

# INTERCOMPARAÇÃO DAS PARAMETRIZAÇÕES DE TURBULÊNCIA DO B-RAMS PARTE 1: SIMULAÇÃO NUMÉRICA PARA O SÍTIO DE ABRACOS

Joice Parmezani Staben Barbosa<sup>1</sup>  
Haroldo Fraga de Campos Velho<sup>2</sup>  
Saulo Ribeiro de Freitas<sup>3</sup>

**RESUMO:** Usando a teoria estatística de turbulência de Taylor (1921) novas parametrizações de turbulências são implementadas no modelo B-RAMS, segundo Degrazia *et al.* (2000), onde toda as condições de estabilidade atmosférica são levadas em consideração. Os resultados são apresentados de forma comparativa, entre as simulações realizadas com as novas parametrizações com outras parametrizações: Smagorinsky (1963) e Mellor-Yamada (1982), junto com os dados observacionais obtidos durante o Projeto LBA para o sítio de ABRACOS.

**ABSTRACT:** New turbulence parameterizations based on Taylor's theory were implemented in BRAMS model. The new scheme is appropriate for the most important atmospheric stability regimes. In this paper we show and discuss model results and perform comparisons with another 2 standard parameterizations already included in BRAMS using observational data collected on LBA/ABRACOS pasture site.

**Palavra-Chave:** Camada Limite Planetária, Micrometeorologia e Modelo B-RAMS.

## INTRODUÇÃO

A atmosfera terrestre é uma massa de ar ao redor do planeta Terra, contudo não é uma camada homogênea, isto é, possui estratificações. A primeira camada na atmosfera é a Camada Limite Planetária (CLP): uma camada fina em contato direto com o solo e os oceanos, onde os efeitos da viscosidade e da turbulência devem ser considerados. Deste modo, uma adequada representação da CLP é extremamente importante para a modelagem numérica da atmosfera.

Segundo Cotton *et al.* (1982), a modelagem atmosférica é uma ferramenta de grande importância tanto para prognosticar a formação e evolução de sistemas de mesoescala, assim como para diagnosticar a formação e avaliar fatores ambientais dinâmicos e termodinâmicos associados. Desta forma, a modelagem numérica apresenta-se hoje, como um poderoso método na pesquisa de variados fenômenos nos diversos campos do conhecimento.

Nos últimos anos, inúmeros modelos têm sido desenvolvidos com o propósito de simular a CLP, variando de simples parametrizações a proposições sofisticadas de fechamento das equações de segunda ordem (ou maiores). Essas parametrizações são então implementadas em modelos numéricos de previsão de tempo. Os pesquisadores brasileiros vêm contribuindo para as

---

<sup>1</sup> CAP/INPE [joice.parmezani@lac.inpe.br](mailto:joice.parmezani@lac.inpe.br)

<sup>2</sup> LAC/INPE [haroldo@lac.inpe.br](mailto:haroldo@lac.inpe.br)

Av dos Astronautas, 1.758 - Jd. Granja - CEP: 12227-010. São José dos Campos – SP – Brasil

<sup>3</sup> CPTEC/INPE [sfreitas@cptec.inpe.br](mailto:sfreitas@cptec.inpe.br)

Rodovia Presidente Dutra, Km 40 - SP-RJ 12630-000. Cachoeira Paulista – SP – Brasil

parametrizações da turbulência atmosférica, por exemplo, a partir da teoria estatística da turbulência de Taylor (1921). Neste trabalho foi utilizada a parametrização de turbulência proposta por Degrazia *et al.* (2000) para CLP em todas as condições de estabilidade, onde foram implementadas no código computacional do modelo numérico de mesoescala *Brazilian developments on the Regional Atmospheric Model System – BRAMS*, que vem sendo usado em várias aplicações e está em constante desenvolvimento no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE.

