

## GEOTECNOLOGIA APLICADA AO ESTUDO DE OBJETOS E FENÔMENOS DO MEIO FÍSICO

Teresa Gallotti Florenzano  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR  
teresa@dsr.inpe.br

### Abstract

The objective of this paper is to show the potential of remote sensing and GIS technologies for physical geography studies. In this sense, some examples of these technologies application for environmental study and to map objects and features of the terrestrial surface were presented.

**Keywords:** physical geography, environmental study, impermeable surface, paleogeofoms, lake morphology, flooded areas, landslide, remote sensing; GIS

**Palavras-chave:** geografia física, estudo ambiental, superfícies impermeabilizadas, paleogeofomas, morfologia lacustre, áreas inundadas, escorregamento, sensoriamento remoto, SIG

### 1 - Introdução

O Sensoriamento Remoto e o SIG são geotecnologias cada vez mais úteis na análise da superfície terrestre, objeto de estudo da geografia física. A interpretação de imagens de satélite ajuda no estudo e monitoramento de objetos e fenômenos da superfície terrestre. A partir dessas imagens é possível fazer a previsão do tempo, estudar fenômenos oceânicos, detectar e monitorar furacões, deslizamentos, inundações, queimadas e desmatamentos, além de gerar diferentes tipos de mapas (geológico, geomorfológico, de solo, cobertura da terra, expansão urbana, etc. A maior parte dessas aplicações atende aos interesses da Geografia Física.

A caracterização do espaço urbano construído e a da população, em termos socioeconômicos, também podem ser realizadas por meio da análise de variáveis físicoterritoriais obtidas de imagem de satélite (Figura 1). Da imagem é possível obter, ainda, diferentes densidades de ocupação, distinguindo áreas já consolidadas e densamente ocupadas ou não, daquelas em processo de consolidação. Estas últimas apresentam terrenos vazios dentro das quadras residenciais. Outros elementos (tamanho dos terrenos, vegetação, piscinas, etc.) ajudam na caracterização da densidade de ocupação, em áreas cujo processo de ocupação já foi consolidado (Souza, 2010). Além disso, estudos como os de Souza (2003) e Gonçalves *et al* (2004), mostram a viabilidade da inferência populacional a partir de imagens de satélite. Esta alternativa pode preencher a falta de informação nos períodos intercensitários. Dados de população e densidade são fundamentais no mapeamento e análise de riscos naturais (e tecnológicos), para alimentar sistemas de alerta e no subsídio ao poder público na tomada de medidas preventivas, no sentido de evitar ou minimizar os danos decorrentes desses desastres.



Fig. 1 Imagem *QuickBird (DigitalGlobe)* de 2006, obtida no *Google Earth*, caracterizando o nível socioeconômico dos habitantes de três de bairros do município de São José dos Campos-SP, da esquerda para a direita: classe alta, classe média e classe baixa.

O SIG pode ser utilizado para armazenar, gerar, integrar e analisar informações de diferentes fontes (imagens de sensoriamento remoto, mapas, dados censitários, etc.); calcular áreas, gerar mapas de forma automatizada, etc. O uso de ambientes computacionais de SIG facilita a integração de dados de sensores remotos com aqueles provenientes de outras fontes, bem como a análise espacial e a modelagem dos ambientes permitindo realizar a projeção de cenários futuros (FLORENZANO, 2011).

Os avanços obtidos com os softwares de processamento de imagens e de SIG, bem como com os novos sensores remotos, produzindo dados com melhores resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal, permitem mapear, medir e estudar uma variedade de fenômenos geográficos e ambientais com rapidez e precisão. Atualmente, são obtidos pares estereoscópicos digitais por sensores ópticos, a bordo de satélites, e dados topográficos orbitais de radar como os da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*). Esses dados permitem visualizar o espaço geográfico em três dimensões e, utilizando um SIG, obter, de forma automática, variáveis morfométricas (altitude, declividade, orientação de vertentes, etc.) que são essenciais nos estudos geomorfológicos, pedológicos e ambientais (FLORENZANO, 2011).

