



ANÁLISE PRELIMINAR DA ESTRUTURA TERMAL DAS ÁGUAS DOS OCEANOS ATLÂNTICO SUL E AUSTRAL ATRAVÉS DE DADOS DE XBTs

Rafael Afonso do Nascimento Reis^{1,2}
Ronald Buss de Souza²

¹ Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Avenida Roraima 1000, Santa Maria (RS), Brasil – CEP 97105-900
rafael_cgb@hotmail.com

² Centro Regional Sul de Pesquisas Espaciais (CRS)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Avenida Roraima 1000, Santa Maria (RS), Brasil – CEP 97105-970
ronald@dsr.inpe.br

Abstract: Novel studies aimed at understanding the role of the South Atlantic Ocean in climate and weather in South America suggest that this region should be further investigated in several respects. The South Atlantic region includes the Brazil-Malvinas Confluence (BMC), where waters of Subantarctic origin meet those of tropical origin carried respectively by the Malvinas Current (MC) and the Brazil Current (AC). The region has connections with the Atlantic sector of the Southern Ocean, since the MC is originated as a branch directed to the north from the Antarctic Circumpolar Current (ACC). The BMC is one of the most energetic regions of the Global Ocean. The relative disponibility of data over the South Atlantic Ocean and Southern Ocean makes difficult to study and understand the their oceanographic and meteorological characteristics. The work presented here makes use of historical data of temperature of sea water in respect to depth collected *in situ* to describe the spatial and temporal characteristics of water masses in the South Atlantic Ocean and the Atlantic sector of the Southern Ocean. The results show that the data are useful to describe the thermal structure and horizontal and vertical thermal contrasts found in the study region. The data are also useful to describe some properties of the oceanic boundary layer which, owing to its interaction with the atmosphere through the fluxes of heat and momentum, is responsible for most of the processes that control the weather and climate of South America.

Resumo: Novos estudos dirigidos a compreender o papel do Oceano Atlântico Sul no clima e tempo da América do Sul indicam que essa região precisa ser melhor investigada sob vários aspectos. O Oceano Atlântico Sul compreende a região da Confluência Brasil-Malvinas (CBM), onde águas de origem subantártica se encontram com águas de origem tropical levadas, respectivamente, pela Corrente das Malvinas (CM) e pela Corrente do Brasil (CB). A região tem conexões com a setor atlântico do Oceano Austral, pois a CM é originada como um braço da direção norte da Corrente Circumpolar Antártica (CCA). A CBM é uma das mais energéticas do Oceano Global. A relativa disponibilidade de dados sobre o Oceano Atlântico Sul e Oceano Austral dificulta o estudo e a compreensão de suas características oceanográficas e meteorológicas. O trabalho apresentado aqui utiliza dados históricos de temperatura da água do mar em função da profundidade coletados *in situ* para descrever as características espaciais e temporais das massas de água do Oceano Atlântico Sul e setor atlântico do Oceano Austral. Os resultados mostram que os dados são úteis para descrever a estrutura termal e os contrastes termais horizontais e verticais encontrados na região de estudo. Os dados são também úteis para descrever algumas propriedades da camada limite oceânica que, por sua interação com a atmosfera através dos fluxos de calor e *momentum*, é responsável por grande parte dos processos que controlam o tempo e o clima da América do Sul.



1- Introdução

O Oceano Atlântico Sul tem grande importância para o clima e o tempo da América do Sul (Pezzi e Souza, 2009). Nesse oceano, a porção sudoeste em latitudes próximas a 40° S compreende a região da Confluência Brasil-Malvinas (CBM), onde águas de origem subantártica se encontram com águas de origem tropical levadas, respectivamente, pela Corrente das Malvinas (CM) e pela Corrente do Brasil (CB). A CB é uma corrente que transporta águas quentes e salinas, oriundas da região equatorial. A CM transporta águas frias e de mais baixa salinidade, de origem subpolar. O encontro dessas duas correntes, na região conhecida como Confluência Brasil-Malvinas (CBM), resulta em grande atividade oceânica de mesoescala, marcada pela formação de inúmeros vórtices típicos na região (Pezzi e Souza, 2009). A temperatura da superfície do mar (TSM) varia espacial e temporalmente. As variações sazonais da TSM na região da CBM podem chegar a 13 °C em altas latitudes e a 4 °C em baixas latitudes.

