



Ministério da
Ciência e Tecnologia



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.18.18.17-NTC

**FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS PARA AVALIAÇÃO
DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE ASSIMILAÇÃO
DE DADOS LETKF ACOPLADO AO
MCGA-CPTEC/INPE**

Maria das Dores da Silva Medeiros
Solange Silva de Souza

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39H653P>>

INPE
São José dos Campos
2011

PUBLICADO POR :

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr^a Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.18.18.17-NTC

**FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS PARA AVALIAÇÃO
DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE ASSIMILAÇÃO
DE DADOS LETKF ACOPLADO AO
MCGA-CPTEC/INPE**

Maria das Dores da Silva Medeiros
Solange Silva de Souza

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39H653P>>

INPE
São José dos Campos
2011

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Dr. Luis Gustavo Gonçalves de Gonçalves, Coordenador do Grupo de Desenvolvimento em Assimilação de Dados (GDAD), pela sugestão deste trabalho e por todo incentivo durante o decorrer do mesmo.

Aos membros do GDAD que contribuíram direta ou indiretamente com sugestões e críticas, em especial a Carlos Frederico Bastarz e João Gerd Zell de Mattos.

O primeiro autor agradece ao Projeto SuperCLIMA pelo apoio financeiro através de contrato de trabalho.

RESUMO

Foi disponibilizado, via repositório controle de versões *Subversion*, métricas específicas pré-existentes para a avaliação do Sistema de Assimilação de Dados LETKF acoplado ao modelo MCGA do CPTEC/INPE. A principal contribuição deste trabalho foi quanto à operacionalização e à documentação das métricas disponibilizadas que permitirão ao GDAD avaliar e diagnosticar as versões do LETKF e focar nos resultados com a finalidade de obter melhores destrezas e menores erros estatísticos do sistema.

Palavras chave: estatísticas de avaliação, correlação de anomalia, bias, raiz do erro quadrático médio, assimilação dados, LETKF, modelo global, previsão numérica de tempo.

STATISTICAL TOOLS TO PERFORMANCE EVALUATION DATA ASSIMILATION SYSTEM LETKF AGCM-CPTEC

ABSTRACT

It was made available via Subversion version control repository, pre-existing specific metrics for evaluating the Data Assimilation System LETKF model coupled to the AGCM CPTEC/INPE. The main contribution of this work was the operationalization and the documentation of the available metrics that will allow to GDAD to assess and diagnose the versions of LETKF and to focus on the purpose of obtaining results with better skills and lower statistical errors of the system.

Keywords: statistical evaluation, anomaly correlation, bias, root mean square error, data assimilation, LETKF, global model, numerical weather prediction.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 4.1 - Bias da PNMM média sobre a América do Sul (a), e a Região Tropical (b).....	17
Figura 4.2 - Altura geopotencial em 500 hPa para a América do Sul: CA (a) e RMS (b)	18
Figura 4.3 - Componente zonal do vento em 850 hPa para Região Tropical: CA (a) e RMS (b).	18

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 3.1 - Índices estatísticos.	12
Tabela 3.2 - Áreas e coordenadas geográficas consideradas.....	13
Tabela 3.3 -Variáveis meteorológicas selecionadas com seus respectivos níveis isobáricos.....	13
Tabela 3.4 - Palavras reservadas utilizadas pelo ProTeX nos programas e scripts.....	15
Tabela 4.1 - Programas e Scripts para o cálculo dos índices estatísticos.....	16

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AD	Assimilação de Dados
PrepBUFR	Prepared Binary Universal Form for the Representation of meteorological data
CA	Correlação de Anomalia
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CTW	Cloud Track Wind
GDAD	Grupo de Desenvolvimento em Assimilação de Dados
GEOS	Goddard Earth Observing System
GEOS-Chem Model	<i>Goddard Earth Observing System</i> Chemical Model
GMAO	Global Modeling and Assimilation Office
GNSS	Global Navigation Satellite System
GrADS	Grid Analysis and Display System
GRIB	GRIdded Binary
gs	GrADS script
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
HTML	HyperText Markup Language
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ksh	Korn Shell
LETKF	Local Ensemble Transform Kalman Filter
MCGA	Modelo de Circulação Geral da Atmosfera
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NCEP	National Center for Environment Prediction
NEXRAD	Next-Generation Radar
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NPN	NOAA Profiler Network
PDF	Portable Document Format
PNMM	Pressão reduzida ao Nível Médio do Mar
PNT	Previsão Numérica de Tempo

ps	PostScript
PSAS	Physical-space Statistical Assimilation System
RMS	Root Mean Square
RSG	Repositório Subversion do GDAD
SVN	Subversion
UMD	Universidade de Maryland
VAD	Vertical Azimuth Display

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivo.....	3
2 ELEMENTOS TEÓRICOS	4
2.1. Índices estatísticos.....	4
2.2. Sistema LETKF	9
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
4 RESULTADOS	15
5 CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
APÊNDICE A - PROGRAMAS E SCRIPTS.....	26
A.1 Cálculo da climatologia diária	26
A.2 Cálculo das estatísticas	38
A.3 Plotagem das estatísticas	63
A.4 Chamada de todos os programas.....	77
APÊNDICE B – PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA PROTEX.....	80

1 INTRODUÇÃO

O Grupo de Desenvolvimento em Assimilação de Dados (GDAD) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) vem investindo esforços para vencer o desafio de implementar em modo operacional um moderno Sistema de Assimilação de Dados (Sistema AD). Trata-se do sistema de assimilação Transformada do Filtro de Kalman Local por Conjunto (LETKF, em inglês, “*Local Ensemble Transform Kalman Filter*”; OTT *et al.*, 2002, 2004; HARLIM e HUNT, 2005, 2007; HUNT *et al.*, 2007; SZUNYOGH *et al.*, 2005, 2008) acoplado ao Modelo de Circulação Geral da Atmosfera (MCGA) da Instituição (PANETTA *et al.*, 2007). A combinação do Sistema AD LETKF com o modelo global do CPTEC/INPE é doravante referenciada simplesmente como LETKF_MCGA.

A meta do grupo é embasada numa política de fornecer campos de análises de excelente qualidade e em modo de previsão por conjunto. Todavia, uma vez que o LETKF_MCGA encontra-se em fase de implementação, torna-se imprescindível fornecer subsídios que contribuam e agilizem o processo de verificação e checagem desse sistema. Com isso em mente, a disponibilização de uma ferramenta estatística que possa ser usada para avaliar e diagnosticar versões do Sistema de AD é crucial.

A disponibilização de um pacote com programas, scripts, bem como, suas respectivas documentações básicas, permitirá o acesso a índices estatísticos que são comumente usados para avaliar a destreza de um Sistema AD, em particular do LETKF_MCGA. Os índices estatísticos são calculados para as seguintes variáveis: altura geopotencial, temperatura virtual, umidade específica, água precipitável, componentes meridional e zonal do vento, e pressão reduzida ao nível médio do mar. Entretanto poderão ser facilmente estendidos a outras variáveis meteorológicas de interesse. O modelo MCGA resolve as variáveis temperatura virtual, umidade específica e pressão reduzida

ao nível médio do mar com equações prognósticas; enquanto que a altura geopotencial e a água precipitável, com equações diagnósticas. Essas variáveis são de fundamental importância na Previsão Numérica de Tempo (PNT).

Por outro lado, segundo Souza *et al.* (2010), o Sistema LETKF_MCGA atualmente assimila apenas observações de pressão, temperatura e vento à superfície e do ar superior. As observações convencionais incluem as estações de superfície, as bóias, os navios e as plataformas oceânicas em adição as radiossondas, as aeronaves e os balões piloto. Além disso, informação de vento obtidas através de satélite, usando o método com base no deslocamento das nuvens (“*Cloud Track Wind*”, CTW) e o *Quikscat* sobre os oceanos, de perfis verticais obtidos através de radares provenientes da “*National Oceanic and Atmospheric Administration*” (NOAA), “*NOAA Profiler Network*” (NPN), e do azimute vertical (“*Vertical Azimuth Display*”, VAD) da rede de radares Doppler (“*Next-Generation Radar*”, NEXRAD). Trata-se dos dados PrepBUFR (do inglês “*Prepared Binary Universal Form for the Representation of meteorological data*”) da NOAA (<http://www.nco.ncep.noaa.gov/slib/decoders/BUFRLIB/>), os quais são pré-processados antes da ingestão no sistema.

Todavia, uma das metas principais do GDAD é a inclusão de mais dados, como por exemplo, observações resultantes de satélite através de “*retrivals*” e/ou radiâncias e de perfis atmosféricos obtidos por radio ocultação do sinal “*Global Navigation Satellite System*” (GNSS). A inclusão de medidas indiretas é possível, uma vez que o Sistema permite tal facilidade através da inclusão de operadores no Filtro. No entanto, o processo é complexo e demanda checagens constantes, a fim de que seja devidamente avaliado o impacto no sistema devido à introdução desses novos dados. Nesse sentido, as ferramentas disponibilizadas representam um excelente guia, a ser usado não somente após a implementação, mas também durante o passo a passo necessário para inserir um operador. Um Projeto que objetiva a criação de Operador no LETKF_MCGA para assimilação de perfis de temperatura e de umidade do ar obtidos através de

radio ocultação do sinal GNSS já foi aprovado e encontra-se em desenvolvimento (SAPUCCI *et al.*, 2010a).

Neste sentido, o presente documento veio contribuir com a disponibilização da ferramenta estatística utilizada em Souza *et al.* (2010). A ferramenta foi disponibilizada via dois Repositórios *Subversion* (SVN, COLLINS-SUSSMAN *et al.*, 2004): o repositório do GDAD e o repositório do CPTEC. O Repositório SVN do GDAD, denominado pelo grupo de RSG (BASTARZ *et al.*, 2010), é o sistema de controle de versões utilizado pelo GDAD para realizar o versionamento do código LETKF. Tal estrutura permite que todos os membros do GDAD utilizem a mesma métrica para avaliar, tanto individual como coletivamente, o desempenho do sistema via análise de Curvas plotadas através do pacote de programas. Assim, todas as vezes que um membro do grupo alterar linhas do código do LETKF, com a inserção de ajustes/modificações no programa, perceberá o impacto nas variáveis meteorológicas e, conseqüentemente, terá condições de ajustar com maior facilidade suas modificações. Cada módulo do código alterado pelo respectivo responsável estará imbuído de estatísticas que indicarão o benéfico ou o prejuízo proveniente da inclusão de tal modificação. Assim, todos os membros poderão interagir e focar os resultados com vistas em obter melhores destrezas e menores erros estatísticos do Sistema.

1.1. Objetivo

O presente documento teve como objetivo disponibilizar, via SVNs, uma ferramenta estatística para auxiliar na avaliação da destreza do Sistema AD LETKF acoplado ao modelo MCGA do CPTEC/INPE, o qual encontra-se em fase de desenvolvimento. Os objetivos específicos foram:

- Documentar a ferramenta estatística a ser disponibilizada, explicitando os procedimentos utilizados nos cálculos;

- Operacionalizar o pacote de scripts e programas envolvidos para o cálculo das estatísticas.

2 ELEMENTOS TEÓRICOS

A seguir é apresentado um embasamento teórico sobre os índices estatísticos disponibilizados (item 2.1), com destaque nas variáveis meteorológicas de interesse; adicionalmente, é feita uma introdução ao Sistema AD LETKF (item 2.2).

2.1. Índices estatísticos

Os modelos numéricos são ferramentas essenciais para a PNT permitindo realizar previsões com vários dias de antecedência. Entretanto, em certos eventos extremos, os modelos não são capazes de captar sistemas intensos, apresentando baixa qualidade nas previsões, podendo subestimar ou superestimar a intensidade e o posicionamento destes sistemas meteorológicos em uma determinada região (MOURA *et al.*, 2010). Tal informação nos indica a necessidade de um acompanhamento constante do desempenho dos modelos e, portanto, do Sistema AD como um todo, a fim de que sejam conhecidos os erros sistemáticos a eles associados e as previsões de curto e longo prazo se tornem cada vez mais uma ferramenta confiável. A acurácia do modelo bem como do conjunto de observações assimiladas afetam diretamente o Sistema AD, de modo que há necessidade de parâmetros que possam estimar os erros resultantes da modelagem e/ou da observação.

Assim, a capacidade de um modelo em prever a ocorrência de determinados sistemas atmosféricos pode ser avaliada a partir de índices estatísticos. Índices estatísticos, de certa forma, permitem um monitoramento da qualidade das previsões numéricas. Os índices freqüentemente utilizados para medir o

desempenho de um modelo de simulação ou previsão de tempo e de clima são: o bias (ou viés), a Raiz Quadrada do Erro médio Quadrático (em inglês, *Root Mean Square Error*, erro RMS), e o coeficiente de Correlação de Anomalia (CA). Vários trabalhos utilizam pelo menos um desses índices estatísticos para avaliar os campos previstos com o uso da modelagem regional ou global no CPTEC, tais como: Cavalcanti *et al.* (2002); Marengo *et al.* (2003); Bustamante *et al.* (2005); Silva *et al.* (2008); Dereczynski *et al.* (2010); Moura *et al.* (2010); Sapucci *et al.* (2010b).

Quanto ao emprego dos índices, o bias é um parâmetro que indica a tendência sistemática dos campos previstos, ou seja, se o bias for maior que zero, na média, os campos previstos estão sendo superestimados enquanto que se for menor do que zero os campos previstos estão subestimados (ARAVÉQUIA e QUADRO, 2003). O bias é útil para indicar discrepâncias nas posições e intensidade dos campos meteorológicos.

O erro RMS é a raiz quadrada do erro médio quadrático (o qual é a média dos quadrados dos desvios entre os valores previstos e os valores observados). A vantagem de se obter a raiz quadrada do erro médio quadrático é a preservação da unidade da variável prevista, podendo ser mais facilmente interpretada. O erro RMS é mais sensível quanto maior for o desvio e se aproxima de zero quanto melhor a previsão. Para uma previsão perfeita o erro RMS é zero, com valores maiores indicando degradação da qualidade da previsão, ou seja, o erro RMS é negativamente orientado (WILKS, 2006).

