

Universidade de São Paulo – USP
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG
Departamento de Ciências Atmosféricas
Grupo de Interação Ar-Mar

Balanço de energia na interface ar-mar do oceano Atlântico tropical

ALUNA: Lívia Márcia Mosso Dutra

ORIENTADORA: Jacyra Soares

BOLSA CNPq N ° 116496/2009-6

Vigência: 2009/2010

Relatório Final de atividades

Período: Agosto de 2009 a Fevereiro de 2010

Fevereiro de 2010

ÍNDICE

Resumo	3
1. Introdução	4
1.1 Objetivos	5
1.2 Região e dados de estudo	6
1.2.1 Região de estudo	6
1.2.2 Projeto PIRATA	7
1.2.3 Dados utilizados	8
2. Cálculo da radiação incidente no topo da atmosfera	9
3. Verificação dos dias de céu claro	10
4. Albedo da superfície	13
5. Temperatura da superfície do mar	15
6. Análise das componentes de radiação	16
6.1 Onda curta incidente na superfície	16
6.2 Onda curta refletida pela superfície	18
6.3 Onda longa emitida pela atmosfera	20
6.4 Onda longa emitida pela superfície	22
7. Análise das componentes não radiométricas	23
7.1 Fluxo de calor sensível	24
7.2 Fluxo de calor latente	25
8. Transmissividade da atmosfera	25
9. Balanço de radiação	26
10. Balanço de energia	28
11. Conclusões	30
12. Referências	31
13. Outras atividades	33
13.1 Disciplinas cursadas	33
13.2 Participações em eventos	33
13.3 Prêmios recebidos	34

Resumo

O objetivo principal deste trabalho de pesquisa consiste em caracterizar os parâmetros radiométricos da atmosfera e do oceano na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP), localizado em mar aberto no oceano Atlântico tropical. O trabalho está vinculado ao projeto FluTuA (Fluxos Turbulentos sobre o Atlântico), que utiliza uma torre micrometeorológica de dez metros de altura instalada no ASPSP.

O FluTuA tem como objetivo investigar a interação oceano-atmosfera através da determinação observacional de parâmetros meteorológicos e oceanográficos no oceano Atlântico Tropical.

Nas etapas anteriores do trabalho (Dutra, 2009), realizou-se um levantamento bibliográfico relativo à região do ASPSP, o que possibilitou um melhor conhecimento do local de estudo. As componentes de onda curta (OC) e onda longa (OL) do balanço de radiação na região do arquipélago foram obtidas através de banco de dados meteorológicos disponíveis na Internet. Verificou-se a evolução diurna destas componentes, bem como das propriedades radiométricas da atmosfera (transmissividade) e da superfície (albedo).

Através da análise da evolução temporal da OC incidente ($OC\downarrow$), foi possível verificar os dias de céu claro (sem nuvens) ocorridos na região de estudo, para todo o período de dados disponível. A radiação incidente no topo da atmosfera (TOA) também foi calculada, para auxiliar a análise. Estimou-se inclusive o balanço de radiação (R_n) e o resíduo do balanço de energia para a região do arquipélago.

Na atual etapa do trabalho, calculou-se a evolução média mensal das componentes do balanço de radiação, dos fluxos não radiativos (calor sensível e latente) e do resíduo do balanço de energia. Os resultados obtidos foram analisados e discutidos.

O projeto proposto denomina-se “*Balanço de energia na interface ar-mar do oceano Atlântico tropical*”, e os resultados obtidos poderão ser futuramente comparados aos resultados do FluTuA.

1. Introdução

Estudos sobre mudanças climáticas levantaram o problema da pouca informação existente sobre a interação ar-mar em micro escala. As discrepâncias entre os resultados de modelos numéricos climáticos são conhecidas em todo o mundo e são particularmente importantes sobre as regiões tropicais e subtropicais do oceano Atlântico no hemisfério do sul. Nessa região, os modelos climáticos divergem sobre a intensidade das componentes do balanço de radiação (WGASF, 2000). Para avaliar a incerteza dos valores climáticos e melhorar o conhecimento da climatologia da interação oceano-atmosfera é necessário dados de medidas *in situ*. Entretanto, praticamente não há medidas *in situ* sobre o oceano Atlântico Tropical em mar aberto, mas há resultados de modelos numéricos e de satélites sobre a região em estudo.

Devido a essa ausência de dados observacionais é limitado o número de estudos de processos físicos atmosféricos e oceânicos no Atlântico sul que contribuem para as variações encontradas nos parâmetros de superfície marinha ou para os fluxos entre o oceano e a atmosfera (Wainer *et al.*, 2003).

Além de mudanças climáticas, o conhecimento do balanço de energia na interface ar-mar é importante para estudos diagnósticos e prognósticos aplicados à previsão numérica, às atividades de monitoramento ambiental que utilizam modelos operacionais de dispersão de poluentes atmosféricos e oceânicos, estudos oceanográficos, estudos dos ciclos biogeoquímicos, modelos de previsão de onda, engenharia marinha, etc.

De acordo com MacWhorter and Weller (1991) medidas de radiação solar sobre o oceano, realizadas em navios ou bóias, contém muitos erros devido ao movimento da plataforma.

Este projeto pretende investigar o balanço de radiação e as propriedades radiométricas sobre o oceano Atlântico tropical, usando observações disponíveis em bancos de dados meteorológicos na internet. Posteriormente, esses dados poderão ser comparados aos dados obtidos observacionalmente, no âmbito do projeto FluTuA (Fluxos Turbulentos sobre o Atlântico).

1.1 Objetivos

Este trabalho visa a descrição e análise das propriedades radiométricas da atmosfera e do oceano na região do ASPSP. Os objetivos já concluídos nas etapas anteriores do trabalho foram:

- Realizou-se um levantamento bibliográfico relativo à região do ASPSP, o que possibilitou um melhor conhecimento da região de estudo;
- Obteve-se as componentes de radiação de onda curta (OC) e onda longa (OL) na região do arquipélago, através de banco de dados meteorológicos disponíveis na Internet;
- Realizou-se o tratamento dos dados de radiação de OC e OL, e verificou-se sua evolução diurna;
- Obteve-se a radiação total incidente no topo da atmosfera (TOA);
- Verificou-se os dias de céu claro (sem nuvens) ocorridos na região de estudo;
- Verificou-se a evolução diurna das propriedades radiométricas da atmosfera (com expressões gerais de transmissividade) e da superfície (albedo) disponíveis na literatura e testadas para condições oceânicas abertas em latitudes tropicais.
- Obteve-se o balanço de radiação na região;
- Obteve-se o balanço de energia na região, utilizando dados e resultados obtidos de um estudo anterior da aluna bolsista (Dutra, 2008), em que foi realizada a caracterização dos fluxos não radiativos na região do arquipélago.

A atual fase do trabalho tem como objetivos:

- Obter a média mensal das componentes radiométricas na região, a partir dos dados disponíveis;
- Analisar os resultados obtidos.

Posteriormente, os resultados obtidos neste trabalho poderão ser comparados aos resultados obtidos no âmbito do projeto FluTuA.

1.2 Região e dados de estudo

1.2.1 Região de estudo

O arquipélago é formado por um grupo de pequenas ilhas rochosas, desabitadas e desprovidas de qualquer tipo de vegetação, localizadas a cerca de 1.100 quilômetros do litoral do estado do Rio Grande do Norte ($00^{\circ} 56' N$ e $29^{\circ} 22' W$). Trata-se de uma região privilegiada para o desenvolvimento de pesquisas meteorológicas e oceanográficas. Devido a sua topografia suave, o ASPSP apresenta condições ideais para a obtenção da caracterização climatológica da camada limite superficial sobre o oceano Atlântico Tropical.

No intuito de realizar um levantamento das variáveis meteorológicas médias da região foram utilizados dados obtidos por bóias do PIRATA (Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic). Como pode ser visto (*Figura 1*), o ASPSP situa-se no meio das duas bóias escolhidas, um pouco acima da linha do Equador.

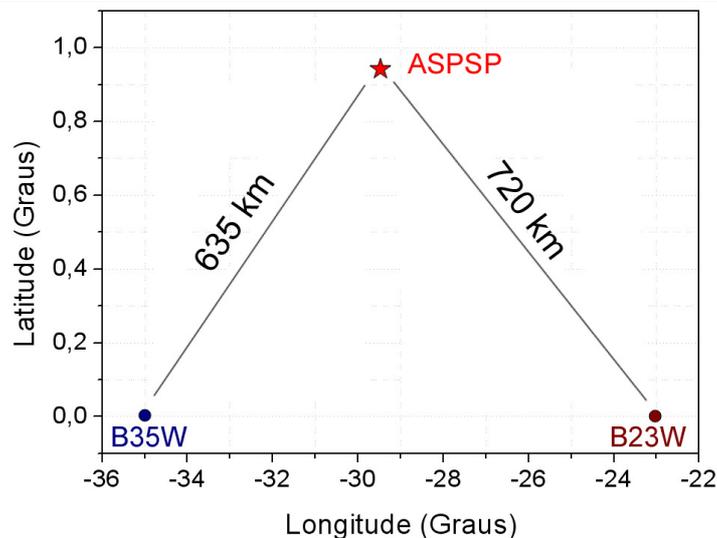


Figura 1: Localização geográfica do ASPSP e das bóias PIRATA em ($0^{\circ}N$, $35^{\circ}W$) e em ($0^{\circ}N$, $23^{\circ}W$).

1.2.2 Projeto PIRATA – Pilot Research Moored Array in the Tropical Atlantic

Projeto em atividade desde 1997, realizado no âmbito internacional entre Brasil, França e EUA, que tem como objetivo a aquisição de dados oceanográficos e meteorológicos utilizando uma rede de quinze bóias oceanográficas espalhadas pelo oceano Atlântico tropical. Nessas bóias estão instalados diversos instrumentos, a maioria realizando medidas de alta resolução. Os dados estão disponíveis no endereço <http://www.pmel.noaa.gov/pirata/>.

Este trabalho utiliza dados obtidos por duas bóias oceanográficas do PIRATA, uma situada em (0°N, 23°W) (B23W) e outra em (0°N, 35°W) (B35W). Elas foram escolhidas por serem as mais próximas ao ASPSP, estando a respectivamente 720 e 635 quilômetros aproximados de distância.

Nas bóias PIRATA, a radiação de OC↓ (onda curta incidente na superfície) e a radiação de OL↓ (onda longa emitida pela atmosfera) estão disponíveis numa resolução de dois minutos, e são medidas a uma altura de 3,5 metros acima do nível médio do mar. Nos dados PIRATA, não estão disponíveis medidas de OC↑ (onda curta refletida pela superfície) e OL↑ (onda longa emitida pela superfície). A *Figura 2* é um exemplo da bóia utilizada para a aquisição dos dados:



Figura 2: Bóia PIRATA utilizada na aquisição das variáveis meteorológicas e oceanográficas.

Os dados do projeto PIRATA são disponibilizados em formato ASCII. Eles foram inicialmente transformados em arquivo texto, para facilitar seu tratamento e análise. Ressalta-se também que as séries temporais disponíveis no site do PIRATA possuem dados com falhas temporais devido, provavelmente, a fatores técnicos.

O período disponível de OC↓ para a bóia B23W é de 1999 até 2007, e para a bóia B35W de 1998 a 2007. Já para a OL↓, o período de dados disponível é mais curto: de junho de 2006 a setembro de 2008.

