

CICERO AUGUSTO WOLLMANN ZANDONÁ

**AMBIENTE DE VISUALIZAÇÃO INTEGRADO PARA MODELOS NUMÉRICOS
DE PREVISÃO DE TEMPO E INFORMAÇÕES AMBIENTAIS**

**Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre, Curso de Pós-
Graduação em Métodos Numéricos, Setor de
Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.**

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Scheer

**CURITIBA
2005**

A minha namorada, noiva, e agora mulher, Daniele.

AGRADECIMENTOS

A

Todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Deus, por sua misericórdia e fidelidade.

Meus pais, Agenir e Angela Zandoná pelo seu amor incondicional.

Sérgio Scheer, por sua orientação, apoio e paciência.

Cesar Beneti, Fábio Sato e Leonardo Calveti pela confiança depositada.

Luiz Gustavo Rismann e Natascha Borchoi pelo trabalho investido neste projeto.

O Instituto Tecnológico SIMEPAR, pela infra-estrutura e a bolsa cedidas para o trabalho.

|
|
|
|

Nothing in the world can take the place of persistence. Talent will not; nothing is more common than unsuccessful men with talent. Genius will not; unrewarded genius is almost a proverb. Education alone will not; the world is full of educated derelicts. Persistence and determination alone are omnipotent.

Nada no mundo pode tomar o lugar da persistência. Talento não tomará; não há nada mais comum do que fracassados talentosos. Genialidade não tomará; gênios não reconhecidos são quase um provérbio. Educação apenas não tomará; o mundo está cheio de cultos abandonados. A persistência e a determinação, por si só, são onipotentes.

Calvin Coolidge

SUMÁRIO

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES.....	VII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Apresentação do Problema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Relevância/Justificativa.....	3
1.4 Estrutura do Trabalho.....	6
2 GERAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS.....	8
2.1 Modelos Numéricos de Previsão de Tempo.....	8
2.2 Satélites Meteorológicos.....	9
2.3 Descargas Atmosféricas.....	10
2.4 Estações Meteorológicas.....	14
2.4.1 Estações Meteorológicas Aeronáuticas.....	14
2.4.2 Estações Telemétricas.....	14
2.5 Radiossondagens.....	15
2.6 Radares Meteorológicos.....	15
3 VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM METEOROLOGIA.....	16
3.1 Revisão da literatura.....	16
3.2 Métodos Para Representação de Dados Meteorológicos.....	17
3.2.1 Modelos Numéricos de Previsão de Tempo.....	18
3.2.2 Meteogramas.....	22
3.2.3 Diagramas Termodinâmicos Skew-T – Log P.....	22
3.2.4 Matrizes de Densidade de Descargas Atmosféricas.....	24
3.2.5 Imagens de Satélite.....	25
3.2.6 Isosuperfícies.....	26
4 FERRAMENTAS DE SOFTWARE DISPONÍVEIS.....	28
4.1 Linguagens de Programação.....	28
4.1.1 Java	28
4.1.2 Python.....	29
4.2 Interface Gráfica com o Usuário.....	30
4.2.1 Swing.....	30
4.2.2 Plataforma NetBeans.....	30
4.2.3 GTK+.....	31

4.2.4 QT.....	32
4.3 Visualização Científica.....	33
4.3.1 VisAD	33
4.3.2 IBM Visualization Data Explorer (OpenDX).....	33
4.3.3 Java3D.....	34
4.3.4 VTK – Visualization Toolkit.....	35
4.3.5 GrADS.....	35
4.4 Sistemas Distribuídos.....	36
4.4.1 Web Services.....	36
4.4.2 SOAP.....	37
4.4.3 GDS - Grads Dods Server.....	37
5 O AMBIENTE DE VISUALIZAÇÃO.....	40
5.1 Arquitetura do Sistema.....	40
5.1.1 Servidor.....	40
5.1.2 Cliente.....	42
5.2 Uso do Aplicativo.....	44
5.2.1 Modelos Numéricos.....	46
5.2.2 Meteogramas.....	48
5.2.3 Descargas Atmosféricas.....	49
5.2.4 Imagens de Satélite.....	50
5.2.5 Radar Meteorológico.....	51
5.2.6 Animação.....	52
5.2.7 Exportação de Dados.....	55
5.3 Usuários.....	55
6 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO.....	57
6.1 Estratégia de Implantação.....	57
6.2 Problemas Encontrados.....	57
7 ESTUDO DE CASO.....	60
7.1 Implementação.....	60
7.2 Resultados.....	61
8 CONCLUSÕES.....	62
8.1 Propostas para Trabalhos Futuros.....	62
REFERÊNCIAS.....	65
OBRAS CONSULTADAS.....	68
APÊNDICE 1 – MANUAL DO USUÁRIO DO METVIS.....	69
APÊNDICE 2 - PESQUISA DE NECESSIDADES E IMPRESSÕES DO USUÁRIO.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diferentes formas de coleta de informações ambientais. in: WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2004	1
Figura 2 - Satélites meteorológicos em órbita no ano de 2004. in: WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2004	10
Figura 3 - Detecção de descarga com três sensores magnéticos de localização de direção (MDF)	11
Figura 4 - Detecção de descarga utilizando a técnica do Tempo de Chegada (TOA) com três sensores	12
Figura 5 - Rede de detecção de descargas atmosféricas no Brasil	13
Figura 6 - Função da visualização científica	16
Figura 7 - Isolinhas geradas a partir do campo de temperatura previsto por um modelo numérico	19
Figura 8 - Isolinhas preenchidas geradas a partir do campo de temperatura previsto por um modelo numérico	19
Figura 9 - Linhas de corrente	20
Figura 10 - Setas	21
Figura 11 - Barbelas	21
Figura 12 - Barbela indicando vento a nordeste com intensidade de 15 nós.	22
Figura 13 - Diagrama Skew-T	23
Figura 14 - Meteogramas	24
Figura 15 Matriz de densidade de descargas elétricas atmosféricas no estado do Paraná no ano de 2003.	25
Figura 16 - Imagem de satélite representada em escala de níveis de cinza	26
Figura 17 - Isosuperfícies de nebulosidade em 15%	27
Figura 18 - Máquina Virtual Java	29
Figura 19 - Plataforma NetBeans sem módulos adicionais	31
Figura 20 Aplicativo Gimp executando em ambiente Gnome, ambos utilizam o toolkit GTK+.	32
Figura 21 - Aplicativo gráfico desenvolvido utilizando o GrADS	36
Figura 22 - Funcionamento do servidor GDS	39
Figura 23 - Listagem de modelos no servidor GDS	41

Figura 24 - Arquitetura geral do Metvis	44
Figura 25 - Conexão com o servidor GDS.	45
Figura 26 - Lista de modelos numéricos disponíveis	46
Figura 27 - Display do Metvis	47
Figura 28 - Escala de cores para o campo de umidade relativa	48
Figura 29 - Meteogramas no Metvis	49
Figura 30 - Representação de uma matriz de densidade de descargas com campo plotado com isolinhas preenchidas	50
Figura 31 - Imagem de satélite no Metvis	51
Figura 32 - Visualização de imagem de radar meteorológico	52
Figura 33 - Janela da animação	54
Figura 34 - Curvas com suavização deficiente	63

RESUMO

Desde seu surgimento a visualização científica tem sido usada extensivamente na meteorologia. Tanto que, atualmente, existem ferramentas de visualização e análise para praticamente todos os tipos de informações ambientais. Porém, na maioria das vezes, estas ferramentas focam apenas um tipo de dado, forçando o meteorologista a usar diversos aplicativos para a tomada de decisão, o que dificulta o cruzamento de informações. Com a popularização dos computadores pessoais e o surgimento da Internet, a quantidade de informação disponível aumentou enormemente, mas a capacidade de processamento e a velocidade de transferência de dados ainda constituem um obstáculo. Este trabalho apresenta um aplicativo desenvolvido para a visualização e análise de informações ambientais de diversas naturezas, entre eles, de modelos numéricos de previsão de tempo, imagens de satélite, descargas atmosféricas e estações meteorológicas, batizado de Metvis. O aplicativo tem uma arquitetura distribuída do tipo cliente-servidor, onde o papel do servidor é armazenar os dados brutos e transmitir apenas as informações de interesse. A parte cliente tem por objetivo ser portátil, podendo ser executada em diferentes sistemas operacionais. Foram usadas no seu desenvolvimento ferramentas de código aberto, garantindo assim a sua livre distribuição e permitindo alterações no caso de serem encontradas limitações. O Metvis já está sendo utilizado com bons resultados pelos meteorologistas e pesquisadores do Instituto Tecnológico SIMEPAR.

ABSTRACT

Since its beginning, Scientific Visualization has been extensively used in the field of Meteorology. There are currently tools for visualization and analysis of virtually all kinds of environmental data. However, in most cases, these tools focus only one type of data, forcing the meteorologists to use different tools in the decision-making process. With the popularization of personal computers and the appearance of the Internet, the amount of information available increased considerably, but the speed in which this data can be transferred is still limited. This work presents an application, named Metvis, suited for visualization and analysis of environmental data which can handle information of different natures, such as numerical weather models, satellite images and lightning data. The software has a distributed (client-server type) architecture. The role of the server is to store raw data and send to the client only the information to be visualized. The client part aims at being portable, capable of running in different operational systems. Open-source tools were used in the development. This way, potential limitations can be more easily overcome in the future. Metvis is already in use with good results by the meteorologists and researchers of SIMEPAR Technological Institute, showing good results.

1 INTRODUÇÃO

Espalhados no Brasil e no mundo existe um grande número de sensores que medem continuamente os mais variados tipos de informações ambientais como temperatura, umidade e descargas atmosféricas, ilustrados na figura 1. Estas informações são, em geral, armazenadas em bancos de dados de centros de pesquisa e serviços operacionais para serem utilizadas em estudos e no auxílio à previsão do tempo. Além do que é medido, muita informação é gerada pelos modelos numéricos de previsão de tempo disponíveis.

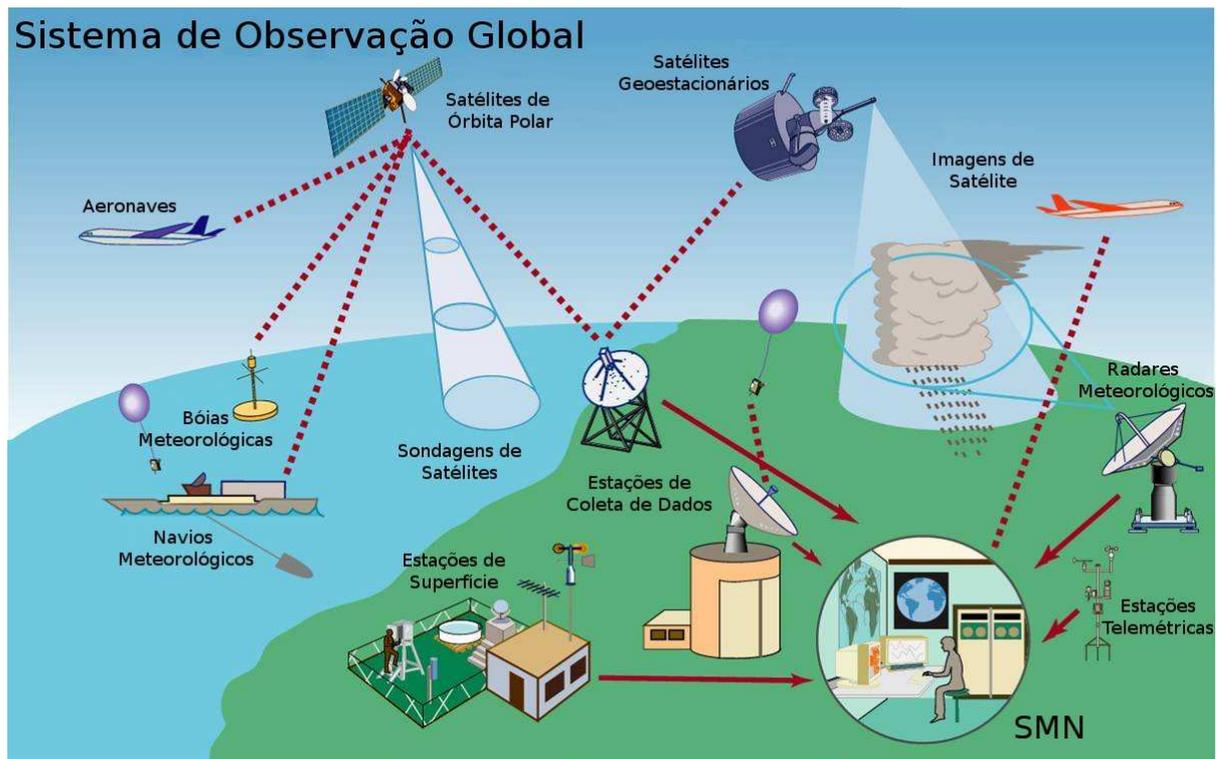


FIGURA 1 - DIFERENTES FORMAS DE COLETA DE INFORMAÇÕES AMBIENTAIS. IN: WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2004

Como a grande maioria dessas informações é referenciada geograficamente, representações visuais são de extrema importância para a sua compreensão.

Os aplicativos de visualização utilizados atualmente em centros de monitoramento e previsão meteorológica costumam ser de uso simples e bidimensionais devido à natureza crítica dos trabalhos deles dependentes (TREINISH, 2001) e, por terem sido desenvolvidos há vários anos, contam com interfaces gráficas insuficientes quando comparadas com as oferecidas pelas ferramentas mais recentes.

Por outro lado, sabe-se que a capacidade de processamento evoluiu suficientemente para que o desenvolvimento de ferramentas possa ser em maior grau guiado mais pelas necessidades do usuário do que restringido pelas limitações tecnológicas. Esta evolução, no entanto, tem levado à criação de sistemas muito genéricos que não atendem às necessidades de usuários com interesse específico (TREINISH, 2001). Um exemplo é o *Advanced Weather Interactive Processing System*¹, (AWIPS), desenvolvido pelo *United States National Weather Service (NWS)* (SEGUIN, 2002).

Outra característica dos aplicativos atualmente utilizados é que foram concebidos tendo como alvo a representação visual de um único tipo de informação, por exemplo, imagens de satélite. Soma-se a isso o fato de muitas vezes os aplicativos terem sido desenvolvidos para serem executados em um sistema operacional, ou até mesmo em uma arquitetura de hardware específica, o que força o usuário a manter ativas estações de trabalho já obsoletas para ter acesso às informações.

Em outras palavras, há carência de visualização integrada das informações e de portabilidade de aplicativos, de modo que atendam às necessidades de usuários na execução de tarefas de análise de dados hidrometeorológicos e ambientais.

1.1 Objetivos

Neste trabalho será apresentada uma aplicação desenvolvida para apresentar as seguintes características:

1 http://199.26.34.19/AWIPS_home.html

- a) gerar representações gráficas para:
- modelos numéricos de previsão de tempo;
 - imagens de satélite;
 - produtos de radar;
 - dados medidos por estações hidrometeorológicas;
 - descargas elétricas atmosféricas;
- b) permitir que os dados possam ser visualizados de forma sobreposta ou concorrente, possibilitando comparações;
- c) possuir uma arquitetura distribuída, do tipo cliente-servidor, em que a parte cliente seja responsável pela geração das representações gráficas e a parte servidor pelo armazenamento dos dados brutos;
- d) possuir uma parte cliente portátil, podendo ser executada nos principais sistemas operacionais atuais, em particular o MS-Windows e o GNU/Linux;
- e) funcionar de modo que o servidor envie ao cliente apenas a quantidade de dados necessários para a geração da representação gráfica.

1.2 Relevância e Justificativas

Para a elaboração de uma previsão meteorológica nos dias de hoje, o meteorologista conta com diferentes fontes de dados. No caso do Instituto Tecnológico SIMEPAR², por exemplo, são acessados diferentes modelos meteorológicos, imagens de satélite, dados de radar, de raios e de estações hidrometeorológicas. Na ausência de uma ferramenta integrada, o meteorologista precisa operar um aplicativo diferente para cada tipo de dado, o que dificulta a análise. Um aplicativo que tenha a capacidade de gerar representações gráficas de diferentes dados ambientais de forma integrada e consistente trará grandes benefícios para as atividades de previsão e pesquisa meteorológica. Com a visualização dos dados sobrepostos, além do evidente ganho na

2 Instituto Tecnológico SIMEPAR: Sistema Meteorológico do Paraná.

eficiência, torna-se mais fácil a compreensão das condições meteorológicas e ambientais.

A rápida evolução dos computadores viabilizou a presença abundante de computadores pessoais, os PCs, nos mais diversos ambientes, tanto acadêmicos como empresariais e domésticos. É evidente também o aumento da capacidade de processamento destas máquinas, que tem seguido a Lei de Moore³ (MOORE, 1965).

Mas, apesar de todo o avanço na capacidade de processamento e armazenamento dos PCs, estes ainda não fornecem a capacidade de processamento necessária para realizar a execução de um modelo numérico de previsão de tempo moderno em modo operacional. Tão pouco é viável o armazenamento dos dados gerados em alguns dias de processamento. Estas tarefas ainda cabem aos *clusters* (aglomerados computacionais), supercomputadores e grandes centros de armazenamento.

No entanto, o que um PC atual pode confortavelmente fazer é comunicar-se com outra máquina através da Internet (como será discutido mais adiante), requisitando subconjuntos de dados que sejam de interesse do usuário, e gerar representações gráficas destas informações. Desta forma, a informação ambiental passa a estar disponível a um número muito maior de pessoas.

Com o surgimento da Internet tornou-se possível o compartilhamento de informação de forma ampla e com baixo custo. Já há alguns anos a Meteorologia tem feito uso da Internet para disseminação de informação, mas na maioria das vezes este uso consiste na disponibilização de páginas HTML⁴ com texto e imagens gerados dinamicamente no servidor. A principal vantagem desta abordagem é a ampla acessibilidade, bastando ao interessado ter acesso a um computador conectado à Internet com um navegador *web*⁵ instalado. Se bem planejado, este tipo de acesso é

3 A Lei afirma que o número de transistores colocados em um circuito integrado dobra de tamanho a cada 18 meses.

4 Hypertext Markup Language. Linguagem de hipertexto utilizada principalmente na publicação de documentos na Internet (<http://www.w3.org/MarkUp/>).

5 Aplicativos capazes de exibirem documentos HTML armazenados local ou remotamente.

extremamente eficiente para o usuário leigo. Mas sabe-se que páginas HTML, mesmo quando geradas dinamicamente, não oferecem o nível de interatividade e robustez de um aplicativo local. Inclusive este tipo de aplicação baseada em páginas estáticas geradas dinamicamente são muitas vezes chamados na literatura de clientes magros (*thin clients*).

Outra abordagem usada é a disponibilização de *Applets Java*, que consistem em pequenos programas que podem ser executados em um navegador *web*. Esta alternativa tem dado bons resultados, mas apresenta limitações quanto ao tamanho do aplicativo e a persistência de dados como preferências do usuário.

O aplicativo aqui apresentado faz uso da Internet na transmissão dos dados necessários para a geração das representações gráficas de interesse do usuário. Sabe-se que apesar da velocidade e confiabilidade da transferência de dados pela rede estarem melhorando continuamente, ainda existem grandes limitações. Mas sabe-se também que estas limitações quase sempre puderam ser contornadas com técnicas engenhosas, não impedindo que a rede atingisse o alcance global que possui hoje. Este trabalho também leva em conta, e procura contornar, as limitações nas taxas de transmissão de dados, tendo como principal estratégia a transmissão somente da informação necessária para gerar a visualização desejada.

Até fins da década de 1990, dadas as ferramentas computacionais e equipamentos disponíveis, o desenvolvimento de um sistema complexo como o proposto demandaria uma enorme quantidade de horas de trabalho, provavelmente inviabilizando o projeto. Mas hoje existem ferramentas que podem diminuir em muito o volume de código e conseqüentemente o tempo de desenvolvimento. Usando esta estratégia, pequenas iniciativas podem resultar em ferramentas complexas e eficientes como demonstrado por CALVETTI et al. (2002) e BENETI et al. (2002).

Além da popularização dos computadores pessoais e do surgimento da Internet, que são acontecimentos tecnológicos, a criação de uma nova aplicação é justificável por um fato de caráter social e econômico, que é a disseminação do

software livre (<http://www.gnu.org>).

O *software* livre diferencia-se dos *softwares* proprietários por garantir ao usuário a disponibilidade de seu código fonte para estudo, modificação e livre redistribuição. Desta forma o programador tem liberdade para corrigir possíveis problemas, estender e criar funcionalidades, se necessário.

O movimento do software livre, surgido em 1985 e fundado por Richard Stallman, só tem crescido desde então, tendo os mais variados tipos de aplicativos e ferramentas disponíveis sob a GPL⁶ e outras licenças compatíveis. Até março de 2004 o principal portal de hospedagem de projetos de código aberto⁷ contava com mais de 99 mil projetos hospedados.

1.3 Estrutura do Trabalho

Além deste primeiro capítulo, que introduz o tema, justifica o trabalho e apresenta os objetivos, este texto se estende por mais seis capítulos.

No capítulo 2 são apresentadas as tecnologias utilizadas na obtenção de informações ambientais e na geração de modelos meteorológicos.