Dados geomorfométricos podem ser derivados de Modelo Digital de Elevação (MDE), gerado dos dados SRTM. Estes dados, com resolução de 90 m, estão disponíveis para *download* gratuito no site <http://seamless.usgs.gov>. Com o uso de métodos de interpolação por krigagem o MDE SRTM original foi transformado em um MDE refinado, com a resolução melhorada de 90 m para ~30 m (VALERIANO, 2008). Este MDE está disponível no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA (<http://www.dsr.inpe.br/topodata>). O projeto TOPODATA é um banco de dados topográficos (originados daqueles do SRTM), de livre acesso pela internet, que cobrem todo o território brasileiro e em breve cobrirão a América latina e África também. Além do MDE, estão disponíveis nesse banco dados das principais variáveis topográficas associadas (altitude, declividade, orientação de vertentes, curvatura vertical das vertentes, curvatura horizontal, delineamento de canais de drenagem e divisores de água e área de captação).

A cada dia aumenta o número de aplicação de Sensoriamento Remoto e SIG. A crescente disponibilidade de dados orbitais na Internet de forma gratuita, como aqueles dos satélites CBERS, Landsat e Terra, além de softwares de processamento, análise e integração de dados como, por exemplo, o SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Camara et al., 1996) facilita o seu acesso e a sua exploração. Assim, além das universidades, instituições de pesquisa e órgãos governamentais e não-governamentais, as geotecnologias são utilizadas por empresas, escolas do ensino básico e pelo cidadão comum. As informações obtidas do uso dessas tecnologias dão subsídios a órgãos de planejamento no uso sustentável dos ambientes urbanos e rurais, contribuem para a conscientização da sociedade sobre problemas da realidade local e regional e no exercício da cidadania (FLORENZANO, 2011).

## **2 – Geotecnologia aplicada ao estudo de ambientes, objetos, fenômenos e feições da superfície terrestre**

Inúmeras publicações (artigos, relatórios, dissertações e teses) sobre aplicação de Sensoriamento Remoto e SIG em diferentes áreas temáticas, podem ser obtidas gratuitamente na biblioteca digital do INPE (<http://www.inpe.br/biblioteca/>). Nesta biblioteca encontram-se também os artigos publicados nos Anais de todas as edições do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR (<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/biblioteca/>). A seguir, são apresentados alguns exemplos de aplicação de geotecnologia em temas relacionados com a Geografia física.

### **2.1 – Estudo do ambiente urbano do Rio de Janeiro e São Paulo**

Fuckner (2007) explorou o potencial das imagens ASTER/Terra, de duas datas, no estudo ambiental das duas maiores regiões metropolitanas do Brasil, São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ). Foram gerados, dos dados Aster, modelos digitais de elevação (MDE) e imagens de reflectância e de temperatura (aparente e da superfície). O autor aplicou modelos de mistura espectral e analisou a correlação de dados das imagens com dados de poluição do ar. Os MDE obtidos apresentaram alta correlação com o mapa topográfico de referência. Foi necessário, no entanto, ajustar os resultados obtidos, cujos valores foram em média 20 m inferiores aos de referência. Pela análise das imagens de temperatura, foi possível detectar ilhas de calor e “ilhas de frio” no espaço intra-urbano, utilizando-se os métodos de normalização e emissividade, além da banda de referência. No mapeamento da cobertura do solo foi utilizado o Modelo de Mistura Espectral Múltiplos Componentes (MESMA), sendo selecionados espectros representativos das categorias Vegetação, Superfícies Impermeáveis e Solo. O autor não encontrou alta correlação entre a concentração de material particulado e os dados das imagens, provavelmente devido à baixa densidade de estações de monitoramento da qualidade do ar e sua localização inadequada, bem como às características das imagens utilizadas. A análise integrada dos resultados, por ele obtidos, comprovou que a altitude e a cobertura do solo influenciam a temperatura da superfície. Os resultados por classe indicaram um aquecimento de 3 a 4°C em São Paulo e de 6°C no Rio de Janeiro.

## 2.2 - Mapeamento de superfícies impermeáveis de Manaus

Kuck (2010) aplicou o MESMA em imagens TM-Landsat, de 1987 e 2006, para mapear as superfícies impermeáveis de Manaus, AM. A partir de um MDE, a autora delimitou a bacia hidrográfica (e suas microbacias) do São Raimundo, que concentra mais da metade da população urbana de Manaus. Ela destacou a importância de utilizar a bacia como unidade de estudo e planejamento. Calculou a declividade média e a porcentagem de superfície impermeável para cada uma das microbacias. Com base nesses valores definiu cinco classes de nível de escoamento superficial: **muito baixo** (velocidades mínimas de escoamento), **baixo**, **médio**, **alto** e **muito alto** (velocidades máximas de escoamento).

