

# COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS DE PRESSÃO ATMOSFÉRICA E TEMPERATURA DO AR DO BNDO/CHM E DAS REANÁLISES-2/NCEP PARA A ÁREA MARÍTIMA COSTEIRA DO BRASIL

**Natália Santana Paiva**

Universidade Federal Fluminense, Rua Mário Santos Braga, s/n, Centro, Niterói, RJ, Brasil  
natalia\_uff@hotmail.com

**Silvia Regina Santos da Silva**

Seção de Informações Meteorológicas, Centro de Hidrografia da Marinha, Rua Barão de Jaceguai, s/ nº, Ponta da Armação, Niterói, RJ, Brasil  
silvia.regina@chm.mar.mil.br

**Fernanda Batista Silva**

Seção de Informações Meteorológicas, Centro de Hidrografia da Marinha, Rua Barão de Jaceguai, s/ nº, Ponta da Armação, Niterói, RJ, Brasil  
fernandabatista20@gmail.com

## RESUMO

Neste trabalho, foram analisados e confrontados, através do teste t-Student, dados médios mensais de pressão atmosférica (hPa) e temperatura do ar (°C) oriundos do Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), pertencente ao Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), e das Reanálises-2 do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) para a área marítima costeira do Brasil. Os resultados indicam que ambas as fontes conseguem representar quantitativamente os padrões de pressão atmosférica na área de interesse, incluindo sua variabilidade sazonal. No entanto, as Reanálises-2 subestimam a temperatura do ar em todas as subáreas consideradas.

**Palavras-Chave:** BNDO, Reanálises, teste t-Student e área costeira brasileira.

## ABSTRACT

In this study, we analyzed and confronted by the test t-Student, averaged monthly atmospheric pressure (hPa) and air temperature (°C) data from the Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) belonging to the Navy Hydrographic Center and the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) Reanalysis-2 for the coastal maritime area of Brazil. The results indicate that both sources can quantitatively represent the patterns of atmospheric pressure in the area of interest, including its seasonal variability. However, the Reanalysis-2 underestimate the air temperature in all subareas considered.

**Key-Word:** BNDO, Reanalysis, t-Student test and coastal maritime area of Brazil.

## 1. INTRODUÇÃO

A área marítima de responsabilidade do Brasil, denominada METAREA V, compreende uma área limitada pelos paralelos 07°N e 36°S e pelo meridiano 020°W e pode ser vista na figura 1. Nessa região, o Serviço Meteorológico Marinho (SMM), operado pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), é responsável por elaborar e divulgar previsões meteorológicas e avisos de mau tempo de forma a alertar o navegante sobre as principais situações que representam risco para a navegação.

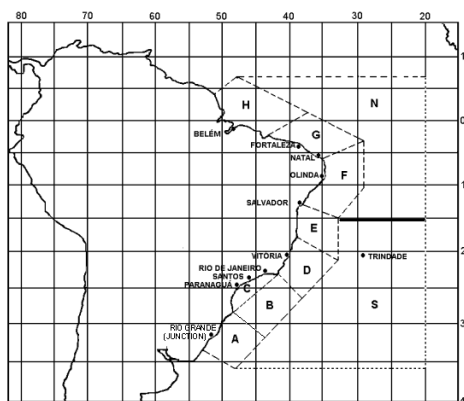


Figura 1: Área marítima de previsão de tempo de responsabilidade do Brasil – METAREA V

Uma característica da METAREA V, comum a outras áreas marítimas do planeta, é a escassez de dados observacionais o que dificulta o monitoramento e previsão dos sistemas de mau tempo e as atividades de pesquisa na região. Neste sentido, o Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO)/CHM, torna-se importante fonte de dados o qual concentra, além de informações oceanográficas, dados meteorológicos provenientes de observações convencionais realizadas por navios da Marinha do Brasil (MB) desde 1956. Outra importante fonte de dados, que ao longo dos anos vem sendo amplamente utilizada em diversos trabalhos de pesquisa na área de meteorologia, são as reanálises de Centros como o National Centers for Environmental Prediction (NCEP) e o European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). O projeto reanálises tem como objetivo produzir um registro de 30 anos das análises globais dos campos atmosféricos, em apoio às necessidades de pesquisa e monitoramento climáticos (Kalnay *et al.*, 1996).

No presente trabalho, foram analisados e comparados, através do teste t-Student, os dados médios mensais de pressão atmosférica (hPa) e temperatura do ar oriundos do BNDO/CHM e das Reanálises-2 do NCEP para a área marítima costeira brasileira.

## 2. METODOLOGIA

A METAREA V é subdividida em: área marítima costeira composta das subáreas ALFA (A), BRAVO (B), CHARLIE (C), DELTA (D), ECHO (E), FOXTROT (F), GOLF (G) e HOTEL (H) e área oceânica composta das subáreas SUL OCEÂNICA (S) e NORTE OCEÂNICA (N) (figura 1). Para a realização deste estudo, enfatizou-se a área marítima costeira para a qual foram efetuadas as comparações entre os dados do BNDO/CHM e das Reanálises-2 do NCEP.

