



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

Departamento de Ciências Atmosféricas – IAG-USP

Grupo de Micrometeorologia  
Laboratório de interação ar-mar

## Relatório de Atividades

Março - Setembro 2013

Projeto de Pesquisa de Mestrado

**Caracterização numérica do balanço de energia na superfície  
durante condições de verão na região da estação Antártica  
Brasileira**

Caio Jorge Ruman

Orientadora: Profa Dra Jacyra Soares



## Conteúdo

1. Resumo do plano inicial.....	3
1.1 Objetivos .....	3
2. Atividades de pesquisa .....	4
2.1 Modelo Weather Research and Forecasting (WRF) .....	4
2.3 Referencias Bibliográficas .....	8
3. Outras atividades desenvolvidas no período .....	8
3.1 Disciplinas do programa de Mestrado .....	8
3.1.1 Disciplinas cursadas .....	8
3.1.2 Disciplinas em curso .....	9
3.2 Exame de proficiência em inglês.....	9
3.3 Monitoria .....	9
3.4 Participação em experimento de campo .....	9
3.5 Estágio PAE.....	9
3.6 Viagem a base brasileira na Antártica.....	9
3.7 Cronograma de atividades.....	10



## 1. Resumo do plano inicial

O conhecimento do balanço de radiação e dos fluxos verticais turbulentos de calor, massa e momento, sobre diferentes superfícies, são importantes para estudos diagnósticos e prognósticos de mudanças climáticas e monitoramento ambiental. O objetivo primeiro deste projeto é investigar numericamente o balanço de energia na superfície e, dessa forma, o desenvolvimento da camada limite planetária em condições médias de verão na região da estação Antártica Brasileira, na Ilha Rei George (62°05'S, 58°23'W). Para tanto será usado o modelo Weather Research and Forecasting Model (WRF) adequado às condições da Antártica. Pretende-se utilizar os dados observacionais obtidos na Estação Brasileira pelo "Projeto ETA" e pelo projeto "Meteorologia na EACF". Devido ao caráter multidisciplinar das atividades de pesquisa relacionadas ao balanço de energia na superfície, acredita-se que esse estudo trará benefícios não só ao próprio bolsista, mas também aos demais projetos de pesquisa em execução dentro do âmbito do "Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia - Antártico de Pesquisas Ambientais".

### 1.1 Objetivos

O objetivo primeiro deste projeto é a caracterização numérica do balanço de energia da superfície durante condições médias de verão na região da estação Antártica Brasileira Comandante Ferraz.

Diferentes experimentos numéricos serão realizados para melhor entender os processos físicos mais relevantes às condições médias de verão na região. Pretende-se, por exemplo, investigar o papel da topografia e da cobertura do solo no desenvolvimento do balanço de energia e, dessa forma, no desenvolvimento da camada limite planetária local.

Os resultados numéricos, sempre que possível, serão comparados aos dados obtidos in situ na EACF, durante 2011, pelo "Projeto ETA" e, entre 2000-2010, pelo projeto "Meteorologia na EACF".



## 2. Atividades de pesquisa

A seguir serão descritas as principais atividades de pesquisa desenvolvidas no período.

### 2.1 Modelo Weather Research and Forecasting (WRF)

O WRF é um modelo de domínio público e está disponível gratuitamente para uso da comunidade. Ele é projetado para ser o estado da arte da simulação numérica atmosférica e é portátil e eficiente nas plataformas de computação paralela. O WRF é adequado para utilização numa vasta gama de aplicações em escalas espaciais que vão de metros a milhares de quilômetros (<http://wrf-model.org/index.php>).

Basicamente, as equações do WRF são formuladas usando coordenada vertical de pressão hidrostática seguindo o terreno ( $\eta$ ) e utiliza as equações de Euler em forma de fluxo. Detalhes podem ser encontrados em Skamarock et al. (2008).

De acordo com Tastula et al. (2012), simulações numéricas, adequadamente validadas, da camada limite planetária (CLP) sobre a região Antártica, têm sido raras.