Esses resultados indicam quais microbacias têm escoamento superficial mais rápido, que aumenta o risco de enchentes. A autora verificou que, de 1987 e a de 2006, houve um aumento de superfícies impermeáveis em direção à montante da bacia hidrográfica, onde a ocupação deveria ser restrita. Isso porque são áreas de declividade acentuada, que concentram grande parte das nascentes dos afluentes do São Raimundo, além de fazer limite com a Reserva Florestal Adolpho Ducke, a qual deveria se conectar aos demais fragmentos florestais urbanos nas zonas sul e centro-sul através de corredores ecológicos, garantindo fluxo gênico entre estes e melhorando a qualidade do conforto ambiental urbano. Entretanto, essas microbacias são ocupadas pela população de baixa renda e para as quais o Plano Diretor prevê adensamento ao estabelecer um tamanho mínimo para os lotes. A instalação de loteamentos populares, com alta densidade de ocupação, devido ao tamanho reduzido do terreno, faz com que a probabilidade de impermeabilização seja próxima de 100%. Isso pode ser observado em imagens de alta resolução espacial. A autora verificou ainda, que os menores valores de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) concentram-se, em grande parte, na região de maiores taxas de impermeabilização.

## 2.3 – Mapeamento de morfologias lacustres da planície do rio Amazonas

França (2005) avaliou o efeito da dinâmica sazonal do nível d'água do rio Amazonas, sobre a caracterização morfológica dos sistemas lacustres. A área estudada por essa autora compreende o setor da planície de inundação do Rio Amazonas, que se estende do rio Madeira, ao rio Tapajós. Ela utilizou imagens JERS-1/SAR e MOD09/TERRA, correspondentes às épocas de cheia e de vazante do Rio Amazonas. Para o mapeamento a autora definiu quatro classes de morfologia lacustre: Circular/Oval; Alongado; Composto e Dendrítico. Os resultados mostraram que: (1) a área ocupada pelos sistemas lacustres na área de estudo representa 22% da área total no período de cheia e 18% na época de

vazante; (2) houve uma redução no total de lagos da época de vazante para a de cheia, ao mesmo tempo que ocorreu uma expansão na área dos lagos durante o período de cheia; (3) os lagos de forma circular/oval são os que ocorrem com maior frequência na área de estudo, em ambas as épocas; (4) a integração de imagens de sensores de microondas e óptico mostrou-se adequada a esse tipo de estudo.

## 2.4 - Mapeamento de paleoformas da bacia do baixo rio Madeira

Hayakawa (2011) buscou reconstituir a dinâmica fluvial quaternária do baixo rio Madeira e identificar os prováveis fatores envolvidos na sua evolução, com base na integração de dados de sensoriamento remoto e informações geológicas disponíveis. O autor utilizou o MDE, derivado dos dados SRTM, além de imagens Landsat e JERS-1. Com base nesses dados, ele identificou inúmeras paleogeofomas caracterizadas por segmentos tipicamente alongados, sinuosos, contínuos ou descontínuos, que configuram redes complexas atribuídas a paleocanais sobrepostos. Este tipo de canal é destacado pela vegetação herbácea e/ou arbustiva, ou são totalmente encobertos por floresta densa. Neste caso, o reconhecimento só foi possível com base no MDE-SRTM.

Esse autor verificou que, de modo geral, as paleogeofomas ocorrem em ambas as margens do rio Madeira. Segundo ele, a reconstituição dos sistemas de paleodrenagem nessas áreas revelou forte dinâmica fluvial durante o Quaternário, refletida por mudanças no posicionamento do rio Madeira, bem como em vários de seus tributários, principalmente os da sua margem direita. A análise detalhada das bacias hidrográficas atuais nas imagens interpretadas revelou várias anomalias de drenagem, como mudanças abruptas de direcionamento dos rios, junções ortogonais, meandramentos anômalos, padrões de drenagem anômalos e alargamentos anômalos de canais formando rias e lagos. Essas feições, bem como os lineamentos morfoestruturais e as paleodrenagem, sugerem que as diferentes posições dos rios ao longo do tempo refletem avulsões sucessivas e, em algumas áreas, capturas de drenagem promovidas pela reativação de estruturas tectônicas. Ainda segundo o autor, além de fatores como mudanças climáticas, a forte dinâmica sedimentar da bacia do rio Madeira é a principal responsável pelos impactos na distribuição florística atual, registrada por contrastes abruptos entre vegetação de floresta densa e vegetação herbácea/arbustiva.

