

**SISTEMA DE ASSIMILAÇÃO ETA/RPSAS**

Elizabeth Silvestre Espinoza<sup>1</sup>  
Rosângela Cintra<sup>2</sup>  
Dirceu Herdies<sup>3</sup>  
José Antônio Aravéquia<sup>4</sup>  
José Paulo Bonatti<sup>5</sup>  
Josiane Bustamante<sup>6</sup>  
Jorge Luís Gomes<sup>7</sup>  
Sergio Henrique S. Ferreira<sup>8</sup>  
Wagner Flauber Araújo Lima<sup>9</sup>

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**  
**Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC**  
**Endereço : Rodovia Presidente Dutra Km, 40**  
**Cachoeira Paulista, CEP 12630-000**  
**São Paulo, Brasil**

[elizabet@cptec.inpe.br](mailto:elizabet@cptec.inpe.br), [rcintra@cptec.inpe.br](mailto:rcintra@cptec.inpe.br), [dirceu@cptec.inpe.br](mailto:dirceu@cptec.inpe.br), [araveq@cptec.inpe.br](mailto:araveq@cptec.inpe.br), [bonatti@cptec.inpe.br](mailto:bonatti@cptec.inpe.br),  
[josiane@cptec.inpe.br](mailto:josiane@cptec.inpe.br), [gomes@cptec.inpe.br](mailto:gomes@cptec.inpe.br), [henrique@cptec.inpe.br](mailto:henrique@cptec.inpe.br), [wagner@cptec.inpe.br](mailto:wagner@cptec.inpe.br)

**ABSTRACT**

The Data Assimilation Office (DAO) at the National Aeronautic and Space Administration (NASA) and the Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) have been collaborating on the development of a regional Data Assimilation System for South America based on ETA model. This paper describes the plans for adapting the Physical-space Statistical Analysis System (PSAS) developed at the DAO, along with its evaluation, to provide an operational data assimilation capability for CPTEC's regional prediction system. The evaluation of the Regional PSAS (RPSAS) show a stable system and the results are in good agreement with analysis from National Center for Environmental Prediction (NCEP). The development of a regional data assimilation system is highly desired for improving analysis and forecasts in the region. After these results the ETA/RPSAS is running in real time at CPTEC.

**INTRODUÇÃO**

Na última década o aprimoramento dos resultados dos modelos de Previsão Numérica do Tempo tem tido cada vez mais contribuições devido a avanços nos Métodos de Assimilação. O processo de assimilação de dados requer medidas do estado real da atmosfera. Devido a maior parte da superfície da Terra ser coberta por mar, a disponibilidade de dados convencionais fica limitada, principalmente no Hemisfério Sul. O sistema de análise desempenha um papel indispensável para ajustar o estado dos modelos de previsão de tempo de acordo com informações das observações, uma vez que não há observações para todos os pontos do domínio dos modelos.

Devido ao grau de liberdade dos modelos ser uma ou duas ordens de magnitudes maior que o número de observações os sistemas de análise necessitam cada vez mais da assimilação de dados não convencionais como aqueles de medidas feitas indiretamente por satélite. A assimilação de informação de radiancias medidas por satélites toma uma importância fundamental na definição de condições iniciais para a obtenção de previsões mais confiáveis e em malhas de resolução maior, buscando um detalhamento espaço-temporal da previsão cada vez melhor (Derber et Al., 1993, Eyre et. Al, 1992). Um detalhe importante é que essa metodologia pode ser aplicada tanto no modelo regional como no global, como vem sendo aplicada em grandes centros tais como ECMWF (Eyre, et al. 1993), NCEP (Parris e Derber, 1992), METEOFRENCE e NASA (Joiner e Da Silva, 1998).

Este trabalho mostra a avaliação do Sistema de Assimilação e Análise Regional RPSAS com o Modelo Regional Eta, para o período de 30 dias do mês de novembro de 1999, com o intuito de validar o sistema para operacionalização. O RPSAS foi desenvolvido no CPTEC com apoio da Divisão de Assimilação de Dados (Data Assimilation Office - DAO) da NASA, e foi implementado e adaptado no CPTEC para o Modelo Regional Eta. A

interface de assimilação e interpolação de dados foi desenvolvida no CPTEC (Cintra e Aravéquia, 1998) e o núcleo da análise foi adaptada do sistema PSAS (Guo J. and Da Silva A., 1995<sup>(1)</sup>) para ser aplicado a região do domínio do modelo ETA do CPTEC. Para essa adaptação a prescrição de erros de previsão necessária para que o PSAS minimize os erros da análise foi calculada (Tippett, 1998) especificamente para o modelo ETA.

O RPSAS assimila tanto dados convencionais como dados de satélite como retrievals (recuperação de uma variável atmosférica a partir de medidas de radiância medidas pelo satélite). Estes dois tipos de observação foram utilizadas na avaliação apresentada neste trabalho. São mostrados os campos dos incrementos para verificar a estabilidade matemática do RPSAS, a variação temporal da diferença entre valores observados e os valores da análise (O-A) e a variação temporal da diferença entre observação e o first guess (O-F), para mostrar a estabilidade do RPSAS, campos de análise obtidos pelo RPSAS e finalmente campos de previsão de precipitação como resultado prático final do processo de assimilação em conjunto com os modelos de previsão numérica do tempo.

## METODOLOGIA

O sistema Eta/RPSAS foi rodado de modo cíclico e estático durante os 30 dias do mês de Novembro de 1999, para os horários de 00Z, 06Z, 12Z e 18Z, sendo rodada a previsão do tempo para 72 horas nos horários de 00Z e 12Z. Para a avaliação foram consideradas:

- a) Campos dos incrementos obtidos pelo RPSAS que aplicados ao first guess dão como resultado os campos de Análise.
- b) Variação temporal dos O-F e O-A, que nos permitem analisar a estabilidade do RPSAS.
- c) Campos de Análise obtidos com RPSAS e os proporcionados pelo NCEP.
- d) Campos de previsão de precipitação, obtidos com os sistema Eta/RPSAS e Eta/NCEP.

## RESULTADOS

### INCREMENTOS

O método de análise do RPSAS é conhecido como método dos incrementos, o que consiste na obtenção dos incrementos para serem somados aos campos de first guess dando como resultado os campos de análise. Para avaliar se estes incrementos estão sendo devidamente somados aos campos de first guess, comparou-se os incrementos obtidos pelo RPSAS com os campos gerados pela diferença entre análise e o first guess, com a finalidade de se comprovar que estes campos sejam similares, verificando assim como com isto a consistência matemática do RPSAS. Esta avaliação foi realizada para os níveis de 850 mb, 500 mb e 300 mb, para vento meridional, vento zonal, razão de mistura e geopotencial, nos horários em que o modelo regional Eta roda (00Z, 06Z, 12Z e 18Z), sendo uma rodada curta nos horários das 06Z e 18Z e uma rodada longa de 72 horas nos horários de 00Z e 12Z.

O RPSAS com respeito aos incrementos é avaliado em dois principais aspectos: no primeiro, o RPSAS gera campos de incrementos que somados aos campos de first guess dariam como resultado o campo de Análise; esta operação deve ser matematicamente consistente, no segundo aspecto, em situações em que não existam observações o campo da análise repetiria o campo do first guess. Este tipo de avaliação nos permitirá concluir que o RPSAS está matematicamente coerente.

A avaliação foi realizada para um mês inteiro de rodada cíclica, o acompanhamento dos campos de incrementos e das diferenças foi realizada durante o mesmo período em todos horários previamente mencionados. Na figura 1 são mostrados os campos de incrementos obtidos pelo RPSAS assim como os campos das diferenças entre os campos de Análise e os campos de First Guess, para geopotencial (figura 1.a), para razão de mistura (figura 1.b), para vento zonal (figura 1.c) e para vento meridional (figura 1.d) para o dia 8 de novembro de 1999 as 12Z.

Pode-se observar nos campos das figuras 1.a até 1.d, de forma geral que os incrementos obtidos pelo RPSAS comparados com os campos das diferenças entre Análise e First guess são similares para as variáveis mostradas,

variáveis utilizadas na inicialização do Modelo Regional Eta e variáveis em que o RPSAS obtém os incrementos. Na figura 1.a para o caso do geopotencial, pode-se observar que os campos são similares nos níveis mostrados. A figura 1.b mostra os campos de incrementos obtidos pelo RPSAS comparados com os campos da diferença entre análise e first guess, para razão de mistura nos níveis de 850 mb, 500 mb e 300 mb, pode-se se observar que os campos são similares nos níveis de 850 e 500 mb, enquanto que no nível de 300 mb observa-se uma pequena diferença, isto devido a que o RPSAS acima de 300 mb considera umidade zero, enquanto que o Modelo Regional Eta, considera umidade zero acima de 250 mb, isto faz com que exista diferenças no nível de 300 mb. Deve-se observar também na figura 1.b que existem núcleos bem diferenciados de umidade, correspondendo às localizações das observações, neste caso radiossondagens, utilizadas pelo RPSAS para obtenção da análise de umidade. Observa-se ao mesmo tempo que estes núcleos correspondem aos mesmo núcleos obtidos pela diferença entre o campo de análise e first guess o que significa que a soma dos incrementos obtidos pelo RPSAS, foi realizada exatamente nos pontos correspondentes.

