



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS
ATMOSFÉRICAS - IAG

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS - ACA

RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES DE PESQUISA DE INICIAÇÃO
CIENTÍFICA

Investigação preliminar do balanço de radiação médio mensal na superfície da região Antártica da Estação Brasileira Comandante Ferraz

Autor:
Athos Mekanna Moraes

Orientador:
Dra. Jacyra Soares

Bolsa CNPq: 111065/2013-5

Período: Abril a Julho de 2013

e-mail: athos.moraes@usp.br

Sumário

1	Introdução	2
2	Objetivos	3
2.1	Objetivos específicos	3
3	Metodologia	3
4	Análises	4
4.1	Tratamento de dados	4
5	Resultados	4
5.1	Radiação de onda curta	4
5.2	Radiação de onda longa	5
5.3	Balanco de radiação	6
6	Conclusão	6
7	Referência bibliográfica	7
8	Atividades acadêmicas desenvolvidas no período	8
8.1	Disciplinas cursadas	8
8.2	Participação em eventos científicos com apresentação de trabalho . . .	8
9	Anexos	8
9.1	Anexo 1: Valores médios mensais de radiação incidente	8
9.2	Anexo 2: Valores médios mensais de radiação de onda curta refletida	9
9.3	Anexo 3: Valores médios mensais de radiação de onda longa emitida pela superfície	9
9.4	Anexo 4: Valores médios mensais de radiação de onda longa emitida pela atmosfera	9

1 Introdução

A Antártica é a região do planeta mais preservada e uma das mais vulneráveis às mudanças ambientais globais e por isso, alterações no meio ambiente Antártico, natural ou causado pelo homem, tem o potencial de provocar impactos biológicos e sócio-econômicos que podem afetar o sistema terrestre como um todo. Por ser parte integrante e essencial do sistema ambiental global, a região Antártica não só exporta sinais climáticos, afetando o clima global, mas também importa sinais climáticos globais, sofrendo suas consequências.

Para tanto, o monitoramento do sistema atmosférico desta região é fundamental para avaliar suas mudanças, o que é feito coletando dados ambientais continuamente, com qualidade controlada e por um longo período de tempo, permitindo-nos uma avaliação mais precisa de implicações futuras.

Em fevereiro de 2011, iniciou-se o projeto “Estudo da Turbulência na Antártica (ETA)”, coordenado pela Prof.a Dra Jacyra Soares, onde se pretendeu coletar dados meteorológicos em altas e baixas frequências na região da Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz (EACF).

A EACF encontra-se na Ilha Rei George, no Arquipélago das Shetlands do Sul, na Península Antártica ($62^{\circ}05'07''S$, $58^{\circ}23'33''W$) (Figura 1). O arquipélago está situado a 130 km do continente Antártico e a 849 km do ponto mais ao sul do continente americano (Cabo Horns).



Figura 1: Região de estudo

Os dados das componentes do balanço de radiação, de março de 2011 a fevereiro de 2012, foram coletados como parte do projeto ETA. Para tanto foram utilizados um piranômetro, um pirgeômetro e um saldo radiômetro da Kipp-Zonnen, instalados em uma torre de 12 metros de altura (torre sul), a 1,85m e 3,4m de altura da superfície. A torre está ilustrado na Figura 2.

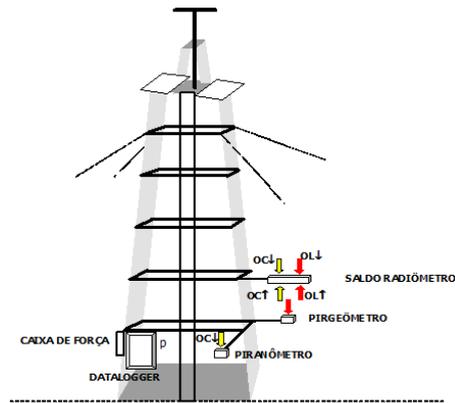


Figura 2: Esquema de montagem da torre sul, utilizada para os instrumentos

2 Objetivos

Medidas diretas de componentes do balanço de radiação, em diferentes superfícies, são importantes para estudos diagnóstico e prognóstico das alterações climáticas e para o monitoramento ambiental (Soares *et al.*, 2012; Ferreira *et al.*, 2012; van den Broeke *et al.*, 2004).

O objetivo principal desse período de Bolsa foi o de dar continuidade ao projeto ETA, descrevendo e analisando o balanço de radiação médio mensal na região da EACF, com dados observados in situ no período de março de 2011 a fevereiro de 2012.

2.1 Objetivos específicos

Utilizando os dados coletados in situ, foram realizados os seguintes objetivos específicos:

- Aprender programação em linguagem Fortran;
- Tratar os dados observacionais de onda curta e onda longa do Projeto ETA;
- Estimativa da variação mensal do balanço de radiação na região da EACF.

