

GEOTECNOLOGIAS NA GEOGRAFIA APLICADA: DIFUSÃO E ACESSO

Teresa Gallotti Florenzano

Resumo: O objetivo deste artigo é destacar a difusão das técnicas de sensoriamento remoto e SIG e sua aplicação na geografia. O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) vem participando do desenvolvimento de sistemas sensores e satélites, além de softwares que combinam processamento de imagens e SIG. Considerando isto, o enfoque desta apresentação reduz-se às atividades recentes desenvolvidas nesta instituição. É enfatizada também a disponibilidade de imagens e softwares gratuitos para todos os usuários interessados.

Palavras-chave: INPE, sensoriamento remoto, SIG, acesso, difusão.

Introdução

As geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais interligadas. Suas aplicações nos diferentes campos do conhecimento têm aumentado. A princípio, em Geografia essas tecnologias têm uma vasta aplicação. Entretanto, o potencial delas nos estudos geográficos não tem sido suficientemente explorado. Isto ocorre em grande parte devido à deficiência na formação inicial e à falta de formação continuada de muitos profissionais, essencial para acompanhar os crescentes avanços tecnológicos.

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Esta visão sinóptica do meio ambiente ou da paisagem possibilita estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos causados por fenômenos naturais como as inundações e a erosão do solo (freqüentemente agravados pela intervenção do homem) e antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra (FLORENZANO, 2002).

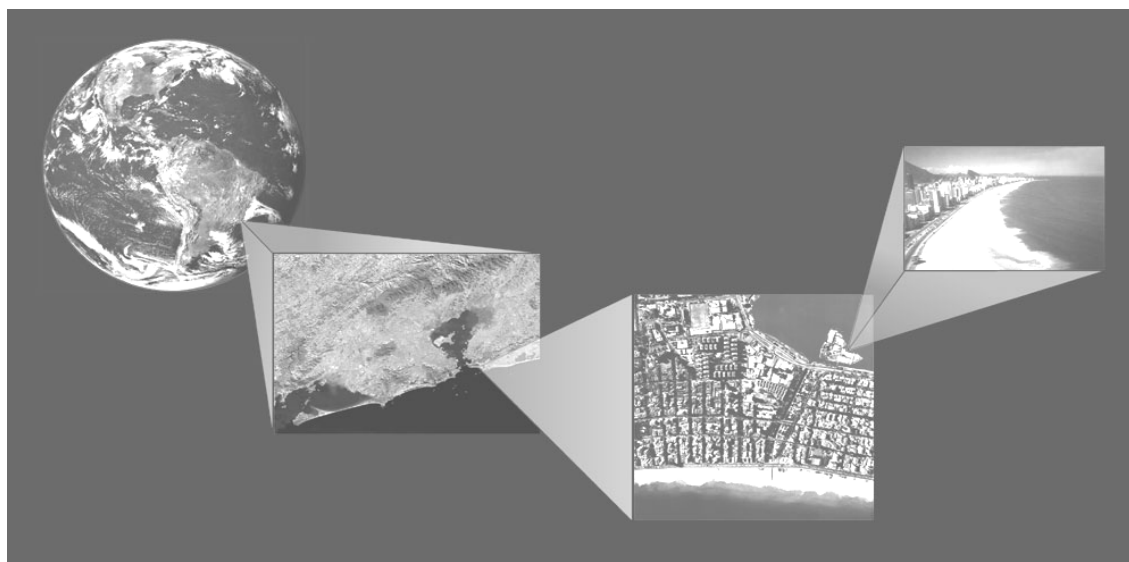


Figura 1 Da esquerda para a direita: imagem GOES de uma face da Terra, Imagem TM-LANDSAT (Rio de Janeiro e região), fotografia aérea (Ipanema, Rio de Janeiro) e fotografia local (praia de Ipanema, Rio de Janeiro). Fonte: Adaptada de Florenzano (2004).

Através das imagens de satélite o ambiente mais distante ou de difícil acesso torna-se mais acessível. Ao retratarem parte, ou uma face da superfície terrestre, elas permitem fazer a ligação entre o pontual, ou o local, e o global (Fig.1). A análise de um espaço local constitui referência para a compreensão de outros espaços, pois no local está embutido o regional, o continental, o global e vice-versa.