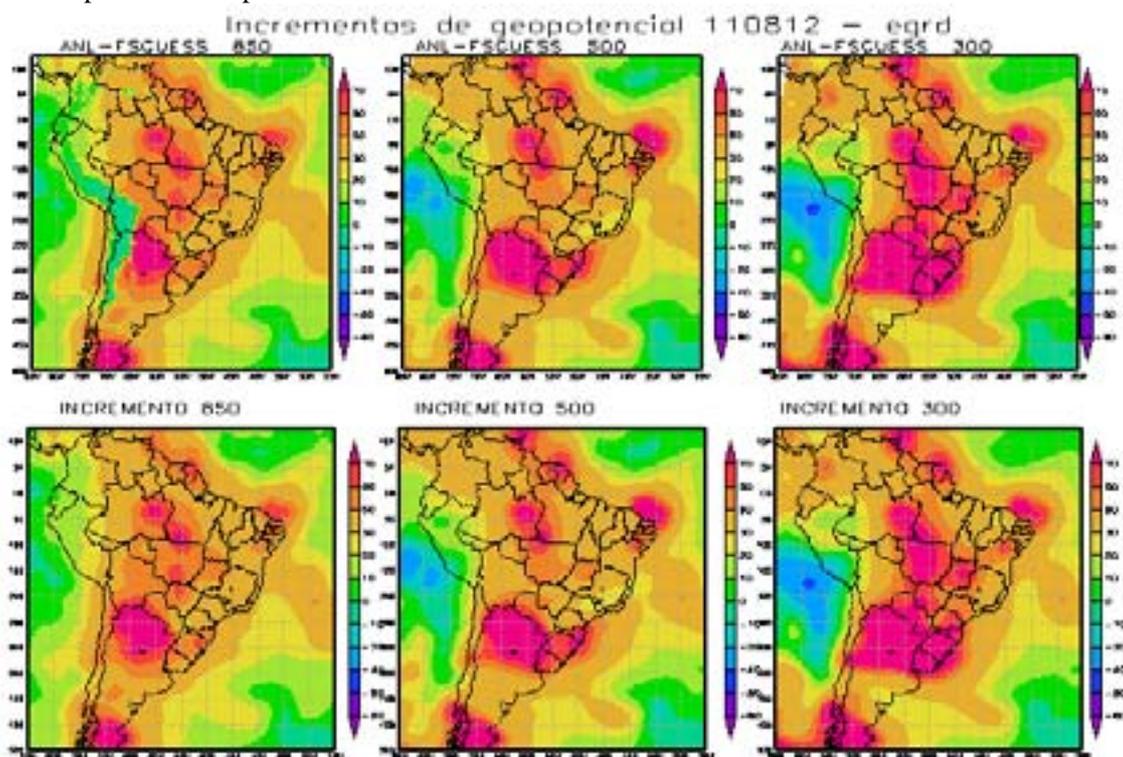


Figura 1.a - Incrementos de Geopotencial para às12Z de 08/11/1999

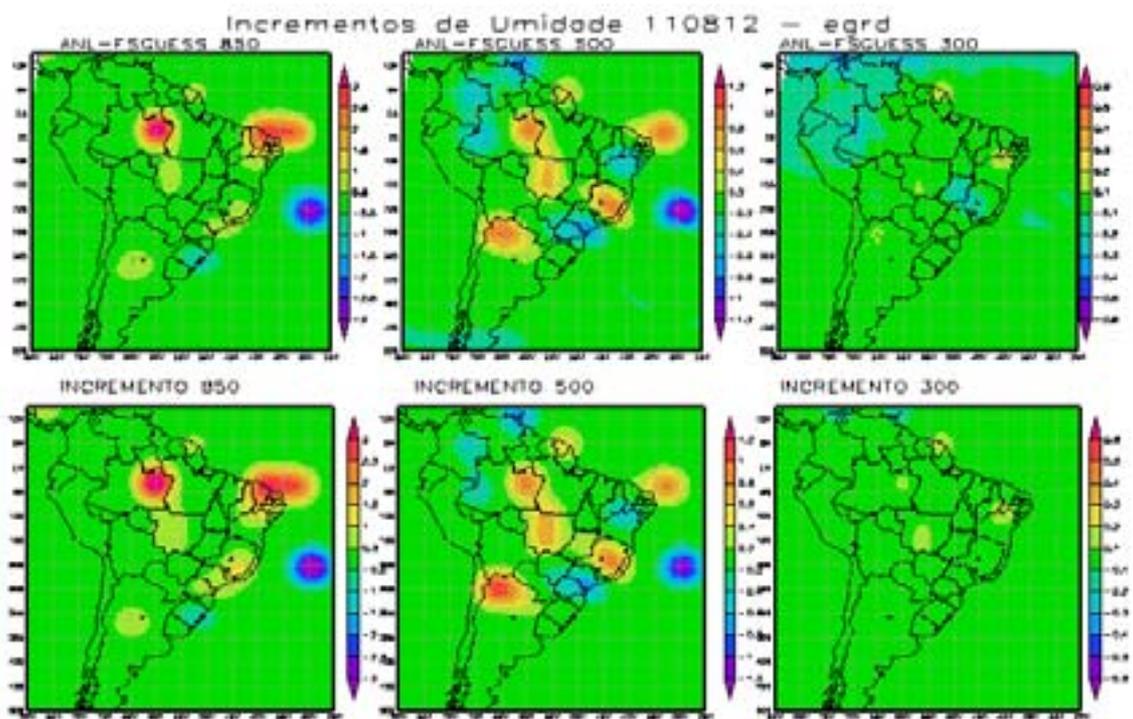


Figura 1.b - Incrementos de Razão de mistura para 12Z de 08/11/1999.

