-level circulation in the South Atlantic*. Prog. Oceanog., **26**, 1991. 1-73 pp.

PHILANDER, S.G.H. & PACANOWSKY, R.C.. *A model of the Seasonal Cycle in the Tropical Atlantic Ocean*. J. Geophys. Res., **91**, 1986. 14192-14206pp.

POOLE, R. & TOMCZAK, M.. *Optimum Multiparameter Analysis of the Water Mass Structure in the Atlantic Ocean Thermocline*. Deep-Sea Research, **46**, 1999. 1985-1921 pp.

RINTOUL, S.R.. *South Atlantic Interbasin Exchange*. J. Geophys. Res., **96**, 1991. 2675-2692 pp.

RÖESKE, F.. *An Atlas of Surface Fluxes based on the ECMWF Re-Analysis – a Climatological Dataset to force Global Ocean General Circulation Models*. Max – Planck Institut für Meteorologie, Hamburg. Report no. 323. ISSN 0937-1060, 2001.

SEMTNER, A.J. & CHERVIN, R.M.. *Ocean General Circulation From Global Eddy-Resolving Model*. J. Geophys. Res., vol 97, 1992. 5493-5550.

SILVEIRA, I.C.A., SCHMIDT, A.C.K., CAMPOS, E.J.D., GODOI, S.S., IKEDA, Y.. *A Corrente do Brasil ao Largo do Sudeste Brasileiro*. Revista Brasileira de Oceanografia, São Paulo, v. 48, n. 2, 2001. p. 171-183.

STRAMMA, L., IKEDA, Y. & PETERSON, R. G.. *Geostrophic transport in the Brazil Current region north of 20°S*, Deep Sea Res.. Part A., **37**, 875– 1886. Ano 1990

SUN, C., RIENEKER, M. M., ROSATI, A., HARRISON, M., WITTENBERG, A., KEPPELNE, C. L., JACOB, J. P., & KOVACH, R. M.. *Comparison and Sensitivity of ODASI Ocean Analyses in the Tropical Pacific*. Month. Wea. Rev., **135**, 2007. 2242–2264 pp.

WAINER, I., GENT, P. & GONI, G.. *Annual Cycle of the Brazil–Malvinas Confluence Region in the National Center of Atmospheric Research Climate System Model*. Journal of Geophysical Research., **105**, C11 – 26; 2000. 167-26.177 pp.

WHITWORTH III, T. & PETERSON, R.G.. *The Volume Transport of the Antarctic Circumpolar Current from Bottom Pressure Measurements*. J. Phys. Oceanogr., **15**, 1985. 810-816 pp.