A relativa escassez de dados sobre o Oceano Atlântico Sul e Oceano Austral dificulta o estudo e a compreensão de suas características oceanográficas e meteorológicas. Dados históricos de temperatura da água do mar em função da profundidade tem sido coletados *in situ* por navios de pesquisa e de oportunidade desde a década de 1910 no Oceano Atlântico Sul e no setor atlântico do Oceano Austral. No Brasil esses dados são disponibilizados pelo Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) da Marinha do Brasil.

Como objetivo principal, esse trabalho analisa dados de temperatura da água do mar em função da profundidade no Oceano Atlântico Sul principalmente entre as latitudes de 30 °S a 35 °S e na região da Passagem de Drake entre a América do Sul e a Península Antártica, onde se origina a CM. Objetiva-se também descrever algumas propriedades da camada limite oceânica ou camada de mistura oceânica. Essa camada, por estender-se desde a termoclina até a interface oceano-atmosfera, é responsável pela interação com a atmosfera através dos fluxos de calor e *momentum* controlando, de forma ainda não totalmente esclarecida, grande parte dos processos ligados ao tempo e ao clima da América do Sul.

2- Material e Métodos

Os dados utilizados neste trabalho são dados históricos de XBTs (*Expendable Bathy-Thermographs*) obtidos junto ao BNDO entre os anos de 1911 e 1996. O XBT é uma sonda descartável, lançada em queda livre, portando um termistor que é sensível a variação da temperatura da água em função da profundidade enquanto afunda. Por motivos de consistência e valor científico, nesse trabalho somente serão utilizados os dados a partir da década de 1950. Os pontos ilustrados na Figura 1 representam a posição das estações onde os dados foram coletados. Os dados foram previamente analisados em sua consistência, filtrados e agrupados com referência ao domínio das águas frias da CM ou da Corrente Circumpolar Antártica (CCA) e das águas quentes da CB.

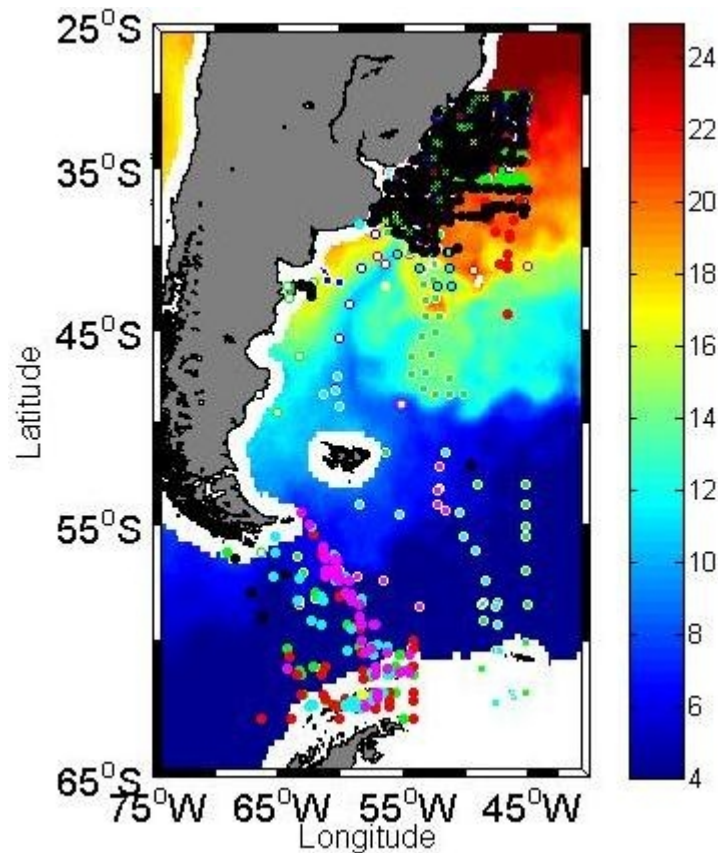


Figura 1: Posição de coletas dos dados com cada cor referente a um ano (imagem de TSM meramente ilustrativa referente a 31 de dezembro de 2009)