## 2.5 - Mapeamento de áreas inundadas

Um exemplo do uso de imagens de satélite para mapeamento de áreas inundadas pode ser observado nas Figuras 2 e 3. Como, em geral, no período de inundação ocorre muita cobertura de nuvem, o que dificulta a obtenção de imagens no espectro óptico, estas podem ser substituídas por imagens de radar, como mostrado na Figura 3 (FLORENZANO, 2011).

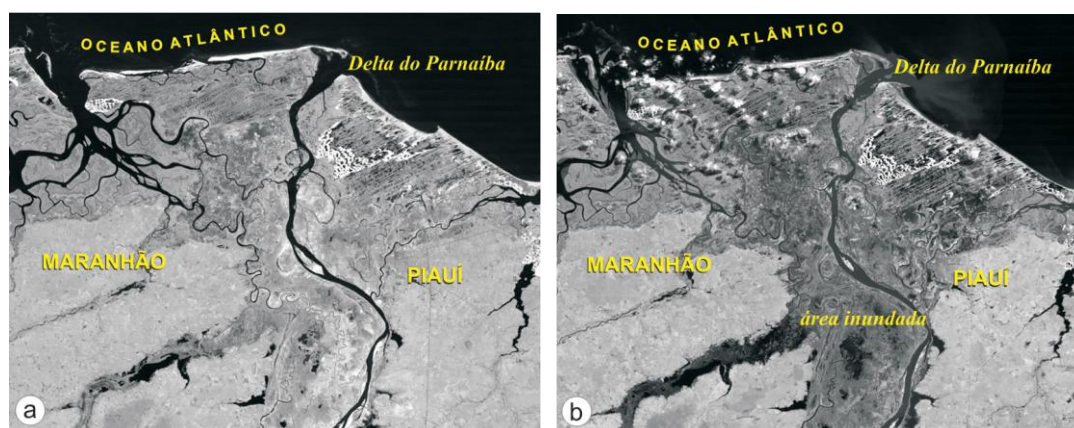


Fig. 2 Imagens TM-Landsat, banda 4, da região do delta do Parnaíba, obtidas em 14 de junho de 1990 (a) e 31 de maio de 1985 (b).

Fonte: Florenzano (2011).



Em 1985 ocorreu uma grande inundação na maior parte da região nordeste. O pico da cheia na área representada na imagem da figura 2 ocorreu no dia 06 de maio de 1985. Porém, somente no dia 31 de maio foi possível obter a imagem de satélite com pouca cobertura de nuvem. Como a inundação foi de grande proporção, suas marcas ainda estavam registradas na paisagem no dia 31 e foram representadas na imagem captada pelo sensor TM neste dia. Por isto, foi possível gerar os mapas das áreas inundadas. Essa dificuldade de obter imagens no espectro óptico, em dias nublados, mostra a importância das imagens de radar obtidas na região de microondas que podem ser adquiridas em condições meteorológicas adversas como no exemplo apresentado na figura 3.