O propósito do presente trabalho é de realizar uma intercomparação das simulações numéricas obtidas de maneiras distintas com o comportamento da CLP através de dados observacionais coletados pelo experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera (*Large Scale Biosphere – LBA*) campanha realizada em 1999. Para tais simulações serão utilizadas três diferentes parametrizações de turbulência; Smagorinsky (1963), Mellor e Yamada (1982) e Degrazia *et al.* (2000). As duas primeiras parametrizações fazem parte da versão utilizada do modelo B-RAMS, enquanto que a terceira será considerada como uma nova parametrização de turbulência implementada no modelo.

## **MATERIAL E METODOLOGIA**

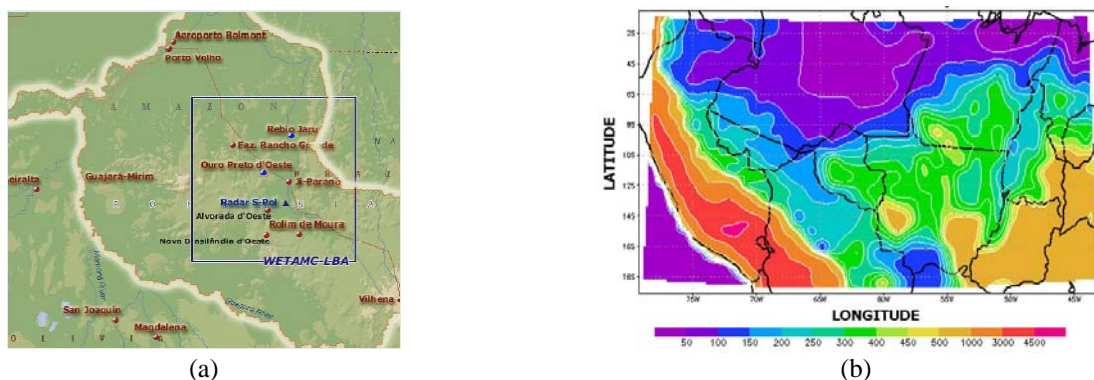
Uma das maiores dificuldades no desenvolvimento de pesquisa e melhorias nas previsões é a ausência ou baixa qualidade nos dados observados disponíveis. Desta forma, para obtermos um prognóstico próximo da realidade atmosférica, foram combinados conjuntos distintos de dados para a análise entre as parametrizações de turbulência. Os dados utilizados foram; dados observacionais, do tipo radiossondagens e de análises globais.

Os dados das radiossondagens foram obtidos experimentalmente no Projeto LBA durante a primeira campanha do *Wet season Atmospheric Mesoscale Campaign - WETAMC*, realizado na estação úmida. O experimento ocorreu durante os meses de Janeiro a Fevereiro de 1999 no Estado de Rondônia, na região sudoeste da Amazônia (Figura 1a).

Como dados de condição inicial foram utilizados os dados observacionais juntamente com as análises globais fornecidas pelo modelo global do Centro Europeu ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*), enquanto que a própria física do modelo gerou os dados de condição de contorno. A Tabela 1 mostra a relação dos dados utilizados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Como se pode observar na Figura 1 (a), a área onde ocorreu o experimento é composta predominantemente por regiões de pastagem e floresta. Para a realização deste trabalho, foram utilizados como dados de condição inicial os dados de dois sítios distintos. Para a primeira parte

deste trabalho (Parte 1) será a região de pastagem situada na cidade de Ouro Preto d'Oeste localizado na Fazenda Nossa Senhora (ABRACOS<sup>1</sup>: 10°46'S 62°20'W).



**Figura 1:** (a) Mapa experimental do Projeto WETAMC/LBA (Fonte: USP/LBA, 2005) e (b) Topografia da área da simulação numérica realizada durante o estudo de caso.

