

12/00
1d:

Relatórios

Dezembro, 2003



Embrapa

Monitoramento por Satélite

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO.....	5
3. MATERIAIS E MÉTODOS	5
3.1. Área do projeto	5
3.2. Base de dados geográficos.....	6
NOAA	7
LANDSAT.....	7
SPOT V.....	7
RADARSAT	7
EROS	8
IKONOS	8
QUICKBIRD.....	8
3.3. Estruturação do sistema de monitoramento	8
4. RESULTADOS	9
Operações no Sistema de Monitoramento da Fronteira	10
Consultas hierarquizadas	13
Mosaico de Imagens de LANDSAT	13
Monitoramento orbital.....	14
5. BIBLIOGRAFIA	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Faixa de fronteira terrestre brasileira	6
Figura 2: Tela inicial do sistema de monitoramento.....	9
Figura 3: Fluxograma de operacionalização do Sistema de Monitoramento da Fronteira	10
Figura 4: Exemplo de ampliações consecutivas para uma determinada área	11
Figura 5: Exemplo de consultas por coordenadas geográficas	11
Figura 6: Exemplo do módulo de impressão de cartas	12
Figura 7: Exemplo de consulta através do aumento de escala cartográfica.....	13
Figura 8: Mosaico de imagens LANDSAT do território nacional.	14
Figura 9: Exemplo de imagem Landsat ETM+ da faixa de fronteira (002/67)	15
Figura 10: Exemplo de imagem EROS da região da Tríplice Fronteira.....	15

1. Introdução

Compreendendo a faixa interna de 150 km de largura, paralela aos limites territoriais continentais, a Faixa de Fronteira é considerada estratégica para a Segurança Nacional.

Com cerca de 1,5 milhões de km², trata-se de uma extensa área a ser monitorada pela Força Terrestre do Exército Brasileiro. Adicionalmente, tornou-se indispensável à pronta detecção de problemas a fim de subsidiar políticas efetivas direcionadas ao seu ordenamento territorial e, sobretudo, à soberania nacional.

Neste sentido, o emprego de tecnologias baseadas em sensores remotos orbitais, associadas aos sistemas de informações geográficas, podem assegurar o conhecimento e o monitoramento de grandes porções do território, em diversas escalas e graus de detalhamento.

O sensoriamento remoto orbital permite a observação da superfície terrestre nas mais diversas escalas temporais, espaciais e espectrais. Por exemplo, é possível obterem-se informações sobre a superfície com níveis de detalhamento entre 1 km até 0,68 cm. Ainda, imagens podem ser obtidas com frequências entre horas ou dias, semanas ou meses.

O recente desenvolvimento das tecnologias para disseminação, consulta e análise de geoinformações, possibilita a estruturação de páginas na Web, oferecendo todas as funcionalidades dos sistemas de informações geográficas, porém tendo a rede de computadores como base.

Neste contexto, a Embrapa Monitoramento por Satélite, atendendo à demanda do Alto Comando do Exército Brasileiro, desenvolveu um sistema de monitoramento da faixa de fronteira brasileira, apoiado em métodos não intrusivos de aquisição de informação (sensoriamento remoto) e na disponibilização de geoinformações através da Internet.

2. Objetivo

Desenvolver um sistema de monitoramento integrado da faixa de fronteira terrestre brasileira, capaz de ser operado em diversos níveis hierárquicos e em função de diferentes demandas ou processos monitorados, buscando atender demandas de inteligência e planejamento do Exército Brasileiro. Para o desenvolvimento e implementação do sistema, foram estabelecidas as seguintes metas:

- Estruturar uma base de dados geocodificados contendo informações temáticas e, sobretudo, imagens de diversos sistemas de monitoramento orbital, integrando resolução espacial, temporal e espectral em vários níveis, otimizando custos;
- Desenvolvimento do sistema de informações georreferenciadas utilizando software de domínio público (MapServer) com o objetivo de disponibilizar, via Internet e Intranet, dados cartográficos e orbitais, possibilitando operações de zoom, sobreposição de temas e consultas hierarquizadas.

3. Materiais e Métodos

3.1. Área do projeto

A área do projeto abrange a faixa de fronteira terrestre brasileira, definida como a faixa interna de 150 km de largura, paralela à linha divisória terrestre do território

nacional. Essa faixa abrange aproximadamente 15.000 km de extensão ou 1.500.000 km² de área, distribuindo-se por 11 estados, cerca de 300 municípios e 3 comandos militares (Figura 1).



Figura 1: Faixa de fronteira terrestre brasileira.

3.2. Base de dados geográficos

A base de dados geográficos foi inicialmente estruturada com exemplos de diversos dados orbitais e vetoriais, utilizando os aplicativos Erdas IMAGINE v. 8.6 e ArcView v. 8.3.

