

ESQUEMA DE MICROFÍSICA DE NUVENS DO MODELO ETA: diagnóstico e testes de sensibilidade

Lianet Hernández Pardo

Orientada pela Dra. Chou Sin Chan

28 de março de 2016

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

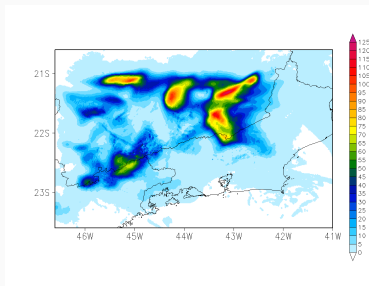
INTRODUÇÃO



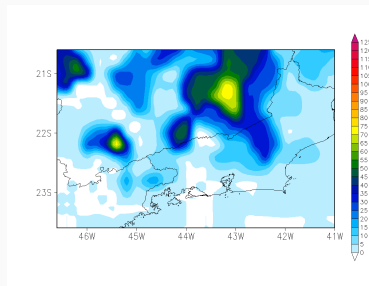
Parametrização de microfísica de nuvens

- Mudanças de fase da água
- Fluxos da água na coluna
- Interações entre os hidrometeoros

Previsão de precipitação do modelo Eta



(a) Previsão do modelo Eta-1 km



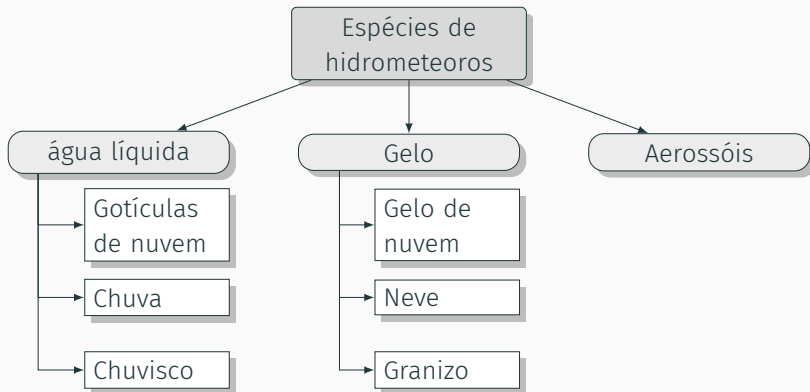
(b) Dados Merge

Acumulado de precipitação em 24 horas (mm/dia): 12 UTC
28/12/2008 - 12 UTC 29/12/2008

Objetivo:

Determinar a sensibilidade do esquema de microfísica de Ferrier (2002) a variações na sua configuração, para avaliar a potencialidade destas modificações de melhorar a previsão de precipitação do modelo Eta em alta resolução.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



Tipos de parametrizações de microfísica de nuvens

Bin:

Preveem as tendências das distribuições de tamanhos dos hidrometeoros.

$$\frac{\partial \rho f_k}{\partial t}$$

f_k : Função de distribuição de tamanhos dos hidrometeoros da espécie k

Exemplos: Berry e Reinhardt (1974), Young (1975), Enukashvily (1980), Tzivion et al. (1987, 1989)

Tipos de parametrizações de microfísica de nuvens

Bulk:

Preveem as tendências dos **momentos das distribuições de tamanhos dos hidrometeoros**.

$$M_k^n = \int_0^{\infty} m^n f_k(m) dm$$

Predefinem a função de distribuição de tamanhos das partículas.

- Exponenciais inversas (e.g. Ferrier, 2002)
- Distribuições Gamma (e.g. Ziegler, 1985; Ferrier, 1994)

Testes de sensibilidade

Testes de sensibilidade

⇒ Planche et al. (2005)

- Concentração de gotas de nuvem

Testes de sensibilidade

⇒ Planche et al. (2005)

⇒ Posselt e Vukicevic (2010)

- Velocidades de queda
- Interceptos das distribuições de tamanhos
- Densidade da neve e o granizo
- Limiar para a autoconversão