### 2.1. Dados

Os dados obtidos das Reanálises-2 do NCEP (disponíveis no site [http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep\\_data/index.html](http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep_data/index.html)), do período de janeiro de 1979 a dezembro de 2009, foram manuseados através de um script desenvolvido para separar os

dados por mês, criando uma tabela contendo frequência, médias e desvios padrão separados por mês e área.

A base de dados do BNDO compõe-se de observações meteorológicas convencionais efetuadas por navios da MB que atuaram na METAREA V desde 1956. Destaca-se que a distribuição dos dados é irregular, já que em algumas regiões houve um tráfego maior de navios que em outras áreas. Os dados referentes ao período entre janeiro de 1956 a novembro de 2006 foram analisados mensalmente para a respectiva área costeira. A separação e tabulação dos dados por área, mês e variável meteorológica de interesse foi realizada de forma automática pelo BNDO com uso da linguagem de programação Fortran.

Na tabela 1 é apresentado o número médio de dados utilizados neste trabalho distribuídos por variável meteorológica e por subárea. A tabela 2 apresenta a média e desvio padrão médio para cada variável e área.

**Tabela 1: Número médio de dados**

Áreas	Pressão (hPa)		Temperatura (°C)	
	<i>Reanálises-2</i>	<i>BNDO</i>	<i>Reanálises-2</i>	<i>BNDO</i>
<i>ALFA</i>	31	3.861	31	3.497
<i>BRAVO</i>	31	8.694	31	8.346
<i>CHARLIE</i>	31	9.211	31	9.482
<i>DELTA</i>	31	9.861	31	10.158
<i>ECHO</i>	31	6.066	31	5.679
<i>FOXTROT</i>	31	8.210	31	7.760
<i>GOLF</i>	31	6.652	31	6.372
<i>HOTEL</i>	31	4.572	31	4.391

**Tabela 2: Média ± Desvio Padrão Médio**

Áreas	Pressão (hPa)		Temperatura (°C)	
	<i>Reanálises-2</i>	<i>BNDO</i>	<i>Reanálises-2</i>	<i>BNDO</i>
<i>ALFA</i>	1015,7 ± 1,46	1015,5 ± 5,47	18,6 ± 0,84	20,1 ± 2,74
<i>BRAVO</i>	1016,0 ± 1,26	1015,5 ± 4,24	21,9 ± 0,78	23,5 ± 2,35
<i>CHARLIE</i>	1015,5 ± 1,16	1015,4 ± 4,41	22,7 ± 0,88	23,5 ± 2,35
<i>DELTA</i>	1016,5 ± 1,06	1016,0 ± 3,95	23,6 ± 0,61	25,1 ± 2,13
<i>ECHO</i>	1015,3 ± 0,79	1015,4 ± 3,34	25,0 ± 0,45	26,5 ± 1,85
<i>FOXTROT</i>	1013,3 ± 0,63	1013,2 ± 2,41	25,9 ± 0,36	27,3 ± 1,69
<i>GOLF</i>	1011,6 ± 0,57	1012,1 ± 2,43	26,6 ± 0,38	27,5 ± 1,73
<i>HOTEL</i>	1011,6 ± 0,55	1011,7 ± 3,07	26,4 ± 0,37	27,7 ± 1,67

## 2.2. Análise estatística

Para a análise da diferença entre as médias de temperatura do ar e pressão atmosférica foi aplicado o teste t-Student com nível de significância de 5% (Bussab e Morettin, 2006). Para a aplicação do teste t-Student neste estudo assumiu-se que os dados das Reanálises e do BNDO apresentavam distribuição normal. A ausência da série de dados originais do BNDO inviabilizou a aplicação de testes que comprovassem tal suposição de normalidade dos dados. Entretanto, segundo da Silva *et al.* (2009), para amostras de tamanho  $N > 30$ , denominadas grandes amostras, as distribuições amostrais de várias estatísticas são aproximadamente normais e melhores com o crescimento de N. O teste t-Student é bastante utilizado nos estudos de meteorologia e foi calculado da seguinte forma:

$$t^* = \frac{\bar{X}_R - \bar{X}_B}{\sqrt{\frac{S_R^2}{n_R} + \frac{S_B^2}{n_B}}} \quad ; \quad H_0 : \mu_R = \mu_B \quad (1)$$

Os softwares utilizados para as análises estatísticas foram o “Microsoft Office Excel 2003” e o pacote estatístico “R” versão 2.10.1.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Pressão atmosférica

Na área ALFA, constatou-se que nos meses de janeiro, fevereiro, junho, agosto e outubro houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre as pressões médias. Nesses meses, as diferenças médias se aproximaram ou superaram 1 hPa (figuras 2a,b).