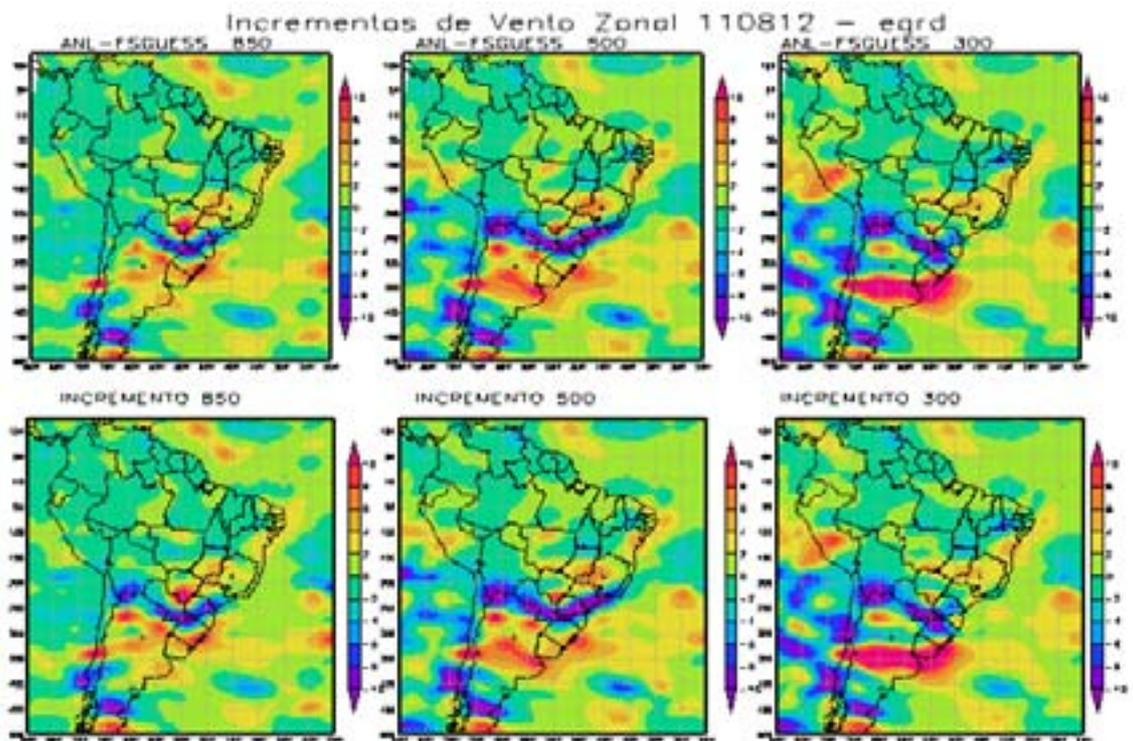


Figura 1.c - Incrementos de Vento Zonal para 12Z de 08/11/1999

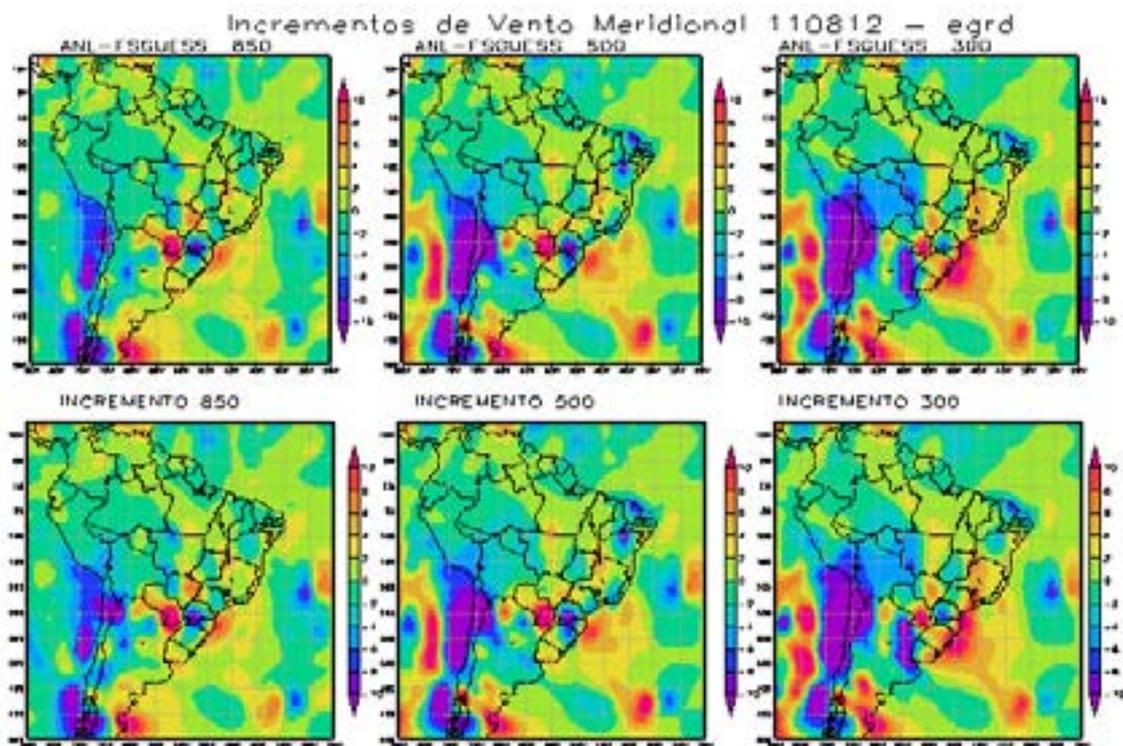


Figura 1.d - Incrementos de Vento Meridional para 12Z de 08/11/1999.

Os campos das figuras 1.c e 1.d correspondem a vento zonal e meridional respectivamente, nas quais como no caso das figuras 1.a e 1.b, pode-se notar que os campos dos incrementos são similares aos campos das diferenças entre análise e first guess. Com estes resultados, considera-se que o primeiro item de comparação é compatível com o esperado, de um sistema de assimilação de tipo incremental como o caso do RPSAS.

Considerando o segundo aspecto, na avaliação dos incrementos, deve-se comprovar que na falta parcial de observações, seja quantitativa ou espacial o RPSAS estaria pronto para reproduzir o campo de first guess para a obtenção dos campos de análise. Para a comprovação, foram escolhidos os horários das 06Z e 18Z, horários em que não se tem observações de altura (TEMP) que fornecem observações de umidade para o RPSAS obter os campos de análise. Assim observa-se que os campos de incrementos de umidade dado pelo RPSAS e os campos das diferenças entre análise e first guess, em que os valores dos mesmos é igual a zero.

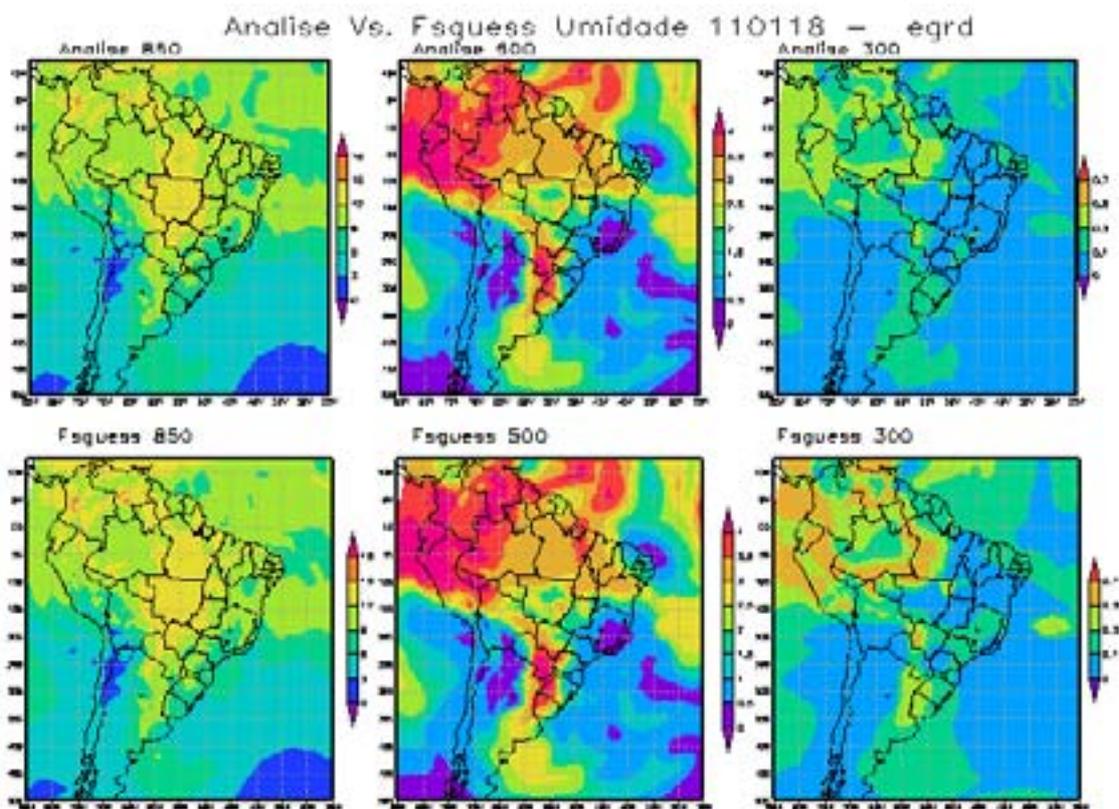


Figura 2. Campos de Análise e First guess para 18Z de 01/11/1999.

Pode-se observar na figura 2 que os campos de análise obtidos pelo RPSAS reproduzem exatamente os campos de first guess, mostrando-se na figura para o caso da umidade para os níveis de 850 hPa, 500 hPa e 300 hPa. Com isto, o RPSAS consegue reproduzir os campos de first guess e gerar os campos de análise, mostrando sua consistência como sistema de Assimilação.

Deve-se observar que na figura 2 para os níveis de 850 mb e 500 mb a análise reproduz exatamente o campo do first guess, enquanto que no nível de 300 mb, existe uma ligeira diferença entre os campos, este fato é atribuído novamente a que o RPSAS acima de 300 mb considera valores zero de umidade, enquanto que o Modelo Eta, considera valores zero de umidade acima de 250 mb. O RPSAS faz um controle de qualidade das observações utilizadas no sistema, e no caso da figura 2 onde se observam as diferenças entre a análise e first guess, os valores altos de umidade considerados pelo RPSAS foram rejeitados pelo que observa-se as diferenças no nível de 300 mb. Pois o RPSAS considera umidade zero após 300 mb e o Modelo regional Eta considera umidade zero acima de 250 mb. Do mesmo modo na figura 3 são mostrados os campos de análise e first guess para o horário das 06Z, horário em que também não existem observações da radiossondagens que dariam origem aos incrementos de umidade e a posterior obtenção dos campos de análise, observando-se que os campos de análise obtidos pelo RPSAS reproduzem novamente os campos de first guess. Este segundo passo de avaliação do RPSAS nos leva a mostrar a consistência novamente do RPSAS como sistema de Assimilação de Dados, lembrando que durante estes experimentos foram utilizados dados convencionais como dados de satélite em forma de retrievals.

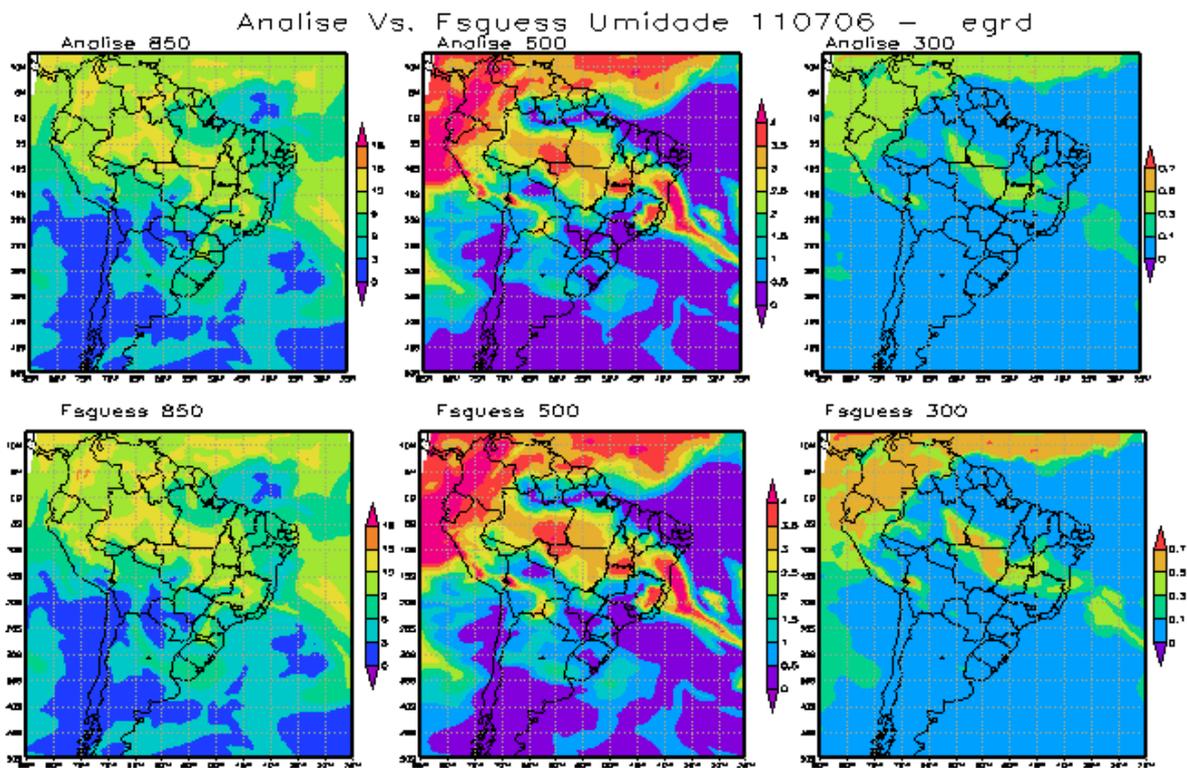


Figura 3. Campos de Análise e First guess para às 06Z de 07/11/1999.