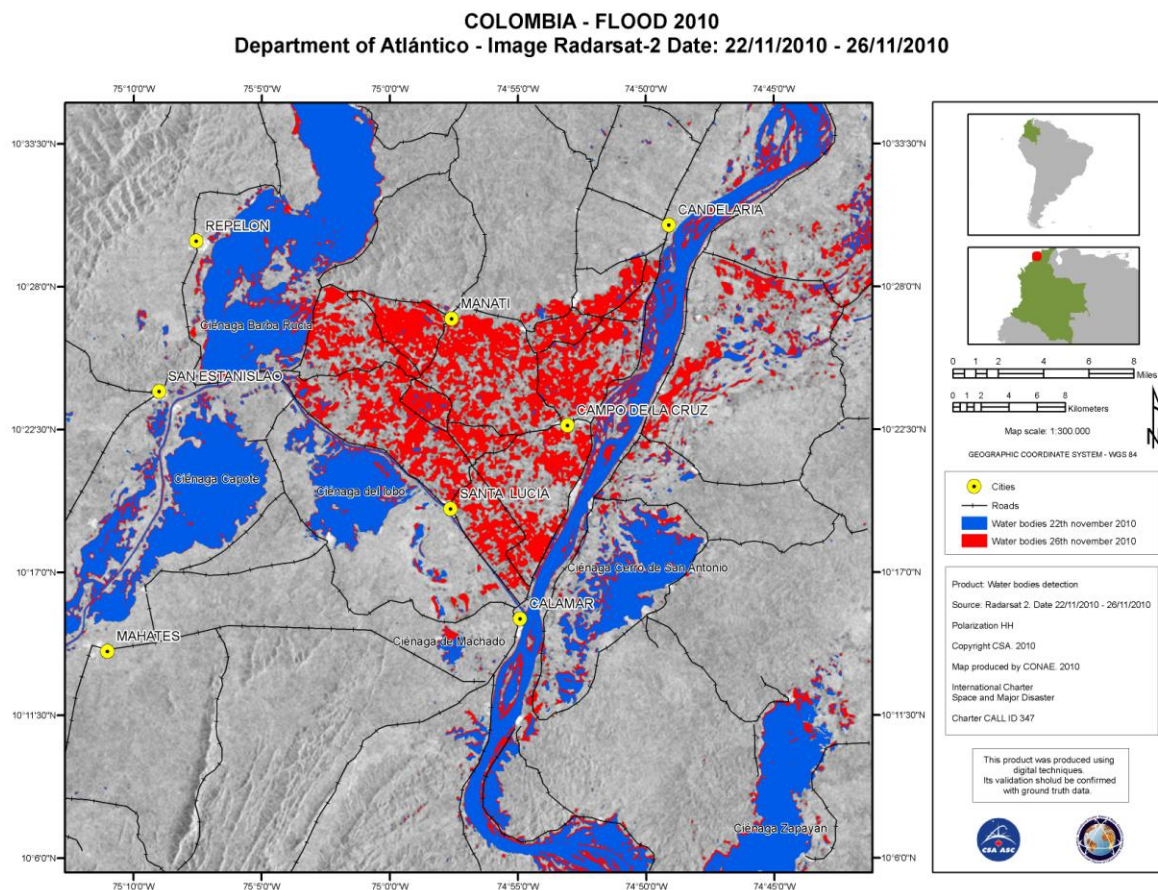


Fig. 3 Área inundada (vermelho) de uma região da Colômbia, mapeada com base na análise da imagem Radarsat-2.

Fonte: Carta-imagem elaborada por Conae (2010).

Arnesen (2012) desenvolveu um método, utilizando imagens de radar, para o monitoramento da variação da extensão inundada, durante o ano hidrológico de 2007, de um setor do Baixo Rio Amazonas, a planície de inundação do Lago Grande de Curuai, próxima à cidade de Óbidos (PA). Como salienta o autor, a planície de inundação do Baixo Rio Amazonas é sujeita a uma grande variação sazonal no nível d'água, devido ao grande volume precipitado nessa região, pela sua dimensão e topografia plana.

Na sua pesquisa Arnesen (2012) utilizou imagens de radar do sensor PALSAR do satélite ALOS, modo ScanSAR. Sete das doze cenas que foram adquiridas entre os anos de 2006 e 2010, são desse ano hidrológico, de 2007. Além dos dados de radar foram utilizados registros do nível d'água de uma estação fluviométrica (Curuai), fotografias tomadas durante trabalho de campo, realizado na cheia de 2011, além de imagens ópticas (TM/Landsat-5 e MODIS/Terra e Aqua). No mapeamento das áreas inundadas da área de estudo para todas as datas disponíveis, o autor aplicou um algoritmo de mineração de dados, construção de uma rede hierárquica e análise orientada ao objeto, para mapear.

