



Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

Pós-graduação em Meteorologia

Contribuição do Fluxo de Momentum na Distribuição de Precipitação

José Davi Oliveira de Moura
Prof^a. Dr^a. Chou Sin Chan





1. Introdução

- O fluxo de momentum ou Transporte de Momentum Convectivo (TMC) é definido como o transporte vertical de momentum horizontal causado pelo processo de convecção profunda;
- A redistribuição de momentum altera a circulação de grande escala;
- Motivação: Se a circulação de grande escala é alterada, como o TMC afeta a distribuição de precipitação?
- A convecção é um processo de pequena escala e, as vezes, precisa ser parametrizada.



1. Introdução

- Esquema de parametrização cúmulos Kain-Fritsch:
 - O esquema Kain-Fritsch considera as contribuições do Fluxo de Momentum, porém de maneira simplificada.
 - Os autores do esquema Kain-Fritsch não consideraram o termo da força do gradiente de pressão na escala da nuvem na equação de tendência de momentum.
 - Os próprios autores reconheceram a importância de incluir este termo:
 - » "In particular, It appears that updraft and downdraft parcels can undergo substantial horizontal accelerations in response to local pressure gradient force. A more sophisticated parameterization of convective momentum transport [...] may be appropriate for Kain-Fritsch scheme" (Kain e Fritsch, 1993, p. 6).
- No presente estudo, o termo da Força do Gradiente de Pressão (FGP) na escala da nuvem foi incluído na equação de tendência de momentum do esquema Kain-Fritsch.



1.1 Objetivo

- O principal objetivo deste trabalho foi aprimorar as simulações de chuva a partir da inserção do TMC proposto e relatar sua contribuição na distribuição de precipitação.



2. Metodologia



2.1. Simulações

- As simulações foram realizadas pelo modelo Eta.
- Os dados de reanálise “*Climate Forecast System Reanalysis*” (CFSR) foram utilizados como condição inicial e de contorno das simulações.
- O domínio cobriu o sul e sudeste do Brasil com uma resolução horizontal de 5km e 50 níveis verticais.
- Foram selecionados 3 estudos de caso de precipitação intensa sobre o sudeste do Brasil. Os períodos são:
 - Caso 1: 26/12/1999 à 05/01/2000;
 - Caso 2: 16/12/2008 à 03/01/2009;
 - Caso 3: 22/12/2009 à 03/01/2010;



2.2. TMC Proposto

- Equação da tendência de momentum proposta para o esquema Kain-Fritsch:

$$C_l = \begin{cases} 0,7 & \text{(Gregory et al., 1997)} \\ 0,55 & \text{(Zhang e Wu, 2003)} \end{cases}$$

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} = \underbrace{\frac{\partial(M^u + M^d)\bar{V}}{\partial p}}_A + \underbrace{[(D^u V^u + D^d V^d) - (E^u + E^d)\bar{V}]}_B - \underbrace{C_{k,l}(M^u + M^d)\frac{\partial \bar{V}}{\partial p}}_C$$

$\bar{V}$ → Velocidade Horizontal da Grade
 $V^{u,d}$ → Velocidade horizontal da corrente convectiva
 $M^{u,d}$ → Fluxo de Massa da Corrente Convectiva
 $C_{k,l}$ → Parâmetro de ajustamento

- Termo A:** Se refere à subsidência induzida pela convecção.
- Termo B:** Expressa o efeito do entranhamento e desentranhamento na nuvem cúmulos.
- Termo C:** Denota a contribuição, na escala convectiva, do efeito da perturbação de pressão horizontal no ambiente.



2.3. Experimentos

- Foram utilizadas 4 versões do esquema Kain-Fritsch (Tabela 1).

Esquema de Convecção	Descrição
KF	Esquema controle que não possui o TMC
KFMX	Possui o TMC, porém não há o termo da FGP (Kain e Fritsch, 1993)
KFMXP055	Possui o TMC com o termo da FGP. O coeficiente de ajuste $C_{k,l}$ utilizado foi o de 0,55.
KFMXP07	Possui o TMC com o termo da FGP. O coeficiente de ajuste $C_{k,l}$ utilizado foi o de 0,7.

Tabela 1. Descrição dos diferentes experimentos realizados com o esquema Kain-Fritsch.