Os dados vetoriais, em formato SHAPFILE e projeção geográfica, foram selecionados em um primeiro momento, do banco de dados da Embrapa Monitoramento por Satélite, para demonstrar as potencialidades do sistema. Neste contexto, foram incorporados os seguintes temas referentes à faixa de fronteira: divisão estadual, municipal e capitais; comandos e organizações militares; principais estradas, ferrovias e hidrografia; divisão cartográfica oficial nas escalas 1:1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000 e 1:50.000; e articulação das cenas dos satélites LANDSAT e SPOT.

Com o apoio de métodos não intrusivos de aquisição de informação (sensoriamento remoto) e integrando resolução espacial, temporal e espectral em vários níveis a fim de otimizar custos, foram utilizados e avaliados dados orbitais dos seguintes satélites:

- NOAA
- LANDSAT
- SPOT V
- RADARSAT
- EROS
- IKONOS
- QUICK BIRD

Algumas características destes sensores e os respectivos dados utilizados no sistema estão descritos a seguir (GUIMARÃES, 1999; EMBRAPA, 2003):

NOAA

A plataforma NOAA encontra-se em órbita polar heliosincrônica, altitude nominal de 833 km, inclinação de 98,9º, período de 102 minutos, totalizando 14,1 órbitas por dia e ciclo de cobertura de 9 dias.

Dentre os sensores da plataforma, destaca-se o Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR). Através de seus produtos, o sensor AVHRR vem sendo muito aplicado no monitoramento terrestre, em temas como o mapeamento da cobertura das terras, estudos da dinâmica da vegetação e suas respostas sazonais, estimativa da produção vegetal, detecção e monitoramento de queimadas, entre outros.

Com base em dados dos satélites NOAA/AVHRR, há mais de 10 anos a Embrapa Monitoramento por Satélite monitora as queimadas no Brasil em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Ecoforça Pesquisa e Desenvolvimento e a Agência Estado. Para incorporação no sistema, foram selecionados os totais anuais de queimadas de 1999 a 2001, com resolução espacial de 1º por 1º.

LANDSAT

Com dados orbitais desde 1972, os satélites da série LANDSAT apresentam-se adequados ao monitoramento espaço-temporal de características da superfície, possibilitando o estudo dinâmico da vegetação e do uso das terras. Dentre esses, destacam-se o LANDSAT 5 e o 7, este último fora de operação desde meados de 2003.

O sensor TM, a bordo do LANDSAT 5, possui 7 bandas multiespectrais e resolução espacial de 30 metros. A bordo do LANDSAT 7, o sensor ETM+ possui 7 bandas multiespectrais e 1 pancromática, respectivamente com 30 e 15 metros de resolução espacial.

Para o sistema desenvolvido, foram selecionadas 72 imagens dos sensores TM e ETM+, com datas de passagem entre os anos 1999 e 2002. Optou-se também por priorizar imagens ETM+ a fim de proporcionar maior resolução espacial. Neste sentido, através do fusionamento das bandas multiespectrais e pancromática, a ser realizado futuramente pelo Centro de Cartografia Automatizada do Exército Brasileiro (CCauEx), pretendem-se obter imagens multiespectrais com 15 metros de resolução, para futura incorporação no sistema. Para visualização de todo o território nacional, também foi gerado o mosaico de imagens de LANDSAT do Brasil, com resolução espacial de 300 metros.

SPOT V

A série SPOT (*Satellite pour l'Observation de la Terre*), foi iniciada com o satélite franco-europeu SPOT 1, em 1986 e sob a responsabilidade do Centre National d'Etudes Spatiales - CNES da França. O satélite SPOT V, mais novo da série, está em órbita desde 2002 possibilitando imagens com resolução espacial de 20, 10 ou 5 metros. Ainda permite o imageamento tridimensional graças a sua capacidade de visada lateral, de até 27º (estereoscopia cilíndrica). Com resolução espacial de 10 metros, inicialmente foi incorporado no sistema um exemplo de imagem SPOT V, referente ao K/J 697/395. Para cobertura total da faixa de fronteira terrestre, estimou-se a necessidade de 277 cenas.

RADARSAT

O RADARSAT, lançado em 1995, é um dos mais sofisticados e completos sistemas de observação radar do planeta. Foi desenvolvido pelo Canadá para monitorar mudanças ambientais e características dos recursos naturais, sendo capaz de cobrir toda

a superfície terrestre com flexibilidade para atender requisições específicas, dependendo do seu modo de operação.