Arnesen (2012) calculou a acurácia da classificação para os três primeiros níveis hierárquicos, assim como para a condição de inundação. Para os níveis 1 e 2 (apenas um mapa para toda a série temporal), ele obteve acurácia de 90 e 83%, respectivamente. O autor validou as classificações do Nível 3 (um mapa por data) os períodos de seca e cheia, obtendo exatidões globais de 78 e 80%, respectivamente. Para a condição de inundação o autor obteve um mapa com exatidões globais de 88 e 90 % para seca e cheia, respectivamente. Na previsão da extensão da área de estudo inundada, ele ajustou um modelo polinomial entre as áreas inundadas mapeadas e os níveis d'água registrados na estação fluviométrica de Curuai, para o ano hidrológico de 2007, com  $R^2$  de 0,94 ( $p < 0,05$ ). O autor validou esse modelo, utilizando as classificações das datas de 2009 e 2010, com um erro quadrático médio normalizado (NRMSE) de 20%.

Alfaya (2012) avaliou o uso de dados SRTM e o descritor HAND para mapear as áreas alagadas da calha do rio Solimões-Amazonas, utilizando análise baseada em objeto. O HAND é um algoritmo elaborado por Rennó et al. (2008), que indica a altura de uma determinada localização geográfica, não em relação ao nível do mar, mas em relação ao ponto da rede de drenagem mais próximo. Os autores consideram que rios e lagos, que compõem a rede de drenagem, possuem altura zero, o que facilita sua identificação. Eles aplicaram esse algoritmo ao MDE gerado dos dados SRTM. O produto gerado também é um modelo digital de elevação (MDE-HAND). Rennó et al. (2008) realizaram testes com o MDE-HAND em áreas da bacia amazônica, e obtiveram forte correlação entre o modelo e a topografia local.

No desenvolvimento do método de classificação das áreas alagadas, Alfaya (2012), selecionou seis áreas teste: Tabatinga, Fonte Boa, Codajás, Jatuarana e Parintins, no Estado do Amazonas, e Óbidos, no Estado do Pará. Ele utilizou o MDE-SRTM, o MDE-HAND e imagens declividade e curvatura derivadas do MDE-HAND e, na análise orientada a objeto, aplicou dois níveis de segmentação e três de classificação. Os procedimentos desenvolvidos nas áreas teste foram aplicados para toda a área de estudo. O valor do índice *kappa* do resultado da classificação, realizada por esse autor, em relação ao mapa de referência (Hess et al., 2003) foi de 0,711. Ele realizou também uma análise mais detalhada, utilizando áreas testes e uma análise do índice *kappa* pelo método de Monte Carlo, cujos resultados revelam que os dados e o método utilizados são promissores para esse tipo de mapeamento e de área de estudo.

## 2.6 – Mapeamento de risco a escorregamentos de Nova Friburgo

Rodrigues (2012) está desenvolvendo uma metodologia de mapeamento do risco a escorregamentos, que integre dados de cobertura/uso da terra e densidade populacional (obtidos de imagens de alta resolução espacial) com as variáveis de clima, geologia, geomorfologia (dados geomorfométricos do TOPODATA) e cicatrizes de eventos anteriores, para gerar cenários de alerta utilizando o sistema TerraMA2. Para o desenvolvimento da metodologia foi selecionada como área teste o município de Nova Friburgo – RJ (Figura 4). Este município, Teresópolis, Petrópolis, Sumidouro e São José do Vale do Rio Preto, localizados na região serrana do Rio de Janeiro foram os mais atingidos pelo evento de janeiro de 2011. Em decorrência desses eventos, mais de 900 pessoas perderam a vida e outras 18.000 ficaram desabrigadas. Nas semanas que antecederam os eventos, atuava sobre o Brasil a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), e, de acordo com o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) a região afetada teve um total acumulado de 300 mm de chuva em 24 horas, quantidade superior ao esperado para o mês de janeiro.