Os avanços obtidos com os novos sensores remotos, produzindo dados com melhores resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal, permitem mapear, medir e estudar uma variedade de fenômenos geomorfológicos e ambientais, por exemplo, com uma rapidez e precisão nunca obtidas anteriormente (Fig.3). 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.

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.

Desta maneira, o recente e rápido desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento remoto e de SIG contribuem para a evolução das próprias ciências da terra e ambientais, ao mesmo tempo em que facilitam a inter-relação entre elas. Como ressalta BAKER (1986), em qualquer ciência o surgimento de novas técnicas não é importante em si mesmo, mas sim por permitir novas descobertas que estimulam o progresso científico.

A crescente disponibilidade de dados orbitais na Internet de forma gratuita, como aqueles dos satélites CBERS e LANDSAT, além de softwares de processamento, análise e integração de dados como, por exemplo, o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), justifica exploração desses dados pelos geógrafos e outros profissionais. Considerando a escassez de recursos e as dimensões do Brasil, que dificultam o acesso à formação, uma das alternativas para difundir o uso das geotecnologias é o desenvolvimento de materiais didáticos e programas de capacitação em geotecnologias na modalidade à distância.

Disponibilidade de Dados de Sensores Remotos

As imagens dos sensores CCD, IRMSS e WFI dos satélites CBERS 1 e 2, bem como imagens MSS dos satélites americano LANDSAT 1, 2 e 3 podem ser obtidas gratuitamente no endereço: www.dgi.inpe.br. Neste mesmo endereço, em breve estarão disponíveis também imagens TM do LANDSAT-5. Cabe destacar que o CBERS-2B, com lançamento previsto para outubro de 2006, terá a bordo uma câmera de alta resolução espacial (2,5 m). Mais detalhes sobre o programa CBERS, desenvolvido pelo Brasil em cooperação com a China, podem ser encontrados em www.cbears.inpe.br. Imagens MSS, TM e ETM+ dos satélites LANDSAT e dados da missão SRTM (Fig.2) estão disponíveis, também de modo gratuito, no endereço: <http://glcf.umiacs.umd.edu/data>.

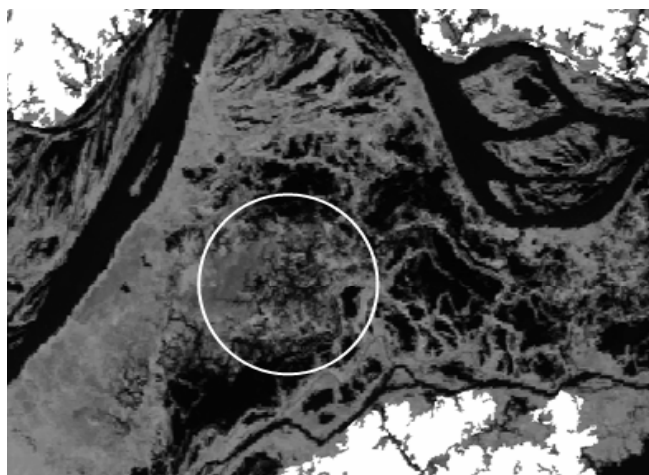


Figura 2 Imagem MOD09 banda 2, no destaque pode-se observar que é possível, em uma área complexa de um setor da planície Amazônica, identificar o limite entre água aberta (preto), vegetação aquática (cinza escuro) e semi-aquática (cinza médio). Fonte: França (2005)

Ainda de forma gratuita podem ser adquiridos os dados do sensor MODIS, a bordo dos satélites TERRA e AQUA, no endereço: <http://redhook.gsfc.nasa.gov/>. Ele é um sistema desenvolvido pela EOS/NASA (*Earth Observing System/ National Aeronautics and Space Administration*) que visa o monitoramento global da atmosfera, terra e oceano. As bandas deste sensor têm baixa resolução espacial, mas alta resolução espectral, radiométrica e temporal que possibilitam estudos de ambientes dinâmicos tanto terrestres, quanto oceânicos. Sobre o sensor MODIS, sugere-se a leitura dos trabalhos de ANDERSON et al. (2003) e JUSTICE et al. (2002). Na Fig. 2 é apresentado um exemplo de aplicação de imagens do sensor MODIS. A imagem

da banda do infravermelho próximo (MODO9-2), com uma resolução espacial de 250 m, foi utilizada para o mapeamento de lagos de um setor da planície Amazônica (FRANÇA, 2005).