2.5. Materiais e Métodos

- Dados de precipitação estimada por satélite do CMORPH (CPC MORPHing technique) :
 - Resolução horizontal de 8km.
 - Saídas a cada 30 min.
- Teste de Sensibilidade:
 - O teste de sensibilidade visou detectar os efeitos causados do fluxo de momentum na distribuição de chuva.

Teste	Sensibilidade
KFMX - KF	Sensibilidade à introdução do TMC S/ o termo da FGP
KFMXP055 - KF	Sensibilidade à introdução do TMC C/ o termo da FGP
KFMXP07 - KF	Sensibilidade à introdução do TMC C/ o termo da FGP (Intensificando a FGP)

Tabela 2. Descrição do teste de sensibilidade realizado entre os experimentos do modelo Eta.



2.5. Materiais e Métodos

- Equitable Threat Score (ETS):

- Mede a fração de eventos que foram previstos corretamente, ajustados pelos acertos que ocorreram aleatoriamente.
- ETS = 1 indica previsão perfeita do fenômeno. ETS = 0 indica sem destreza na previsão.

$$ETS = \frac{H - CH}{F + O - H - CH}$$

$$CH = \frac{F \cdot O}{N}$$

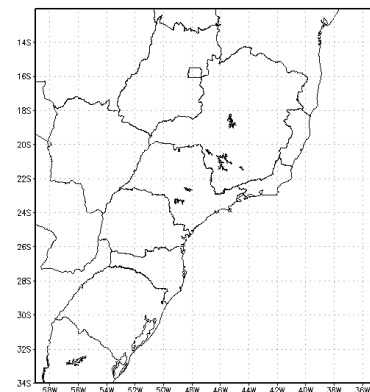
Sendo **H** o número de acertos do modelo, **CH** o número de acertos aleatórios, **F** o número de eventos previstos, **O** número de eventos observados e **N** é o número total da amostra.

Tanto o ETS quanto o BIAS foram calculados com a junção de todos os casos e para todo o domínio.

- BIAS:

- Mede a frequência de ocorrência em que os eventos são previstos.
 - BIAS > 1 → O evento é previsto com maior frequência do que é observado;
 - BIAS < 1 → O evento é previsto com menor frequência do que é observado;
 - BIAS = 1 → O evento é previsto na mesma frequência que é observado.

$$BIAS = \frac{F}{O}$$





3. Resultados



3.1. Teste de Sensibilidade

- Caso 1: Dia 03/01/2000 às 12h. Simulação com 48h de antecedência.

