

# Assimilação de dados de Precipitação no Sistema RPSAS/CPTEC: Um Estudo de Caso de Complexo Convectivo de Mesoescala

Carlos Frederico Bastarz<sup>1</sup>, Julio Pablo Fernandez<sup>1</sup>, Dirceu Luis Herdies<sup>1</sup>

[carlos.frederico@cptec.inpe.br](mailto:carlos.frederico@cptec.inpe.br)

<sup>1</sup>Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, Grupo de Estudos em Assimilação de Dados – GDAD. Rodovia Presidente Dutra, Km 40, Cachoeira Paulista/SP – Brasil

**RESUMO:** This paper presents the main results from the implementation of a simple precipitation assimilation scheme in the regional data assimilation system RPSAS/CPTEC. In this scheme an accomplished nudging rainfall is produced by the Eta model using rainfall rates from TRMM. To validate the results, were performed a case study of mesoscale convective system where it was found that the assimilation of precipitation was able to increase the quality of analysis produced by RPSAS through a positive increase in the first guesses (6 hours forecasts) fields. This scheme of the precipitation assimilation represents as a tool to contribute the improving of the quality of short-term forecasts and regional analysis produced by the center.

**PALAVRAS-CHAVE:** Assimilação de Precipitação, *Nudging*, Previsão Numérico do Tempo.

## 1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma variável que influencia os estados presente e futuro da atmosfera, principalmente na região tropical e sua previsão sobre esta região se constitui como um grande desafio para a Previsão Numérica de Tempo (PNT). Os processos diabáticos são dominantes nesta região e desempenham um papel importante na determinação dos padrões convectivos, na formação de chuvas e tempestades através da geração e distribuição de calor e energia nos movimentos verticais e horizontais. Estes processos são representados nos modelos de PNT através de parametrizações físicas, mas devido à sua complexidade ainda não podem ser completamente parametrizados.

O desempenho dos modelos de PNT, que visam prever o estado futuro da atmosfera a partir de uma condição inicial, pode ser aumentado por representar as condições iniciais da atmosfera e da superfície mais próximas da realidade. A Assimilação de dados tenta criar estas condições para seu uso em estudos diagnósticos e de PNT. A precipitação e a temperatura do ar são as variáveis que mais dependem dessas condições iniciais para uma previsão precisa, e elas também são importantes pelo impacto direto que exercem sobre as atividades humanas. Uma forma de melhorar a representação destas variáveis nas análises é incluir dados de precipitação observada no processo de assimilação/previsão (LIN et al., 2001). Esta abordagem permite melhorar a representação das condições iniciais de superfície (temperatura e umidade do solo).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Sistema Eta+RPSAS

O sistema Eta+RPSAS utilizado neste trabalho envolve o modelo regional de PNT Eta de 20 km de resolução horizontal e 38 níveis de resolução vertical e o sistema de assimilação de dados regional *Regional Physical Space Statistical Analysis System* (RPSAS). Este sistema com 20 km de resolução horizontal é utilizado em modo pesquisa no CPTEC. Dentre as principais diferenças entre a versão operacional de 40 km e a versão pesquisa de 20 km, pode-se destacar: modelo de superfície NOAH LSM (versão 2.7) e esquema de convecção *Cumulus* de Betts-Miller Janjić (JANJIĆ, 1994).

## 2.2 Assimilação de Precipitação

O esquema de assimilação de precipitação utilizado neste trabalho incorpora dados de precipitação seguindo a metodologia proposta por Carr e Baldwin (1991) no sistema EDAS do NCEP. Este esquema foi implementado no sistema Eta+RPSAS por Fernandez (2008). A assimilação de precipitação no sistema Eta+RPSAS é basicamente um processo de *nudging* (LIN et al., 2001). Neste procedimento, os campos de precipitação do modelo Eta são modificados para serem mais consistentes com os campos de precipitação observado. Dados de precipitação do TRMM para o mês de Janeiro de 2003 - com uma resolução horizontal de 0,25° (lat/lon) e resolução temporal de 3 horas (V6 - 3B42) foram considerados como precipitação observada. No modelo Eta do CPTEC, o campo de precipitação previsto é ajustado através da precipitação observada ( $P_{obs}$ ) durante a etapa de geração do *first guess* (previsão de 6 horas).