3 Metodologia

No âmbito deste trabalho serão utilizados os seguintes símbolos:

- $OC \downarrow$ - Radiação de onda curta incidente na superfície;
- $OC \uparrow$ - Radiação de onda curta refletida pela superfície;
- $OL \downarrow$ - Radiação de onda longa emitida pela atmosfera;
- $OL \uparrow$ - Radiação de onda longa emitida pela superfície.

Os dados coletados in situ, das componentes de radiação de onda curta e longa, permitem a estimativa do balanço de radiação sobre a região (R_{net}), o qual pode ser escrito como (Stull, 1988):

$$R_{net} = OC \uparrow + OC \downarrow + OL \uparrow + OL \downarrow \quad (1)$$

As médias mensais foram estimadas utilizando dados obtidos in situ. Neste trabalho, foram utilizados exclusivamente dados do saldo radiômetro (modelo CNR4), que os coleta com uma frequência de 0,05 Hz e posteriormente realiza a média dos dados coletados a cada 5 min.

Os cálculos foram efetuados utilizando um programa em linguagem Fortran e os gráficos foram plotados utilizando o programa QtiPlot para plataforma Linux.

4 Análises

4.1 Tratamento de dados

Foi necessária a realização de uma filtragem nos dados coletados in situ pois no ambiente antártico os sensores estão sujeitos a diversas perturbações, como formação de gelo sobre as cúpulas do sensor, reflexão múltipla devido ao solo com alto albedo e a base das nuvens e outros fatores (Ruman, 2012)

Foi escrito um programa simples em linguagem Fortran que recebe os dados do saldo radiômetro, já filtrados, e separa as variáveis necessárias ao cálculo do balanço de radiação, conforme (1). Estes dados foram então trabalhados em outro programa, também em linguagem Fortran, dessa vez para o cálculo da média mensal de $OC \downarrow$, $OC \uparrow$, $OL \downarrow$ e $OL \uparrow$.

5 Resultados

São apresentados a seguir os resultados obtidos pela análise de OC e OL .

5.1 Radiação de onda curta

Radiação de onda curta é energia radiante que possui comprimentos de onda no visível, infra-vermelho próximo (NIR) e ultra-violeta (UV), variando entre $0,1\mu m$ e $5,0\mu m$ (Zhang *et al.*, 2004)

O balanço de radiação de onda curta, ou onda curta líquida, pode ser calculado pela seguinte relação (Stull, 1988):

$$OC_{net} = OC \uparrow + OC \downarrow \quad (2)$$

Portanto, os dados de fluxo de ($OC \downarrow$) e ($OC \uparrow$) que foram coletados pelo saldo radiômetro, tratados e posteriormente utilizados no cálculo da média mensal de $OC \downarrow$ (Anexo 1) e $OC \uparrow$ (Anexo 2), são utilizados no cálculo do fluxo líquido de radiação de onda curta (2) na superfície da região de estudo. Na figura 3, a radiação total está representada pela curva em verde (OC_{net}).

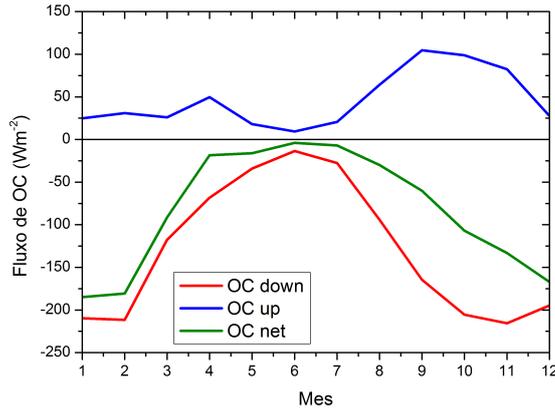


Figura 3: Valores médios mensais de onda curta.

O gráfico da figura 3 representa as médias mensais de $OC \downarrow$, $OC \uparrow$ e OC_{net} .

Sua grande variação ao longo do ano se deve ao fato de que a EACF está situada em alta latitude, sendo que no inverno, principalmente, a incidência de luz solar é mínima.

O pico na curva de $OC \uparrow$, em azul (Figura 3), que vemos iniciar-se em setembro e gradativamente decrescer, se deve ao fato de que a reflexão é muito grande nos períodos em que há um aumento de incidência de luz solar e ainda há cobertura de neve na região (Ruman, 2012).

5.2 Radiação de onda longa

A radiação de onda longa é a energia, na forma de radiação infravermelha, presente na superfície da terra, na atmosfera e nas nuvens. Seu comprimento de onda varia entre $4\mu m$ e $40\mu m$ (Susskind *et al.*, 1965).

Em benefício da didática, a radiação de onda longa é dividida em onda longa emitida pela atmosfera e onda longa emitida pela superfície.

Do mesmo modo que a radiação líquida de onda curta, a radiação líquida de onda longa pode ser calculada de acordo com a seguinte relação (Stull, 1988):

$$OL_{net} = OL \uparrow + OL \downarrow \quad (3)$$

Os dados de radiação de onda longa obtidos pelo saldo radiômetro da EACF e posteriormente tratados (ver anexos 3 e 4), permitem estimar a média mensal do fluxo de OL no decorrer do ano (Figura 4).

O balanço de radiação, de acordo com (3), mostra que a variação de OL no decorrer do ano é mínima e da ordem de $50 Wm^{-2}$.

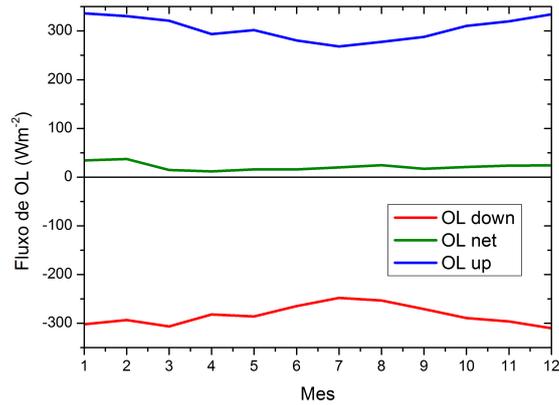


Figura 4: Valores médios mensais de onda longa.

A variação da média diária de $OL \uparrow$ entre maio e novembro se deve ao acúmulo de neve e sua remoção pelo vento ou derretimento. Nota-se também que OL_{net} é menor no inverno, principalmente por conta dos efeitos de inversão térmica (van den Broeke et al.,2004).

5.3 Balanço de radiação

Calculadas as médias mensais de OC e OL , de acordo com (1) obtemos a radiação líquida na região de estudo (Figura 5).

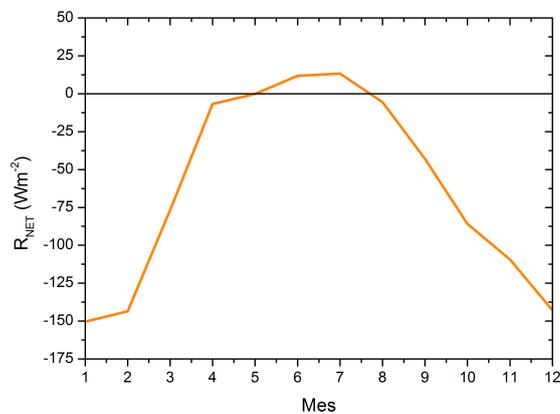


Figura 5: Valores médios mensais de Radiação líquida.

Da análise gráfica verifica-se que a região perde energia entre junho e agosto, devido ao período de inverno, e durante o verão (dezembro e janeiro) o ganho de energia é máximo da ordem de $|150|Wm^{-2}$.

6 Conclusão

Neste relatório foi apresentado o estudo do balanço de radiação com os dados do projeto ETA, obtidos in situ na EACF, no período de março de 2011 até fevereiro de 2012.

Esforços foram concentrados no aprendizado da programação em linguagem Fortran, necessária à execução deste trabalho.

Verifica-se que o balanço de onda longa não varia muito com o decorrer do ano, sendo que, em geral, a emissão de onda longa líquida é menor do que 50 Wm^{-2} (Figura 4).

De Maio a Agosto o balanço de radiação é negativo, implicando que a região perde energia durante esses meses. O ganho máximo de energia na região, cerca de 50 Wm^{-2} , ocorre, conforme esperado, nos meses de verão.

Os menores valores de OCNET, $OC \downarrow$ e $OC \uparrow$ são encontrados nos meses de maio/junho/julho (Figura 3). A região investigada, durante a maior parte do ano ganha energia, sofrendo sua perda de Maio a de Agosto (Figura 6).

7 Referência bibliográfica

Zhang, Y-C., Rossow W.B., Lacis A.A., Oinas V., and Mishchenko M.I., 2004: Calculation of radiative fluxes from the surface to top of atmosphere based on IS-CCP and other global data sets: Refinements of the radiative transfer model and the input data. *J. Geophys. Res.*, 109, (27 pp).

Ruman C.J. and Soares J., 2012: Estudo das propriedades radiométricas na região Antártica. Technical report, (14 pp).

Ferreira, M.J., Oliveira, A.P., Soares, J., Codato, G., Bárbaro E.W. and Escobedo J.F., 2012: Radiation balance at the surface in the City of São Paulo, Brazil. Diurnal and seasonal variations. *Theoretical and applied climatology*, 107(1-2), pp 229-246

Soares, J., Oliveira, A.P., Codato, G. and Escobedo, J.F., 2012: Local and Regional Features of Surface Radiation Fluxes Over the Tropical Atlantic Ocean Near Sao Pedro and Sao Paulo Archipelago: Evidence of Small Scale Upwelling. *Nature Environment and Pollution Technology*, 11(4), pp 541-548.

Stull, R. B., 1988: *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*, xiii + 666 pp. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.

van den Broeke, M., Reijmer, C., and Van de Wal, R., 2004: Surface radiation balance in Antarctica as measured with automatic weather stations, *J. Geophys. Res.*, 109, D09103.

Susskind, J., Molnar, G., Iredell, L., 2011: *Contributions to Climate Research Using the AIRS Science Team Version-5 Products*". NASA. Goddard Space Flight Center. Retrieved 14 September 2011.

8 Atividades acadêmicas desenvolvidas no período

8.1 Disciplinas cursadas

Disciplina	Nota
Astronomia: Uma Visão Geral I	6.3
Astronomia de Posição	5.8
Fundamentos de Astronomia	7.8
Manobras Orbitais	7.5
Introdução à Computação para Ciências Exatas e Tecnologia	6.3
Cálculo Diferencial e Integral III	6.2
Física II	6.9

Créditos acumulados no semestre	28
---------------------------------	----

8.2 Participação em eventos científicos com apresentação de trabalho

Moraes A.M., Soares J., 2013: Investigação preliminar do balanço de radiação médio mensal na superfície da região da Base Brasileira da Antártica. XVIII Simpósio De Iniciação Científica IAG. 23 de agosto de 2013. IAG-USP. São Paulo.

9 Anexos

9.1 Anexo 1: Valores médios mensais de radiação incidente

Onda	Mês	Radiação em Wm^{-2}	Número de dados
$OC \downarrow$	Janeiro	-162.77	8720
$OC \downarrow$	Fevereiro	-144.44	6824
$OC \downarrow$	Março	-117.39	4459
$OC \downarrow$	Abril	-68.15	3360
$OC \downarrow$	Maio	-34.19	2834
$OC \downarrow$	Junho	-13.50	2154
$OC \downarrow$	Julho	-27.47	2619
$OC \downarrow$	Agosto	-94.13	3363
$OC \downarrow$	Setembro	-164.58	4452
$OC \downarrow$	Outubro	-205.57	5539
$OC \downarrow$	Novembro	-215.52	6340
$OC \downarrow$	Dezembro	-194.72	7366

9.2 Anexo 2: Valores médios mensais de radiação de onda curta refletida

Onda	Mês	Radiação em Wm^{-2}	Número de dados
OC ↑	Janeiro	18.26	8720
OC ↑	Fevereiro	20.73	6708
OC ↑	Março	26.12	3764
OC ↑	Abril	49.69	3351
OC ↑	Maiο	18.06	3098
OC ↑	Junho	9.48	2396
OC ↑	Julho	20.59	2701
OC ↑	Agosto	64.21	3432
OC ↑	Setembro	104.63	4765
OC ↑	Outubro	98.70	5715
OC ↑	Novembro	82.40	6459
OC ↑	Dezembro	27.70	7208

9.3 Anexo 3: Valores médios mensais de radiação de onda longa emitida pela superfície

Onda	Mês	Radiação em Wm^{-2}	Número de dados
OL ↑	Janeiro	336.21	8720
OL ↑	Fevereiro	330.40	6994
OL ↑	Março	321.00	8867
OL ↑	Abril	293.63	8596
OL ↑	Maiο	301.96	8850
OL ↑	Junho	280.49	8630
OL ↑	Julho	268.19	8926
OL ↑	Agosto	277.71	8928
OL ↑	Setembro	287.98	8631
OL ↑	Outubro	310.51	8835
OL ↑	Novembro	319.79	8619
OL ↑	Dezembro	334.27	8904

9.4 Anexo 4: Valores médios mensais de radiação de onda longa emitida pela atmosfera

Onda	Mês	Radiação em Wm^{-2}	Número de dados
OL ↓	Janeiro	-301.81	8720
OL ↓	Fevereiro	-293.21	6994
OL ↓	Março	-306.46	8867
OL ↓	Abril	-281.85	8596
OL ↓	Maiο	-285.98	8850
OL ↓	Junho	-264.61	8630
OL ↓	Julho	-247.96	8926
OL ↓	Agosto	-253.25	8928
OL ↓	Setembro	-270.97	8631
OL ↓	Outubro	-289.49	8835
OL ↓	Novembro	-296.12	8619
OL ↓	Dezembro	-310.04	8904