

COMPARAÇÃO ENTRE OS PERFIS DE TEMPERATURA OBTIDOS A PARTIR DO MODELO NUMÉRICO, SONDAGENS VIA SATÉLITE E RADIOSSONDAGEM

Marcelo Mayoni de Souza
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - INPE
Rod.Presidente Dutra – KM 40, 12.630-000
(mayoni@cptec.inpe.br)

Pedro Augusto Lagden de Souza
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - INPE
Rod.Presidente Dutra – KM 40, 12.630-000
(lagden@cptec.inpe.br)

José Roberto Rozante
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - INPE
Rod.Presidente Dutra – KM 40, 12.630-000
(rozante@cptec.inpe.br)

ABSTRACT

This design presents a matching between the temperature profiles from the Numerical Model, Satellite Soundings and Radiosonde, verifying the average and the differences between them, and therefore, the reliability of these data should be studied to improve the forecasts.

Also a graphical visualization software for analysis and data exhibition of science of the Earth, used in the best Meteorological Centers is presented.

Finally some programs for raw data handling and treated data visualization, in order to visualize the temperature profiles and the average between them is presented.

INTRODUÇÃO

A qualidade e a quantidade dos dados meteorológicos e observacionais são importantes para uma boa determinação do estado da atmosfera. Os modelos numéricos de previsão de tempo calculam a evolução temporal da atmosfera a partir de um estado inicial. As observações meteorológicas consistem em medir as variáveis tais como temperatura, pressão atmosférica, vento, umidade do ar e nebulosidade, e são realizadas nas estações meteorológicas onde se encontra um conjunto de instrumentos meteorológicos. Existem essencialmente, dois tipos de observações: de superfície e altitude.

Devido ao alto custo de manutenção, as estações meteorológicas de altitude são poucas e esparsas, portanto as poucas observações disponíveis se tornam extremamente importantes na determinação da estrutura tridimensional do estado da atmosfera.

Este projeto visa estudar a quantidade e qualidade das observações de altitude no território brasileiro. Devido ao grande avanço tecnológico, e a utilização constante da meteorologia em várias áreas da mídia como televisão, jornais, rádios, entre outros, tornou-se essencial a utilização da informática nos processos de obtenção e tratamento dos dados meteorológicos. Neste contexto este projeto visa:

- a) obtenção e armazenamento dos dados brutos, organizando-os em diretórios e subdiretórios de tal maneira que venham a facilitar o tratamento desses dados. Esse tratamento é necessário devido à incompatibilidade dos arquivos e também pelo enorme espaço em disco ocupado, necessitando de programas que possam extrair dos arquivos somente os dados que serão utilizados(temperatura) e com isso reduzir os tamanhos dos arquivos.
- b) desenvolvimento de programas para o tratamento dos dados brutos e visualização dos dados tratados.
- c) elaborar programas utilizando, software de visualização gráfica específico para a meteorologia, objetivando visualizar os perfis de temperatura e a média entre eles.