Testes de sensibilidade

- ⇒ Planche et al. (2005)
- ⇒ Posselt e Vukicevic (2010)
- ⇒ Gomes (2009)
 - Ventilação
 - Taxa de coalescência das gotas
 - Taxa de agregação dos cristais de gelo
 - Velocidade de queda
 - Umidade relativa crítica para o início da condensação

Testes de sensibilidade

- ⇒ Planche et al. (2005)
- ⇒ Posselt e Vukicevic (2010)
- ⇒ Gomes (2009)
- ⇒ Roh e Satoh (2014)
 - Função de distribuição de tamanhos

Testes de sensibilidade

- ⇒ Planche et al. (2005)
- ⇒ Posselt e Vukicevic (2010)
- ⇒ Gomes (2009)
- ⇒ Roh e Satoh (2014)
- ⇒ Dearden (2010), Sato et al. (2015)
 - Complexidade do esquema de microfísica

Testes de sensibilidade

- ⇒ Planche et al. (2005)
- ⇒ Posselt e Vukicevic (2010)
- ⇒ Gomes (2009)
- ⇒ Roh e Satoh (2014)
- ⇒ Dearden (2010), Sato et al. (2015)
- ⇒ Dasari e Salgado (2013)
 - Diferentes esquemas de parametrização

Modificações aos esquemas de microfísica

Modificações aos esquemas de microfísica

⇒ Intercepto da distribuição de tamanhos (Thompson et al., 2004; Zhang et al, 2008; Abel e Boutle, 2012)

Modificações aos esquemas de microfísica

- ⇒ Intercepto da distribuição de tamanhos (Thompson et al., 2004; Zhang et al, 2008; Abel e Boutle, 2012)
- ⇒ Taxa de autoconversão (Liu e Daum, 2004; Gosh e Jonas, 1998; Yin et al., 2015)

Modificações aos esquemas de microfísica

- ⇒ Intercepto da distribuição de tamanhos (Thompson et al., 2004; Zhang et al, 2008; Abel e Boutle, 2012)
- ⇒ Taxa de autoconversão (Liu e Daum, 2004; Gosh e Jonas, 1998; Yin et al., 2015)
- ⇒ Ajuste à saturação (Kogan e Martin, 1994)

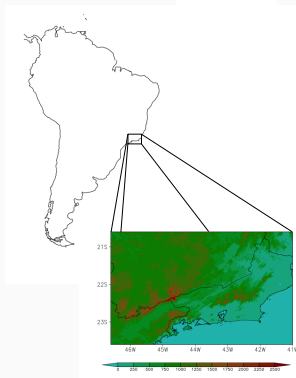
METODOLOGIA

Modelo Eta: Configuração

- Espaçamento de grade: 1km

Modelo Eta: Configuração

- Espaçamento de grade: 1km
- Domínio centrado em $(-22,1;-42,8)$ com 405 pontos na direção x e 507 pontos na direção y



Modelo Eta: Configuração

- Espaçamento de grade: 1km
- Domínio centrado em $(-22,1;-42,8)$ com 405 pontos na direção x e 507 pontos na direção y
- Passo temporal: 2s, tempo de integração: 48h

Modelo Eta: Configuração

- Espaçamento de grade: 1km
- Domínio centrado em $(-22,1;-42,8)$ com 405 pontos na direção x e 507 pontos na direção y
- Passo temporal: 2s, tempo de integração: 48h
- Condições iniciais: dados de CFSR

Modelo Eta: Configuração

- Espaçamento de grade: 1km
- Domínio centrado em $(-22,1;-42,8)$ com 405 pontos na direção x e 507 pontos na direção y
- Passo temporal: 2s, tempo de integração: 48h
- Condições iniciais: dados de CFSR
- Condições de fronteira laterais: saídas do modelo Eta com 5 km de espaçamento de grade

Modelo Eta: Configuração

- Espaçamento de grade: 1km
- Domínio centrado em (-22,1;-42,8) com 405 pontos na direção x e 507 pontos na direção y
- Passo temporal: 2s, tempo de integração: 48h
- Condições iniciais: dados de CFSR
- Condições de fronteira laterais: saídas do modelo Eta com 5 km de espaçamento de grade
- Quantidade de níveis na vertical: 50 (topo em 50hPa)