Os Mosaicos Georreferenciados gerados pela NASA (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>), com Imagens TM-LANDSAT Ortoretificadas (bandas 7, 4 e 2, combinadas com a banda pancromática, resolução espacial de 14,25m), vêm sendo utilizados como Base Única de Referência para georreferenciamento de imagens de satélite LANDSAT e CBERS. Isto, principalmente em áreas do território brasileiro de difícil acesso para as quais não existem bases cartográficas atualizados ou em escalas superiores a 1:100.000. A avaliação da precisão desses mosaicos, pela sobreposição das cartas topográficas da Amazônia na escala de 1:100.000, mostrou que eles são compatíveis com o padrão de exatidão cartográfico planimétrico estabelecido para esta escala (MELLO et al, 2005).

A missão SRTM foi projetada para coletar dados topográficos da superfície terrestre por um sistema de radar com o uso de uma técnica de sensoriamento remoto denominada de interferometria. Os dados SRTM, com resolução espacial de 90 m

estão disponíveis no endereço: <http://glcf.umiaccs.umd.edu/data>. Na Fig. 3 está representada uma área, ao norte de Manaus (AM), sob os aspectos espectrais (banda 4 do TM-LANDSAT) e topográficos (escala de cinza de dados SRTM – *Shuttle Radar Topographic Mission*). Embora nesta banda do TM feições de relevo e drenagem são em geral bem destacadas, principalmente em áreas com densa cobertura vegetal como a representada nesta figura, pode-se observar um realce maior destas feições na imagem SRTM.

O projeto TOPODATA está sendo desenvolvido no INPE com o objetivo de construir uma base nacional de dados topográficos. Ele visa formar e colocar à disposição um Modelo Digital de Elevação (MDE) de todo o território nacional, bem como as 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). Neste projeto utilizam-se métodos de interpolação por krigagem para transformar o MDE SRTM original em um novo com a resolução melhorada de 90 m para ~30 m (VALERIANO, 2004, 2005a).

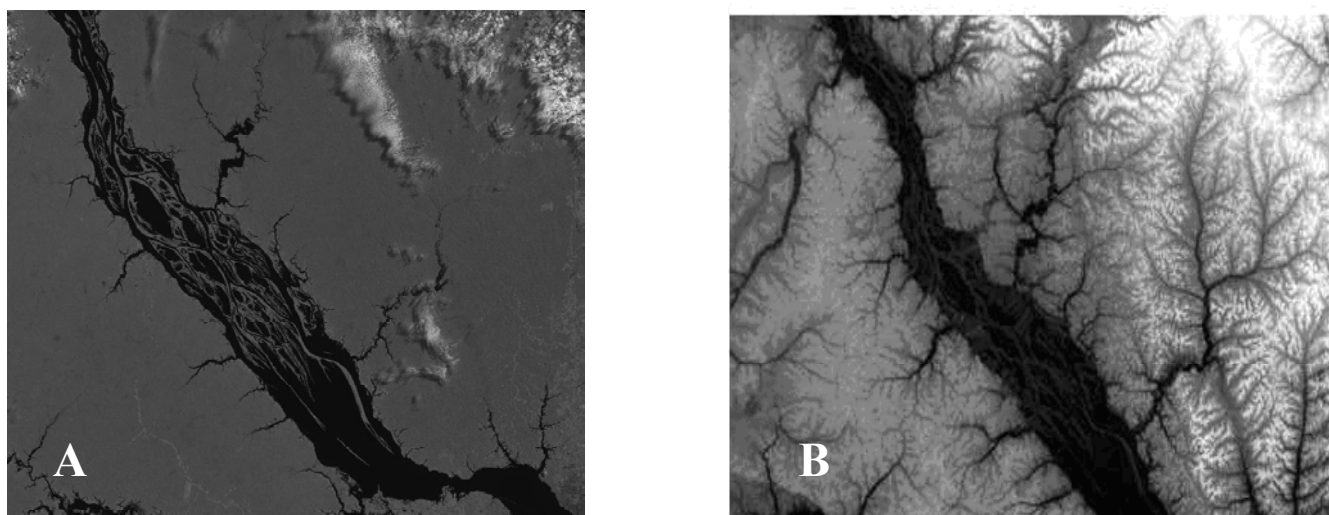


Figura 3 Imagens TM-LANDSAT, banda 4 (A) e SRTM (B), área ao norte de Manaus (AM). Adaptada de VALERIANO (2005b).