Nesta etapa do trabalho, utilizaram-se também dados PIRATA de temperatura da superfície do mar (TSM), medida em uma profundidade de 1 metro, em uma resolução de 10 minutos. O período de dados de TSM disponível para a bóia B23W é mais longo (1999 - 2006) em relação ao disponível para a bóia B35W (1998 - 2002).

1.2.3 Dados utilizados

A *Tabela 1* resume os dados PIRATA utilizados neste trabalho.

Tabela 1: Dados e suas respectivas fontes utilizadas no trabalho.

Parâmetro	Símbolo	Posição geográfica	Período	Resolução
Onda curta incidente	O C↓	(0°N, 23°W)	1999 - 2007	2 minutos
		(0°N, 35°W)	1998 - 2007	
Onda longa emitida pela atmosfera	O L↓	(0°N, 23°W)	2006 – 2008	2 minutos
Temperatura da superfície do mar	TSM	(0°N, 23°W)	1999 - 2006	10 minutos
		(0°N, 35°W)	1998 - 2002	

2. Cálculo da radiação incidente no topo da atmosfera

A seguir são descritos os cálculos e procedimentos numéricos realizados para a obtenção da radiação solar incidente no topo da atmosfera (TOA). Este cálculo auxilia a posterior identificação dos dias de céu claro, além de possibilitar o cálculo da transmissividade atmosférica.

A radiação solar no TOA (I_0) foi estimada pela expressão:

$$I_0 = S_0 \left(\frac{d_m}{d} \right)^2 \cos \gamma \quad (1)$$

onde S_0 é a constante solar média (1366 W m^{-2}), d_m e d são respectivamente as distâncias média e real entre o Sol e a Terra, e γ é o ângulo solar zenital, calculado por:

$$\cos \gamma = \text{sen}(\delta) \text{sen}(\phi) + \cos(\delta) \cos(\phi) \cos(h) \quad (2)$$

onde δ é a declinação solar, ϕ é a latitude e h é o ângulo horário calculado pela expressão (3):

$$h = \left[GMT + \frac{\lambda}{15} - (12 - E_T) \right] \frac{2\pi}{24} \quad (3)$$

onde GMT é o horário de Greenwich em que se deseja calcular a radiação incidente no topo, λ é a longitude (em graus) e E_T é a equação do tempo.

A declinação solar, a distância Terra-Sol e a equação do tempo foram estimadas pelas expressões empíricas:

$$\delta = a_1 + a_2 \cos(\theta) + a_3 \text{sen}(\theta) + a_4 \cos(2\theta) + a_5 \text{sen}(2\theta) \quad (4)$$

$$\left(\frac{d_m}{d}\right)^2 = b_1 + b_2 \cos(\theta) + b_3 \sin(\theta) + b_4 \cos(2\theta) + b_5 \sin(2\theta) \quad (5)$$

$$E_T = c_1 + c_2 \cos(\theta) + c_3 \sin(\theta) + c_4 \cos(2\theta) + c_5 \sin(2\theta) \quad (6)$$

onde $\theta = 2\pi d / 356$ é calculado em termos do dia do ano, sendo $d=0$ para 1 de Janeiro e $d=364$ para 31 de Dezembro.

Os coeficientes utilizados nas expressões (4) a (6) seguem na *Tabela 2*:

<i>Tabela 2</i> : Constantes utilizadas no cálculo empírico da declinação solar, da distância Terra-Sol e da equação do tempo.					
δ		$(d/d_m)^2$		E_T	
a ₁	0,006918	b ₁	0,0172	c ₁	0,000075
a ₂	-0,399912	b ₂	0,4281	c ₂	0,001868
a ₃	0,070257	b ₃	-7,3515	c ₃	-0,032077
a ₄	-0,006758	b ₄	-3,3495	c ₄	-0,014615
a ₅	0,000908	b ₅	-9,3619	c ₅	-0,04089

Todos os cálculos foram realizados em linguagem de programação Fortran. Calculou-se o valor de I_0 para cada horário disponível de dados de $OC\downarrow$ do PIRATA. Os resultados foram plotados junto aos dados PIRATA medidos *in situ* para cada dia disponível, conforme descrito adiante.

3. Verificação dos dias de céu claro

Uma forma de verificar os dias de céu claro (sem nuvens) na região de estudo é através da análise da evolução temporal da $OC\downarrow$ medida pelos sensores. Em um dia de céu claro, esta evolução é praticamente contínua e não apresenta variações abruptas em sua intensidade. Já em um dia nublado, a intensidade de onda curta incidente na superfície medida no sensor é menor (já que as nuvens presentes na atmosfera refletem parte da radiação incidente), e nota-se variações significativas em sua evolução diária. As *Figuras 3* e *4* ilustram exemplos de dias de céu claro e não-claro, respectivamente, obtidas com os dados PIRATA.

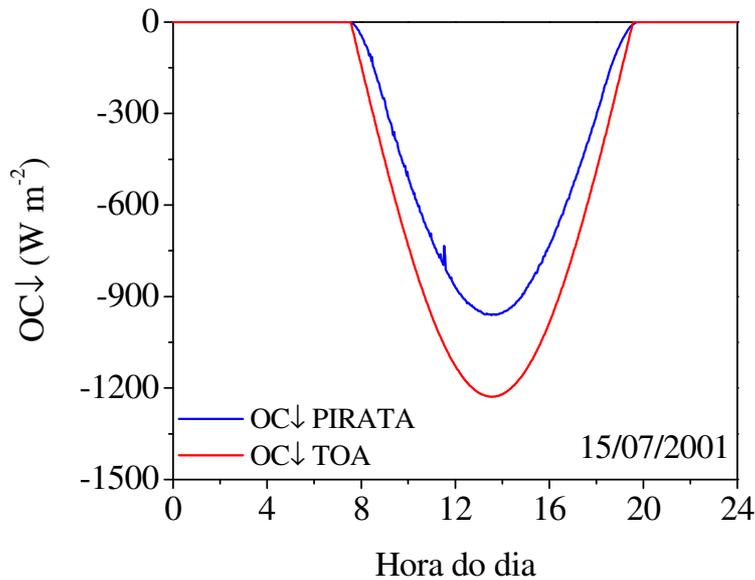


Figura 3: Exemplo de um dia de céu claro. Em vermelho, a $OC\downarrow$ calculada no TOA, e em azul a $OC\downarrow$ medida *in situ* do PIRATA ($W\ m^{-2}$), na região da bóia B23W, para o dia 15/07/2001.

Na Figura 3, a diferença entre a componente medida na superfície e a que chega no topo se deve ao fato da atmosfera não transmitir 100% da radiação de onda curta incidente; seus constituintes (aerossóis, gases, etc) absorvem e refletem, diminuindo o total que chegaria à superfície.

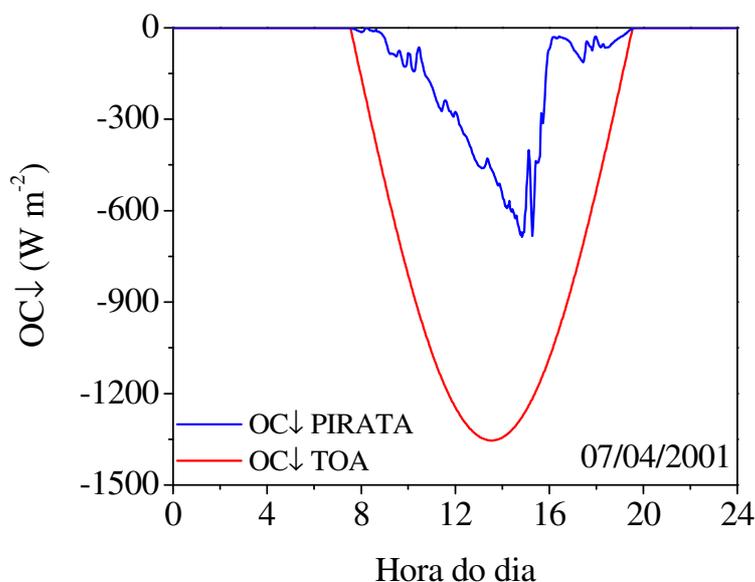


Figura 4: Exemplo de um dia de céu não-claro. Em vermelho, a $OC\downarrow$ calculada no TOA, e em azul a $OC\downarrow$ medida *in situ* do PIRATA ($W\ m^{-2}$), na região da bóia B23W, para o dia 07/04/2001.

Comparando as *Figuras 3 e 4*, nota-se que a diferença entre um dia de céu claro e um dia de céu não claro é visível; analisando a *Figura 4*, conclui-se que no dia 07/04/01, a região da bóia B23W permaneceu com nuvens, como indicado pelas variações abruptas e menor intensidade da radiação solar.

Para verificar quantos e quais foram os dias de céu claro que ocorreram na região das bóias PIRATA durante todo o período de dados disponível, desenvolveu-se um programa em Shell script, que lê os arquivos de dados e plota automaticamente a evolução da $OC\downarrow$ medida na superfície das bóias e da $OC\downarrow$ que chega no TOA (calculada pela expressão 1). O programa foi feito de forma a gerar um arquivo diferente para cada dia, como nos exemplos das *Figuras 3 e 4*. Ao total, foram geradas 5983 figuras, das quais 2778 eram referentes à bóia B23W (anos 1999 a 2006) e 3205 referentes à bóia B35W (anos 1998 a 2006). Entretanto, na análise desconsiderou-se totalmente o ano 1998 e parte do início de 1999 da bóia B35W, devido a este período apresentar significativa quantidade de dados faltando em todos os dias. Desta forma, restaram 2814 dias da bóia B35W para prosseguir com a análise.

Com a análise visual de cada figura gerada, foi possível identificar os dias de céu claro. Nos histogramas da *Figura 5*, observa-se a frequência dos dias de céu claro em cada mês do ano, para a região das duas bóias PIRATA.

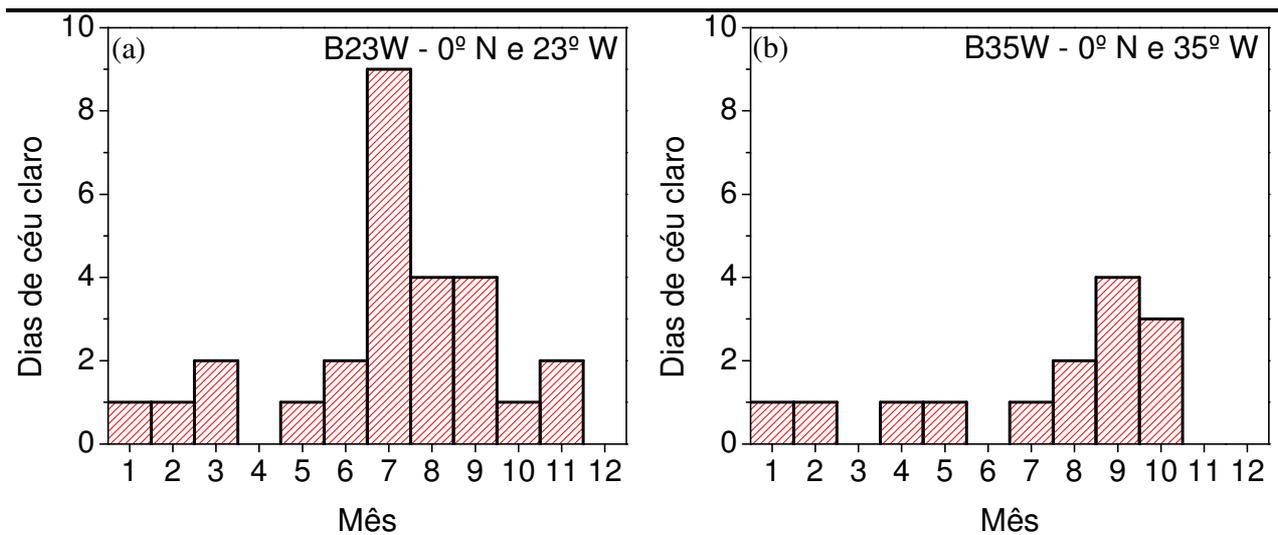


Figura 5: Histograma da frequência de dias de céu claro, para a região das bóias (a) B23W e (b) B35W do PIRATA. A análise foi feita com todo o período disponível de medidas.

Para a bóia B23W, dos 2778 dias analisados apenas 27 não estiveram nublados (*Figura 5a*), enquanto para a bóia B35W, apenas 14 dos 2814 dias foram verificados como claros (*Figura 5b*); conclui-se assim que dias de céu claro são pouco frequentes na região estudada, não chegando a representar 1% do total.

Os meses que mais apresentaram dias de céu claro foram julho e setembro, respectivamente para as bóias B23W e B35W. O mês de dezembro não apresentou nenhum dia claro, em todo o período analisado de ambas as bóias.

Observa-se também que em ambas as regiões, o segundo semestre do ano (julho a dezembro) apresentou mais dias de céu claro que o primeiro semestre (janeiro a junho). Um estudo anterior (Skjelka, 2006) verificou que a precipitação na região das bóias é maior no primeiro semestre do ano, quando a Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT) encontra-se em sua posição mais ao Sul.

A ZCIT apresenta um ciclo de aproximadamente um ano, estando entre 2°S e 1°N (região de estudo) nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, e entre 8°N e 14°N nos meses de junho, julho e agosto (Hanstenrath and Heller, 1997; Citeau *et al.*, 1988; Nobre e Molion, 1998). A ZCIT está associada a nuvens convectivas e tempestades.

4. Albedo da superfície

O albedo pode ser calculado a partir de dados observados de radiação solar incidente e refletida pela superfície, como mostra a expressão (7):

$$\alpha = -\frac{OC \uparrow}{OC \downarrow} \quad (7)$$

Entretanto, para as regiões dos dados PIRATA, não é possível calcular o albedo observado (expressão 7), pois não há dados de $OC \uparrow$ observados. Contudo, o albedo também pode ser estimado baseado na expressão de Fresnel (expressão 8), proposta por Cogley (1979) e válida para dias de céu claro.

$$\alpha_{teórico} = 0,50 \left[\frac{\text{sen}^2(z-r)}{\text{sen}^2(z+r)} + \frac{\text{tan}^2(z-r)}{\text{tan}^2(z+r)} \right] \quad (8)$$

onde r é o ângulo de refração da luz na água, dado por:

$$r = \text{arcsen} \left[\frac{\text{sen}(z)}{n} \right] \quad (9)$$

onde n é o índice de refração da água do mar, igual a 1,33 (Cogley, 1979).

A *Figura 6* ilustra o albedo estimado pela expressão (8), em função da elevação do Sol e do ângulo zenital solar.

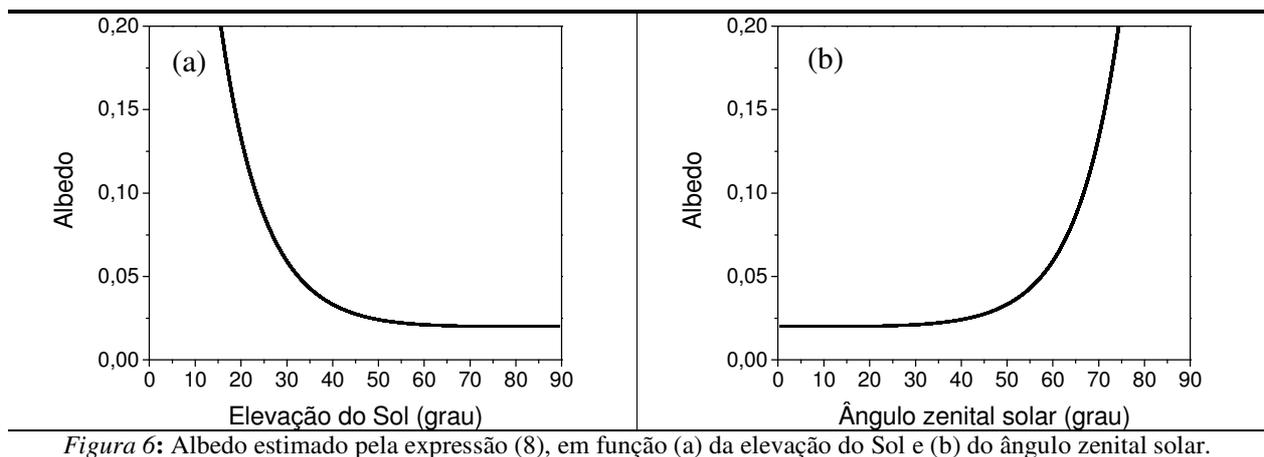


Figura 6: Albedo estimado pela expressão (8), em função (a) da elevação do Sol e (b) do ângulo zenital solar.

Na *Figura 6*, observa-se que o albedo estimado para a superfície do mar é maior nos instantes em que o Sol está mais próximo ao horizonte. Para ângulos zenitais de até 40°, o albedo teórico é em média 0,02.

A fim de verificar a evolução diária dos parâmetros estudados ao longo do ano, elaborou-se um programa em Fortran que calcula as médias das variáveis em cada hora do dia, para cada mês do ano. Primeiramente calculou-se a média horária (já que os dados têm resolução de 2 minutos). Os resultados finais foram interpolados no programa SURFER e plotados em um único gráfico cada, caracterizando a evolução média horária das variáveis para cada mês do ano.

As figuras estão apresentadas em uma mesma escala de cores, para facilitar a visualização e comparação dos resultados. Os dados foram plotados na hora local do ASPSP, atrasado em duas horas do horário de Greenwich.

Na *Figura 7* segue a evolução média horária mensal do albedo teórico, para as regiões das bóias PIRATA.

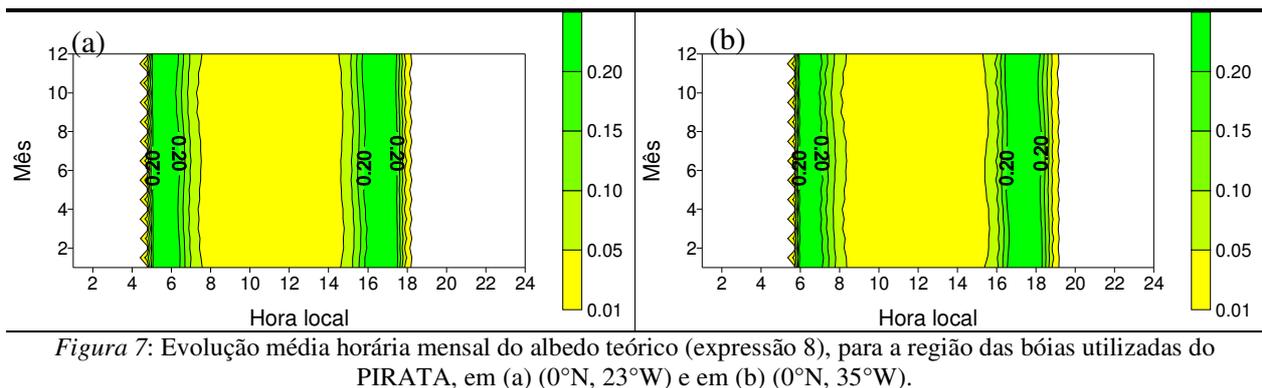


Figura 7: Evolução média horária mensal do albedo teórico (expressão 8), para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N, 23°W) e em (b) (0°N, 35°W).

Analisando os resultados obtidos na *Figura 7*, nota-se que não houve grandes diferenças na intensidade do albedo calculado nas duas diferentes regiões. A diferença que se nota é no horário em que ocorrem tais intensidades; na parte da manhã, valores de albedo maiores que 0,10 ocorrem em média entre as 05h e 07h UTC para a bóia B23W (*Figura 7a*), enquanto para a B35W ocorrem entre as 06h e 08h UTC (*Figura 7b*). Esta defasagem (que também é verificada na parte da tarde) ocorre pois a bóia B23W encontra-se mais a leste que a bóia B35W, e assim o Sol nasce primeiro em sua região.

Na *Figura 7* também se nota que o albedo estimado para a superfície do mar é maior nos instantes em que o Sol está mais próximo ao horizonte. É importante observar que o albedo estimado também não apresenta variações médias significativas ao longo do ano.

5. Temperatura da superfície do mar

Na *Figura 8* segue a evolução média horária mensal da TSM, obtida para a região das bóias B23W e B35W. Realizou-se primeiramente a média horária dos dados (já que os dados de TSM possuíam resolução de 10 minutos), para posteriormente calcular a média

horária para cada mês, com todos os dados disponíveis. Os resultados obtidos para ambas as bóias estão apresentados em uma mesma escala de cores, para facilitar a comparação dos resultados.

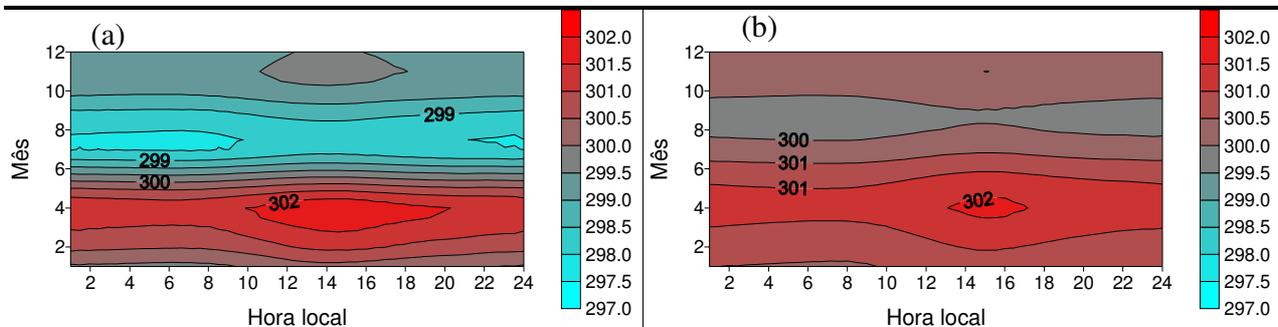


Figura 8: Evolução média horária mensal da TSM (K), para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N, 23°W) e em (b) (0°N, 35°W).

Comparando as Figuras 8a e 8b, nota-se que a região da bóia B35W apresenta valores superiores de TSM em comparação à região da bóia B23W, principalmente durante o segundo semestre do ano. Nota-se também que para ambas as bóias, a TSM é maior no primeiro semestre do ano, apresentando picos entre os meses de março a maio. Observa-se ainda que o ciclo diurno da TSM é aproximadamente constante, já que a água de adquire e perde calor lentamente.

6. Análise das componentes de radiação

6.1 Onda curta incidente na superfície

Neste trabalho, os valores de OC_{\downarrow} foram considerados negativos, já que esta componente está orientada contrária ao sistema de referência vertical.

Nas Figuras 9 e 10 seguem a evolução média horária mensal da OC_{\downarrow} observada e calculada incidente no TOA, respectivamente para as bóias B23W e B35W PIRATA. Utilizou-se todo o período de dados disponível, e as figuras estão na mesma escala de cores.

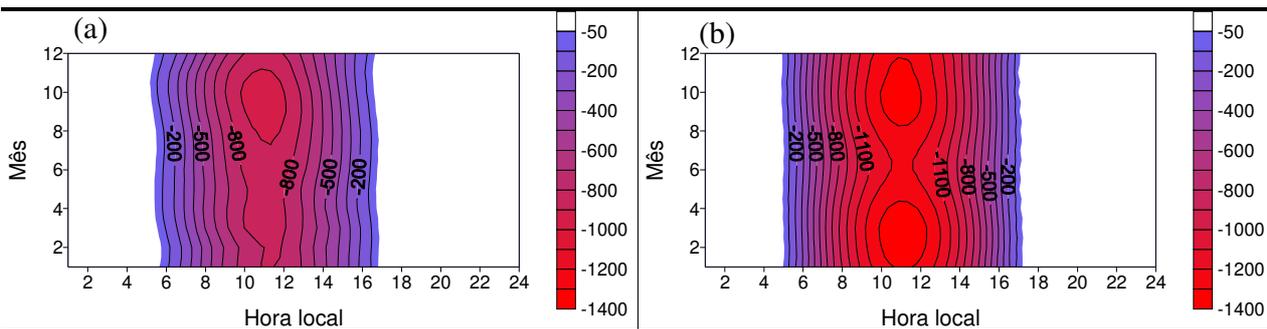


Figura 9: Evolução média horária mensal da OC↓ (a) observada e (b) calculada no TOA, para a região da bóia PIRATA B23W, em (0°N, 23°W).

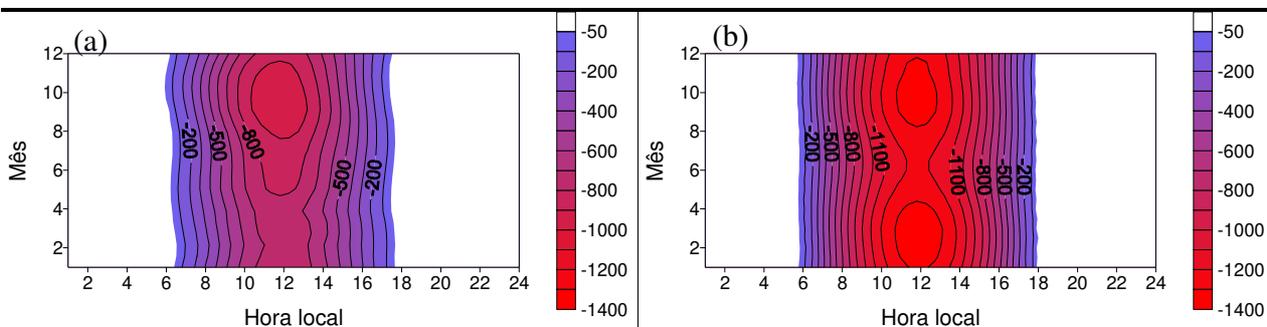


Figura 10: Evolução média horária mensal da OC↓ (a) observada e (b) calculada no TOA, para a região da bóia PIRATA B35W em (0°N, 35°W).

Nas Figuras 9a e 10a, nota-se que a intensidade da OC↓ observada apresenta picos maiores no segundo semestre do ano. Já nas Figuras 9b e 10b, observa-se que a intensidade média da OC↓ calculada no TOA para as regiões PIRATA é simétrica em ambos os semestres do ano, e o mês de junho é o que apresenta menores picos.

Na Figura 11 segue a evolução média mensal da OC↓ observada, para ambas as bóias PIRATA.

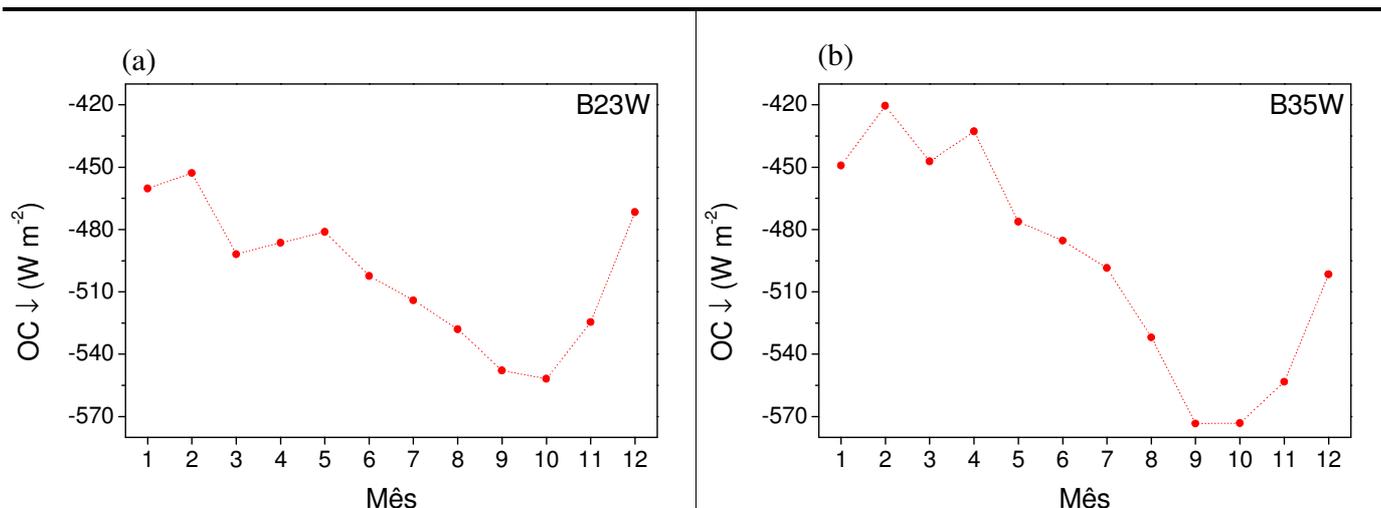


Figura 11: Evolução média mensal da $OC\downarrow$ para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N , 23°W) e em (b) (0°N , 35°W).

Na Figura 11, nota-se que em ambas as regiões os resultados obtidos foram bastante semelhantes: a intensidade da $OC\downarrow$ observada apresenta valores maiores no segundo semestre do ano, com picos máximos nos meses de setembro e outubro. Os menores valores médios foram registrados no mês de fevereiro, para ambas as bóias.

Analisando-se as Figuras 9, 10 e 11, conclui-se que o primeiro semestre deve apresentar maior cobertura de nuvens nas regiões, já que a intensidade da radiação que chega na superfície neste período é menor, e o que chega no topo é semelhante ao que chega durante o primeiro semestre.

6.2 Onda curta refletida pela superfície

A onda curta refletida pela superfície do mar foi calculada para os dados PIRATA, a partir do albedo teórico:

$$OC\uparrow = -\alpha_{teórico} OC\downarrow \quad (10)$$

A Figura 12 ilustra exemplos da $OC\uparrow$ estimada com os dados da bóia PIRATA B23W, para dois dias diferentes. Os dias escolhidos são os mesmos do exemplo de dias de céu claro e não claro (Figuras 3 e 4). Nestes exemplos, a $OC\uparrow$ estimada é função do albedo teórico, que varia conforme o ângulo zenital.

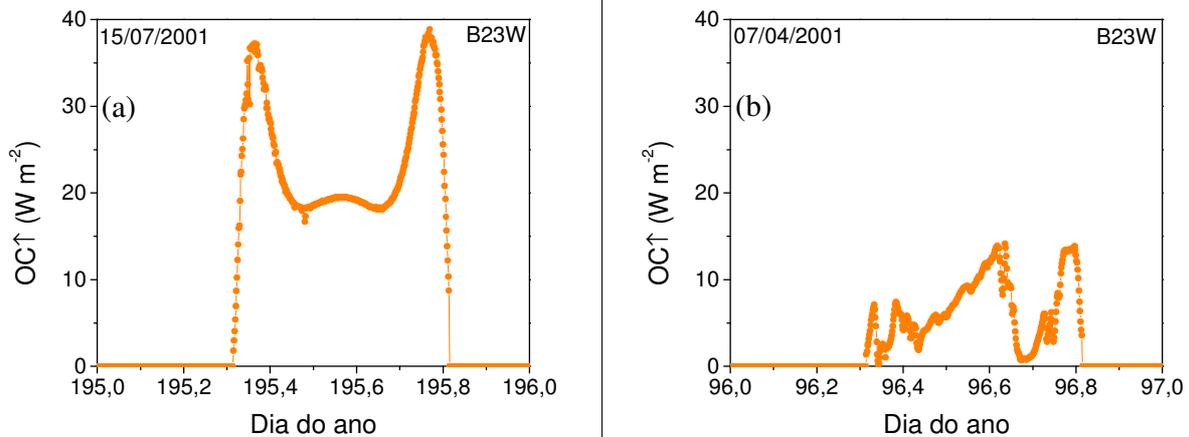


Figura 12: Onda curta refletida pela superfície (expressão 10), para a região da bóia PIRATA B23W, em um dia (a) de céu claro e (b) nublado.

Na Figura 12a, têm-se que para um dia de céu claro a $OC\uparrow$ estimada apresenta um comportamento simétrico, com dois picos durante o dia. Nos horários entre estes picos, (instantes em que o Sol está mais perto do zênite e que a $OC\downarrow$ na superfície é maior), nota-se que a $OC\uparrow$ estimada decresce até certo ponto e sua intensidade apresenta uma breve elevação.

Para dias cobertos por nuvens (Figura 12b), a $OC\uparrow$ estimada não apresenta um comportamento padrão ou geométrico ao longo do dia.

Na Figura 13 segue a evolução média horária mensal da $OC\uparrow$ teórica, para as duas bóias PIRATA.

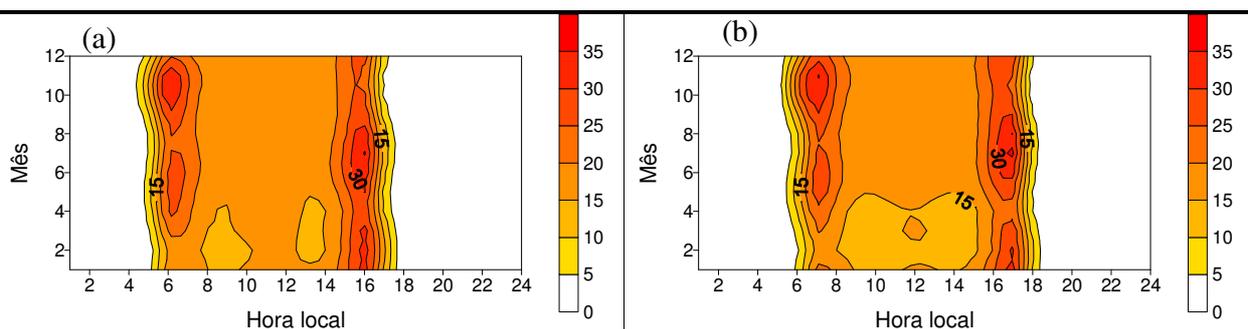


Figura 13: Evolução média horária mensal da $OC\uparrow$ calculada (equação 10), para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N, 23°W) e em (b) (0°N, 35°W).

Na Figura 14 segue a evolução média mensal da $OC\uparrow$ teórica, para ambas as bóias PIRATA.

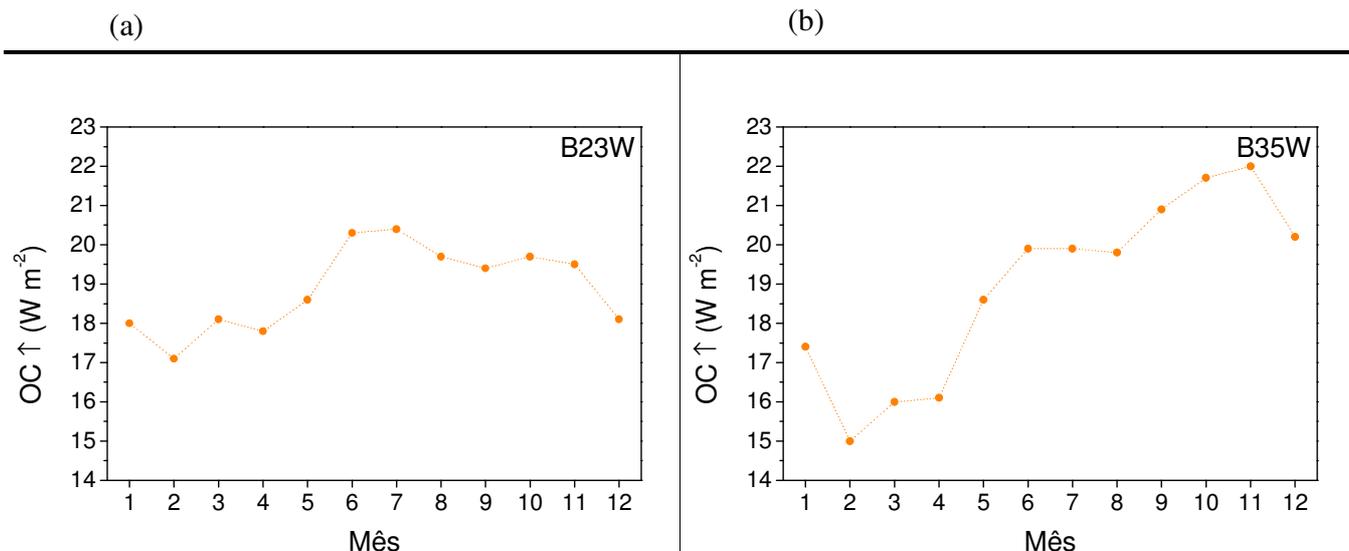


Figura 14: Evolução média mensal da OC↑ calculada (equação 10), para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N, 23°W) e em (b) (0°N, 35°W).

Na *Figura 14*, nota-se tendências semelhantes na evolução média mensal da OC↑ teórica nas regiões das duas bóias: observa-se uma queda na intensidade da OC↑ média a partir do mês de novembro até fevereiro, sendo que em março é verificado um aumento. Para a bóia B23W, observou-se picos máximos de intensidade nos meses de junho e julho, enquanto que para a bóia B35W os picos foram verificados em outubro e novembro.

6.3 Onda longa emitida pela atmosfera

Nos dados PIRATA, a OL↓ estava disponível apenas para a bóia B23W. Assim, a evolução média horária mensal e a distribuição da intensidade desta componente serão analisadas apenas para esta localidade. Os valores são considerados negativos, já que a OL↓ está orientada contrário ao sistema de referência vertical.

Na *Figura 15* segue a evolução média horária mensal da OL↓ observada para a bóia B23W.

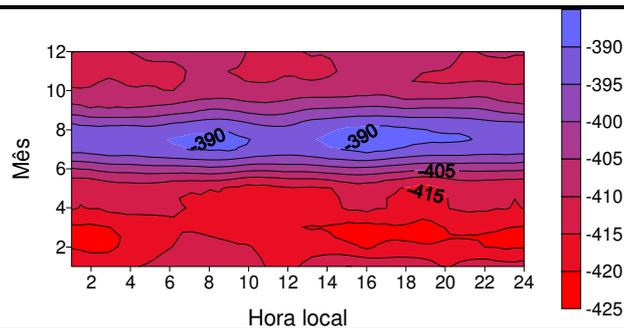


Figura 15: Evolução média horária mensal da OL↓ observada, para a região da bóia PIRATA em (0°N, 23°W).

Analisando a *Figura 15*, nota-se que valores mais intensos de OL↓ ocorrem no primeiro semestre do ano. Os meses entre julho e setembro apresentaram os menores valores, atingindo mínimos de -390 W m^{-2} .

Na *Figura 16* segue a evolução média mensal da OL↓ observada para a bóia B23W.

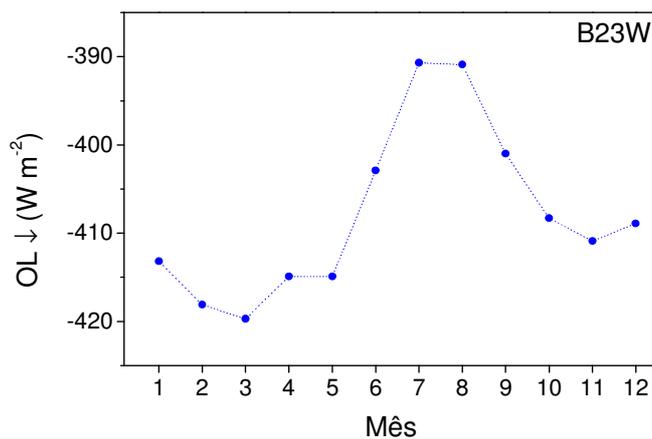


Figura 16: Evolução média mensal da OL↓ observada, para a região da bóia PIRATA em (0°N, 23°W).

Na *Figura 16*, verifica-se um pico máximo na intensidade da OL↓ em março, e picos mínimos de intensidade são verificados nos meses de julho e agosto. Nota-se que a diferença entre os picos máximos e mínimos chega a ser de 30 W m^{-2} .

6.4 Onda longa emitida pela superfície

A onda longa emitida pela superfície foi calculada para os dados PIRATA, a partir da TSM, pela lei de Stefan-Boltzmann:

$$OL \uparrow = \varepsilon \sigma TSM^4 \quad (11)$$

onde ε é a emissividade, adotada como sendo 0,97 (Soares *et al.*, 2004) e σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ kg s}^{-3} \text{ K}^{-4}$).

Na *Figura 17* segue a evolução média horária mensal da $OL \uparrow$ teórica (equação 11), para as duas bóias PIRATA.

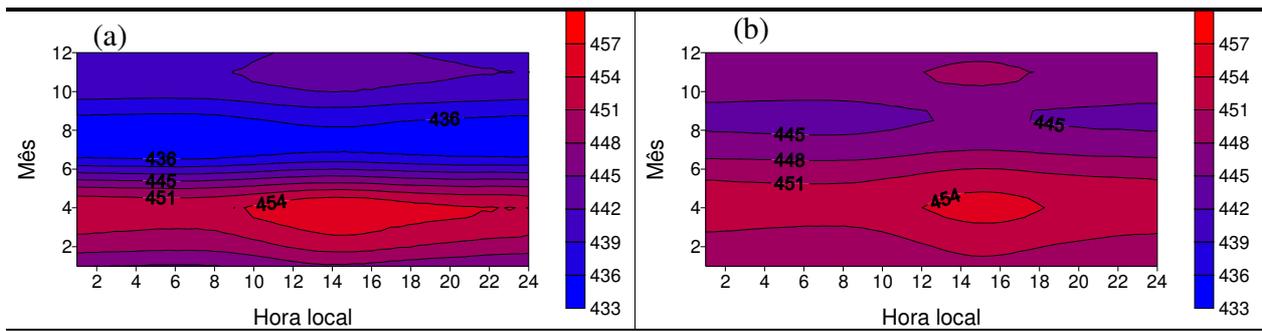


Figura 17: Evolução média horária mensal da $OL \uparrow$ teórica (equação 11), para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N , 23°W) e em (b) (0°N , 35°W).

Analisando a *Figura 17*, nota-se que valores mais intensos de $OL \uparrow$ ocorrem durante o primeiro semestre do ano, atingindo picos de aproximadamente 455 W m^{-2} entre os meses de março e maio. Analisando o ciclo diurno desta componente, nota-se que os valores mais intensos ocorrem no período da tarde, quando a superfície está mais aquecida. Observa-se ainda que a região da bóia B35W apresenta valores maiores de $OL \uparrow$ no segundo semestre do ano, em comparação com a região da bóia B23W. Isto confere com o observado na *Figura 8*, já que na evolução média horária mensal da TSM, a B35W apresentou valores mais elevados em comparação à B23W.

Na *Figura 18* segue a evolução média mensal da $OL \uparrow$, para ambas as bóias PIRATA.

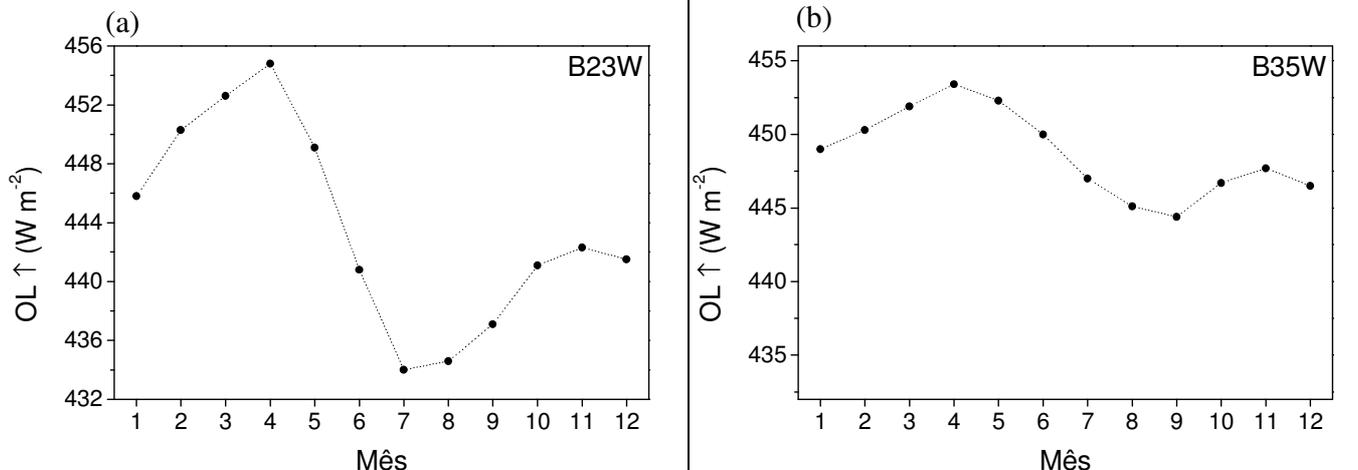


Figura 18: Evolução média mensal da OL↑ para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N, 23°W) e em (b) (0°N, 35°W).

Analisando a *Figura 18*, nota-se que os resultados obtidos da OL↑ em ambas as regiões apresentam tendências semelhantes: maiores intensidades ocorrem no primeiro semestre do ano e o pico máximo é observado em março. Contudo, para a bóia B23W os picos mínimos são verificados nos meses de julho e agosto, enquanto que para a bóia B35W são verificados em agosto e setembro. Nota-se também que a amplitude de oscilação dos valores é maior na região da bóia B23W (*Figura 18a*), em comparação com a bóia B35W (*Figura 18b*).