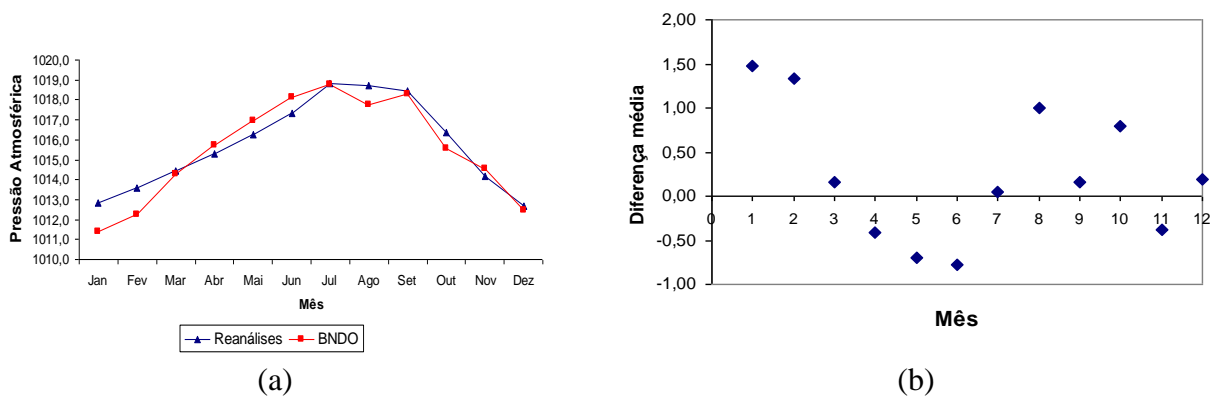


Figura 2: Pressão Atmosférica (hPa) – Área ALFA – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

Houve diferença estatisticamente significativa entre as pressões médias ( $p < 0,05$ ) nos meses de fevereiro, abril, agosto, setembro e outubro, para área BRAVO, verificando-se diferenças médias de 0,6 hPa ou superiores, como mostram as figuras 3a,b.

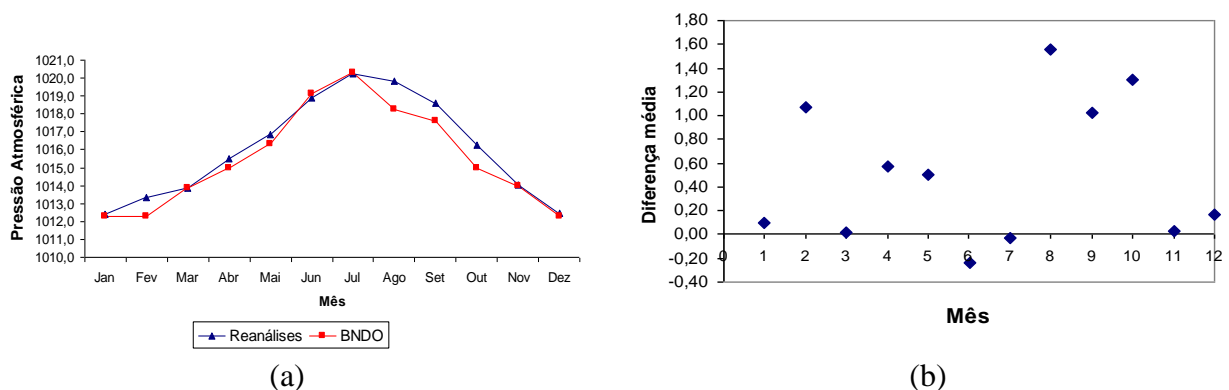


Figura 3: Pressão Atmosférica (hPa) – Área BRAVO – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

Na CHARLIE foi observada semelhança entre as médias das Reanálises e do BNDO nos meses de janeiro, abril, maio, junho, julho, setembro e dezembro ( $p > 0,05$ ). Neste caso, as diferenças médias são iguais ou inferiores a 0,45 hPa (figuras 4a,b).

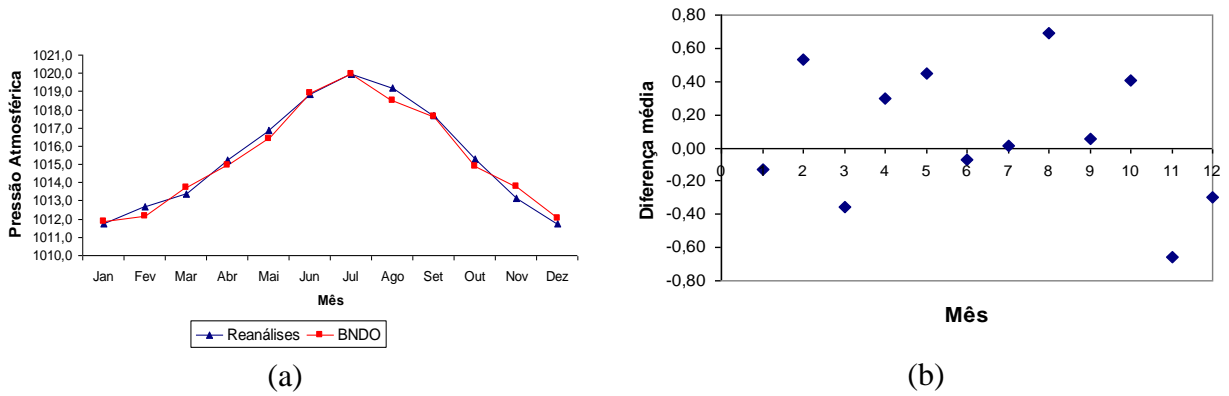


Figura 4: Pressão Atmosférica (hPa) – Área CHARLIE – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

Verifica-se compatibilidade entre as médias aferidas nos meses de março, abril, maio, julho e dezembro ( $p > 0,05$ ) com diferenças médias iguais ou inferiores a 0,4 hPa, na área DELTA (figuras 5a,b).