Disponibilidade de Softwares

A crescente disponibilidade de dados digitais de sensores remotos demanda o uso de softwares para o processamento e integração desses dados com aqueles provenientes de outras fontes. São destacados neste artigo os sistemas gratuitos: SPRING (<http://www.dpi.inpe.br/spring>) e TerraView (<http://www.dpi.inpe.br/terraview>). O SPRING, que além do português, tem versões em espanhol e inglês, é desenvolvido para ambientes

UNIX e Windows. Ele é um software que combina processamento de imagens e SIG, utiliza um modelo de dados orientado a objetos, que melhor reflete a metodologia de trabalho de estudos ambientais e cadastrais, além de oferecer ao usuário um ambiente interativo para visualizar, manipular e editar imagens e dados geográficos (CÂMARA et al., 1996).

O aplicativo TerraView, construído sobre a biblioteca de geoprocessamento TerraLib (CASANOVA et al. 2005, <http://www>.

dpi.inpe.br/terralib/) é um fácil visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados; manipula dados vetoriais (pontos, linhas e polígonos) e matriciais (grades e imagens), ambos armazenados em SGBD relacionais ou georrelacionais de mercado, incluindo ACCESS, PostgreSQL, MySQL e Oracle; exemplifica a utilização da biblioteca TerraLib.

Material Didático de Geotecnologias

Como material básico de introdução ao Sensoriamento Remoto destaca-se o livro didático "Imagens de satélite para estudos ambientais" (FLORENZANO, 2002) e o CD educacional: "Sensoriamento Remoto: Aplicações para a preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia" (DIAS et al., 2003).

O livro didático fornece, em linguagem simples, informações básicas de sensoriamento remoto: ilustra como são obtidas as imagens de satélites, descreve os tipos de sensores e satélites existentes e destaca o programa espacial brasileiro. Aborda a relação entre imagem e mapa e o processo de interpretação de imagens obtidas por sensoriamento remoto. Ele mostra como as imagens de satélites podem contribuir para o estudo de fenômenos ambientais, de ambientes naturais e daqueles transformados pelo homem. Finalizando, ele destaca o uso do sensoriamento remoto como recurso didático multi e interdisciplinar.

Entre os anos de 1997 e 2000 a *Indiana State University* (ISU), com apoio financeiro da NASA, desenvolveu três CD-ROMs interativos que enfocam o sensoriamento remoto aplicado ao estudo do meio ambiente. Esses CD interativos contêm textos, exercícios, atividades, testes, visitas virtuais, fotos, áudio, músicas, tabelas, bloco de anotações, figuras ilustrativas, imagens de sensores remotos e um programa para o processamento de imagens. Portanto, não se trata de apenas mais um "livro-texto eletrônico".

A versão brasileira desse material compõe-se de dois CDs (DIAS et al., 2003). O CD1 contém três partes: 1) Introdução ao Sensoriamento Remoto (incluíram-se os marcos históricos brasileiros e os satélites CBERS, IKONOS e QUICKBIRD); 2) Princípios de Preservação e Conservação, que destaca os ecossistemas amazônicos; 3) Estudos de caso na Amazônia – Exemplos do LBA (Experimento de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia). O CD2 contém um banco de dados reais e de imagens de diversos ambientes brasileiros, obtidas de diferentes satélites (LANDSAT, CBERS, SPOT, etc.) e planos vetoriais georreferenciados e pré-processados. Inclui uma cópia

da versão 3.6 do programa SPRING.

Outros livros de geotecnologias, que têm a autoria ou participação de pesquisadores do INPE, são apresentados: "Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações" (NOVO, 1989); "Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação" (MOREIRA, 2005); Sensoriamento Remoto: Refletância dos alvos naturais (MENESES e MADEIRA NETTO, 2001); "Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N" (FERREIRA, 2004); "Sensoriamento Remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores: métodos inovadores" (BLASCHKE e KUX, 2005); "Análise espacial de dados geográficos" (DRUCK et al., 2004); "Banco de Dados Geográficos" (CASANOVA et al. 2005). Cabe acrescentar ainda os livros: Oceanografia por Satélites (SOUZA, 2005), que será lançado em outubro de 2005; "O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil" (YOSIO et al., no prelo) e "Geomorfologia por Sensoriamento Remoto" (FLORENZANO et al., no prelo), ambos com publicação programada para 2006.