Os dados observados referentes aos sítios da Campanha WETAMC (Tabela 1) foram analisados e feito uma seleção dos mesmos, onde o critério de escolha adotado foi em função de uma boa evolução da CLP. Após a análise dos dados foi adotado um período de 48 horas como estudo de caso iniciando no dia 10/Fev/1999 às 00:00 UTC até o dia 12/Fev/1999 às 00:00 UTC. Dentro do período adotado o modelo realizou as assimilações dos dados considerando como 99% de verdade os dados das radiossondagens em cada localização dos sítios.

**Tabela 1** - Dados de condição inicial e de contorno.

<b>Dados Observacionais (Radiossondagens – 3 em 3 horas)</b>	
<i>Variáveis</i>	<i>Unidade</i>
Temperatura	C
Umidade do Relativa do Ar	%
Velocidade do Vento	graus
Intensidade do Vento	m/s
Pressão Atmosférica	hPa
<b>Dados Gerados pelo B-RAMS</b>	
<i>Variáveis</i>	<i>Unidade</i>
Fluxo de Calor Sensível	W/m <sup>2</sup>
Fluxo de Calor Latente	W/m <sup>2</sup>

A Figura 1b representa a área adotada para a realização das simulações numéricas do modelo B-RAMS, onde abrange toda a área da primeira campanha do Projeto WETAMC/LBA (Figura 1a) abrangendo as coordenadas de longitude: -79.248W -42.484W e latitude: -19.069S -0.56999S. A Tabela 2 mostra a configuração espacial em cada simulações numéricas. O intervalo adotado para visualização das análises obtidas foi de 1 em 1 hora de simulação, o qual abrange os horários das radiossondagens realizadas.

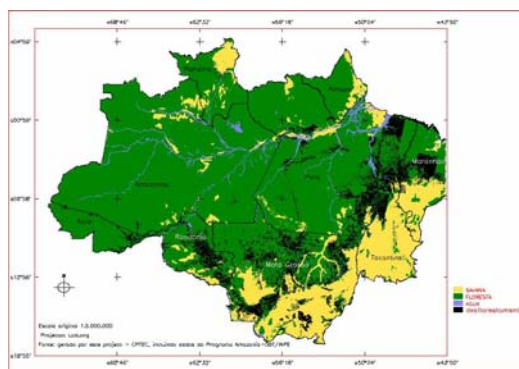
Como cobertura vegetal da área adotada para simulação numérica (Figura 2), o modelo foi alimentado pelos dados gerados pelo ProVeg (2005), conforme mostrado na Figura 3. O ProVeg é

<sup>1</sup> Anglo Brazilian Amazonian Climate Observation Study

uma iniciativa que visa melhorar a representação da variabilidade espacial da vegetação nos modelos de previsão de tempo e clima, a partir da adaptação de uma base de dados mais detalhada e com parâmetros que representem de forma mais acurada as propriedades físicas dos solos e os tipos de vegetação do território brasileiro (PROVEG, 2005).

**Tabela 2** - Configuração espacial das simulações numéricas.

Grade	$\Delta x$	$\Delta y$	$\Delta z$	Pontos X	Pontos Y	Pontos Z
<b>Figura 1 (b)</b>	20km	20km	100m	203	105	40