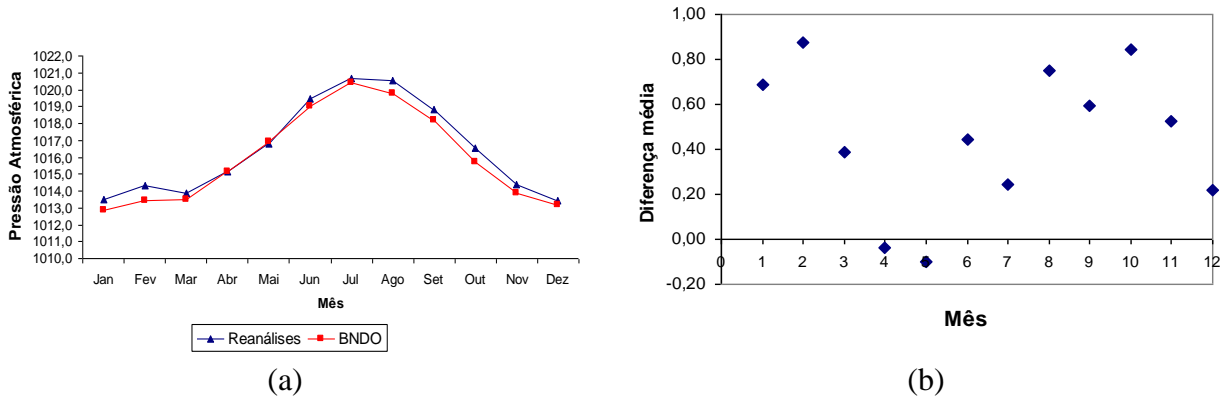


Figura 5: Pressão Atmosférica (hPa) – Área DELTA – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

Na área ECHO foram registradas semelhanças entre os dados nos meses de janeiro, março, abril, junho, agosto, outubro e dezembro ( $p > 0,05$ ), obtendo diferenças médias inferiores a 0,25 hPa (figuras 6a,b).

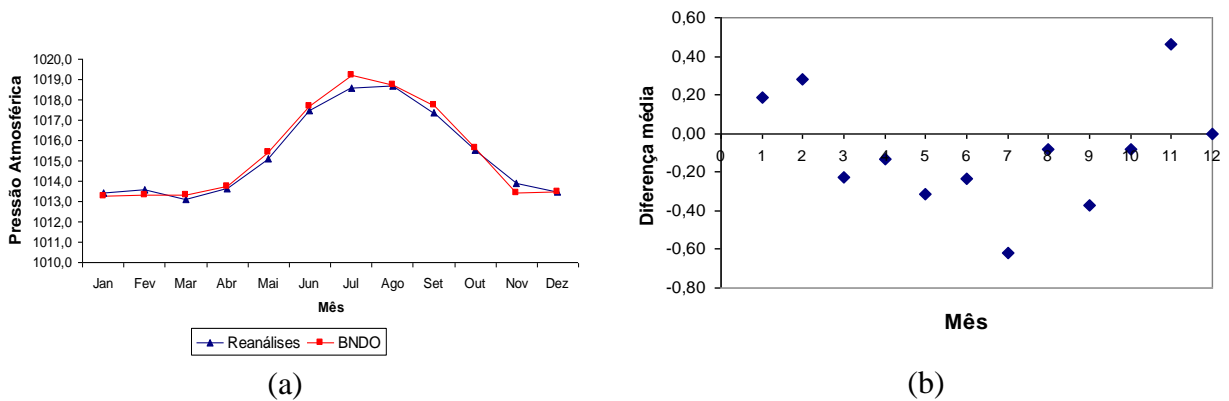


Figura 6: Pressão Atmosférica (hPa) – Área ECHO – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

A maior similaridade entre as médias aferidas foi encontrada na área FOXTROT, onde os únicos meses que apresentaram diferença significativa foram fevereiro e abril ( $p < 0,05$ ), com diferença média de 0,24 e 0,26 hPa, respectivamente, como mostram as figuras 7a,b.