7. Análise das componentes não radiométricas

Os valores médios horários mensais dos fluxos de calor sensível (H) e latente (LE) foram obtidos em um estudo anterior da aluna bolsista (Dutra, 2008), a partir das equações bulk (WGASF, 2000), utilizando dados PIRATA da TSM, temperatura do ar, UR e velocidade do vento. A partir destes dados, foi calculada a média mensal, como proposto na atual fase do trabalho.

A convenção de sinais utilizada para os fluxos é a mesma que a utilizada para as componentes radiométricas: valores positivos quando orientados no sentido positivo do sistema de referência vertical e valores negativos caso contrário.

7.1 Fluxo de calor sensível

Na *Figura 19* segue a evolução média mensal de H, para ambas as bóias PIRATA.

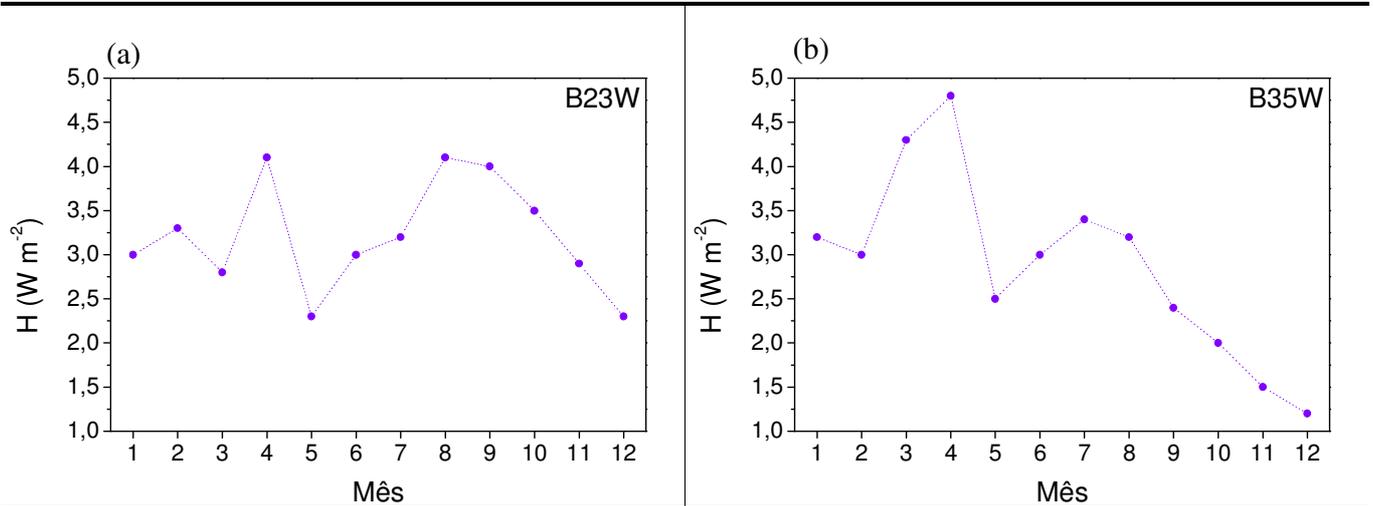


Figura 19: Evolução média mensal de H para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N , 23°W) e em (b) (0°N , 35°W).

Na *Figura 19*, observa-se picos médios máximos de H nos meses de abril, agosto e setembro para a bóia B23W, e em abril para a bóia B35W. Em ambas as regiões nota-se uma queda na intensidade de H a partir de agosto até dezembro. Nota-se ainda que os valores médios são sempre positivos, ou seja, o sentido de direção predominante do fluxo é da superfície em direção à atmosfera, indicando que a temperatura do oceano é mais elevada que a temperatura do ar.

7.2 Fluxo de calor latente

Na *Figura 20* segue a evolução média mensal de LE, para ambas as bóias PIRATA.

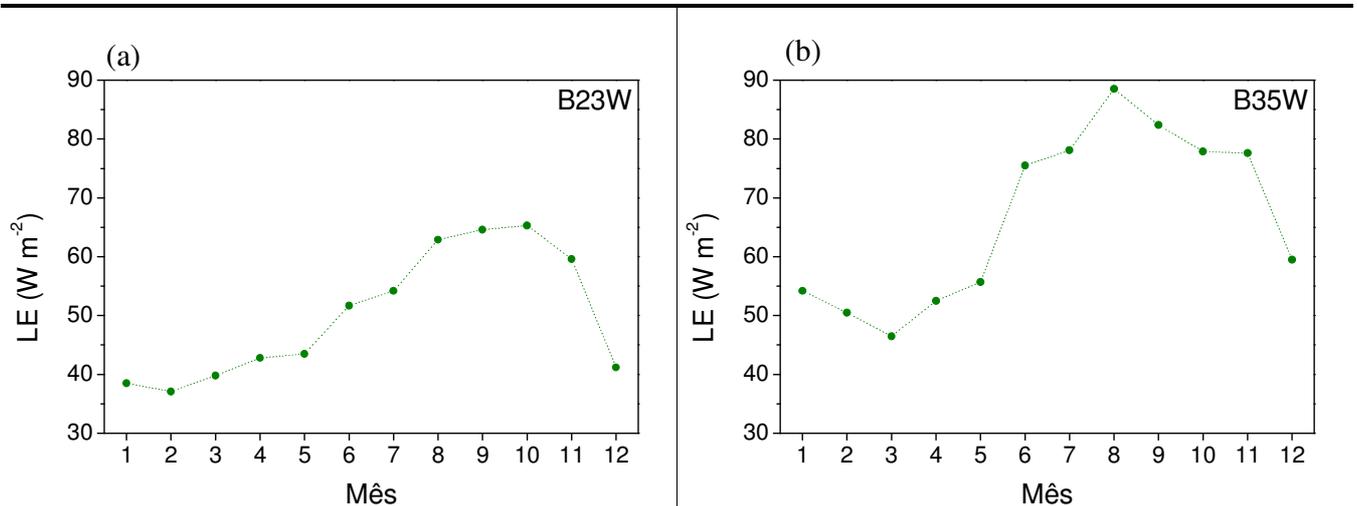


Figura 20: Evolução média horária mensal de LE (a) observada e (b) calculada no TOA, para a região da bóia PIRATA B35W em (0°N, 35°W).

Analisando a *Figura 20*, nota-se que os resultados obtidos de LE em ambas as regiões apresentam tendências semelhantes: as maiores intensidades ocorrem no segundo semestre do ano. Contudo, as intensidades de LE para a região da bóia B35W atingem valores até quase $30 W m^{-2}$ superiores aos da bóia B23W. Os valores médios máximos ocorrem entre agosto e outubro, para ambas as regiões.

8. Transmissividade da atmosfera

A transmissividade da atmosfera é estimada a partir da radiação solar observada incidente na superfície e a incidente no TOA, pela expressão (12):

$$\Gamma = \frac{OC \downarrow_{obs}}{I_0} \quad (12)$$

Na *Figura 21* seguem a evolução média horária mensal da transmissividade observada, respectivamente para a região das bóias.

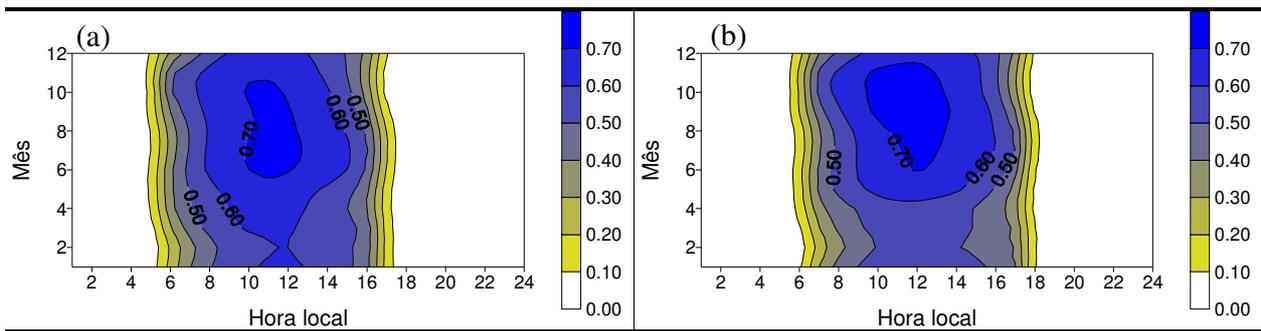


Figura 21: Evolução média horária mensal da transmissividade observada (equação 12), para a região das bóias utilizadas do PIRATA, em (a) (0°N, 23°W) e em (b) (0°N, 35°W).

Na Figura 21, nota-se que a transmissividade é maior no segundo semestre do ano, o que já era esperado, uma vez que a $OC\downarrow$ durante este período também é maior. Verifica-se também que a fração de radiação transmitida é menor nos instantes em que o Sol está perto do horizonte, e os máximos ocorrem por volta do meio dia local.

9. Balanço de radiação

O balanço de radiação (R_n) foi obtido, pela soma das componentes de onda curta e onda longa:

$$R_n = OC\downarrow + OC\uparrow + OL\downarrow + OL\uparrow \quad (14)$$

Na Figura 22 segue a evolução média horária mensal do balanço de radiação respectivamente para a região da bóia B23W. R_n não foi calculado para a bóia B35W, já que para esta região não haviam dados disponíveis de $OL\downarrow$.

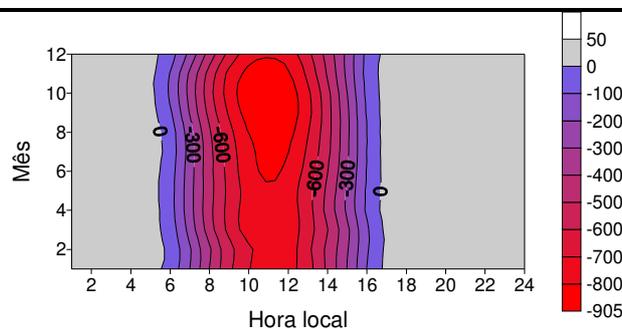


Figura 22: Evolução média horária mensal do balanço de radiação (expressão 14), para a região da bóia PIRATA em (0°N, 23°W).

Analisando-se a *Figura 22*, nota-se picos de até -900 W m^{-2} em horários próximos ao meio dia (hora local), entre os meses de julho a outubro. Os valores positivos durante a noite indicam que o oceano está perdendo calor (componente de $OL\uparrow$ predomina). Estes valores positivos não ultrapassam 50 W m^{-2} para a região da bóia B23W.

Na *Figura 23* segue a evolução média mensal negativa (durante o dia) e positiva (durante a noite) do balanço de radiação, para a bóia B23W.

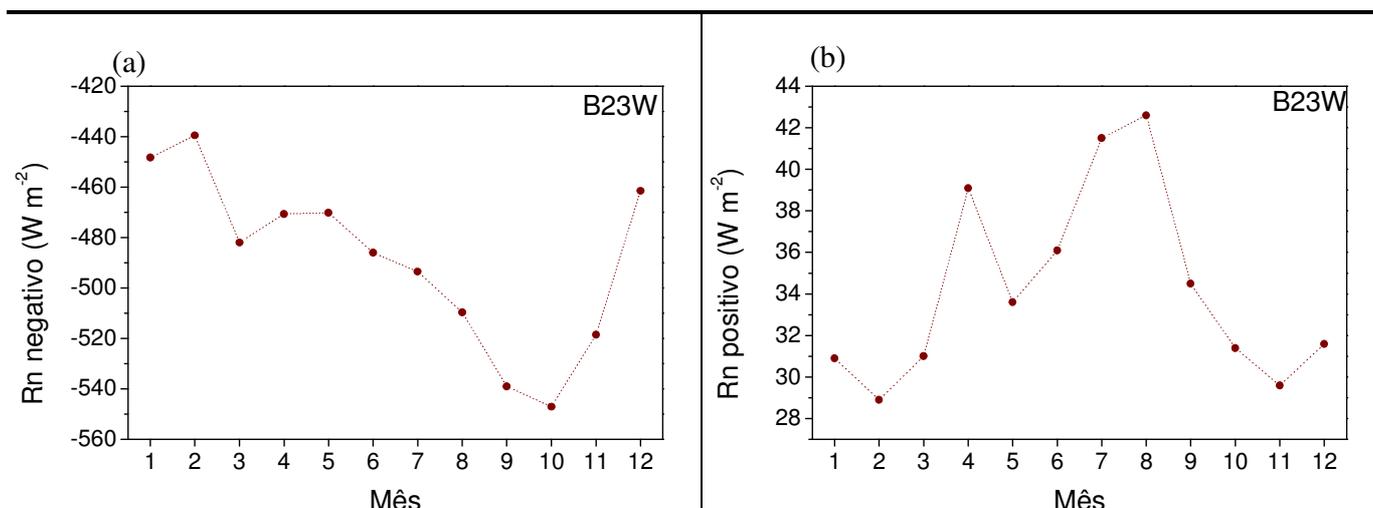


Figura 23: Evolução média mensal do balanço de radiação (a) negativo e (b) positivo, para a região da bóia PIRATA em (0°N , 23°W).

Na *Figura 23a*, nota-se que a intensidade do R_n negativo apresenta valores maiores no segundo semestre do ano, sendo que o pico de intensidade máxima ocorre em outubro e o menor valor médio ocorre em fevereiro. Este resultado é compatível com a evolução média mensal da $OC\downarrow$ (*Figura 11*), que também apresenta valores mais intensos no segundo semestre do ano. É importante lembrar que valores negativos de R_n ocorrem durante o dia, quando a componente descendente de OC predomina.

Analisando a *Figura 23b*, verifica-se que a média mensal do R_n positivo não ultrapassa 43 W m^{-2} . Os picos mais intensos ocorrem nos meses de julho e agosto, e os menores valores médios são observados nos meses de outubro a março. Valores positivos de R_n ocorrem durante a noite, quando a componente ascendente de OL predomina (superfície mais aquecida que a atmosfera).

10. Balanço de energia

Obteve-se a quantidade de calor armazenado/perdido pelo oceano como resíduo do balanço de energia, pela soma do balanço de radiação e dos fluxos de calor sensível e latente:

$$\text{resíduo} = R_n + H + LE \quad (15)$$

Como já citado neste relatório, os valores médios horários mensais dos fluxos de calor sensível e latente foram obtidos em um estudo anterior da aluna bolsista (Dutra, 2008).

Na *Figura 24* segue a evolução média horária mensal do calor armazenado/liberado pelo oceano, para a região da bóia PIRATA B23W, utilizando os anos de 1999 a 2007. Este resíduo não foi calculado para a bóia B35W (já que não há dados disponíveis de $OL\downarrow$ para esta região).

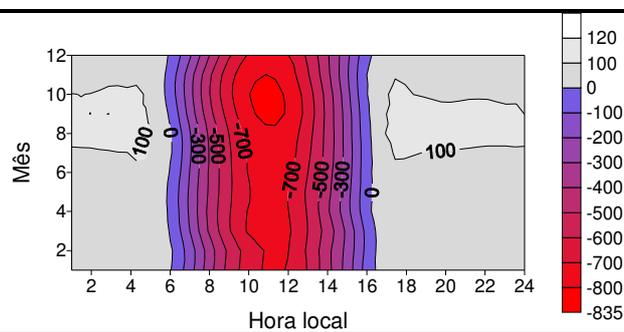


Figura 24: Evolução média horária mensal da quantidade de calor do oceano, para a região da bóia PIRATA em (0°N, 23°W).

Na *Figura 24*, valores negativos durante o dia indicam que o oceano está ganhando calor, ou seja, a componente de onda curta incidente na superfície predomina. Valores positivos durante a noite indicam que a componente de onda longa emitida pela superfície predomina, e o oceano está perdendo calor. Observam-se picos de até -835 W m^{-2} durante o dia e 120 W m^{-2} durante a noite, no segundo semestre do ano, entre os meses de julho a outubro.

Na *Figura 25* segue a evolução média mensal do resíduo negativo (dia) e positivo (noite) do balanço de energia, para a região da bóia B23W.

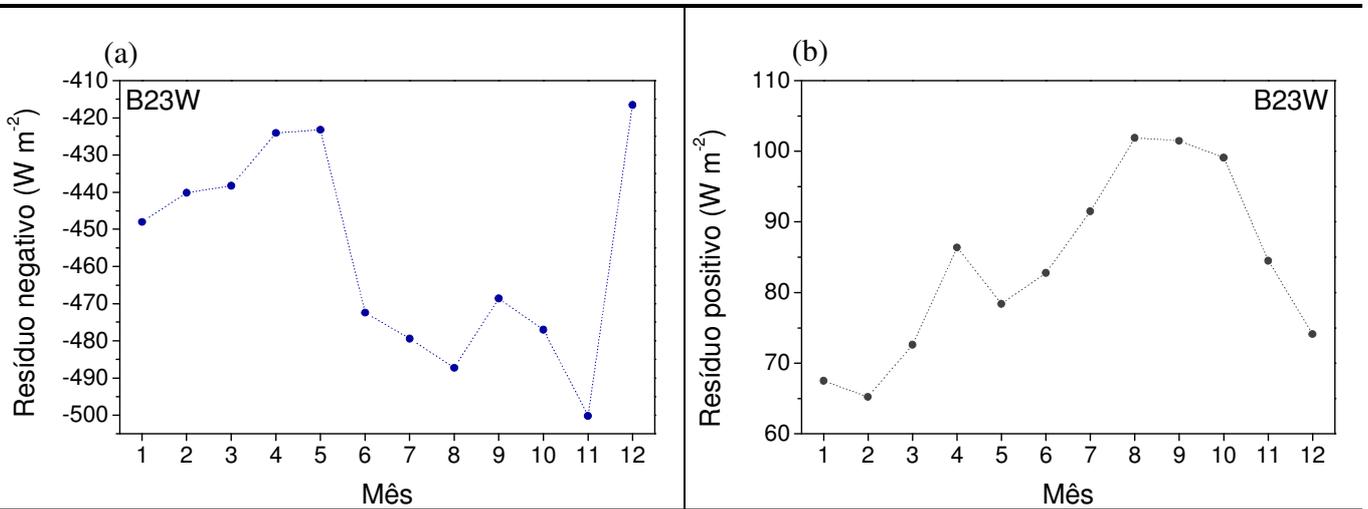


Figura 25: Evolução média mensal do resíduo (a) negativo e (b) positivo do balanço de energia para a região da bóia PIRATA B23W em ($0^{\circ}N$, $23^{\circ}W$).

Na *Figura 25a*, nota-se que a intensidade do resíduo negativo do balanço de energia é maior nos meses de junho a novembro e menor de dezembro a maio, sendo que os picos de intensidade máxima e mínima ocorrem respectivamente em novembro e dezembro; nestes meses, a amplitude de intensidade do resíduo negativo médio é de aproximadamente $80 W m^{-2}$.

Analisando a *Figura 25b*, verifica-se que a média mensal do resíduo positivo do balanço de energia não ultrapassa $105 W m^{-2}$. Os picos mais intensos ocorrem nos meses de julho a outubro, e os menores valores médios são observados em janeiro e fevereiro.

11. Conclusões

Neste relatório foram apresentados os resultados obtidos da análise das componentes do balanço de energia. A $OC\downarrow$ no TOA foi calculada, e foi possível realizar uma análise quantitativa dos dias de céu claro ocorridos nas regiões próximas ao ASPSP, a partir de dados disponíveis na internet.

Na análise dos dias de céu claro, verificou-se que nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro em que a ZCIT encontra-se em sua posição mais ao Sul (sobre a região de estudo), a quantidade dos dias de céu claro observados nas regiões das bóias PIRATA é menor, em comparação aos meses de junho, julho e agosto, nos quais a ZCIT encontra-se deslocada mais ao norte, longe da região das bóias. Os resultados obtidos em ambas as bóias (*Figura 5*) mostram que dias de céu claro são pouco frequentes na região estudada, representando menos que 1% do total.

O albedo teórico baseado na expressão de Fresnel foi estimado para ambas as regiões das bóias PIRATA, já que só havia dados disponíveis de $OC\downarrow$. Verificou-se valores maiores de albedo nos horários em que o ângulo zenital é maior. Para ângulos zenitais de até 40° , o albedo teórico é em média 0,02. É importante lembrar que a expressão teórica só é válida para dias de céu claro, o que é muito raro de se observar na região de estudo, conforme *Figura 5*.

A partir do albedo teórico, calculou-se a $OC\uparrow$ teórica, e a partir da TSM estimou-se a $OC\uparrow$ (equação de Stefan-Boltzman). Na análise da evolução média mensal das componentes radiométricas, os resultados obtidos para as duas bóias apresentaram-se semelhantes entre si.

A evolução média mensal do fluxo de calor latente (*Figura 20*) apresenta tendências em aumentar nos últimos meses do ano, e diminuir nos primeiros meses, em ambas as regiões das bóias PIRATA.

A transmissividade da atmosfera também foi estimada, a partir da $OC\downarrow$ observada na superfície e da $OC\downarrow$ no TOA. Na evolução média horária mensal, verificou-se que a

transmissividade é maior no segundo semestre do ano, o que já era esperado, uma vez que a $OC\downarrow$ durante este período também é maior.

Verificou-se que a TSM, a $OL\downarrow$ e a $OL\uparrow$ apresentam valores mais intensos no primeiro semestre do ano, enquanto que a $OC\downarrow$, a $OC\uparrow$, o R_n e o resíduo do balanço de energia apresentam valores mais intensos no segundo semestre do ano.

As intensidades da $OL\uparrow$ (*Figura 18*) foram sempre superiores às da $OL\downarrow$ (*Figura 16*) indicando que a TSM média é sempre maior que a temperatura média da atmosfera na região de estudo.

Na evolução média de R_n , verificou-se que durante a noite os valores de pico do balanço ocorrem em julho e agosto e não ultrapassam 43 W m^{-2} (*Figura 23b*). Durante o dia, os picos ocorrem nos horários próximos ao meio dia (hora local), chegando a aproximadamente -900 W m^{-2} entre os meses de julho a outubro (*Figura 22*).

Na análise do resíduo do balanço de energia, verificou-se que o oceano ganha (dia) e perde (noite) mais calor (valores negativos e positivos respectivamente) nos meses de julho a outubro, no segundo semestre do ano.

12. Referências

Citeau, J.; Berges, J.; Demarcq, H.; Mahé G., 1988. The watch of ITCZ migrations over tropical Atlantic as an indicator in drought forecast over Sahelian area. Ocean-Atmosphere Newsletter. 45:1-3.

Cogley JG. 1979. The albedo of water as a function of latitude. Monthly Weather Review 107: 775 – 781.

Dutra, 2008 – FluTuA – Fluxos Turbulentos sobre o Atlântico. Relatório de atividades do Programa Ensinar com Pesquisa.
http://www.iag.usp.br/meteo/labmicro/publicacoes/relatorios_tecnicos/Dutra&Soares_2_008-FluTuA_Fluxos_Turbulentos_sobre_o_Atlantico.pdf

Dutra, 2009 – Estudo do balanço de radiação sobre o oceano Atlântico tropical na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo. Relatório Final de Iniciação Científica - PIBIC/CNPq. Agosto de 2009.

http://www.iag.usp.br/meteo/labmicro/publicacoes/relatorios_tecnicos/Livia_relatorio-final_PIBIC_2009_Estudo_do_balanco_de_radiacao_sobre_o_oceano_Atlantico_tropical_na_regiao_do_arquipelago_de_Sao_Pedro_e_Sao_Paulo.pdf

Hastenrath S. and L. Heller, 1977: Dynamics of climate hazards in northeast Brazil. Q.J.R. Meteorol. Soc., 103, 77-92.

MacWhorter, M. A. and R. A. Weller, 1991: Error in Measurements of Incoming Shortwave Radiation Made from Ships and Buoys. J. Atmos. Oceanic Technol., 8, 108-117.

Nobre, C. A. e Molion, 1986: Climanálise Especial. Edição Comemorativa de 10 anos.

Peres, 2008 – Estudo do balanço de radiação sobre o oceano Atlântico Tropical na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Relatório final de iniciação científica. http://www.iag.usp.br/meteo/labmicro/publicacoes/relatorios_tecnicos/Jean_2008-Estudo_do_balanco_de_radiacao_sobre_o_oceano_Atlantico_tropical_na_regiao_do_ASPSP.pdf

Skielka, U. T. e Soares, J., 2006: Estudo das Condições Meteorológicas e Oceanográficas no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. In: XIV Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP, 2006, São Paulo.

Wainer, I., G. Clauzet, J. Servain, J. Soares, 2003: Time Scales of Upper Ocean temperature Variability Inferred from the PIRATA data (1997-2000). Geophysical Research Letters. 30 (5), 8004.

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).

13. Outras atividades

A seguir são descritas outras atividades acadêmicas realizadas durante a vigência da bolsa.

13.1 Disciplinas cursadas

- Hidrometeorologia – 8,3
- Laboratório de Meteorologia Sinótica – 9,0
- Meteorologia com Radar – 9,0

13.2 Participações em eventos

- Participação no XIII Simpósio de Iniciação Científica do IAG, com apresentação de trabalho em painel (*Anexo 1*).

Dutra, L.M.M. e Soares, J.; 2008: Caracterização dos fluxos turbulentos verticais de calor na interface ar-mar na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo. Anais do XIII Simpósio de Iniciação Científica do IAG/USP.

- Participação no 16° Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP-2008, com apresentação de trabalho em painel (*Anexo 2*).

Dutra, L.M.M. e Soares, J.; 2008: Estudo dos fluxos verticais turbulentos de calor na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Anais do 16° Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP. Novembro de 2008, São Paulo, SP (CDROM).

- Participação no XV Congresso Brasileiro de Meteorologia – XV CBMET, com apresentação de trabalho em painel (*Anexo 3*).

Dutra, L.M.M. e Soares J., 2008: Estimativa dos fluxos turbulentos verticais de calor na superfície do oceano Atlântico. Anais do XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo SP, Agosto de 2008.

- Participação no XIV Simpósio de Iniciação Científica do IAG, com apresentação de trabalho em painel (*Anexo 4*).

Dutra, L.M.M. e Soares, J.; 2009: Balanço de radiação sobre o oceano Atlântico tropical na região do arquipélago de São Pedro e São Paulo. Anais do XIV Simpósio de Iniciação Científica do IAG/USP.

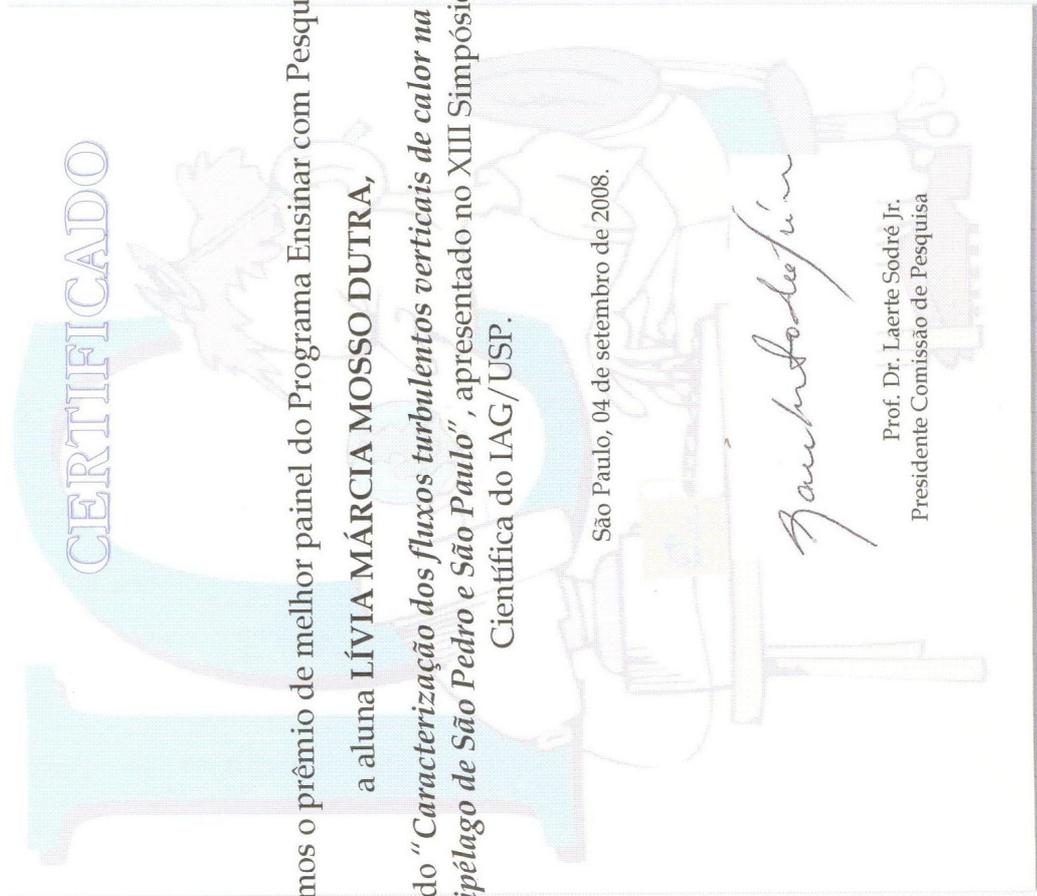
- Participação no 17º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP – SIICUSP-2009, com apresentação de trabalho em painel (*Anexo 5*).

Dutra, L.M.M. e Soares, J.; 2009: Estudo das componentes radiométricas sobre o oceano Atlântico tropical. Anais do 17º Simpósio Internacional de Iniciação Científica da USP. Novembro de 2009, São Paulo, SP (CDROM).

13.3 Prêmios recebidos

- Prêmio de melhor painel na categoria Ensinar com Pesquisa (*Anexo 1*).
- Prêmio de melhor painel na categoria de Ciências Atmosféricas (*Anexo 4*).

Anexo 1



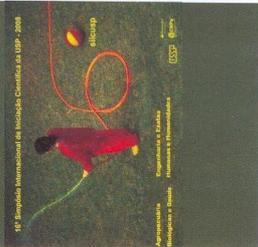
Conferimos o prêmio de melhor painel do Programa Ensinar com Pesquisa

a aluna **LÍVIA MÁRCIA MOSSO DUTRA,**

pelo trabalho intitulado “*Caracterização dos fluxos turbulentos verticais de calor na interface ar-mar na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo*”, apresentado no XIII Simpósio de Iniciação Científica do IAG/USP.

São Paulo, 04 de setembro de 2008.

Prof. Dr. Laerte Sodré Jr.
Presidente Comissão de Pesquisa



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO Simposio Internacional de Iniciação Científica da USP

Certificado

Certificamos que *Livia Márcia Mosso Dutra* participou do 16º Simposio Internacional de Iniciação Científica da USP - SIICUSP com o trabalho "*Estudo dos fluxos verticais turbulentos de calor na região do Arquipélago de São Pedro e São Paulo*", com a colaboração de -- e orientação do(a) Prof(a). Dr(a) *Jacyra Soares*, na área de Ciências Exatas e Engenharias, realizado nos dias 05, 06 e 07 de novembro de 2008, na Escola Politécnica - EP, campus de São Paulo, SP.

São Paulo, 05 de novembro de 2008

Prof. Dra. Mayana Zatz
PRO-REITORA DE PESQUISA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Prof. Dra. Maria Angelica Miglino
PRESIDENTE DA COMISSÃO COORDENADORA DO
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP

Anexo 3



XV CBMET
CONGRESSO
BRASILEIRO DE
METEOROLOGIA

Certificado



Tipo de Participação
Pôster

Certificamos que o trabalho,
**ESTIMATIVA DOS FLUXOS TURBULENTOS VERTICAIS DE CALOR NA
SUPERFÍCIE DO OCEANO ATLÂNTICO**

de autoria de:

Livia Marcia Mosso Dutra, Jacyra Ramos Soares

foi apresentado no XV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, realizado em São Paulo, SP – Brasil, entre os dias 24 e 29 de agosto de 2008.

24 a 29
agosto
2008
São Paulo - SP


Maria Gertrudes Alvares Justi da Silva
Presidente da SBMET


Pedro Leite da Silva Dias
Diretor Científico da SBMET

CERTIFICADO

O INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS
ATMOSFÉRICAS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
TEM O PRAZER DE CONFERIR O PRESENTE CERTIFICADO A

Livia Márcia Mosso Dutra

PELA APRESENTAÇÃO DO

MELHOR TRABALHO EM CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS

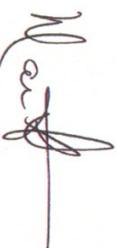
NO XIV SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IAG,

REALIZADO EM 21 E 22 DE MAIO DE 2009.

SÃO PAULO, 22 DE MAIO DE 2009.



PROF. DR. TÉRCIO AMBRIZZI
PRESIDENTE COMISSÃO DE PESQUISA



PROFA. DRA. MARCIA ERNESTO
DIRETORA DO IAG

Anexo 5



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

A PRÓ-REITORA DE PESQUISA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO,
CERTIFICA QUE

LÍVIA MÁRCIA MOSSO DUTRA

PARTICIPOU DO



**17º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA**



COM O TRABALHO
"ESTUDO DAS COMPONENTES RADIOMÉTRICAS SOBRE O
OCEANO ATLÂNTICO TROPICAL" - ENGENHARIAS E EXATAS
SOB ORIENTAÇÃO DO PROFA. DRA. JACYRA SOARES
REALIZADO NOS DIAS 09, 10 E 11 DE NOVEMBRO DE 2009.

SÃO CARLOS, 11 DE NOVEMBRO DE 2009.


PRÓ-REITORA DE PESQUISA
MAYANA ZATZ




PRESIDENTE DA COMISSÃO
COORDENADORA DO PROGRAMA DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
MARIA INES ROCHA MIRITELLO
SANTORO