Modelo Eta: Configuração

- Espaçamento de grade: 1km
- Domínio centrado em (-22,1;-42,8) com 405 pontos na direção x e 507 pontos na direção y
- Passo temporal: 2s, tempo de integração: 48h
- Condições iniciais: dados de CFSR
- Condições de fronteira laterais: saídas do modelo Eta com 5 km de espaçamento de grade
- Quantidade de níveis na vertical: 50 (topo em 50hPa)
- Condições de contorno inferiores: temperatura e umidade do solo (CFSR) e temperatura superficial do mar (L4 de GHR SST)

Modelo Eta: Configuração

- Espaçamento de grade: 1km
- Domínio centrado em (-22,1;-42,8) com 405 pontos na direção x e 507 pontos na direção y
- Passo temporal: 2s, tempo de integração: 48h
- Condições iniciais: dados de CFSR
- Condições de fronteira laterais: saídas do modelo Eta com 5 km de espaçamento de grade
- Quantidade de níveis na vertical: 50 (topo em 50hPa)
- Condições de contorno inferiores: temperatura e umidade do solo (CFSR) e temperatura superficial do mar (L4 de GHR SST)
- Sem parametrização de cumulus

Modelo KiD

Modelo KiD

- Versão unidimensional

Modelo KiD

- Versão unidimensional
- Variáveis previstas: temperatura potencial, razão de mistura do vapor de água e dos hidrometeoros

Modelo KiD

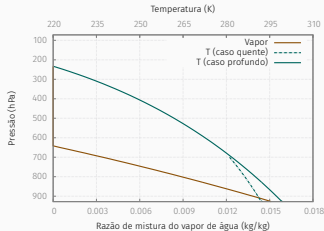
- Versão unidimensional
- Variáveis previstas: temperatura potencial, razão de mistura do vapor de água e dos hidrometeoros
- Passo temporal: 1s, tempo de integração: 4000s

Modelo KiD

- Versão unidimensional
- Variáveis previstas: temperatura potencial, razão de mistura do vapor de água e dos hidrometeoros
- Passo temporal: 1s, tempo de integração: 4000s
- Quantidade de níveis na vertical: 120

Modelo KiD

- Versão unidimensional
- Variáveis previstas: temperatura potencial, razão de mistura do vapor de água e dos hidrometeoros
- Passo temporal: 1s, tempo de integração: 4000s
- Quantidade de níveis na vertical: 120
- Condições iniciais: baseadas nos perfis da campanha RICO



Modelo KiD

- Versão unidimensional
- Variáveis previstas: temperatura potencial, razão de mistura do vapor de água e dos hidrometeoros
- Passo temporal: 1s, tempo de integração: 4000s
- Quantidade de níveis na vertical: 120
- Condições iniciais: baseadas nos perfis da campanha RICO

$$w(t) = \begin{cases} w_0 \sin \frac{\pi t}{t_0} & \text{se } t < t_1 \\ 0 & \text{se } t \geq t_1 \end{cases}$$

Parametrização de microfísica de nuvens de Ferrier(2002)

- Espécies: vapor de água, água líquida de nuvem, gelo de nuvem, precipitação líquida e sólida

$$F_i = \frac{q_{ice}}{q_{total}}$$

$$F_r = \frac{q_r}{(q_r + q_w)}$$

Parametrização de microfísica de nuvens de Ferrier(2002)

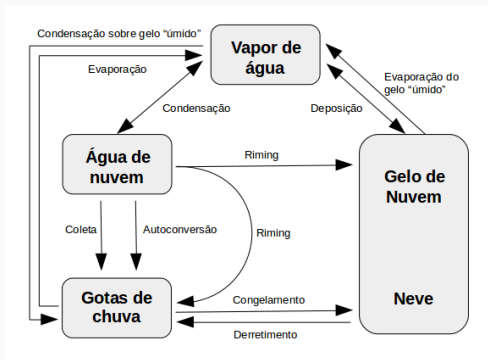
- Espécies: vapor de água, água líquida de nuvem, gelo de nuvem, precipitação líquida e sólida
- Distribuições de tamanhos: exponenciais

Parametrização de microfísica de nuvens de Ferrier(2002)