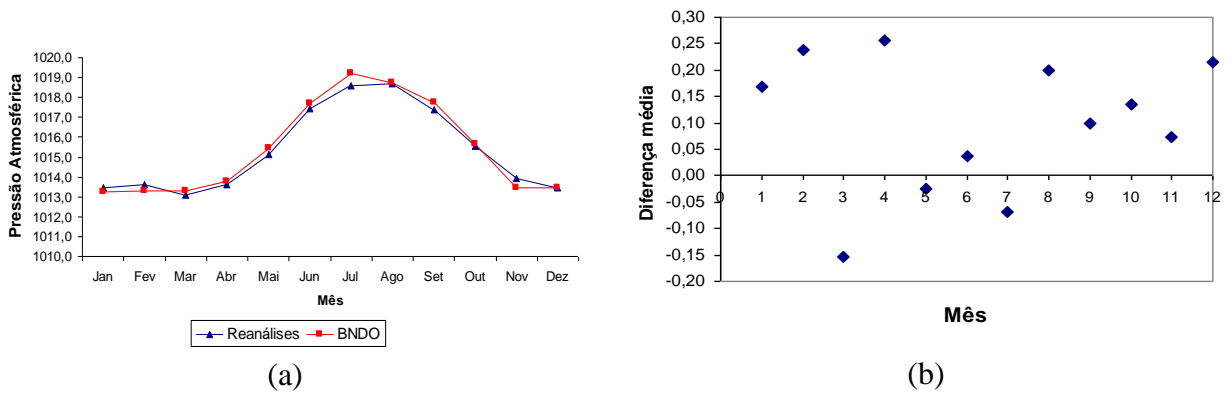


Figura 7: Pressão Atmosférica (hPa) – Área FOXTROT – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

A área GOLF obteve o desempenho menos satisfatório, uma vez que somente os meses de fevereiro e abril registraram médias compatíveis entre as Reanálises-2 e o BNDO ( $p > 0,05$ ), com diferença média de 0,00 e -0,06 hPa, respectivamente (figuras 8a,b).

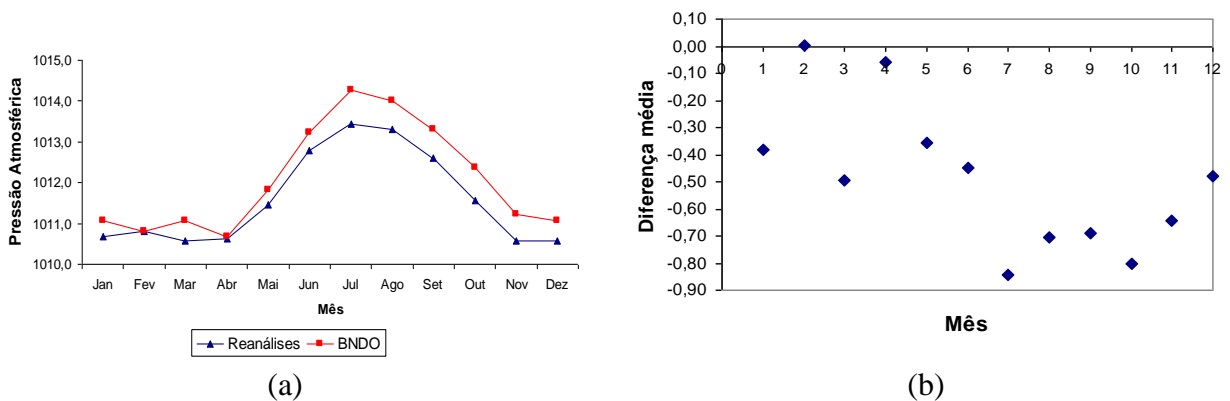


Figura 8: Pressão Atmosférica (hPa) – Área GOLF – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

Os meses de junho, setembro, outubro e novembro, para área HOTEL, apresentaram diferença significativa entre as médias das Reanálises e do BNDO ( $p < 0,05$ ). As diferenças médias foram superiores a 0,2 hPa (figuras 9a,b).

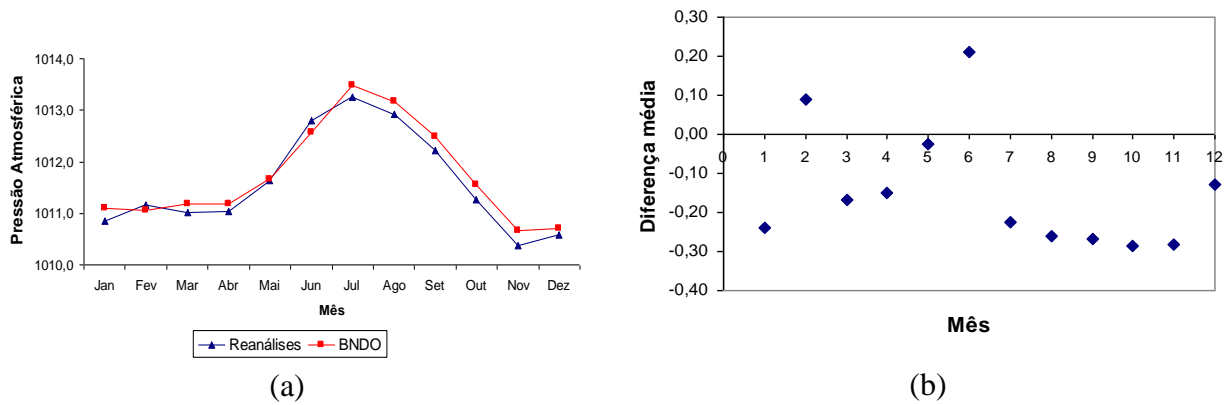


Figura 9: Pressão Atmosférica (hPa) – Área HOTEL – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

### 3.2. Temperatura do ar

A análise da temperatura média mensal dos dados das Reanálises-2 e do BNDO mostrou que há diferença estatisticamente significativa entre as duas fontes em todos os meses analisados ( $p < 0,05$ ), em todas as áreas. A exceção foi observada na área CHARLIE, verificando-se que não existe diferença estatisticamente significativa entre as médias de temperatura do ar nos meses de outubro, novembro e dezembro. A diferença média entre as temperaturas por área oscilou entre  $-1,6$  e  $-0,8^{\circ}\text{C}$  (figuras 10a,b, 11a,b, 12a,b, 13a,b, 14a,b, 15a,b, 16a,b, 17a,b).