### O-A Vs. O-F

Um outro fator importante para mostrar a estabilidade e consistência de um Sistema de Assimilação e o acompanhamento da variação temporal de O-A (Observação menos Análise) e O-F (Observação menos First guess), após uma rodada estática, os resultados deste tipo de avaliação mostraram a estabilidade através do tempo do sistema de assimilação, para isto se fez uma rodada estática para o mesmo período da rodada cíclica, ( mês de novembro). Com esta avaliação espera-se pelo menos que os valores de O-A sejam menores que os valores de O-F através do tempo, o que significaria que os valores obtidos da análise ou os campos de análise estariam mais próximos dos valores ou campos observados, permitindo-nos concluir que a análise obtida representa melhor o estado real da atmosfera, condição básica de um campo de análise para a inicialização de um modelo de Previsão Numérica de Tempo. Esta avaliação foi realizada para geopotencial nos níveis de 850 mb e 500 mb, mostrando-se na figura 5 para o nível de 850 mb.

A figura 4 mostra a distribuição temporal dos valores de O-A e O-F obtidas considerando os quatro horários em que se faz as rodadas dos modelos de Previsão numérica (00Z, 06Z, 12Z e 18Z) e portanto nos horários em que se obtêm os campos de análise com o RPSAS. Pode-se observar na figura 4 que os valores de O-A (linha azul) através do tempo apresenta valores menores que os valores obtidos para O-F (linha rosa), isto nos mostra que existe pouca diferença entre as observações e as análises obtidas pelo RPSAS, ao mesmo pela estrutura da variação temporal de O-A pode-se observar que não existem picos de máximos nem mínimos como sinal de instabilidade do sistema através do tempo. Os valores de O-A menores que os de O-F mostram que o RPSAS ao obter as análises tende a ser mais semelhante às observações por ele usadas. Este critério de estabilidade comprovado para o RPSAS nos permite concluir sobre a estabilidade consistente do RPSAS como sistema de Assimilação. O RPSAS sendo submetido ao testes de avaliação até este ponto vem mostrando sua estabilidade e consistência matemática, sendo que estas avaliações são com o intuito da operacionalização do ETA/RPSAS no Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

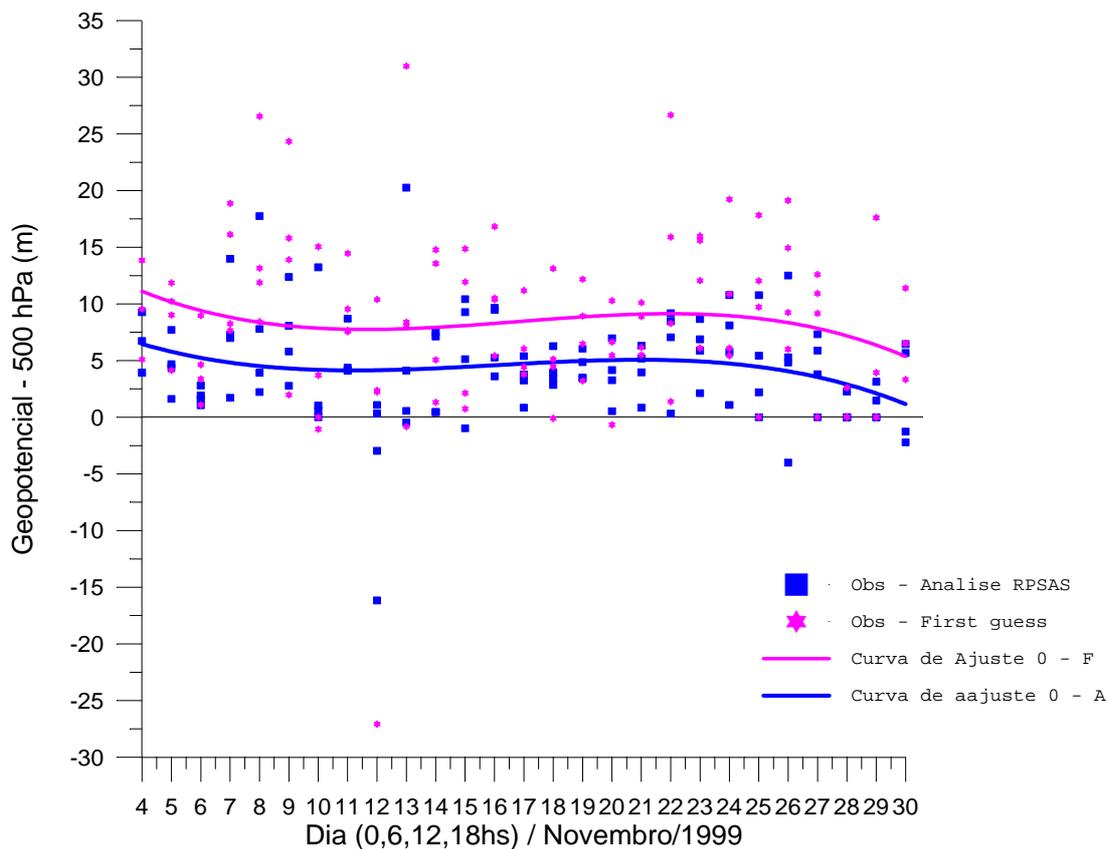


Figura 4 - Distribuição temporal do O-A e O-F de geopotencial .

## ANÁLISES

Esta avaliação é considerada importante pois permite verificar o resultado final do RPSAS, isto é, nos permite verificar os campos de análise obtidos pelo ETA/RPSAS que inicializam o mesmo para a obtenção da previsão do tempo. Para isto, como padrão de comparação obteve-se os campos de análise do National Center Environmental Prediction (NCEP), em vista que esses campos de análise são utilizados atualmente para a inicialização do Modelo regional Eta. Para a verificação, da forma mais simples são mostrados os campos de análise obtidos pelo RPSAS e pelo NCEP para geopotencial (figura 5.a), para Umidade específica (figura 5.b), para vento zonal (figura 5.c) e para vento meridional (figura 5.d) nos níveis de 850mb, 500 mb e 300 mb. Deve-se ressaltar que a comparação destes campos assim como as outras avaliações prévias foram realizadas durante o período de um mês (novembro de 1999), considerando como mencionado anteriormente dados convencionais como dados de satélite como retrievals em forma de temperatura virtual. Na figura 6 mostra-se os campos para um dia aleatoriamente escolhido do mês de avaliação.

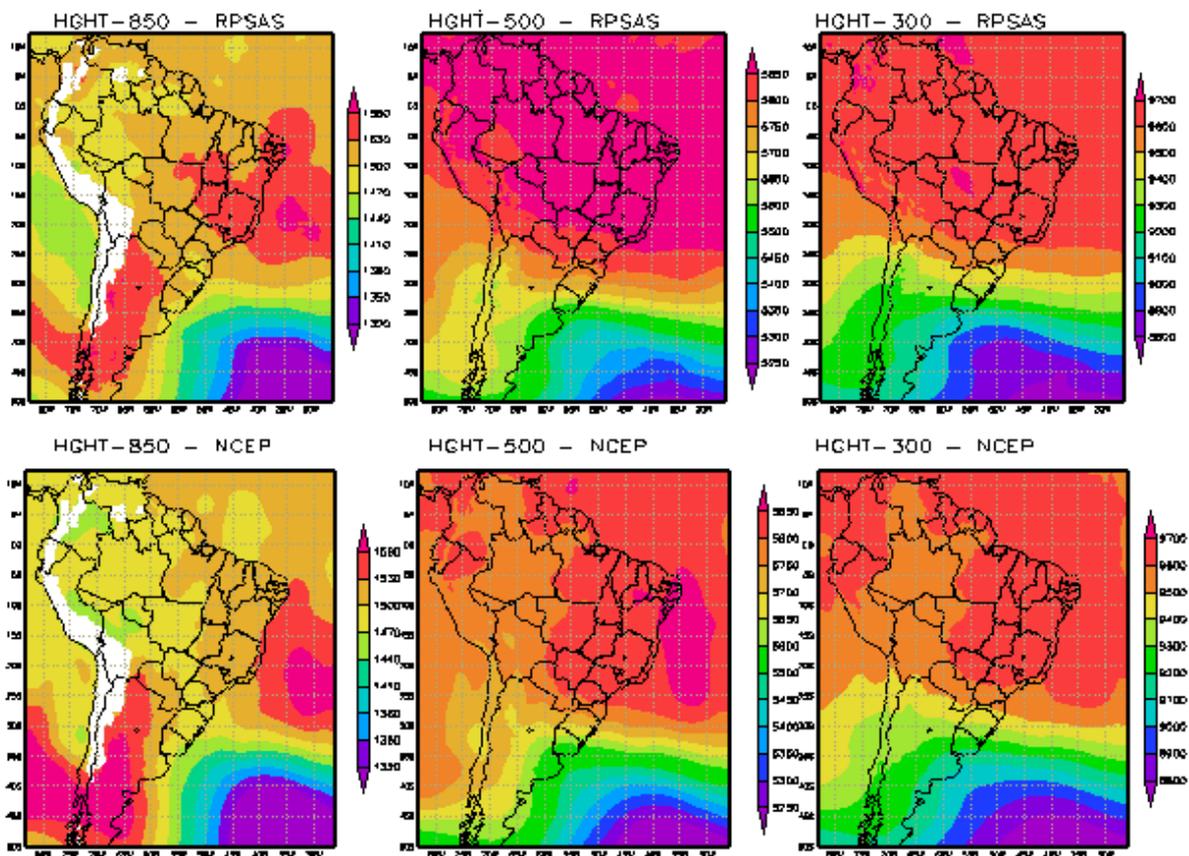


Fig. 5.a - Campo de Análise de Geopotencial para 03/11/1999 às 12Z.