3- Resultados

As Figuras 2 a 6 apresentam os perfis de temperatura da água do mar em função da profundidade agrupados em função da época em que foram coletados (décadas de 1950, 1960, 1970, 1980 e 1990) sobre toda a região de estudo. O conjunto de dados representa as variações termais da região de estudo. As águas localizadas na Passagem de Drake são representadas principalmente pelos gráficos dos anos de 1984 a 1988. Essas águas tem sua temperatura superficial entre 0 °C e 10 °C. Valores mais altos de TSM observados nos anos de 1984, 1985 e 1986 pertencem a dados da região de domínio da CB

Esses resultados mostram que há um claro aquecimento da CM à medida em que ela se aproxima da região da CBM, pois a temperatura média da CM, de acordo com Rabelo (2010) é de 8,2 °C para a região da CBM. A região da CB esta caracterizada principalmente pelos gráficos da década de 1970 e do ano de 1989 (embora no ano de 1989 também houveram medições na Passagem de Drake, o que explica os valores de TSM abaixo de 10 °C). Os resultados mostram as águas da CB com uma temperatura superficial entre 10 °C e 20 °C. A termoclina, que é a camada onde a temperatura da água varia de maneira extrema com a profundidade, para as águas da CB tem uma



profundidade que varia entre os 120 m e 150 m, como esperado, dependendo da região onde o dado foi coletado. Essa profundidade fica demonstrada em maior detalhes no gráfico do ano de 1974 onde podemos observar claramente uma queda brusca de temperatura até a profundidade de aproximadamente 150 m e depois a uma grande suavização na variação de temperatura onde esta se torna quase constante. Já no gráfico de 1977 pode-se observar que todo o conjunto de dados segue o mesmo padrão de variação, tendo sua termoclina para todo o conjunto próximo a os 120 m. Nos anos de 1972 e 1973 a termoclina fica na média dos 140 m. Para os outros anos da década de 1970, devido a grande dispersão dos dados, não foi possível determinar claramente uma termoclina. Já para as medições na região polar da Passagem de Drake não podemos definir uma termoclina tendo em vista que em regiões polares a Termoclina Permanente não existe, a água em superfície constantemente resfriada pela atmosfera se torna tão densa que afunda a grandes profundidades no oceano, levando a isoterma da coluna d'água ate o fundo (Tomczak & Godfrey, 1994).