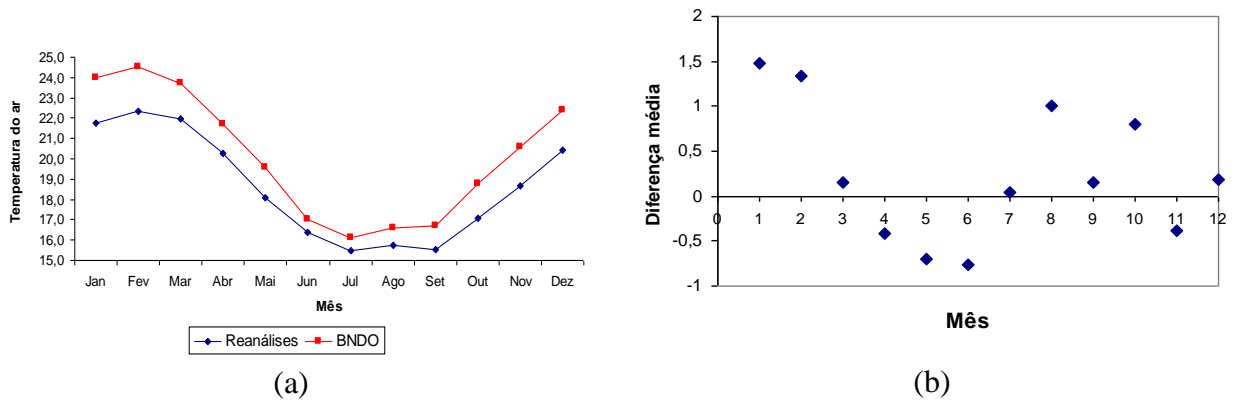


Figura 10: Temperatura do Ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) – Área ALFA – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

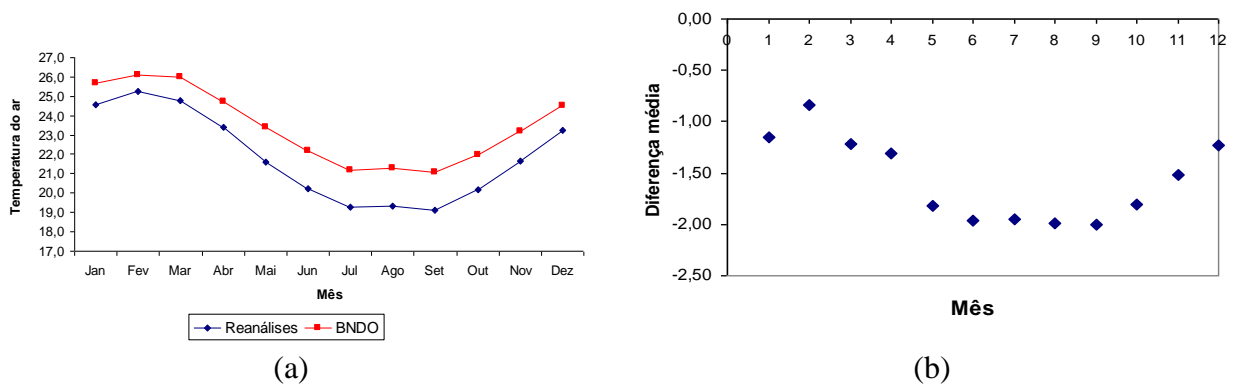
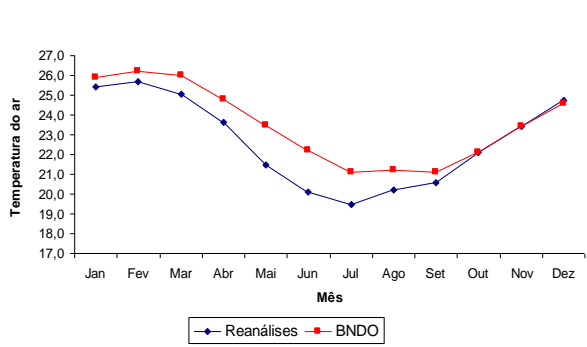
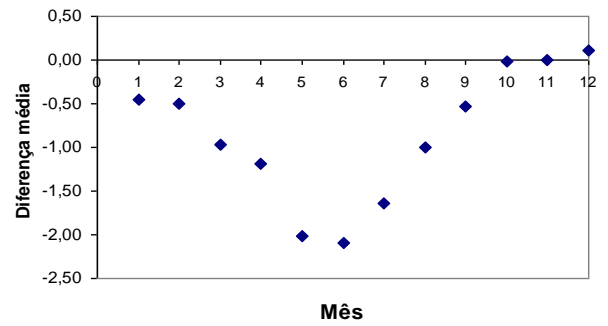