No esquema de Carr e Baldwin, em cada passo de tempo e cada ponto de grade onde as observações de precipitação estão disponíveis, durante o período geração do *first guess*, são comparados a precipitação do modelo ( $P_{mod}$ ) e a precipitação observada ( $P_{obs}$ ).

Assim, procede-se a uma análise da seguinte forma:

- Se  $P_{mod} > 0$  e  $P_{obs} = 0$ : toma-se  $P_{mod}$  e o montante correspondente de calor latente do modelo, ajusta-se a proporção de mistura de vapor de água ( $q_v$ ) de modo que a umidade relativa (RH) permaneça inalterada; reduz-se a proporção de mistura de vapor de água para um valor além do que é necessário para produzir chuva ( $q_{cmin}$ );
- Se  $P_{mod} > P_{obs} > 0$ : diminui-se a liberação de calor latente em cada camada de precipitação multiplicando-se o perfil vertical de calor latente pelo fator  $P_{obs}/P_{mod}$ ; ajusta-se  $q_v$  ao caso anterior, e as camadas onde a precipitação começa a surgir, reduz-se a proporção de água da nuvem, mas mantendo-se o mesmo valor de  $q_{cmin}$ ;
- Se  $P_{mod} < P_{obs}$ : verifica-se primeiro se a convecção é possível: se positivo, diminui-se o tempo de escala convectiva, a fim de se acelerar o processo de precipitação convectiva ( $P_{cnv}$ ). Alcançado este estado, define-se uma quantidade de precipitação convectiva ( $P_{cnv}$ ) igual à precipitação observada ( $P_{obs}$ ), mas não muito maior do que a quantidade máxima permitida pela parametrização convectiva.

Após o ajuste convectivo, se  $P_{cnv} < P_{obs}$  (neste caso, ou o perfil não é convectivo ou a máxima precipitação convectiva é menor do que  $P_{obs}$ ), é feito um ajustamento em escala de grade para a precipitação ( $P_{grd}$ ) como uma função de  $(P_{obs} - P_{cnv})$ . Este processo é tal que:

- i. If  $P_{grd} > 0$ : multiplica-se a escala de grade do perfil de calor latente por  $(P_{obs} - P_{cnv})/P_{grd}$ , alterando-se  $q_c$  nas camadas para produzir chuva pelo mesmo fator (mas mantendo-o acima do nível de  $q_{cmin}$ ) e é ajustado  $q_v$  de modo que RH mantém-se inalterada;
- ii. If  $P_{grd} > 0$ : cria-se uma camada de nuvem (os limites superior e inferior da camada de nuvens são determinadas pelo perfil de umidade do modelo e pela quantidade de precipitação em grade escala) e um perfil parabólico de calor latente correspondente à produção de precipitação em escala de grade ( $P_{obs} - P_{cnv}$ ). Dentro da camada de nuvens criada, define-se RH para 80% e  $q_c$  para um valor inferior a  $q_{cmin}$ .

## 2.3 Experimentos

Para o presente trabalho foram realizados dois experimentos: SAP (Sem Assimilação de Precipitação) e CAP (Com Assimilação de Precipitação). Em ambos os experimentos o modelo Eta foi executado no modo hidrostático e com o filtro digital (original do modelo Eta) para a inicialização dos dados assimilados. Em ambos os experimentos, a primeira condição inicial é a análise do NCEP e, em seguida, o sistema RPSAS gera análise utilizada nos ciclos seguintes de previsão.