A CA é definida como a correlação linear entre as anomalias dos valores previstos e as anomalias das análises. A anomalia, por sua vez, é calculada em relação à climatologia observada. A CA mede o desempenho do modelo ao avaliar a correlação entre a anomalia de um campo previsto e a anomalia de um campo de análise, sem levar em consideração a magnitude do campo e sim sua coerência espacial (KRISHNAMURTI *et al.*, 2003).

As fórmulas usadas para o cálculo do bias e do erro RMS, conforme Wilks (2006), e da CA, conforme Krishnamurti *et al.* (2003), são mostradas a seguir:

$$bias = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M L - N \quad (2.1)$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M L - N^2} \quad (2.2)$$

$$CA = \frac{\sum\{[(L - C) - \overline{(L - C)}][\overline{(N - C)} - (N - C)]\}}{\sqrt{\sum[(L - C) - \overline{(L - C)}]^2 \sum[\overline{(N - C)} - (N - C)]^2}} \quad (2.3)$$

Onde: M é o número de observações, L os valores dos campos previstos, C os valores climatológicos, e N os valores dos campos das análises. A barra refere-se aos valores médios.

O valor da CA igual a 0,6 é geralmente considerado como uma indicação de uma previsão útil (BRANSTATOR *et al.*, 1986; STANSKI *et al.*, 1989; KRISHNAMURTI *et al.*, 2003). Ou seja, abaixo desse valor a previsão deixa de ser confiável. De acordo com Krishnamurti *et al.* (2003) uma previsão da variável altura geopotencial no nível 500 hPa com valor de CA maior que 0.6 geralmente implica que cavados e cristas começam a estar devidamente bem posicionados nos campos previstos nesse nível.

A distribuição espaço-temporal de determinadas variáveis atmosféricas permite a inferência de informações úteis. Assim, a junção dos índices estatísticos com

as análises dos campos meteorológicos irá fornecer avaliações mais claras. As variáveis abordadas neste trabalho foram pressão atmosférica reduzida ao nível médio do ar, vento, temperatura e umidade específica do ar (variáveis prognósticas no MCGA) e altura geopotencial (variável diagnóstica). As variáveis prognósticas determinadas no modelo MCGA também são variáveis medidas pelos sistemas de observação. O LETKF assimilou observações dessas variáveis com exceção da umidade específica do ar. Na listagem abaixo são especificadas algumas informações úteis sobre essas variáveis. Tais informações são baseadas na página do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponibilizadas no endereço eletrônico <http://www.inmet.gov.br/>, e demais fontes conforme abaixo especificado.

- a) pressão reduzida ao nível médio do mar (PNMM) - Através desse campo pode-se observar o deslocamento dos centros de alta e baixa pressão ao nível médio do mar, previsto pelo modelo. No caso, a diminuição de pressão (aproximação de um centro de baixa pressão) pode indicar condições favoráveis ao aumento da instabilidade na atmosfera, o que favorece a formação de nuvens, enquanto que aumento de pressão (aproximação de um centro de alta pressão) desfavorece a formação de nuvens de chuva.

- b) temperatura do ar - O campo de temperatura do ar à superfície auxilia na previsão de entradas de massas de ar. Por exemplo, uma diminuição considerável da temperatura sugere que o modelo está prevendo a entrada de uma massa de ar frio sobre a região, enquanto que um elevado aumento da temperatura indica incursão de uma massa de ar quente sobre a região. O campo de temperatura do ar no nível de 850 hPa auxilia na representação da variação de temperatura na camada de ar próxima a superfície.

- c) umidade do ar - Este campo auxilia a interpretação da dinâmica e termodinâmica da atmosfera. A umidade relativa é expressa em porcentagem; assim, 100% de umidade relativa do ar significa dizer que o ar está saturado, o que favorece a ocorrência de chuva. A umidade relativa do ar à 2 m representa a quantidade de umidade em toda a camada de ar próxima à superfície. Este parâmetro é importante para a determinação da instabilidade na atmosfera, auxiliando na previsão de tempestades.
- d) vento - O cisalhamento vertical do vento entre 250 hPa e 500 hPa, que é calculado pela diferença entre o vento horizontal em 250 hPa e 500 hPa, é muito importante na determinação de tipos de tempestade e no potencial da severidade da tempestade. Tempestades que ocorrem em condições de cisalhamento vertical fraco não costumam durar muito tempo, enquanto que tempestades com valores altos de cisalhamento em altos níveis podem ser mais severas e ter uma duração maior. O cisalhamento vertical do vento entre 700 hPa e 950 hPa representa a variação dos ventos em baixos níveis da atmosfera. As mudanças na intensidade e na direção do vento com a altura são bons indicativos de tempestade severa. Valores altos de cisalhamento em baixos níveis são favoráveis a formação de tempestade intensa, com duração de menos de um dia, e, em alguns casos, de tornado.
- e) altura geopotencial - Auxilia na representação da posição das cristas e cavados. Esta grandeza é útil porque um dado nível de pressão não é paralelo a superfície terrestre, e as variações de altitude de um nível de pressão indicam algumas mudanças nas condições meteorológicas. Valores altos de geopotencial em um determinado nível de pressão indicam temperatura alta na camada compreendida entre o nível de pressão e a superfície. Os campos de altura

geopotencial em 250 hPa permitem a identificação dos jatos subtropicais (ao sul de 20°S). O campo geopotencial em 500 hPa auxilia na representação da propagação dos sistemas meteorológicos em níveis médios da troposfera. Valores negativos indicam aproximação de sistemas frontais, enquanto que valores positivos indicam a aproximação de centros de alta pressão, que se caracterizam por inibirem a formação de nuvens. Este campo é relevante para a previsão de tempo nas regiões extratropicais. De acordo com Cavalcanti et al. (2002) a capacidade de um modelo em representar bem a anomalia positiva de geopotencial, pode indicar que o modelo é capaz de simular ocorrências de bloqueio, por exemplo.

2.2. Sistema LETKF

A Transformada do Filtro de Kalman Local por Conjunto, conhecido pela sigla LETKF, do inglês "*Local Ensemble Transform Kalman Filter*" (HUNT et al. 2007), é um método avançado de assimilação de dados desenvolvido pelo grupo *Weather and Chaos* da Universidade de Maryland (UMD) nos Estados Unidos. O sistema incorpora previsão por conjunto e assimilação de dados através do uso de Filtro de Kalman. A característica "Local", a qual indica que a análise é calculada no espaço E de dimensão k da análise menos um (k-1) e usa uma projeção ortogonal consistindo de autovetores da matriz de covariância do background, permite ao LETKF apresentar a vantagem de poder utilizar computação massivamente em paralelo, além de ser mais eficiente ao assimilar observações de satélites, que podem ser em número muito maior do que o número de graus de liberdade no modelo.

Outra característica e vantagem em relação a muitos esquemas de assimilação de dados é que o LETKF calcula a covariância do erro da previsão usando o conjunto de estados do modelo e atualiza a covariância em cada ciclo de

assimilação. Por causa dessa atualização em cada etapa, o LETKF pode representar mais adequadamente os erros do dia, permitindo uma solução mais adequada para cada região.

O LETKF será o Sistema AD operacional do CPTEC e substituirá o sistema atual, o “*Physical-space Statistical Assimilation System*” (PSAS). Uma das metas do GDAD é utilizar o LETKF em modo mais amplo, como seja, utilizar o mesmo sistema para a assimilação de dados atmosféricos, oceânicos e de superfície, para os diversos modelos em operação no CPTEC (HERDIES *et al.*, 2007). Uma breve Revisão Bibliográfica sobre o LETKF e os primeiros resultados utilizando esse sistema na assimilação direta de dados de satélite (radiâncias) no ambiente do CPTEC podem ser encontrados em Medeiros (2010), cujo estudo foi realizado considerando uma versão não paralelizada do LETKF acoplada ao modelo MCGA do CPTEC/INPE (HUNT *et al.*, 2007; OTT *et al.*, 2004), versão esta também utilizada em Aravéquia *et al.* (2010a e b), Medeiros (2010), Medeiros *et al.* (2010a e b), e Souza *et al.* (2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho utilizou-se a versão do Sistema AD LETKF (MIYOSHI *et al.*, 2010; HUNT *et al.*, 2007; OTT *et al.*, 2004) acoplada ao modelo MCGA do CPTEC/INPE (PANETTA *et al.*, 2007) com resolução T062L28. Trata-se da versão disponibilizada pelo Takemasa Miyoshi (<http://code.google.com/p/miyoshi/>) com modificações adicionais, principalmente com relação à substituição do modelo MCGA SPEEDY para o modelo MCGA do CPTEC/INPE. As interfaces implementadas no sistema foram as mesmas aplicadas a versão anterior do Sistema AD LETKF_MCGA do CPTEC/INPE, salvo algumas adaptações, cujos resultados bem-sucedidos foram reportados em Aravéquia *et al.* (2010a e b), Medeiros (2010), Medeiros *et al.* (2010a e b) e Souza *et al.* (2010). Trata-se de modificações sobre uma versão anterior não paralelizada (HUNT *et al.*, 2007; OTT *et al.*, 2004).

Uma das motivações para a escolha da nova versão foi que o código encontra-se paralelizado, o que melhora o uso do tempo de máquina. Porém o código demanda ajustes adicionais, inclusive devido à inclusão do modelo MCGA do CPTEC/INPE, o que coloca este sistema como ainda em fase de desenvolvimento. Igualmente como na versão não-paralelizada, as observações assimiladas também são aquelas provenientes do NCEP, ou seja, os dados PrepBUFR, da NOAA, conforme comentado anteriormente. A introdução desses dados também demandou uma *interface*. Neste sentido, a ferramenta disponibilizada é de fundamental importância, visto que vários testes se fazem necessários antes do sistema atingir um padrão operacional. O GDAD nomeou a presente versão como versão Takemasa v2.

Esta versão, a qual está disponível no RSG (<http://tariba>) e também no Repositório SVN do CPTEC (<https://svn.cptec.inpe.br/letkf>) foi inicialmente instalada na servidora una1 do CPTEC. O sistema AD LETKF foi executado para um teste padrão disponível no repositório RSG, denominado Testcase. As análises geradas no Testcase correspondem ao período de 01 a 31 de janeiro de 2004, com 124 ciclos de assimilação, produzidos a cada 6 horas e composto por um conjunto de 40 membros cada. De particular interesse, as análises geradas pelo LETKF estão em formato espectral e foram pós-processadas para um formato GRIB ("*GRIdded Binary*"), cujos nomes dos arquivos de saída foram `pgban.yyyymmddhh` (sendo `yyymmddhh`, a data da análise com formato de 8 dígitos, sejam eles, o ano, o mês, o dia e a hora). Os índices estatísticos foram calculados para essas análises pós-processadas durante todo o ciclo.

Na seqüência foram obtidos os programas e scripts usados no cálculo dos índices estatísticos. Esse pacote foi utilizado em SOUZA *et al.* (2010) e foi gentilmente cedido pela autora para o GDAD. Trata-se de um pacote de arquivos cujos programas desenvolvidos utilizam dados meteorológicos provenientes de

diferentes fontes, tendo sido agrupados e adequados para o cálculo dos índices estatísticos de interesse.

Uma vez obtidos os pacotes de programas, a etapa seguinte foi estudá-los e posteriormente generalizá-los para diferentes usuários e áreas de trabalho na servidora una1. Os índices estatísticos calculados são apresentados na Tabela 3.1, as áreas consideradas são apresentadas na Tabela 3.2, e as variáveis meteorológicas analisadas são apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.1 - Índices estatísticos.

Índices estatísticos	Coeficiente de Correlação de Anomalia (CA)
	Raiz do Erro Quadrático Médio (erro RMS)
	Bias

As equações (Equações 2.1 - 2.3) e aplicações desses índices foram descritas no item elementos teóricos (item 2.1). Os dados básicos utilizados foram as análises pós-processadas geradas pelo LETKF a cada 6 horas e as análises provenientes do NCEP para o período, conforme comentado acima. Atenção deve ser atribuída à apresentação das Equações (2.1) a (2.3), onde deve ser substituído o campo previsto pelo campo de análise gerado pelo LETKF_MCGA; como seja, os erros e o “*skill*” foram usados para avaliar a qualidade das análises e não das previsões (mas nada impede que no futuro os scripts e programas aqui disponibilizados possam ser usados para efetuar tal comparação). Portanto, neste trabalho, as incógnitas que aparecem nas Equações (2.1) a (2.3) representam o seguinte: “L” corresponde aos valores das análises do LETKF_MCGA, “C” corresponde aos valores climatológicos, e “N” corresponde aos valores das análises do NCEP (análise de referência usada para a avaliação do Sistema AD). Para o cálculo das anomalias foram utilizados campos de médias mensais climatológicas provenientes das análises climatológicas do NCEP/NCAR, para o período de janeiro de 1982 a dezembro de 1994.

Tabela 3.2 - Áreas e coordenadas geográficas consideradas.

Área	Coordenadas
América do Sul (AS)	(280° - 330°; 50°S - 10°S)
Hemisfério Sul (HS)	(0° - 360°; 80°S - 20°S)
Região Tropical (RT)	(0° - 360; 20°S - 20°N)
Hemisfério Norte (HN)	(0° - 360°; 20°N - 80°N)
Globo (GB)	(0° - 360°; 80°S - 80°N)
Região Tropical* (T4)	(270° - 300°; 20°S - 10°S)
Hemisfério Sul1 (HS1)	(0° - 360°; 90°S - 0°)

Tabela 3.3 - Variáveis meteorológicas selecionadas com seus respectivos níveis isobáricos.

Variável	Nível
Altura geopotencial	850 hPa
	500 hPa
	250 hPa
Temperatura virtual do ar	1000 hPa
	925 hPa
	850 hPa
	500 hPa
	250 hPa
Umidade específica do ar	925 hPa
Água precipitável	925 hPa
Componentes meridional e zonal do vento	850 hPa
	500 hPa
	250 hPa
Pressão reduzida ao nível médio do mar	-

A próxima etapa do trabalho foi documentar os programas e scripts seguindo o padrão de referência ProTeX (SAWYER e DA SILVA, 1997), o qual foi escolhido pelo GDAD. O ProTeX é um script *perl* que extrai a informação do cabeçalho de um código Fortran ou outras linguagens de programação, produzindo um documento em LaTeX. O ProTeX foi desenvolvido no “*Goddard Space Flight Center*” por Arlindo da Silva, Will Sawyer, e outros.

O ProTeX foi instalado na servidora una1 e os arquivos necessários a instalação, bem como os “*templates*” necessários foram obtidos da página do “*Global Modeling and Assimilation Office*” (GMAO) da NASA: <http://gmao.gsfc.nasa.gov/software/protex/>. Um documento ProTeX utiliza palavras reservadas que são inseridas dentro dos blocos de comentário e no cabeçalho de cada unidade de código (programa ou rotina Fortran). O ProTeX procura as palavras reservadas e, ao encontrar, gera um documento compatível com o LaTeX. Algumas palavras reservadas utilizadas pelo ProTeX são apresentadas na Tabela 3.4.

A documentação dos scripts seguindo o padrão ProTeX permite ao GDAD gerar uma documentação ampla, clara, padronizada, consistente com o código fonte, e facilmente reproduzível. Os documentos podem ser automaticamente gerados através de alguns comandos. Podem-se gerar documentos nos formatos: “*Portable Document Format*” (PDF), “*PostScript*” (ps), ou “*HyperText Markup Language*” (html). Para usar o ProteX, é necessário que o usuário tenha vários utilitários LaTeX (por exemplo: latex, pdflatex, dviPDF, dvips, etc) instalados em seu sistema. No caso deste trabalho, esses utilitários foram instalados e atualizados na máquina mireya.cptec.inpe.br.

Uma guia com a descrição dos comandos para gerar documentos automáticos através do ProteX, com exemplos e várias informações adicionais, pode ser encontrado na página do “*Goddard Earth Observing System Chemical Model*”

(GEOS-Chem Model), <http://wiki.seas.harvard.edu/geos-chem/index.php/>. Um exemplo dos comandos necessários para gerar um documento automático no formato PDF é apresentado no Apêndice B.

Tabela 3.4 - Palavras reservadas utilizadas pelo ProTeX nos programas e scripts.

Palavras reservadas	Descrição	Aplicabilidade
BOI	Início da Introdução	Marcadores usados somente para a introdução
EOI	Fim da Introdução	
BOP	Início do Preâmbulo	Marcadores usados para módulos, procedimentos, subrotinas, etc.
EOP	Fim do Preâmbulo	
BOC	Início do Código	Marcadores usados para códigos dentro das rotinas
EOC	Fim do Código	
ROUTINE	Nome da Rotina	Palavras reservadas para informações sobre os módulos, procedimentos, subrotinas, funções, etc
DESCRIPTION	Descrição do Módulo/Rotina	
BUGS	<i>Bugs</i> conhecidos	
SEE ALSO	Ver outras informações	
REVISION HISTORY	Informações sobre Autor e Revisão	
REMARKS	Observações e comentários	

Após as devidas documentações, os programas foram compilados para gerar curvas com a evolução temporal das estatísticas aplicadas a cada uma das variáveis meteorológicas para cada uma das regiões de interesse. Tais estatísticas representam valores médios sobre as respectivas áreas. A seguir são apresentados e descritos os programas e scripts documentados, bem como são apresentadas algumas das figuras resultantes da compilação dos mesmos.

4 RESULTADOS

A ferramenta estatística disponibilizada ao GDAD para avaliação do desempenho do Sistema AD LETKF_MCGA consiste de um pacote contendo três scripts Shell Linux no formato “*Korn Shell*” (*ksh*) e um script escrito na linguagem do programa “*Grid Analysis and Display System*” (GrADS, programa

livre com disponibilização em internet, <http://www.iges.org/grads/>), cuja extensão é “gs” (GrADS script). Os nomes dos scripts e uma breve descrição de cada um encontram-se na Tabela 4.1, conforme ordem de execução, e no Apêndice A são apresentados todos os scripts devidamente comentados e documentados.

Tabela 4.1 - Programas e Scripts para o cálculo dos índices estatísticos.

Script	Descrição
Run.climatology.ksh	Calcula a Climatologia diária com base na climatologia mensal proveniente do NCEP. As saídas são os arquivos binário e descritor.
RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh	Calcula os índices estatísticos: CA, erro RMS e Bias. Utiliza as análises pós-processadas geradas pelo LETKF, as análises e a climatologia diária proveniente do NCEP como campos de entrada.
Plot.Estatistica.gs	Plota através do programa GRADS as estatísticas geradas pelo script RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh.
All.ksh	Executa todos os programas necessários para gerar figuras com as estatísticas de avaliação da qualidade da análise gerada pelo LETKF; como seja, executa os três scripts anteriores.

Para gerar todas as figuras, com a evolução temporal das estatísticas de avaliação da qualidade da análise gerada pelo LETKF, a partir das métricas

disponibilizadas, basta executar o script “All.ksh”. A partir desse script são geradas as figuras para todos os índices estatísticos (Tabela 3.1), para todas as áreas (Tabela 3.2) e para todas as variáveis (Tabela 3.3) disponíveis, sendo necessário fornecer somente os campos de entrada citados na Tabela 4.1. No entanto, pode-se também escolher apenas as informações que o usuário necessita avaliar. Nesse caso, será necessário alterar as devidas linhas no script que faz as Figuras.

Como um resultado da aplicação dos programas, a Figura 4.1 apresenta o bias da variável PNMM para a América do sul (Figura 1a) e para Região Tropical (Figura 1b). De acordo com Bustamante *et al.* (2005) a avaliação da variável PNMM pode indicar o desempenho da previsão numérica em baixos níveis. Através do estudo do bias pode-se conhecer o bias sistemático dos modelos de previsão de tempo. Por exemplo, se o desvio sistemático de um modelo no campo de pressão à superfície é conhecido para uma determinada região, um previsor pode utilizá-lo para corrigir a sua previsão, isso seria útil para fazer previsões de vento à superfície, por exemplo. A partir das Figuras 4.1a e 4.1b, pode-se observar uma tendência a superestimativa da PNMM tanto para a América do Sul como para Região Tropical.

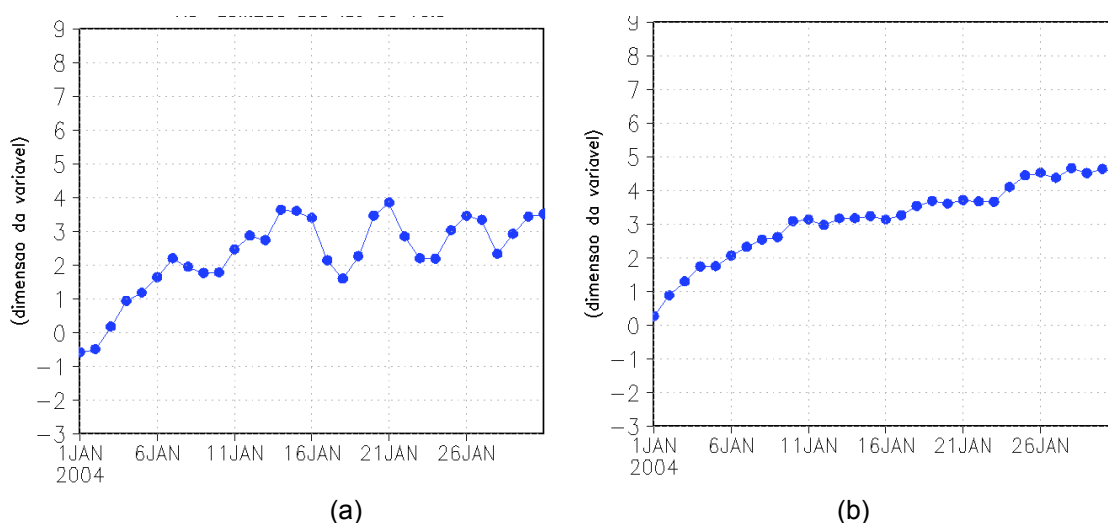


Figura 4.1 - Bias da PNMM média sobre a América do Sul (a), e a Região Tropical (b).

A Figura 4.2 apresenta a CA (Figura 4.2a) e o erro RMS (Figura 4.2b) para a altura geopotencial (zgeo) em 500 hPa sobre a região da América do Sul, e a Figura 4.3 apresenta a CA (Figura 4.3a) e o erro RMS (Figura 4.3b) da componente zonal do vento (uwin) em 850 hPa para Região Tropical. Os índices CA e erro RMS são comumente usados em conjunto para medir a destreza nas previsões nas escalas de tempo e de clima, bem como, para monitorar os avanços dos modelos ao longo de vários anos. Os melhoramentos nas previsões são caracterizados por altos valores de CA e baixos de erro RMS.

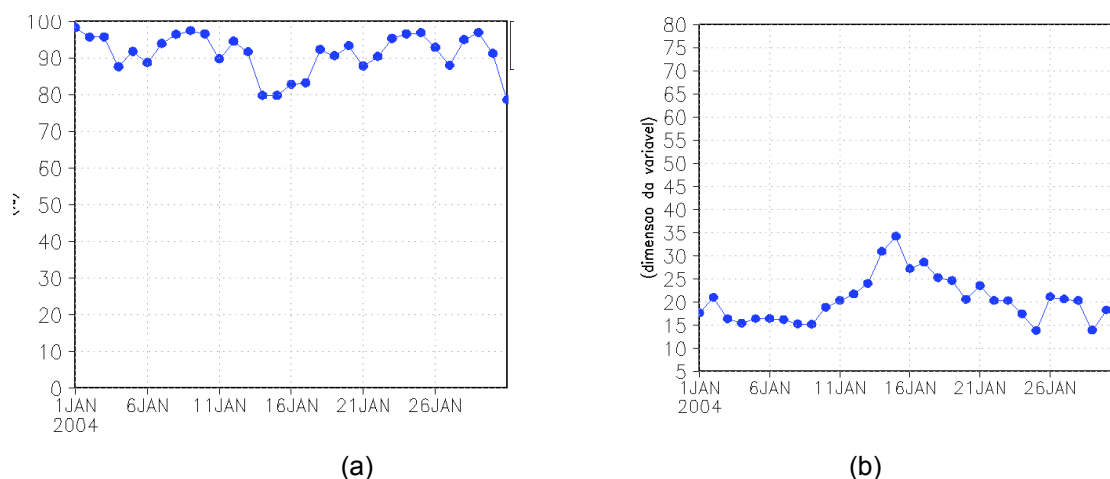


Figura 4.2 - Altura geopotencial em 500 hPa para a América do Sul: CA (a) e RMS (b).

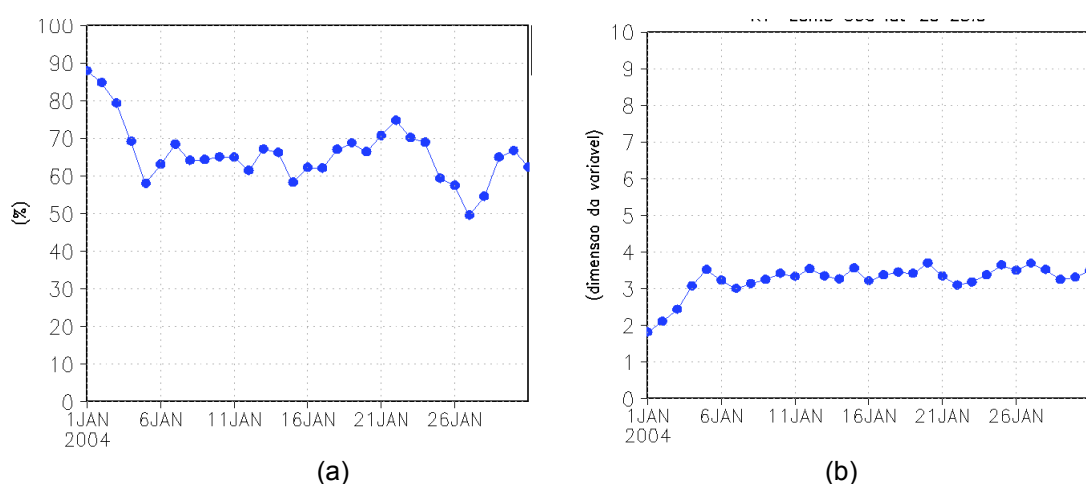


Figura 4.3 - Componente zonal do vento em 850 hPa para Região Tropical: CA (a) e RMS (b).

As variáveis mostradas nas Figuras 4.2 e 4.3 foram a altura geopotencial e o vento. A altura geopotencial é a variável mais comumente usada para avaliar a destreza dos modelos (STANSKI *et al.*, 1989). Impactos positivos significativos nos campos de geopotencial são normalmente percebidos através de uma melhoria na definição da forma e posição das cristas, cavados e sistemas frontais (FERREIRA *et al.*, 2006). CAs de altura geopotencial em 500 hPa sobre o Hemisfério Norte, Hemisfério Sul e América do Sul fornecem informações relevantes a respeito do padrão de escala sinótica da atmosfera, especialmente sobre as latitudes médias. No entanto outras variáveis devem ser usadas para avaliação. Nos trópicos, por exemplo, o cisalhamento horizontal do vento é mais significativo do que as anomalias da altura geopotencial, nesse caso a avaliação será mais valiosa se realizada para as componentes zonal e meridional do vento em 850 hPa (STANSKI *et al.*, 1989).

As avaliações sobre as três estatísticas apresentadas em todas as Figuras (inclusive as não apresentadas) mostram a necessidade de ajustes no código, a fim de que possamos atingir o padrão operacional desejado no Sistema AD LETKF_MCGA. Assim, a utilização do pacote de scripts e programas liberados permitirá aos membros do GDAD, que estão envolvidos nesse processo de modificação do código, uma maior agilidade e precisão quanto aos principais pontos que necessitam ser tratados.

5 CONCLUSÃO

O Sistema AD LETKF será o sistema operacional do CPTEC. Foi escolhida uma versão paralelizada do LETKF, denominada pelo GDAD versão Takemasa v2, para dar início à série de ajustes, adequações e inclusões nesta versão a qual já está acoplada ao modelo MCGA do CPTEC/INPE (Sistema AD LETKF_MCGA). Tais modificações colocam este sistema como ainda em fase de

desenvolvimento. Nessa fase torna-se necessário uma série de testes até que esse novo Sistema AD atinja um padrão operacional.

Neste sentido, o presente trabalho permitiu disponibilizar, via Repositório SVN, métricas específicas pré-existentes para auxiliar nos diversos testes necessários para construção da versão operacional do Sistema AD LETKF_MCGA. As ferramentas foram elaboradas em um trabalho anterior (SOUZA *et al.*, 2010); todavia, a disponibilização e organização do pacote de programas e scripts e a documentação em um formato padrão para o ProteX, foram feitas neste trabalho.

Finalmente, ressalta-se que a ferramenta disponibilizada é de fundamental importância para avaliação do sistema tanto na fase de testes como também quando o sistema atingir o padrão operacional. As métricas disponibilizadas permitirão aos membros do GDAD utilizar o mesmo padrão e metodologia para avaliação dos resultados. A documentação dos scripts seguindo um padrão de referência também permitirá aos membros agilidade, rapidez, organização e facilidade na utilização do pacote de programas disponibilizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAVÉQUIA, J. A.; MEDEIROS, M. D. S.; HERDIES, D. L.; SOUZA, S. S. How the LETKF/GCM-CPTEC analysis reproduces the observation's time scales signal?. In: THE MEETING OF THE AMERICAS, 2010, Foz do Iguaçu, BR. **Proceedings...** AGU, 2010a.

ARAVEQUIA, J. A.; MEDEIROS, M. D. S.; SOUZA, S. S.; HERDIES, D. L. O uso da assimilação de dados LETKF como ferramenta de auxílio à previsão de tempo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16. (CBMET), 2010, Belém. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 2010b. DVD. Disponível em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/38JE56M>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

ARAVÉQUIA, J. A.; QUADRO, M. F. L. **Aspectos gerais da previsão numérica de tempo e clima**. Cachoeira Paulista: CPTEC, 2003. 57 p.
(INPE-10211-PUD/135). Disponível em:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/12.23.10.21>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

BASTARZ, C. F.; ENGLISH, S. MATTOS, ; J. G. Z.; GONÇALVES, L. G. G. **RSG - Repositório SVN GDAD**. Apresentação ao GDAD em 25 nov. 2010.
Documentação pessoal.

BRANSTATOR, G. The variability in skill of 72-hour global-scale NMC forecasts. **Monthly Weather Review**, v. 114, p. 2628-2639, 1986.

BUSTAMANTE, J. F.; CHOU, S. C.; ROZANTE, J. R.; GOMES, J. L. Uma avaliação da previsibilidade de tempo do Modelo ETA para a America do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 1, p. 59-70, Abr. 2005.

(INPE-12500-PRE/7802). Disponível em:
<<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1915/2005/05.12.17.41>>. Acesso em: 24 fev. 2011.

CAVALCANTI, I. F. A.; MARENGO, J. A.; PRAKKI, S.; NOBRE, C. A.; TROSNIKOV, I.; BONATTI, J. P.; MANZI, A. O.; TARASOVA, T.; PEZZI, L. P.; D'ALMEIDA, C.; SAMPAIO, G.; CASTRO, C. A. C.; SANCHES, M. B.; CAMARGO, H. Global climatological features in a simulation using the CPTEC-COLA AGCM. **Journal of Climate**, v. 15, n. 21, p. 2965-2988, Nov. 2002.

(INPE-9842-PRE/5426). Disponível em:
<<http://urlib.net/sid.inpe.br/iris@1915/2005/05.05.11.19>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

COLLINS-SUSSMAN, B.; FITZPATRICK, B. W.; PILATO, C. M. **Version control with subversion: next generation open source version control**. O'Reilly Media, 2004. 320 p.

DERECZYNSKI, C. P.; PRISTO, M. V. J.; CHAN, C. S.; CAVALCANTI, I. F. A.; ROZANTE, J. R. Avaliação das previsões do Modelo Eta na região da Serra do Mar (Estado de São Paulo), Brasil / Evaluation of Eta Model forecasts over Serra do Mar region (Sao Paulo State), Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 33, n. 3, p. 36-51, 2010. Disponível em:

<http://www.anuario.igeo.ufrj.br/2010_2/2010_2_36_51.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2011.

FERREIRA, S. H. S.; ANDREOLI, R. V.; SAPUCCI, L. F.; HERDIES, D. L. Estágio atual da operacionalização do SPAS com o modelo global de previsão do tempo do CPTEC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, XIV - (CBMET), , Florianópolis, SC. **Proceedings...** Rio de Janeiro: SBMet,

2006. Papel. (INPE-14512-PRE/9543). Disponível em:
<<http://www.sbmet.org.br/congresso/index.html>>. Acesso em: 27 mar. 2011.

GLOBAL MODELING AND ASSIMILATION OFFICE (GMAO). **Protex Distribution (Version 2.0)**. NASA. Disponível em:
<<http://gmao.gsfc.nasa.gov/software/protex/>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

GODDARD EARTH OBSERVING SYSTEM CHEMICAL MODEL (GEOS-Chem Model). **Automatic documentation with protex**. Disponível em:
<http://wiki.seas.harvard.edu/geos-chem/index.php/Automatic_documentation_with_protex>. Acesso em: 25 jan. 2011

GRID ANALYSIS AND DISPLAY SYSTEM (GrADS). **GrADS user's guide**. Disponível em: <<http://www.iges.org/grads/>>. Acesso em: 25 jan. 2011

HARLIM, J.; HUNT, B. R. Four-dimensional local ensemble transform Kalman filter: Numerical experiments with a global circulation model. **Tellus A**, v 59, p. 731-748, 2007.

HARLIM, J.; HUNT, B. R. **Local ensemble transform Kalman filter**: an efficient scheme for assimilating atmospheric data. The Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia, January 14, 2005. The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne, Australia, 2005. Disponível em <http://www.atmos.umd.edu/~ekalnay/harlim_hunt05.pdf>. Acesso em 11 de janeiro de 2011

HERDIES, D. L.; ARAVÉQUIA, J. A.; FERREIRA, S. H. S.; ANDREOLI, R. V.; SAPUCCI, L. F.; MATTOS, J. G. Z. **Assimilacao de dados no CPTEC/INPE**. São José dos Campos: INPE, 2007-09-04. (INPE ePrint sid.inpe.br/mtcm17@80/2007/09.03.13.27). Disponível em:
<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtcm17@80/2007/09.03.13.27>>. Acesso em: 25 jan. 2011.

HUNT, B. R.; KOSTELICH, E. J.; SZUNYOGH, I. Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: A local ensemble transform kalman filter. **Physica D**, v. 230, p. 112-126, 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Mapas de prognósticos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 25 jan. 2011.

KRISHNAMURTI, T. N.; RAJENDRAN, K.; VIJAYA KUMAR, T.S.V.; LORD, S.; TOTH, Z.; ZOU, X.; COCKE, S.; AHLQUIST, J. E.; NAVON, I. M. Improved Skill for the Anomaly Correlation of Geopotential Heights at 500 hPa. **Monthly Weather Review**, v. 131, p. 1082-1102, 2003.

MARENGO, J. A.; CAVALCANTI, I. F. A.; SATYAMURTY, P.; TROSNIKOV, I.; NOBRE, C. A.; BONATTI, J. P.; CAMARGO, H.; SAMPAIO, G.; SANCHES, M. B.; MANZI, A. O.; CASTRO, C. A. C.; D'ALMEIDA, C.; PEZZI, L. P.; CANDIDO, L. A. Assessment of regional seasonal rainfall predictability using the CPTEC/COLA atmospheric GCM. **Climate Dynamics**, v. 21, n. 5-6, p. 459-475, Nov. 2003. doi: <[10.1007/s00382-003-0346-0](https://doi.org/10.1007/s00382-003-0346-0)>. (INPE-10578-PRE/6040).

MEDEIROS, M. D. S. **Impacto do uso de radiância na assimilação de dados usando 4D-LETKF na região da América do Sul**. 2011. 137 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2010/11.24.18.42-TDI). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/38LHLTB>>. Acesso em: 27 mar. 2011.

MEDEIROS, M. D. S.; ARAVEQUIA, J. A.; HERDIES, D. L.; SOUZA, S. S. Avaliação da temperatura do ar obtida pelo letkf após a inclusão de radiâncias de satélite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16. (CBMET), 2010, Belém. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMet, 2010a. DVD. Disponível em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/38JE56K>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

MEDEIROS, M. D. S.; ARAVÉQUIA, J. A.; HERDIES, D. L.; SOUZA, S. S. Assessing the data assimilation system 4D-LETKF/AGCM-CPTEC using data from the BARCA/LBA field experiment. In: THE MEETING OF THE AMERICAS, 2010, Foz do Iguaçu, BR. **Proceedings...** 2010b.

MIYOSHI, T., SATO, Y., KADOWAKI, T. Ensemble Kalman Filter and 4D-Var Intercomparison with the Japanese Operational Global Analysis and Prediction System. **Monthly Weather Review**, v.138, n. 7, p. 2846-2866. 2010: doi: 10.1175/2010MWR3209.1

MOURA, R. G.; HERDIES, D. L.; MENDES, D. L. Avaliação do Modelo Regional Eta utilizando as Análises do CPTEC e NCEP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 1, p. 46-53, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/37RDSAHA>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

OTT, E.; HUNT, B. H.; SZUNYOGH, I.; ZIMIN, A. V.; KOSTELICH, E. J. A local ensemble Kalman filter for atmospheric data assimilation. **Tellus A**, v. 56, p.415-428, 2004.

OTT, E.; HUNT, B. H.; SZUNYOGH, I.; ZIMIN, A. V.; KOSTELICH, E. J.; CORRAZZA, M.; KALNAY, E.; PATIL, D.; YORKE, J. **Exploiting local low dimensionality of the atmospheric dynamics for efficient ensemble Kalman filtering**. 2002. Disponível em: <<http://arxiv.org/abs/physics/0203058v3/>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

PANETTA, J.; BARROS, S. R. M.; BONATTI, J. P.; TOMITA, S.S.; KUBOTA, P.Y. Computational Cost of CPTEC AGCM at use of high performance computing in meteorology. [S.l.]: **World Scientific Publishing Co.**, p. 65-83,2007. ISBN-13 978-981-277-588-7.

SAPUCCI, L. F.; GONÇALVES, L. G. G.; SOUZA, S. S. **Assimilação de perfis atmosféricos provenientes da radiocultação GNSS usando Local Ensemble Transform Kalman Filter**. 2010a. Projeto FAPESP - Processo: 10/15974-2

SAPUCCI, L. F.; HERDIES, D. L.; SOUZA, R. V. A.; MATTOS, J. G. F.; ARAVÉQUIA, J. A. Os últimos avanços na previsibilidade dos campos de umidade no sistema global de assimilação de dados e previsão numérica de tempo do CPTEC/INPE / Latest advances in the prediction of humidity fields in the data assimilation and numerical weather prediction global system from CPTEC/INPE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, p. 1000, 2010b. Disponível em: <<http://urlib.net/J8LNKAN8RW/38JE4A5>>. Acesso em: 28 fev. 2011.

SAWYER, W.; DA SILVA, A. **ProTeX**: a sample fortran 90 source code documentation system. DAO Office Note 97-11, 1997. Disponível em: <<http://gmao.gsfc.nasa.gov/software/protex/doc/protex/>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

SILVA, M. C. L.; MENDONÇA, A. M.; BONATTI, J. P. Determinação das previsões de temperaturas mínimas e máximas a partir do histórico das previsões de tempo por conjunto do CPTEC. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 4, p. 431-449, Dec 2008. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2009/04.09.19.38>>. Acesso em: 10 abr. 2011.

SOUZA, S. S.; FIGUEROA, S. N.; HERDIES, D. L.; ARAVÉQUIA, J. A.; BONATTI, J. P.; GONÇALVES, L. G.; KUBOTA, P. Y.; SAPUCCI, L. F.; FERREIRA, S. H.; MATTOS, J. G. Impact of the scheme of deep convection in the global data assimilation system LETKF of the CPTEC/INPE. In: THE MEETING OF THE AMERICAS, 2010, Foz do Iguaçu, BR. **Proceedings...** 2010. On-line. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtcm19/2010/08.24.17.33>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

STANSKI, H. R.; WILSON, L. J.; BURROWS, W. R. Survey of common verification methods in meteorology. WMO/TD-No. 358, **World Meteorological Organisation**, Geneva, Switzerland. 1989. 144 p.

SZUNYOGH, I., KOSTELICH, E. J.; GYARMATI, G.; PATIL, D. J.; HUNT, B. R.; KALNAY, E.; OTT, E.; YORKE, J. A. Assessing a local ensemble kalman filter: perfect model experiments with the national centers for environmental prediction global model. **Tellus A**, v. 57, p. 528-545, 2005.

SZUNYOGH, I.; KOSTELICH, E. J.; GYARMATI, G.; KALNAY, E.; HUNT, B. R.; OTT, E.; SATTERFIELD, E.; YORKE, J. A. A local ensemble transform kalman filter data assimilation system for the ncep global model. **Tellus A**, v. 60, p. 113-130, 2008.

WILKS, D. S. **Statistical methods in the atmospheric sciences**. 2. ed. New York: Academic, 2006. 627 p.

APÊNDICE A - PROGRAMAS E SCRIPTS

A.1. Cálculo da climatologia diária

O script abaixo é um Shell Linux em formato “**Korn Shell**” (**ksh**), nomeado Run.climatology.ksh e é utilizado para calcular a climatologia diária. Nele é editado um programa Fortran o qual lê os dados com a climatologia mensal, proveniente do NCEP, e calcula e escreve a climatologia diária através de interpolação linear com pesos atribuídos a dois meses de referência (mês de interesse e mês anterior). Adicionalmente, é escrito o arquivo descritor, em formato “txt”, com informações do arquivo binário gerado.

```
#!/bin/ksh
#
#-----!
#      Group on Data Assimilation Development - GDAD/CPTEC/INPE      !
#-----!
#BOI
# !TITLE: Ferramentas estatisticas para avaliacao das analises do LETKF-MCGA-CPTEC/INPE
# !AUTHORS: Solange Silva de Souza e Maria das Dores S. Medeiros
# !AFFILIATION: GDAD/CPTEC/INPE
# !DATE: Mar 17, 2011
#EOI
#-----!
#BOP
#
# !ROUTINE:   Run.climatology.ksh
#
#
# !DESCRIPTION: Calcula Climatologia diaria para os dados do NCEP\
```

```
#      (Executa climatology.f para as datas selecionadas).\n#\n#      Para executar digite:\n#      Run.climatology.ksh datei datef laghr\n#\n#\n#      Onde: datei=data inicial , datef=data final e laghr=deltaT em horas\n#      Ex: Run.climatology.ksh 2004010100 2004013100 24 \n#\n#\n# !BUGS:\n#   Nenhum bug\n#\n#\n# !SEE ALSO:\n#\n#\n# !REVISION HISTORY:\n# 24/Dez/2008 - Solange Silva de Souza   :Codigo Inicial Versao 1.0.0\n# 24/Jan/2011 - Maria das Dores S. Medeiros: Documentacao\n#\n#\n# !REMARKS:\n#   Dados de entrada: g3dclmMM.dat, em que MM= mes (01,02,...,12)\n#   Diretorio de entrada : dir_dInp = "/mpp/${USER}/NCEP.Climatologia"\n#\n#   Dados de saida: clmreannmc.MMDDHH   e clmreannmc.MMDDHH.ctl,\n#                   em que MM= mes (01,02,...,12), DD= dias, HH=horas\n#   Diretorio de saida: Dir_dOut = ${dir_dInp}/Diario_${hi}Z/'
```

```

#
#
#EOP
#-----#
#BOC
# Iniciando o codigo
datei=$1
datef=$2
laghr=$3
if [[ -z "${1}" ]]; then
datei="2004010100"
fi
if [[ -z "${2}" ]]; then
datef=${datei}
fi
if [[ -z "${3}" ]]; then
laghr="24"
fi

dir_trab=`dirname ${0}`
echo ${dirname}

# Diretorio de entrada
dir_dInp="/mpp/${USER}/NCEP.Climatologia"

echo ${dir_trab}
echo ${dir_dInp}
echo $datei $datef $laghr
yi=`awk 'BEGIN {print substr("${datei}",1,4)}'`

```



```

mi=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datei}"",5,2)}`
di=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datei}"",7,2)}`
hi=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datei}"",9,2)}`
yf=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datef}"",1,4)}`
mf=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datef}"",5,2)}`
df=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datef}"",7,2)}`
hf=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datef}"",9,2)}`
let datehr=${yi}${mi}${di}${hi}
let datehf=${yf}${mf}${df}${hf}

```

```

# Diretorio de saida
Dir_dOut=${dir_dInp}/Diario_`${hi}Z/'
if [ ! -e ${Dir_dOut} ]; then
mkdir ${Dir_dOut}
fi
dir_dInp=${dir_dInp}"/ "
echo $datehr $datehf

```

```

di2=$di
mi2=$mi
let nday=0
until [ datehf -lt datehr ]
do
let nday=nday+1
let ybi=yi%4

```

```

cat << EOF2 > ${dir_trab}/Lista.Data.txt

```

```

${yi},${mi2},${di2},${hi}
EOF2
cat << EOF1 > ${dir_trab}/Prov.f90
PROGRAM DAYINT
!*
!   INTEGER  :: LONI,LATI,NV,NM
    INTEGER, PARAMETER :: LONI=144,LATI=73,NV=4*17+12+8,NM=NV+2
!*
    INTEGER  :: N,I,J,MONTH,IDAY,IUTC,IYEAR,MON, &
               MF,MN,IDC,IDP,MNL,MNLF,MNLN,NN,IDS
    REAL     :: YDAY,ADD,F1,F2,CT,FA,FB
    CHARACTER :: CYEAR*4,CMONTH*2,CDAY*2,CUTC*2,NF*2
    CHARACTER :: NFCT*10,NICN*10,NCLD*10,NPST*10,FNMANL*40, &
               DCLM*256,DPOS*256,TRUNC*7,ANL*7
    LOGICAL  :: EXANL
    INTEGER  :: MONL(12)
    CHARACTER*12 :: NCLM(12)
    REAL     :: BUFA(LONI,LATI),BUFB(LONI,LATI),BUFI(LONI,LATI)

    CHARACTER :: LABEL*10
!*
    DATA MONL /31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
    DATA IDS /7/
    DATA NCLM /'g3dclm01.dat','g3dclm02.dat','g3dclm03.dat', &
               'g3dclm04.dat','g3dclm05.dat','g3dclm06.dat', &
               'g3dclm07.dat','g3dclm08.dat','g3dclm09.dat', &
               'g3dclm10.dat','g3dclm11.dat','g3dclm12.dat'/
    DATA NCLD /'clmreannmc'/, NFCT /'gposnmcfcf'/, &
               NICN /'gposnmcicn'/, NPST /'gposnmcpsf'/
!*

```

```

DCLM='${dir_dInp}'

IDC=INDEX(DCLM//' ',' ')-1

OPEN(1,FILE='${dir_trab}/Lista.Data.txt',STATUS='OLD', &
      FORM='FORMATTED')

READ(1,*)IYEAR,MONTH,IDAY,IUTC
CLOSE(1)

WRITE(6,'(A,I4.4,3I2.2)') LABEL = ',IYEAR,MONTH,IDAY,IUTC
WRITE(LABEL(1:4),'(I4.4)')IYEAR
WRITE(LABEL(5:6),'(I2.2)')MONTH
WRITE(LABEL(7:8),'(I2.2)')IDAY
WRITE(LABEL(9:10),'(I2.2)')IUTC
!*

!*
MON=MONTH
YDAY=FLOAT(IDAY)+FLOAT(IUTC)/24.0
MF=MON-1
MNL=MONL(MON)
IF (MOD(IYEAR,4).EQ.0 .AND. MON.EQ.2) MNL=29
IF (YDAY .GT. 1.0+FLOAT(MNL)/2.0) MF=MON
MN=MF+1
IF (MF .LT. 1) MF=12
IF (MN .GT. 12) MN=1
MNLF=MONL(MF)

```

```

IF (MOD(IYEAR,4).EQ.0 .AND. MF.EQ.2) MNLF=29
ADD=FLOAT(MNLF)/2.0-1.0
IF (MF .EQ. MON) ADD=-ADD-2.0
MNLN=MONL(MN)
IF (MOD(IYEAR,4).EQ.0 .AND. MN.EQ.2) MNLN=29
F1=2.0*(YDAY+ADD)/FLOAT(MNLF+MNLN)
F2=1.0-F1
WRITE(*,'(2(A,F7.4))') F1 = ',F1,' F2 = ',F2,' NM = ',NM
!*

WRITE(6,*)'Open Read ',DCLM(1:IDC)//NCLM(MF), &
' Unit: 10'
OPEN(10,FILE=DCLM(1:IDC)//NCLM(MF),STATUS='OLD', &
FORM='UNFORMATTED',READONLY, &
ACCESS='DIRECT',RECL=LONI*LATI)
!*

WRITE(6,*)'Open Read ',DCLM(1:IDC)//NCLM(MF), &
' Unit: 11'
OPEN(11,FILE=DCLM(1:IDC)//NCLM(MN),STATUS='OLD', &
FORM='UNFORMATTED',READONLY, &
ACCESS='DIRECT',RECL=LONI*LATI)
!*

WRITE(6,*)'Open Write ',NCLD//'. '//LABEL(5:10),' Unit: 12'

OPEN(12,FILE='${Dir_dOut}'//NCLD//'. '//LABEL(5:10),STATUS='UNKNOWN', &
FORM='UNFORMATTED', &
ACCESS='DIRECT',RECL=LONI*LATI, &
CONVERT='BIG_ENDIAN')
!*

```

```

DO N=1,NM

!*
  READ(10,REC=N)((BUFA(I,J),I=1,LONI),J=1,LATI)
  READ(11,REC=N)((BUFB(I,J),I=1,LONI),J=1,LATI)
!*
  CT=1.0
  IF (N .EQ. NV+2) CT=0.01
  FA=CT*F2
  FB=CT*F1
    DO J=1,LATI
    DO I=1,LONI
    BUFI(I,J)=FA*BUFA(I,J)+FB*BUFB(I,J)
    ENDDO
  ENDDO
!*
  WRITE(12,REC=N)((BUFI(I,J),I=1,LONI),J=1,LATI)
!*
  ENDDO
!*
  CLOSE(10)
  CLOSE(11)
  CLOSE(12)
!*
  CALL CLMCTL(IDAY,MONTH,IYEAR,IUTC,NCLD,LABEL(5:10))
!*
  STOP" *** End of Climatology Interpolation ***"

```

```

CONTAINS
!!!END PROGRAM DAYINT
!*
  SUBROUTINE CLMCTL(IDAY,MONTH,IYEAR,IUTC,NCLD, LABEL2)
!*
  INTEGER IDAY,MONTH,IYEAR,IUTC
  CHARACTER NCLD*10
  CHARACTER LABEL2*6
  CHARACTER MON(12)*3
  DATA MON /'JAN','FEB','MAR','APR','MAY','JUN', &
            'JUL','AUG','SEP','OCT','NOV','DEC'/
!*
  OPEN(20,FILE='${Dir_dOut}'//NCLD//'.'//LABEL2//'.ctl',STATUS='UNKNOWN')
!*
  WRITE(20,'(A)')DSET ^//NCLD//'.'//LABEL2
  WRITE(20,'(A)')**
  WRITE(20,'(A)')OPTIONS BIG_ENDIAN'
  WRITE(20,'(A)')**
  WRITE(20,'(A)')UNDEF 1e+20'
  WRITE(20,'(A)')**
  WRITE(20,'(A)')TITLE NCEP/NCAR REANALYSIS CLIMATOLOGY: '// &
            'JAN82-DEC94 '
  WRITE(20,'(A)')**
  WRITE(20,'(A)')XDEF 144 LINEAR 0.0 2.5'
  WRITE(20,'(A)')YDEF 73 LINEAR -90.0 2.5'
  WRITE(20,'(A)')ZDEF 17 LEVELS 1000 925 850 700 600 500 '
  WRITE(20,'(A)')          400 300 250 200 150 100 '
  WRITE(20,'(A)')          70 50 30 20 10'
  WRITE(20,'(A,I2.2,A,I2.2,A,I4.4,A)') &

```

```

      'TDEF 1 LINEAR ',IUTC,'Z',IDAY, &
      MON(MONTH),IYEAR,' 1DY'
WRITE(20,'(A)')'*'
WRITE(20,'(A)')'VARS 8'
WRITE(20,'(A)')'ZGEO 17 99 Geopotential height (gpm)'
WRITE(20,'(A)')'UVEL 17 99 u wind (m/s)'
WRITE(20,'(A)')'VVEL 17 99 v wind (m/s)'
WRITE(20,'(A)')'TEMP 17 99 Temperature (K)'
WRITE(20,'(A)')'OMEG 12 99 Pressure vertical velocity (Pa/s)'
WRITE(20,'(A)')'UMES 8 99 Specific humidity (kg/kg)'
WRITE(20,'(A)')'AGPL 0 99 Precipitable water (kg/m**2)'
WRITE(20,'(A)')'PSNM 0 99 Pressure reduced to MSL (hPa)'
WRITE(20,'(A)')'ENDVARS'
!*
CLOSE(20)
!*
! RETURN
END SUBROUTINE CLMCTL
END PROGRAM DAYINT
!*
EOF1
ifort -o ${dir_trab}/Prov.exe ${dir_trab}/Prov.f90
${dir_trab}/Prov.exe
rm -f ${dir_trab}/Prov.exe
rm -f ${dir_trab}/Prov.f90
rm -f ${dir_trab}/Lista.Data.txt
let hi=hi+0
let di=di+0
let mi=mi+0
if [ ybi -eq 0 ]

```

```

then
set -A md 0 31 29 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31
else
set -A md 0 31 28 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31
fi
#
let hi=hi+laghr
if [ hi -ge 24 ]
then
let hi=hi-24
let di=di+1
if [ di -gt md[mi] ]
then
let di=1
let mi=mi+1
if [ mi -gt 12 ]
then
let mi=1
let yi=yi+1
fi
fi
fi
hi2=$hi
if [ hi -lt 10 ]
then
hi2=0$hi
fi
di2=$di
if [ di -lt 10 ]
then

```



```
    di2=0$di
fi
mi2=$mi
if [ mi -lt 10 ]
then
    mi2=0$mi
fi
let dates=${yi}${mi2}${di2}
let datehr=${dates}${hi2}
echo " ---- "$datehr
done
exit 0
#EOC
```

A.2. Cálculo das estatísticas

As estatísticas são calculadas com base no script nomeado RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh, conforme segue. Esse Shell Linux “*Korn she*” (*ksh*) chama o programa “*Grid Analysis and Display System*” (GrADS, programa livre com disponibilização pela internet, <http://www.iges.org/grads/>), o qual calcula as estatísticas.

```
#!/bin/ksh
#
#-----!
#      Group on Data Assimilation Development - GDAD/CPTEC/INPE      !
#-----!
#BOI
# !TITLE: Ferramentas estatisticas para avaliacao das analises do LETKF-MCGA-CPTEC/INPE
# !AUTHORS: Solange Silva de Souza e Maria das Dores S. Medeiros
# !AFFILIATION: GDAD/CPTEC/INPE
# !DATE: Mar 17, 2011
#EOI
#-----!
#BOP
#
# !ROUTINE:   RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh
#
#
# !DESCRIPTION: Calcula as estatisticas: RMS, Bias e CA.\\
#              As estatisticas sao calculadas sobre varias areas (explicitadas
#              na variavel "nodregi").\\
#              Cada estatistica representa o valor medio sobre cada area.\\
#              Faz comparacoes com as Analises do NCEP (atual+climatologia).\\
#
```

```

# Para executar digite:\\
# RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh datei datef clim NomeExp laghr Trunc\\
#
# Onde datei=data inicial e datef=data final\\
# clim=Nome da Climatologia.\\
# NomeExp=Nome do experimento. Eh o mesmo nome associado ao diretorio
# onde estao os experimentos.\\
# laghr=Intervalo de tempo para o loop de datai ate dataf (em horas)\\
# Trunc=Resolucao espacial \\
#
# Ex: RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh 2004010100 2004013100 NCEP LETKF.TAKEMASA.v2 24 TQ0062L028 \\
#
#
# !BUGS:
# Nenhum bug
#
#
# !SEE ALSO:
#
#
# !REVISION HISTORY:
# 22/Mar/2010 - Solange Silva de Souza : Codigo Inicial Versao 1.0.0
# 24/Jan/2011 - Maria das Dores S. Medeiros: Documentacao
#
#
# !REMARKS:
# Diretorios de entrada:
# DiaANL2='/mpp/${USER}/${exp1b}]/results/testcase_2004/anal/mean/'
# dirClim='/mpp/${USER}/NCEP.Climatologia/'
#

```

```

# Arquivos de entrada:
#   pgban.yyyymmddhh, ncep.template.ctl e climatologia
#
# Diretorio de saida:
#   DirOutANL=/mpp/${USER}/${exp1b}/avaliacao_SVS/Out_dat_ANL
#
# Arquivos de Saida:
#   GTAKE.v2.062.yyyymmddhh.NCEP.reg_int.skill.dat
#   GTAKE.v2.062.yyyymmddhh.NCEP.reg_int.skill.ctl
#
#   Em que: yyyy= ano; mm= mes; dd= dia; hh= hora;
#   reg_int= regioa de interesse
#       AS (loni:280 ate lonf:330; lati= -50 ate latf= 10)
#       HS (loni:0 ate lonf:360; lati= -80 ate latf=-20)
#       RT (loni:0 ate lonf:360; lati= -20 ate latf= 20)
#       HN (loni:0 ate lonf:360; lati= 20 ate latf= 80)
#       GB (loni:0 ate lonf:360; lati= -80 ate latf= 80)
#       T4 (loni:270 ate lonf:300; lati= -20 ate latf=-10)
#       HS1 (loni:0 ate lonf:360; lati= -90 ate latf= 0)
#
#
#EOP
#-----#
#BOC
#Inicio do codigo
#
dir_trab=`dirname ${0}`
cd ${dir_trab}
#
datei=$1

```

```

datef=$2
exp1a=$3
exp1b=$4
laghr=$5
resol=$6
#
if [[ -z "${1}" ]]; then
datei="2004010100"
fi
if [[ -z "${2}" ]]; then
datef=${datei}
fi
if [[ -z "${3}" ]]; then
exp1a='NCEP'
fi
if [[ -z "${4}" ]]; then
exp1b='LETKF.TAKEMASA.v2'
fi
if [[ -z "${5}" ]]; then
laghr=24
fi
if [[ -z "${6}" ]]; then
resol=TQ0126L028
fi
#
#Diretorio do arquivo descritor das Analises de referencia (ncep.template.ctl).
DiaANL1="/home/${USER}/Avaliador_GDAD_SVN/"
#Diretorio dos dados de Entrada com as analises do LETKF pos processadas (pgban*ctl)
DiaANL2="/mpp/${USER}/${exp1b}/results/testcase_2004/anal/mean/"
#Diretorio onde estao os dados climatologicos

```

```

dirClim="/mpp/${USER}/NCEP.Climatologia/"
#Diretorio de saida dos Dados, onde serao depositados os arquivos contendo as estatisticas
DirOutANL="/mpp/${USER}/${exp1b}/avaliacao_SVS/Out_dat_ANL
#
#
mkdir -p ${DirOutANL}
gribmap -i ${DiaANL2}pgban.yyyymmddhh.ctl
echo "Comparacao entre as Analises. *****"
echo $datei $datef $exp1a $exp1b $resol
#
#####
#
function Cria_Aux_RMSBias {
cat <<EOT > ${dir_trab}/Aux.RMS.Bias.ANL.gs
*****
* Solange SSouza 22/Mar/2010
*
*
* Indices: RMS, BIAS e CA.
* Estatisticas da Analise. Na Correlacao de Anomalia (CA), a climatologia base eh a do NCEP.
* Compara Analises provenientes do NCEP versus LETKF
* Parametro:
* Temperatura virtual          - temp (K)
* Pressao reduzida ao Nivel Medio do Mar - PNMM (hPa)
* Umidade especifica           - umes (kg/kg)
* Agua precipitavel            - agpl (kg/m**2)
* Altura geopotencial          - zgeo (gpm)
* Niveis (hPa):1000  925  850  500  250
* Area: Varias
*

```

```

'reinit'
'c'
datai=$1
data=$2
say 'datai:'datai' data: 'data
exp1a='$3'
exp1b='$4'
resol='$5'
dregi='$6'
n_files=2
ifc=n_files-1
_ucl=n_files+1
undef_out=1e+20
TRN=substr(resol,4,3)
resol2=resol
if ( resol='TQ0062L028'); resol2='T062L28';endif;
NomeExp1.1='ncep.template'
NomeExp=""%exp1b"
NomeApelido='GTAKE.v2.'%TRN
NomeApelido1=exp1a
tmpndmes = '31 28 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31'
tmpmmes = 'Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec'
yyi=substr(data,1,2)
yyyy=substr(data,1,4)
imesi=substr(data,5,2)
ddi=substr(data,7,2)
idia=substr(data,7,2)
hh=substr(data,9,2)
lag_time=24*ifc

```

```

*
* .....
* Gera datas da Previsao
* .....
* Forecats a cada "lag_time" horas
i=1
data.1=data
idd=idia
yy2=yyyy
mm=imesi
* Fim de datas
*
* abertura de arquivos *****
*

* O b s e r v a c a o (ANALISE)
* Analise do NCEP com levs originais
ArqInp1='${DiaANL1}'%NomeExp1.1'.ctl'
say ArqInp1
'open 'ArqInp1
tmp1=sublin(result,2)
tmp1=subwrd(tmp1,2)
if ( tmp1 = 'Error:' )
    'quit'
endif
tmdata=hh%'Z'%ddi%subwrd(tmpmmes,imesi)%yyyy
* Analise a ser comparada
ArqInp2= '${DiaANL2}pgban.yyyymmddhh.ctl'
'open 'ArqInp2
tmp1=sublin(result,2)

```



```

tmp1=subwrd(tmp1,2)
if ( tmp1 = 'Error:' )
  'quit'
endif
* Climatologia
'open ${dirClim}Diario_'hh'Z/clmreannmc.'imesi%ddi%hh%'.ctl'
say result
'q files'
say result
*
* fim de abertura de arquivos *****
*
'c'
nvar=7
nlev=5
nvrz=1+nlev
var.1='pnmm 1000 -9999 -9999 -9999 -9999'
var.2='umid -9999 925 -9999 -9999 -9999'
var.3='wpre -9999 925 -9999 -9999 -9999'
var.4='tv 1000 925 850 500 250'
var.5='uwind -9999 -9999 850 500 250'
var.6='vwind -9999 -9999 850 500 250'
var.7='zgeo -9999 -9999 850 500 250'
*****
*ireg: loop sobre as regioes
nregiao=99999
irr=1
while(irr<=nregiao)
  reg_int=subwrd(dregi,irr)
  if (reg_int=" "); nregiao=irr-1; endif;

```

```

    irr=irr+1
endwhile
ir=1
ireg=1
while ( ireg<=nregiao)
*****
reg_int = subwrd(dregi,ireg)
*BOX sdo IO
_lon1=276.562
_lon2=333.75
_lat1=-50.0257
_lat2=12.6233
if (reg_int = 'AS')
_lon1=360-80
_lon2=360-30
_lat1=-50.0
_lat2=10.0
endif
if (reg_int = 'RT')
_lon1=0
_lon2=360
_lat1=-20.0
_lat2=20.0
endif
if (reg_int = 'HN')
_lon1=0
_lon2=360
_lat1=20.0
_lat2=80.0
endif

```

```
if (reg_int = 'HS')
  _lon1=0
  _lon2=360
  _lat1=-80.0
  _lat2=-20.0
endif
if (reg_int = 'GB')
  _lon1=0
  _lon2=360
  _lat1=-80.0
  _lat2= 80.0
endif
if (reg_int = 'T1')
  _lon1=360-90
  _lon2=360-60
  _lat1=-20.0
  _lat2=20.0
endif
if (reg_int = 'T2')
  _lon1=360-80
  _lon2=360-60
  _lat1=-20.0
  _lat2=20
endif
if (reg_int = 'T3')
  _lon1=360-80
  _lon2=360-60
  _lat1=-20.0
  _lat2=-10.0
endif
```

```

if (reg_int = 'T4')
  _lon1=360-90
  _lon2=360-60
  _lat1=-20.0
  _lat2=-10.0
endif
*
if (reg_int = 'HS1')
  _lon1=0
  _lon2=360
  _lat1=-90.0
  _lat2=0.0
endif
nome_arqout=NomeApelido%'.%'data%'.%'NomeApelido1%'.%'reg_int'.skill'
arqout = '${DirOutANL}/'nome_arqout
gctl(n_files,arqout,nome_arqout,data,tmpmmes,nlev,nvar,var.1,var.2,var.3,var.4,var.5,var.6,var.7)
if ( data = datai )
nome_tplt= NomeApelido%'.%'y4%m2%d2'hh%'.%'NomeApelido1%'.%'reg_int'.skill'
ntpltctl=NomeApelido%'.%'yyyy%'.%'hh%'Z.'%'NomeApelido1%'.%'reg_int'.skill.template'
tplt='${DirOutANL}/'ntpltctl
gctlplt(n_files,tplt,nome_tplt,datai,tmpmmes,nlev,nvar,var.1,var.2,var.3,var.4,var.5,var.6,var.7)
endif
'set gxout fwrite'
'set fwrite '%arqout%'.dat'

*
* k: loop sobre as variaveis
*
k=1
while(k<=nvar)

```

```

var=subwrd(var.k,1)
* 'open ${dirClim}Diario_'hh'Z/clmreannmc.'imesi%ddi%hh%'.ctl'
* say result
tmp1=sublin(result,2)
tmp1=subwrd(tmp1,2)
if ( tmp1 = 'Error:' )
    'quit'
endif
*
* m: loop sobre os niveis
*
m=2
while(m<=nvrz)
'set dfile 1'
nivel=subwrd(var.k,m)
var=subwrd(var.k,1)
if(nivel!=-9999)
'set lon '_lon1' '_lon2'
'set lat '_lat1' '_lat2'
cestat(n_files,var,nivel,tmdata)
else
'set x 20'
'set y 20'
'set z 1'
t=1
while (t< n_files )
h=t+1
'set dfile 'h
'd 'undef_out
'd 'undef_out

```

```

        'd 'undef_out
        t=t+1
    endwhile
endif
m=m+1
endwhile
*
* m: fim loop sobre os niveis
*
    k=k+1
    endwhile
*
* k: fim loop sobre as variaveis
*
'disable fwrite'
'set gxout shaded'
'!ls -l 'arqout%'.dat'
*****

ireg=ireg+1
endwhile
*ireg: fim loop sobre as regioes
*****

'close '_ucl
'quit'
*=====
function cestat(n_files,var,nivel,tmdata);
*=====
*
* loop sobre os arquivos
*-----

```

```

j=1
while (j < n_files )
  h=j+1
  * tme='t=1'
  tme='time=%tmdata
'set lon '_lon1' '_lon2
'set lat '_lat1' '_lat2
'set dfile 'h
'set lev ' nivel
*
if(var='zgeo')
  varian1='HGTprs.1('tme')
  varian2='HGTprs.'h>('tme')
  varicli='zgeo.'_ucl'(t=1)'
  * varicli='linterp(zgeo.'_ucl'(t=1),HGTprs.1('tme'))'
endif
if(var='pnmm')
  varian1='PRMSLmsl.1('tme')/100'
  varian2='PRMSLmsl.'h>('tme')/100'
  'define z1a=linterp(zgeo.'_ucl'(t=1,lev=500),PRMSLmsl.1('tme')/100)'
  'define z1b=linterp(zgeo.'_ucl'(t=1,lev=1000),PRMSLmsl.1('tme')/100)'
  'define z1d=1.5422885*(z1a-z1b)'
  'define z1e=z1b/(z1d)'
  varicli='1000*exp(z1e)'
endif
if(var='umid')
  'a1=(17.27*(tmpprs.1('tme')-273.15))'
  'a2=(237.3+(tmpprs.1('tme')-273.15))'
  es1='6.10*EXP('a1/'a2)''
  es=es1

```

```

'ea=RHprs.1('tme')*'es'/100'

varianl1='0.622*ea/'('nivel'-0.378*ea)'
'a1=(17.27*(tmpprs.'h'('tme')-273.15))'
'a2=(237.3+(tmpprs.'h'('tme')-273.15))'
es1='6.10*EXP('a1'/'a2')'
esh=es1
'eah=RHprs.'h'('tme')*'esh'/100'
varianl2='0.622*eah/'('nivel'-0.378*eah)'
varicli='umes.'_ucl'(t=1)'
endif
if(var='tv')
'a1=(17.27*(tmpprs.1('tme')-273.15))'
'a2=(237.3+(tmpprs.1('tme')-273.15))'
es1='6.10*EXP('a1'/'a2')'
es=es1
'ea=RHprs.1('tme')*'es'/100'
q1='0.622*ea/'('nivel'-0.378*ea)'
'a1=(17.27*(tmpprs.'h'('tme')-273.15))'
'a2=(237.3+(tmpprs.'h'('tme')-273.15))'
es1='6.10*EXP('a1'/'a2')'
esh=es1
'eah=RHprs.'h'('tme')*'esh'/100'
qh='0.622*eah/'('nivel'-0.378*eah)'
varianl1='(tmpprs.1('tme')*(1+0.608*q1))'
varianl2='(tmpprs.'h'('tme')*(1+0.608*qh))'
varicli='temp.'_ucl'(t=1)'
if(nivel > 299)
varicli='(temp.'_ucl'(t=1))*(1+0.608*umes.'_ucl'(t=1))'
endif

```



```

endif
if(var='temp')
  varianl1='tmpprs.1('tme')'
  varianl2='tmpprs.h('tme')'
  varicli='temp.'_ucl'(t=1)'
endif
if(var='wpre')
  varianl1='PWATclm.1('tme')'
  varianl2='PWATclm.h('tme')'
  varicli='agpl.'_ucl'(t=1)'
endif
if(var='uwind')
  varianl1='UGRDprs.1('tme')'
  varianl2='UGRDprs.h('tme')'
  varicli='uvel.'_ucl'(t=1)'
endif
if(var='vwind')
  varianl1='vGRDprs.1('tme')'
  varianl2='vGRDprs.h('tme')'
  varicli='vvel.'_ucl'(t=1)'
endif
'A='varianl1
'C='varicli
'F='varianl2
'AC=A-C
'FC=F-C
'FA=F-A
* CA
'scor=100*scorr(FC,AC,lon='_lon1',lon='_lon2',lat='_lat1',lat='_lat2')
* RMS:

```

```

'er=aave(FA*FA,lon='_lon1',lon='_lon2',lat='_lat1',lat='_lat2')
'err=sqrt(er)
* BIAS
'zbias=aave(FA,lon='_lon1',lon='_lon2',lat='_lat1',lat='_lat2')
*
if(var='umid')
  'err=err*1000.0'
  'zbias=zbias*1000.0'
endif
*
'd scor'
cor=subwrd(result,4)
'd err'
rms=subwrd(result,4)
'd zbias'
bias=subwrd(result,4)
*
'undefine er'
'undefine err'
'undefine zbias'
'undefine A'
'undefine F'
'undefine FA'
j=j+1
endwhile
*-----
* fim do loop sobre yrev - informacoes de horas de forecast
*-----
return
*=====

```

```

* fim da funcao calcula estatistica - cestat
*=====
*
*=====
function gctl (n_files,arqout,nome_arqout,data,tmpmmes,nlev,nvar,var.1,var.2,var.3,var.4,var.5,var.6,var.7);
*=====
*
* Gera no  ctl referente ao binario gerado
*
*
iv=1
while (iv<=nvar)
  iz=2
  while (iz<=nlev+1)
    iz=iz+1
  endwhile
  iv=iv+1
endwhile
*
arq_lista1 = arqout%'.ctl'
yctl=substr(data,1,4)
mctl=substr(data,5,2)
dctl=substr(data,7,2)
hctl=substr(data,9,2)
tmp1=mctl+0
nmctl=subwrd(tmpmmes,tmp1)
time_grads=hctl%'Z'%dctl%nmctl%yctl
*
nlhd=24
head.1 = "DSET ^"%nome_arqout%'.dat'

```

```

head.2 = "*"
head.3 = "* X=1 CorrAnomalia; X=2 RMS; X=3 Bias"
head.4 = "*"
head.5 = "OPTIONS LITTLE_ENDIAN TEMPLATE"
head.6 = "*"
head.7 = "UNDEF 1e+20"
head.8 = "*"
head.9 = "TITLE SKILL SCORE ONE DAY - FCT MCGA/CPTEC - ANL DO LETKF e CLIMATOL NCEP - "%resol%"
COLD"
head.10 = "*"
head.11 = "XDEF 3 LINEAR 0.000 1"
head.12 = "YDEF 1 LINEAR 0.000 1"
head.13 = "ZDEF "%nlev%" LEVELS 1000 925 850 500 250"
head.14 = "TDEF 1 LINEAR "%time_grads%" 24HR"
head.15 = "*"
head.16 = "VARS  "%nvar
head.17 = "pnmm 5 99 pressao ao nivel medio do mar"
head.18 = "umid 5 99 umidade especifica "
head.19 = "wpre 5 99 agua precipitavel"
head.20 = "tvir 5 99 temperatura virtual"
head.21 = "uwin 5 99 vento zonal"
head.22 = "vwin 5 99 vento meridional"
head.23 = "zgeo 5 99 geopotencial"
head.24 = "ENDVARS"
*
ih = 1
while (ih <= nlhd)
  if ( ih = 1 )
    res = write(arq_lista1,head.ih)
  else

```

```

    res = write(arq_lista1,head.ih, append)
endif
status1 = sublin( res,1)
if (status1 = 1 )
    say ' Atencao !!!!'
    say 'Erro ao abrir/escrever em arquivo'
endif
ih = ih + 1
endwhile
lixo = close(arq_lista1)
*
*
*-----
*!ls -l 'arq_lista1
return
*=====
* fim da funcao gera ctl
*=====
*
*Template
*
*=====
function gctlplt (n_files,tplt,nome_tplt,datai,tmpmmes,nlev,nvar,var.1,var.2,var.3,var.4,var.5,var.6,var.7)
*=====
*
* Gera no  ctl referente ao binario gerado
*
*
iv=1
while (iv<=nvar)

```

```

iz=2
while (iz<=nlev+1)
  iz=iz+1
endwhile
iv=iv+1
endwhile
*
arq_lista1 = tplt%'.ctl'
yctl=substr(datai,1,4)
mctl=substr(datai,5,2)
dctl=substr(datai,7,2)
hctl=substr(datai,9,2)
tmp1=mctl+0
nmctl=subwrd(tmpmmes,tmp1)
*time_grads=hctl%'Z'%dctl%nmctl%yctl
time_grads=hctl%'Z'%01JAN'%yctl
*
nlhd=24
head.1 = "DSET ^"%nome_tplt%'.dat'
head.2 = "*"
head.3 = "* X=1 CorrAnomalia; X=2 RMS; X=3 Bias"
head.4 = "*"
head.5 = "OPTIONS LITTLE_ENDIAN TEMPLATE"
head.6 = "*"
head.7 = "UNDEF 1e+20"
head.8 = "*"
head.9 = "TITLE SKILL SCORE ONE DAY - FCT MCGA/CPTEC - ANL DO LETKF e CLIMATOL NCEP - "%resol%"
COLD"
head.10 = "*"
head.11 = "XDEF 3 LINEAR 0.000 1"

```

```

head.12 = "YDEF 1 LINEAR 0.000 1"
head.13 = "ZDEF "%nlev%" LEVELS 1000 925 850 500 250"
head.14 = "TDEF 366 LINEAR "%time_grads%" 24HR"
head.15 = "*"
head.16 = "VARS "%nvar
head.17 = "pnmm 5 99 pressao ao nivel medio do mar"
head.18 = "umid 5 99 umidade especifica "
head.19 = "wpre 5 99 agua precipitavel"
head.20 = "tvir 5 99 temperatura virtual"
head.21 = "uwin 5 99 vento zonal"
head.22 = "vwin 5 99 vento meridional"
head.23 = "zgeo 5 99 geopotencial"
head.24 = "ENDVARS"
*
ih = 1
while (ih <= nlhd)
  if ( ih = 1 )
    res = write(arq_lista1,head.ih)
  else
    res = write(arq_lista1,head.ih, append)
  endif
  status1 = sublin( res,1)
  if (status1 = 1 )
    say ' Atencao !!!!'
    say 'Erro ao abrir/escrever em arquivo'
  endif
  ih = ih + 1
endwhile
lixo = close(arq_lista1)
*say arq_lista1

```

```

return
*=====
* fim da funcao gera ctl template
*=====
EOT
return [status]
}
#
# Fim de definicao de funcao
#####
#
# Comeco do script
#
yi=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datei}"",1,4)}'`
mi=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datei}"",5,2)}'`
di=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datei}"",7,2)}'`
hi=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datei}"",9,2)}'`
yf=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datef}"",1,4)}'`
mf=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datef}"",5,2)}'`
df=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datef}"",7,2)}'`
hf=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datef}"",9,2)}'`
let datehr=${yi}${mi}${di}${hi}
let datehf=${yf}${mf}${df}${hf}

let nday=0
let dates=`awk 'BEGIN {print substr("'"${datehr}"",1,8)}'`
nodregi="AS HS RT HN GB T4 HS1"
echo "Comparacao entre as Analises. *****"
echo $datei $datef $exp1a $exp1b $resol
echo $dregi

```



```

#
echo ===== $datehr $datehf
until [ datehf -lt datehr ]
do
echo $datehr $datehf
let nday=nday+1
let ybi=yi%4
lixo=$(Cria_Aux_RMSBias ${datei} ${datehr} ${exp1a} ${exp1b} ${resol} "${nodregi}")
echo "----- lixo="$lixo
/usr/local/grads-1.9b4/bin/gradsnc -blc "run ${dir_trab}/Aux.RMS.Bias.ANL.gs"
rm -f ${dir_trab}/Aux.RMS.Bias.ANL.gs
let hi=hi+0
let di=di+0
let mi=mi+0
if [ ybi -eq 0 ]
then
set -A md 0 31 29 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31
else
set -A md 0 31 28 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31
fi
#
let hi=hi+laghr
if [ hi -ge 24 ]
then
let hi=hi-24
let di=di+1
if [ di -gt md[mi] ]
then
let di=1
let mi=mi+1

```

```
    if [ mi -gt 12 ]
    then
        let mi=1
        let yi=yi+1
    fi
fi
fi
hi2=$hi
if [ hi -lt 10 ]
then
    hi2=0$hi
fi
di2=$di
if [ di -lt 10 ]
then
    di2=0$di
fi
mi2=$mi
if [ mi -lt 10 ]
then
    mi2=0$mi
fi
let dates=${yi}${mi2}${di2}
let datehr=${dates}${hi2}
done
exit 0
#EOC
```

A.3. Plotagem das estatísticas

O Script nomeado Plot.Estatistica.gs gera figuras em formato GIF (“**Graphics Interchange Format**”) para todas as estatísticas, variáveis e áreas de interesse. Este script está escrito linguagem “*Grid Analysis and Display System*” (GrADS, programa livre com disponibilização em internet, <http://www.iges.org/grads/>). Os dados de entradas em Plot.Estatistica.gs as saídas geradas em RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh.

```
*
#-----!
#      Group on Data Assimilation Development - GDAD/CPTEC/INPE      !
#-----!
#BOI
# !TITLE: Ferramentas estatisticas para avaliacao das analises do LETKF-MCGA-CPTEC/INPE
# !AUTHORS: Solange Silva de Souza e Maria das Dores S. Medeiros
# !AFFILIATION: GDAD/CPTEC/INPE
# !DATE: Mar 17, 2011
#EOI
#-----!
#BOP
#
# !ROUTINE:   Plot.Estatistica.gs
#
#
# !DESCRIPTION: Plota atraves do GRADS as estatisticas geradas pelo script
#              RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh.
#
#
#              Para executar digite:
#              grads -lc "run Plot.Estatistica.gs"
```

```
#
#
#      Obs.: Necessario especificar as datas inicial (timei) e final (timef),
#            e diretorios DirInpANL e DirGif.
#
#
# !BUGS:
#   Nenhum bug
#
#
# !SEE ALSO:
#
#
# !REVISION HISTORY:
# 24/Mar/2010 - Solange Silva de Souza   :Codigo Inicial Versao 1.0.0
# 24/Jan/2011 - Maria das Dores S. Medeiros: Documentacao
#
#
# !REMARKS:
#   Diretorio de entrada:
#       DirInpANL='/mpp/dorinha/LETKF/avaliacao_SVS/Out_dat_ANL/'
#   Arquivos de entrada:
#       GTAKE.v2.062.yyyy.hhZ.NCEP.reg_int.skill.template.ctl
#       (binarios: GTAKE.v2.062.yyyymmddhh.NCEP.reg_int.skill.dat)
#
#       Em que: yyyy= ano; mm= mes; dd= dia; hh= hora;
#       reg_int= regioao de interesse
#       AS (loni:280 ate lonf:330; lati= -50 ate latf= 10)
#       HS (loni:0  ate lonf:360; lati= -80 ate latf=-20)
#       RT (loni:0  ate lonf:360; lati= -20 ate latf= 20)
```

```

#           HN (loni:0  ate lonf:360; lati= 20  ate latf= 80)
#           GB (loni:0  ate lonf:360; lati= -80  ate latf= 80)
#           T4 (loni:270  ate lonf:300; lati= -20  ate latf=-10)
#           HS1 (loni:0  ate lonf:360; lati= -90  ate latf= 0)
#
#
#   Diretorio de saida:
#           DirGif='/mpp/dorinha/LETKF/grads/figures/Estatistica/'
#   Arquivo de saida:  Gifs com CA, RMS e BIAS.\\
#
#   Observacoes importantes:
#   I - Altere: timei,timej,DirInpANL e DirGif.
#   II - timef >= timei
#   III- Opcoes no descritor: XDEF=1 (CA); XDEF=2 (RMS); XDEF=3 (BIAS).
#   IV - Opcoes de regioes a plotar:
#           a) Especificacao das regioes: nregiao
#   V - Opcoes de variaveis a plotar:
#           a) Numero de variaveis: nvr
#           b) Especificacao das variaveis:
#           vr.i=nome da variavel com especificacao do nivel de pressao
#
#
#EOP
#-----!
#BOC
#Iniciando do Codigo
*
* Especificar informacoes:
*
```

```
timei='00Z01JAN2004'  
timef='00Z31JAN2004'  
DirInpANL='/mpp/dorinha/LETKF/avaliacao_SVS/Out_dat_ANL/'  
DirGif='/mpp/dorinha/LETKF/grads/figures/Estatistica/'
```

```
*
```

```
*
```

* Lista de regioes a serem plotadas as curvas. Em caso de mais de uma regio, separar nome de regioes por espacos em branco.

```
nregiao = 'AS HS RT HN GB T4 HS1'
```

```
*nregiao = 'GB'
```

```
*
```

* numero de variaveis

```
nvr=17
```

* especificacao das variaveis

```
vr.1='pnmm(lev=1000)'
```

```
vr.2='umid(lev=925)'
```

```
vr.3='wpre(lev=925)'
```

```
vr.4='tvir(lev=1000)'
```

```
vr.5='tvir(lev=925)'
```

```
vr.6='tvir(lev=850)'
```

```
vr.7='tvir(lev=500)'
```

```
vr.8='tvir(lev=250)'
```

```
vr.9='uwin(lev=850)'
```

```
vr.10='uwin(lev=500)'
```

```
vr.11='uwin(lev=250)'
```

```
vr.12='vwin(lev=850)'
```

```
vr.13='vwin(lev=500)'
```

```
vr.14='vwin(lev=250)'
```

```
vr.15='zgeo(lev=850)'
```

```
vr.16='zgeo(lev=500)'
```

```
vr.17='zgeo(lev=250)'  
*  
*  
* Tipo de grafico  
*  
* it=1: correlacao de anomalia  
* it=2: RMS  
* it=3: Bias  
  
nit=3  
param.1='Correlacao de Anomalias (Ref.: Clim_NCEP)'  
dparam.1='(%)'  
aparam.1='CA'  
param.2='RMS Error'  
dparam.2='(dimensao da variavel)'  
aparam.2='RMS'  
param.3='Bias'  
dparam.3='(dimensao da variavel)'  
aparam.3='Bias'  
*  
!  
!mkdir -p 'DirGif'  
say DirInpANL  
say DirGif  
resol='T062L28'  
'run rgbset.gs'  
  
anoi=substr(timei,9,4)  
horai=substr(timei,1,2)  
nreg=99999  
irr=1
```

```

while(irr<=nreg)
  reg_int=subwrd(nregiao,irr)
  if (reg_int=" "); nreg=irr-1; endif;
  getcoordreg(reg_int)
  if (reg_int!="");say reg_int' '_lon1' '_lon2' '_lat1' '_lat2;endif
  irr=irr+1
endwhile
ir=1
*
* ir: loop sobre regioao
*
*
nia=1
while ( ir <= nreg )
reg_int = subwrd(nregiao,ir)
getcoordreg(reg_int)

'reinit'
narq.1='GTAKE.v2.062.'anoi'.'horai'Z.NCEP.'reg_int'.skill.template.ctl'
arq.1=DirInpANL%narq.1
iii=1
while (iii<=nia)
'open 'arq.iii
say result
tmp1=sublin(result,2)
tmp1=subwrd(tmp1,2)
if ( tmp1 = 'Error:' )
  quit
endif
*

```



```

apelido.iii=substr(narq.iii,1,26)
*
iii=iii+1
endwhile

j=1
while (j<=nvr)
  nvr.j=""
  ij=1
  while (ij<=20)
    tmp=substr(vr.j,ij,1)
    tmp2=tmp
    if ( substr(vr.j,ij,1)='(' ); tmp2='.';endif;
    if ( substr(vr.j,ij,1)=')' | substr(vr.j,ij,1) = '=' ); tmp2="";endif;
    nvr.j=nvr.j%tmp2
    ij=ij+1
  endwhile
  * say j' ... 'nvr.j
  j=j+1
endwhile
mk.1=3
sty.1=1
cr.1=4
'q gxinfo'
tmp=sublin(result,2)
siz_x=subwrd(tmp,4)
siz_y=subwrd(tmp,6)
x1=0
x2=siz_x
y1=0

```

```

y2=siz_y
*say tmp
*say siz_x" "siz_y
xc=(x1+x2)/2
*

xx1=x1+1.4
xx2=x2-3.3
yy1=y1+1.5
yy2=y2-1.5
'set parea off'
'set parea ' xx1' 'xx2' ' yy1' ' yy2
'q dims'
say result
'set z 1'
'set time 'timei' 'timef
*
* it:loop sobre Tipo de grafico
*
it=1
*it=nit
while (it<=nit)
'set x 'it
*
* j:loop sobre var com seu respectivo nivel
*
j=1
while (j<=nvr)
'c'
*
* i:loop sobre arquivo

```

```

*
i=1
while (i<=nia)
'set grads off'
if ( it = 1 )
  'set ylint 10'
  'set vrange 0 100'
endif
if ( it = 2 )
  if ( vr.j='pnmm(lev=1000)' ); 'set vrange 0.0 12.0';endif;
  if ( vr.j='umid(lev=925)' ); 'set vrange 0.0 6.0';endif;
  if ( vr.j='wpre(lev=925)' ); 'set vrange 0.0 12.0';endif;
  if ( vr.j='tvir(lev=1000)' | vr.j='tvir(lev=925)' | vr.j='tvir(lev=850)' | vr.j='tvir(lev=500)' | vr.j='tvir(lev=250)' ); 'set vrange 0 7.0';endif;
  if ( vr.j='uwin(lev=850)' | vr.j='uwin(lev=500)' | vr.j='uwin(lev=250)'); 'set vrange 0.0 10.0';endif;
  if ( vr.j='vwin(lev=850)' | vr.j='vwin(lev=500)' | vr.j='vwin(lev=250)'); 'set vrange 0.0 10.0';endif;
  if ( vr.j='zgeo(lev=850)' ); 'set vrange 0 100';endif;
  if ( vr.j='zgeo(lev=500)' ); 'set vrange 5 80';endif;
  if ( vr.j='zgeo(lev=250)' ); 'set vrange 10 130';endif;
endif
if ( it = 3 )
  if ( vr.j='pnmm(lev=1000)' | vr.j='umid(lev=925)' ); 'set vrange -3.0 9.0';endif;
  if ( vr.j='wpre(lev=925)' ); 'set vrange -10.0 3';endif;
  if ( vr.j='tvir(lev=1000)' | vr.j='tvir(lev=925)'); 'set vrange -0.8 2.4';endif;
  if ( vr.j='tvir(lev=850)' | vr.j='tvir(lev=500)' | vr.j='tvir(lev=250)' ); 'set vrange -4.5 3.5';endif;
  if ( vr.j='uwin(lev=850)' | vr.j='uwin(lev=500)' | vr.j='uwin(lev=250)' | vr.j='vwin(lev=850)' | vr.j='vwin(lev=500)' | vr.j='vwin(lev=250)'); 'set vrange -6.0 6.0';endif;
  if ( vr.j='zgeo(lev=850)' ); 'set vrange -20 80';endif;
  if ( vr.j='zgeo(lev=500)' ); 'set vrange -40 30';endif;
  if ( vr.j='zgeo(lev=250)' ); 'set vrange -80 50';endif;

```

```

endif
'set xlopts 1 4 0.21'
'set ylopts 1 4 0.23'
'set digsize 0.12'
'set line 6 1 4'
'set cmark 'mk.i
'set ccolor 'cr.i
'set cstyle 'sty.i
'set clopts 6 5 0.18'
'set dfile 'i
'd 'vr.j
i=i+1
endwhile
*
* i:fim loop sobre arquivo
*
*
* legenda
*
xp1 = xx2+0.1
yp1 = yy2 - 0.33
'set string 1 | 3 0'
'set strsiz 0.12'
*
* i:loop sobre arquivo
*
i = 1
while ( i <= nia )
  xp2 = xp1+0.2
  xp_c = xp1+(xp2-xp1)/2

```

```

'set cthick 4 '
'set line 'cr.i' 'sty.i' 4'
'draw line 'xp1' 'yp1' 'xp2' 'yp1
'draw mark ' mk.i ' 'xp_c' 'yp1' 0.12'
'draw string 'xp2+0.09' 'yp1' 'apelido.i
  yp1 = yp1 - 0.4
  i = i + 1
endwhile
*
* i:loop sobre arquivo
*
'set line 1 1 4'
'draw rec 'xx2+0.05' 'yp1' 'x2-0.05' 'yy2
*
* fim legenda
*
'draw title A v a l i a c a o   d a s   A N L '%resol%'\'param.it' - 'vr.j'\reg_int' Lon:'_lon1' '_lon2' lat'_lat1' '_lat2
'draw ylab '\dparam.it
*
*****
NomeFig=DirGif%aparam.it%'.Cmp.ANL.Diaria.'reg_int%'. '%nvr.j%'. 'timei'. 'timef'. 'resol
'printim 'NomeFig'.gif gif white  x962 y743'
'disable print'
'!ls -ltr 'NomeFig'.gif
j=j+1
say digite
*pull vert
endwhile
*
* j:fim loop sobre var com seu respectivo nivel

```

```

*
it=it+1
endwhile
*
* it:fim loop sobre Tipo de grafico
*
ir=ir+1
endwhile
*
* ir:fim loop sobre regioao
*
*+++++
* F u n c o e s
*
*=====
function getcoordreg(reg_int);
*=====

if (reg_int = 'AS')
  _lon1=360-80
  _lon2=360-30
  _lat1=-50.0
  _lat2=10.0
endif
if (reg_int = 'RT')
  _lon1=0
  _lon2=360
  _lat1=-20.0
  _lat2=20.0
endif

```

```
if (reg_int = 'HN')
  _lon1=0
  _lon2=360
  _lat1=20.0
  _lat2=80.0
endif
if (reg_int = 'HS')
  _lon1=0
  _lon2=360
  _lat1=-80.0
  _lat2=-20.0
endif
if (reg_int = 'GB')
  _lon1=0
  _lon2=360
  _lat1=-80.0
  _lat2= 80.0
endif
if (reg_int = 'T1')
  _lon1=360-90
  _lon2=360-60
  _lat1=-20.0
  _lat2=20.0
endif
if (reg_int = 'T2')
  _lon1=360-80
  _lon2=360-60
  _lat1=-20.0
  _lat2=20
endif
```

```
if (reg_int = 'T3')
  _lon1=360-80
  _lon2=360-60
  _lat1=-20.0
  _lat2=-10.0
endif
if (reg_int = 'T4')
  _lon1=360-90
  _lon2=360-60
  _lat1=-20.0
  _lat2=-10.0
endif
*
if (reg_int = 'HS1')
  _lon1=0
  _lon2=360
  _lat1=-90.0
  _lat2=0.0
endif
return
#EOC
```


A.4. Chamada de todos os programas

Os programas Run.climatology.ksh, RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh e Plot.Estatistica.gs podem ser executados através da chamada desse script nomeado All.ksh.

```
#!/bin/ksh
#
#-----!
#      Group on Data Assimilation Development - GDAD/CPTEC/INPE      !
#-----!
#BOI
# !TITLE: Ferramentas estatísticas para avaliação das análises do LETKF-MCGA-CPTEC/INPE
# !AUTHORS: Solange Silva de Souza e Maria das Dores S. Medeiros
# !AFFILIATION: GDAD/CPTEC/INPE
# !DATE: Mar 17, 2011
#EOI
#-----!
#BOP
#
# !ROUTINE:   All.ksh
#
#
# !DESCRIPTION: Este script executa todos os programas necessários para
#               gerar figuras com as estatísticas de avaliação da qualidade
#               da análise gerada pelo LETKF.\
#
#               Para executar digite:
#               All.ksh\
#
```

```
# Scripts usados (ver detalhes ver scripts):\\
#
# Script 1: Run.climatology.ksh\\
# Script 2: RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh\\
# Script 3: Plot.Estatistica.gs (alterar datas no script!)\\
#
#
# !BUGS:
#     Nenhum bug
#
#
# !SEE ALSO:
#
#
# !REVISION HISTORY:
# 06/Jan/2011 - Solange Silva de Souza    : Codigo Inicial Versao 1.0.0
# 24/Jan/2011 - Maria das Dores S. Medeiros: Documentacao
#
#
# !REMARKS:
#
# Verificar a existencia dos dados de entrada utilizados no Script 2
# (RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh)
#
# Diretorios de entrada:
#     DiaANL2='/mpp/${USER}'/${exp1b}"/results/testcase_2004/anal/mean/'
#     dirClim='/mpp/${USER}"/NCEP.Climatologia/'
#
# Arquivos de entrada: pgban.yyyymmddhh, ncep.template.ctl e climatologia
#
```

```
#EOP
#-----#
#BOC
#Inicio do codigo
#
Dir_trab=`pwd`
# Copiando arquivos de climatologia
mkdir /mpp/${USER}/NCEP.Climatologia/
cp /home/${USER}/Avaliador_GDAD_SVN/NCEP.Climatologia/NCEP.Climatologia.tar.gz
/mpp/${USER}/NCEP.Climatologia/
cd /mpp/${USER}/NCEP.Climatologia/
tar -zxvf NCEP.Climatologia.tar.gz
cd ${Dir_trab}
#
chmod a+x Run.climatology.ksh
chmod a+x RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh
chmod a+x Plot.Estatistica.gs

# Executando Script 1:
Run.climatology.ksh 2004010100 2004013100 24

# Executando Script 2:
RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh 2004010100 2004013100 NCEP LETKF 24 TQ0062L028

# Executando Script 3 (Alterar data no script)
grads -lc "run Plot.Estatistica.gs"

exit 0
#EOC
```

APÊNDICE B – PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA PROTEX

Para gerar um documento no formato PDF, através do ProteX, para os scripts disponibilizados neste trabalho (Tabela 4.1) deve-se executar os comandos a seguir.

- i) `protex -S [arquivo] > output.tex`
- ii) `pdflatex output.tex`
- iii) `pdflatex output.tex`
- iv) `pdflatex output.tex`

Exemplo:

- i) `protex -S RMS.Bias.CA.ANL.PGBAN.ksh > output.tex`
- ii) `pdflatex output.tex`
- iii) `pdflatex output.tex`
- iv) `pdflatex output.tex`

Observação:

A opção “-S” refere-se ao tipo de linguagem usada nos scripts, sendo este comando necessário para scripts escritos na linguagem “Shell Linux”, formato “Shell” (sh) e “Korn Shell” (ksh), e também para scripts usados pelo GrADS, cuja extensão é “gs” ou GrADS script.