- Espécies: vapor de água, água líquida de nuvem, gelo de nuvem, precipitação líquida e sólida
- Distribuições de tamanhos: exponenciais
- Mistura de fases no intervalo: $-10^{\circ}\text{C} < T < 0^{\circ}\text{C}$

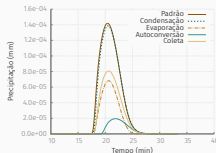
Parametrização de microfísica de nuvens de Ferrier(2002)

- Espécies: vapor de água, água líquida de nuvem, gelo de nuvem, precipitação líquida e sólida
- Distribuições de tamanhos: exponenciais
- Mistura de fases no intervalo: $-10^{\circ}\text{C} < T < 0^{\circ}\text{C}$

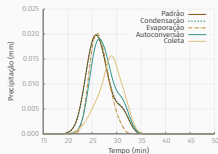


RESULTADOS

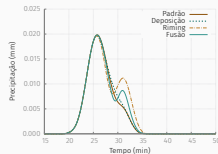
Testes de sensibilidade Modelo KiD



(c) Caso quente



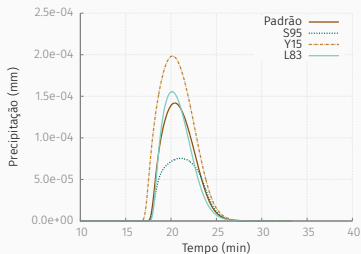
(d) Caso profundo



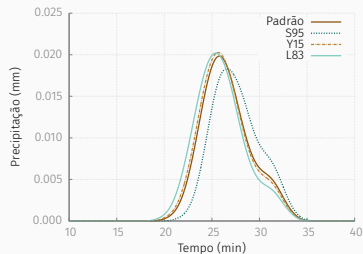
(e) Caso profundo

Figura: Precipitação à superfície ao variar as taxas dos processos em uma ordem de magnitude

Testes de sensibilidade Modelo KiD



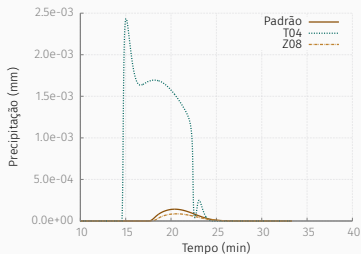
(a) Caso quente



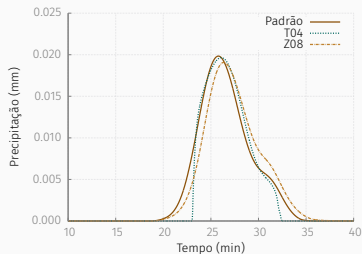
(b) Caso profundo

Figura: Precipitação à superfície ao introduzir modificações na configuração do esquema de microfísica.

Testes de sensibilidade Modelo KiD



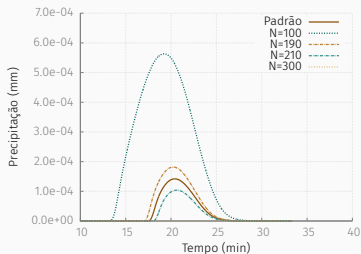
(a) Caso quente



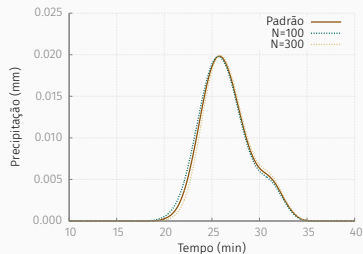
(b) Caso profundo

Figura: Precipitação à superfície ao introduzir modificações na configuração do esquema de microfísica.

Testes de sensibilidade Modelo KiD



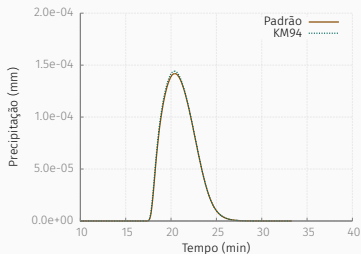
(a) Caso quente



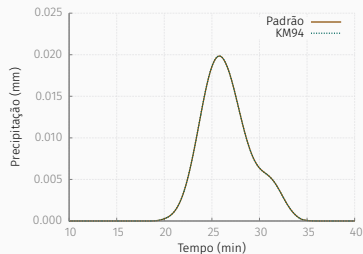
(b) Caso profundo

Figura: Precipitação à superfície ao introduzir modificações na configuração do esquema de microfísica.