### 3. RESULTADOS

Na avaliação dos resultados, comparou-se as análises dos experimentos SAP e CAP geradas pelo RPSAS com as reanálise de 40 km do CPTEC e com a reanálise 2 do NCEP/DOE. As previsões do modelo Eta foram comparadas com os dados dos projetos SALLJEX e GPCP. Para ambas, análises e previsões, foram calculados os índices estatísticos Viés, Erro Quadrático Médio e Correlação de Anomalia (não mostrado). Além disso, também foi feita uma avaliação da umidade e temperatura do solo (Figura 1), comparando-as com os campos encontrados nas reanálises. As avaliações feitas foram efetuadas para toda a América do Sul e para a região da Bacia do Prata (em destaque nos campos atmosféricos mostrados).

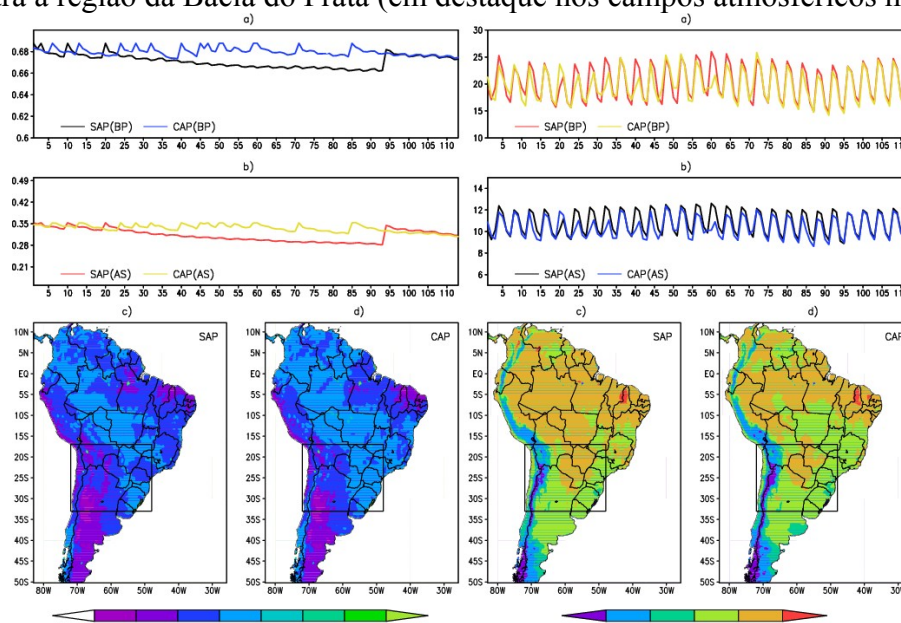


Figura 1: Séries temporais da umidade do solo (esquerda) e temperatura do solo (direita). Os campos representam as médias para Janeiro de 2003. Nas séries, os valores de 1 a 113 (em intervalos de 5 unidades), representam todas as análises do período de avaliação e para os horários das 00, 06, 12 e 18Z. As unidades estão em  $\text{km}^3/\text{m}^2$  (umidade do solo) e  $^{\circ}\text{C}$  (temperatura do solo).

A Figura 2 mostra as médias do campo de precipitação para Janeiro de 2003. Nesta figura nota-se que a precipitação mensal dos projetos GPCP e SALLJEX apresentam um padrão de precipitação bem distribuído sobre o continente em que pode-se notar a presença da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical. O campo de precipitação apresentado pelo experimento SAP é mais discreto com valores mais baixos se comparado ao GPCP e SALLJEX. No caso do experimento CAP, o campo de precipitação apresentado é melhor (revelando um ganho em relação ao experimento SAP) e, em comparação com a precipitação dos experimentos GPCP e SALLJEX, apresenta também um acumulado mensal mais discreto, mas mais bem representativo do que o experimento SAP.

