



# INVESTIGAÇÃO DOS FLUXOS TURBULENTOS NA INTERFACE AR-MAR NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO



Udo Tersiano Skielka, Jacyra Soares e Amauri Pereira de Oliveira  
Projeto FluTuA - Grupo de Micrometeorologia - IAG/USP

## Introdução

Este trabalho de iniciação científica está ligado ao Projeto FluTuA (Fluxos Turbulentos sobre o Atlântico), o qual fará medições diretas de fluxos na região equatorial do Oceano Atlântico através da instalação de uma torre micrometeorológica sobre o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP) (ver localização na Figura 1). O presente trabalho teve como objetivo, inicialmente, fazer uma caracterização meteorológica e oceanográfica da região utilizando dados *in situ* do Projeto PIRATA. Concretizada esta primeira parte, foi feito um estudo de como os fluxos turbulentos vem sendo estimados nessa região através da investigação de diferentes fontes de dados, além de estimar esses fluxos utilizando variáveis meteorológicas padrões das bóias do PIRATA usando o método bulk aerodinâmico de parametrização.

## Região de estudo

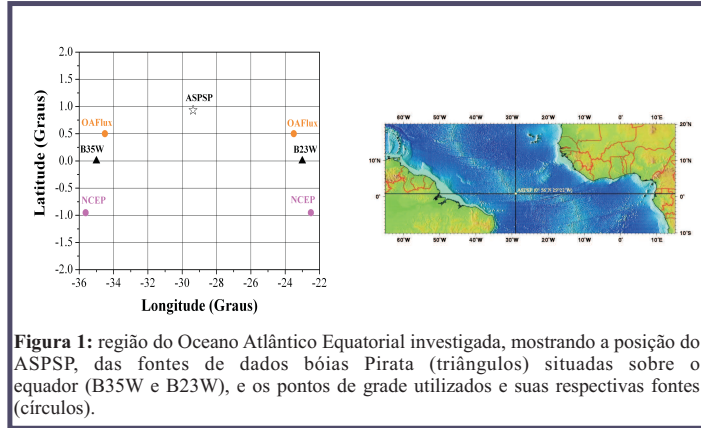


Figura 1: região do Oceano Atlântico Equatorial investigada, mostrando a posição do ASPSP, das fontes de dados bóias Pirata (triângulos) situadas sobre o equador (B35W e B23W), e os pontos de grade utilizados e suas respectivas fontes (círculos).

## Dados utilizados

-Projeto PIRATA - Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic (<http://www.pmel.noaa.gov/pirata/>): foram utilizadas médias diárias das duas bóias mais próximas ao arquipélago, ambas sobre o equador a 35°W - para qual foi calculada a climatologia dos fluxos utilizando até cinco anos de dados (1999 a 2003) - e 23°W - utilizando no máximo quatro anos na climatologia de fluxos.

Projeto OAFflux - Objectively Analyzed Air-Sea Flux - do Woods Hole Oceanographic Institute (WHOI) (<http://www.whoi.edu/science/PO/people/lyu/res-flux.html>): tem como principal objetivo estimar os fluxos de troca de energia entre o oceano e a atmosfera em todo o globo, a cada 0,5° de latitude por 0,5° de longitude. No estudo foram utilizadas médias diárias das fluxos turbulentos, com exceção do fluxo de momento, para dois pontos de grade mais próximos das bóias a fim de comparação - (0,5°N 34,5°W) e (0,5°N 22,5°W), utilizando uma série de quatro anos (1999 a 2002) (ver Figura 1).

-Dados da reanálise do NCEP (<http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.html>): foram utilizadas médias diárias de dois pontos de grade mais próximos às bóias (0,95°S 35,6°W) e (0,95°S 22,5°W), utilizando uma série de dados de quatro anos para a climatologia dos fluxos (1999 a 2003).

## Método bulk aerodinâmico

O método consiste na utilização de variáveis meteorológicas e oceanográficas padrões na parametrização dos fluxos turbulentos. São descritas pelas equações abaixo. Nas equações  $\rho_a$  é a densidade do ar,  $c_p$  é o calor específico a pressão constante,  $L_v$  o calor latente de evaporação,  $C_D$ ,  $C_H$  e  $C_E$  são, respectivamente, os coeficientes de troca de momento, calor e vapor d'água.

**Fluxo de momento ( $\tau$ ):** utiliza-se medidas de intensidade do vento ( $V$ ).  $\Delta z$  é igual a quatro metros.

$$\tau = \rho_a C_D \frac{V^2}{\Delta z}$$

**Fluxo de calor sensível ( $H$ ):** utiliza-se medidas de temperatura do ar em uma altura  $T_z$  e da superfície do mar  $T_0$ .  $\Delta z$  é igual a três metros.

$$H = -\rho_a c_p C_H V \frac{(T_z - T_0)}{\Delta z}$$

**Fluxo de calor latente ( $LE$ ):** utiliza-se medidas de umidade específica do ar em uma altura  $q_z$  e a umidade específica de saturação na temperatura da superfície do mar  $q_0$ .  $\Delta z$  é igual a três metros.

$$LE = -\rho_a L_v C_E V \frac{(q_z - q_0)}{\Delta z}$$

**Coefficiente de troca turbulenta** é o principal problema da parametrização por este método. Este coeficiente depende da velocidade do vento e da estabilidade atmosférica, variando no espaço e no tempo. Experimentos de campo que possibilitem a obtenção desses coeficientes sobre o oceano são raros no hemisfério sul e na região equatorial do Oceano Atlântico. Para os cálculos realizados neste trabalho foram utilizados inicialmente o coeficiente de arrasto obtido por Garrat (1977) e de troca de calor e de vapor obtidos por Smith (1988), utilizando posteriormente coeficientes adaptados às condições do Oceano Atlântico Tropical.

## Resultados

Os gráficos abaixo mostram o clima da região do ASPSP (Figura 2) e os fluxos calculados através do método bulk (Figura 3). Como pode se observar pelos gráficos de temperatura e intensidade do vento, existem na região estudada duas estações bem definidas relacionadas ao movimento anual da Zona de Convergência Inter-Tropical (ITCZ). Assim, são mostrados os fluxos na presença da ITCZ (fevereiro) e quando esta se encontra ao norte (outubro).

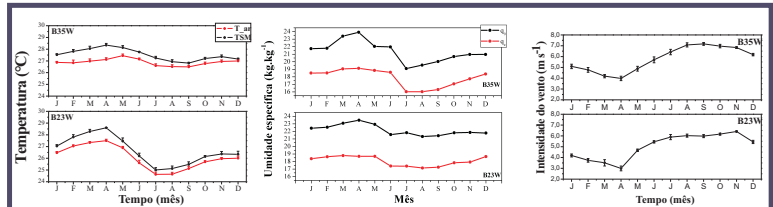


Figura 2: Climatologia da região estudada utilizando os dados das bóias B35W (sete anos de médias diárias) e B23W (seis anos de médias diárias). As barras indicam o erro estatístico

## Climatologia dos fluxos

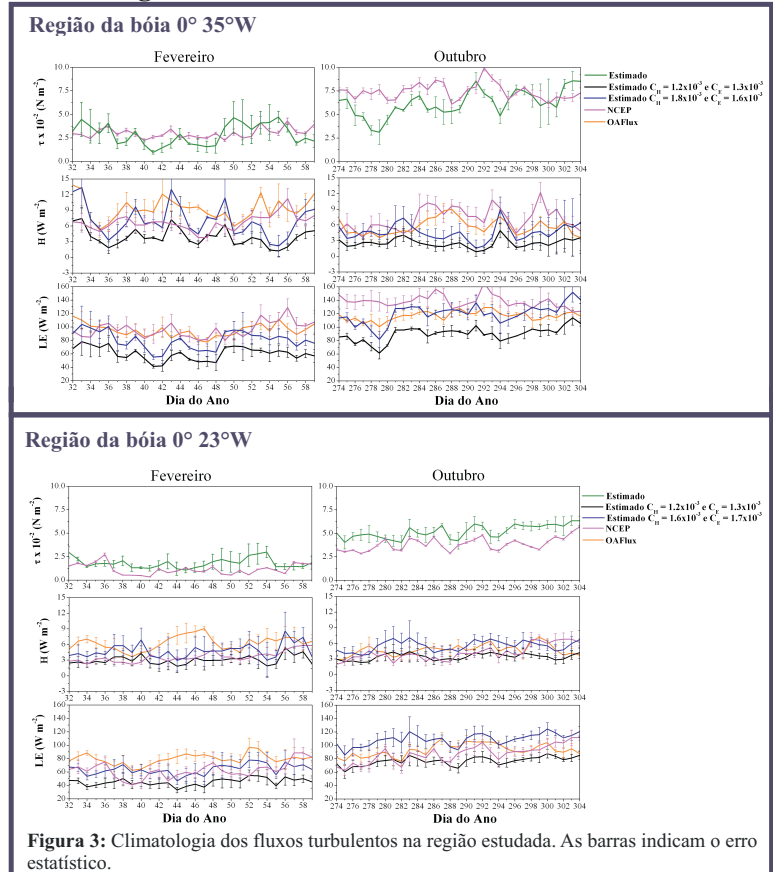


Figura 3: Climatologia dos fluxos turbulentos na região estudada. As barras indicam o erro estatístico.

## Conclusões

- \* A região investigada do Oceano Atlântico Equatorial apresenta características associadas ao movimento da ITCZ, sendo os fluxos turbulentos, em geral, mais intensos na segunda metade do ano;
- \* Os fluxos apresentaram maior intensidade na região da bóia B35W;
- \* Os fluxos de momento estimados pelo método bulk aerodinâmico utilizando o coeficiente de troca de momento de Garrat (1977) se apresentaram próximos aos fluxos estimados do NCEP;
- \* Os coeficientes de troca de calor e vapor estimados representam bem os fluxos estimados pelo NCEP e OAFflux;
- \* Em geral, estima-se que a região do ASPSP possua características climáticas semelhantes aos locais estudados neste trabalho.

## Referências

Garrat, J.R., 1977: Review of Drag Coefficients over Oceans and Continents, *Mon. Wea. Rev.*, **105**, 915-129  
Smith D.S., 1988: Coefficients for sea surface wind stress, heat flux, and wind profiles as a function of wind speed and temperature. *J. Geophys. Res.*, **93**, 15467-15472.  
WGASF, 2000: Intercomparison and validation of ocean-atmosphere energy flux fields. Final report of Joint WCRP/SCOR Working Group on Air-Sea fluxes (SCOR working group 110).

Os autores deste trabalho agradecem o apoio das instituições



O primeiro autor é bolsista do CNPQ n° 110693/2005-1

# **INVESTIGAÇÃO DOS FLUXOS TURBULENTOS NA INTERFACE AR-MAR NO ARQUIPÉLAGO DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO**

**Udo Tersiano Skielka**

**Jacyra Soares – Orientador**

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP

Departamento de Ciências Atmosféricas

Devido à ausência de dados observacionais é limitado o número de estudos de processos físicos atmosféricos e oceânicos no Atlântico tropical e sul que contribuem para as variações encontradas nos parâmetros de superfície marinha e para os fluxos turbulentos entre o oceano e a atmosfera. O presente trabalho de pesquisa se encaixa no Projeto FluTuA (Fluxos Turbulentos sobre o Atlântico). O FluTuA tem como objetivo primeiro investigar a interação oceano-atmosfera através da determinação observacional direta e contínua dos fluxos verticais turbulentos de calor sensível, calor latente e de momento sobre o Oceano Atlântico Equatorial no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), localizado em uma região de mar aberto ( $00^{\circ}56'N$  e  $29^{\circ}22'W$ ). Há poucas referências na literatura de observações meteorológicas e oceanográficas efetuadas na região do ASPSP. Existem, entretanto, vários resultados de modelos numéricos sobre o Atlântico Tropical. Este trabalho tem como objetivo estudar as características meteorológicas e oceanográficas na região do ASPSP utilizando dados de variáveis meteorológicas e oceanográficas disponíveis na internet a fim de obter uma caracterização dos fluxos turbulentos na região, os quais são pouco conhecidos e auxiliarão em futuros estudos do FluTuA.

**Agência Financiadora: PIBIC/CNPq**