Este satélite é equipado com um instrumento de microondas, o Radar de Abertura Sintética (Synthetic Aperture Radar - SAR), que permite transmitir e receber sinais para obter imagens de alta qualidade, independente das condições atmosféricas ou horário de aquisição. Utilizando a Banda-C, os usuários podem selecionar imagens de 45 a 500 km de largura, com resolução espacial entre 10 e 100 m, respectivamente. Os ângulos de incidência variam aproximadamente de 20° a 50°. No âmbito do protótipo, a fim de demonstrar a viabilidade do uso desses dados, foi incorporada uma imagem da região de São Gabriel da Cachoeira (AM).

EROS

O satélite EROS é parte de um programa de satélites de alta resolução espacial e baixo custo desenvolvido pela empresa Israeli Aircraft Industries (IAI), empresa do Governo de Israel, tendo seus produtos comercializados pelo ImageSat International.

O satélite EROS A1, lançado em dezembro de 2000, está em órbita polar Sol-síncrona a 480 km, produzindo imagens com resolução espacial de 1,8 metros.

No sistema de monitoramento foram incorporadas imagens de áreas de interesse, especificamente da Tríplice Fronteira (2002) e de áreas de fronteira no Amazonas (2003), exemplificando suas aplicações.

IKONOS

Lançado no ano de 1999, o IKONOS II integra o grupo de satélites comerciais norte-americanos de alta resolução espacial. Apresenta 4 bandas multiespectrais com 4 metros de resolução espacial e 1 pancromática com 1 metro, e período de revisita de aproximadamente 3 dias.

Adequado ao monitoramento do uso e cobertura das terras em grandes escalas, os produtos deste satélite foram testados e aprovados no sistema, embora não tenham sido incorporadas imagens da região de fronteira.

QUICKBIRD

Em órbita desde outubro de 2001, o satélite QUICKBIRD apresenta a maior resolução espacial disponível no mercado: 68 centímetros no modo pancromático e 2,44 centímetros no multiespectral. Também, adequados ao monitoramento terrestre por permitir uma visão circunstanciada da superfície, as imagens deste satélite, assim como do IKONOS, foram testadas e aprovadas no sistema, embora não tenham sido incorporadas.

3.3. Estruturação do sistema de monitoramento

O sistema de monitoramento propriamente dito foi desenvolvido buscando-se a disponibilização e divulgação dos temas de forma dinâmica pela Internet através do WebGIS. O WebGIS é um Sistema de Informações Geográficas (GIS) distribuído através de uma rede de computadores para integrar, disseminar e comunicar informações geográficas visualmente na Web (GILLAVRY, 2000).

A fim de atender esta demanda, foram utilizados os aplicativos MapServer 3.6 integrado ao servidor Web Apache 1.3.9 (APACHE, 2003) e à linguagem PHP (PHP, 2003), todos gratuitos e possuindo o código fonte aberto.

Especificamente, as seguintes etapas foram executadas e concluídas para o desenvolvimento do sistema:

- Configuração de um computador de testes da linha PC com sistema operacional Windows XP (sugestão de configuração: 512 Mbytes de RAM, 20 Gbytes de disco rígido e processador de 1.2 GHz);
- Instalação do servidor Web Apache, linguagem PHP e banco de dados MySQL;
- Instalação e configuração do MapServer;
- Programação dos arquivos de definição *mapfile*;
- Programação dos arquivos *templates*;
- Estruturação dos diretórios que armazenam os temas e as imagens de satélite;
- Desenvolvimento da aplicação MapServer que agrupa arquivos de definição, *templates* e estrutura de diretórios;
- Programação dos *scripts* auxiliares em PHP (limpeza de arquivos temporários, redirecionamentos entre aplicações MapServer);
- Organização do banco de dados MySQL para armazenar as definições temporárias dos arquivos *mapfile*;
- Instalação e configuração do computador servidor da linha PC com sistema operacional FreeBSD (sugestão de configuração: 2 Gbytes de RAM, 2 HDs de 120 Gbytes e processador de 2 GHz);
- Instalação e configuração dos software Apache, PHP, MySQL e MapServer no computador servidor.

4. Resultados

Através dos procedimentos metodológicos adotados, baseados em sensoriamento remoto orbital e disponibilização de geoinformações na Internet, foi desenvolvido o Sistema de Monitoramento da Fronteira Brasileira, a fim de oferecer soluções às demandas de inteligência e planejamento do Exército Brasileiro (Figura 2).



Figura 2: Tela inicial do sistema de monitoramento.