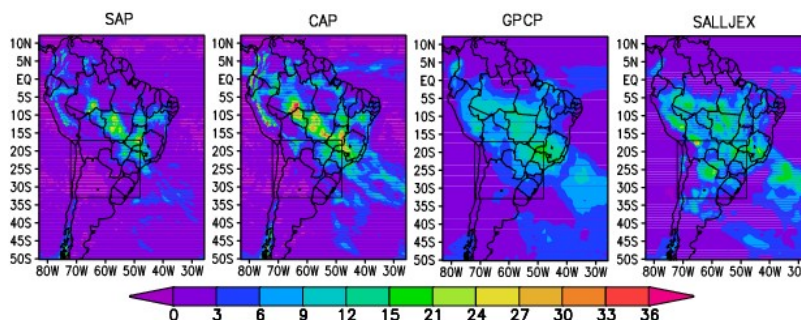


Figura 2: Campos médios de precipitação para os experimentos SAP e CAP e dos projetos GPCP e SALLJEX. As unidades estão em  $\text{mm}/\text{mês}$ .

### 3.2 Estudo de Caso

De acordo com Zipser et al. (2004) durante o experimento SALLJ, que durou de novembro de 2002 a fevereiro de 2003, foram observados mais de cem casos de Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Durante o mês de janeiro de 2003, dois casos de CCM foram observados. Um deles ocorreu em 23 de janeiro de 2003 no norte da Argentina e foi escolhido como um caso em que tentou-se simular suas principais características com o sistema Eta+RPSAS, utilizando-se os dois experimentos descritos na Seção 2.3.

Abaixo (Figura 3) são mostradas imagem de satélite GOES 8 canais (infravermelho) entre os dias 22 de Janeiro de 2003 às 28Z e 23 de Janeiro de 2003 às 15Z (imagens a cada três horas). Para o mesmo período, são mostradas também a precipitação observada do SALLJEX (acumulados das 12Z combinado com a precipitação do TRMM – Figura 4, linha 3) e as simulações de precipitação dos experimentos do modelo Eta CAP e SAP (previsões de 6 horas), respectivamente (Figura 4, linhas 1 e 2).

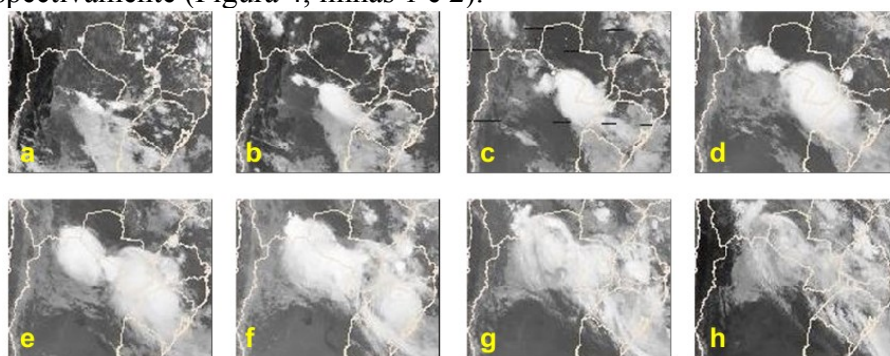


Figura 3: Imagens do canal 4 (infravermelho) do satélite GOES 8: a) 20030122\_18Z, b) 22\_21Z, c) 23\_00Z, d) 23\_03Z, e) 23\_06Z, f) 23\_09Z, g) 23\_12Z, h) 23\_15Z.