**Figura 3:** Mapa de vegetação que contém a área principal de estudo (Fonte: PROVEG, 2005).

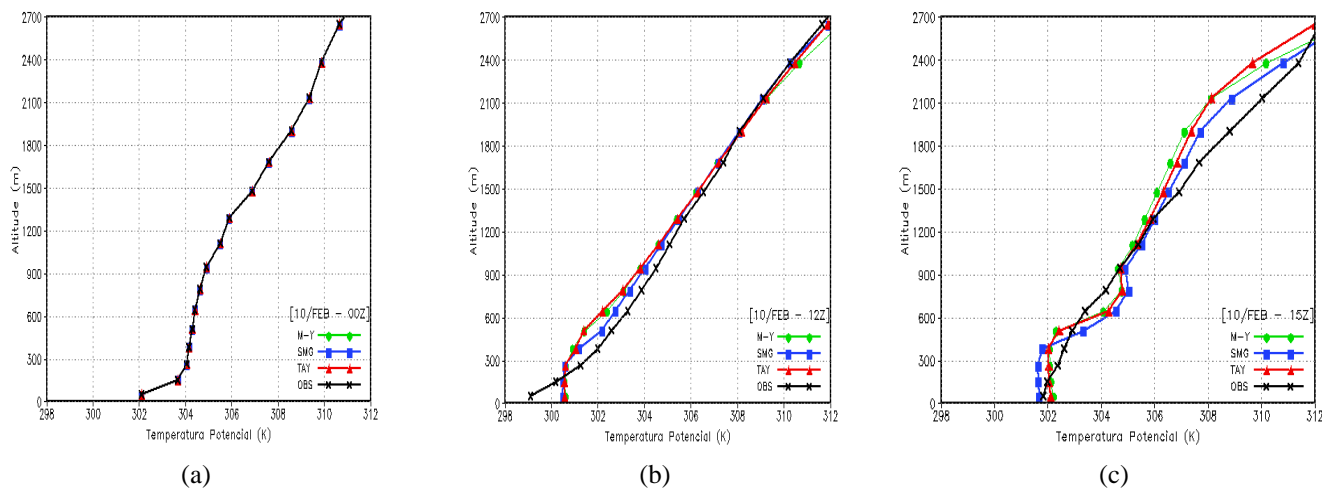
Para validar a nova parametrização de turbulência implementada no modelo com as duas parametrizações previamente escolhidas foi adotado o critério de comparação entre as análises geradas com os dados observacionais, ou seja, as radiossondagens.

## RESULTADOS

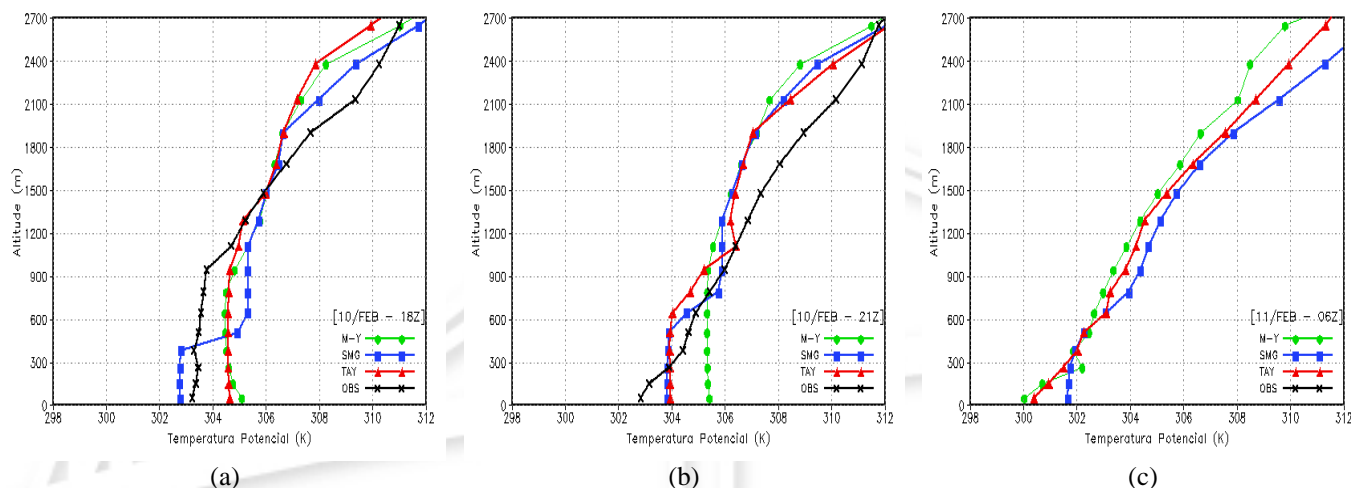
A critério de análise, os resultados preliminares dos perfis de temperatura potencial estão dispostos abaixo em um intervalo aleatórios para o sítio de ABRACOS, de forma a representar melhor o desenvolvimento da CLP durante o período escolhido.