Testes de sensibilidade Modelo KiD



(a) Caso quente

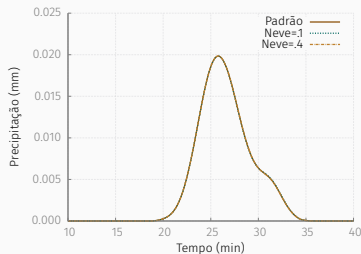


(b) Caso profundo

Figura: Precipitação à superfície ao introduzir modificações na configuração do esquema de microfísica.

Testes de sensibilidade

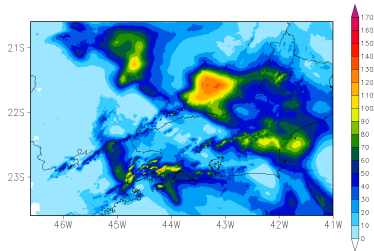
Modelo KiD



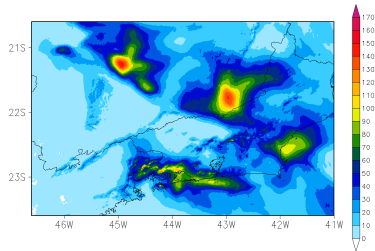
(a) Caso profundo

Figura: Precipitação à superfície ao introduzir modificações na configuração do esquema de microfísica.

Testes de sensibilidade Modelo Eta



(a) Previsão original

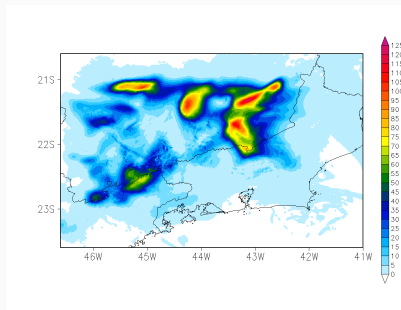


(b) Previsão em que é removido o excesso de vapor de água da camada superficial em alguns pontos do domínio

Figura: Acumulados de precipitação (mm/dia) na previsão do modelo Eta entre as 12 UTC 04/12/2009 e as 12 UTC 05/12/2009.

Testes de sensibilidade

Modelo Eta



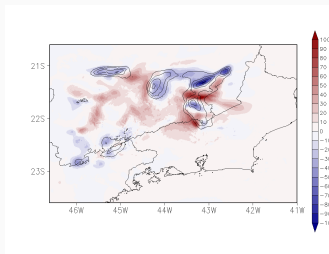
(a) Previsão original

Figura: Influência das modificações no esquema de microfísica sobre os acumulados de precipitação (mm/dia) da previsão do modelo Eta entre as 12 UTC 28/12/2008 e as 12 UTC 29/12/2008.

Testes de sensibilidade

Modelo Eta

A alternância dos núcleos de valores positivos e negativos evidencia os deslocamentos das áreas de chuva.



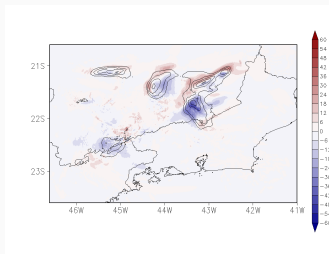
(a) Diferenças entre a previsão em que se utilizou o método Z08 e a original

Figura: Influência das modificações no esquema de microfísica sobre os acumulados de precipitação (mm/dia) da previsão do modelo Eta entre as 12 UTC 28/12/2008 e as 12 UTC 29/12/2008.

Testes de sensibilidade

Modelo Eta

A alternância dos núcleos de valores positivos e negativos evidencia os deslocamentos das áreas de chuva.