Figura 11: Temperatura do Ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) – Área BRAVO – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

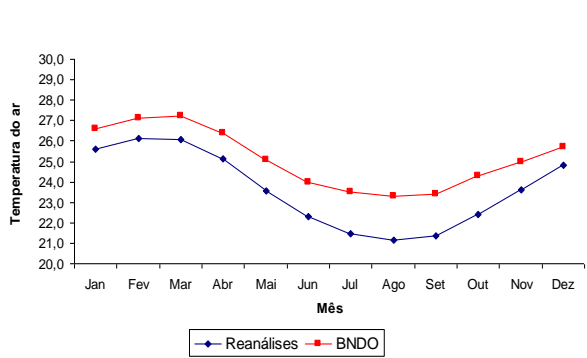


(a)

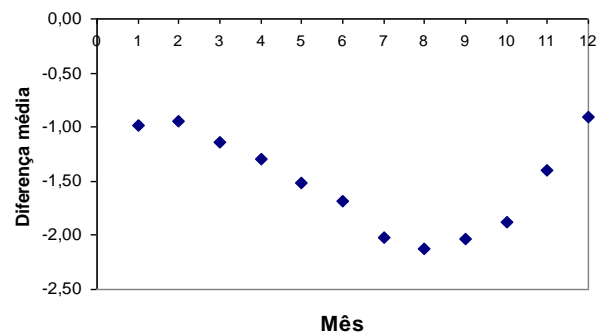


(b)

Figura 12: Temperatura do Ar (°C) – Área CHARLIE – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

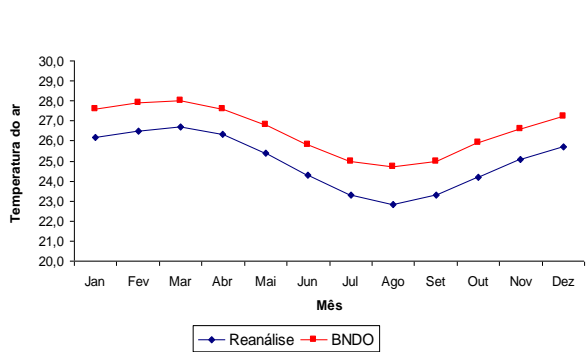


(a)

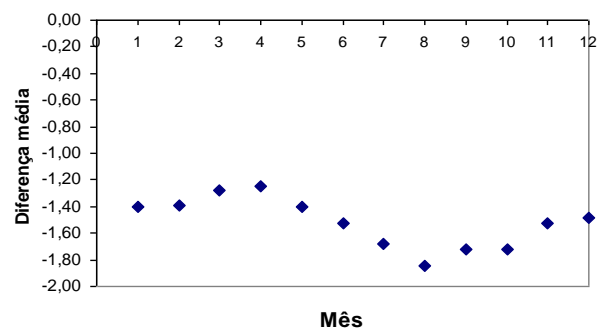


(b)

Figura 13: Temperatura do Ar (°C) – Área DELTA – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média



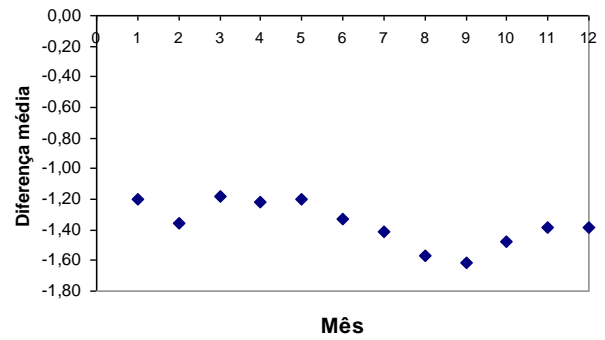
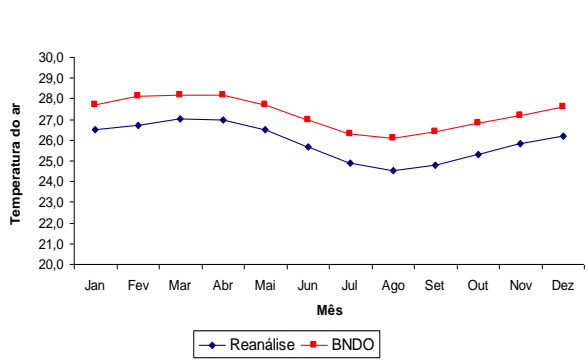
(a)



(b)

Figura 14: Temperatura do Ar (°C) – Área ECHO – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

