

Relatório parcial de atividades de pesquisa de
iniciação científica/PIBIC

**Estudo do fluxo turbulento de calor sensível na
região da Estação Antártica Brasileira Comandante
Ferraz**

Aluna: Paola Gimenes Bueno

e-mail: paola.bueno@usp.br

Orientadora: Jacyra Soares

Agência Financiadora: CNPq

Processo: 157406/2012-1

Período: Setembro de 2012 a Fevereiro de 2013

Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG-USP)
Departamento de Ciências Atmosféricas

Fevereiro de 2013

Índice

1. Introdução	3
2. Objetivo	4
3. Região de estudo.....	5
4. Metodologia	6
5. Resultados e discussão	7
6. Considerações finais e etapas futuras	12
7. Referências	13
8. Outras atividades acadêmicas desenvolvidas no período	13
Anexo 1	14

1. Introdução

A Antártica é um dos continentes mais frios, mais secos, com a maior média de altitude e de maior índice de ventos fortes do planeta, conhecido também como um grande deserto polar pela baixa taxa de precipitação no interior do continente. Essas características peculiares fazem com que a região da Antártica seja o principal regulador térmico do planeta, controlando as circulações atmosféricas e oceânicas e afetando o clima global. Estas também tornam essa região a mais sensível do planeta às variações climáticas, permitindo que se detecte, precocemente, a resposta do ambiente às mudanças globais.

Devido as difíceis condições climáticas e ao Tratado da Antártica (1959), não há população permanente, somente uma população provisória de cientistas. As pesquisas científicas na região têm ganhado grande importância na compreensão das alterações climáticas e ambientais nas regiões polares.

Um dos aspectos importantes nestes estudos sobre as mudanças climáticas é a transferência de energia entre a superfície e a atmosfera adjacente (Smith,1989). De acordo com Arya (2001) existem, basicamente, quatro tipos de fluxos de energia em uma superfície ideal: (i) o fluxo de radiação líquida na superfície, (ii) fluxo de calor sensível, (iii) fluxo de calor latente, e (iv) fluxo de calor no solo.

O fluxo de calor sensível surge como resultado da diferença das temperaturas da superfície e da camada de ar acima desta. Este fluxo normalmente é direcionado no sentido superfície-atmosfera durante o dia, quando a superfície está mais quente que o ar acima e o contrário ocorre durante o período da noite. Portanto, o fluxo de calor é proporcional ao gradiente de temperatura. (Arya, 2001).

Este projeto de iniciação científica se encaixa dentro do Projeto “Estudo da Turbulência na Antártica (ETA)”, coordenado pela Profa Dra Jacyra Soares, pertencente ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Antártico de Pesquisas Ambientais (INCT-APA). Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos pelo projeto “Meteorologia na EACF” (<http://antartica.cptec.inpe.br/>) que iniciou suas atividades no verão de 1984/85 na Estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz (EACF).

2. Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é estimar o fluxo turbulento de calor sensível na região da EACF, com ênfase na investigação das mudanças climáticas.

Nesta primeira fase do projeto de pesquisa foi enfatizado o aprendizado da linguagem de programação Fortran, para a criação de um programa para tratamento dos dados a serem utilizados para a estimativa futura do fluxo de calor sensível. A utilização desse programa Fortran permitiu a criação de gráficos de temperatura do ar, temperatura da superfície e velocidade do vento.

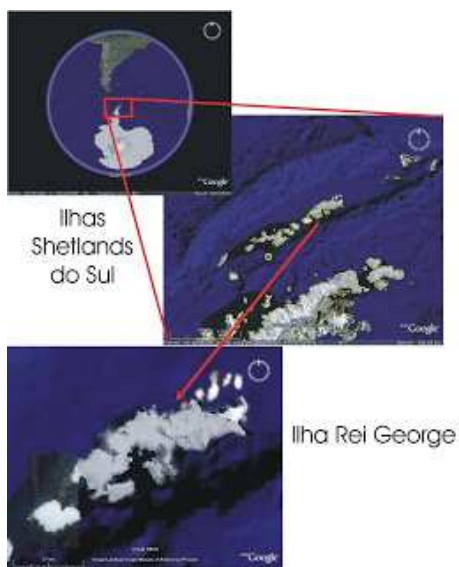
Na próxima etapa do trabalho pretende-se:

- Realizar o tratamento dos dados de 1998 a 2010 para a obtenção do fluxo turbulento de calor.
- Comparar a evolução diurna do fluxo turbulento de calor com outros estudos semelhantes disponíveis na literatura.