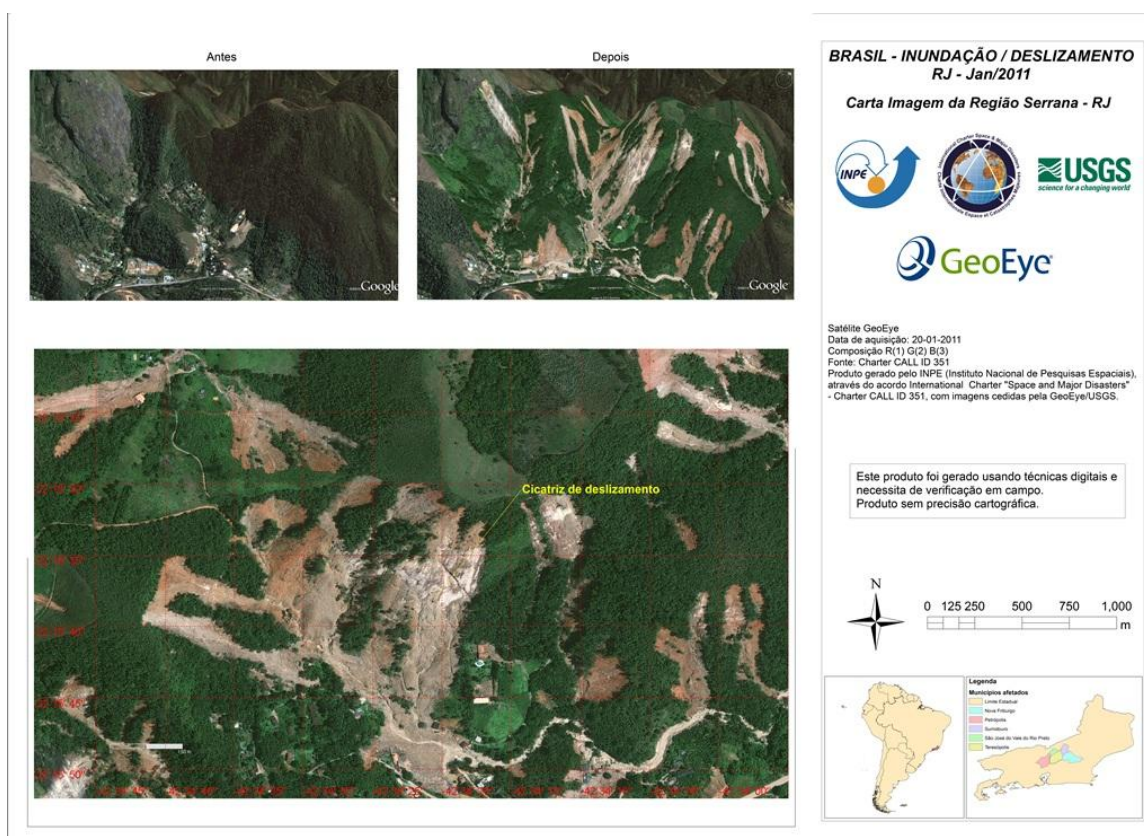


Fig. 4 Imagens de Nova Friburgo do satélite GeoEye-1, obtidas antes e depois dos deslizamentos ocorridos em janeiro de 2011.

Fonte: Imagens cedidas pela United States Geological Survey (USGS) e processadas pelo INPE.

O sistema TerraMA<sup>2</sup>, desenvolvido pelo INPE (<http://www.dpi.inpe.br/terrama2/>), é uma plataforma aberta e livre, que permite tratar e analisar dados em tempo real, indicando um possível cenário de risco, por meio da comparação com mapas de risco ou vulnerabilidade, além da possibilidade da criação e notificação de alerta ao usuário. Esse sistema permite a integração de dados em tempo real (hidrometeorológicos) com dados estáticos como mapas de riscos ambientais, geológicos, geomorfológicos, com o objetivo de emitir alerta para diferentes desastres naturais. O software possibilita buscar dados atuais por meio da internet e inserir esses dados no banco do sistema de alerta.

Reis et al (2011), testaram o uso do TerraMA<sup>2</sup>, utilizando dados anteriores ao evento ocorrido na região de Angra dos Reis, no período entre 28 de dezembro de 2009 e 2 de janeiro de 2010. Eles mostraram como o TerraMA<sup>2</sup> poderia apontar uma condição de risco para a região com uma antecedência de 18 horas por meio da integração dos dados meteorológicos, de vulnerabilidade e de risco ambiental da região. Os autores destacaram também a gravidade da ocorrência de um desastre natural em uma região, que além de ser um pólo turístico, abriga importantes rodovias e duas usinas nucleares.

### 3 - Conclusão

Mais informações sobre as pesquisas destacadas neste artigo podem ser encontradas nas respectivas publicações, citadas nas referências bibliográficas. Essas publicações estão disponíveis na biblioteca digital do INPE.

Como mostrado nos exemplos aqui apresentados, as técnicas de sensoriamento remoto e SIG são de grande utilidade no estudo de temas relacionados com a Geografia Física. Para obter bons resultados no uso dessas geotecnologias, no entanto, é essencial o conhecimento teórico sobre o tema estudado e

a técnica aplicada. Nesse sentido, é recomendável consultar referências originais e especializadas. É importante destacar também o uso da escala adequada dos dados, que deve ser compatível com sua resolução original e o objeto do estudo.