a) KFMX - KF

b) KFMXP055 - KF

c) KFMXP07 - KF

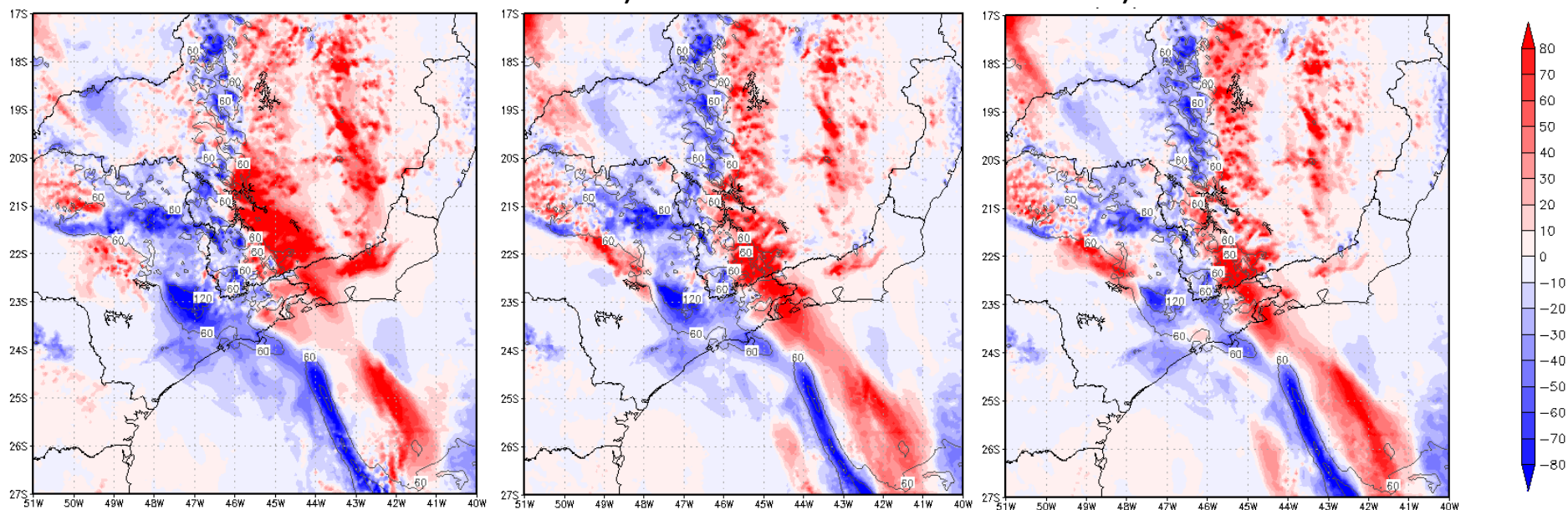


Figura 1. Precipitação acumulada (mm/24h) do esquema KF (Contorno) + Diferença do campo de precipitação acumulada (mm/24h) entre os esquemas com TMC e o esquema KF (hachurado). Iniciado em 01/01/00 às 12h (T+24→48h). a) KFMX - KF; b) KFMXP055 - KF; c) KFMXP07 - KF.



3.1. Teste de Sensibilidade

- Caso 2: Dia 27/12/2008 às 12h. Simulação com 48h de antecedência.

a) KFMX - KF

b) KFMXP055 - KF

c) KFMXP07 - KF

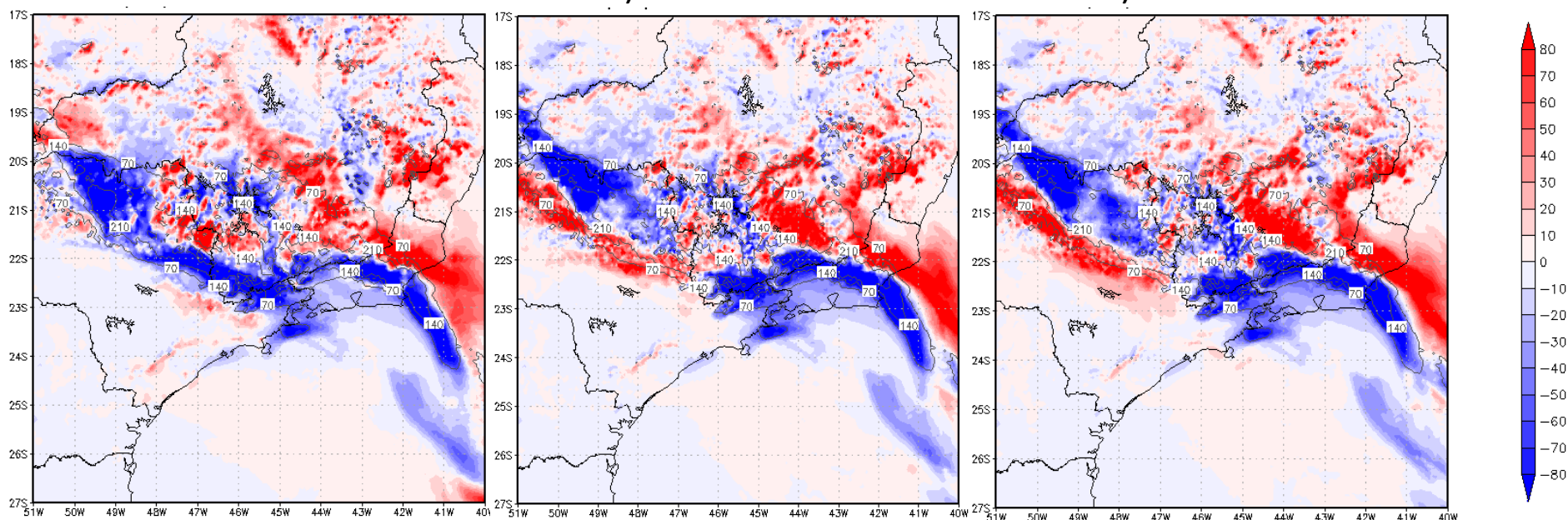


Figura 2. Precipitação acumulada (mm/24h) do esquema KF (Contorno) + Diferença do campo de precipitação acumulada (mm/24h) entre os esquemas com TMC e o esquema KF (hachurado). Iniciado em 25/12/08 às 12h (T+24→48h). a) KFMX - KF; b) KFMXP055 - KF; c) KFMXP07 - KF.