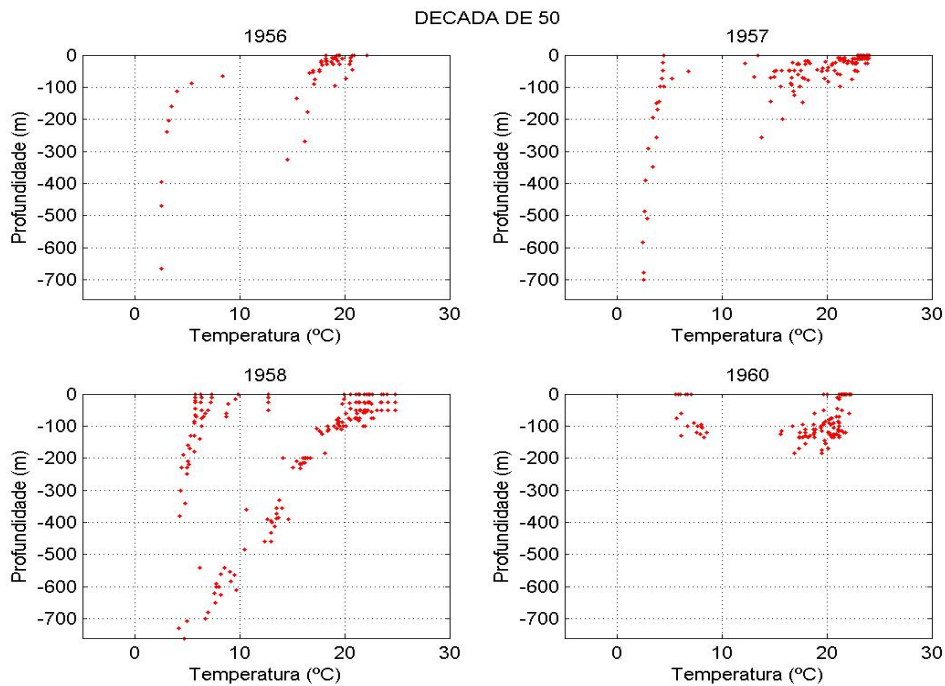


Figura 2: Perfis de temperatura da água do mar em função da profundidade dos dados do BNDO da década de 1950.

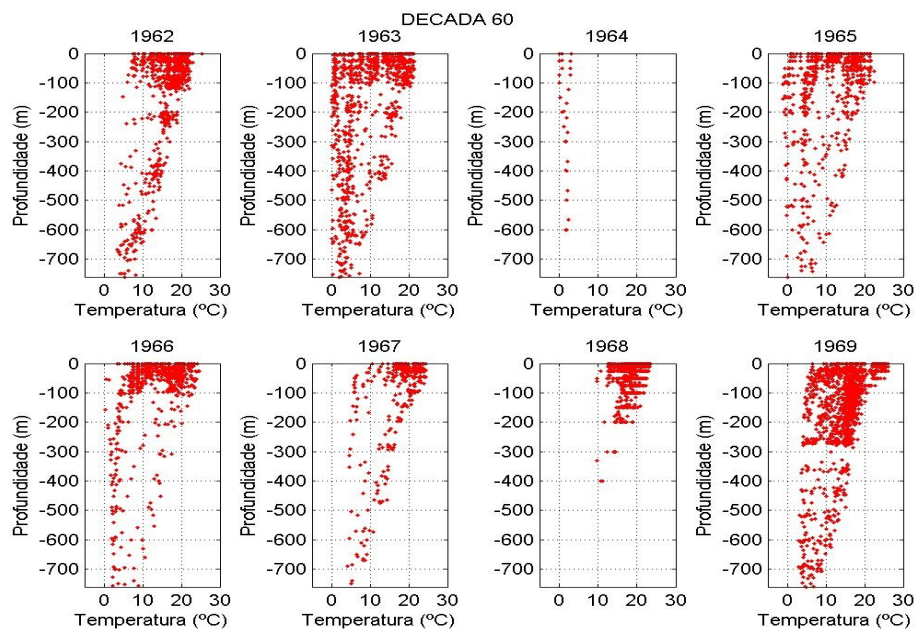


Figura 3: Perfis de temperatura da água do mar em função da profundidade dos dados do BNDO da década de 1960.