Desenvolvido através do aplicativo MapServer, o sistema integrou imagens multisensores e dados temáticos vetoriais, permitindo uma visão integrada e em diversas escalas da faixa de fronteira terrestre. Também permite o acesso hierarquizado às geoinformações disponibilizadas, além de apresentar fácil manuseio, não necessitando de conhecimentos específicos em geoprocessamento. Estrategicamente, foi concebido para ser gerido de maneira centralizada no Comando de Operações Terrestres (COTER) e/ou Centro de Inteligência do Exército (CIE), sendo também disponibilizado para os Comandos e Brigadas, tanto para o acesso quanto para a incorporação de temas ao sistema (Figura 3).

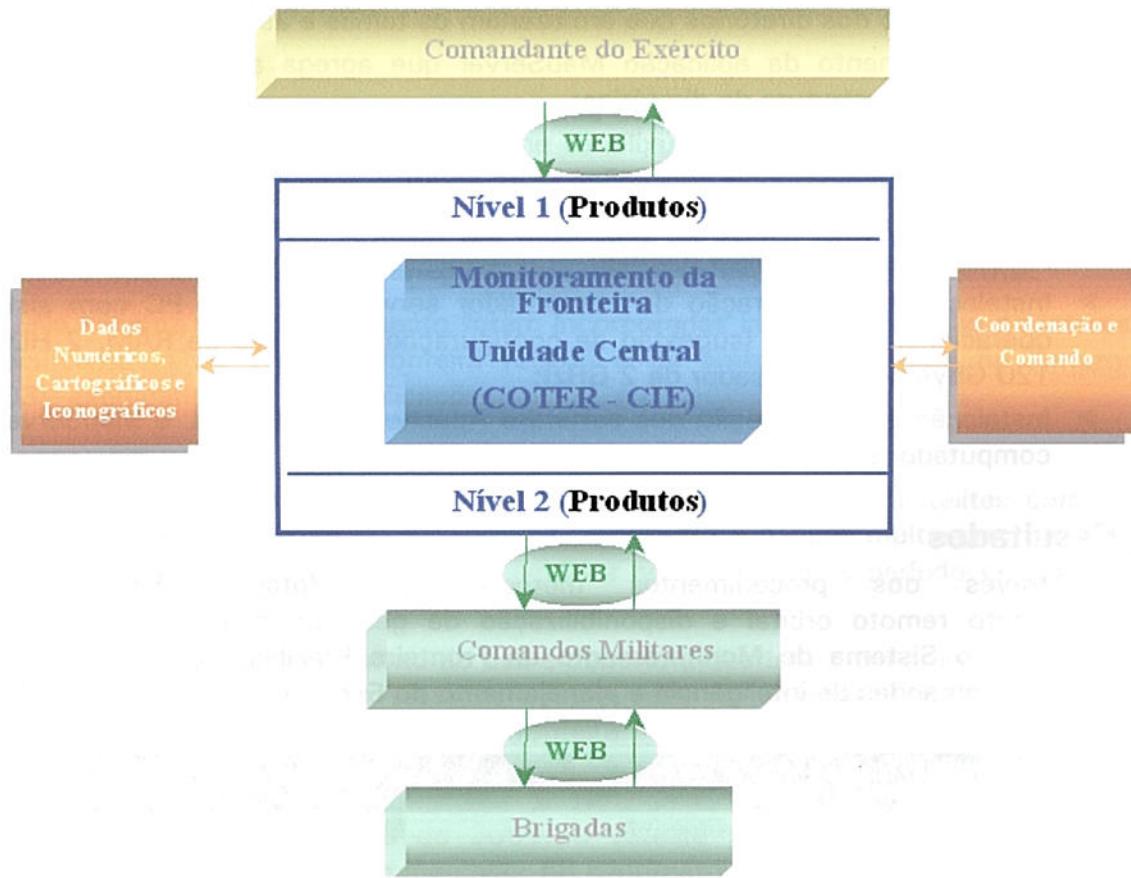


Figura 3: Fluxograma de operacionalização do Sistema de Monitoramento da Fronteira.

Operações no Sistema de Monitoramento da Fronteira

As operações no sistema podem ser realizadas através de quatro módulos básicos: ampliação (*zoom*), navegação, coordenadas geográficas e impressão. As ampliações são realizadas selecionando-se a respectiva opção e clicando na região de interesse. Através de *zooms* consecutivos, pode-se aproximar uma área em mais detalhes (Figura 4). Para a navegação, basta utilizar as setas dispostas nas laterais e vértices da janela de dados.