#### 4 - Referências Bibliográficas

ALFAYA, F. A. V. da S. **Mapeamento das áreas alagadas da calha do rio Solimões Amazonas utilizando análise baseada em objeto com dados SRTM**. INPE, São José dos Campos, 2012. (Dissertação de mestrado em sensoriamento remoto).

ARNESEN, A. S. **Monitoramento da área inundada na planície de inundação do Lago Grande de Curuai (PA) por meio de imagens SCANSAR/ALOS e dados auxiliares**. São José dos Campos: INPE, 2012. 115 p. (sid.inpe.br/mtc-m19/2012/02.22.16.15-TDI) Dissertação (Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2012.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, May-June 1996.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. São Paulo, 3ª edição. Oficina de Textos, 2011.

FRANÇA, A. M. da S. **Aplicação de sensoriamento remoto no estudo da influência da dinâmica sazonal do rio Amazonas sobre a morfologia dos sistemas lacustres**. São José dos Campos: INPE, 2005. 134p. (INPE-14469-TDI/1150) Dissertação (Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

FUCKNER, M. A. **Aplicação de imagens Aster no estudo do ambiente urbano de São Paulo e Rio de Janeiro**. São José dos Campos: INPE, 2007. 230p. (INPE-15203-TDI/1303) São José dos Campos, 2007. (Dissertação de mestrado em sensoriamento remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007.

GONÇALVES, C. D. A. B.; SOUZA, Í. M.; PEREIRA, M. N.; FREITAS, C. **C. Análise do ambiente urbano visando a inferência populacional a partir do uso de dados de Sensoriamento Remoto orbital de alta resolução**. São José dos Campos: INPE, 2004. 63 p. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/03.15.09.33>>. Acesso em: 7 maio, 2012.

HAYAKAWA, E. H. **Paleogeofomas e sistemas de drenagem da Bacia do Baixo Rio Madeira, AM: interpretação de dados de sensoriamento remoto**. São José dos Campos : INPE, 2011. 167 p.; (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/07.01.14.17-TDI) Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

KUCK, T. N. **Análise do processo de ocupação da área urbana de Manaus/Amazonas através de frações de componentes e sua relação com o escoamento pluvial superficial – estudo de caso: bacia hidrográfica do São Raimundo**. São José dos Campos: INPE, 2010. 93 p. (INPE-0000 - TDI/00) (Dissertação de mestrado em sensoriamento remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

REIS, J. B. C.; CORDEIRO, T. L.; LOPES, E.S.S. **Utilização do sistema de monitoramento e alerta de desastres naturais aplicado a situações de escorregamentos caso de Angra dos Reis**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14, 2011, Dourados. **Anais...**Dourados: SBGFA, 2011. p. 4940-4947.



RENNÓ, C.D.; NOBRE, A.D.; CUARTAS, L.A; SOARES, J.V.; HODNETT, M.G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M.J. HAND, **a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazônia**. Remote Sensing of Environment, v.112, p. 3469-3481, 2008.

RODRIGUES, C de S. **Avaliação do uso de dados geomorfométricos e de densidade populacional para gerar cenários de alerta a escorregamentos por meio do TerraMA2**. São José dos Campos, INPE, março de 2011. Proposta de dissertação de mestrado. 40 p.

SOUZA, I. M. **Metodologia de análise da diferenciação socioespacial com uso de imagens orbitais de alta resolução espacial em São José dos Campos - SP**. 2010. 282 p. (sid.inpe.br/mtdm19/2010/11.24.17.19-TAE). Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas - SP, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/38LHE4S>>. Acesso em: 4 abr. 2012.

SOUZA, I. M. **Análise do espaço intra-urbano para estimativa populacional intercensitária utilizando dados orbitais de alta resolução espacial**. 2003. 104 p. (INPE-11607-TAE/59). Dissertação de Mestrado - Universidade do Vale do Paraíba -UNIVAP, São José dos Campos. 2003. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2004/12.24.09.50>> . Acesso em: 02 mai. 2012.

VALERIANO, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 72 p. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24>>. Acesso em: 12 abr. 2012.