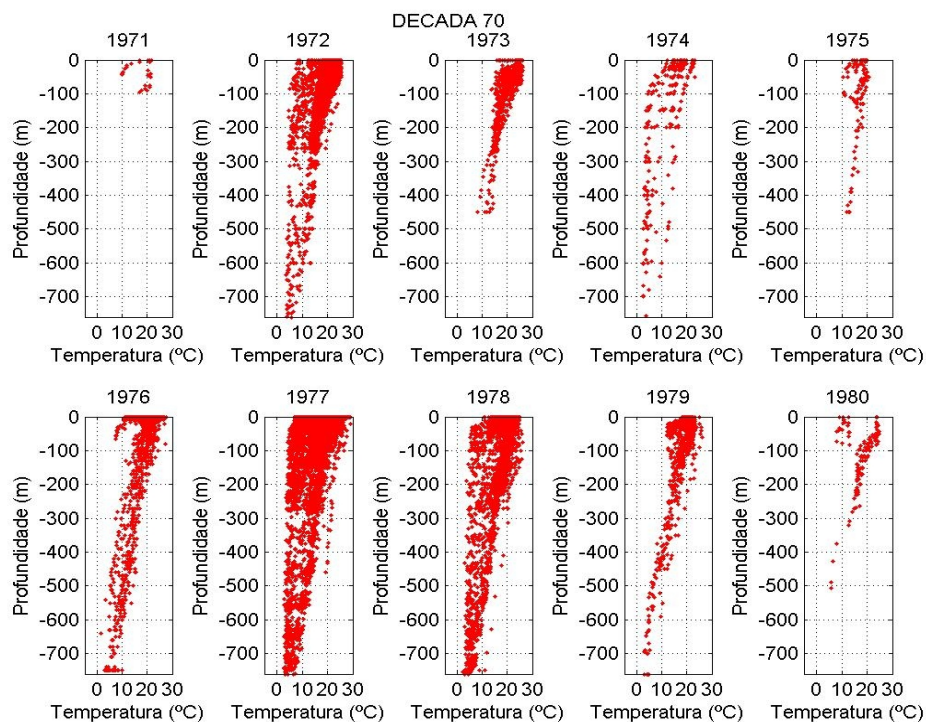


Figura 4: Perfis de temperatura da água do mar em função da profundidade dos dados do BNDO da década de 1970.

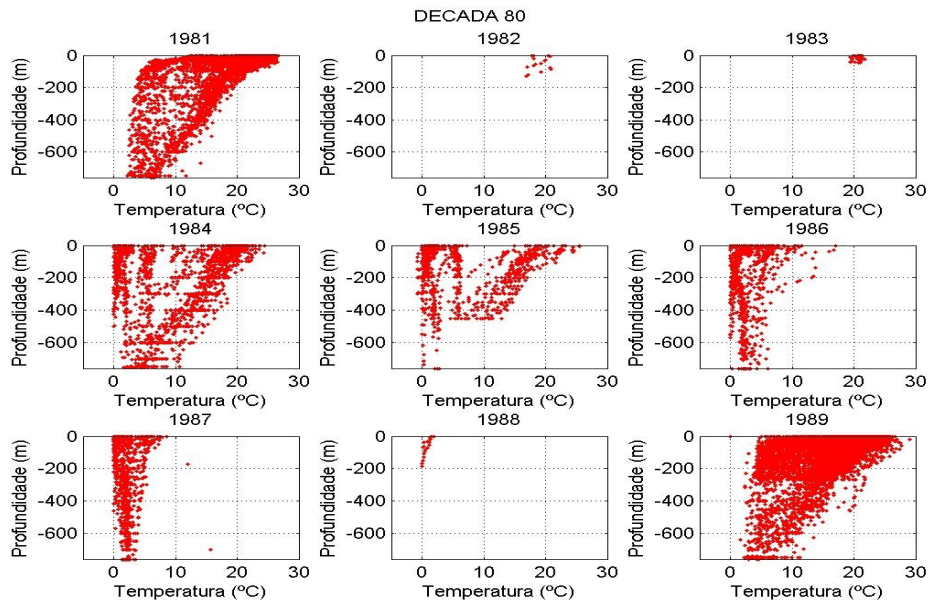


Figura 5: Perfis de temperatura da água do mar em função da profundidade dos dados do BND0 da década de 1980.