A partir da Figura 4a e 4b observamos que durante as primeiras 12h o comportamento é similar em todas as parametrizações. No entanto, a partir das 15Z (Figura 4c), começa a ocorrer um aquecimento na superfície formando a Camada Limite Convectiva (CLC), onde as parametrizações de Mellor e Yamada (1982) e de Degrazia *et al.* (2000) apresentam a mesma taxa, enquanto que Smagorinsky (1963) apresenta um aquecimento mais lentamente.

Às 18Z (Figura 5a) as parametrizações de Degrazia *et al.* (2000) e Mellor e Yamada (1982) apresentam um desenvolvimento da CLC aproximadamente similar ao observado, porém cerca de 2° mais quente próximo a superfície. Três horas após, ocorre um resfriamento às 21Z (Figura 5b), onde aparentemente Mellor e Yamada (1982) não acompanham, no entanto a parametrização de Degrazia *et al.* (2000) acompanha além de se observar uma diminuição da altura da CLP. A partir deste horário até às 06Z, as parametrizações de Mellor e Yamada (1982) e Degrazia *et al.* (2000), praticamente, possuem a mesma representação da CLP (Figura 5c).



**Figura 4:** Perfil vertical da temperatura potencial para o sítio de ABRACOS nos horários de (a) 00Z, (b) 12Z e (c) 15Z do dia 10 de fevereiro de 1999.



**Figura 5:** Perfil vertical da temperatura potencial para o sítio de ABRACOS nos horários de (a) 18Z e (b) 21Z do dia 10 de fevereiro de 1999 e (c) 06Z do dia 11 de fevereiro de 1999.

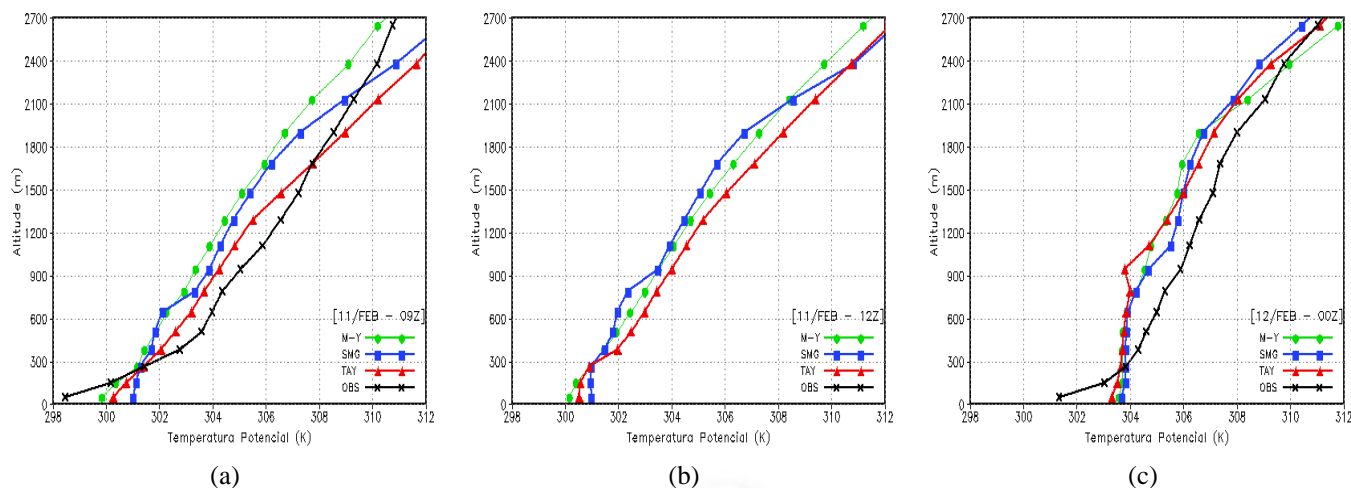
A Figura 6a mostra uma melhor representação da CLP pela parametrização de Degrazia *et al.* (2000), em relação ao perfil observado. A partir desse horário, todas as parametrizações em estudo apresentam o mesmo desempenho, praticamente (Figura 6b e 6c).