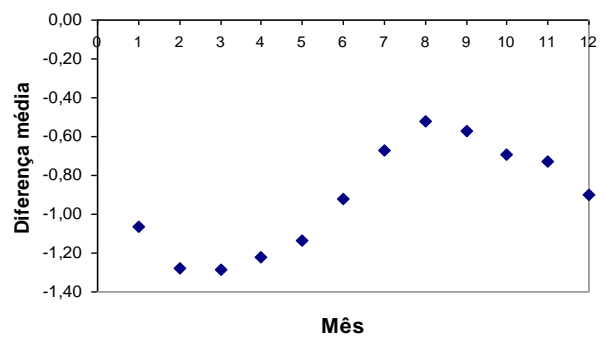
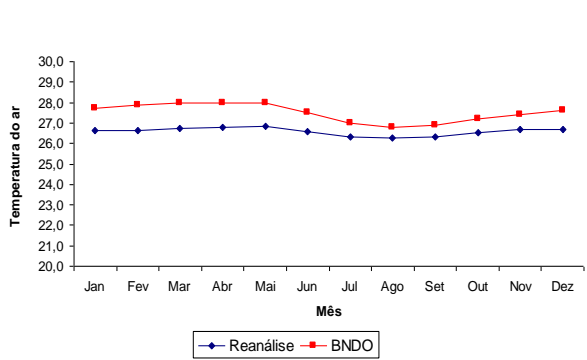




(a)

(b)

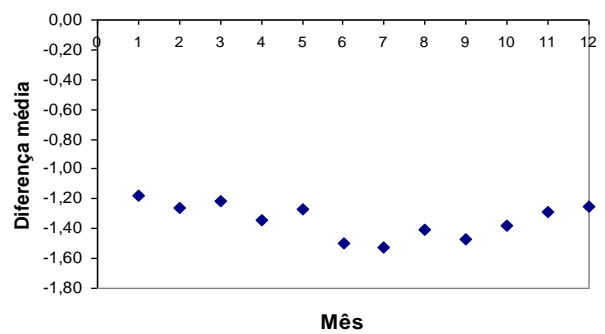
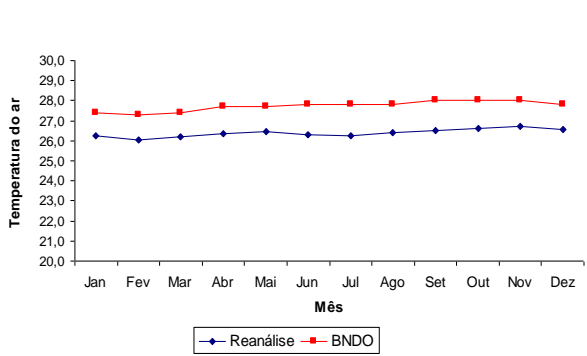
Figura 15: Temperatura do Ar (°C) – Área FOXTROT – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média



(a)

(b)

Figura 16: Temperatura do Ar (°C) – Área GOLF – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média



(a)

(b)

Figura 17: Temperatura do Ar (°C) – Área GOLF – dados das Reanálises e BNDO: (a) Média Mensal e (b) Diferença média

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

A análise entre a diferença média mensal da pressão atmosférica dos dados da Reanálises-2 do NCEP e do BNDO/CHM para a área marítima costeira da METAREA V, mostrou os melhores resultados para as áreas FOXTROT e HOTEL. Na área FOXTROT, o teste estatístico t-Student só não aceitou a hipótese de semelhança entre as médias para os meses de fevereiro e abril com uma diferença média de 0,24 e 0,26 hPa, respectivamente. Na

área HOTEL, o teste estatístico não aceitou essa hipótese para os meses de junho, setembro, outubro e novembro, com uma diferença média igual ou superior a 0,2 hPa.

O resultado menos satisfatório foi encontrado na área GOLF, onde somente em fevereiro e abril, com diferenças médias de 0,00 hPa e -0,06 hPa, respectivamente, o teste estatístico aceitou a hipótese de semelhança entre as médias.

As diferenças médias de pressão atmosférica entre as Reanálises-2 e o BNDO não foram consideradas significativas e, de um modo geral, as duas fontes conseguem representar quantitativamente os padrões de pressão atmosférica nas subáreas incluindo sua variabilidade sazonal.

Com relação à temperatura do ar, o teste estatístico rejeitou a hipótese de semelhança estatística entre as médias mensais das duas fontes em todas as áreas, exceto na área CHARLIE nos meses de outubro, novembro e dezembro.

Embora as curvas médias apresentem uma distribuição similar no que se refere à variabilidade sazonal, houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre as Reanálises-2 e o BNDO e as reanálises subestimaram a temperatura média do ar em todas as subáreas com média de  $-1,32^{\circ}\text{C}$ .

**Agradecimentos:** Os autores gostariam de agradecer ao BNDO por ceder os dados meteorológicos utilizados neste trabalho.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. *Estatística Básica*. 5ª edição, Saraiva, p. 364-365, 2006.

DA SILVA, D. F.; SOUZA, F. A. S.; KAYANO, M. T.; GALVINVIO, J. D. *Influência da Variabilidade Climática Global e de suas Escalas temporais sobre a precipitação no alto Mundaú (PE)*. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, PE, v. 2, n. 3, p. 64-82, 2009.

KALNAY, E. *et al.* *The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project*. Bull. Amer. Meteor. Soc., v.77, n.3, p. 437-471, 1996.