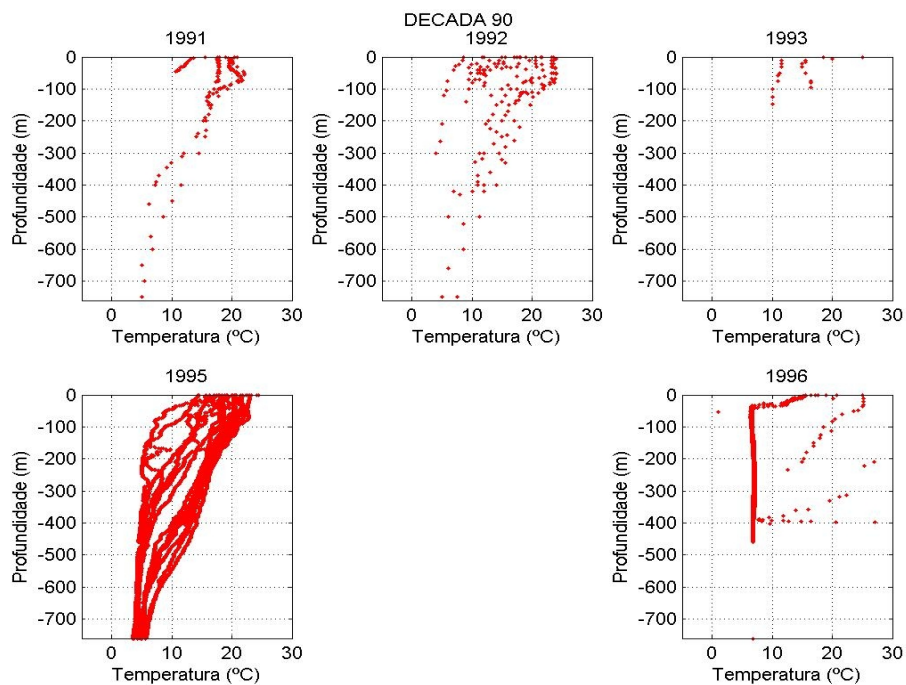


Figura 6: Perfis de temperatura da água do mar em função da profundidade dos dados do BND0 da década de 1990.



4- Conclusões

Os resultados preliminares apresentados nesse trabalho são um importante acréscimo para a pesquisa da região da CBM, pois apesar de ser uma das regiões mais energéticas do Oceano Global com alta variabilidade temporal e espacial, a coleta de dados *in situ* nesse local é muito rara. Este conjunto de dados nos dá uma melhor compreensão das características da região da confluência e das regiões de origem de suas águas tanto em suas características espaciais quanto temporais. Um próximo passo é dividir os dados por regiões de $1^\circ \times 1^\circ$ de latitude/longitude, e não pelo ano que estes foram coletados. Como foi mostrado anteriormente, num mesmo ano são feitas medições em diversas regiões da região de estudo. Um estudo mais detalhado de cada uma dessas regiões separadamente daria uma melhor compreensão das características da região da CBM e auxiliaria na criação de uma climatologia mais detalhada da mesma. Tal climatologia é de extrema importância tendo em vista que as características desta região afetam o transporte de biomassa e as condições meteorológicas da região sul da América do Sul.

Agradecimentos.

Os autores agradecem ao BNDO pela disponibilização dos dados. O CNPq é agradecido pelo fornecimento de bolsa PIBIC ao primeiro autor e pelo apoio aos projetos SOS-Climate (382756/2006) e INCT da Criosfera (704222/2009).

Referências Bibliográficas

PEZZI, L. P.; SOUZA, R. B. **Variabilidade de meso-escala e interação Oceano-Atmosfera no Atlântico Sudoeste**. In: Iracema F. A. Cavalcanti; Nelson J. Ferreira; Maria Assunção F. Dias; Maria Gertrudes A. (Org.). Tempo e Clima no Brasil. 1a ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p 385-405.

Rabelo, L.B. **Estudo da variabilidade da estrutura vertical da temperatura da água e da profundidade da termoclina na região da Confluência Brasil-Malvinas**. Dissertação de Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos. Centro de Estudos do Mar (CEM), Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2010. 156p.

TOMCZAK, M.; GODFREY, J. S. **Regional Oceanography: An Introduction**. London. Pergamon Press, 1994. 422 p.