3. Região de estudo

A Estação Antártica Comandante Ferraz ($62^{\circ}05'S$, $58^{\circ}24'W$) foi inaugurada no dia 6 de fevereiro de 1984 na Península de Keller, na Baía do Almirantado da Ilha Rei George, arquipélago das Ilhas Shetland do Sul.

(a)



(b)



Figura 1: Localização da (a) Ilha Rei George e (b) da EACF na Ilha Rei George.

O nome da estação homenageia um comandante da marinha brasileira, Luís Antônio de Carvalho Ferraz, um hidrógrafo e oceanógrafo que visitou o continente por duas vezes e desempenhou um importante papel ao persuadir o Brasil a desenvolver um projeto antártico (o PROANTAR).

A Ilha Rei George, onde está localizada a estação, possui uma calota de gelo permanente que cobre cerca de 95% da ilha, esta calota desliza em direção a Baía do Almirantado formando diversas geleiras e icebergs que flutuam nas águas (<http://www.mar.mil.br/secirm/proantar.htm>).

4. Metodologia

Com a utilização da linguagem Fortran, foi criado um programa para o tratamento dos dados obtidos pelo projeto “Meteorologia na EACF”, criando um formato de arquivo padrão com alguns dos dados coletados entre 1998 e 2010 (Anexo 1). O arquivo padrão contém as variáveis: pressão atmosférica, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, umidade relativa do ar, velocidade do vento, radiação de onda curta incidente na superfície e temperatura da superfície.

A estimativa do fluxo de calor sensível depende, entre outros parâmetros, da temperatura do ar, temperatura da superfície e da velocidade do vento, conforme equação (1). Dessa forma, foram feitos gráficos dessas variáveis para todo o ano de 2010, utilizando o programa Origin, para primeiras análises e comparações.

O fluxo de calor sensível (H_0) pode ser obtido utilizando equações tipo Bulk (Stull, 1988):

$$H_0 = -\rho_0 c_p C_H u (T_{ar} - T_{superfície}) \quad (1)$$

Onde, ρ_0 é a densidade do ar, c_p é o calor específico do ar a pressão constante ($1004 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$), C_H é o coeficiente aerodinâmico de transferência (Smith, 1989), u é a velocidade do vento (m s^{-1}), T_{ar} e $T_{superfície} (^{\circ}\text{C})$ representam, respectivamente, a temperatura do ar e da superfície.

5. Resultados e discussão

Para o ano de 2010, e para os meses de janeiro e julho deste ano, foram feitos gráficos de temperatura do ar e da superfície, e gráficos da velocidade do vento.

Na evolução temporal das temperaturas de janeiro de 2010 (Figura 2) podem-se observar temperaturas mais elevadas, principalmente a temperatura de superfície, que atinge um valor máximo de 25.4°C , mínimo de -1.9°C e uma média mensal de 1.9°C , o que caracteriza um típico mês de verão com incidência de onda curta durante praticamente todo o dia. Já o ciclo diurno da temperatura do ar é menor, apresentando um valor máximo de 6.2°C , mínimo de -2.7°C e uma média mensal de 0.7°C (Figura 2).

Pode-se observar que a temperatura máxima da superfície é atingida normalmente no horário da tarde, entre as 15 e 16 horas, isso porquê, de acordo com Arya (2001), a temperatura máxima da superfície é atingida, tipicamente, uma ou duas horas depois da hora de máxima insolação, enquanto a temperatura mínima é atingida no início do dia.

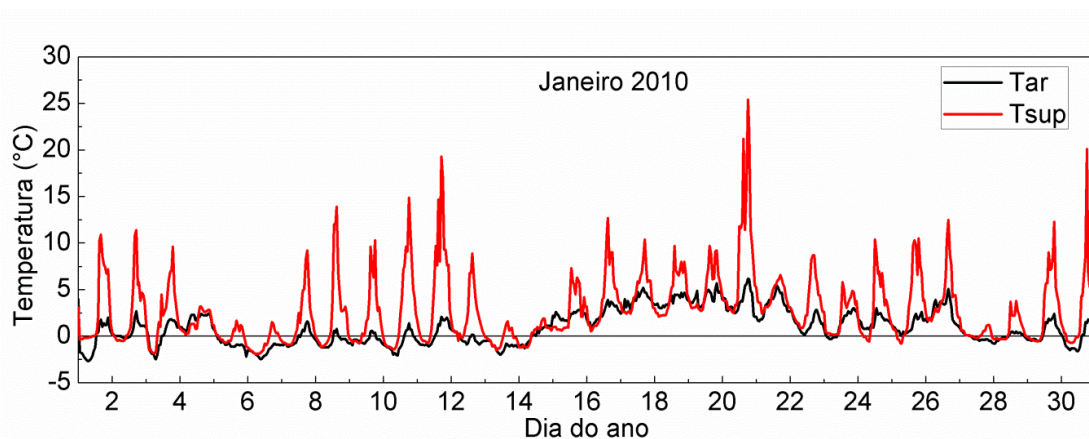


Figura 2-Variação temporal da temperatura do ar (em preto) e da temperatura da superfície (em vermelho) durante o mês de janeiro de 2010.

Em julho (Figura 3) observam-se temperaturas bem menores do que janeiro (Figura 2) por ser um mês de inverno e haver, comparativamente, pouca radiação solar. A temperatura do ar neste mês apresenta uma maior amplitude térmica, tendo um valor máximo de 6.3°C , mínimo de -16.2°C e média mensal de -3.3°C . A temperatura da superfície chega a um valor máximo de -0.3°C , mínimo de -12.8°C e média mensal de -3.4°C .

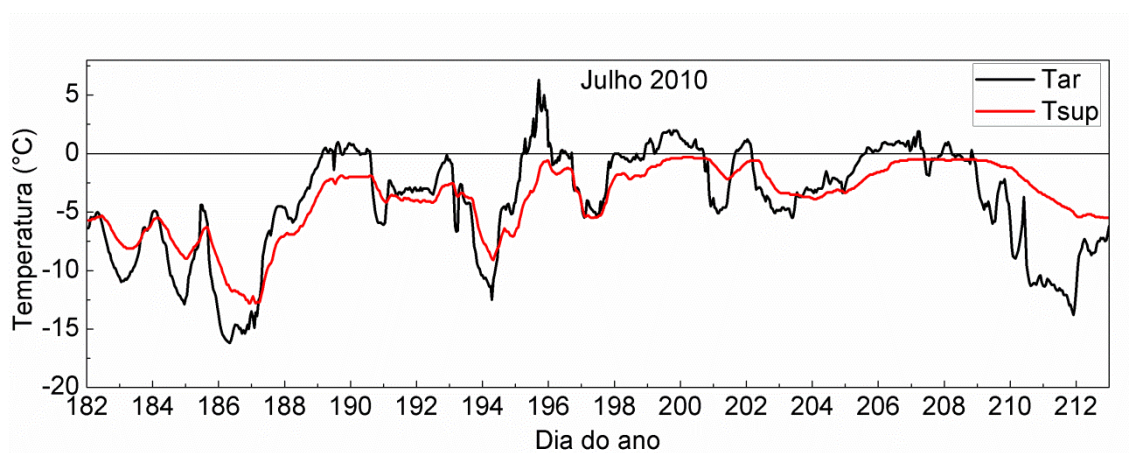


Figura 3- Variação temporal da temperatura do ar (em preto) e da temperatura da superfície (em vermelho) durante o mês de julho de 2010.

A variação temporal das temperaturas, para todo o ano de 2010 (Figura 4) evidencia as estações do ano, com o inverno e o verão nitidamente marcados. Durante o verão a superfície absorve mais radiação de onda curta, atingindo, então maiores temperaturas e transferindo parte deste calor adquirido para as camadas adjacentes da atmosfera. Contudo no inverno, como a radiação solar por dia é pequena (Ruman, 2012), a superfície perde mais calor para atmosfera durante quase todo o período, registrando temperaturas bem menores que as registradas no período de verão.

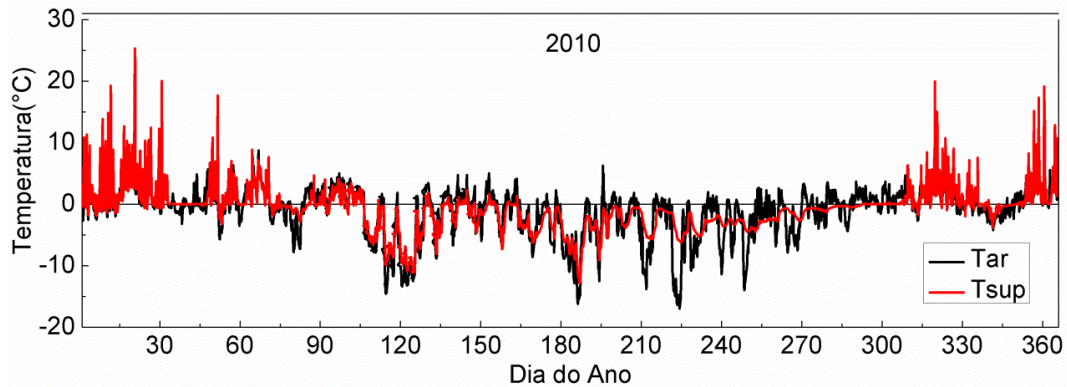


Figura 4- Variação temporal da temperatura do ar (em preto) e da temperatura da superfície (em vermelho) durante o ano de 2010.

Com relação ao vento, no mês de janeiro (Figura 5) verifica-se um valor máximo de 22 m s^{-1} , mínimo de 0 m s^{-1} e média mensal de 5.6 m s^{-1} , o que mostra uma forte variação na velocidade do vento.

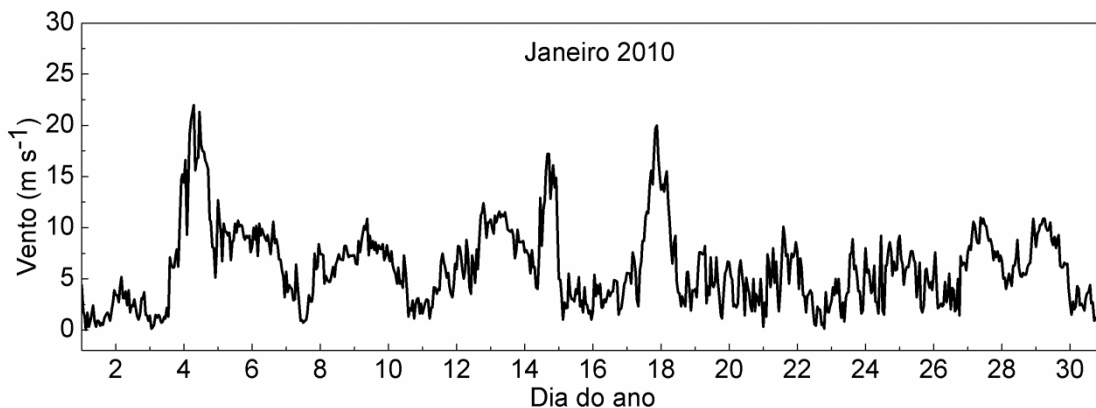


Figura 5-Variação temporal da velocidade do vento durante o mês de janeiro de 2010.

Em janeiro, a maioria dos dados obtidos de velocidade do vento, no total de 744 dados, mostram que os ventos ficaram entre 2 e 4 m s^{-1} . Isso se verifica no histograma criado a partir destes dados (Figura 6).

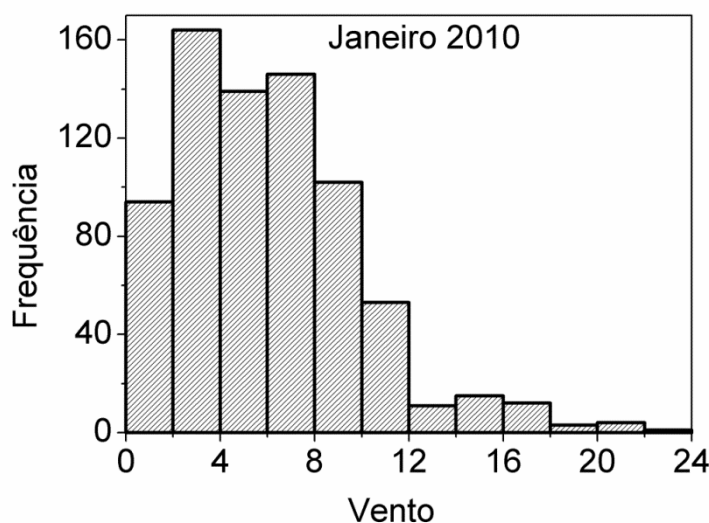


Figura 6- Histograma da velocidade do vento. Janeiro de 2010.

Em julho (Figura 7) o valor máximo registrado foi de 26.1 m s^{-1} , mínimo de 0.2 m s^{-1} e com uma média mensal de 7 m s^{-1} . Houve maior variação da velocidade do vento nesse mês, comparado a janeiro (Figura 5) com rajadas mais fortes.

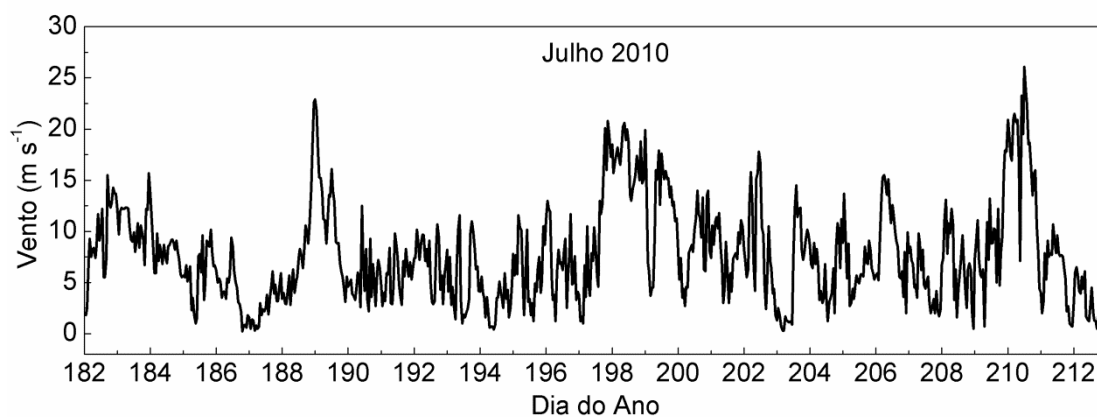


Figura 7- Variação temporal da velocidade do vento durante o mês de julho de 2010.

No histograma feito com os 744 dados de julho, verifica-se que cerca de 36% das velocidades dos ventos estão entre $4 \text{ e } 8 \text{ m s}^{-1}$ (Figura 8).

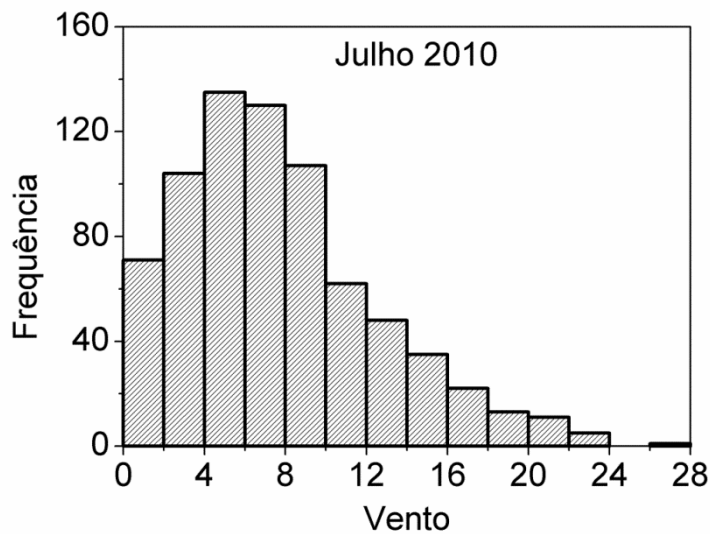


Figura 8- Histograma da velocidade do vento. Julho de 2010.

Em uma visão geral do ano de 2010 (Figura 9), observa-se uma grande variação de velocidade do vento no local estudado, com a máxima registrada no mês de julho, de 26.1 m s^{-1} .

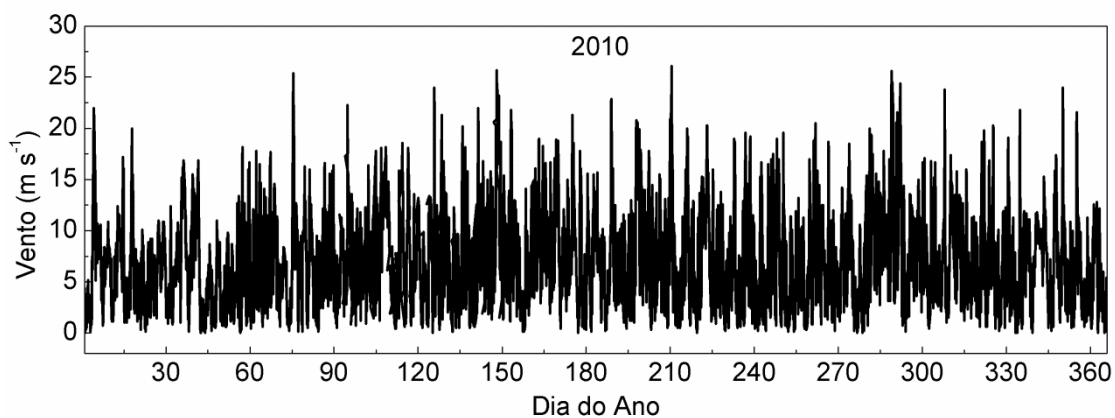


Figura 9- Variação temporal da velocidade do vento durante o ano de 2010.

De acordo com o histograma feito com os 8834 dados de velocidade do vento do ano de 2010 (Figura 10), aproximadamente 34% dos ventos ficaram entre $2 \text{ e } 6 \text{ m s}^{-1}$.

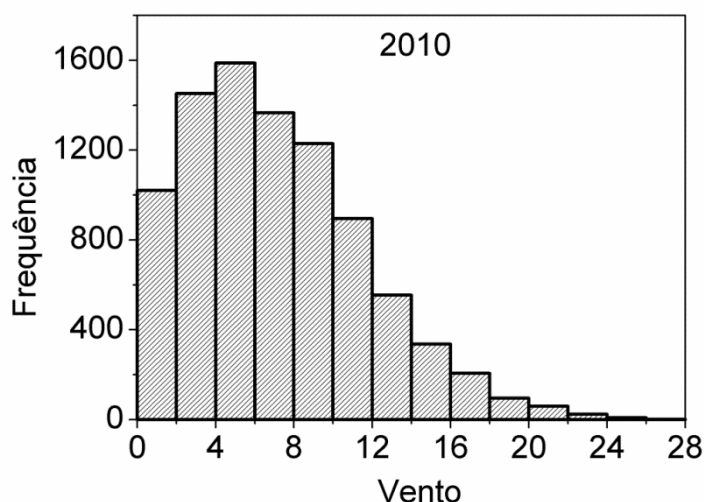


Figura 10- Histograma dos dados de vento do ano de 2010.

6. Considerações finais e etapas futuras

Nesta fase inicial do projeto de iniciação científica, esforços foram dedicados ao estudo da linguagem de programação Fortran, através de livros, apostilas e exemplos. Esse aprendizado levou algum tempo até que fosse possível criar o programa utilizado (Anexo 1) para a leitura dos dados da EACF, de 1998 a 2010, e geração de um arquivo único padrão

Com o arquivo padrão gerado por este programa, foi utilizado o programa Origin para criar uma série de gráficos das variáveis que serão utilizadas no cálculo do fluxo de calor sensível, para então serem feitas suas primeiras análises.

Na segunda etapa do projeto serão feitas médias de todas essas variáveis em questão, para investigar a evolução diurna, mensal e sazonal para todos os anos a partir de 1998. Essas médias serão usadas para a estimativa dos fluxos turbulentos de calor sensível. A partir disso, será possível fazer uma análise mais específica da evolução temporal do fluxo turbulento de calor sensível, com ênfase na investigação das mudanças climáticas.

7. Referências

- Arya, S. P.: 2001, 'Introduction to Micrometeorology'. Second edition. Academic Press. San Diego, USA.
- Dutra, L. M. M.: 2007, 'Estimativa dos fluxos verticais turbulentos de calor na superfície'. Relatório parcial de iniciação científica. Departamento de ciências atmosféricas, IAG-USP.
- Ruman C.J. 2012: Estudo das propriedades radiométricas na região Antártica. Relatório Final de iniciação científica (http://www.iag.usp.br/meteo/labmicro/publicacoes/TechnicalReports/Ruman_2012_estudo_das_propriedades_radiometricas_na_regiao_antartica-RF_Agosto-2012.pdf).
- Smith, S.D., 1989: Water vapor flux at the sea surface. *Boundary-Layer Meteor.*, 47, 277-293.
- Stull, R. B.: 1988, 'An Introduction to Boundary Layer Meteor'. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Holland.
- WGASF: 2000, 'Intercomparison and validation of ocean-atmosphere energy flux fields'. Final report of the Joint WCRP/SCOR Working Group on Air-Sea Fluxes. November. WMO/TD-No. 1036.

8. Outras atividades acadêmicas desenvolvidas no período

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

Disciplinas cursadas:

- Física I – 6,2
- Física experimental II – 8,9
- Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias e Aplicações – 5,3
- Cálculo Diferencial e Integral IV – 8,9

Anexo 1

O programa em linguagem Fortran, a seguir, cria um arquivo de formato padrão que facilita o posterior tratamento dos dados, para todos os meses de coletas de dados desde o ano de 1998, no caso temos como exemplo o mês de janeiro de 2010.

```
c      !PROGRAMA QUE LE UM ARQUIVO COM DADOS E CARACTERES, GERANDO UM NOVO ARQUIVO
c      DE UM FORMATO PADRÃO COM DADOS ESPECÍFICOS E LIVRE DE CARACTERES!

      program arrumadadosjan10
      implicit none
      !TODOS OS DADOS DO ARQUIVO ORIGINAL
      real dia,hora,diaj,pressao,tar,td,vv,prec,raj,tmin,tmax,ur,dv,oc
      real cn,nb1,nb2,nm,na,cc,v,cur,ts,t5,t10,t20,rem,log,bat
      integer N,i,j
      N=50000

      open(8,file='jan10.csv') !ABRINDO O ARQUIVO ORIGINAL DE JANEIRO DE 2010
      open (9,file='tabjan10.dat',status='unknown') ! E CRIANDO O NOVO ARQUIVO

      read (8,*)
      read (8,*)
      read (8,*)

      write (9,*) '      Janeiro 2010'

      write (9,*) ' DiaJ      Dia      Hora      Pressão      Tar
+      Td      UR      Vel.Vento      OC      Tsup'

      do i=1,N

      !LENDO O ARQUIVO ORIGINAL EM FORMATO LIVRE
      read (8,*, end=50) dia, hora,pressao,tar,td,ur,dv,vv,oc,cn,nb1,
+nb2,nm,na,cc,v,cur,prec,raj,tmin,tmax,ts,t5,t10,t20,rem,log,bat

      diaj=dia+hora/24.0

      print* ,diaj,dia,hora,pressao,tar,td,ur,vv,oc,ts

      !ESCREVENDO NO NOVO ARQUIVO OS DADOS DE INTERESSE DO PROJETO
      write (9,200) diaj,dia,hora,pressao,tar,td,ur,vv,oc,ts

200  format (f8.4,9f10.1)

50  end do

      close (8)
      close (9)

      end program arrumadadosjan10
```