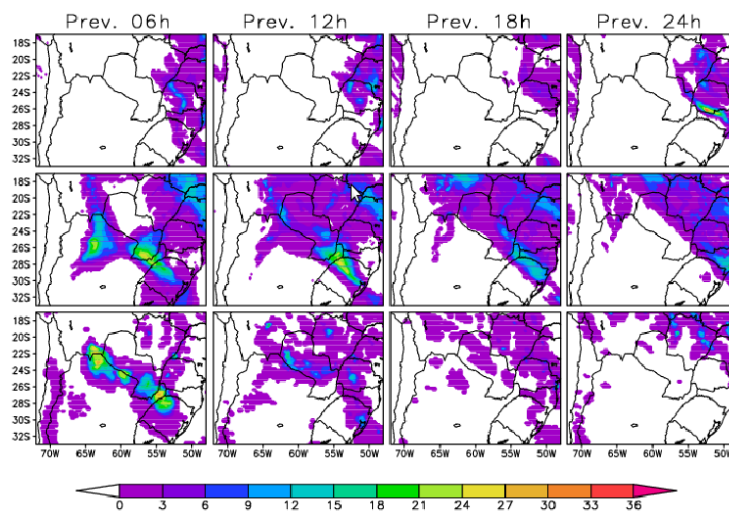


Figura 4: Primeira linha: experimento SAP; segunda linha: experimento CAP; terceira linha: precipitação TRMM combinada com estações do SALLJEX. As unidades estão em mm.

Para efeito de comparação, vale lembrar que, durante o experimento de campo SALLJEX, foram instalados vários pluviômetros adicionais (HERDIES et al., 2007) o que favoreceu uma descrição mais detalhada da precipitação acumulada. Comparativamente, observa-se que o experimento CAP foi capaz de simular o padrão de precipitação (Figura 4, linha 2) que foi encontrado no experimento SALLJEX (Figura 4, linha 3) apresentando também taxas de precipitação (para a previsão de 6 horas) muito semelhantes ao do SALLJEX. Maiores detalhes e outros resultados encontrados podem ser encontrado em Bastarz 2010.

#### 4. CONCLUSÕES

Alguns resultados mostram que a assimilação de precipitação melhorou os campos de precipitação do modelo (principalmente durante as primeiras horas de previsão). Este é um bom resultado visto que as análises geradas são baseadas nos campos de *first guess* e as informações incorporadas por ele puderam ser reproduzida nas primeiras horas de previsão estendida. Com os resultados obtidos foi possível mostrar que o sistema é capaz de contribuir para o aumento do nível de qualidade das previsões de curto prazo de precipitação feitas pelo CPTEC sobre a América do Sul e contribuir com o aumento da qualidade da previsão de precipitação sobre os trópicos.

#### 5. REFERÊNCIAS

BASTARZ, C. F.; **Impacto da Assimilação de Precipitação no sistema RPSAS/CPTEC: Um Estudo de Caso de Complexo Convectivo de Mesoescala.** Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2010.

CARR, F. H.; BALDWIN, M. E.; **Assimilation of observed precipitation data using NMC's ETA model.** Preprints. 9th AMS Conference on Numerical Weather Prediction, Denver, CO, 422-425, 1991.

FERNANDEZ, J. P. R.; **Assimilação de Precipitação no RPSAS/CPTEC.** Comunicação Pessoal, 2008.

HERDIES, D. L.; KOUSKY, V.; EBISUZAKI, W.; **The impact of high-resolution SALLJEX data on a global NCEP analysis.** Journal of Climate, v. 20, p. 5765-5783, 2007.

JANJIC, Z. I.; **The step-mountain Eta coordinate model: Further developments on the convection, viscous sub layer and turbulence closure schemes.** Mon. Wea. Rev. 122, 927-945, 1994.

LIN, Y.; BALDWIN, M. E.; MITCHELL, K. E.; ROGERS E.; DIMEGO, G. J.; **Spring 2001 changes to NCEP ETA analysis and forecast system: assimilation of observed precipitation data.** Preprints, 18th AMS Conference on Weather Analysis and Forecasting/14th Conference on Numerical Weather prediction, Fort Lauderdale, FL, J92-95, 2001.

ZIPSER, E. J.; SALIO, P.; NICOLINI, M.; **Meso-scale Convective Systems Activity during SALLJEX and the Relationship with SALLJ.** CLIVAR Exchanges. World Climate Change Programme. V9,14-19, 2004.