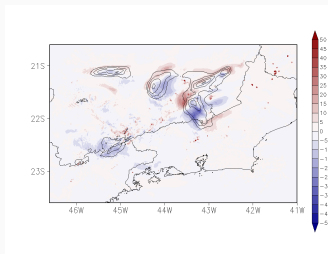
(a) Diferenças entre a previsão em que se utilizou $N=300 \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$ e a original

Figura: Influência das modificações no esquema de microfísica sobre os acumulados de precipitação (mm/dia) da previsão do modelo Eta entre as 12 UTC 28/12/2008 e as 12 UTC 29/12/2008.

Testes de sensibilidade

Modelo Eta

A alternância dos núcleos de valores positivos e negativos evidencia os deslocamentos das áreas de chuva.

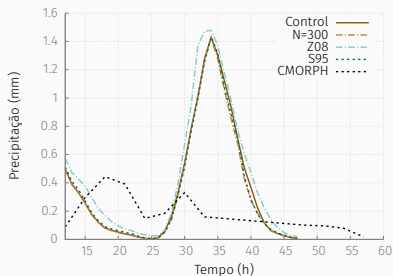


(a) Diferenças entre a previsão em que se utilizou o método S95 e a original.

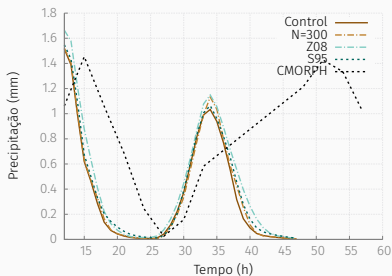
Figura: Influência das modificações no esquema de microfísica sobre os acumulados de precipitação (mm/dia) da previsão do modelo Eta entre as 12 UTC 28/12/2008 e as 12 UTC 29/12/2008.

Testes de sensibilidade

Modelo Eta



(a) 27/12/2008



(b) 11/01/2011

Figura: Tendências da média na área da precipitação gerada pelo esquema F02 no modelo Eta, com diferentes configurações, e da chuva estimada pelo CMORPH.

Testes de sensibilidade

Modelo Eta

Resultados do método de avaliação orientado a objetos aplicado a alguns dos casos de estudo antes e depois de introduzidas as modificações S95, Z08, e $N=300 \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$

Caso	CSI _c				BIAS médio			
	Controle	N=300	Z08	S95	Controle	N=300	Z08	S95
27/12/2008	0.056	0.053	0.047	0.058	1.25	1.17	1.40	1.19
11/01/2011	0.091	0.041	0.071	0.058	0.88	0.88	0.81	0.84

Testes de sensibilidade Modelo Eta

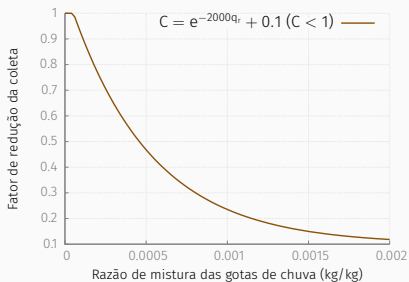
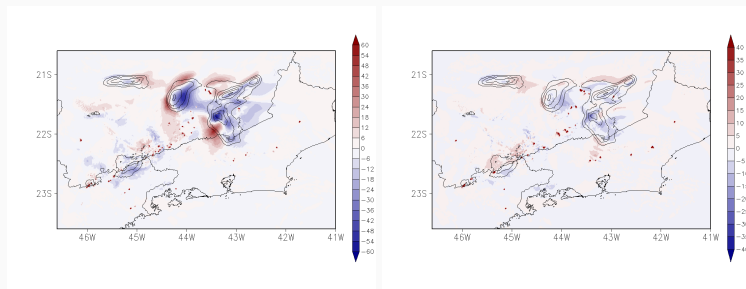


Figura: Fator de redução de coleta de água de nuvem por gotas de chuva, aplicado nos experimentos em que foi utilizado o método C_{Exp}