Livros on-line como, por exemplo, "Introdução à Ciência da Geoinformação" e tutoriais, como o do SPRING, podem ser adquiridos pelo endereço: <http://www.dpi.inpe.br/livros.html>. Outros materiais didáticos como tutoriais e apostilas estão disponíveis em <http://www.dsr.inpe.br/vcsr/html/programa.htm> e http://www.inpe.br/ensino_e_documentacao/cep.htm, além de aulas de cursos da pós-graduação em Sensoriamento Remoto, que podem ser acessadas através das páginas dos pesquisadores da Divisão de Sensoriamento Remoto-DSR (www.dsr.inpe.br) e Divisão de Processamento de Imagens-DPI (www.dpi.inpe.br). Nestes endereços é possível obter também informações sobre projetos desenvolvidos na DSR e DPI. Sugere-se ainda a consulta ao acervo digital dos Anais do XII, XI, X, IX e VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), em <http://www.ltid.inpe.br/sbsr2005/biblioteca>, bem como à biblioteca do INPE: http://www.inpe.br/ensino_e_documentacao/biblioteca.htm.

Difusão de Geotecnologias

O ensino de Sensoriamento Remoto no INPE teve início em 1972 com a criação do curso de mestrado nesta área. Mais recentemente, em 1998, foi implementado também o programa de doutorado. No nível de especialização, em 1985, foi criado o "Curso Internacional em Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas", com uma duração média de nove meses e que oferece 15 vagas, sendo 10 voltadas para a América Latina e 5 para o Brasil (SAUSEN, 2003). Vários outros cursos de Sensoriamento Remoto de curta duração têm sido oferecidos pelo

INPE, dentro e fora de suas dependências.

Desde 1999 a Divisão de Processamento de Imagens (DPI) da OBT (Coordenação-Geral de Observação da Terra), em parceria com a *Sociedade Latino-Americana de Percepción Remota* (SELPER-Brasil), oferece cursos em Geotecnologias (Introdução ao Sensoriamento Remoto; Processamento Digital de Imagens, Análise Espacial, Banco de Dados Geográfico, Modelo Digital do Terreno e SPRING). Esses cursos de curta-duração (40 horas) atendem pesquisadores, professores, alunos de pós-graduação e técnicos de várias áreas (agronomia, geologia, geografia, cartografia, etc.) ligados a instituições de pesquisa, universidades e empresas que usam geotecnologias.

A Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) da OBT oferece, desde 1998, nas férias escolares de julho, o curso "O Uso Escolar do Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente". Com duração de 40 horas, destina-se à capacitação de professores do Ensino Fundamental e Médio da rede pública e particular de todo o país. O seu objetivo principal é difundir o uso do sensoriamento remoto como conteúdo e recurso didático nas escolas. Neste tipo de capacitação incentiva-se a elaboração de projetos pedagógicos.

À medida que crescem as aplicações das geotecnologias, aumenta a procura por cursos nessa área. Considerando a escassez de recursos e as dimensões do Brasil, que dificultam o acesso à informação e formação, é fundamental investir em

educação à distância para este tipo de capacitação. A expansão crescente desta modalidade de ensino no Brasil e no mundo é favorecida pelas novas demandas educativas e pelo desenvolvimento das tecnologias da informação (PRETI, 2000).

Nesse sentido, em 2004 a OBT implementou um programa de formação de professores em Sensoriamento Remoto totalmente à distância que utiliza o ambiente computacional de ensino TelEduc (<http://hera.nied.unicamp.br/teleduc/>). Inicialmente optou-se pela capacitação de professores universitários devido ao seu papel de multiplicador e pela disponibilidade de infra-estrutura computacional existente nas universidades (FLORENZANO, et al. 2005). Já em 2005 foram oferecidos dois cursos "Introdução ao Sensoriamento Remoto" que atenderam também a outros profissionais (www.obt.inpe.br/).