MATERIAL USADO NO PROJETO

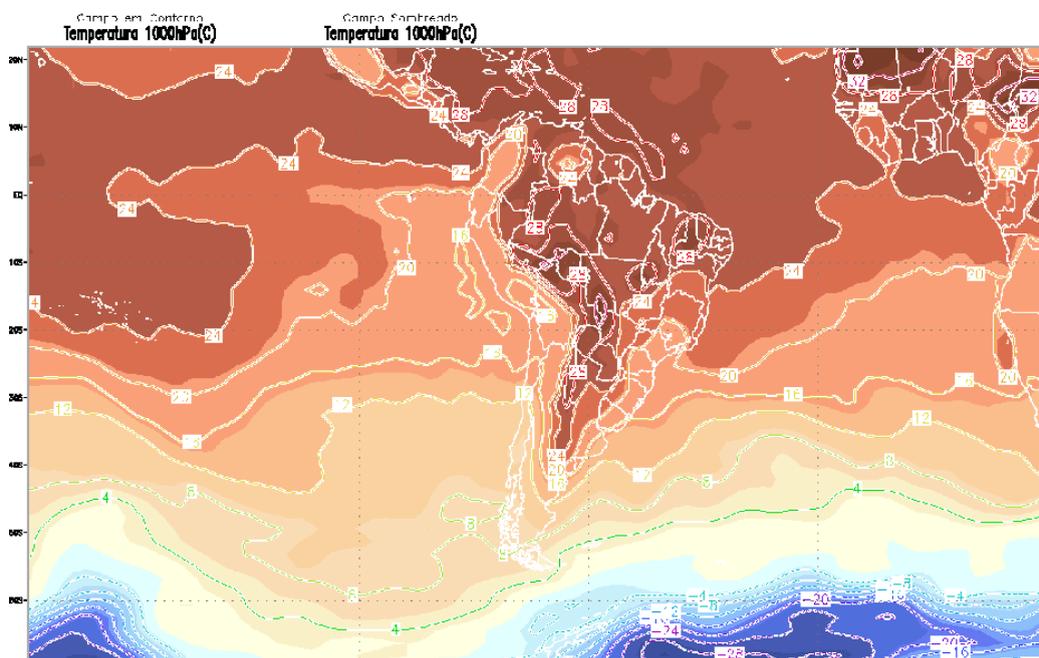
• **MODELO NUMÉRICO DE CIRCULAÇÃO GERAL ATMOSFÉRICO**

O Modelo de Circulação Geral Atmosférico (MCGA) em uso no CPTEC tem sua origem do National Centers for Environmental Prediction (NCEP), então NMC em 1985. Esse modelo, chamado Medium Range Forecasting Model (MRF) pelo NCEP, era uma combinação do código espectral global desenvolvido pelo NCEP e as parametrizações físicas de escala subgrade desenvolvidas no Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) do NOAA da Universidade de Princeton, EUA. Esse modelo foi transferido ao Center for Ocean Land and Atmosphere Studies (COLA), onde foram adicionados, a princípio, cálculos diagnósticos para um melhor entendimento dos processos físicos simulados e de sua importância relativa.

Desde a implantação do MRF do NCEP no COLA, o modelo tem sofrido mudanças significativas por ambos os grupos. À medida que ambas as versões evoluíram, as principais mudanças efetuadas pelo NCEP para melhorar a previsão do médio prazo foram introduzidas pelo grupo de simulação climática do COLA para manter o avanço em conjunto. Por outro lado, devido à natureza experimental das mudanças feitas pelo grupo do COLA, tornou-se impraticável a adoção de tais mudanças pelo NCEP. Como resultado, os modelos têm divergido, de modo que atualmente existem diferenças substanciais. Apesar de haver muitos pontos em comum, há grandes diferenças no tratamento da radiação, no tratamento dos processos de superfície e da resolução, entre outras. Uma diferença importante é a existência de um módulo complexo de tratamento de vegetação, o Simple Biosphere Model (SIB).

O CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) adotou a versão 1.7 do COLA que gera previsão de 144 horas. O MCGA é usado tanto para previsão de tempo operacional, quanto para previsão de clima experimental. A resolução em uso é T62L28, ou seja, truncamento triangular na onda zonal de número 62 e 28 camadas na vertical. O MCGA é rodado para previsão de seis dias nos horários 00 e 12 GMT (Greenwich Meridional Time) e para previsão de doze horas às 06 e 18 GMT. As rodadas intermediárias são feitas para produzir um ciclo de assimilação de seis horas.

A figura abaixo mostra a distribuição espacial dos dados de temperatura obtidos a partir do Modelo Numérico.



• **SONDAGENS VIA SATÉLITE (TOVS)**

As sondagens verticais de temperatura são feitas por satélites de órbita polar que contém radiômetros. Radiâncias são observadas em vários canais espectrais e então convertidas para temperaturas usando algoritmos de

inversão. A obtenção dos perfis de temperatura, é feita através de aplicativos computacionais de elevada complexidade.

Tudo isso se tornou possível através dos sensores do sistema **TOVS** (Tiros Operational Vertical Sounding), desenvolvido pela Universidade de Wisconsin, levado a bordo pelo satélite orbital polar TIROS-1 colocado em órbita em abril de 1960 e que hoje conta com dois satélites. As observações são mais seguras quanto menor for a cobertura de nuvens.

Estes satélites de órbita polar estão posicionados a uma distância de aproximadamente 850 km da terra e a cada órbita novas regiões do globo vão sendo varridas.

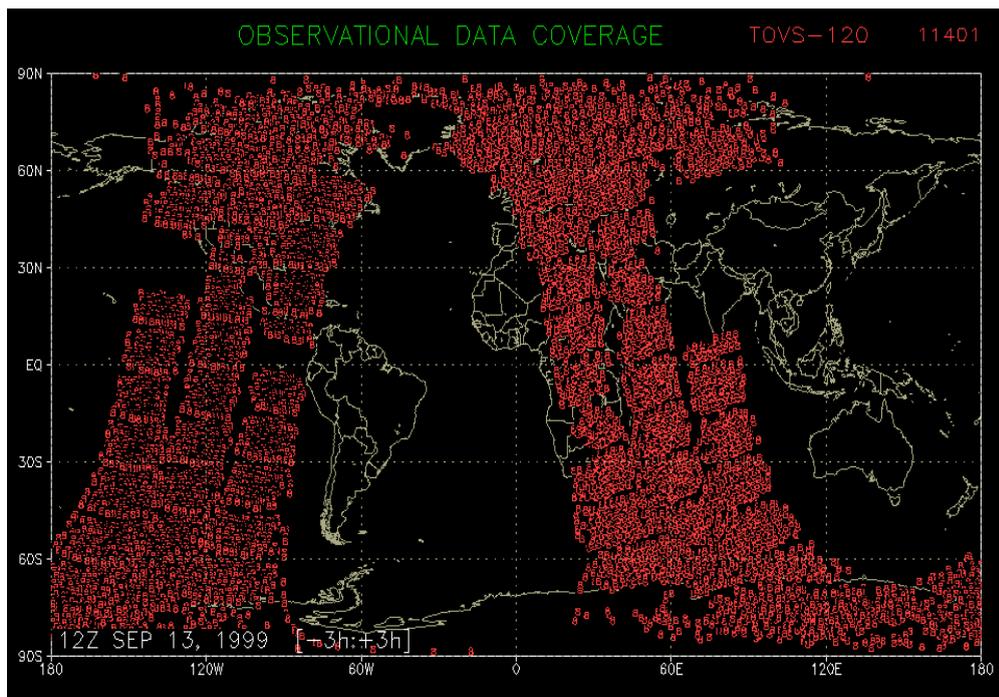
Atualmente as sondagens TOVS são feitas pelos satélites TIROS-11 e TIROS-12, o primeiro com sondagens a cada 6h e o segundo a cada 12h. As sondagens duram em torno de três horas, tempo necessário para que seja feita a varredura pelo satélite sobre determinada área, computando as radiâncias medidas. Os dados então ficam disponíveis para serem utilizados no cálculo de perfis verticais derivados das radiâncias tais como temperatura e umidade.

Os dados TOVS são recebidos na estação NOAA da Divisão de Satélites Ambientais (DSA) em Cachoeira Paulista e processados no CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). O processamento gera dois tipos de arquivos:

I) Um no formato GrADS para visualização e análise da equipe da Meteorologia Operacional(METOP). Os dados gerados são perfis verticais de temperatura, umidade geopotencial e seus subprodutos como água precipitável, umidade relativa, índice de estabilidade atmosférica, etc

II) Outro no formato SATEM para a inserção no modelo global contendo perfis verticais de temperatura e de umidade.

A figura abaixo mostra a passagem do satélite NOAA sobre as diversas regiões do globo terrestre.



•RADIOSSONDAGEM

A Radiossondagem consiste na medida da pressão, temperatura e umidade da atmosfera a vários níveis por meio de um equipamento denominado radiossonda. Este equipamento nada mais é do que um radiometeorógrafo que é transportado às camadas superiores da atmosfera por um balão livre que se eleva numa razão de cerca de 180 metros por minuto carregando um radiotransmissor leve. Este radiotransmissor transmite à estação terrestre uma indicação contínua dos valores da pressão, temperatura e umidade que vão sendo encontrados pelo aparelho enquanto sobe. O balão estoura quando alcança uma altura de aproximadamente 20 km e a radiossonda desce amparada por um pequeno

para-quedas. As informações obtidas a partir deste instrumento são codificadas nas mensagens TEMP para transmissão em tempo real.

Uma mensagem TEMP é identificada na transmissão pelas letras Mj Mj; onde Mj Mj assume as letras AA, BB, CC, e DD, não apresentando contudo, a palavra TEMP.

A mensagem TEMP é dividida em 4 partes:

AA – Níveis padronizados da superfície até 100 hPa, mais a tropopausa e o vento máximo.

BB – Níveis significativos da superfície até 100 hPa, mais a nebulosidade sobre a estação.

CC – Níveis padronizados acima de 100 hPa até o término da sondagem.

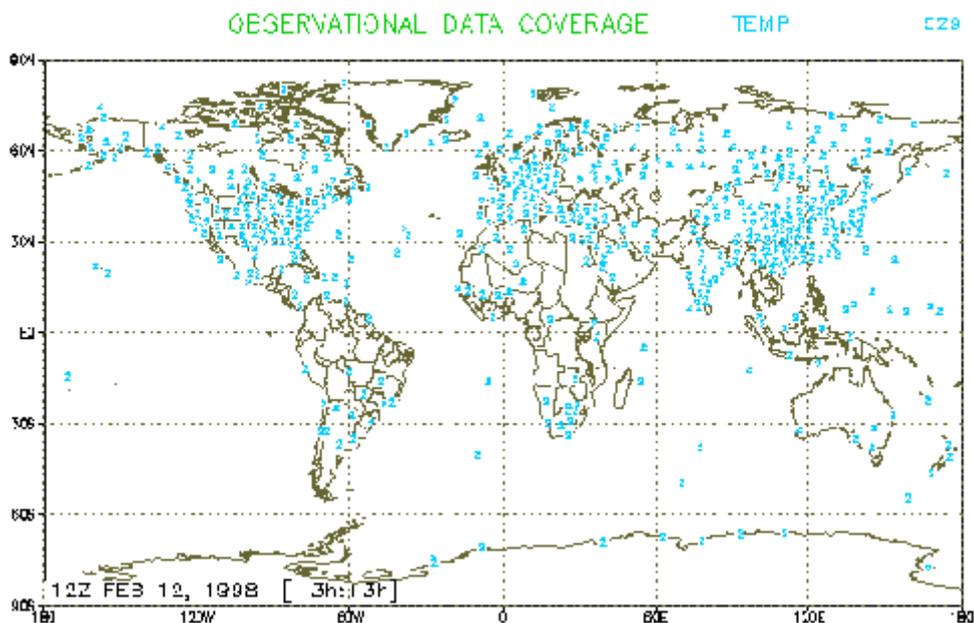
DD – Níveis significativos acima de 100 hPa até o término da sondagem.

Níveis padronizados correspondem a níveis pré estabelecidos tais como os níveis 1000 hPa, 925 hPa, 850 hPa, etc.

Níveis significativos correspondem aos níveis em que ocorreram variações significativas do comportamento de um ou mais parâmetros segundo critérios específicos.

As mensagens de TEMP recebida no CPTEC são decodificadas e pré processadas para separar as mensagens com erros. Os dados sem erros são armazenados no formato BUFR da OMM para uso na análise da estrutura tridimensional da atmosfera.

A figura abaixo apresenta a distribuição espacial dos dados de radiossondagens coletados ao redor do mundo. Pode-se observar através desta figura que o número de dados de radiossondagem sobre o Brasil é muito escasso quando comparados com a América do Norte e Europa.



•SOFTWARE DO PROGRAMA PRINCIPAL (GrADS)

O software utilizado neste projeto é uma ferramenta muito usada nos grandes Centros Meteorológicos que possibilita a visualização dos dados obtidos através dos Modelos Numéricos, Sondagens Via Satélite, Radiossondagens, entre outros, conhecido como GrADS (Grid Analysis and Display System).

O Analisador de Grade e Sistema de Exibição (GrADS) é uma ferramenta interativa que está atualmente em uso global para análise e exibição de dados de ciência da Terra. O GrADS está implementado em todas as plataformas de estações de trabalho disponíveis em UNIX, em MS-DOS e Win95/98, além de ser gratuitamente distribuído na Internet. O GrADS fornece um ambiente integrado para acesso, manipulação e exibição de dados de ciência da Terra.

O GrADS trabalha com modelos de dados em 4 dimensões, onde as dimensões normalmente são latitude, longitude, nível e tempo. Cada conjunto de dados está localizado dentro de um espaço de 4 dimensões através do uso

de um arquivo descritor de dados. Podem ser descritos dados em grade e em estação. São suportados dados em grade, e estes podem ser não-linearmente espaçados.

Desde que cada conjunto de dados esteja localizados dentro de um espaço de dados 4-D, é muito fácil a intercomparação dos conjuntos de dados. As operações podem ser desempenhadas entre dados em grades diferentes, ou entre dados em grades e dados observacionais. Dados de diferentes conjuntos podem ser graficamente sobrepostos, desde que estejam com registro espacial e temporal correto.

O usuário acessa os dados da perspectiva do modelo 4-D. Um ambiente dimensionado é descrito pelo usuário como um subconjunto desejado do espaço 4-D. Os dados são acessados, manipulados e exibidos dentro deste subconjunto.

As operações podem ser realizadas diretamente e interativamente nos dados, chamando programas desenvolvidos em FORTRAN, na linha de comando. O GrADS já possui um bom conjunto de funções embutidas. Mesmo assim, os usuários podem adicionar as suas próprias funções como rotinas externas escritas em qualquer linguagem de programação. A sintaxe das expressões permite que operações complexas, que variam sobre grandes quantidades de dados, sejam realizadas como simples expressões.

Uma vez que os dados foram acessados e manipulados, eles podem ser exibidos usando uma variedade de técnicas de saídas gráficas, incluindo linha, barra e plotagem, assim como contorno, contorno sombreado, linha de corrente, vetor de vento, caixa de grade, caixa de grade sombreada e o modelo de plotagem de estação. Os gráficos tem saída em formato Postscript para impressoras de postscript monocromática ou coloridas. O usuário tem um vasto controle sobre todos os aspectos de saídas gráficas ou pode escolher usar intuitivamente as saídas padrão.

Uma interface programável é fornecida na forma de uma interpretação de linguagem de script. Um script pode exibir gráficos e pegar ações baseado no clique do mouse solicitado pelo usuário. Podem ser construídas completas e sofisticadas interfaces gráficas de dados. A linguagem de script pode também ser usada para automatizar cálculos e exibições de multi-passo complexas. O GrADS pode ser rodado em modo lote, e a linguagem de script facilita o uso do GrADS para fazer longos trabalhos de lote durante a noite.

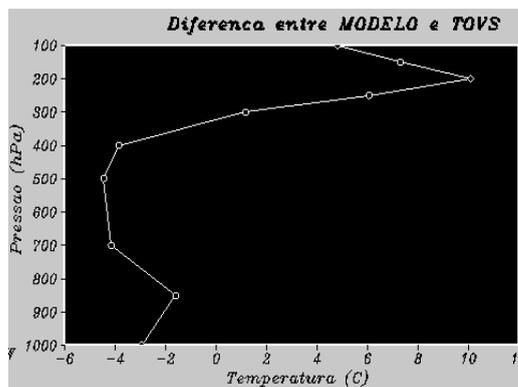
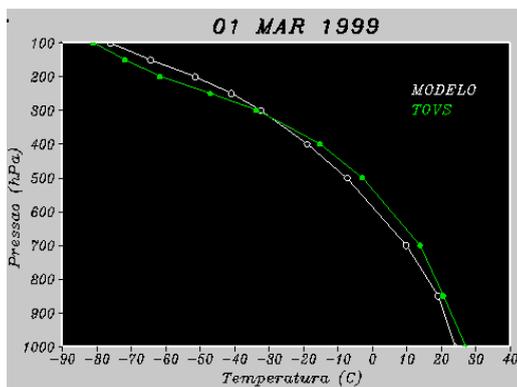
O grupo de desenvolvimento planeja suporte para dados de imagens geograficamente registradas e desenvolvimento de uma interface para conjunto de dados em formato BUFR. Finalmente, planeja-se implementar uma quantidade de recursos solicitado pelo usuário, tais como cortes transversais verticais arbitrários, uma interface ao pacote de armazenamento de dados NetCDF, e uma acentuada quantidade de ajuda através do clique do mouse.

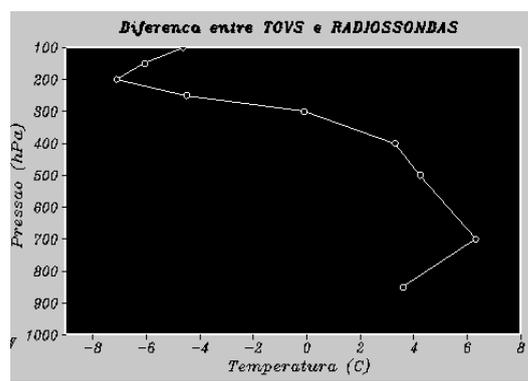
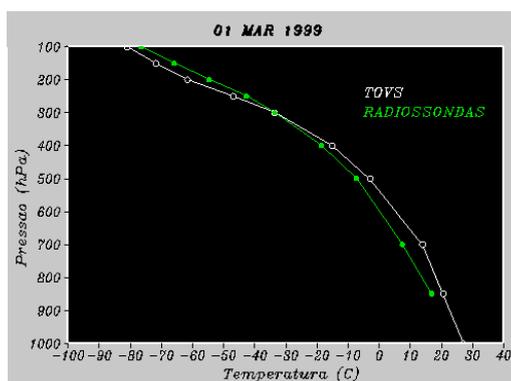
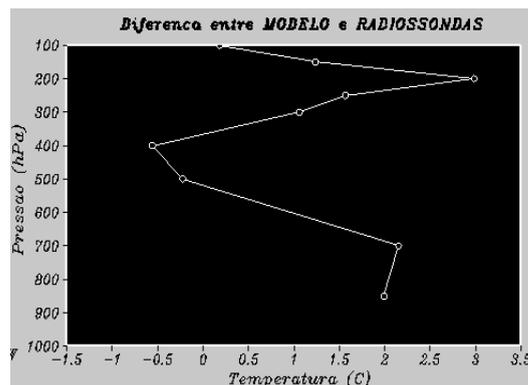
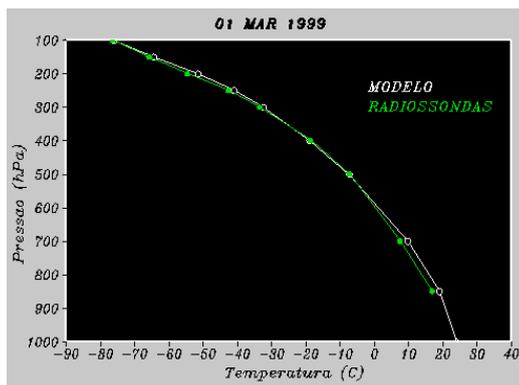
RESULTADOS DO PROJETO

Através deste projeto foi possível verificar as comparações dos dados nos perfis de temperatura obtidos através do Modelo Numérico, Sondagens Via Satélite (TOVS) e Radiossondagem. Contudo, as dificuldades de programação, processamento e instalação do projeto foram grandes, pois existem muitas restrições para que o mesmo execute com êxito. Dentre estas dificuldades, as de hardware se destacaram como uma das principais, pois para que o projeto execute suas operações é preciso ter em mãos equipamentos de alto nível e um espaço em disco proporcional aos dados obtidos.

Conseguimos através de um programa, visualizar e comparar os perfis de temperatura e a média entre eles de várias regiões da América do Sul, oferecendo ao usuário uma melhor interpretação das imagens geradas.

A seguir apresentaremos as comparações dos perfis de temperatura e a média entre eles desenvolvido neste projeto para a região de São Paulo.





Através da figura acima podemos verificar a diferença entre Modelo Numérico e TOVS, Modelo Numérico e Radiossondas, TOVS e Radiossondas para o dia 01 de março de 1999 na região de São Paulo.

Como pode-se observar na diferença entre Modelo Numérico e TOVS, o Modelo Numérico subestima os valores de temperatura entre a superfície até 400 hPa, enquanto que para os níveis acima de 300 hPa a temperatura é superestimada. As maiores diferenças encontram-se entre os níveis 700 à 400 hPa chegando a atingir 4 °C, e para níveis acima de 300 hPa onde a diferença de temperatura chega a atingir 11 °C.

Para a diferença entre Modelo Numérico e Radiossondas, o Modelo Numérico superestima os valores de temperatura entre a superfície até 650 hPa, enquanto que para os níveis entre 600 à 300 hPa o Modelo Numérico teve um ótimo desempenho em prever a temperatura, uma vez que as diferenças foram próximas de zero. A maior diferença encontra-se no nível 200 hPa chegando a atingir 3 °C.

Já na diferença entre TOVS e Radiossondas, o TOVS superestima os valores de temperatura entre a superfície até 300 hPa, enquanto que para os níveis acima de 250 hPa a temperatura é subestimada. As maiores diferenças encontram-se no nível 700 hPa chegando a atingir 6 °C, e para o nível 200 hPa, onde a diferença de temperatura chega a atingir -7 °C.

CONCLUSÃO

Este projeto surgiu com o objetivo de solidificar técnicas mais avançadas para a utilização de sistemas de visualização e comparação entre perfis de temperatura, embora essas técnicas possam ser estendidas para outros dados meteorológicos, como por exemplo: umidade do ar. As técnicas de programação apresentadas mostraram-se eficientes e com bom desempenho. A estratégia de atribuir aos dados meteorológicos um sistema de visualização e comparação automatizada mostrou-se positiva. Esse aspecto comprova como a intervenção entre o programador e o meteorologista se faz necessária.

Embora os resultados ao longo deste trabalho tenham, em parte, sido comprometidos pela ausência das Radiossondas em algumas regiões e pela ausência de alguns horários das sondagens TOVS, as avaliações realizadas dos perfis tem-se mostrado satisfatórias e de suma importância para validações de assimilação de dados no Modelo Numérico de previsão de tempo, levando com isso, a uma melhoria na previsão de tempo.

A interface entre o projeto e os usuários mostrou grande aceitação pela maneira arcaica em que vinham trabalhando, tornando-se mais eficiente, rápida e precisa a avaliação desses dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Doty, Brian, "Grid Analysis and Display System - GrADS", Universidade de Anglia Oriental, Norwich, UK, 1998
2. Calado, Mário, "Apontamento sobre Instrumentos Meteorológicos de Observação de Superfície", INPE, 1979
3. Mendonça, Antônio Marcos, "Estudo da Destreza do Modelo Numérico", INPE, 1997
4. Maia, Luiz Francisco, "Mensagem Meteorológica de Altitude – TEMP", UFPel, 1995
5. Marques, J., "Códigos Meteorológicos", UFRJ, 1971
6. Cereda, Ronaldo L. D. e Maldonado, José Carlos, "Introdução ao FORTRAN 77", Editora McGraw-Hill, 1987
7. Internet, "<http://grads.iges.org/grads/head.html>"