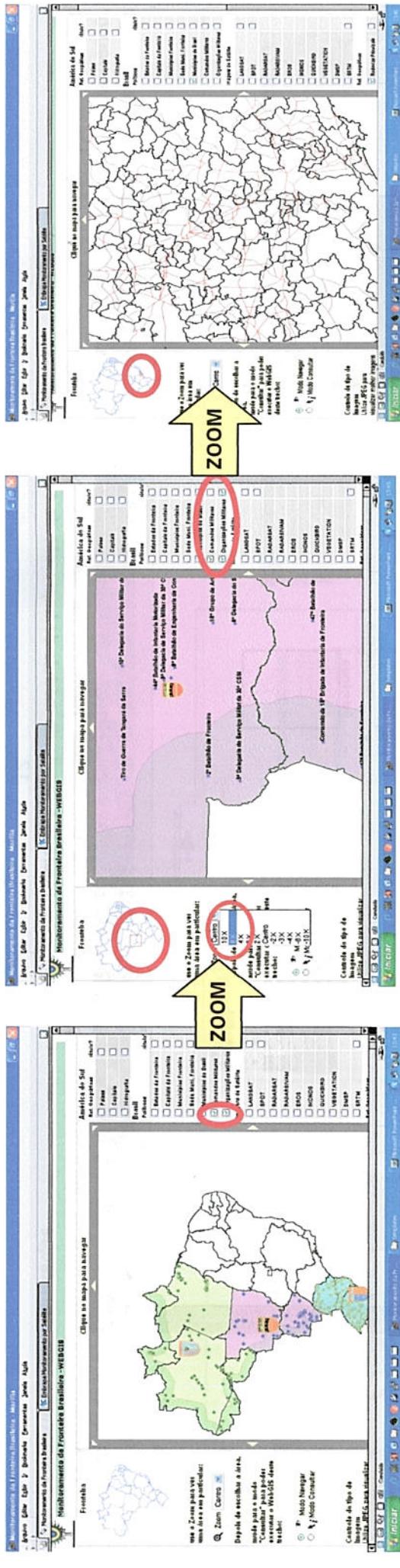


Figura 4: Exemplo de ampliações consecutivas para uma determinada área.

O sistema permite ainda buscas a partir de coordenadas geográficas. Definindo-se o raio de abrangência a partir do ponto central da coordenada, o sistema realiza a ampliação da área de interesse (Figura 5).

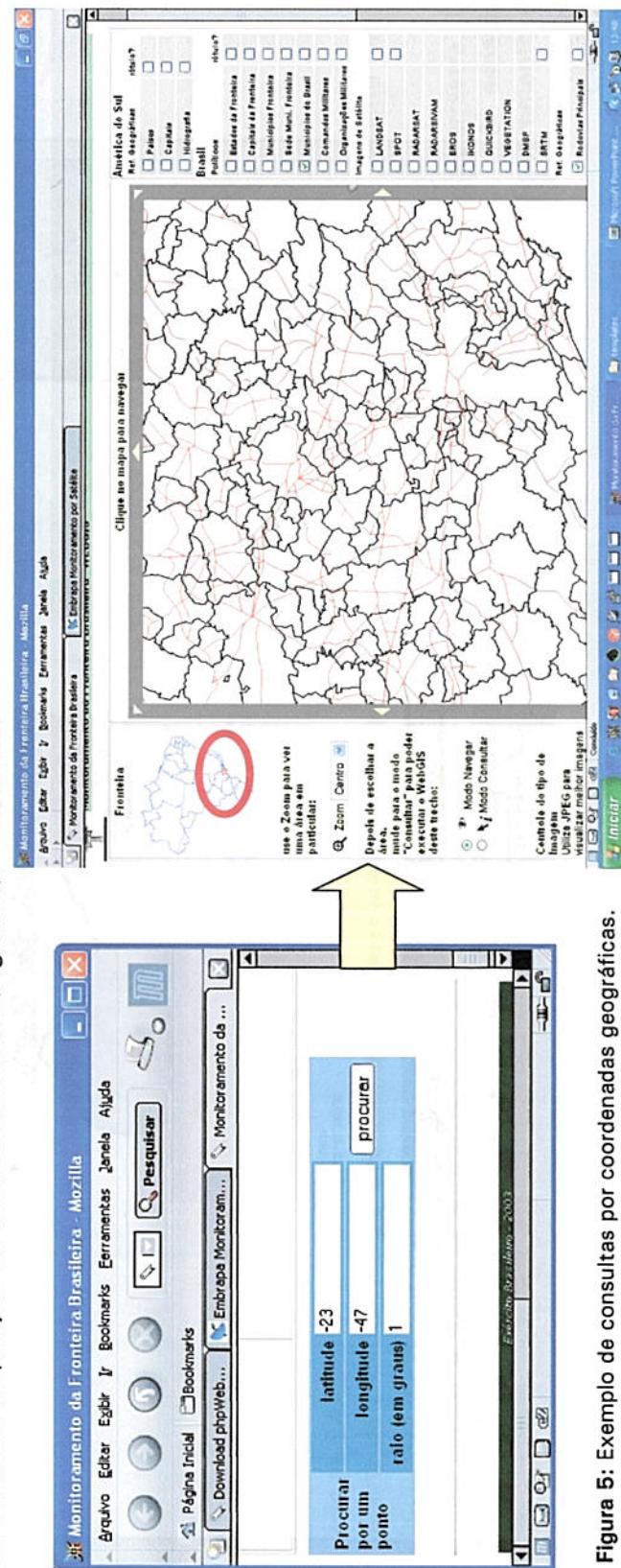


Figura 5: Exemplo de consultas por coordenadas geográficas.