3.1. Teste de Sensibilidade

- Caso 3: Dia 01/01/2010 às 12h. Simulação com 48h de antecedência.

a) KFMX - KF

b) KFMXP055 - KF

c) KFMXP07 - KF

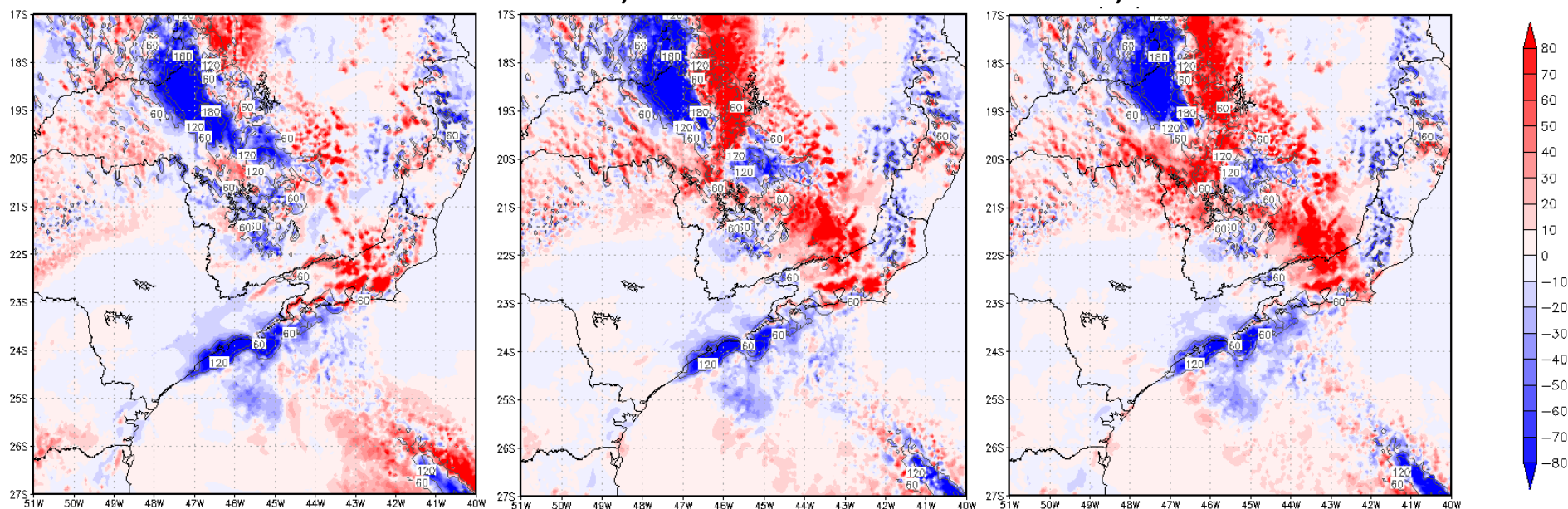
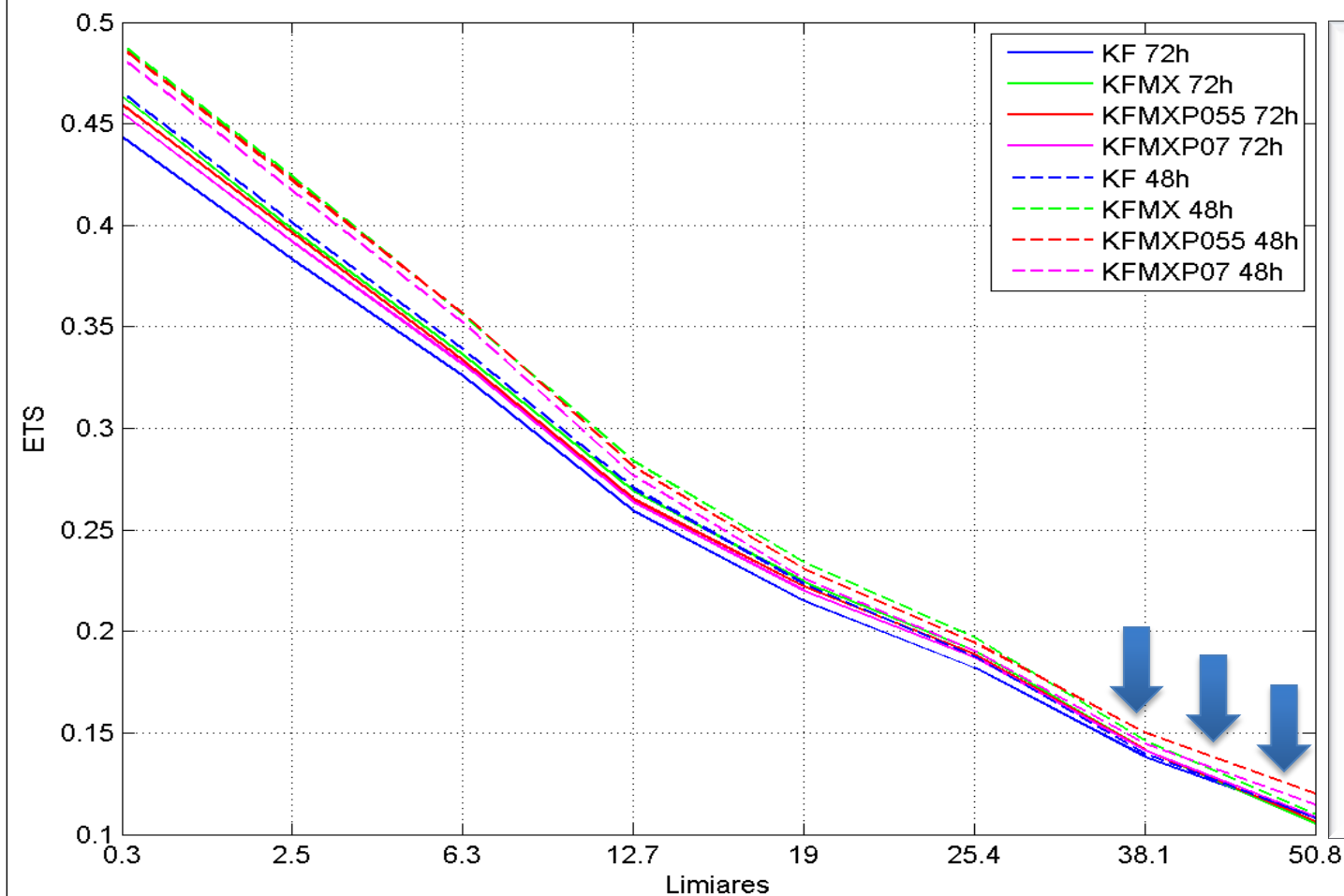