No WRF a CLP é responsável pelos fluxos verticais de sub-grade devido ao transporte turbulento na coluna atmosférica inteira, não somente na camada limite. Dessa forma, quando o esquema de CLP é ativado, a difusão vertical explícita é desativada, supondo que o esquema CLP lidará com este processo. As escolhas dos coeficientes horizontais de difusão mais adequados são baseadas na deformação horizontal ou valores constantes de  $K_h$  onde as misturas horizontal e vertical são tratadas de forma independente. Os fluxos de superfície são fornecidos pelos esquemas de camada superficial e terra-superfície. Os esquemas de CLP determinam os perfis de fluxo dentro da camada limite convectiva e estável e, assim, fornecem a tendência da temperatura e da umidade atmosféricas e momento horizontal em toda a coluna atmosférica. A maioria dos esquemas de CLP considera mistura seca, mas também pode incluir efeitos de saturação na estabilidade vertical que determina a mistura. Os esquemas são unidimensionais e assumem que há uma clara separação entre as escalas turbulenta de sub-grade e dos turbilhões resolvidos.

Os modelos de solo-superfície utilizam informações dos esquemas de camada superficial e de radiação junto com informações internas sobre propriedades do solo para fornecer os fluxos de calor e umidade sobre pontos de terra e de gelo. Esses fluxos fornecem a condição



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

de fronteira inferior para o transporte vertical realizado nos esquemas de CLP. Os modelos de solo-superfície podem apresentar vários graus de sofisticação quando lidando com fluxos de calor e umidade em múltiplas camadas de solo e podem também considerar efeitos de raiz, dossel da vegetação e cobertura de gelo.

Neste trabalho serão utilizados esquemas simplificados de CLP e de solo-superfície para caracterizar as condições da CLP da região durante o verão.

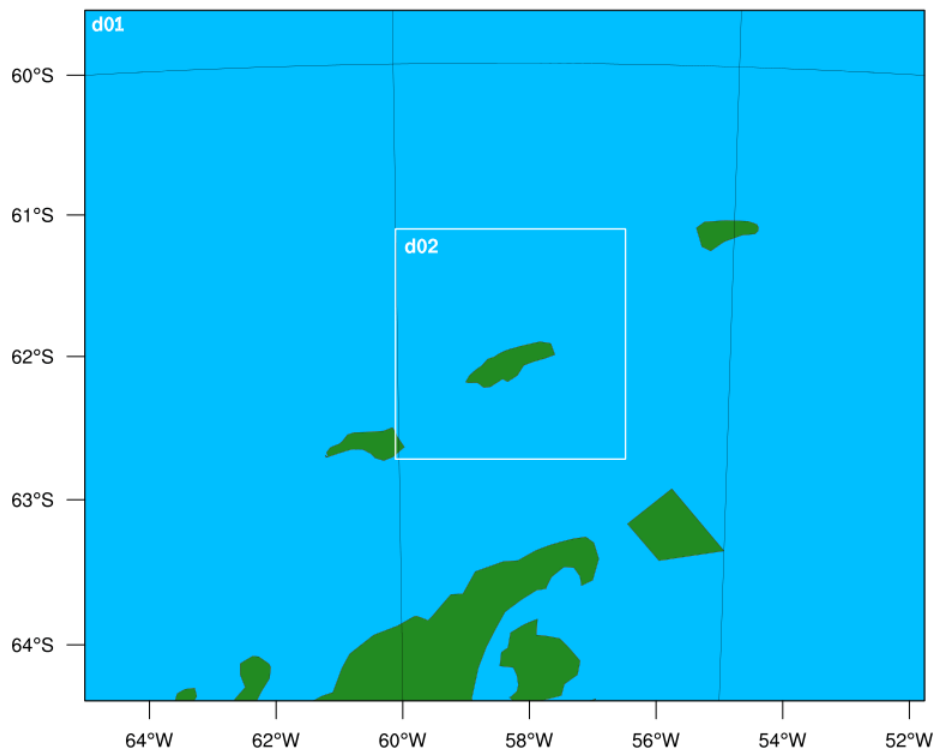
Foi feito um estudo sobre o modelo WRF, com a leitura de: *A description of the Advanced Researd WRF Version 3* (Skamarock et al., 2008) e *ARW Version 3 Modeling System User's Guide*, (Wang et al., 2013) – e a realização do curso online “Regional Climate Modeling using WRF” pelo site [www.m2lab.org](http://www.m2lab.org).