A impressão de cartas, contendo os dados visíveis em tela, é realizada com a função *Imprimir*. É gerada uma carta simplificada com os temas escolhidos, coordenadas geográficas e uma legenda (Figura 6).

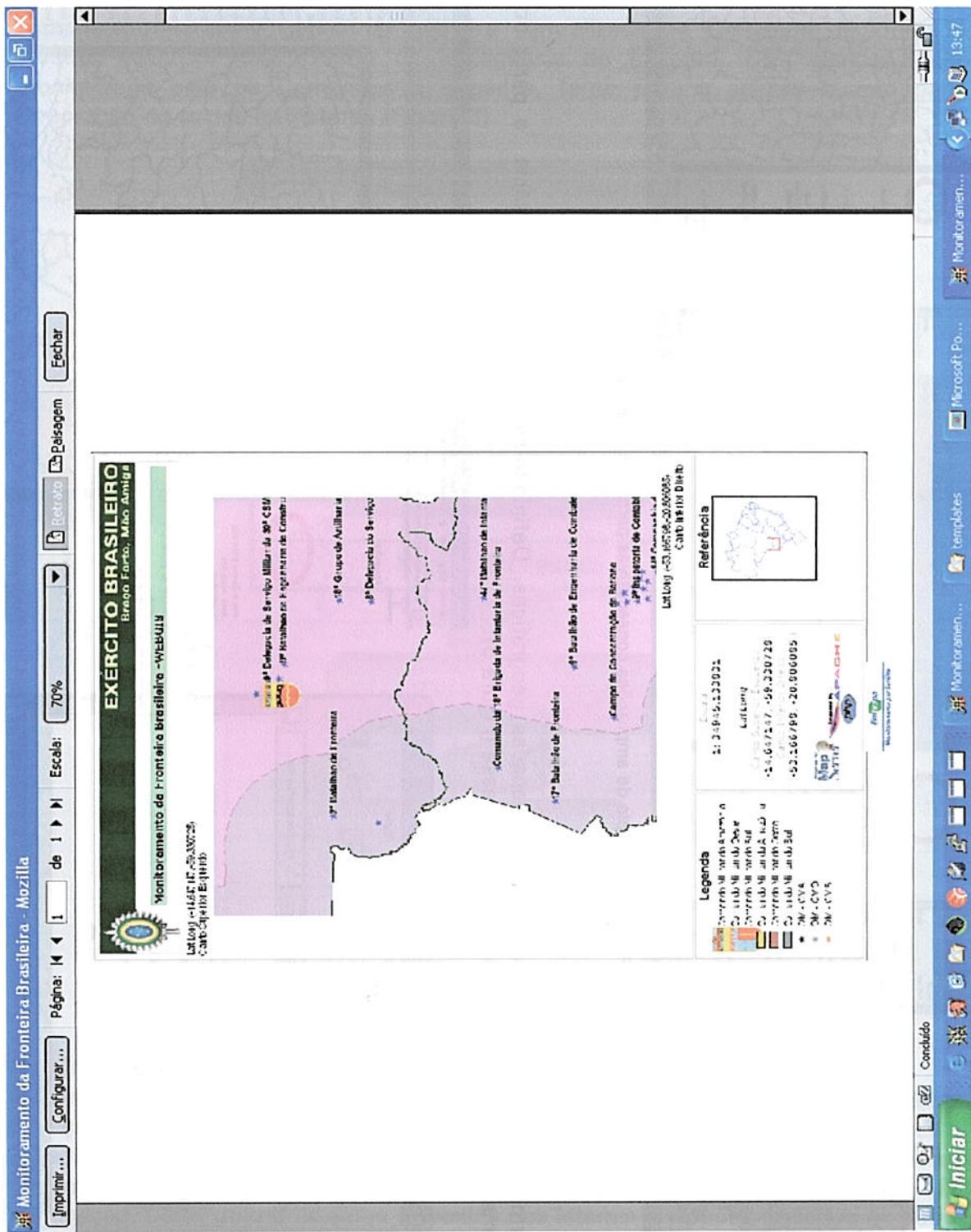
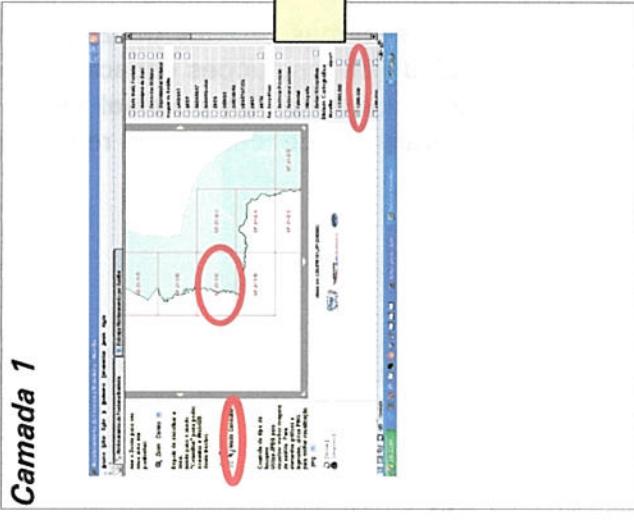