Figura 3. Precipitação acumulada (mm/24h) do esquema KF (Contorno) + Diferença do campo de precipitação acumulada (mm/24h) entre os esquemas com TMC e o esquema KF (hachurado). Iniciado em 30/12/09 às 12h (T+24→48h). a) KFMX – KF; b) KFMXP055 – KF; c) KFMXP07 – KF.



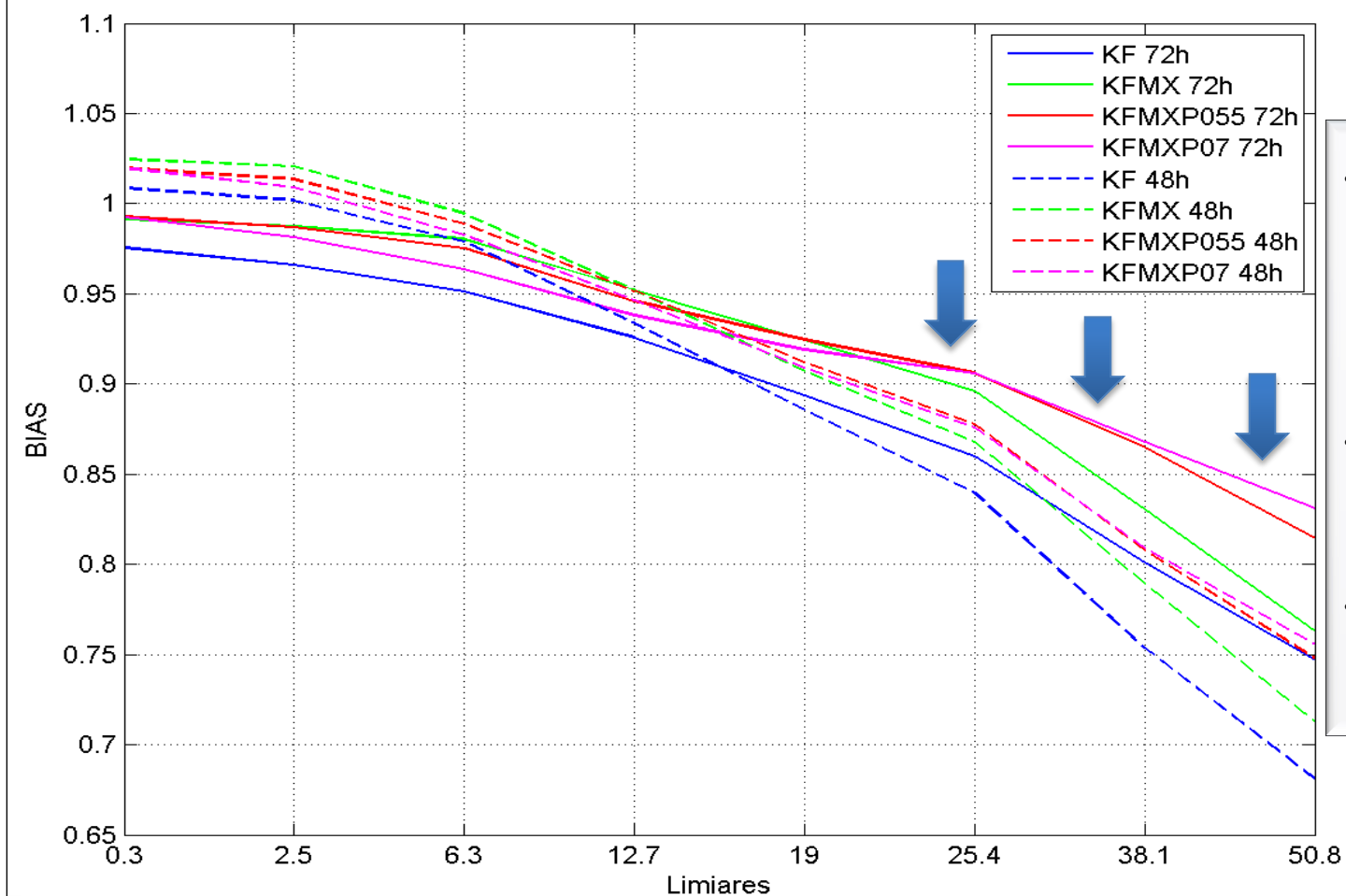
3.2. ETS



- O termo da FGP é função dos fluxos de massa convectivos da nuvem.
- Quanto mais intensa é a convecção, maior será o fluxo vertical de massa dentro da nuvem e, consequentemente, maior é a perturbação no campo de pressão. Fazendo com que o termo da FGP se torne importante.
- KFMX representou melhor as precipitações leves e moderadas.
- Os esquemas com fluxo de momentum são superiores ao esquema controle KF.



3.3. BIAS



- Os esquemas com o TMC proposto apresentam ganhos significativos para detectar a frequência de ocorrência de precipitações intensas.
- KFMX detecta melhor a ocorrência de evento de precipitações moderadas.
- O esquema controle KF foi inferior aos esquemas com fluxo de momentum.



4. Conclusão

- O objetivo foi alcançado, pois houve melhoria nas simulações de precipitação com a contribuição do fluxo de momentum proposto.
- Dentre as versões do esquema de parametrização cúmulos testados, KFMX foi o melhor para representar chuvas leves e moderadas e KFMXP055 foi o melhor para representar chuvas intensas.
- Novos estudos de casos serão necessários para confirmar estes resultados. Inclusive testando outros esquemas de parametrização de convecção.

Obrigado!