## **2.2 Resultados preliminares**

Efetou-se duas rodadas de testes com o WRF, utilizando duas configurações (tabela 1), a primeira sem qualquer modificação, utilizando as configurações padrão, para familiarização com o funcionamento do modelo e a segunda usando uma configuração para regiões frias, a mesma usada pelo NCAR Antarctic Mesoscale Prediction System (Wang et al., 2013), para verificar o comportamento do modelo na região estudada. Usaram-se duas grades aninhadas, centradas em (62°05'S, 58°23'W), conforme a figura 1. A grade 1 possui resolução de 9km com 74x61 pontos de grade e a grade 2 possui resolução de 3km com 61x61 pontos de grade, utilizando a projeção cartográfica de Lambert, apresentando 50 níveis verticais e o topo da atmosfera definido em 10hPa.



## Configuração do domínio



**Figura 1:** Configuração do domínio utilizada, centrada em (62°05'S, 58°23'W), com duas grades aninhadas, d01 e d02.

Como condições iniciais e de fronteira foram utilizados dados de 6h da reanálise do GFS (NCEP FNL, 2000), para 00, 06, 12 e 18 UTC. O modelo foi rodado de 20/02/2012 00Z à 22/02/2012 00Z e o resultado foi comparado com os dados do projeto ETA para o mesmo período.

**Tabela 1:** Configurações usadas nas duas rodadas de testes do modelo WRF.

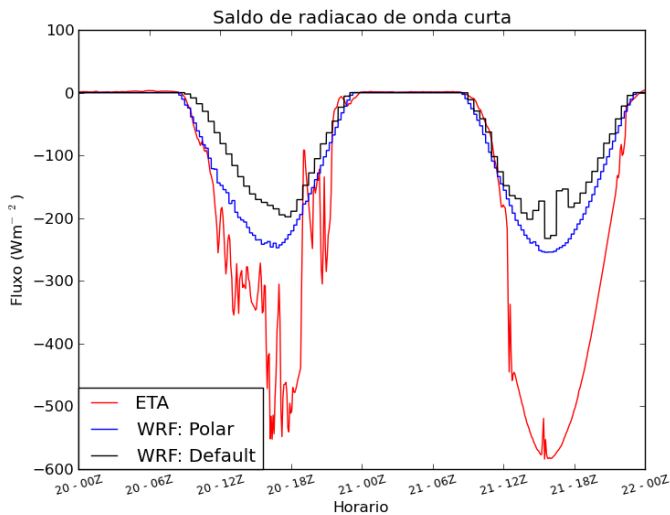
	Configuração padrão (R 1)	Configuração para regiões frias (R 2)
<b>Microphysics</b>	WRF Single-Moment 3-class	WRF Single-Moment 5-class
<b>Longwave radiation</b>	RRTM	RRTMG
<b>Shortwave radiation</b>	Dudhia	Goddard
<b>Surface layer</b>	MM5 similarity	Eta similarity
<b>Land surface</b>	Noah Land Surface Model	Noah Land Surface Model
<b>Planetary Boundary Layer</b>	Yonsei University	Mellor-Yamada-Janjic
<b>Cumulus parameterization</b>	Grell 3D	Kain-Fritsch

Foi feita a comparação entre os dados do projeto ETA e os resultados do WRF através do saldo de radiação de onda curta ( $OC_{NET}$  - figura 2), da radiação de onda longa emitida pela atmosfera incidente na superfície ( $OL_{\downarrow}$  - figura 3), pressão reduzida ao nível médio do mar (figura 4) e temperatura do ar a 2m (figura 5). Os resultados do WRF correspondem à grade que contém a latitude 62°05'S e a longitude 58°23'W.