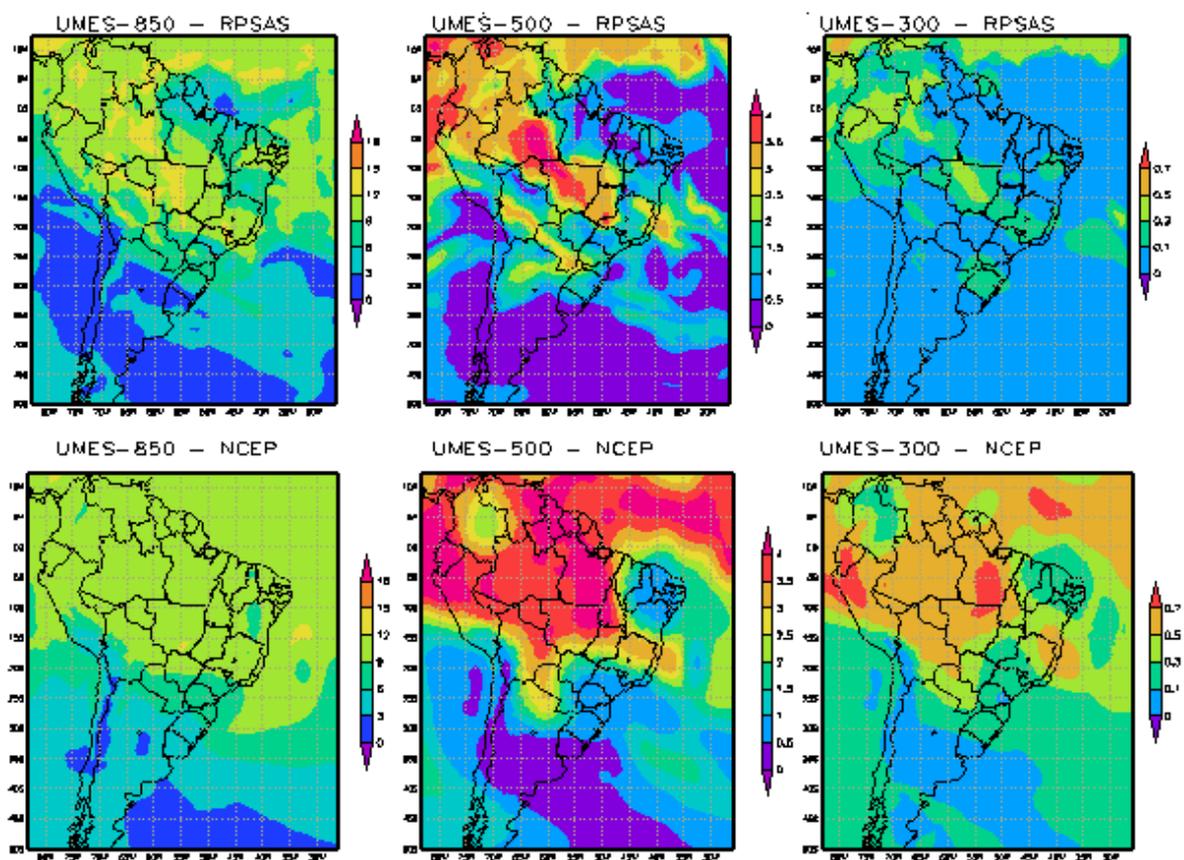


Fig. 5.b - Campo de Análise de Umidade Específica para 03/11/1999 às 12Z.

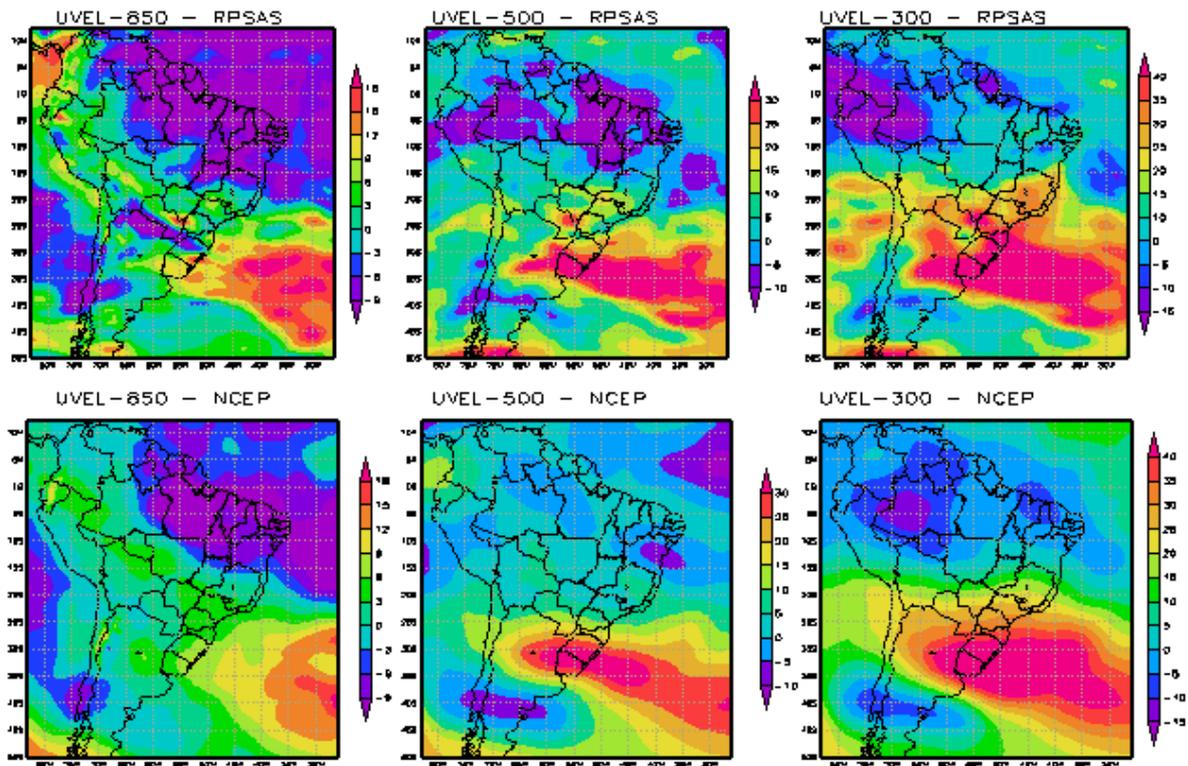


Fig. 5.c - Campo de Análise de Vento Zonal para 03/11/1999 às 12Z.

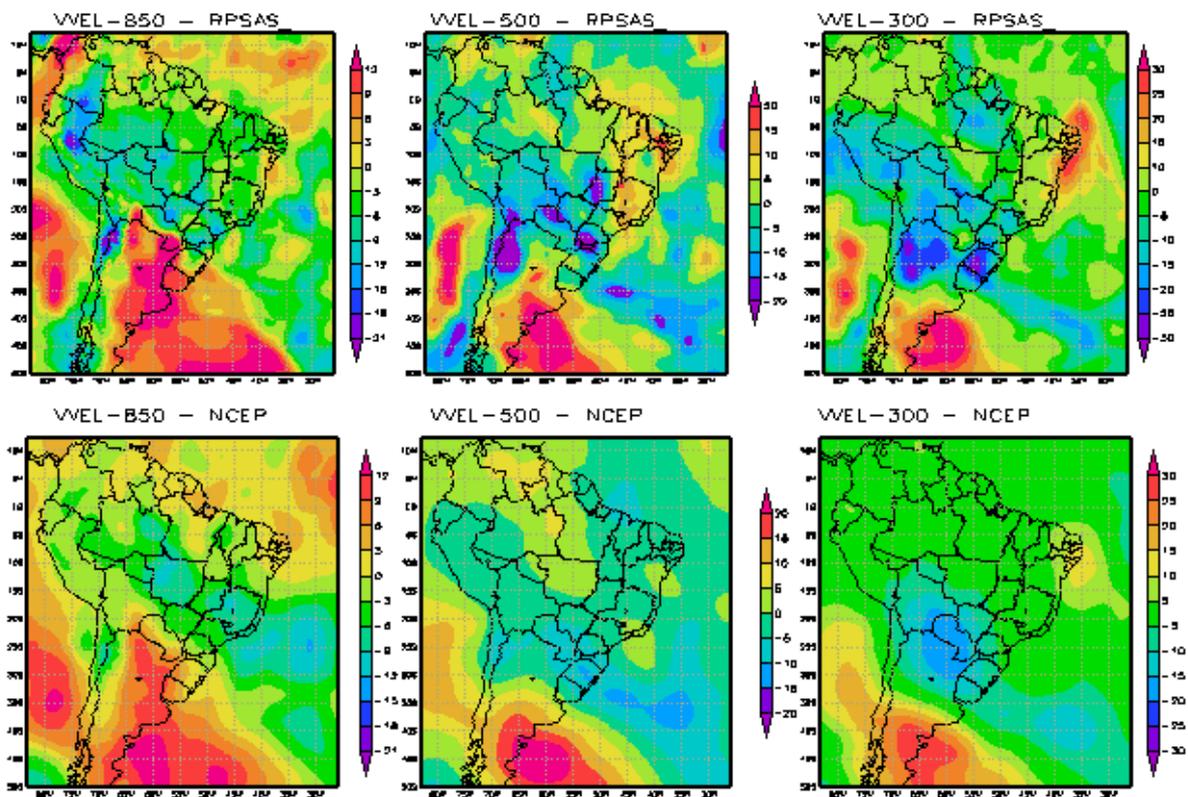


Fig. 5.d - Campo de Análise de Vento Meridional para 03/11/1999 às 12Z.