O capítulo 3 apresenta os métodos de visualização de dados ambientais existentes.

No capítulo 4 são descritas as ferramentas computacionais disponíveis atualmente para a criação de aplicativos de visualização de dados e com arquiteturas distribuídas.

O capítulo 5 apresenta o ambiente de visualização e análise Metvis, sua arquitetura e forma de uso.

⁶ A *Gnu Public License* institui que todo o software sob esta licença tenha seu código fonte disponível publicamente. Os softwares sob a GPL podem ser modificados, copiados e distribuídos livremente. Qualquer programa que seja baseado ou utilize algum código distribuído sob a GPL também deve ser distribuído com esta licença (<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>).

⁷ <http://sourceforge.net>

No capítulo 6 é apresentada a metodologia de desenvolvimento adotada para o desenvolvimento do aplicativo.

No capítulo 7 é descrito o estudo de caso que consiste na introdução do aplicativo para uso no auxílio ao monitoramento, previsão, e pesquisas no Instituto Tecnológico SIMEPAR.

No capítulo 8 a conclusão discute os resultados do trabalho, sua importância, alternativas de desenvolvimento e propostas para futuros trabalhos.

2 GERAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS

Neste capítulo serão apresentadas as principais tecnologias utilizadas na aquisição e geração de informações úteis para as atividades de monitoramento, previsão do tempo e pesquisa meteorológica.

2.1 Modelos Numéricos de Previsão de Tempo

O objetivo da modelagem atmosférica realizada por métodos numéricos é prever o estado futuro da atmosfera a partir da situação presente. Para atingir tal propósito utilizam-se as equações da dinâmica de fluidos e da termodinâmica, com as seguintes informações:

- a) o estado inicial das variáveis atmosféricas para toda a área de interesse para diversas altitudes;
- b) um conjunto fechado de equações previsoras;
- c) um método apropriado de integração das equações no tempo, para obter a distribuição futura das variáveis de campo.

O modelo numérico de previsão de tempo sempre necessitou dos computadores mais rápidos disponíveis. O ENIAC, um dos primeiros computadores elétricos já foi utilizado para fazer previsões meteorológicas (KALNAY, 2003).

O aumento significativo da densidade das estações meteorológicas e o desenvolvimento de sensores remotos como radares, satélites e radiossondagens foram fatores que impulsionaram a técnica de forma a aumentar a qualidade das condições iniciais.

À medida que os computadores evoluíam, os meteorologistas foram introduzindo modelos físico-matemáticos mais completos, partindo de modelos válidos

apenas para certas regiões e chegando, hoje, a modelos globais. O horizonte das previsões também vem aumentando gradativamente. No Brasil, em centros como o SIMEPAR e o INPE, previsão para prazos de 5 dias já apresentam índices de acerto aceitáveis.

2.2 Satélites Meteorológicos

O primeiro satélite meteorológico da história – o TIROS 1 - foi posto em órbita em 1º de abril de 1960. Os resultados obtidos foram tão expressivos que, cinco anos mais tarde, mais de 10 satélites meteorológicos já haviam sido colocados em órbita. Quanto à posição em torno da Terra, os satélites são colocados em órbita quase polar, girando ao redor da Terra com um período completo de revolução da ordem de 100 minutos, ou são situados no plano equatorial terrestre, praticamente imóveis em relação à superfície da Terra, daí denominarem-se geoestacionários, situados a aproximadamente 36.000 km de altura.

No início, os satélites operavam apenas durante o dia, obtendo imagens de coberturas de nuvens na faixa de luz visível. Um avanço importante se constituiu na possibilidade dos satélites operarem na faixa do infravermelho, podendo obter imagens da Terra também à noite. A figura 2 ilustra os satélites meteorológicos ativos no ano de 2004.

Atualmente, os satélites geoestacionários são os mais utilizados no monitoramento e previsão do tempo. Eles fornecem imagens no visível e no infravermelho durante o dia, e no infravermelho durante a noite, a intervalos de 30 minutos ou menos em aplicações específicas. Além da cobertura de nuvens, fornecem outras informações como estimativa de temperatura, radiação solar e atmosférica, ventos, chuvas, entre outras.

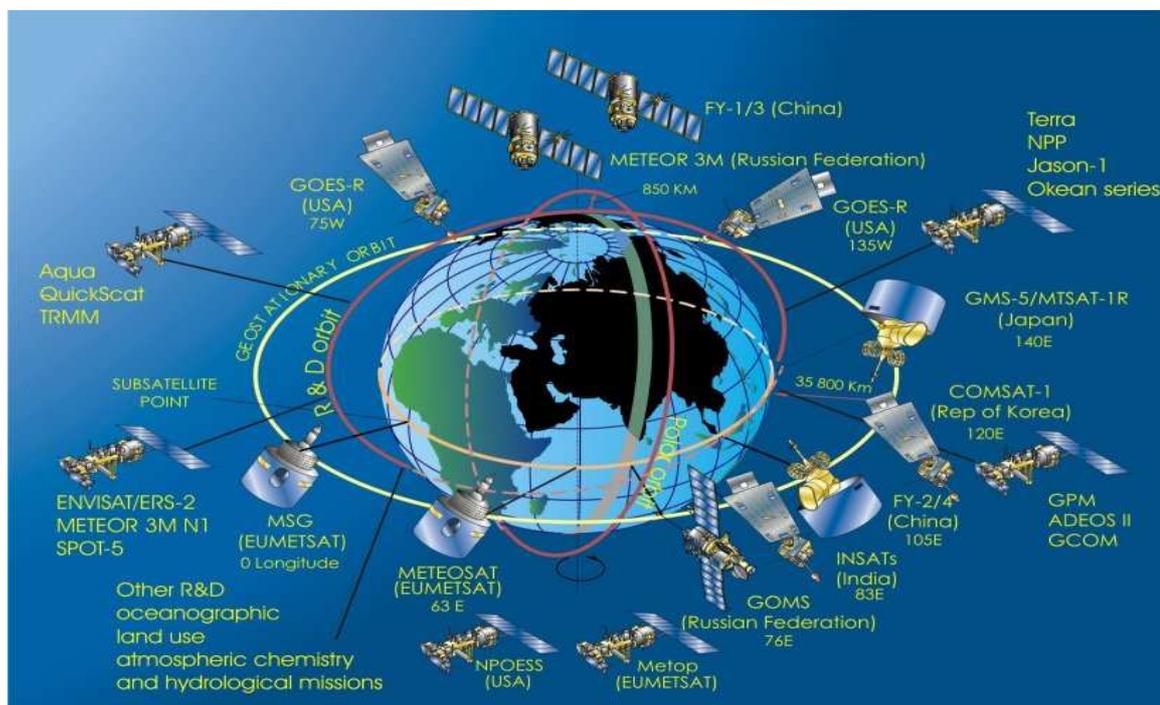


FIGURA 2 - SATÉLITES METEOROLÓGICOS EM ÓRBITA NO ANO DE 2004. IN: WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2004

2.3 Descargas Atmosféricas

O primeiro dispositivo capaz de detectar o campo elétrico produzido por relâmpagos foi desenvolvido por WATT e HERD (1926), utilizando um par de antenas fechadas e ortogonais entre si para que assim pudesse ser obtido um vetor resultante apontando na direção da descarga. Dois ou mais desses dispositivos situados em posições conhecidas eram suficientes para se determinar a localização da descarga através da intersecção dos vetores de direção. Sistemas de localização similares, denominados sistemas magnéticos de localização de direção (*Magnetic Detection Finder*, MDF), foram usados até a Segunda Guerra Mundial em várias regiões do globo (KRIDER, 1996).

Em 1976, uma versão aprimorada do sistema MDF foi desenvolvida para localizar relâmpagos em um raio de, aproximadamente, 500km (KRIDER et al. 1976, 1980). Esta versão também possibilitava a determinação da polaridade e do pico de

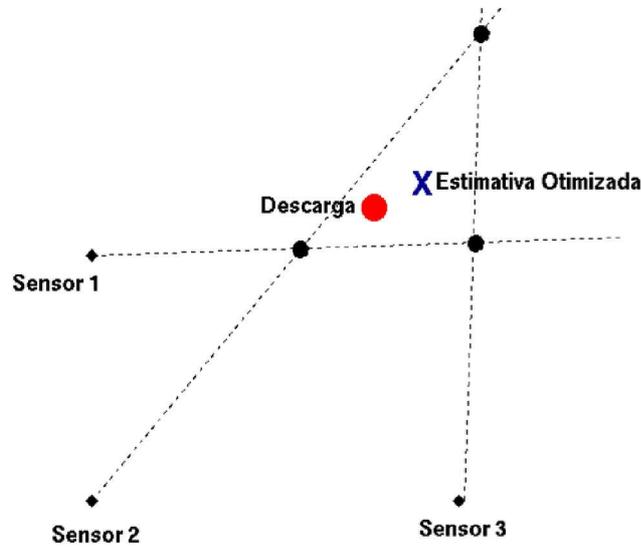


FIGURA 3 - DETECÇÃO DE DESCARGA COM TRÊS SENSORES MAGNÉTICOS DE LOCALIZAÇÃO DE DIREÇÃO (MDF)

corrente da descarga (figura 3). Redes compostas de dispositivos MDF seletivos e de banda larga como estes são usados até hoje em muitas regiões do planeta, para a localização de relâmpagos.

Paralelamente, LEWIS et al. (1960) descreveram um método para localização de relâmpagos utilizando as diferenças entre os tempos de chegada de um pulso de rádio em várias estações de medida. Como sinais de rádio se propagam à velocidade da luz, a diferença no tempo de chegada entre duas estações definem uma hipérbole. Com isso, várias estações dão origem a múltiplas hipérbolas cujas intersecções definem a localização da fonte de radiação (BENT e LYSON. 1984), como mostrado na figura 4. Métodos de localização por tempo de chegada (*time-of-arrival*, TOA) podem fornecer localizações mais precisas a longas distâncias que a técnica MDF (LEE, 1989). No final da década de 80, CASPER e BENT (1992) desenvolveram um receptor TOA de banda larga apropriado para localizar fontes eletromagnéticas de relâmpagos a médias e longas distâncias utilizando o método hiperbólico.

Nos Estados Unidos, os dois tipos de dispositivos de detecção MDF e TOA, foram integrados em uma grande rede cobrindo todo o país, denominada Rede

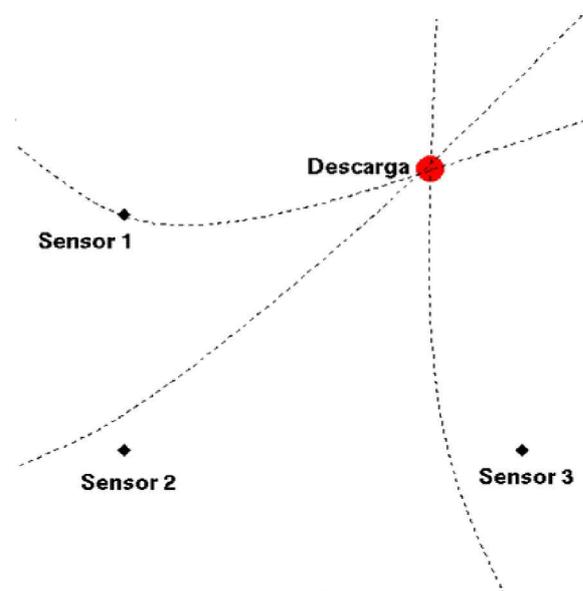


FIGURA 4 - DETECÇÃO DE DESCARGA UTILIZANDO A TÉCNICA DO TEMPO DE CHEGADA (TOA) COM TRÊS SENSORES

Nacional de Detecção de Relâmpagos (*National Lightning Detection Network, NLDN*).

Até então, a maior parte dos métodos utilizados na localização de relâmpagos eram baseados nas tecnologias MDF e TOA. Em 1992, a *Lightning Location and Protection Inc. (LLP)* desenvolveu um método que, combinando as informações provenientes de ambas as técnicas, prometia melhorar significativamente a precisão da localização dos relâmpagos, dando origem à chamada tecnologia *Improved Accuracy from Combined Technology (IMPACT)* e a sistemas de detecção capazes de processar tanto informações provenientes de sensores LPATS (*Lightning Position and Tracking System*, similares aos TOA) e MDF, como de sensores IMPACT, os quais podem medir tanto o tempo de chegada quanto a direção magnética das descargas (CUMMINS et al. 1998).

No Brasil os primeiros sensores foram instalados por diferentes empresas, criando pequenas redes isoladas. Em 1998, um Convênio de Cooperação Técnico-Científica, firmado entre a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais), a

COPEL (Companhia Paranaense de Energia) através do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) e FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.), tornou possível a integração dos sistemas de detecção de descargas atmosféricas formando a RIDAT - Rede Integrada de Detecção de Descargas Atmosféricas no Brasil. Em 2004, com a inclusão do INPE, a rede passou a ser chamada RINDAT - Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (<http://www.rindat.com.br>).

A figura 5 apresenta a localização dos sensores atualmente instalados no Brasil, integrados e operados pela RINDAT. Dois tipos básicos de sensores são utilizados: LPATS (TOA) e IMPACT. Em área de monitoramento, a RINDAT do Brasil ocupa a terceira posição no mundo (as duas outras grandes redes existentes estão nos Estados Unidos e Canadá).



FIGURA 5 - REDE DE DETECÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS NO BRASIL

2.4 Estações Meteorológicas de Superfície

Estações meteorológicas de superfície são instalações onde são realizadas

periodicamente observações meteorológicas de superfície. Estas observações visam a obtenção de dados qualitativos e quantitativos referentes aos parâmetros meteorológicos, capazes de caracterizar o estado instantâneo da atmosfera. Entre eles estão: temperatura, velocidade e direção do vento, umidade relativa, pressão do ar, ponto de orvalho, radiação solar e precipitação. A escolha da localização das estações meteorológicas é realizada de acordo com as características geográficas e climáticas de cada região.

Atualmente existem no Brasil estações operadas manualmente por técnicos e, mais recentemente, estações equipadas com sensores automáticos que medem e transmitem as informações sem a necessidade de presença humana. Estas estações são chamadas de telemétricas, e seus dados são transmitidos via satélite. São compostas de uma antena e de sensores.

Existem também estações que com fins distintos, mas seus dados acabam sendo aproveitados em previsões meteorológicas. Por exemplo, estações meteorológicas aeronáuticas, presente em aeroportos, destinam-se à medição de informações relevantes à navegação aérea. As informações observadas nestas estações são disponibilizadas em um formato padronizado, o METAR⁸ (*Meteorological Actual Report*).

2.5 Radiossondagens

Uma radiossondagem, ou estação de altitude, é um tipo de sondagem das camadas superiores da atmosfera, em que um conjunto de sensores acondicionados no interior de uma pequena caixa plástica é transportado para a atmosfera superior por meio de um balão. Um sistema de radiorrecepção é instalado em terra, recebendo continuamente os sinais transmitidos pela sonda. Esses sinais são registrados e convertidos em informações meteorológicas de temperatura, pressão e umidade (VIANELLO 2000, pg. 288).

8 <http://www.met.tamu.edu/class/METAR/metar-pg3.html>

2.6 Radares Meteorológicos

Aparelhos de Radar (*Radio Detection and Ranging*) emitem ondas eletromagnéticas para receberem ecos de alvos nas redondezas e são capazes de identificar diversos dados sobre os alvos a partir das características dos ecos recebidos. A tecnologia dos radares foi desenvolvida principalmente no período anterior e durante a Segunda Guerra Mundial. Na época, o principal objetivo era rastrear o espaço aéreo em busca de aviões inimigos. Atualmente, além da detecção de aeronaves, os radares são usados para outros propósitos, um dos quais é a identificação de eventos meteorológicos severos, como tempestades, granizo, tornados e furacões (ERNVIK, 2002).

3 VISUALIZAÇÃO DE DADOS EM METEOROLOGIA

Visualização Científica é o processo de geração de imagens computacionais a partir de dados científicos obtidos por medições ou gerados computacionalmente (figura 6). Ela tem tido um papel fundamental no exercício das atividades de pesquisa científica, tendo como objetivo prover recursos visuais que forneçam ao cientista uma maior compreensão do fenômeno estudado (FREITAS, 2002).

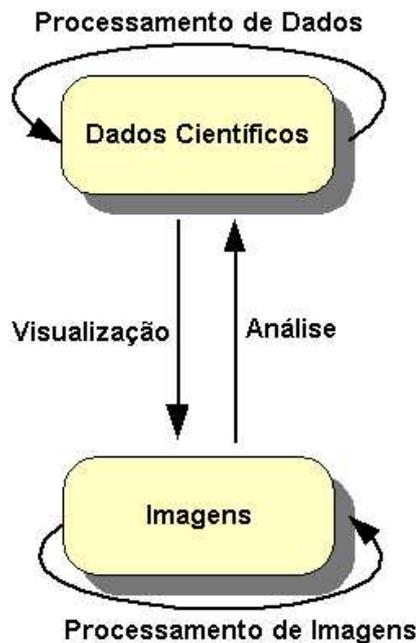


FIGURA 6 - PAPEL DA VISUALIZAÇÃO CIENTÍFICA NAS RELAÇÕES ENTRE DADOS E IMAGENS

Tentativas de criar representações gráficas para dados numéricos surgiram muitos anos antes dos computadores. No período entre meados do século XVII e o começo do século XX, técnicas para visualização gráfica de dados foram apresentadas por alguns dos maiores cientistas da época, como Halley, Watt, Descartes e Lambert (COLLINS, 1993).

Em um segundo período, que se iniciou no começo dos anos 1960, logo após o surgimento do computador, os métodos desenvolvidos no primeiro período voltaram a ser usados em ciências como biologia e medicina (FREITAS, 2002).

O termo “*Visualization in Scientific Computing*” (Visualização em Computação Científica), porém, foi utilizado pela primeira vez no painel de mesmo nome em 1987 por MCCORMICK et al. Desde então iniciou-se uma explosão de *workshops*, conferências e livros nesta “nova” área do conhecimento. Desde 1990 é promovida uma conferência anual sobre visualização, pela IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.), intitulada “Visualization”.

3.1 Métodos Para Representação de Dados Meteorológicos

Para a escolha de determinado tipo de representação de dados numéricos em forma gráfica em meteorologia é considerada uma série de fatores, entre eles:

- a) a natureza do dado, por exemplo, se é um campo escalar ou vetorial;
- b) a natureza do fenômeno que se deseja identificar, como por exemplo, um vórtice⁹ ou um máximo;
- c) a presença de outras informações na área de interesse, que possam ser encobertas ou obscurecidas;
- d) a velocidade com que a representação é construída. Este fator torna-se ainda mais importante quando se pretende compreender a evolução de determinado fenômeno no tempo;
- e) a preferência pessoal do usuário por determinado tipo de representação.

A seguir são apresentados os principais métodos de visualização existentes para informações numéricas de interesse meteorológico. Para tal foi adotada uma divisão de acordo com a natureza do dado representado.

9 Movimento circular e forte de um fluido, que se processa em espiral.

3.1.1 Modelos Numéricos de Previsão de Tempo

Geralmente, a saída bruta dos modelos é composta por um conjunto de matrizes cartesianas tridimensionais para as diversas variáveis calculadas e para os intervalos de tempo determinados.

A amostragem regular das matrizes de modelo pode parecer apropriada para a criação de *sugerir se pensar* que tratar as matrizes como imagens do tipo bitmaps, criando-se um quadriculado com cada quadro (*pixel*¹⁰) colorido de acordo com a escala de cores determinada seria a melhor opção. Mas para o caso dos modelos, a densidade de pontos é insuficiente para gerar uma imagem de boa qualidade, o que impossibilitaria a identificação de muitos fenômenos de interesse, por exemplo, centros de baixa pressão e vórtices.

Para dados bidimensionais esparsos, sejam eles regularmente espaçados ou não, o método mais indicado é a criação de curvas de igual valor, conhecidas como isolinhas (figura 7). As isolinhas podem ser coloridas com uma escala de cores conveniente. Caso elas não hajam informações subjacentes, pode-se preencher a área englobada por cada curva com sua cor correspondente (figura 8).

10 Um *pixel* (contração do inglês *picture element*, elemento de imagem) o nome dos muitos pequenos pontos que constroem a representação de uma imagem na memória do computador (PIXEL In: WIKIPEDIA, 2004).

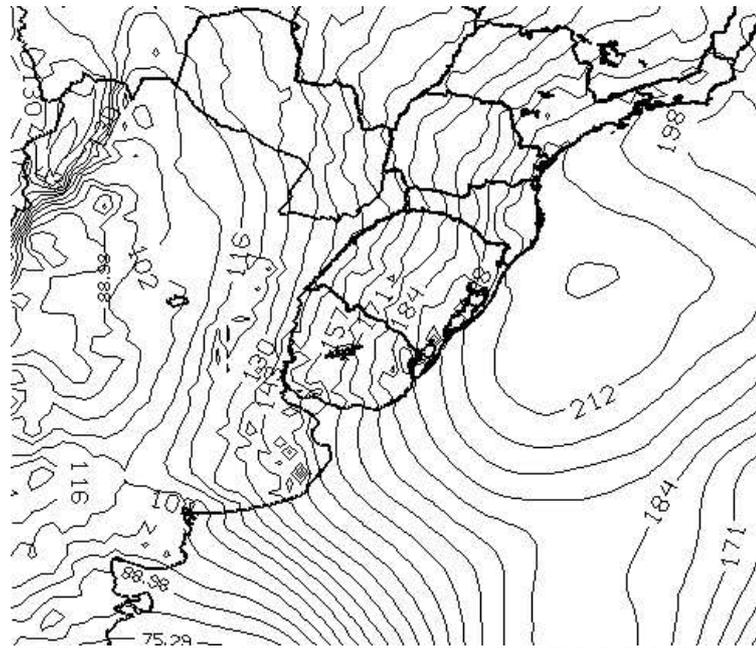


FIGURA 7 - ISOLINHAS GERADAS A PARTIR DO CAMPO DE TEMPERATURA PREVISTO POR UM MODELO NUMÉRICO

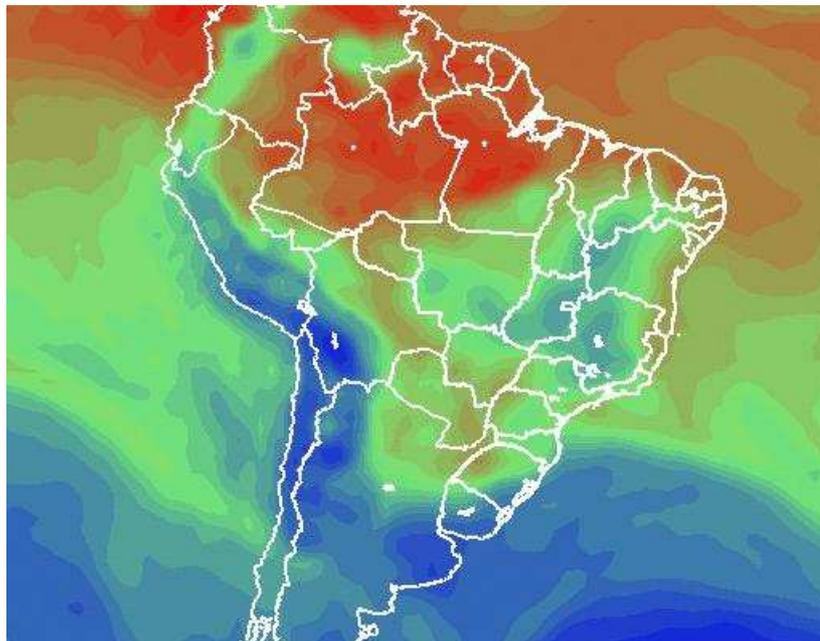


FIGURA 8 - ISOLINHAS PREENCHIDAS GERADAS A PARTIR DO CAMPO DE TEMPERATURA PREVISTO POR UM MODELO NUMÉRICO

Todos os campos gerados pelo modelo são escalares, isto é, não possuem

orientação e sentido. A única importante exceção é o campo de vento. A visualização de um campo vetorial requer que a direção e sentido também sejam informados. São conhecidas três formas diferentes de visualização de um campo de vento em duas dimensões: linhas de corrente, setas e barbelas. Todas estas formas são utilizadas também para a representação de dados observados.

As linhas de corrente – *streamlines* - são curvas orientadas (figura 9). De acordo com BENSON, 2004: “Uma linha de corrente é o caminho traçado por partículas sem massa à medida que se movem com o fluxo. A velocidade é tangente à linha em todos os pontos”. Nos modelos numéricos elas mostram a confluência e difluência atmosférica em diversos níveis atmosféricos, a presença de fenômenos como vórtices, sistemas de alta e baixa pressão e também o sentido e direção do escoamento atmosférico desde a superfície até o topo da troposfera.

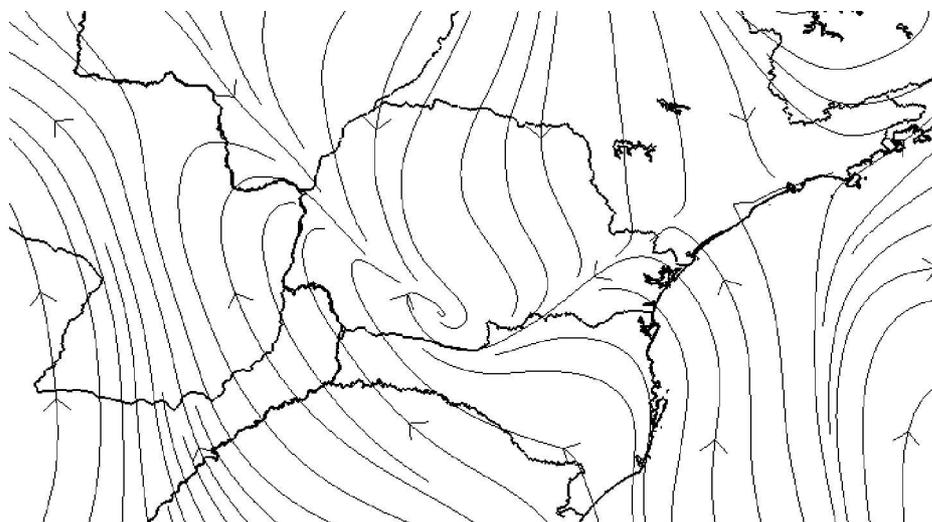


FIGURA 9 - LINHAS DE CORRENTE REFERENTES AO CAMPO DE VENTO

As setas são representações de valores pontuais do campo (figura 10). Apontam na direção e sentido da resultante do vento no plano e seu tamanho é função da intensidade.

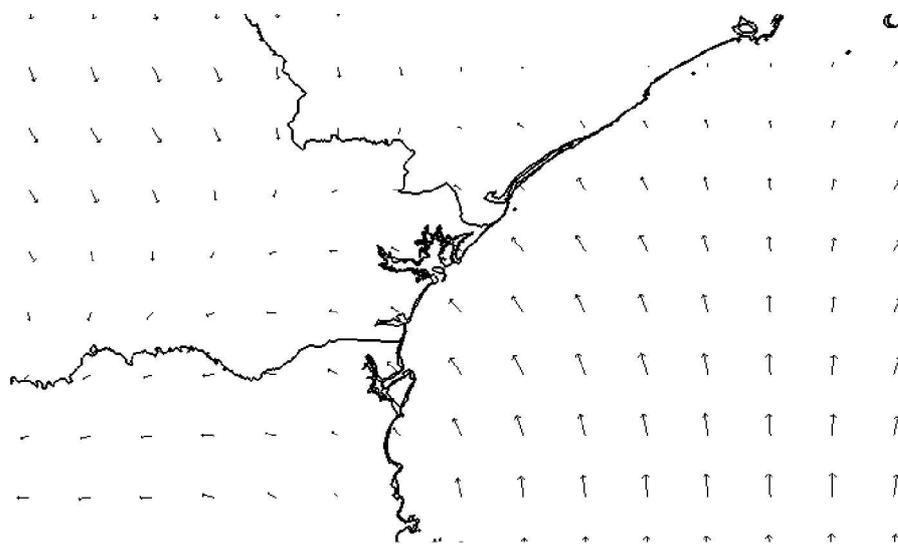


FIGURA 10 - SETAS REFERENTES AO CAMPO DE VENTO

As barbelas, assim como as setas, são segmentos de reta orientados (figura 11).

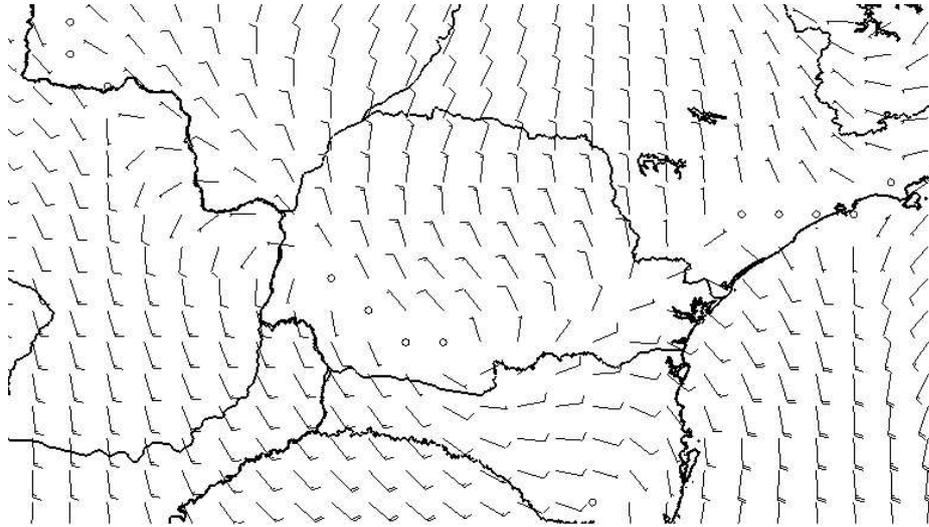


FIGURA 11 - BARBELAS REFERENTES AO CAMPO DE VENTO

As barbelas apontam na direção de onde o vento está soprando. Por exemplo, na figura 12 o vento está vindo do nordeste. A intensidade é indicada pelos traços na extremidade posterior. Um traço pequeno indica 5 nós, onde um nó equivale a 1,9 quilômetros por hora, um traço grande indica 10 nós e um triângulo equivale a 50 nós (BRAMER, 1999). Na figura 12 a intensidade do vento é de 15 nós.

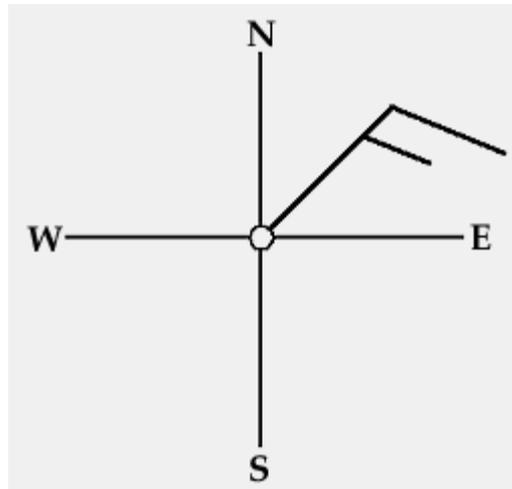


FIGURA 12 - BARBELA INDICANDO VENTO A NORDESTE COM INTENSIDADE DE 15 NÓS.

3.1.2 *Meteogramas*

Meteogramas são uma forma de representar a variação temporal de uma variável meteorológica em uma dada localização (figura 13). Este ponto pode coincidir ou não com os pontos de grade do modelo. Caso não coincida, o valor é estimado por interpolação. Este tipo de visualização é muito importante para o acompanhamento da evolução temporal das variáveis meteorológicas. Os dados usados podem ser provenientes tanto de modelos numéricos como de estações meteorológicas.

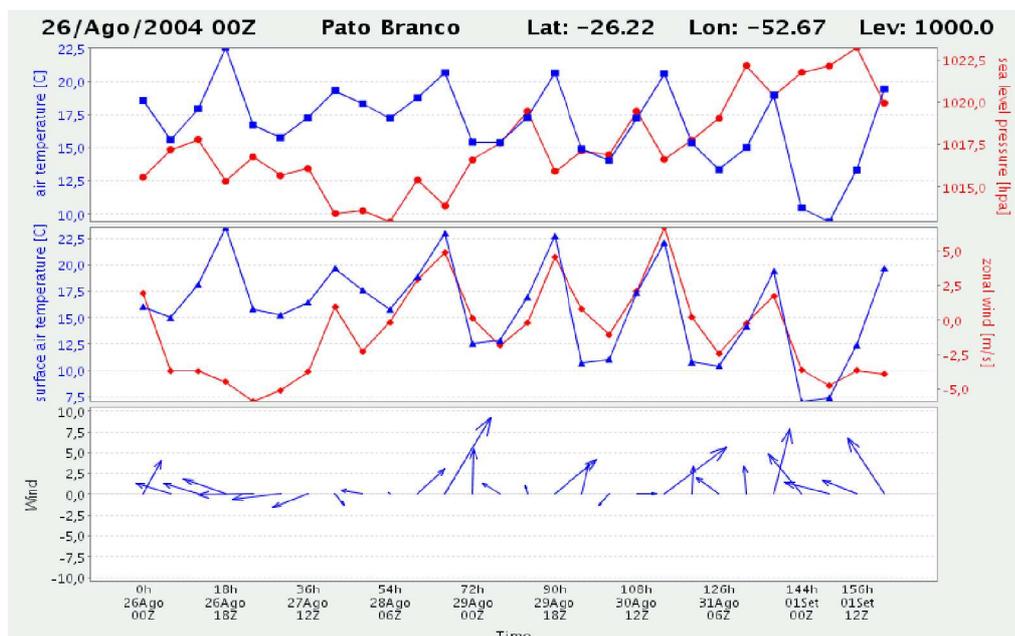


FIGURA 13 - METEOGRAMAS

3.1.3 Diagramas Termodinâmicos Skew-T – Log P

Diagramas termodinâmicos têm a finalidade de representar graficamente a estrutura vertical termodinâmica e cinemática da atmosfera, assim como possíveis transformações termodinâmicas que o ar atmosférico pode sofrer (VIANELLO, 2000).

Entre os diagramas termodinâmicos, o Skew-t – Log P é um dos tipos mais utilizados (figura 14).

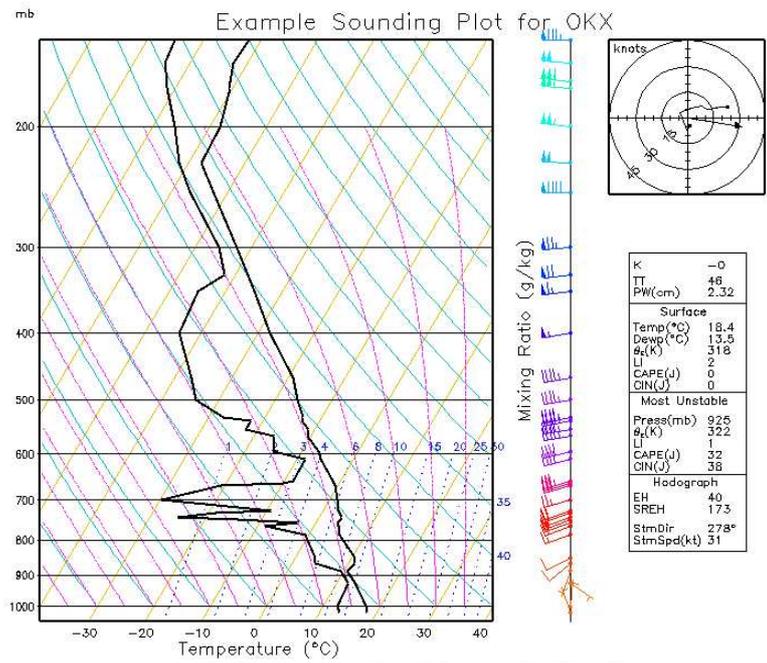


FIGURA 14 - DIAGRAMA SKEW-T

Neste diagrama as linhas horizontais são as isóbaras (igual pressão) e estão em escala logarítmica. As diagonais ascendentes da esquerda para a direita em linhas contínuas, em amarelo na figura, são as isotermas (igual temperatura). As diagonais descendentes da esquerda para a direita em linhas contínuas, em azul na figura, são as adiabáticas secas. As curvas descendentes da esquerda para a direita, em magenta na figura, são as adiabáticas de saturação. Por fim as diagonais ascendentes da esquerda para a direita em linha pontilhada são de valores constantes de taxa de mistura (HENRY, 1987).

O dados para a geração deste tipo de diagrama podem ser provenientes tanto de modelos numéricos quanto de medidas observacionais como radiosondagens e perfis gerados por satélites.

3.1.4 Matrizes de Densidade de Descargas Atmosféricas

Na previsão do tempo, o conhecimento da localização e do momento da ocorrência de descargas atmosféricas é usado como uma forma indireta para estimar a localização de tempestades. Os dados de cada descarga em individual são relevantes apenas no caso de previsões de curtíssimo prazo (*nowcast*), tipicamente menores que cinco horas.

Assim sendo, a forma mais apropriada para a utilização de dados desta natureza é a geração de matrizes de densidade. Estas matrizes são obtidas pela definição de uma grade associada a uma matriz cujos valores são o número de descargas detectadas na célula durante o período de consulta. Para monitoramento o período usado pode ser de alguns minutos até algumas horas. Matrizes com períodos maiores são usadas para outros fins, como planejamento energético. Na figura 15 é mostrada uma matriz de densidade gerada para o período de um ano.

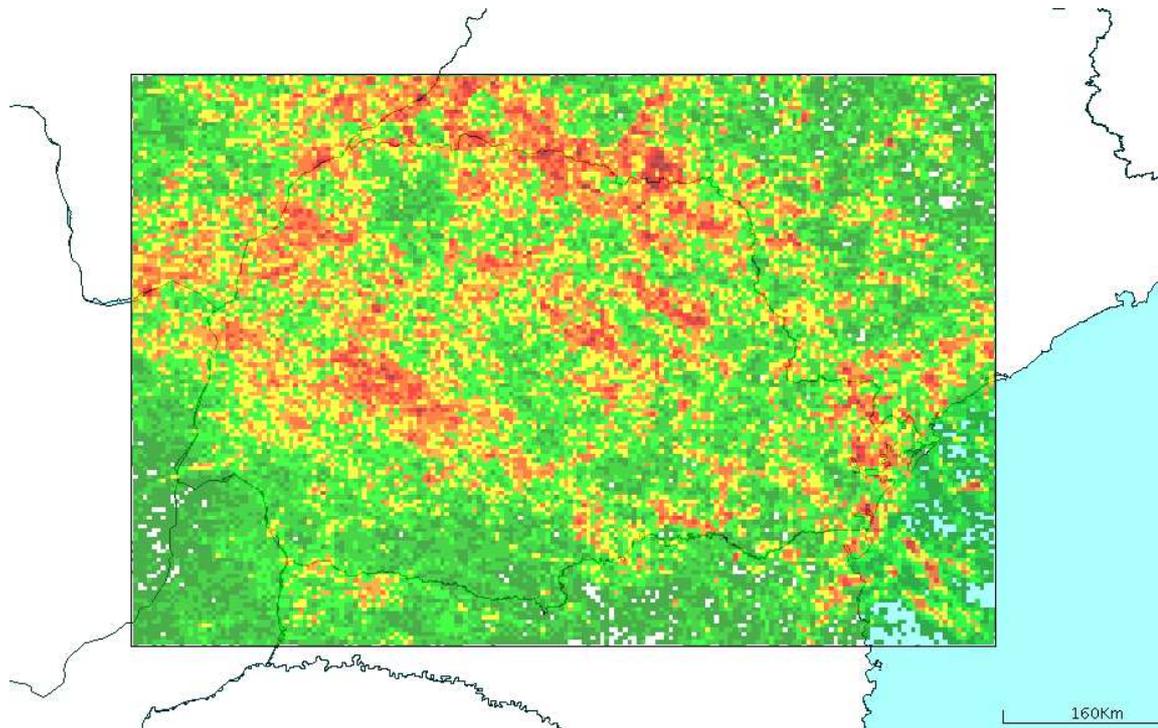


FIGURA 15 - MATRIZ DE DENSIDADE DE DESCARGAS ELÉTRICAS ATMOSFÉRICAS NO ESTADO DO PARANÁ NO ANO DE 2003.

3.1.5 Imagens de Satélite

A forma mais comum de tratamento de dados de satélite é por meio de matrizes de valores georreferenciados que indicam o grau de radiação captada pelos sensores dos satélites. Existem três faixas de radiação de interesse: Infravermelho 2, Infravermelho 4 e Visível (ver seção 2.2).

O principal método utilizado para visualização dos dados de satélite consiste em tratá-los como imagens (*bitmaps*), atribuindo aos valores uma escala de cores (figura 16). Em geral é usada uma escala de tons de cinza e, quando deseja-se ressaltar determinada faixa de valores de radiação, alguns tons são substituídos por cores fortes.

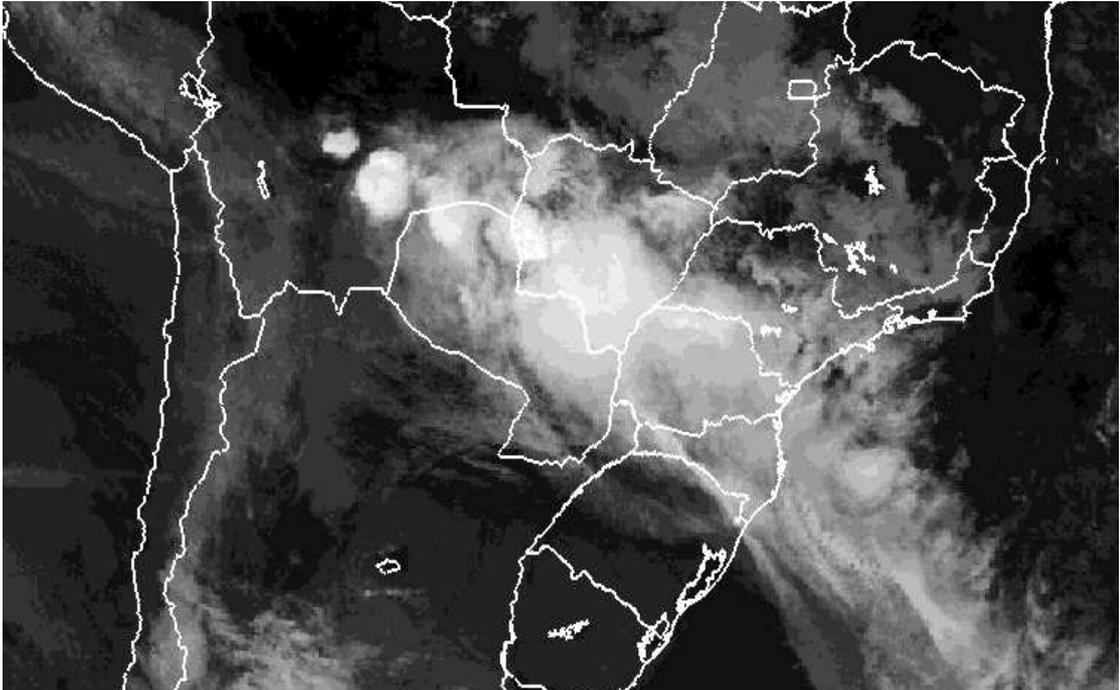


FIGURA 16 - IMAGEM DE SATELITE REPRESENTADA EM ESCALA DE NIVEIS DE CINZA

3.1.6 Isosuperfícies

As isosuperfícies são o equivalente tridimensional das isolinhas, isto é, superfícies desenhadas em um lugar do espaço onde o campo possui um mesmo valor.

Apesar de serem visualmente agradáveis, seu uso atualmente é limitado, já que não é possível a visualização de mais de uma isosuperfície, no mesmo campo, no mesmo instante, a não ser que se utilizem superfícies translúcidas. E mesmo com este recurso não é praticável o uso de mais de três superfícies simultaneamente.

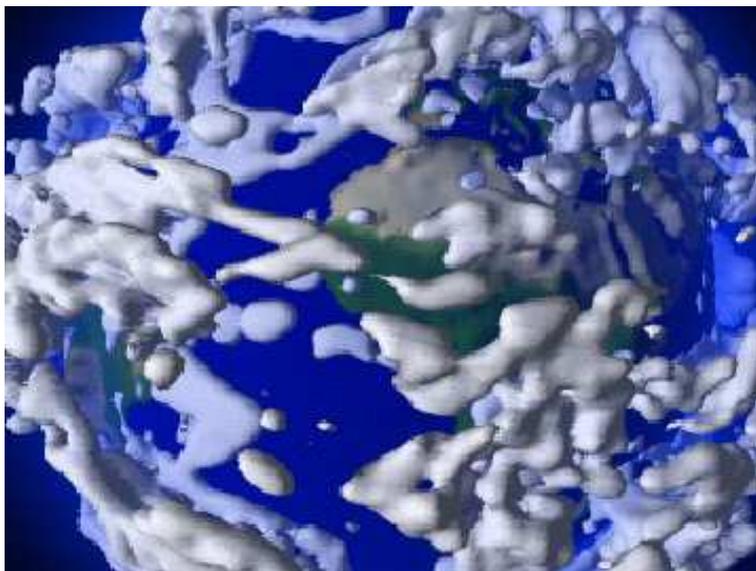


FIGURA 17 - ISOSUPERFÍCIES DE NEBULOSIDADE EM 15%

4 FERRAMENTAS DE SOFTWARE DISPONÍVEIS

No decorrer da história do desenvolvimento de ferramentas de *software* observou-se que aplicações executavam funções em comum, por exemplo ler e gravar arquivos, comunicar-se com máquinas remotas, armazenar as preferências do usuário. A implementação destas funcionalidades a partir das funções básicas oferecidas pelas linguagens de programação exigiam da equipe de desenvolvimento tempo e recursos que poderiam comprometer o desenvolvimento de um sistema.

Começaram então a surgir ferramentas que realizam ou facilitam a implementação desta infraestrutura comum, evitando assim o retrabalho e permitindo que o foco do desenvolvimento se volte para as funcionalidades da aplicação propriamente dita. Estas ferramentas são chamadas de *APIs* (*Application Programming Interface* – Interface de Programação de Aplicação) ou *Frameworks* (arcabouços) de desenvolvimento.

Atualmente existe um enorme número destas ferramentas. A seguir serão descritas brevemente as principais ferramentas pesquisadas para o desenvolvimento do Metvis.

4.1 Linguagens de Programação

Na pesquisa por linguagens de programação foram consideradas apenas as portáteis e com gerenciamento automático de memória. Abaixo são descritas Java e Python, por serem as mais utilizadas atualmente que cumprem estes quesitos.

4.1.1 Java

A principal vantagem da linguagem Java é a sua independência de plataforma. Esta independência é decorrente do fato de que a compilação¹¹ do programa Java gera arquivos com código binário chamado *bytecode*. Este *bytecode* pode ser lido e executado por um programa chamado Máquina Virtual Java, o que confere a portabilidade ao programa (figura 18).

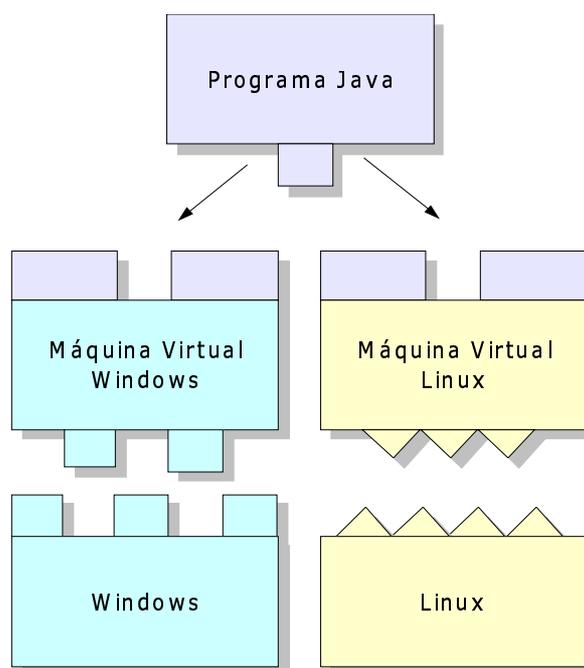


FIGURA 18 - A MÁQUINA VIRTUAL JAVA FUNCIONA COMO UMA CAMADA ENTRE O PROGRAMA E O SISTEMA OPERACIONAL

A Máquina Virtual Java é um programa compilado nativamente para cada plataforma. Para que um sistema operacional possa executar aplicativos escritos em Java basta que ele tenha uma implementação da Máquina Virtual instalada.

Outro fator importante da linguagem é a extensa API que ela oferece. As muitas bibliotecas que são distribuídas juntamente com a máquina virtual facilitam a resolução de problemas que, de outra forma, consumiriam boa parte do tempo de

¹¹ Compilação é o ato de converter o código fonte produzido pelo programador em código que possa ser lido e executado pelo ambiente de execução. Esta tarefa é executada por um programa denominado compilador.

desenvolvimento.

4.1.2 Python

Python¹² é uma linguagem orientada a objetos criada em 1990. O código Python pode ser interpretado ou compilado para *bytecode*, como em Java. Ela se destaca por possuir uma sintaxe muito clara e por ser de fácil aprendizado. Existem implementações de interpretadores Python para todos os principais sistemas operacionais.

4.2 Interface Gráfica com o Usuário

A interface gráfica com o usuário (ou GUI, do inglês *Graphical User Interface*) é um método de interação com o computador através de metáforas de manipulação direta de imagens e componentes gráficos com adição de texto (GRAPHICAL USER INTERFACE In:WIKIPEDIA, 2005).

Um *toolkit* de GUI fornece um conjunto de componentes e uma interface de programação para a construção de aplicativos gráficos.

4.2.1 Swing

O Swing é o *toolkit* padrão da linguagem Java para o desenvolvimento de interfaces gráficas. Possui uma grande variedade de componentes e apresenta aparência e comportamento consistente em diferentes plataformas.

Nas suas primeiras versões o Swing apresentava desempenho muito inferior aos *toolkits* gráficos nativos. Mas atualmente, depois de diversas melhoras de desempenho, e utilizando aceleração OpenGL quando disponível no sistema, o *toolkit* possui desempenho satisfatório para a grande maioria dos usuários.

12 <http://www.python.org>

Um dos aplicativos que utilizam o Swing mais extensamente é a IDE Java NetBeans, apresentada na próxima seção.

4.2.2 Plataforma NetBeans

A plataforma NetBeans é um *framework* para o desenvolvimento de aplicativos *desktop*¹³. Fornece muitos dos elementos e funcionalidades comuns a aplicativos gráficos como menus, barras de ferramentas, administração de preferências do usuário, janelas internas, atualizações automáticas e outros. A utilização da plataforma contribui para que se mantenha a consistência da usabilidade à medida que novas funcionalidades são incluídas.

A Plataforma NetBeans é um projeto derivado do NetBeans IDE¹⁴, um ambiente para desenvolvimento Java que, por ter sido concebido de forma altamente modularizada, tornou possível que todas as partes que executavam funções relativas ao desenvolvimento de software pudessem ser retiradas, deixando apenas o arcabouço, isto é, menus, barras de ferramentas, navegação, entre outros.

Na figura 19 é mostrada uma tela da Plataforma NetBeans sem nenhum módulo¹⁵.

13 Aplicativos executados na máquina do usuário, em oposição a aplicativos Web, que são executados remotamente, em um servidor.

14 <http://www.netbeans.org/products/ide/>

15 Um módulo no NetBeans é um componente de software que pode ser acoplado ao programa para adicionar funcionalidades novas (BOUDREAU 2002, pg 111).

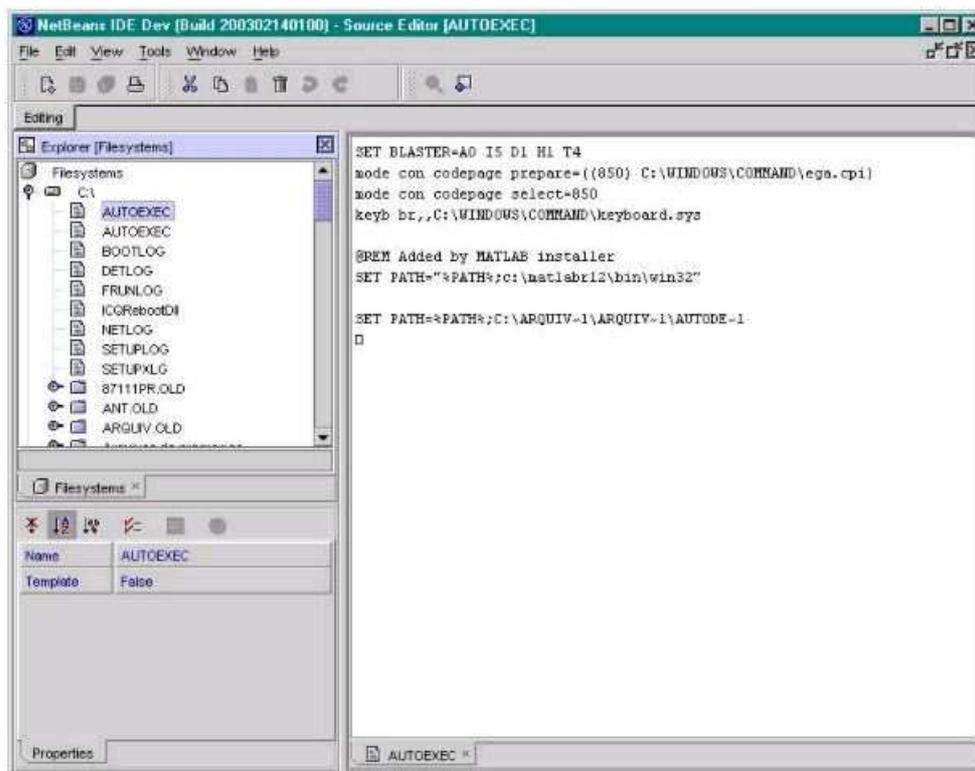


FIGURA 19 - PLATAFORMA NETBEANS SEM MÓDULOS ADICIONAIS

4.2.3 GTK+

O GTK+ (Gimp Toolkit - <http://www.gtk.org/>) é um *framework* para desenvolvimento de interfaces gráficas, e distribuído sob a GPL. Inicialmente desenvolvido para o programa gráfico GIMP¹⁶, tornou-se muito popular entre desenvolvedores UNIX e já possui uma implementação para Windows. É programada em C e possui *bindings*¹⁷ para Java, Python, Perl e Ruby (STONES e MATTHEW, 1999, p. 642).

Entre os aplicativos baseados em GTK+ mais conhecidos estão o ambiente *desktop* UNIX Gnome¹⁸ e o editor de imagens Gimp (figura 20).

16 GNU Image Manipulation Program – <http://www.gimp.org/>

17 Um *binding*, neste caso, é uma camada de abstração das chamadas de uma API para outra linguagem.

18 Por ambiente *desktop* entende-se um gerenciador de janelas e um conjunto de programas gráficos que oferecem ao usuário as principais funcionalidades de um computador pessoal. <http://gnome.org>



FIGURA 20 APLICATIVO GIMP EXECUTANDO EM AMBIENTE GNOME, AMBOS UTILIZAM O TOOLKIT GTK+.

4.2.4 QT

O QT¹⁹, assim como o GTK+, é um *framework* para criação de GUIs desenvolvido em C++ e com implementações disponíveis nos principais sistemas operacionais. É disponibilizado sob diferentes licenças de uso dependendo do sistema operacional. Possui *bindings* para Java, Python, C e Perl.

A aplicação baseada em QT mais conhecida é o ambiente *desktop* para Unix KDE²⁰, que engloba dezenas de aplicativos.

19 <http://www.trolltech.com/products/qt/>

20 <http://kde.org>

4.3 Visualização Científica

As ferramentas para visualização científica em geral fornecem ao usuário rotinas para a geração de representações gráficas de dados. Podem oferecer também ambientes para a geração de visualizações sem necessidade de programação e componentes gráficos para interação e manipulação direta.

4.3.1 VisAD

O VisAD²¹ (*Visualization for Algorithm Development*) é uma biblioteca para visualização interativa e análise de dados numéricos, oferecendo os seguintes recursos (HIBBARD, 1997):

- a) é programada inteiramente em Java;
- b) possui um modelo matemático geral que pode ser adaptado virtualmente a qualquer dado numérico, garantindo a consistência da visualização;
- c) oferece suporte a uma grande variedade de formatos de arquivos de dados como netCDF, HDF-5, FITS, HDF-EOS, McIDAS, Vis5D, GIF, JPEG, TIFF, Quick Time e ASCII;
- d) fornece componentes gráficos que suportam navegação 3D, plotagem de múltiplos dados, manipulação direta e realidade virtual;
- e) possui uma comunidade ativa com uma lista de discussão onde é possível a troca de informação com os próprios criadores da biblioteca;
- f) pode ser modificada e estendida, caso seja necessário, pois é distribuída sob a licença LGPL²², que é ainda mais permissiva que a GNU.

4.3.2 IBM Visualization Data Explorer (OpenDX)

É um software de computação gráfica utilizado entre outras coisas para

21 <http://www.ssec.wisc.edu/~billh/visad.html>

22 *Lesser General Public License*. Assim como a GPL, permite a livre distribuição e modificação, mas difere desta por permitir que bibliotecas liberadas sob a LGPL possam ser distribuídas com programas com outras licenças, inclusive comerciais (<http://www.gnu.org/copyleft/lesser.html>).

visualização científica (EARNSHAW, 1993). Era comercializado pela IBM até 1998, quando passou a ser distribuído sob a GPL. Segue uma filosofia de fluxo de dados (saídas de um módulo são entradas de outros, esses recursos são chamados de *pipeline*). Possui um editor visual de programas e várias ferramentas interativas para exploração de dados. Pode-se incluir o *Data Explorer* em um aplicativo, como um componente, ou usar as bibliotecas inclusas no pacote (SILVA, 2003).

4.3.3 Java3D

Java3D é uma API Java para a criação de gráficos tridimensionais. Ela está sendo apresentada em separado por suas características únicas e por não fazer parte da distribuição padrão do ambiente Java.

A maioria dos computadores pessoais atuais possuem placas gráficas com alto desempenho em gráficos tridimensionais. Esta aceleração é conseguida com a implementação em hardware de bibliotecas gráficas como *OpenGL*²³ e *DirectX*²⁴. No entanto, simplesmente portar as chamadas dessas bibliotecas para Java comprometeria a independência de plataforma, que é uma das principais propostas da linguagem.

Para que fosse possível tirar proveito da aceleração oferecida pelas placas gráficas sem perder a independência de plataforma, foi necessária a criação de uma nova camada que abstraísse as chamadas para as bibliotecas nativas. Esta camada é o Java3D.

Atualmente existem implementações de Java3D para Windows (DirectX e OpenGL), Linux (OpenGL) e MacOS X. A licença do Java3D permite que as implementações sejam distribuídas livremente junto com os aplicativos.

Além de possibilitar a portabilidade dos aplicativos, a API oferece um paradigma de programação orientado a objeto e integração com as outras APIs Java.

23 <http://www.opengl.org>

24 <http://www.microsoft.com/windows/directx/default.aspx>

4.3.4 VTK – Visualization Toolkit

O VTK é um sistema para computação gráfica, processamento de imagem e visualização bidimensional e tridimensional. Foi desenvolvido originalmente como parte de um livro homônimo. Consiste de uma biblioteca de classes em C++ com *bindings* para Java e Python. Possui suporte a dados escalares, vetoriais e tensoriais, além de rotinas de manipulação de dados como redução de polígonos, suavização de malhas e triangularização de Delaunay. O VTK funciona de maneira similar ao OpenDX: é criada uma *pipeline* de visualização conectando módulos de visualização. Entretanto, não há interface gráfica, os módulos são criados como objetos, com métodos do tipo *SetInput()* e *GetOutput()* (ERNVIK, 2002).

4.3.5 GrADS

O GrADS (*Grid Analysis and Display System*) é uma ferramenta amplamente utilizada para análise e visualização de dados ambientais. Existem implementações do GrADS para todas as versões populares do UNIX populares e para DOS, distribuídas livremente na Internet.

Através do GrADS é possível a manipulação dos dados e geração de representações gráficas por meio de expressões fornecidas por linha de comando. A ferramenta oferece também uma interface de programação e um interpretador *script*. Desta forma é possível a construção de interfaces gráficas (figura 21) a criação de rotinas automatizadas (DOTY, 1995).

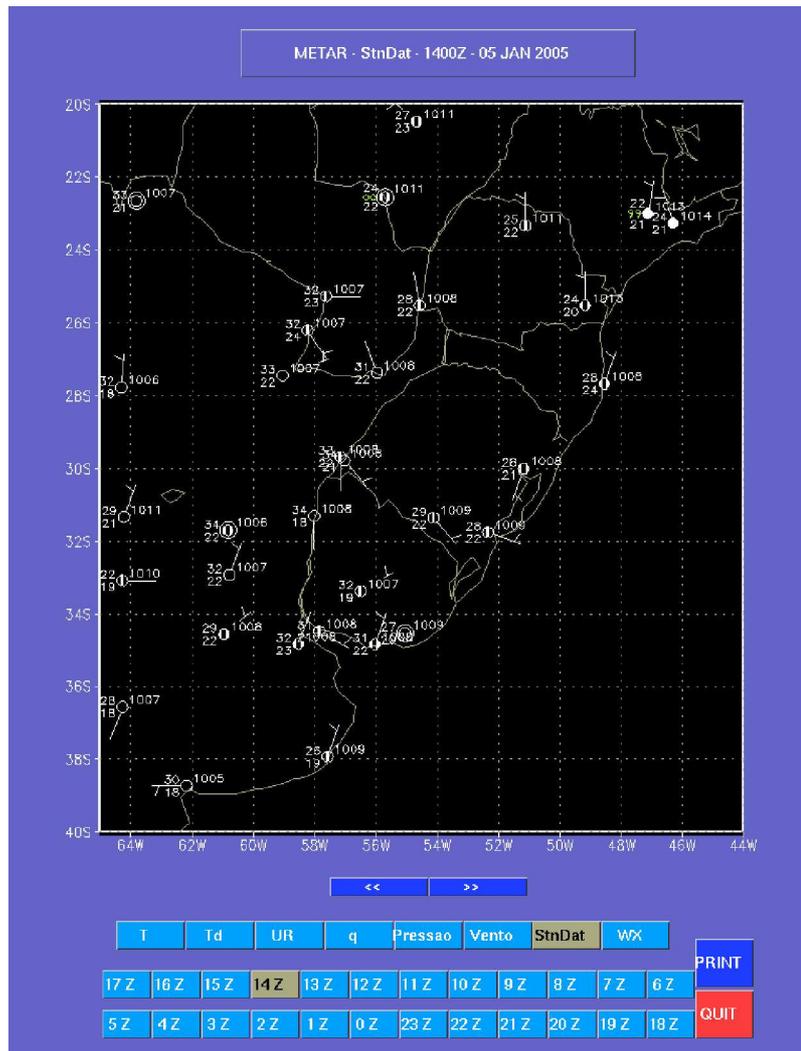


FIGURA 21 - APLICATIVO GRÁFICO DESENVOLVIDO UTILIZANDO O GRADS

4.4 Sistemas Distribuídos

As ferramentas disponíveis para problemas de sistemas distribuídos procuram resolver os problemas de transmissão de informações entre computadores fisicamente distantes.

4.4.1 Web Services

Web Services foram criados para facilitar a interação entre as aplicações na

Web, e a integração de diversas plataformas e modelos de programação existentes na Web (CUERBA et al., 2001).

Web Services são componentes de software criados a partir de conjuntos de protocolos e padrões abertos para computação distribuída na Internet definidos pela W3C – *World Wide Web Consortium*. A comunicação baseada nestes padrões permite que as aplicações descrevam o que fazem, podendo então chamar ou utilizar serviços de outras aplicações (SOWEK, 2002).

Em *Web Services* são utilizados padrões baseados em XML (*eXtensible Markup Language*), o que permite que sejam criados e acessados em qualquer plataforma e linguagem com suporte a XML.

4.4.2 SOAP

O SOAP (*Simple Object Access Protocol*), um dos padrões XML de maior crescimento, é utilizado para troca de informações em ambientes distribuídos e descentralizados (BOX, 2000). O SOAP encapsula a mensagem XML e transporta esta mensagem por meio de protocolos padrões, como o HTTP.

4.4.3 GDS - Grads Dods Server

O GDS (*Grads Dods Server*) é um servidor que utiliza o GRADS (seção 4.3.5) para ler os arquivos brutos do modelo e o protocolo do OpenNDAP/DODS para transmitir os dados gerados.

OpenNDAP/DODS, ou simplesmente DODS, é um projeto que visa facilitar a transmissão de dados científicos. Ele estabelece um protocolo de transmissão das informações, e isto possibilita que dados locais sejam acessíveis remotamente sem que o cliente necessite conhecer o formato em que os dados estão armazenados.

Na página do projeto²⁵ na Internet estão disponibilizadas implementações de clientes para o protocolo nas principais linguagens de programação atuais.

Além do GDS estão disponíveis para *download* vários servidores capazes de ler os diferentes tipos de dados e disponibilizá-los pelo protocolo DODS.

O funcionamento do GDS para dados de modelos numéricos está esquematizado na figura 22.

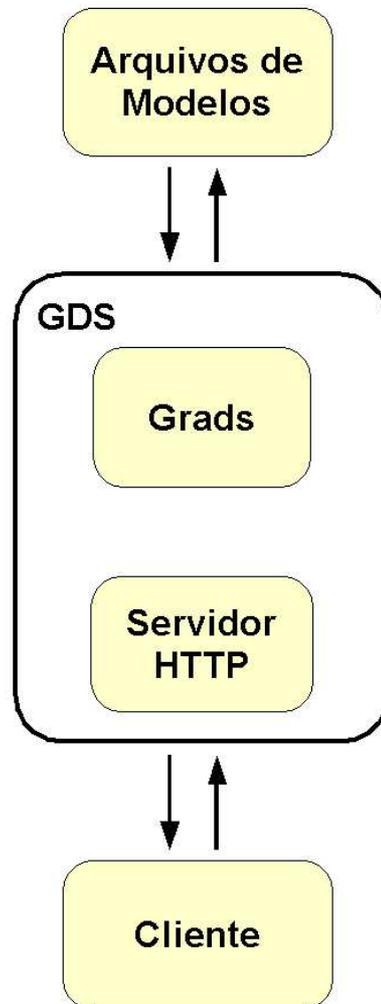


FIGURA 22 - FUNCIONAMENTO DO SERVIDOR GDS

25 <http://www.unidata.ucar.edu/packages/dods/>

5 O AMBIENTE DE VISUALIZAÇÃO

Neste capítulo é descrito o funcionamento e forma de operação do sistema desenvolvido neste trabalho, batizado de Metvis. Dentre as ferramentas listadas no capítulo anterior foram escolhidas as consideradas mais apropriadas. Na seqüência são discutidas a função de cada uma delas no sistema e a forma como se relacionam.

Também é apresentado o aplicativo propriamente dito, sua forma de utilização e os recursos implementados.

Na seleção das ferramentas que iriam integrar o Metvis, os principais requisitos verificados foram o código fonte disponível para livre modificação e distribuição e a independência de plataforma, esta última fundamental para a parte cliente. Outros critérios foram a simplicidade de uso e a base de usuários.

Ao fim do processo foram encontradas ferramentas adequadas para todas as principais funções do sistema que atendessem os requisitos supracitados. A única exceção foi a linguagem Java, mais especificamente a Máquina Virtual Java, que é distribuída sob uma licença que não permite sua livre modificação²⁶. Isto, porém, não foi considerado problemático, ao contrário, pois é a interpretação correta do aplicativo pela máquina virtual que garante a sua portabilidade.

5.1 Arquitetura do Sistema

Conforme já discutido na introdução, para possibilitar o acesso remoto aos dados ambientais, optou-se por uma arquitetura distribuída, do tipo cliente-servidor.

5.1.1 Servidor

O servidor é a parte do sistema que provê aos clientes informações na forma que eles possam tratar. No Metvis as principais atribuições do servidor são:

²⁶ http://java.sun.com/j2se/1.4.2/j2sdk-1_4_2_05-license.txt

- a) Manter-se disponível para atender a um ou mais clientes quando necessário;
- b) Fornecer a lista dos dados disponíveis quando requisitado;
- c) Ler os dados brutos e enviar ao cliente apenas a informação necessária, em formato conhecido por este;
- d) Alertar o cliente quando determinado dado não está disponível.

A forma de comunicação cliente-servidor escolhida para os dados de modelo e de densidade de descargas atmosféricas foi o protocolo DODS. O motivo desta escolha foi a estrutura matricial bidimensional desses dados, que é a estrutura principal utilizada pelo DODS. Por isso, para a disponibilização dos dados de modelos para os clientes foi utilizado um servidor GDS (ver seção 4.4.3) alimentado com os arquivos brutos de modelos meteorológicos (figura 23).

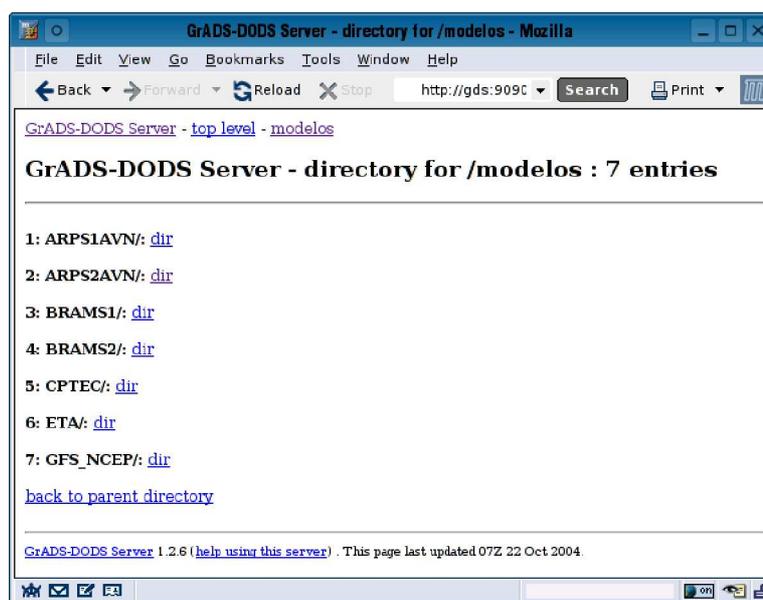


FIGURA 23 - LISTAGEM DE MODELOS NO SERVIDOR GDS

Desta forma, a partir das matrizes tridimensionais dos modelos, o GrADS extrai submatrizes, desta vez bidimensionais, que são enviadas ao cliente de acordo com suas requisições. Além dos campos presentes nos arquivos brutos, o GDS foi programado para calcular campos derivados a partir de transformações aplicadas aos campos iniciais.

No caso de dados pontuais, como estações meteorológicas, optou-se por usar um servidor SOAP.

Já para matrizes que não necessitam de um pré-tratamento no servidor como as de satélite e de radar, a disponibilização foi feita por um servidor FTP, de onde o cliente poderia transferir os arquivos. Para que o cliente pudesse identificar qual arquivo de dado deve ser transferido, convencionou-se nomear os arquivos com base no horário da medição do dado.

5.1.2 Cliente

O cliente é a parte do sistema que é executada no computador do usuário e com a qual ele interage diretamente. No Metvis as principais atribuições do cliente são:

- a) Conectar-se ao servidor e requisitar uma lista dos dados disponíveis;
- b) apresentar a lista ao usuário de forma conveniente;
- c) permitir que o usuário escolha a informação que deseja visualizar;
- d) requisitar ao servidor o envio dos dados escolhidos;
- e) apresentar os dados ao usuário de forma clara e permitir outros modos de visualização quando apropriado;
- f) possibilitar a exportação dos dados ou da sua representação gráfica para arquivos de formatos conhecidos, por exemplo JPEG²⁷.

A parte cliente foi inteiramente desenvolvida em Java, o que proporciona funcionamento consistente em qualquer sistema operacional com suporte à linguagem.

Sabe-se porém que, apesar dos esforços de seus desenvolvedores, a portabilidade do código Java não é totalmente garantida. Por isso, durante todo o processo de desenvolvimento, o cliente foi testado nos sistemas operacionais MS-Windows e GNU/Linux, que são os utilizados pela quase totalidade dos usuários. Neste processo foram constatadas algumas diferenças relevantes, principalmente com

²⁷ JPEG é um formato de compressão de imagens amplamente utilizado. Arquivos de imagens comprimidos neste formato em geral têm a extensão “.jpg” (JPEG In WIKIPEDIA, 2004).

recursos da API Java3D. Felizmente, por fim, todas as diferenças puderam ser contornadas ou minimizadas.

Como base para a construção da interface gráfica foi escolhida a plataforma NetBeans e, por consequência, o *toolkit* Swing. Ela permitiu a criação de um ambiente com janelas internas e uma barra lateral onde podem ser listados os modelos e demais fontes de dados de forma hierárquica.

Para a geração das representações gráficas propriamente ditas a biblioteca escolhida foi o VisAD que utiliza o Java3D que, por sua vez, faz uso da API OpenGL.

Tanto na escolha do VisAD quanto da Plataforma NetBeans, a necessidade da ferramenta ser em Java foi o fator determinante. Pesaram na escolha também os fatos de já haver familiaridade com as ferramentas e de o próprio desenvolvimento do VisAD ter sido feito objetivando a visualização de dados ambientais.

Como o formato para a transmissão dos dados de modelo foi o do protocolo DODS, foi embarcada no cliente do Metvis a biblioteca que possibilita a sua leitura.

Na figura 24 é mostrado um diagrama que ilustra a arquitetura geral do Metvis.

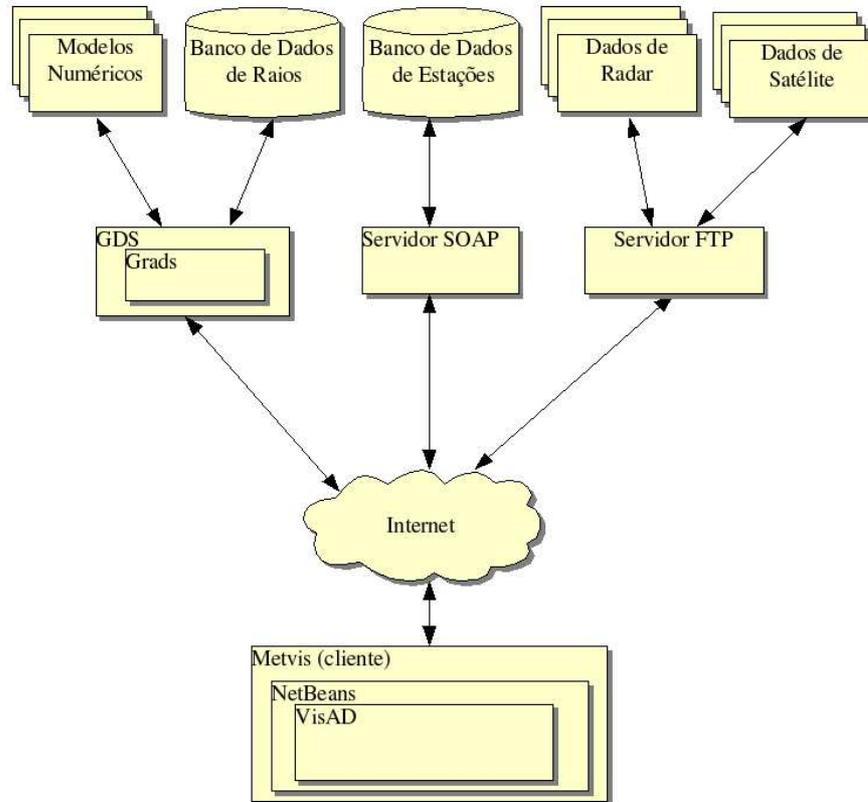


FIGURA 24 - ARQUITETURA GERAL DO METVIS

5.2 Uso do Aplicativo

Ao iniciar o Metvis pela primeira vez o usuário deve informar qual o endereço do servidor GDS na rede (figura 25), que pode ser relativo à Internet ou a uma intranet.

Com o endereço do servidor, o cliente irá solicitar as informações referentes aos modelos numéricos disponíveis e criará uma lista que será apresentada ao usuário sempre que o aplicativo for iniciado (figura 26).

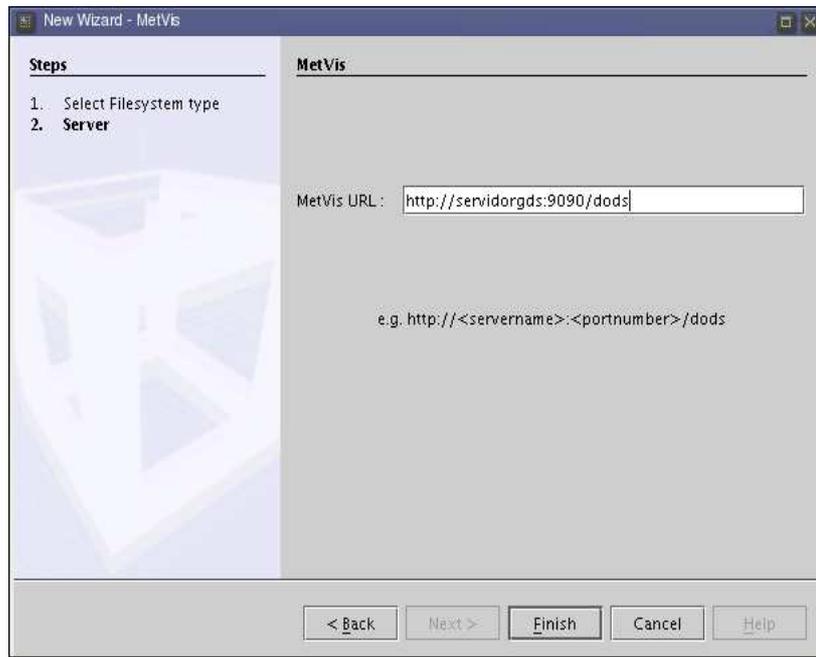


FIGURA 25 - CONEXÃO COM O SERVIDOR GDS.

As diferentes formas de se visualizar as informações dos modelos e de outras fontes - como imagens de satélite e dados de estações - e como todas podem ser integradas, serão discutidas a seguir.

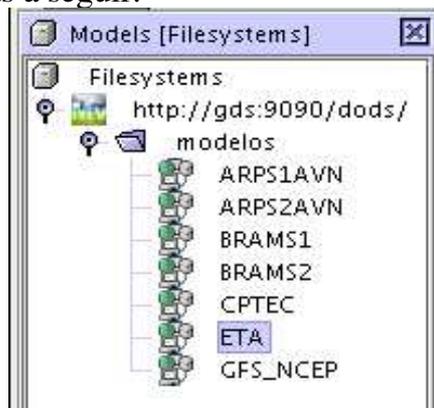


FIGURA 26 - EXEMPLO DE LISTA DE MODELOS NUMÉRICOS DISPONÍVEIS

5.2.1 Modelos Numéricos

Clicar em um dos modelos listados fará com que o Metvis abra uma janela interna contendo um *display* e controles relacionados a ele (figura 27).

Com os controles o usuário pode “navegar” entre as variáveis, níveis verticais, rodadas (ou execuções) e horários disponíveis para cada modelo. As variáveis e níveis podem ser selecionados por controles situados acima do *display* (figura 27), enquanto os horários e rodadas são acessados por duas listas de botões situadas logo abaixo do *display*.

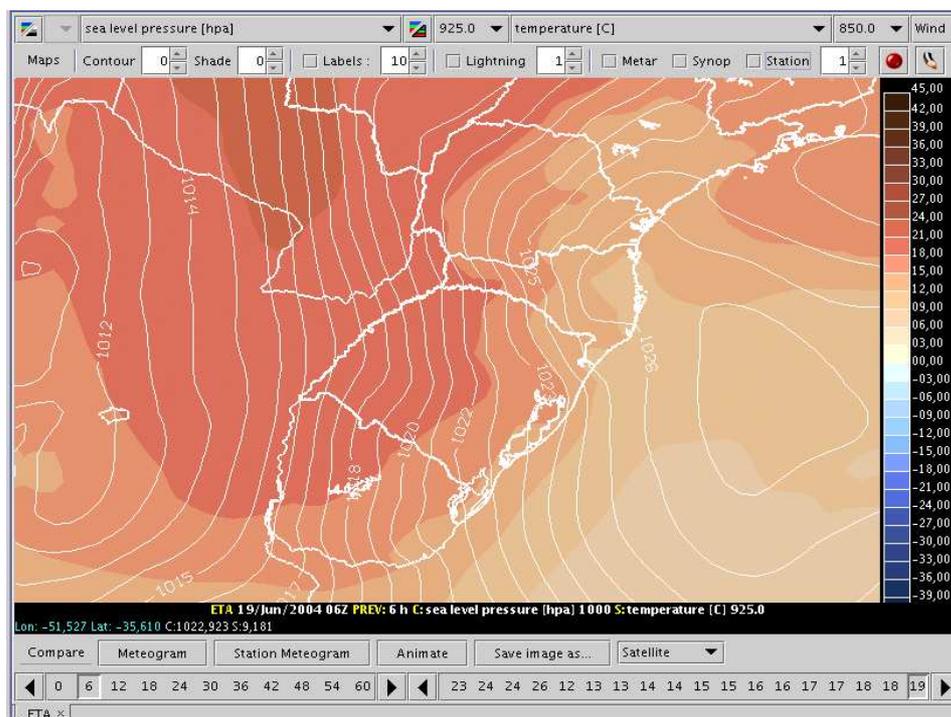


FIGURA 27 - DISPLAY DO METVIS MOSTRANDO O CAMPO DE PRESSÃO COMO ISOLINHAS E O DE TEMPERATURA COMO ISOFAIXAS

Todas as outras informações ambientais disponíveis são mostradas com base no horário selecionado no modelo. Isto é, se a opção de visualização de imagem de satélite estiver ativa, o Metvis mostrará de forma automática a imagem disponível para o horário selecionado.

Como a proposta do Metvis é a visualização das principais informações ambientais disponíveis, foram implementados no cliente todos os principais métodos de representação existentes: isolinhas, barbelas, setas e linhas de corrente.

É possível atribuir às representações escalas de cores pré-estabelecidas ou deixá-las monocromáticas. O Metvis proporciona escalas apropriadas pré-estabelecidas para as principais variáveis e, caso não possua, atribui à representação uma escala padrão. Na figura 28 é mostrada a visualização de um campo de umidade relativa do ar, onde a escala de cores ressalta os valores extremos.

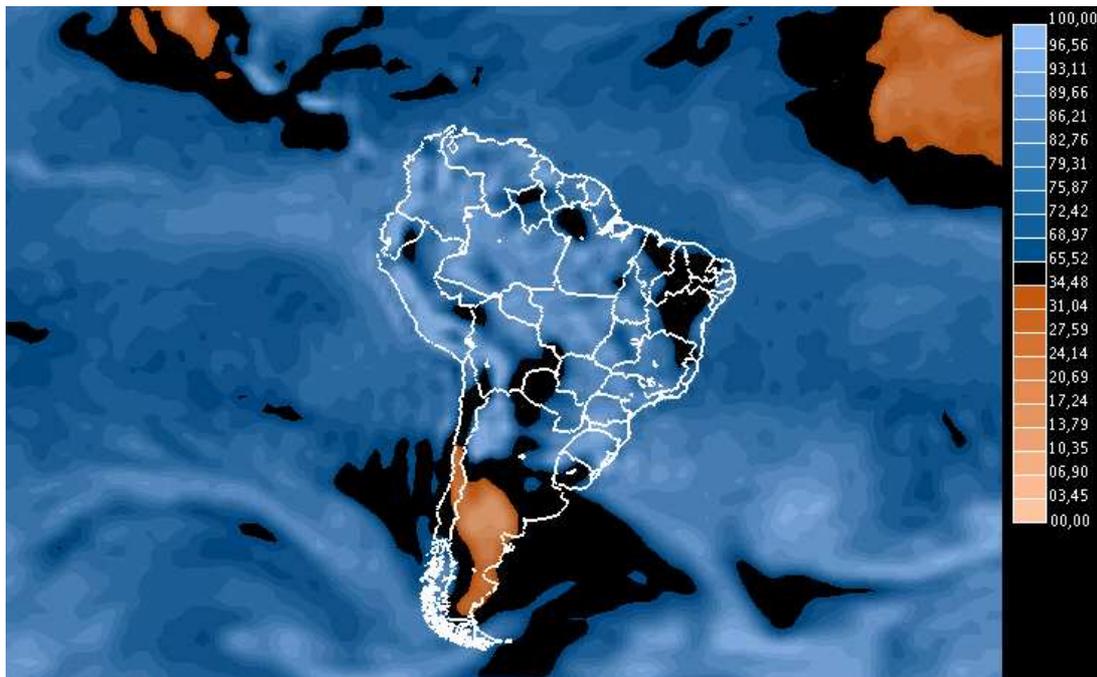


FIGURA 28 - ESCALA DE CORES PARA O CAMPO DE UMIDADE RELATIVA

5.2.2 Meteogramas

A geração de meteogramas no Metvis foi implementada de forma que o usuário possa relacionar duas ou mais variáveis em qualquer ponto da área coberta pelo modelo sendo visualizado. Para facilitar a escolha dos pontos de interesse foram adicionados pontos pré-selecionados de cidades do Brasil. O conjunto de meteogramas da figura 29, por exemplo, foi gerado para a cidade de Pato Branco – PR a partir de uma previsão do modelo do CPTEC.

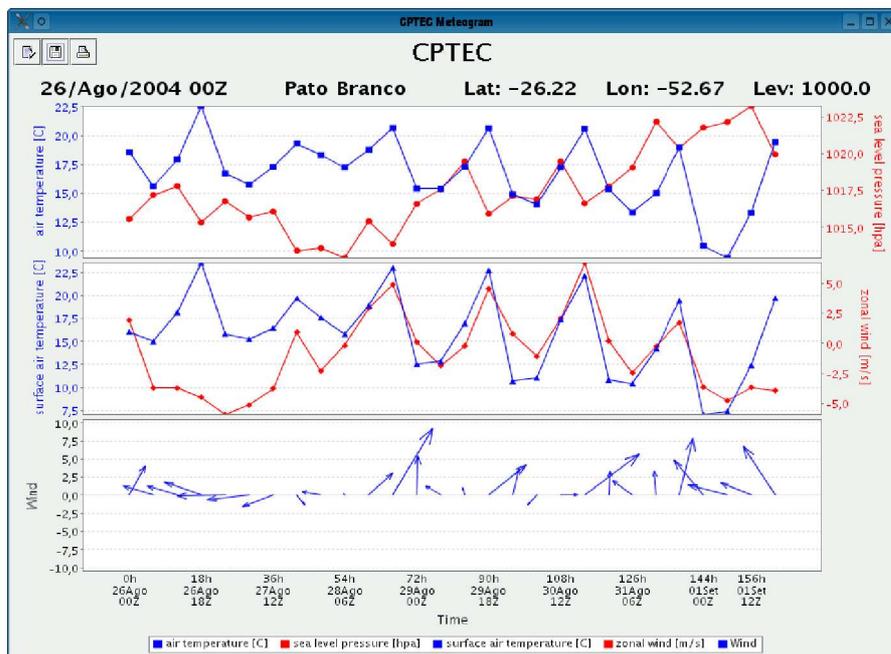


FIGURA 29 - METEOGRAMAS NO METVIS

5.2.3 Descargas Atmosféricas

Adotou-se para o Metvis o uso de matrizes de densidade de descargas. Nestas matrizes, cada elemento refere-se a uma célula retangular de uma malha georreferenciada, e o valor dos elementos é definido pelo número de descargas detectadas durante o período de interesse na sua respectiva célula. No Metvis as células de valor zero não são representadas, naquelas com valores maiores que zero é desenhado o símbolo estilizado de uma descarga (figura 30). Desta forma as regiões com descargas são detectadas facilmente, sem que com isso as informações subjacentes à matriz sejam ocultadas.

As matrizes são geradas no servidor e transmitidas por meio do protocolo DODS, da mesma forma que os modelos.

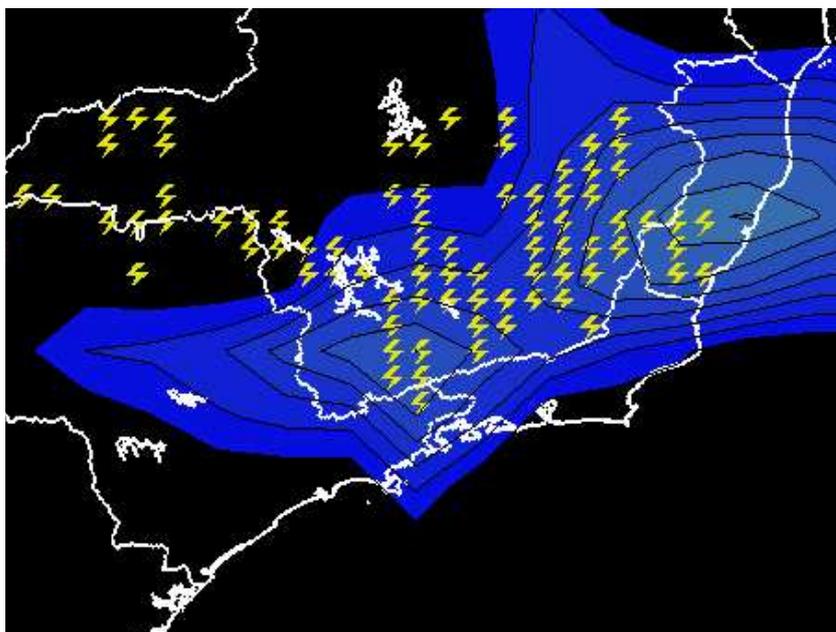


FIGURA 30 - REPRESENTAÇÃO DE UMA MATRIZ DE DENSIDADE DE DESCARGAS COM CAMPO PLOTADO COM ISOLINHAS PREENCHIDAS

5.2.4 Imagens de Satélite

Para a plotagem de imagens de satélite no Metvis optou-se por tratá-las como *bitmaps*, atribuindo aos valores de radiância uma escala de cores (figura 31). No momento são utilizados tons de cinza, preferido por meteorologistas; outros usuários preferem escalas com cores que ressaltem valores mais altos.

A navegação entre as imagens de satélite é feita em conjunto com a dos dados de modelo, isto é, se a opção de satélite estiver ativa, o Metvis irá automaticamente procurar a imagem disponível para apresentá-la.

As maiores dificuldades de se trabalhar com as imagens de satélite decorrem de suas dimensões, podendo passar de 2 milhões de *pixels*, o que deixa seu processamento custoso, tornando a navegação entre horários um processo com períodos demorados para o usuário.

O tamanho das imagens também é um obstáculo para sua transmissão via Internet, uma vez que, mesmo com o uso de compactação, o espaço ocupado por cada

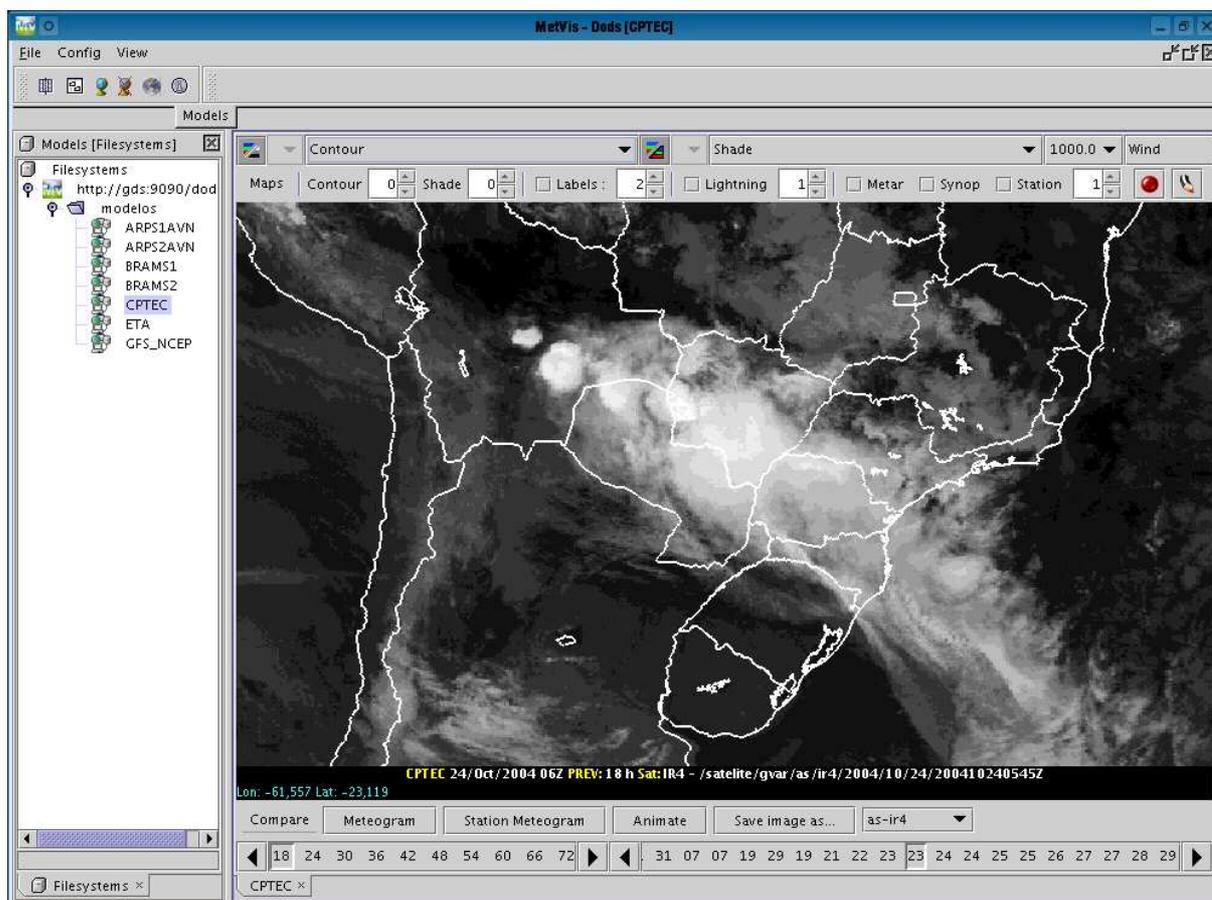


FIGURA 31 - EXEMPLO DE IMAGEM DE SATÉLITE NO METVIS

uma ultrapassa um *megabyte*. Até o momento, nenhuma solução satisfatória foi encontrada para este problema. O procedimento atualmente utilizado é a atualização periódica automatizada dos dados para algum dispositivo de armazenamento acessível ao usuário que ofereça boas taxas de transferência, por exemplo, o disco rígido do seu computador ou acessível por uma *Intranet*.

5.2.5 Radar Meteorológico

Para a inclusão da visualização de dados de radar no Metvis foi possível a reutilização de código de outro software desenvolvido anteriormente para este fim (CALVETTI et al, 2002). Desta forma o tempo de desenvolvimento pôde ser significativamente reduzido.

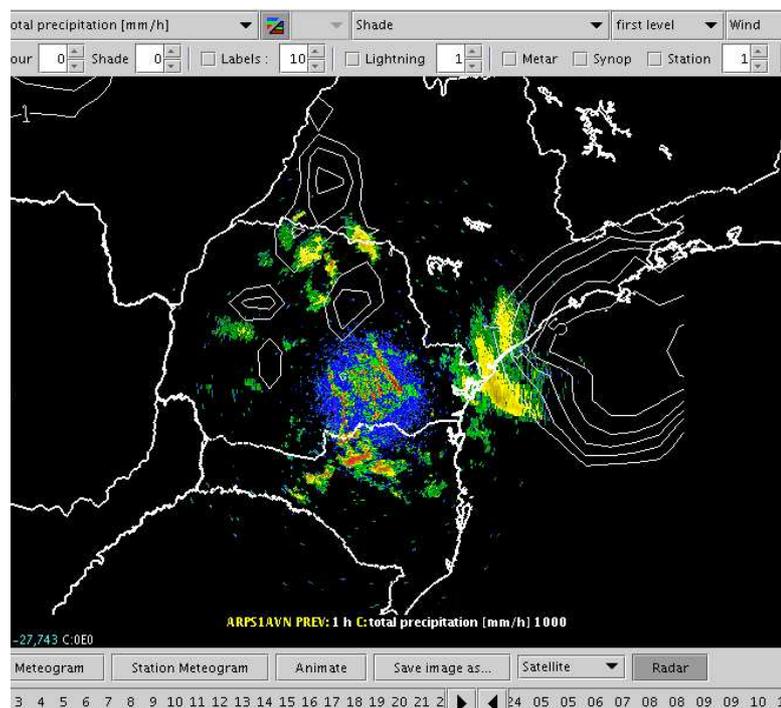


FIGURA 32 - VISUALIZAÇÃO DE IMAGEM DE RADAR METEOROLÓGICO

O dado representado é a medida de refletividade do sinal do radar. Foi adotada uma escala de cores que ressalta faixas de intensidade alternando entre cores com contraste (figura 32).

Para o usuário o processo de visualização das imagens de radar é semelhante ao utilizado para as imagens de satélite: quando a opção de Radar está selecionada o Metvis pesquisa pela imagem com horário mais próximo do dado de modelo sendo visualizado.

5.2.6 Estações Meteorológicas

Na visualização dos dados de estações meteorológicas foi utilizada a simbologia padronizada para este tipo de dado, como mostrado na figura XX

Assim como as outras informações, o horário do de coleta mostrado é o mesmo que o do modelo selecionado.

5.2.7 Animação

Na Visualização Científica, a animação tem o objetivo de auxiliar na compreensão do comportamento de uma variável com a variação de outra, em geral o tempo. Muitos dos fenômenos ambientais de interesse necessitam deste tipo de observação.

A necessidade de se gerar várias imagens por segundo faz da animação um método computacionalmente custoso. Mas caso seja inviável a geração em tempo real é possível dividir a tarefa em duas etapas, uma para a geração das imagens e outra para apresentá-las ao usuário.

A princípio, pensou-se que a forma de navegação oferecida pelo Metvis era suficiente para proporcionar experiência equivalente à da animação automatizada, com a vantagem de permitir pausas em horários mais significativos. Entretanto, constatou-se que a estratégia de requisitar os dados ao servidor somente quando necessário acabava por impedir uma navegação rápida o suficiente para proporcionar ao usuário a percepção de uma transição imediata entre horários.

Foi então criada uma funcionalidade específica para a geração de animações no Metvis, onde todo o conjunto de dados necessário para a animação é requisitado ao servidor e armazenado localmente antes do início desta, permitindo que a velocidade de transição dos quadros seja alta o suficiente para garantir animações suaves (figura 33).

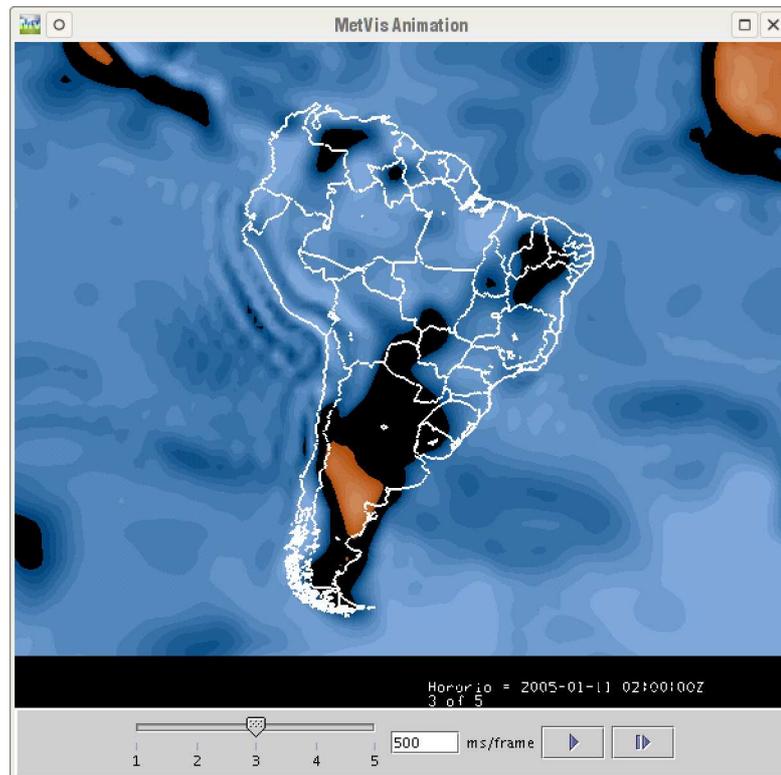


FIGURA 33 - EXEMPLO DE UMA JANELA DA ANIMAÇÃO

Um problema verificado nesta abordagem é que todos os dados devem ser armazenados na memória de rápido acesso da máquina (*RAM*) antes que a animação seja iniciada, memória esta que pode ser insuficiente caso o usuário opte por um período de dados muito longo. Este fato é mais preocupante do que possa parecer à primeira vista, uma vez que não é possível calcular precisamente o espaço que a animação ocupará na memória, o que impossibilita que sejam feitas verificações antes do início do processo. E caso a memória se esgote, a animação falha em começar e o programa torna-se instável. Uma possível solução seria criar uma restrição fixa no número máximo de quadros, estimada empiricamente, mas esta abordagem prejudicaria usuários de máquinas mais capazes, que ficariam impossibilitados de usar todo o seu potencial.

Uma alternativa possível para contornar o problema é fazer com que o Metvis gere arquivos em algum formato de vídeo que possa ser lido e apresentado por outros

aplicativos próprios para a função. Para se reproduzir um vídeo não é necessário carregar todos os quadros antes do início da animação, já que se trata de um conjunto de imagens que podem ser lidas à medida que se tornam necessárias. A desvantagem desta abordagem está justamente na conversão dos quadros em imagens, que impossibilitaria recursos disponíveis atualmente, como a consulta de valores nos campos e a mudança de parâmetros sem que seja necessária a interrupção da animação. Mas a geração de um arquivo de vídeo portátil, que pode ser disponibilizado na Internet ou enviado a emissoras de TV, é um recurso cuja importância pode, por si só, ser justificada, mesmo que o problema de memória, citado acima, já esteja solucionado.

5.2.8 Exportação de Dados

Um recurso muito apreciado no Metvis por parte dos usuários foi a possibilidade de se armazenar uma imagem do *display* na forma de um arquivo em formato JPEG. Desta forma, as visualizações de dados ambientais podem ser arquivadas e utilizadas em laudos meteorológicos, estudos, apresentações, entre outros.

5.3 Usuários

Os usuários-alvo do Metvis podem ser divididos em dois grupos: pesquisadores e meteorologistas previsores. Ambos possuem conhecimento meteorológico e familiaridade com os dados apresentados, mas têm suas atividades com foco diferente.

Em geral, as atividades de pesquisa envolvem o estudo de um fenômeno específico, ou um conjunto de fenômenos similares, com o objetivo de melhor compreendê-los. No caso de modelos, geralmente se busca comparar o que foi previsto com o que foi registrado, a fim de melhorá-los. Os dados utilizados costumam ser mais antigos e existe maior interesse na variedade de formas de visualização, como as tridimensionais. A atividade do pesquisador implica em experimentar tecnologias

novas, e a pressão por prazos é pequena, o que o torna mais tolerante a problemas e imprevistos.

O meteorologista, por outro lado, trabalha com dados recentes. A previsão meteorológica precisa ser feita todos os dias, já nas primeiras horas da manhã. Durante o resto do tempo o meteorologista se ocupa de monitorar a situação, confeccionar laudos e relatórios, atender interessados, e, se for o caso, alertar órgãos públicos como a Defesa Civil. A qualidade da previsão é posta à prova diariamente, e os prazos, por sua vez, são menores. A consequência desses fatores é que uma ferramenta para meteorologistas precisa ser robusta e simples de operar e com o maior número de informações possível.

Para atender com sucesso a estes dois grupos o desenvolvimento foi orientado por uma filosofia de tornar as tarefas mais frequentes fáceis de serem realizadas e as tarefas mais raras, possíveis.

6 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Por ter sido desenvolvido dentro do SIMEPAR, onde previsões meteorológicas são elaboradas diariamente, o Metvis pôde ser testado por meteorologistas e pesquisadores já em suas primeiras versões. Desta forma, críticas e sugestões ajudaram a guiar o seu desenvolvimento.

6.1 Estratégia de Implantação

Assim que a primeira versão utilizável foi concluída, ela foi instalada em um computador na sala de monitoramento e previsão do SIMEPAR. Na ocasião, explicou-se aos meteorologistas que se tratava de uma versão ainda em desenvolvimento (*beta*), que certamente haveria problemas, e que elas deveriam ser reportados à equipe de desenvolvimento. Foi ressaltado que a partir de críticas e sugestões o aplicativo seria moldado, e que os principais beneficiados seriam eles, os usuários. Da mesma forma o Metvis foi disponibilizado aos pesquisadores que demonstraram interesse em utilizá-lo.

No decorrer do processo, as versões instaladas eram atualizadas constantemente. Desta forma, foi possível obter o retorno dos usuários durante todo o processo de desenvolvimento, o que permitiu que más decisões de projeto e erros de programação (*bugs*) pudessem ser corrigidos à medida que surgissem. Quanto mais cedo no processo de desenvolvimento um erro é detectado, menos trabalhosa é a sua correção.

Foi elaborado também um manual do usuário, que descreve as funcionalidades já implementadas do sistema (Apêndice 1).

6.2 Problemas Encontrados

O primeiro problema apontado pelos usuários foi em relação ao tempo necessário para o aplicativo abrir um *display* (janela interna) de um modelo,

considerado excessivo. A demora é conseqüência da necessidade de se buscar no servidor todas as informações de variáveis e horários disponíveis para o modelo selecionado para que o *display* possa ser iniciado. Como este tempo não podia ser reduzido, a solução encontrada foi criar uma tela com uma mensagem de espera de forma que o usuário percebesse que o programa estava realizando uma tarefa de busca trabalhosa e que a demora era natural. Este recurso, que é muito utilizado em navegadores web, mostrou-se eficiente e o problema foi dado como resolvido.

Percebeu-se também que os usuários não costumavam fechar o *display* referente a um modelo quando abriam um segundo, mesmo quando aquele não era mais necessário, resultando em vários *displays* ativos ao mesmo tempo. Como o *display* é o componente que mais utiliza memória no aplicativo, este comportamento prejudicava o desempenho. Para que este hábito fosse minimizado, os usuários foram orientados a não proceder desta forma e foram colocadas as recomendações referentes no manual.

Acreditava-se no início do desenvolvimento que um aplicativo organizado em uma janela principal com uma área interna onde residem janelas internas, conhecido como MDI (Multiple Desktop Interface) ofereceria maior flexibilidade ao usuário e facilitaria futuras extensões, uma vez que bastaria inserir uma nova janela interna com as novas funções, que poderia ser colocada onde o usuário decidisse ser mais conveniente. Mas o que se constatou é que o paradigma MDI impõe complexidade adicional à operação do aplicativo, uma vez que é necessário administrar as janelas internas. Além disso, este paradigma permite que usuários menos atentos cometam erro de abrirem vários *displays*, como mencionado anteriormente.

Uma questão que gerou muitos pedidos de alterações por parte dos usuários foram as escalas de cores escolhidas para cada variável. Apesar da implementação de um editor de escalas de cores não ser uma tarefa trivial, esta opção deve ser considerada no futuro.

Apesar de uma funcionalidade para a criação de gráficos tridimensionais ainda

não ter sido incluída, acredita-se que, do ponto de vista gráfico, a mesma poderá ser implementada sem a necessidade de grandes alterações, uma vez que na biblioteca VisAD a forma de tratamento de dados tridimensionais é idêntica à usada em dados bidimensionais. O acesso remoto aos dados, porém, irá necessitar de maior quantidade de trabalho, pois a possibilidade de edição e criação de escalas de cores consumiria muito tempo de desenvolvimento. Este recurso foi, portanto, preterido em favor de outros, considerados mais importantes. Para compensar esta carência, as escalas para cada variável foram escolhidas cuidadosamente com base em conversas com usuários. Ainda assim, pretende-se incluir este recurso em versões futuras.

7 ESTUDO DE CASO

A fim de avaliar a contribuição do Metvis para as tarefas de meteorologistas e pesquisadores, foi realizada uma pesquisa, do tipo estudo de caso (YIN, 2001).

7.1 Implementação

O objetivo do estudo foi identificar:

- a) as informações que passaram a ser acessadas pelo Metvis, isto é, o impacto no trabalho;
- b) a satisfação com o desempenho e recursos do sistema;
- c) os problemas encontrados pelos usuários e
- d) o benefício trazido pelo sistema.

O alvo do estudo foram os meteorologistas e pesquisadores do Instituto Tecnológico SIMEPAR e o levantamento de dados foi feito de duas maneiras: observações diretas e questionários.

As observações se deram no ambiente de trabalho dos usuários e visaram a compreensão da forma de uso do sistema pelos usuários.

No questionário, composto por 39 perguntas distribuídas em quatro partes (Apêndice 2), o usuário opina sobre a importância que o Metvis tem no seu trabalho, a qualidade dos recursos do aplicativo e a importância da inclusão de futuros recursos. A pesquisa foi aplicada em seis usuários, sendo quatro meteorologistas e dois pesquisadores.

7.2 Resultados

A partir das observações diretas foi possível verificar que a grande maioria, se

não todos, os tipos de dados oferecidos pelo aplicativo são utilizados pelo usuários, fato explicado pela necessidade de se entender o estado do ambiente da melhor forma possível. Também foi possível identificar muitos pontos onde a interface gráfica pode ser aperfeiçoada. Por exemplo, a ordem dos campos apresentada nas listagens para isolinhas e isolinhas preenchidas poderia ser ordenada por frequência de acesso ao invés de alfabeticamente.

Os resultados dos questionários confirmaram a hipótese levantada no parágrafo anterior, isto é, que nenhum dado disponível é ignorado, foi confirmada. As respostas também indicaram que o desempenho poderia ser melhorado, assim como a disponibilidade de horários dos modelos.

8 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi apresentar um sistema que permitisse a visualização e análise de informações atmosféricas que pudesse ser operado mesmo fora dos centros de meteorologia e que auxilia tanto o processo da elaboração de previsão do tempo quanto o entendimento de fenômenos específicos.

Portanto, foi aqui apresentado o aplicativo Metvis, desenvolvido para a visualização e análise de informações ambientais disponíveis remotamente.

Em adição a isso foi conduzido um estudo de caso a fim de avaliar a aceitação do usuário ao aplicativo e novos rumos de desenvolvimento.

8.1 Propostas para Trabalhos Futuros

Os principais objetivos na continuidade do desenvolvimento do Metvis são a implementação das outras formas de representação de dados mostradas no capítulo 3 (Skew-T, seção vertical, etc), e a implementação de soluções para os problemas descritos abaixo.

Por ser um tipo de diagrama peculiar, a ferramenta escolhida (*VisAD*) não oferece recursos prontos para a geração de diagramas termodinâmicos do tipo Skew-t - LogP. Claro que o fato do *VisAD* ser uma ferramenta livre permite que ele seja estendido de modo a gerar este tipo de gráfico, mas esta seria uma tarefa complexa, que demandaria um considerável tempo, não disponível no período de desenvolvimento.

Apesar de uma funcionalidade para a criação de gráficos tridimensionais ainda não ter sido incluída, acredita-se que, do ponto de vista gráfico, ela poderá ser implementada sem a necessidade de grandes alterações, uma vez que na biblioteca *VisAD* a forma de tratamento de dados tridimensionais é idêntica à usada em dados

bidimensionais. O acesso remoto aos dados, porém, irá necessitar de maior quantidade de trabalho, pois o protocolo DODs permite a geração apenas de matrizes bidimensionais. Desta forma, para a composição de uma representação tridimensional seria necessária a geração de um conjunto de matrizes bidimensionais e, conseqüentemente, de uma série de requisições de dados ao servidor, como ocorre com a criação de animações. Estas operações iriam demandar um maior período de tempo, que inviabilizaria a navegação da forma como é feita com os dados bidimensionais. Uma solução seria adotar estratégia semelhante à usada em animações, onde a totalidade dos dados necessários é previamente carregado localmente e então é aberta uma nova janela que apresenta todo o conjunto.

Um problema que ainda não pôde ser resolvido no Metvis é a suavidade das isolinhas. Como pode ser notado na figura 34, a interpolação feita pelo VisAD gera curvas com arestas, o que dá um aspecto grosseiro à imagem.

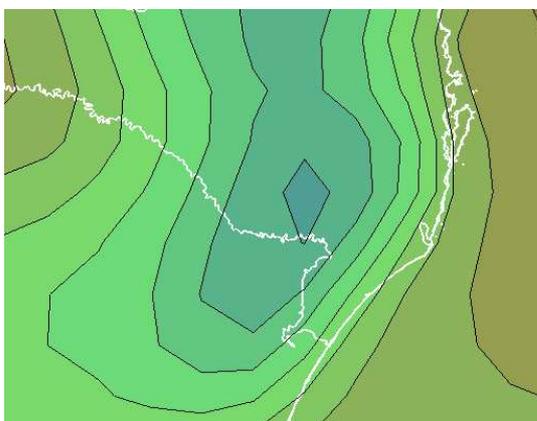


FIGURA 34 - CURVAS COM SUAUIZAÇÃO DEFICIENTE

Como o VisAD não oferece a funcionalidade de suavização de curvas, a solução encontrada foi utilizar o Grads para suavizar as matrizes no servidor, quando o usuário achasse conveniente. Para isso foi incluída na barra de ferramentas do *display* um componente para controlar o grau de suavidade desejado para contorno e sombreado.

Esta solução mostrou-se eficaz, mas possui o inconveniente de necessitar que a matriz seja retransmitida pelo servidor. Por isso duas alternativas estão sendo estudadas: a primeira seria re-amostrar o campo para aumentar a densidade de pontos, outra, um pouco mais trabalhosa, seria alterar a função de criação de isolinhas do VisAD.

REFERÊNCIAS

- BENETI, C. A. A., VASCONCELLOS, C. A. **SisRaios** – Um Sistema Interativo de Análise e Visualização de Descargas Atmosféricas; Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu, PR. 2002
- BENETI, C., VASCONCELLOS, C., SATO, F. **A Web Based Application for Lightning Analysis and Thunderstorm Forecasting**. - 17th International Lightning Detection Conference. Tucson, Arizona, Estados Unidos, 2002. Disponível:
<http://www.lightningstorm.com/ls2/about/events/ildc/ildc2002/papers/24_Vasconcellos.pdf> Acesso em novembro de 2004.
- BENSON, T. **Definition of Streamlines - Beginner's Guide to Aerodynamics**, Última atualização: 26/02/2004. Disponível em <<http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/stream.html>> Acesso em novembro de 2004.
- BENT, R. S.; LYSON, W. A. **Theoretical evaluations and initial operational experiences of LPATS (Lightning Positioning and Tracking System) to monitor lightning ground strikes using a time-of-arrival (TOA) technique**. In: International Conference on Atmospheric Electricity, 7., Albany, 1984. Proceedings. Albany: American Meteorological Society, 1984. p. 317-324.
- BOUDREAU, T. et.al. **NetBeans: The Definitive Guide**; editora O`Reilly. pg. 111. O`Reilly, 2002
- BOX, D. et al. **Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1**. World Wide Web Consortium (W3C), 2000. Disponível em: <<http://www.w3c.org/TR/SOAP>>. Acesso em novembro de 2004.
- BRAMER, D. **Observed Winds represented by wind barbs**. WW2010 Online Guides, 1999. Disponível em: <[http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/maps/sfcobs/wnd.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/maps/sfcobs/wnd.rxml)>. Acesso em novembro de 2004.
- CALVETTI L., BENETI C. e ZANDONÁ C. A. **Sistema Integrado de Análise e Visualização de Dados de Radar Meteorológico Doppler**; In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. Foz do Iguaçu, PR. 2002.
- CASPER, P. W.; BENT, R. B. **Results from the LPATS U.S.A. National Lightning Detection and Tracking System for the 1991 lightning season**. In: International Conference on Lightning Protection, 21., Berlin,

1992. Proceedings. Berlin: Association of German Electrical Engineers, 1992. p. 339-342.
- COLLINS, B. M. **Data Visualization** – has all been seen before? In: Animation and Scientific Visualization – Tools & Applications; 1993, pg. 16
- CUERBA, F.; NAGY, A. W.; WEERAWARANA, S. **Web Services, Why and How**. IBM T. J. Watson Research Center, 2001.
- CUMMINS, K. L.; MURPHY, M. J.; BARDO, E. A.; HISCOX, W. L., PYLE, R. B.; PIFER, A. E. **A combined TOA/MDF technology upgrade of the U.S. National Lightning Detection Network**. Journal of Geophysical Research, v. 103, D8, p. 9035-9044, Apr. 1998.
- DOTY B. **The Grid Analysis and Display System** – GrADS V1.5.1.12; 1995
- EARNSHAW R. A. **Animation and Scientific Visualization** – Tools and Applications, Academic Press Harcourt Brace & Company Publishers, 285 p., 1993.
- ERNVIK, A. **3D Visualization of Weather Radar Data**; Linköping University, 2002
- FREITAS, C. **Uma Arquitetura Baseada em Padrões Abertos Para Visualização Científica Via Internet Aplicada à Medicina**; UFPR, 2002
- GRAPHICAL USER INTERFACE. In: WIKIPEDIA, Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_user_interface> Acesso em: 05 fev, 2005.
- HENRY B. - **The Skew T, Log P Diagram**, National Weather Service Training Center, Junho de 1987
- HIBBARD W., ANDERSON J., e PAUL B. - **Java and the World Wide Web: The Right Choice for Interactive Systems**, Conf. Interactive Information and Processing System for Meteorology, Oceanography, and Hydrology, 1997, 172-173
- JPEG. In: WIKIPEDIA, Disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/Jpeg>> Acesso em: 15 nov, 2004.
- KALNAY E., **Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability** Cambridge University Press, 2002, pg. 8.
- KRIDER, E. P. **75 years of research on the physics of a lightning**

- discharge.** In: Fleming, J. R. ed. Historical essays on meteorology 1919-1995. Boston: American Meteorological Society, 1996. Cap. 11, p. 321-350.
- KRIDER, E. P.; NOGGLE, R. C.; UMAN, M. A. **A gated, wide-band magnetic direction finder for lightning return strokes.** Journal of Applied Meteorology, v. 15, n. 3, p. 301-306, Mar. 1976.
- KRIDER, E. P.; PIFER A. E.; VANCE, D. L. **Lightning direction finding system for forest fire detection.** Bulletin of American Meteorological Society, v. 61, n. 9, p. 980-986, Sept. 1980.
- LEE A. C. L. **Ground truth confirmation and theoretical limits of an experimental VL Farriaval time difference lightning flash locating system.** Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 115, n. 489, Part B, p. 1147-1166, July 1989.
- LEWIS, E. A.; HARVEY, R. B.; RASMUSSEN, J. E. **Hyperbolic direction finding with sferics of transatlantic origin.** Journal of Geophysical Research, v. 65, n. 7, p. 1879-1905, July 1960.
- MOORE, G. E. **Cramming more components onto integrated circuits.** Eletronics, Volume 38, Número 8, Abril de 1965.
- PIXEL. In: WIKIPEDIA, Disponível em <<http://en.wikipedia.org/wiki/Pixel>> Acesso em: 15 nov, 2004.
- SEGUIN W. R. **AWIPS – An End-to-End Look.** Proceedings of the Eighteenth International Conference on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography and Hydrology, American Meteorology Society, January 13-17, 2002, Orlando, FL pp. J47-J51.
- SILVA, E. C. **Usando o Data Explorer para Visualizar Dados Gerados pelo ANSYS,** Disponível em <<http://www.research.ibm.com/dx/proceedings/dasilva/port.htm>>. Acesso em: 07 mar, 2003.
- SOWEK, C. A. **Web Services – a nova “onda”.** CELEPAR – Bate Byte 120, 2002.
- STONES R.; MATTHEW N. **Beginning Linux Programming.** 2 ed. Birmingham, pp. 642, UK: Wrox Press, 1999.
- TREINISH, L. A. **How Can We Build More Effective Weather Visualizations. Proceedings of the Eighth Workshop on Meteorological Operational Systems,** European Centre for Medium-Range Weather Forecasting, pp. 90-99, Novembro 2001.

VIANELLO, R. **Meteorologia Básica e Aplicações** – Viçosa : UFV, 2000. pg. 104, 288.

WATT R. A. W.; HERD J. F. **An instantaneous direct-reading radio goniometer.** **Journal of Institution Electrical Engineers.** v. 64, p. 611, 622, 1926.

OBRAS CONSULTADAS

ECKEL B. **Thinking in Java** – The definitive introduction to object-oriented programming in the language of the world wide web, 2 Ed.; 2000

GEARY, D. M. **Graphic Java 2** – Mastering the JFC, Volume II Swing. 1 ed. Palo Alto, USA: Sun Microsystems Press, 1999.

HAROLD, E. R. **Java I/O**. 1 ed. USA: O`Reilly, 1999.

IBM, **IBM Visualization Data Explorer, QuickStart Guide**; Vession 3 Release 1 Modification 4

OpenGL Architecture Review Bord **OpenGL reference manual**: the official reference document to OpenGL, version 1.1. 2 ed. USA: Addison-Wesley Books, 1997.

SUN **The Java 3DTM API Specification**; Version 1.2, April 2000. In: http://java.sun.com/products/java-media/3D/forDevelopers/J3D_1_3_API/j3dguide/

APÊNDICE 1 – MANUAL DO USUÁRIO DO METVIS

Metvis

Manual do Usuário

Instituto Tecnológico SIMEPAR
Coordenadoria de Monitoramento e Previsão do Tempo

1.INTRODUÇÃO

O Metvis é um aplicativo para visualização e análise de informações ambientais. Com ele é possível a visualização de modelos meteorológicos armazenados remotamente em um servidor. A visualização de modelos pode ser integrada com imagens de satélite, descargas atmosféricas entre outros.

Entre as características do Metvis destaca-se sua portabilidade, uma vez que o cliente é escrito inteiramente em Java e já mostrou funcionar normalmente em MS-Windows e GNU/Linux. O seu desenvolvimento ainda está em curso e pretende-se utilizar ao máximo as tecnologias disponíveis atualmente, como o uso de representações em três dimensões e acesso a dados em tempo real.

Este manual apresenta a utilização dos recursos atuais do aplicativo de forma prática e recomenda-se que seja lido enquanto o Metvis é utilizado.

2.REQUISITOS DE SISTEMA

- Processador: Pentium IV 1.4GHz ou superior
- Memória RAM: 256 MB (recomendado 512 MB)
- Placa de vídeo com aceleração 3D e suporte a OpenGL
- Sistema Operacional: Windows 2000/XP ou Linux

3.INSTALAÇÃO

Para a instalação do Metvis em computadores com Windows siga os seguintes passos:

1. Caso seja a primeira instalação do Metvis na máquina, devem ser instalados o Java e o Java3D, contidos no CD. Para isso basta executar seus instaladores (*Java.exe* e *Java3D.exe*, nesta ordem) e seguir as instruções.
2. Caso exista alguma versão anterior do Metvis no computador, esta deve ser desinstalada (a não ser que a nova versão seja instalada em outro diretório). Para desinstalar a versão anterior execute o arquivo *Desinstalar Metvis.exe* que está no diretório *UninstallerData* do local de instalação do Metvis.
3. Para a instalação do Metvis copie para um local temporário do seu disco rígido o arquivo *metvis.exe*, execute-o e siga as instruções.
4. Ao término da instalação o arquivo *metvis.exe* copiado na etapa anterior pode ser

apagado.

4.INICIALIZAÇÃO

Se a instalação foi concluída sem problemas o Metvis poderá ser inicializado por um dos atalhos criados na instalação. Na primeira vez em que o aplicativo é aberto ele tem o seguinte aspecto:

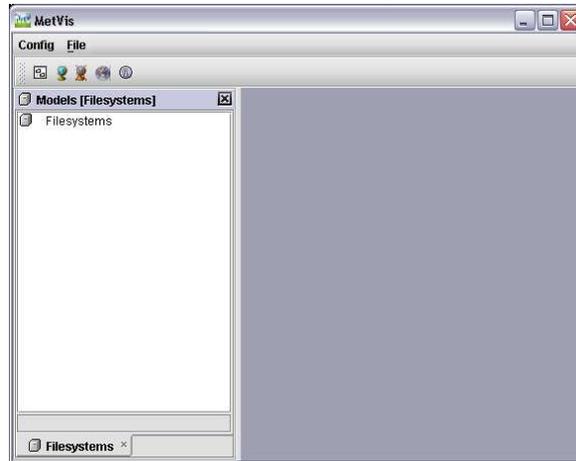


Ilustração 1 Tela inicial

O primeiro passo então será conectar-se com o servidor GDS para que as informações de modelos possam ser visualizadas. Para tanto acesse o item *Filesystems* com o botão direito do mouse e no menu escolha a opção *mount -> metvis*, como mostrado abaixo.

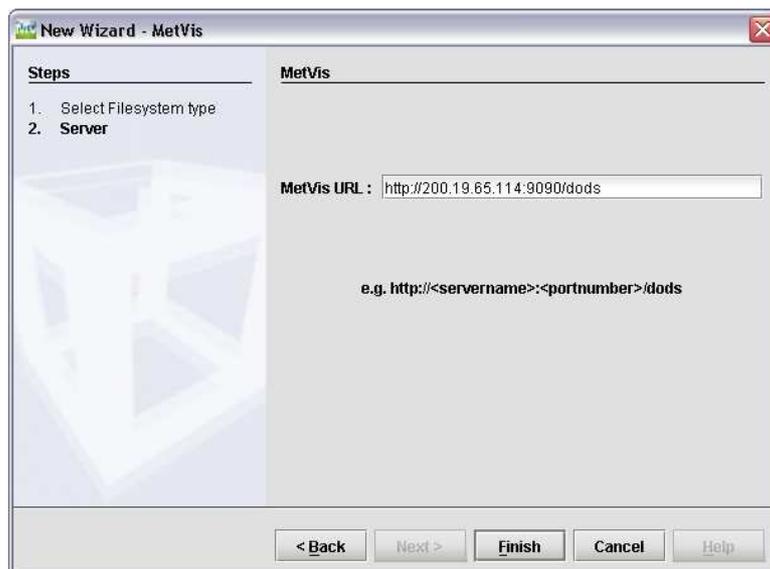


Ilustração 2 Configuração do servidor GDS

Então será mostrada a seguinte caixa de diálogo:

No campo *Metvis URL* deve ser colocado o endereço do servidor DODS. Este endereço deve ser fornecido pelo Simepar. Em seguida clique em *Finish*.

Se a conexão for estabelecida com sucesso será montada na parte esquerda da tela uma lista com os modelos disponíveis, como mostrado abaixo:

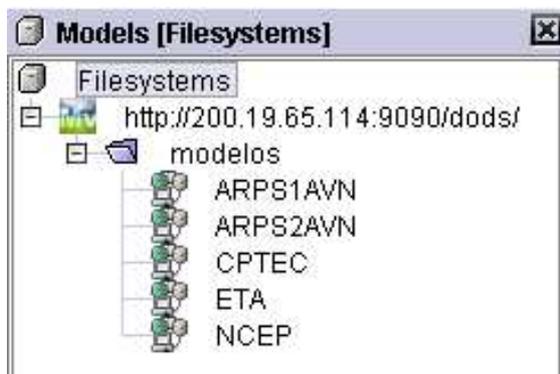


Ilustração 4 Modelos disponíveis

Com um clique duplo em algum dos modelos o Metvis abrirá uma janela interna para visualização dos dados do mesmo.

A visualização dos modelos será discutida nos próximos capítulos.

5.MODELOS METEOROLÓGICOS

Com um modelo aberto para visualização o Metvis tem a seguinte aparência:

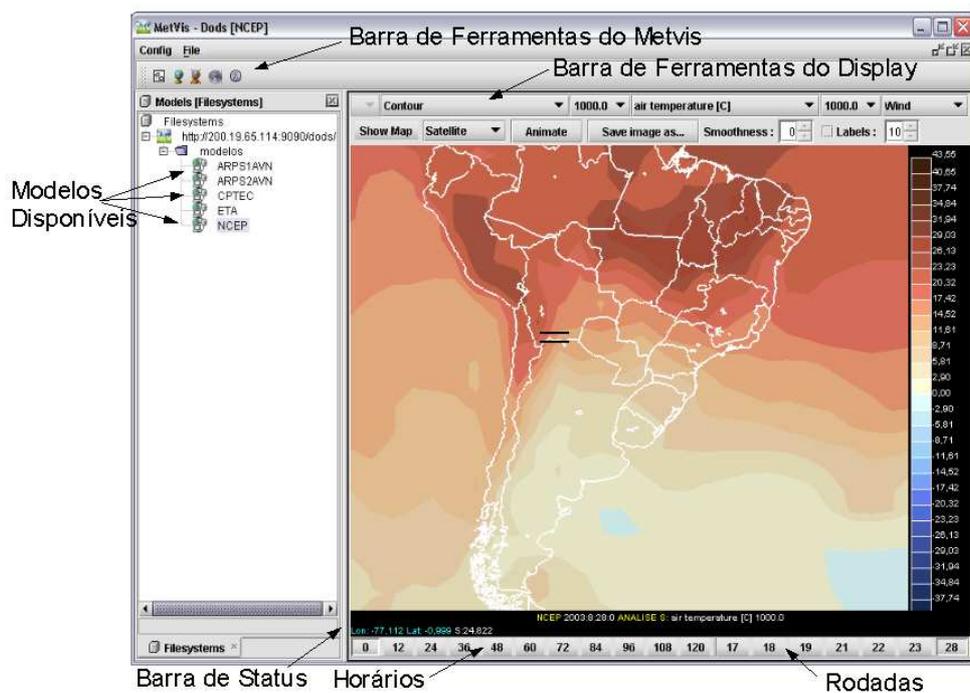


Ilustração 5 Janela principal

Na parte esquerda da janela está a lista de modelos disponíveis no servidor. Mais de um modelo pode ser visualizado ao mesmo tempo mas o desempenho do programa diminui proporcionalmente.

Na parte central fica o *display*, onde os modelos são visualizados. A navegação no *display* é simples, com o botão esquerdo pode-se “arrastar” a tela e com o *shift* pressionado juntamente com o botão esquerdo pode-se controlar o *zoom*. Logo abaixo do *display* está a barra de status, onde é indicada a posição do *mouse* assim como os valores dos campos mostrados.

Na parte inferior da tela é mostrado um conjunto de botões onde pode-se controlar o horário de previsão do modelo na parte esquerda e o dia em que o modelo foi “rodado” na parte direita.

Existem duas barras de ferramentas, uma geral para o Metvis imediatamente abaixo do menu e outra específica de cada *display* imediatamente acima dele.

As informações referentes aos modelos de previsão podem ser visualizadas basicamente de três formas:

Contorno

Contornos, ou isolinhas, são lugares geométricos de mesmo valor. Para visualizar uma variável como contorno basta selecionar a variável desejada na caixa de opções na barra de ferramentas do display, como indicado abaixo:

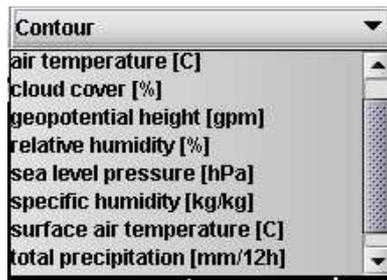


Ilustração 6 Escolha da variável para o contorno

O valor das linhas é indicado na tela, e o valor do campo onde está o ponteiro do mouse é mostrado na barra de status.

Caso o campo varie com a altura geopotencial, esta pode ser selecionada na caixa ao lado da caixa de seleção da variável, com mostrado abaixo:

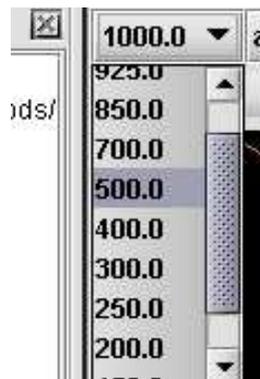


Ilustração 7 Nível do contorno

Sombreado

Sombreado (também conhecidos por isoáreas) são isolinhas onde o espaço entre duas linhas é preenchido com uma cor sólida. A forma de visualização é a mesma do contorno. Quando uma variável estiver sendo visualizada como sombreado será mostrada uma escala de cores no lado direito do *display*.

Vento

O vento pode ser visualizado de três formas: vetores, barbelas e linhas de corrente. Para alternar entre as três selecione a opção correspondente na caixa de opções do vento que fica na parte direita da barra de ferramentas do *display*.

6.MAPAS

O Metvis exibe por padrão um mapa político da América do Sul, mas outros mapas em formato MIF podem ser adicionados posteriormente. Para isso clique no botão correspondente na barra de ferramentas para abrir a seguinte janela:

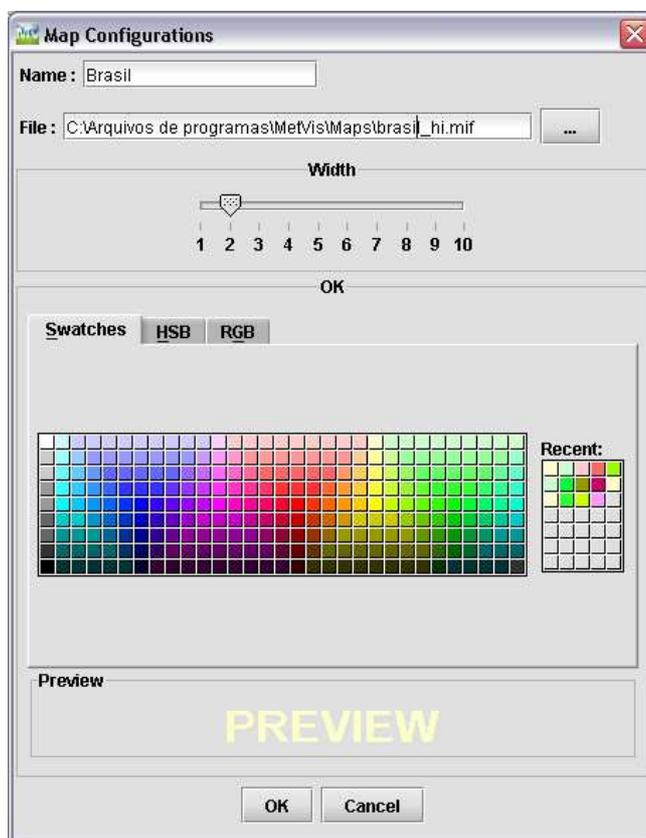


Ilustração 8 Adicionando um mapa

No campo *Name* digite um nome para o mapa e no campo *file* insira o caminho do arquivo desejado. Clicando no botão ao lado da caixa de texto do arquivo você poderá selecioná-lo graficamente. Logo abaixo pode-se escolher a espessura de linha que será usada e a cor do mapa. Clicando em OK a operação é confirmada e o mapa é adicionado.



Ilustração 9 Visualizando um mapa

Para que o Metvis desenhe o mapa em um *display* é necessário selecioná-lo na barra de ferramentas do *display*. Como mostrado na figura abaixo:

Se não houver mais interesse de usar um mapa inserido, este pode ser excluído usando-se o botão correspondente na barra de ferramentas.

7.SATÉLITE

O Metvis oferece a possibilidade de visualização de imagens de satélite para comparação com as informações do modelo. Mas ao contrário dos modelos que são armazenados remotamente, as informações de satélite devem estar no computador do usuário ou acessível por rede local.

Clicando no botão correspondente na barra de ferramentas é possível selecionar o diretório onde se encontram os dados de cada tipo de imagem, como mostrado na figura:

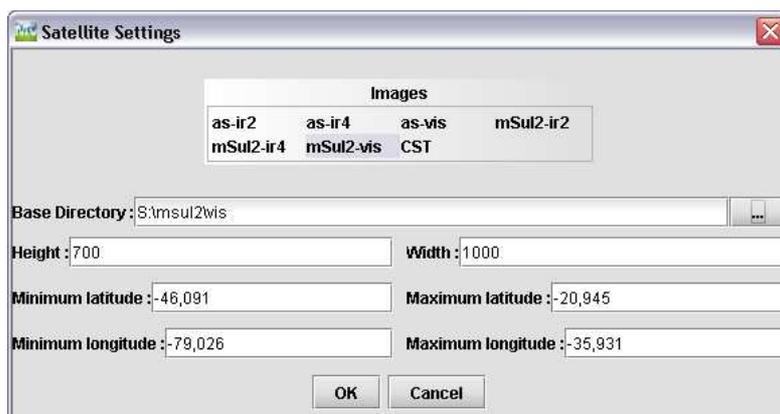


Ilustração 10 Configuração de Imagens de Satélite

Para que as imagens sejam visualizadas é necessário selecionar a opção de satélite

na barra de ferramentas do display. Como as imagens de satélite consomem muita memória é recomendável que esta opção seja selecionada apenas quando a visualização de satélite é necessária.

8.DENSIDADE DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Enquanto um modelo é visualizado é possível incluir dados de descargas atmosféricas daquele horário. Para isso, enquanto alguma variável é visualizada, deve-se

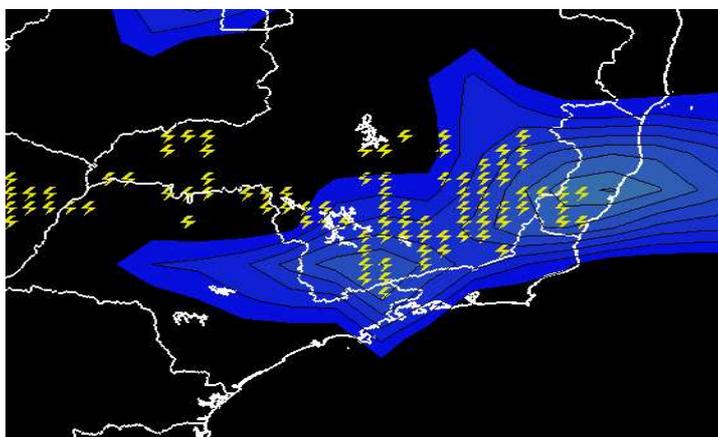


Ilustração 11 Densidade de descargas atmosféricas

selecionar a opção *lightning* da barra de ferramentas do *display*. Caso tenham sido detectadas descargas atmosféricas naquele horário, elas serão representadas por símbolos estilizados de raios, como mostrado na figura abaixo.

9.LOCAIS

O Metvis oferece a possibilidade de colocação de “locais” no *display*. Por locais entenda-se uma indicação de um ponto no mapa, podendo ser uma cidade, estação meteorológica, refinaria, usina, etc. O locais são representados por um ponto e uma legenda que é o nome do local. O Metvis oferece inicialmente uma lista com as cidades do sul do Brasil mas outros locais podem ser adicionados fornecendo-se um nome e suas coordenadas.

Para configurar os locais clique no botão correspondente na barra de ferramentas para acessar a janela mostrada abaixo.

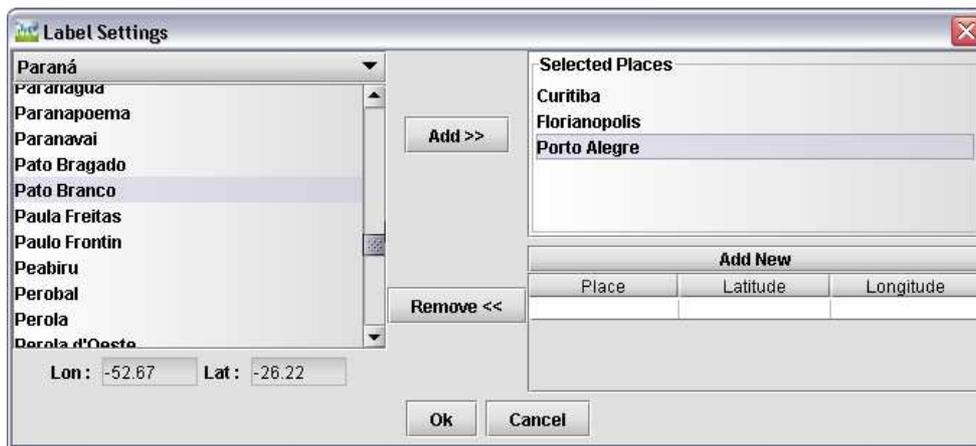


Ilustração 12 Janela de Configuração de Locais

Na parte esquerda estão as cidades do sul do Brasil, para adicionar uma basta seleciona-la e clicar no botão “Add >>”. Na parte direita estão os locais atualmente selecionados, para remover algum basta seleciona-lo e clicar em “Remove <<”. Na parte inferior direita estão os campos onde pode ser adicionado um novo local, basta inserir as informações e clicar em “Add New”.

Para que os locais sejam mostrados no *display* deve-se selecionar a opção *labels* na barra de ferramentas do *display*.

10.SALVAR TELA

O recurso de salvar tela captura a área do *display* e a exporta para um arquivo de imagem do tipo jpeg, juntamente com a escala e a linha de status. Este recurso é muito útil caso seja necessário armazenar, imprimir ou colocar na internet uma tela do *display*. Basta clicar no botão “Save image as...” da barra de ferramentas do *display* que será aberta uma janela onde pode-se selecionar o nome e o local onde a imagem será guardada.

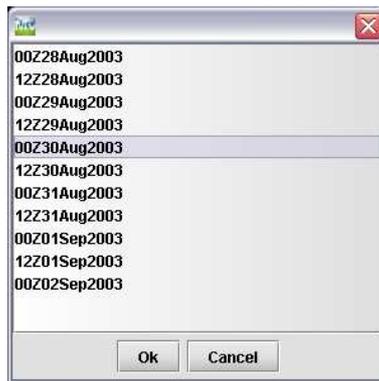


Ilustração 13 Horários disponíveis para animação

11. ANIMAÇÃO

A animação permite ao usuário analisar mais eficientemente as mudanças ambientais através do tempo. Para criar uma animação basta clicar no botão “*Animate...*” da barra de ferramentas do *display*. Será mostrada então uma lista com os horários disponíveis daquela rodada, como na figura abaixo:

Depois de selecionados os horários para animação clique OK e aguarde o Metvis monta-la, isto pode levar algum tempo.

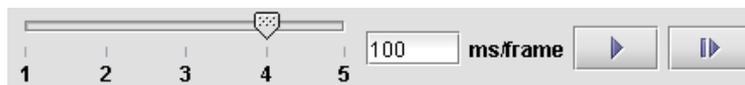


Ilustração 14 Controle de animação

Os controles de animação são muito simples:

- Na barra de rolagem à esquerda pode-se selecionar o quadro a ser visualizado, este controle só tem utilidade quando a animação não está ativa.
- Na caixa de texto pode ser ajustada a velocidade da animação
- O primeiro botão para e ativa a animação
- O último botão avança um quadro na animação

12.SUPORTE TÉCNICO E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Dúvidas, comentários e sugestões devem ser enviadas para o e-mail de suporte do Metvis: metvis@simepar.br

APÊNDICE 2 - PESQUISA DE NECESSIDADES E IMPRESSÕES DO USUÁRIO

PESQUISA DE NECESSIDADES E IMPRESSÕES DO USUÁRIO

Nome: _____ Data: ___/___/___

Função Atual: _____

Instituição: _____

PARTE I – SITUAÇÃO ATUAL

Assinale os tipos de informações ambientais que você utiliza nas suas atividades e se possível indique a forma com que esta informação é acessada. Se algum aplicativo específico é utilizado, especifique-o.

1) Modelos Numéricos: _____

2) Radares Meteorológicos: _____

3) Metar: _____

4) Synop: _____

5) Imagens de Satélite: _____

6) Informações de Descargas Atmosféricas: _____

7) Dados de Radiosondagens: _____

8) Outros: _____

9) Atualmente você possui acesso a estas informações fora da sua instituição ? Sim Não

PARTE II – AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS E RECURSOS ATUAIS DO SISTEMA

10) Qual o seu nível de contato com o Metvis ?

Nunca vi o sistema e nunca utilizei;

Vi outras pessoas operando mas nunca utilizei;

Já testei mas não utilizo atualmente;

Já utilizo regularmente;

Caso tenha selecionado a primeira opções na pergunta acima pule para a Parte III.

11) Com que frequência você espera utilizar o Metvis quando estiver inteiramente disponível ?

Nunca; Raramente; Semanalmente; Diariamente;

12) Qual a importância que você acredita que o sistema em operação terá para as suas atividades ?

Nenhuma; Pouca; Muita;

Como você avalia a qualidade do sistema em termos de:

13) Tempo de Inicialização:

Insatisfatório; Satisfatório; Bom;

14) Desempenho em uso:

Insatisfatório; Satisfatório; Bom;

15) Facilidade de operação:

Insatisfatório; Satisfatório; Bom;

PARTE III – IMPORTÂNCIA DAS FUNCIONALIDADES

Abaixo estão listadas funcionalidades que estão presentes ou que deverão ser inseridas no Metvis em breve. Indique a prioridade que você considera que cada uma destas funcionalidades possui de acordo com a seguinte legenda:

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. Não sei o que é; | 4. Importante; |
| 2. Sem Importância; | 5. Muito Importante; |
| 3. Pouco Importante; | |

16) Visualização de dados de modelos numéricos: 1 2 3 4 5

17) Visualização de dados Metar: 1 2 3 4 5

18) Visualização de dados Synop: 1 2 3 4 5

19) Visualização de dados de outras estações: 1 2 3 4 5

20) Visualização de dados outras estações meteorológicas: 1 2 3 4 5

21) Visualização de descargas atmosféricas: 1 2 3 4 5

22) Visualização de Imagens de Satélite: 1 2 3 4 5

23) Visualização de radiosondagens e *skew-t*: 1 2 3 4 5

24)Inserção de locais no display (ex.: cidades):	1 2 3 4 5
25)Geração de meteogramas:	1 2 3 4 5
26)Possibilidade de visualizar o relevo da área:	1 2 3 4 5
27)Visualização de uma matriz numérica qualquer:	1 2 3 4 5
28)Geração de animações:	1 2 3 4 5
29)Exportação de animações em arquivos de vídeo:	1 2 3 4 5
30)Seção vertical para modelos:	1 2 3 4 5
31)Escala de cores configuráveis:	1 2 3 4 5
32)Isosuperfícies tridimensionais para modelos:	1 2 3 4 5
33)Visualização de dados de Radar Meteorológico:	1 2 3 4 5
34)Possibilidade de dividir o <i>display</i> para comparação de dados:	1 2 3 4 5
35)Possibilidade de fazer anotações no <i>display</i> :	1 2 3 4 5
36)Possibilidade de exportar imagens:	1 2 3 4 5
37)Possibilidade de enviar as informações por e-mail:	1 2 3 4 5
38)Possibilidade de utilizar o aplicativo fora da instituição:	1 2 3 4 5