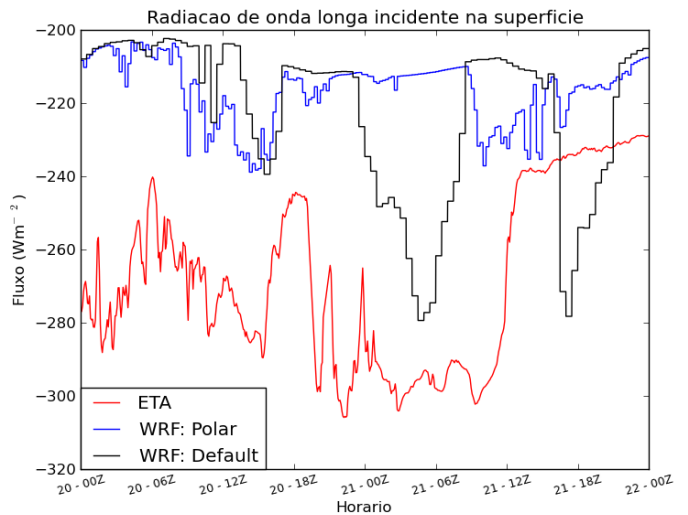


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS

Possivelmente devido a uma combinação da resolução da grade e da resolução dos dados geográficos, os resultados obtidos diferem dos observados, porém o modelo consegue seguir o padrão observado localmente, apesar de superestimar ou subestimar os valores. O dia 21 foi um dia de céu claro e o modelo na rodada polar representou corretamente essa característica nesse dia, conforme observado no saldo de radiação de onda curta (figura 2) e OL↓ (figura 3).

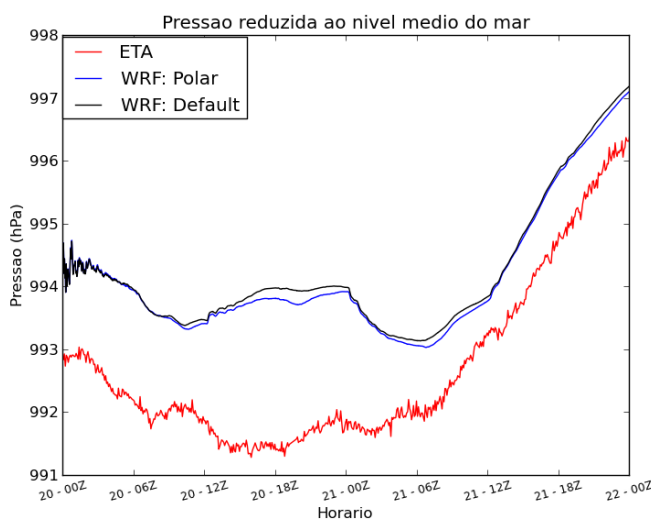


**Figura 2:** Saldo de radiação de onda curta em superfície ( $Wm^{-2}$ ). Em vermelho, dados do projeto ETA. Em azul, rodada do WRF para configuração polar. Em preto, rodada do WRF para configuração padrão.

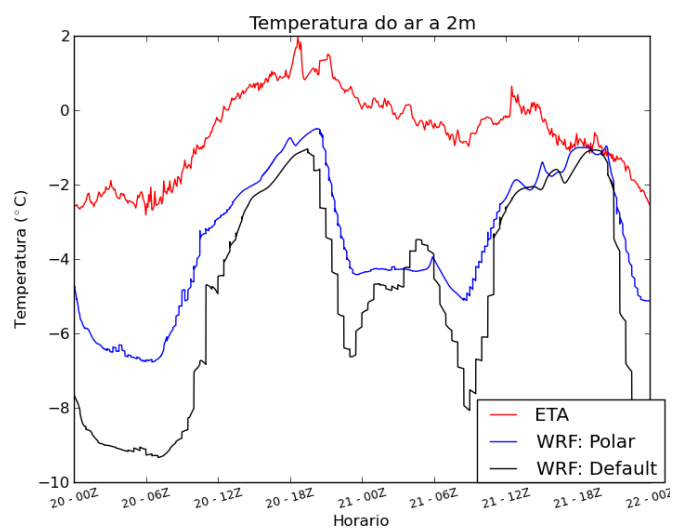


**Figura 3:** Radiação de onda longa emitida pela atmosfera incidente na superfície ( $Wm^{-2}$ ). Em vermelho, dados do projeto ETA. Em azul, rodada do WRF para configuração polar. Em preto, rodada do WRF para configuração padrão.

A pressão reduzida ao nível médio do mar foi bem representada pelas duas rodadas do modelo, apenas superestimando o valor observado em aproximadamente 1hPa (figura 4).



**Figura 4:** Pressão reduzida ao nível médio do mar (hPa). Em vermelho, dados do projeto ETA. Em azul, rodada do WRF para configuração polar. Em preto, rodada do WRF para configuração padrão.



**Figura 5:** Temperatura do ar a 2m ( $^{\circ}C$ ). Em vermelho, dados do projeto ETA. Em azul, rodada do WRF para configuração polar. Em preto, rodada do WRF para configuração padrão.



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

Os resultados obtidos mostram que a configuração polar representa melhor a região, porém mais estudos são necessários para uma melhor análise do local estudado. Futuramente utilizaremos o módulo de assimilação de dados e será feita uma análise detalhada das configurações físicas do modelo WRF, para verificar qual melhor representa a região.

### **2.3 Referencias Bibliográficas**

Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D., Barker, D., Duda, M., Huang, X.-Y., Wang, W., Powers, J.G, 2008: A description of the Advanced Research WRF Version 3, NCAR Tech. Note, NCAR/TN-475+STR, 113 pp.

Tastula, E-M, Vihma, T., Andreas, E.L., 2012: Evaluation of Polar WRF from Modeling the Atmospheric Boundary Layer over Antarctic Sea Ice in Autumn and Winter. *Mon. Wea. Rev.*, 140, 3919–3935.

National Centers for Environmental Prediction, National Weather Service, NOAA, U.S. Department of Commerce (2000), NCEP FNL Operational Model Global Tropospheric Analyses, continuing from July 1999, <http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2>, Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory, Boulder, Colo. (Updated daily.) Acessado: 25 set 2013.

Wang, W.; Bruyère, C.; Duda, M.; Dudhia, J.; Gill, D.; Kavulich, M.; Keene, K.; Lin, H.; Michalakes, J.; Rizvi, S.; Zhang, X.; 2013, *ARW Version 3 Modeling System User's Guide*

## **3. Outras atividades desenvolvidas no período**

### **3.1 Disciplinas do programa de Mestrado**

#### **3.1.1 Disciplinas cursadas**

Foram cursadas as seguintes disciplinas, totalizando 27 dos 46 créditos necessários:

<b>Disciplina</b>	<b>Créditos</b>	<b>Conceito</b>
IOC – 5815: Dinâmica de Fluidos Geofísicos I	8	A
AGM – 5716: Termodinâmica da Atmosfera	6	B
AGG – 5900: Preparação Pedagógica	1	A
AGM – 5714: Dinâmica da Atmosfera II	6	B
AGM – 5706: Meteorologia Sinótica	6	A





### 3.1.2 Disciplinas em curso

Disciplina	Créditos
AGM – 5804: Micrometeorologia	10
AGM – 5801: Modelagem numérica da Atmosfera	10

Os créditos necessários exigidos para a conclusão do curso de mestrado estarão concluídos após o término dessas duas disciplinas.

### 3.2 Exame de proficiência em inglês

Em 18 de abril houve a obtenção da aprovação no exame de proficiência em inglês.

### 3.3 Monitoria

Foi ministrada uma monitoria no primeiro semestre para a disciplina ACA-0422 Meteorologia sinótica.

### 3.4 Participação em experimento de campo

Em agosto houve a participação no experimento MCITY, que realizou o lançamento de radiossondagens no aeroporto Campo de Marte. Neste experimento foram soltas 81 radiossondagens, uma cada 3 horas, do dia 1 de agosto ao dia 11 de agosto de 2013.

### 3.5 Estágio PAE

No segundo semestre está sendo realizado um estágio PAE na disciplina ACA-0321 Micrometeorologia.

### 3.6 Viagem a base brasileira na Antártica

No mês de novembro de 2013 está previsto um retorno à estação Antártica Comandante Ferraz para a reinstalação dos instrumentos meteorológicos, após o incêndio ocorrido no dia 25 de fevereiro de 2012.



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

### 3.7 Cronograma de atividades

<b>Atividades</b>	<b>Período</b>
Realização de disciplinas, pesquisa bibliográfica e familiarização com o modelo WRF e testes preliminares.	Março de 2013 a Dezembro de 2013
Ida a estação Antártica Comandante Ferraz para reinstalação dos instrumentos meteorológicos.	Novembro de 2013
Exame de Qualificação.	Abril de 2014
Realização das simulações, análise dos resultados e redação da dissertação.	Fevereiro de 2014 a Março de 2015
Defesa da dissertação	1º Semestre de 2015