Para o caso de geopotencial (fig. 5.a) observa-se que de forma geral que a configuração espacial dos valores de geopotencial do RPSAS são similares aos do NCEP, ressaltando que os núcleos de máximos e mínimos

são bem representados pelo RPSAS com respeito aos campos do NCEP para os níveis mostrados na figura 5.a existindo pequenas diferenças em localizações aleatórias. No caso da umidade (figura 5.b) os campos de forma geral são diferentes, isto deve-se ao fato de que o RPSAS usa como dados observados de umidade principalmente radiossondas, que na América do Sul são poucas, enquanto que o NCEP utiliza além de radiossondas dados de satélite (retrievals) em forma de umidade, que faz que se observe diferenças nos campos de análise entre RPSAS e NCEP, mas, observando a figura 5.b pode-se verificar que núcleos com máximos e mínimos de umidade são ressaltados pelo RPSAS quando comparados com o NCEP e em áreas específicas o RPSAS mostra um detalhamento melhor das análises. As figuras 5.c e 5.d mostram os campos de vento zonal e meridional respectivamente, observa-se de forma geral que as análises reproduzidas pelo RPSAS quando comparados com as análises do NCEP, são bastante similares ao longo da área de atuação do modelo, ressaltando que os núcleos de máxima e de mínima intensidade são bem representados pelo RPSAS, existindo uma maior precisão na definição dos núcleos nas análises obtidas com o RPSAS em alguns casos. As diferenças encontradas nos campos de análise entre o NCEP e o RPSAS, podem ser devido a fatores como quantidade de observações utilizadas na obtenção das análises, tipos de variáveis utilizadas na inicialização dos modelos, sendo que é conhecido que no Hemisfério Sul, a quantidade de observações convencionais é muito pouca comparada com os do Hemisfério Norte. Um outro fator pode ser a metodologia utilizada nos sistemas de assimilação.

Na figura 6 são mostrados os campos de análise para um horário de menor fluxo de observações com a finalidade de mostrar nestas condições se o RPSAS reproduz como anteriormente os campos de análise similares ao do NCEP como no caso da figura 5 que foi para um horário de maior fluxo de observações. Da mesma forma como foi ressaltado para o caso da figura 5, os campos de forma geral, sua distribuição espacial, assim como o posicionamento de núcleos de intensidade máxima e mínima são ressaltados e em alguns casos, com resolução mais apurada, como pode ser observado na figura 5. No caso da figura 6, as diferenças entre os campos de análise obtidos pelo RPSAS e pelo NCEP podem ser devido, (no caso específico de este horário) à pouca quantidade de observações disponíveis para o Hemisfério Sul, além das já explicadas para o caso da figura 5.

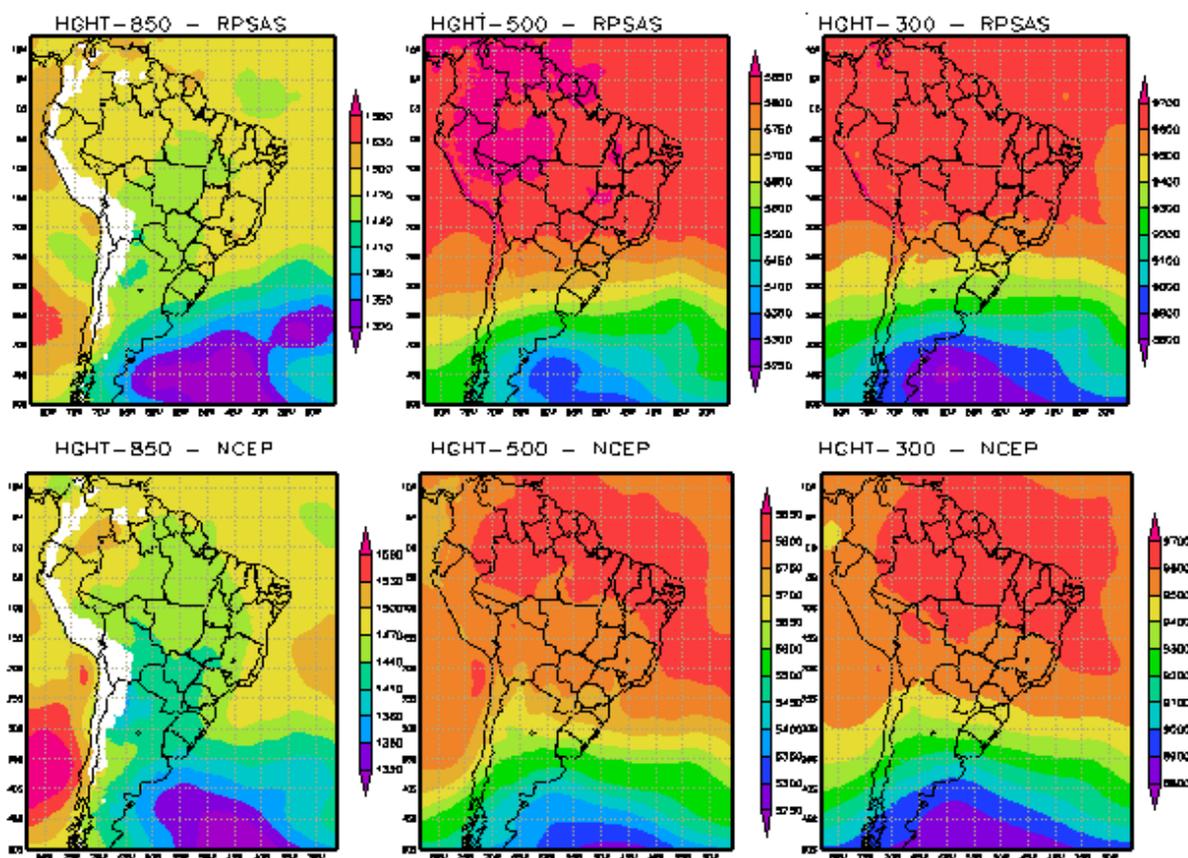


Fig. 6.a - Campo de Análise de Geopotencial para 07/11/1999 às 06Z.

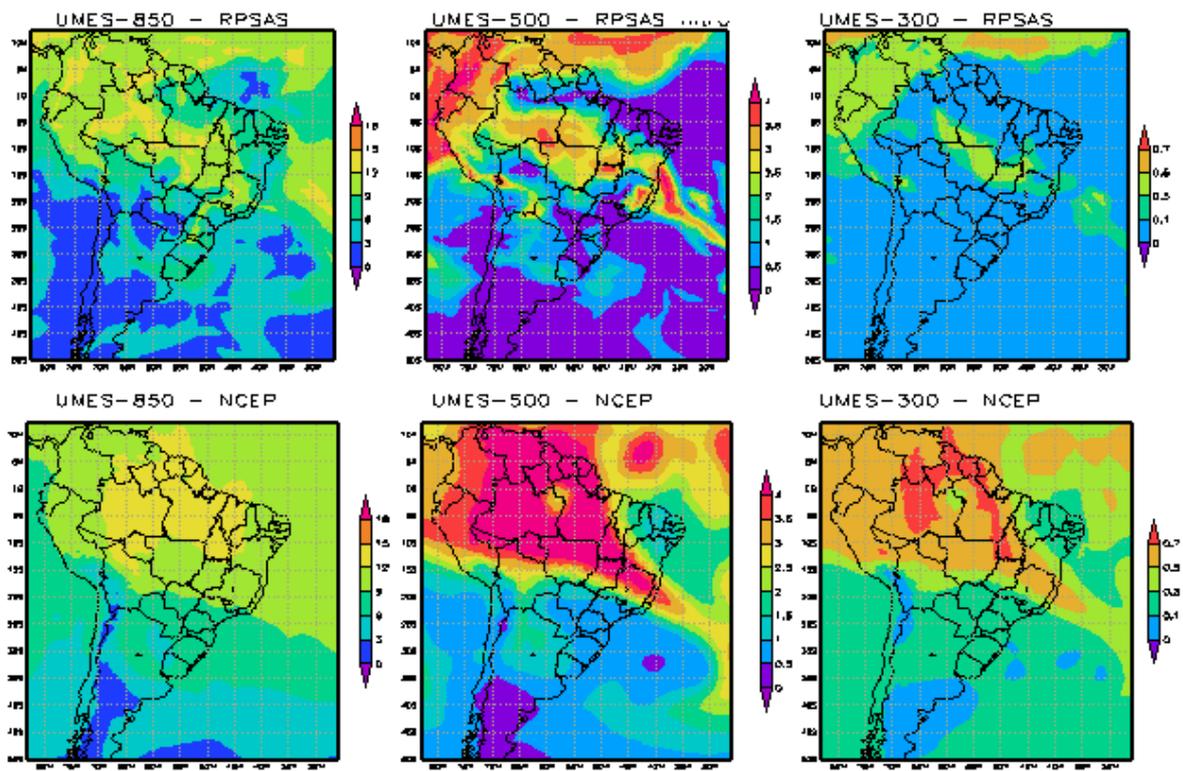


Fig.