Figura 6: Exemplo do módulo de impressão de cartas.

Consultas hierarquizadas

O sistema foi estruturado hierarquicamente em camadas de visualizações, partindo de visualizações generalizadas e avançando para camadas contendo dados em maior escala ou resolução espacial. Assim, uma vez definida a área de interesse e necessitando-se de maior detalhamento, pode-se realizar o avanço para uma nova camada através dos temas *Imagens de Satélite* e *Divisão Cartográfica*, em conjunto com a função *Consultar* (Figura 7).

Camada 1



Camada 2

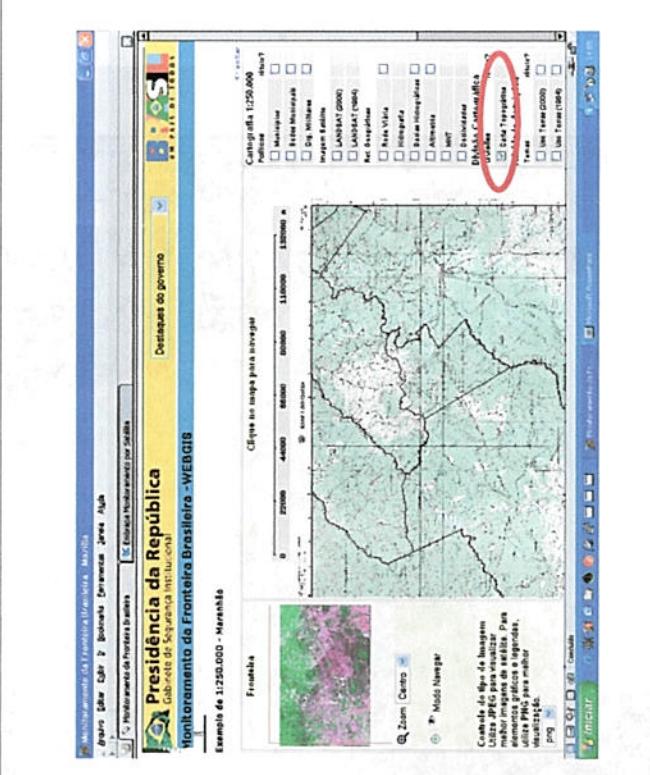
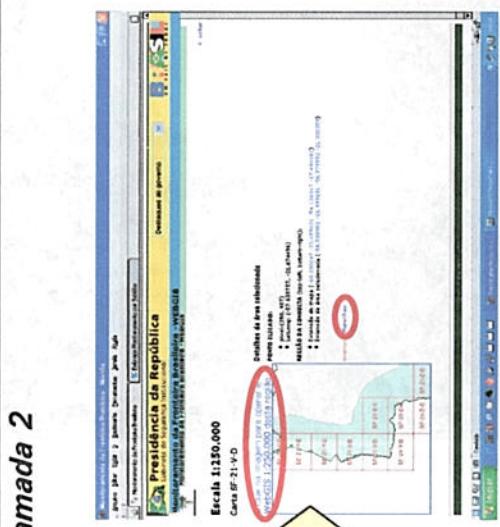


Figura 7: Exemplo de consulta através do aumento de escala cartográfica.

Mosaico de Imagens de LANDSAT

O mosaico de imagens de LANDSAT do Brasil, com resolução espacial de 300 metros, revelou de forma fiel a situação vigente das diversas modalidades de uso e ocupação do solo (Figura 8).