Testes de sensibilidade Modelo Eta

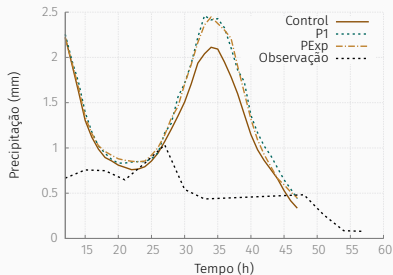


(a) Diferenças entre a precipitação do experimento C_1 e do controle

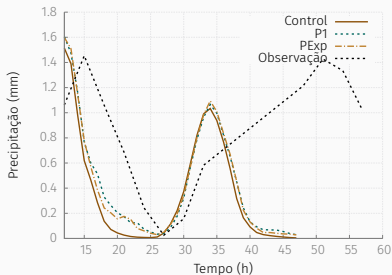
(b) Diferenças entre a precipitação do experimento C_{Exp} e do controle

Figura: Influência das modificações no esquema de microfísica sobre os acumulados de precipitação (mm/dia) da previsão do modelo Eta entre as 12 UTC 28/12/2008 e as 12 UTC 29/12/2008.

Testes de sensibilidade Modelo Eta



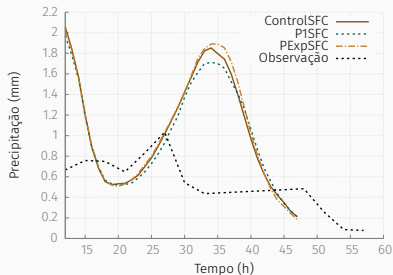
(a) 03/12/2009



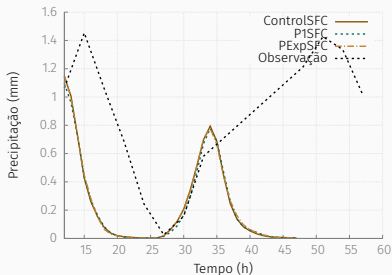
(b) 11/01/2011

Figura: Tendências da média na área da precipitação gerada pelo esquema F02 no modelo Eta, com diferentes configurações, e da chuva estimada pelo CMORPH.

Testes de sensibilidade Modelo Eta



(a) 03/12/2009



(b) 11/01/2011

Figura: Tendências da média na área da precipitação gerada pelo esquema F02 no modelo Eta, com diferentes configurações, e da chuva estimada pelo CMORPH.

Testes de sensibilidade

Modelo Eta

Resultados do método de avaliação orientado a objetos aplicado aos casos de estudo com e sem modificação da coleta

Caso	CSI _c			BIAS médio		
	Controle	C _{.1}	C _{Exp}	Controle	C _{.1}	C _{Exp}
31/12/1999	0.075	0.074	0.072	1.34	1.55	1.51
27/12/2008	0.056	0.074	0.056	1.25	1.23	1.26
03/12/2009	0.105	0.049	0.045	0.84	1.15	1.01
26/12/2009	0.020	0.083	0.025	1.74	1.59	1.67
11/01/2011	0.091	0.048	0.052	0.88	0.95	0.91

CONCLUSÕES

Modificações

- Modificações na autoconversão, no intercepto da distribuição de tamanhos das gotas de chuva, e na concentração de gotículas de nuvem:

Redução da chuva, no KiD, e aumento da chuva ou pouca sensibilidade, no Eta.

Modificações

- Modificações na autoconversão, no intercepto da distribuição de tamanhos das gotas de chuva, e na concentração de gotículas de nuvem:

Redução da chuva, no KiD, e aumento da chuva ou pouca sensibilidade, no Eta.

- **Variações nas taxas dos processos:**

Modelo KiD

- Nuvem quente: apresentou significativa sensibilidade, com exceção dos testes relacionados com a condensação.
- Nuvens profundas: a diminuição da coleta reduziu a precipitação, a diminuição da deposição não causou nenhum efeito importante, e ao diminuir o riming e a fusão do gelo, aumentou a precipitação acumulada.

Modelo Eta

A diminuição da coleta causou leves melhorias na previsão de precipitação.

- Em geral, a precipitação prevista no modelo Eta apresentou pouca sensibilidade às mudanças introduzidas no esquema de microfísica.

ESQUEMA DE MICROFÍSICA DE NUVENS DO MODELO ETA: diagnóstico e testes de sensibilidade

Lianet Hernández Pardo

Orientada pela Dra. Chou Sin Chan

28 de março de 2016

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais