

# ESTIMATIVA DO BALANÇO DE RADIAÇÃO NA SUPERFÍCIE DO OCEANO ATLÂNTICO – COMPARAÇÃO ENTRE AS OBSERVAÇÕES DO PROJETO FLUTUA E AS ESTIMATIVAS DE SATÉLITE

*Mariucha da Silva<sup>1</sup>, Amauri P. de Oliveira<sup>2</sup>, Jacyra Soares<sup>3</sup>, Maurício J. Ferreira<sup>4</sup>, Jacques Servain<sup>5</sup>*

*Grupo de Micrometeorologia, IAG-USP, Brazil. (<sup>1</sup>mariucha@model.iag.usp.br, <sup>2</sup>apdolive@usp.br, <sup>3</sup>jacyra@usp.br, <sup>4</sup>mjferreira@model.usp.br), <sup>5</sup>Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMR-182, Paris, France, Current affiliation at FUNCEME, Fortaleza, CE, Brazil (jacques.servain@gmail.com).*

**RESUMO:** Neste trabalho é apresentada uma comparação entre a evolução temporal das componentes do balanço de radiação sobre a superfície do oceano Atlântico, observada durante a primeira campanha de medidas do projeto FluTuA, e a estimada através do projeto SRB do ASDC-NASA. As observações correspondem a valores médios de 5 minutos de radiação solar e de onda longa incidente e emergente da superfície do oceano Atlântico em maio de 2002, obtidas a bordo do navio *Comte Manhães*, entre Natal e o Arquipélago São Pedro e São Paulo. Os valores estimados pelo projeto SRB do ASDC-NASA correspondem a observações de radiação solar e de onda longa de satélite representativas de uma área de 1° latitude por 1° de longitude. Verifica-se que existe uma boa concordância entre os valores obtidos no projeto FluTuA e no projeto SRB indicando que os dados observados são representativos da região do oceano Atlântico.

**ABSTRACT:** This paper is presented a comparison between the temporal evolution of the components of the balance sheet of radiation on the surface of the Atlantic Ocean, during the first year of the project FluTuA measures, and the estimated project through the SRB ASDC-NASA. The comments represent the average values of 5 minutes of solar radiation and long wave incident and emerging from the surface of the Atlantic Ocean in May 2002, acquired on the vessel *Comte Manhães*, between Natal and Archipelago St. Peter and St. Paul. The values estimated by the project SRB ASDC-NASA correspond to observations of solar radiation and long-wave satellite representing an area of 1° latitude by 1° longitude. It appears that there is a good agreement between the values obtained in the project and the project FluTuA SRB indicating that observed data are representative of the region of the Atlantic Ocean.

**Palavras-Chave:** Balanço de radiação, Oceano Atlântico, Micrometeorologia, FluTuA.

## 1. INTRODUÇÃO

O projeto FluTuA – Fluxos Turbulentos sobre o Oceano Atlântico - tem como objetivo primeiro investigar a interação oceano-atmosfera através da determinação observacional direta e contínua de parâmetros meteorológicos e oceanográficos no oceano Atlântico, utilizando sensores de resposta rápida e lenta (Soares *et al.*, 2004).

Como parte deste projeto, durante o período de 15 a 24 de Maio de 2002, foram realizadas observações contínuas de parâmetros meteorológicos, entre Natal, RN (6,0°S; 35,2°W) e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo (1,0°N; 29,3°W), com o intuito de analisar a evolução temporal das componentes do balanço de radiação na superfície do oceano Atlântico (Bacellar *et al.*, 2004).

O balanço de radiação em uma determinada superfície pode ser escrito como:

$$R_N = SW_{DW} + SW_{UP} + LW_{DW} + LW_{UP} \quad (1)$$

onde  $R_N$  é a radiação líquida,  $SW_{DW}$  é a radiação solar global,  $SW_{UP}$  é a radiação solar refletida pela superfície,  $LW_{DW}$  é a radiação de onda longa incidente na superfície e  $LW_{UP}$  é a radiação de onda longa emergente aa superfície.

Com os dados obtidos pelo projeto FluTuA foi caracterizada a evolução temporal da radiação solar e terrestre sobre a superfície do oceano Atlântico de duas maneiras diferentes: com valores observados através de equipamentos meteorológicos e valores calculados por meio de equações empíricas.

## 2. METODOLOGIA

## 2.1. DESCRIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES PROJETO FLUTUA

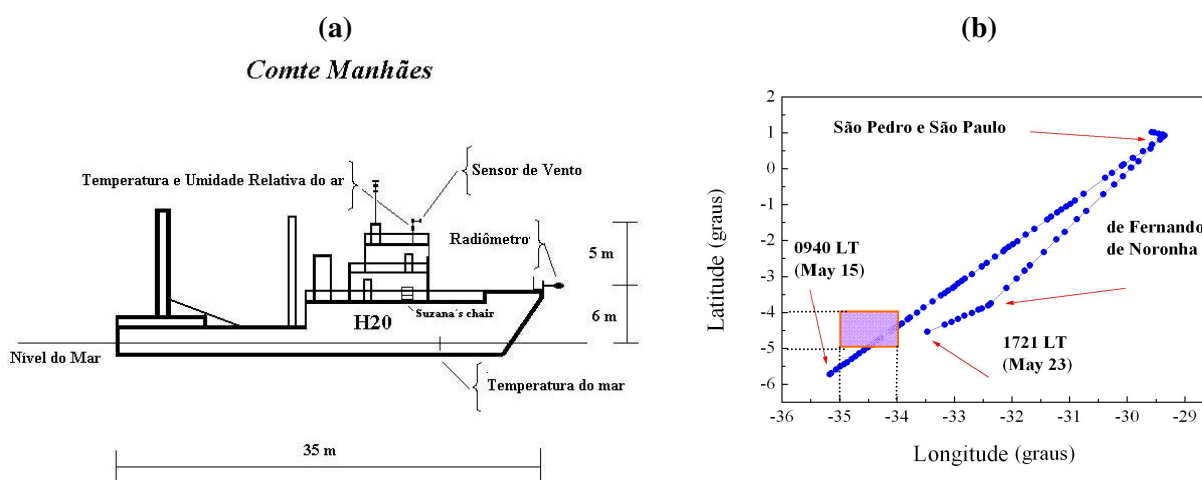
Para a realização da campanha de 2002 foram instalados no navio Comte Manhães sensores de velocidade de vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação e de temperatura da água, os quais foram conectados a um sistema de aquisição de dados modelo 21X, da Campbell Inc (ver descrição dos sensores na Tabela 1).

Sensor	Fabricante	Acurácia
Radiômetro Líquido (CNR 1)	Kipp e Zonen	2,5%
Anemômetro de hélice (27106)	R.M.Yong	0,1°C e 2,0 %
Temperatura e umidade relativa do ar (HMP45C)	Vaisäla	±0,1°C
Temperatura da água (107)	Vaisäla	±0,1°C

**Tabela 1.** Instrumentos utilizados no navio Comte Manhães.

As observações foram feitas com uma frequência de amostragem igual a 0,2Hz para todos os sensores. Os dados foram armazenados na forma de valores médios em intervalos de 5 minutos.

Os sensores de radiação líquida foram colocados na frente da embarcação a aproximadamente 1 metro de distância do barco, e a 6 metros da superfície do mar. Os sensores de temperatura do ar e a umidade relativa foram instalados na parte superior do navio, próximos aos sensores de vento a 11 metros acima da superfície. Dois anemômetros foram colocados numa altura de 4 metros, a contar do chão da embarcação, e a 11 metros, acima da superfície do mar. A posição do navio foi obtida através do sistema de GPS do navio. A Fig. 1a mostra a disposição dos sensores instalados no navio.



**Figura 1.** Representação esquemática (a) dos equipamentos instalados no navio *Comte Manhães*. (b).Trajetória do navio *Comte Manhães*. O retângulo na Fig. (1b) indica a área representativa das estimativas de satélite do projeto SRB.

## 2.2. DESCRIÇÃO DOS DADOS DO PROJETO ASDC-NASA

O banco de dados do projeto SRB é derivado de informações da estrutura vertical da atmosfera e das propriedades da superfície juntamente com dados de satélites. Esta informação é processada e utilizada como parâmetro de entrada nos esquema de transferência radiativa (Ferreira *et al.*, 2008). A resolução espacial das informações de radiação estimadas neste caso é de 1° latitude por 1° de longitude (Stackhouse *et al.*, 2000). Para este projeto foram coletados os valores das componentes do balanço de radiação com intervalos de 3 em 3 horas, seguindo espacialmente a trajetória realizada pelo navio Comte Manhães (Fig. 1b). Estes dados estão disponíveis em [http://eosweb.larc.nasa.gov/HPDOCS/projects/rad\\_budg.html](http://eosweb.larc.nasa.gov/HPDOCS/projects/rad_budg.html).

Para modelar as componentes do balanço de radiação foram utilizadas as relações da tabela 2.

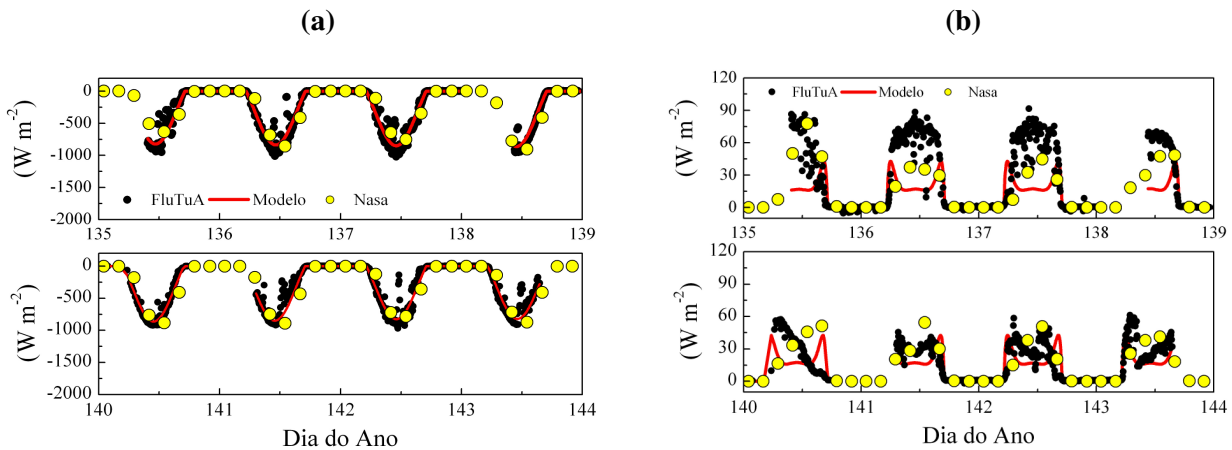
Parâmetro	Equação
Radiação solar incidente na superfície ( $SW_{DW}$ )	$\Gamma SW_{DW}^T$
Radiação solar no topo da atmosfera ( $SW_{DW}^T$ )	$-I_0 \cos Z$
Radiação solar refletida pela superfície ( $SW_{UP}$ )	$-\alpha SW_{DW}$
Onda longa emitida pela atmosfera ( $LW_{DW}$ )	$(R_N^{LW} - \epsilon_0 \sigma T_s^4) / (1 - \alpha_{LW})$
Radiação líquida de onda longa na superfície ( $R_N^{LW}$ )	$(a - b\sqrt{e_A}) \epsilon_0 \sigma T_s^4 (1 - \lambda n^2) + 4 \epsilon_0 \sigma T_s^3 (T_s - T_A)$
Onda longa emergente da superfície ( $LW_{UP}$ )	$\epsilon_0 \sigma T_s^4 - \alpha_{LW} LW_{DW}$
Radiação líquida ( $R_N$ )	$SW_{DW} + SW_{UP} + LW_{DW} + LW_{UP}$

Onde  $Z$  é o ângulo zenital calculado de acordo com Iqbal (1988),  $n_i = 1.33$ , é o índice de refração da água do mar,  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzman,  $T_s$  é a temperatura da superfície,  $e_A$  é a pressão de vapor (mb),  $T_A$  é a temperatura do ar ao nível do mar,  $a = 0.39$ ,  $b = 0.05$  e  $n$  é a fração de cobertura de nuvens em octas,  $\lambda(0^\circ) = 0.51$ ,  $\epsilon_0 = 0.97$  e  $\alpha_{LW} = 0$ .

**Tabela 2.** Equações utilizadas para modelar as componentes do balanço de radiação na superfície.

### 3. RESULTADOS

A comparação dos dados observados na campanha de maio de 2002 do projeto FluTuA com as estimativas do projeto SRB do ASDC-NASA são apresentadas nas Figuras 3 a 5. Verifica-se que, tanto para as componentes do balanço de radiação como a radiação líquida há uma boa concordância entre valores observados e estimados. A radiação líquida apresentou uma boa compatibilidade entre observações do projeto FluTuA e estimativas de satélite.

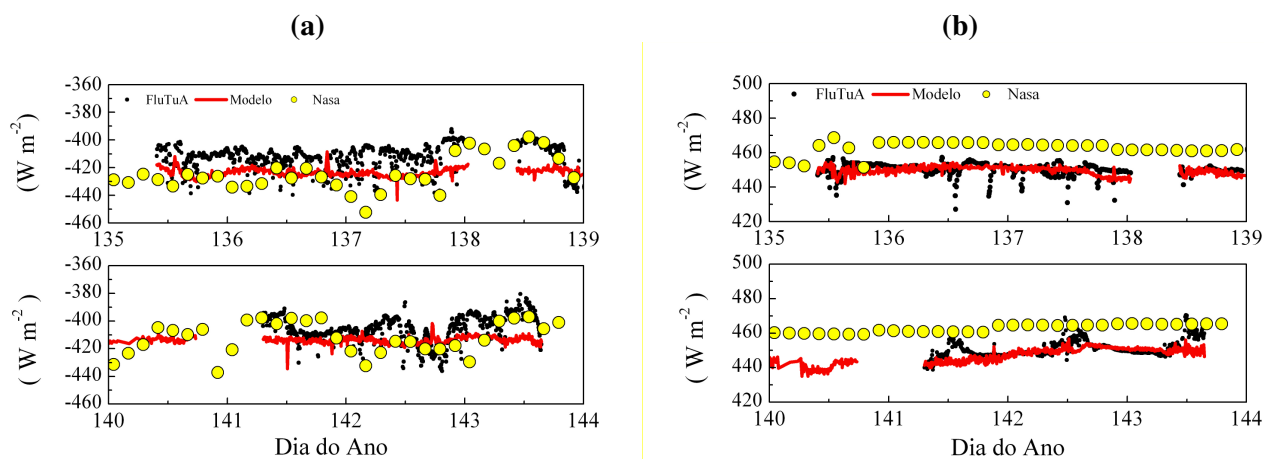


**Figura 3.** Evolução temporal da radiação solar (a) incidente e (b) refletida pela superfície observada (FluTuA), modelada através das expressões da tabela 2 (Modelo) e estimada pela projeto SRB (Nasa).

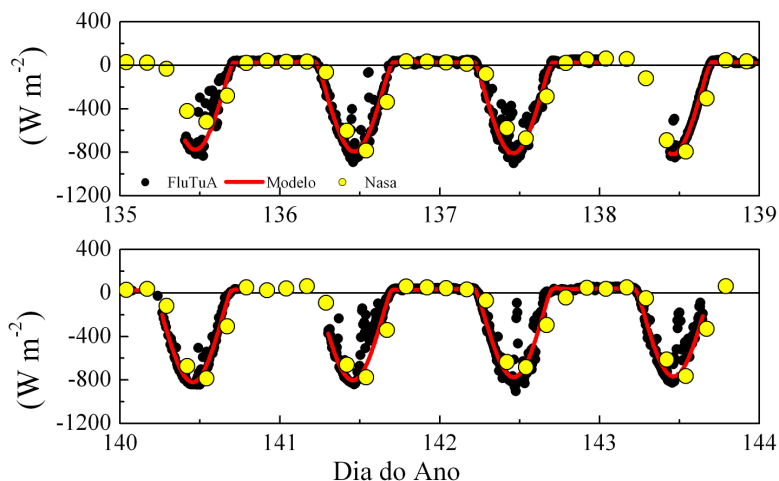
### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo descrever e comparar a evolução temporal das componentes do balanço de radiação de duas formas distintas: com valores observados pelo projeto FluTuA, durante a campanha de 15 a 24 de Maio de 2002 a bordo do navio Comte Manhães, e com dados estimados pelo Projeto SRB do ASDC-NASA.

Como foi apresentado, os valores observados e os estimados por satélite apresentam uma boa concordância entre si, mostrando que os dados observados pelo projeto FluTuA são representativos da região do oceano Atlântico entre a costa de Natal, RN, e o Arquipélago de São Pedro e São Paulo.



**Figura 4.** Evolução temporal da radiação de onda longa (a) incidente e (b) emergente da superfície observada (FluTuA), modelada através das equações descritas na tabela 2 (Modelo) e estimada pela projeto SRB (Nasa).



**Figura 5.** Evolução temporal da radiação líquida na superfície observada (FluTuA), modelada através das equações descritas na Tabela 2 (Modelo) e estimada pela projeto SRB (Nasa).

**AGRADECIMENTOS:** Este trabalho faz parte do projeto de Iniciação Científica do Programa Ensinar com Pesquisa da Pró-Reitoria da Graduação da USP e dos projetos financiados pelo CNPq (557.159/2005-9, 300.040/94-0, 300.561/91-1, 476807/2007-7), FAPESP (04/15355-0), IRD-CNPq CATIN (492690/2004-9).

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bacellar, S., Oliveira, A. P., Soares, J., Servain, J., 2004: Preliminary results of the surface radiation balance over the Tropical Atlantic Ocean. *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 29/8 a 03/9 de 2004, Fortaleza, Ceará (CDROM).
- Iqbal, M., 1988: *An Introduction to Solar Radiation*. Academic Press, 390 pp.
- Ferreira, M. J., Oliveira, A. P., Barbaro, E. W., Codato, G., Marciotto, E. R., Silva, M., 2007: Evolução diurna do balanço de radiação na superfície da cidade de São Paulo, Brasil. *8º Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica*, Cuzco, Peru,
- Soares, J., Oliveira, A.P., Servain, J., Bacellar, S.A., 2004: Resultados preliminares do balanço de energia sobre o oceano Atlântico tropical (Projeto FluTuA). *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 29/8 a 03/9 de 2004, Fortaleza, Ceará.(CDROM).
- Stackhouse, P. W. J. R., Gupta, S. K., Cox, S. J., Chiacchio, M., and Mikovitz J. C. 2000: The Wcrp/Gewex Surface Radiation Budget Project Release 2: An Assessment Of Surface Fluxes At 1 Degree Resolution. *NASA Langley Technical Report Server*.