6.b - Campo de Análise de Umidade Específica para 07/11/1999 às 06Z.

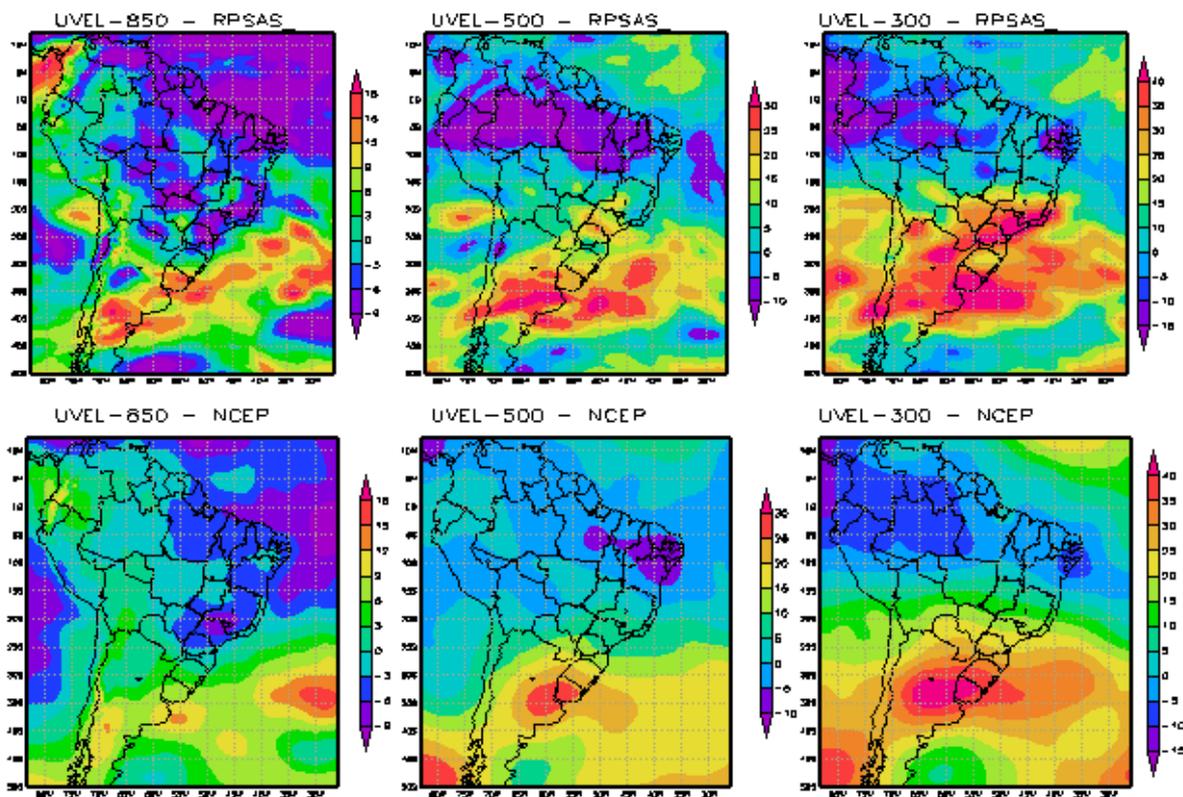


Fig. 6.c - Campo de Análise de Vento Zonal para 07/11/1999 às 06Z.

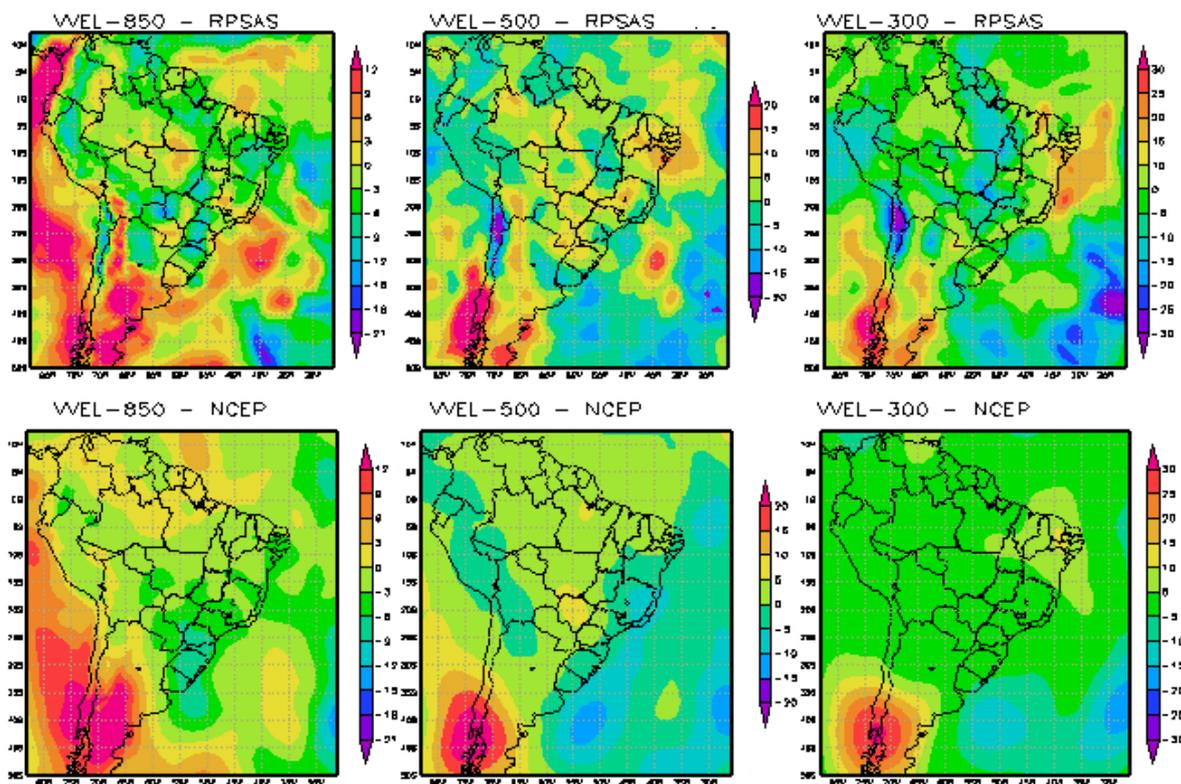


Fig. 6.d - Campo de Análise de Vento Meridional para 07/11/1999 às 06Z.

## PREVISÕES

Uma maneira de melhorar as previsões numéricas está relacionada ao fato de proporcionar ao modelo uma boa condição inicial a qual é obtida através de um processo de assimilação, por isto, neste item mostramos na figura 7, campos de previsão de precipitação de 24 horas obtidos com os sistema ETA/RPSAS e comparados com os campos de previsão de precipitação obtidos com o sistema ETA/NCEP que roda atualmente operacional no CPTEC e tendo de referência os campos das observações para os dias respectivos.

Para o caso das previsões para o dia 2 de novembro as 12Z, pode-se se notar que no campo das observações há núcleos intensos e definidos de precipitação, os quais para o caso do núcleo localizado na Argentina e perto do Paraguai foi bem representado e localizado pelo RPSAS, enquanto que o núcleo localizado ao norte do Brasil foi representado mas com menos intensidade, ao ser comparados estas previsões com as previsões obtidas pelo sistema NCEP/Eta observa-se que os núcleos de Argentina e Paraguai foram representados com menor intensidade e o núcleo localizado no Brasil não foi representado, com isto pode-se dizer que em alguns aspectos o RPSAS apresenta uma melhoria com respeito às análises do NCEP.

Para o caso do dia 5 de novembro, na figura 7, pode-se observar que o RPSAS consegue recuperar os núcleos de máxima intensidade na região no Paraguai e Uruguai, com melhor resolução que a previsão do NCEP, assim como também pode-se se observar que as previsões do NCEP em algumas regiões do Brasil, superestima na previsão de precipitação quando comparados com os campos observados, com respeito ao RPSAS nas regiões onde o NCEP superestima ele se mostra coerente. Este tipo de avaliação foi realizada para o mês da rodada cíclica, observando-se de forma geral que existem situações em que o RPSAS se apresenta melhor que o NCEP e vice-versa, podendo-se concluir portanto que o RPSAS está resolvendo alguns problemas de inicialização que aparecem no caso do NCEP.

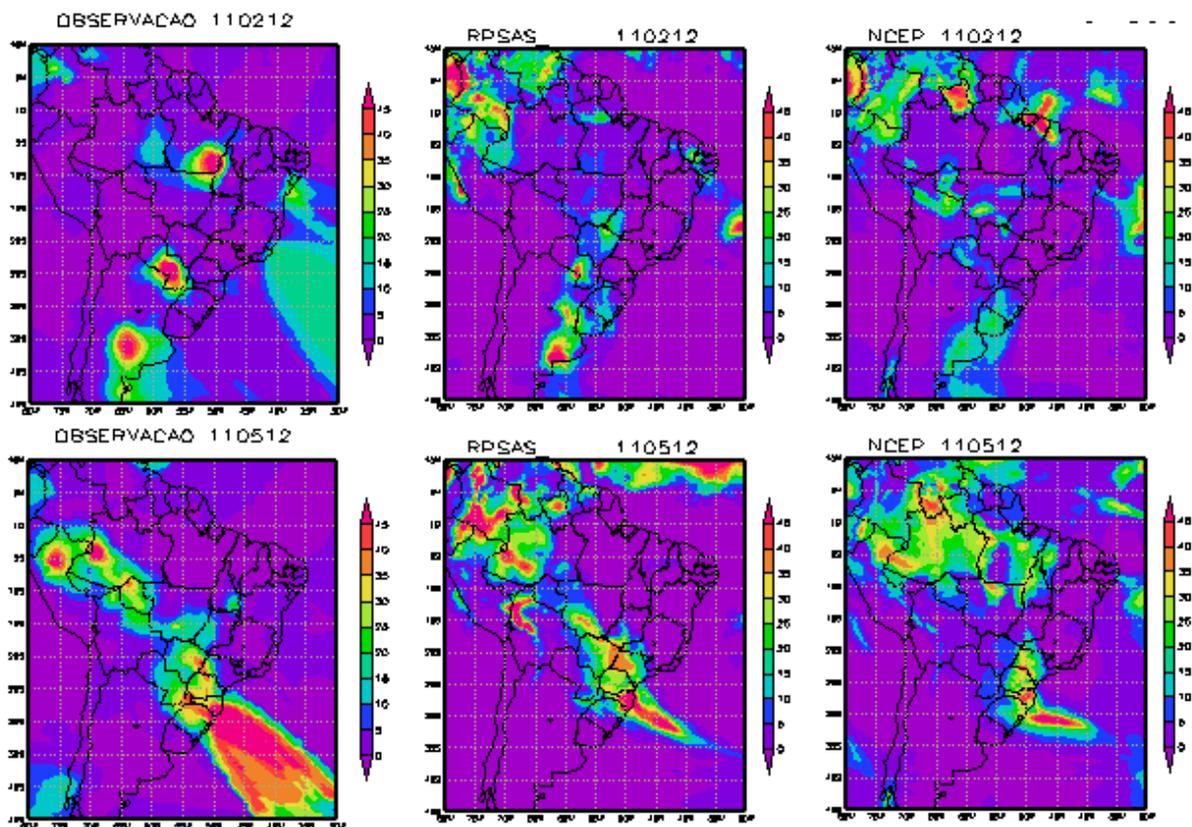


Fig. 7- Previsão de Precipitação para 24 horas com a análise de 01/11/99 –12Z

### CONCLUSÕES

Considerando todos os aspectos de avaliação mostradas neste trabalho, consistência matemática, estabilidade como sistema de assimilação, coerência na representação de campos de análise, pode-se concluir que o RPSAS está pronto para ser rodado operacionalmente em conexão com o Modelo regional Eta, sendo que temos as seguintes conclusões particulares:

- a. Sendo um sistema de assimilação de tipo incremental, o RPSAS satisfaz matematicamente o fato de somar adequadamente os incrementos ao first guess para dar como resultado o campo de análise.
- b. Do ponto de vista da falta de observações, o RPSAS está pronto para obter a análise tendo como base o campo de first guess.
- c. A estabilidade do RPSAS foi comprovada através do tempo na distribuição temporal dos O-A e os O-F.
- d. Os campos de análise obtidos pelo RPSAS são similares ao campos de análise do NCEP, o que não é condição básica para considerar um campo de análise melhor que o outro.

Com isto, podemos concluir basicamente que o CPTEC tendo um sistema de Assimilação próprio está entrando numa fase de independência no aspecto operacional, para com outros grandes centros meteorológicos, ao mesmo tempo que está sendo pioneiro na área incentivando as melhorias e abrindo caminhos na área de pesquisa. Isto devido ao fato que a Assimilação de Dados envolve, o campo das observações meteorológicas que inclui dados convencionais e não-convencionais, o controle de qualidade, o modelo numérico de previsão, sendo uma área de atuação multidisciplinar.

Devemos mencionar finalmente que o sistema de assimilação ETA/RPSAS, está rodando em paralelo ao atual sistema operacional que se utiliza das análises geradas pelo NCEP.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andersson, E.; Pailleux, J.; Thépaut, J.N.; Eyre, J.R.; McNally, A.P.; Kelly, G.A.; Courtier, P.. Use of cloud-cleared radiances in three/four-dimensional Variational Data Assimilation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 120, n. 1, p. 627-653, April 1994.
- Andersson, E.; Pailleux, J.; Eyre, J.R.; McNally, A. P.; Kelly, G. A., Courtier, P.; Rabier, F. Assimilation of satellite data by 3D-Var at ECMWF. **Developments in the use of Satellite Data in Numerical Weather Prediction**. v. 1, p. 167-188, Sept. 1993. Proceedings of a Seminar held at ECMWF.
- Atlas R. Atmospheric Observation and experiments to assess their usefulness in data assimilation. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, v 75, n 1B, p. 1-20, March, 1997.
- Cintra, R. e Aravéquia, J. A.: Apresentação do Método de Geração de Dados para Assimilação do Modelo ETA/CPTEC. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília – DF, 1998.
- Courtier P. Variational Methods. **Journal of the Meteorological Society of Japan**, , v 75, n 1B, p. 101-108, March, 1997.
- Daley, R. **Atmospherics Data Analysis**, New York: Cambridge University Press, 1991.
- Derber, J. C. Assimilation of TOVS data at NMC. **Developments in the use of Satellite Data in Numerical Weather Prediction**. v. 1, p. 3-18, Sept. 1993. Proceedings of a Seminar held at ECMWF.
- Eyre, J.R. **Assimilation of TOVS Data: problems and possibilities**. United Kindgdom: ECMWF, 1992, 1 p. (ECMWF. Technical Memo Nro. 186).
- Eyre, J.R., Kelly, A. P., McNally, A. P. Andersson, E., and A. Person. Assimilation of TOVS radiance information trough one-dimensional Variational analysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.119, n. 514, p. 1427-1463, Oct. 1993.
- Gadd, A. J. Assimilation of TOVS data at the UK Met Office. **Developments in the use of Satellite Data in Numerical Weather Prediction**. v. 1, p. 43-58, Sept. 1993. Proceedings of a Seminar held at ECMWF.
- Goldberg, M.D., Fleming H.E. Baker W.E. e Derber, J.C. **The development Of an interactive retrieval-analysis-forecast algorithm**. Austria: ECMWF, 1991. 163 p.( Technical Proceedings 7<sup>th</sup> Intl. TOVS study conference).
- Guo J. ; Da Silva A.<sup>(1)</sup> **Documentation of the Physical-Space Statistical Analysis System (PSAS) Part. I: The Conjugate Gradiente Solver Version PSAS-1.00**. Greenbelt, Maryland: DAO, 1995. 66 p.(DAO office Note 96-02).
- Guo J. ; Da Silva A.<sup>(2)</sup> **Computacional Aspects of Goddard's Physical-Space Statistical Analysis System. (PSAS)**. Greenbelt, Maryland, 1995. 45 p.(DAO office Note 96-03).
- Hotelling, H. Analysis of complex statistical variables into principle components. **Journal Educational Psychology**, v. 24, p. 417-441, March. 1933.
- Joiner, J., ; da Silva, A. M. Efficient methods to assimilate Satellite remotely sensed data Based on Information Content. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**. v. 124, n. 549, p. 1669-1694, July. 1998.
- Kalman, R.E. A new approach to linear filtering and prediction problems, **Journal of Basic Engineering**, v. 82D, n. 1, p. 35-45, June. 1960.
- Le Dimet, F. X. e Talagrand, O . Variational Algorithms for analysis and Assimilation of meteorological observations: theoretical aspects. **Tellus**, v. 38A, n. 2, p. 97-110, March. 1986.

- Lorenç, A. . Analysis Methods for numerical weather prediction. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 112, n. 474, p. 1177-1194, Oct. 1986.
- Pailleux, J. Assimilation of satellite data using variational techniques. **Developments in the use of Satellite Data in Numerical Weather Prediction**. v. 1, p. 129-141, Sept. 1993. Proceedings of a Seminar held at ECMWF.
- Parris, D. and Derber. The National Meteorological Center's Spectral Statistical-Interpolation Analysis System. **Monthly Weather Review**, v. 120, n. 7, p. 1747-63, Aug. 1992.
- da Silva, A. M., Pfaender, J., Guo, J., Sienkiewicz, M.; Cohn, S.E. Assessing the effects of data selection with DAO's Physical-Space Statistical Analysis System. **Symposium on Assimilation of Observations in Meteorology and Oceanography**, v. 1, p. 273-278, Sept. 1995. (Technical Proceedings)
- Smith, W.L., Woolf, H.M., Hayden, C.M., Wark, D.Q. e McMillin L.M. The TIROS-N operational vertical sounder. **Bulletin American Meteorological Society**. v. 60, n. 58, p.1177-1187, Oct. 1979.
- Sullivan, J., Gandin, L., Gruber, A., and W. Baker. Observation error statistics for NOAA-10 temperature and height retrievals. **Monthly Weather Review**, v. 121, n. 9, p. 2578-2587, Sept. 1993.
- Talagrand O. Assimilation of Observations, An introduction. *Journal Meteorological of Society of Japan* , v. 75, n. 1B, p. 191-209, March, 1997.
- Tippett, M. K. A: Forecast Wind Error Model for Use with PSAS Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Brasília – DF, 1998.