A Figura 7 mostra que a nova parametrização implementada no modelo B-RAMS possui melhor correlação com os dados observacionais próximo a superfície, ou seja, entre 0 até 900m de altura.

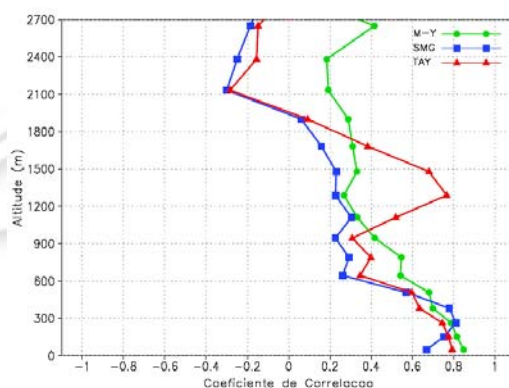
## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que de maneira global a nova parametrização de turbulência proposta por Degrazia *et al.* (2000) obtida a partir da teoria estatística de Taylor (1921), implementada no modelo BRAMS, teve um melhor desempenho durante o período adotado para as simulações numéricas. Em seguida tivemos a parametrização de Mellor e Yamada (1982) e por último a de Smagorinsky (1963).

Além dos resultados mostrados, é pertinente ressaltar que do ponto de vista de complexidade computacional, a parametrização de Degrazia *et al.* (2000) é a de menor complexidade, implicando numa redução do esforço computacional em relação as outras formulações da turbulência apresentadas neste estudo.



**Figura 6:** Perfil vertical da temperatura potencial para o sítio de ABRACOS nos horários de (a) 09Z e (b) 12Z do dia 11 de fevereiro de 1999 e (c) 00Z do dia 12 de fevereiro de 1999.



**Figura 7:** Perfil do coeficiente de correlação para o sítio de ABRACOS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COTTON, W. R., STEPHENS, M. A., NEHRKORN, T., *et al.* The Colorado State University three-dimensional cloud/mesoscale model - 1982. Part II: An ice phase parameterization. **J. Rech. Atmos.**, v. 16, p. 295-320, 1982.
- DEGRAZIA, G. A.; ANFISSI, D.; CARVALHO, J. C.; MANGIA, C.; TIRABASSI, T. Turbulence parameterization for PDL dispersion models in all stability conditions. **Atmospheric Environment**, v. 34, p. 3575–3583, 2000.
- MELLOR, G. L.; YAMADA, T. Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems. **Reviews of Geophysical Physics and Space Physics**, v. 20, p. 851–875, 1982.
- PROVEG. Atualização da Representação da vegetação nos Modelos Numéricos do CPTEC. [online]. 2005. <<http://www.cptec.inpe.br/proveg>>. Acesso em: 28 Junho 2005.
- SMAGORINSKY, J. General circulation experiments with the primitive equations: I. the basic experiment. **Mon. Weather Rev.**, v. 91, p. 99–164, 1963.
- TAYLOR, G. Diffusion by continuous movements. **Proc. Lond. Math. Soc.**, v. 2, n. 20, p. 196–212, 1921.
- USP/LBA. Large Scale Biosphere Atmosphere Experiment in Amazonia (LBA). [online]. 1999. <<http://www.lba.iag.usp.br/>>. Acesso em: 20 Maio 2005.