Este produto permite indicar e fornecer subsídios para a tipificação de áreas de interesse para as atividades da Força Terrestre. Uma vez definidas essas prioridades, pode-se obter informações com maior detalhamento através da utilização de dados com maior resolução espacial ou em maior escala. Neste contexto, trata-se de um material de extrema utilidade para trabalhos de planejamento ambiental, monitoramento e gestão territorial.



Figura 8: Mosaico de imagens LANDSAT do território nacional.

Monitoramento orbital

As imagens ou produtos derivados dos sistemas orbitais utilizados mostraram-se bastante adequados, considerando a diversidade de resoluções espaciais e o caráter não intrusivo de aquisição de informações. Neste contexto, foi possível obter informações sobre padrões de uso e cobertura das terras, desde contextos regionais até locais (Figuras 9 e 10).

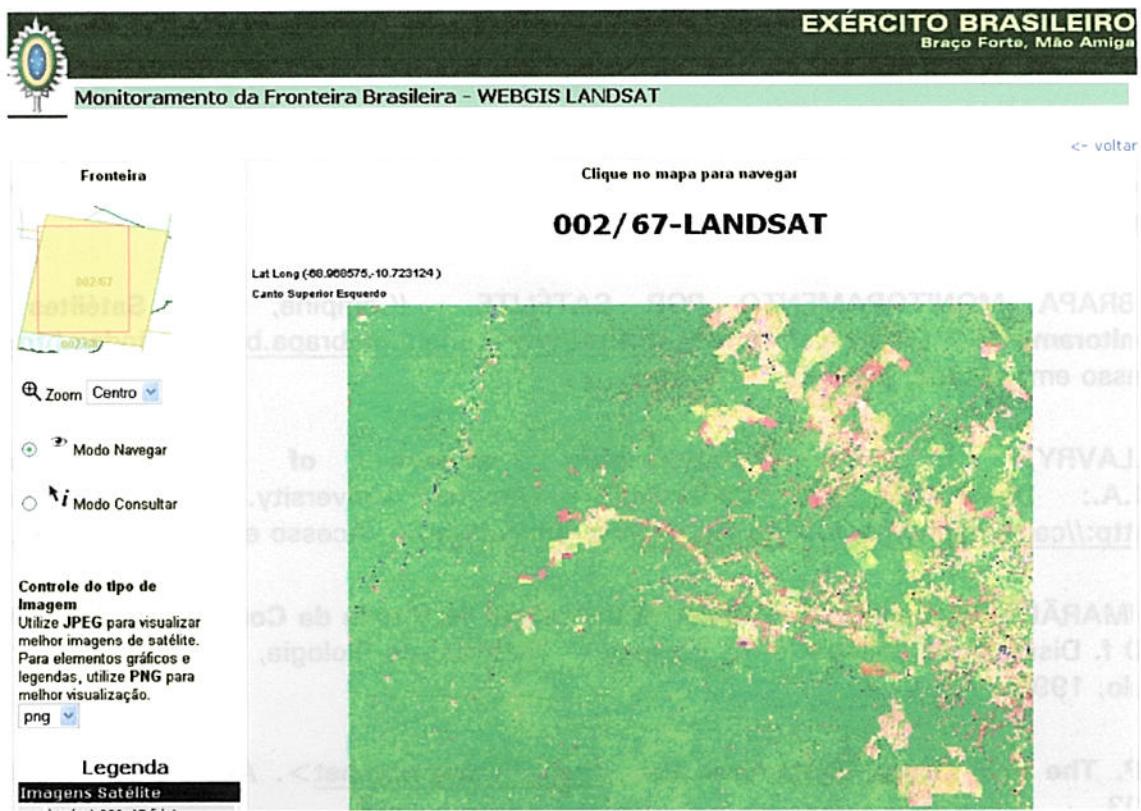


Figura 9: Exemplo de imagem Landsat ETM + da faixa de fronteira (002/67).



Figura 10: Exemplo de imagem EROS da região da Tríplice Fronteira.

5. Bibliografia

APACHE. The Apache Software Foundation. Disponível em:
<<http://www.apache.org>>. Acesso em: 28 fev. 2003.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE (Campina, SP). **Satélites de Monitoramento**. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/saiba/index.html>>. Acesso em: 10 dez. 2003.

GILLAVRY, E. M. **Cartographic aspects of WebGIS-software**. E.U.A.: Department of Cartography Utrecht University. Disponível em: <<http://cartography.geog.uu.nl/students/scripties.html>>. Acesso em: 28 fev. 2003.

GUIMARÃES, M. **Cartografia Ambiental da Região de Vitória da Conquista – BA**. 1999. 200 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo, 1999.

PHP. The PHP Group. Disponível em: <<http://www.php.net>>. Acesso em: 28 fev. 2003.