Conclusão

Espera-se ter colaborado com a divulgação de informações úteis sobre geotecnologias. A apresentação realizada não teve o intuito de enaltecê-las, incentivando o uso da técnica pela técnica, e sim destacar que elas são um meio poderoso para atingir os objetivos da Geografia Aplicada. O conhecimento científico e temático da área de aplicação é de fundamental importância na exploração de técnicas de sensoriamento remoto e SIG. Sem este conhecimento, e um objetivo bem definido, os recursos destas geotecnologias podem ser mal ou subutilizados.

FLORENZANO, T. G. (2005). Geotechnologies in applied geography: diffusion and accessibility. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 17, p. 24-29.

Abstract: The objective of this paper is to emphasize the diffusion of remote sensing and GIS techniques and their application to Geography. INPE (National Institute for Space Research) has participated in the development of not only sensor systems and satellite, but also in integrated remote sensing and GIS software. Taking this into account, the focus of this presentation is on recent developments at this institution. There is also a strong emphasis on the availability of free images and software for all interested users.

Keywords: INPE, Remote Sensing, GIS; Access; Diffusion.

Recebido em 7 de setembro de 2005, aceito em 2 de outubro de 2005.

Referências Bibliográficas

- ANDERSON, O.L. et al. (2003) *Sensor MODIS: Uma abordagem geral*. São José dos Campos, INPE.
- BAKER, V.R. (1986) Introduction: Regional Landforms Analysis. In: SHORT, N.M.; BLAIR, R.W. ed. *Geomorphology from space: A Global Overview of Regional Landforms*. Washington, DC: NASA. 717p. (NASA SP-486).
- BLASCHKE, T.; KUX, H. (2005) *Sensoriamento Remoto e SIG: Novos sistemas sensores: Métodos inovadores*. São Paulo, Oficina de textos.
- CÂMARA, G.; SOUZA R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO (1996). SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *J Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun.
- CASANOVA, M.A.; DAVIS, C.; VINHAS, L.; QUEIROZ, G.R.; CÂMARA, G. (2005) *Banco de Dados Geográficos*, São Paulo. MundoGEO.
- DIAS, N.W.; BATISTA, G.; NOVO, E.M.M.; MAUSEL, P.W.; KRUG, T. (2003) *Sensoriamento remoto: Aplicações para a Preservação, Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia*. São José dos Campos, INPE.
- DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M.V. org. (2004) *Análise espacial de dados geográficos*. Planaltina, EMBRAPA. 208 pp.
- FERREIRA, N.J. cor.(2004) *Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N*. São Paulo, Oficina de Textos.
- FLORENZANO, T.G. (2004) *A Nave Espacial Noé*. São Paulo, Oficina de Textos.
- FLORENZANO, T.G. (2002) *Imagens de satélite para estudos ambientais*. São Paulo, Oficina de Textos.
- FLORENZANO, T.G.; FERREIRA, H.S.; MORAES, E.C.; DIAS, N.W. (2005) Formação de professores universitários em Sensoriamento Remoto através de ensino à distância. *Simp. Bras. de Sens. Remoto*, 12. São José dos Campos, INPE, p. 1279-1285.
- FRANÇA, A.M.S. (2005) *Aplicação de sensoriamento remoto no estudo da influência da dinâmica sazonal do rio Amazonas sobre a morfologia dos sistemas lacustres*. INPE, São José dos Campos. Dissertação de mestrado.
- JUSTICE, C.O. et al. (2002) An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n.1-2, Nov. p 3-15.
- MELLO, E.M.K.; MOREIRA, J.C.; FLORENZANO, T.G.; MARCELHAS, I.S.O (2005) Uso de imagens CBERS no monitoramento do desflorestamento da Amazônia Brasileira. *Simp. Bras. de Sens. Remoto*, 12. São José dos Campos, INPE. p. 1313-1320.
- MENESES, P.R.; MADEIRA NETTO, J.S. org. (2001) *Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais*. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados.
- MOREIRA, M.A. (2005) *Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. 3º ed. Viçosa, UFV.
- NOVO, E.M.L.M. (1989) *Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações*. São Paulo, Edgard Blücher.
- PRETI, O. org. (2000) *Educação à Distância: Construindo Significados*. Cuiabá, NEAD/IE – UFMT.
- SAUSEN, T.M. (2003) Centro Regional de Educação em Ciência e Tecnologia Espacial para América Latina e Caribe - Campus Brasil. *Simp. Bras. de Sens. Remoto*, 11. SBSR, Belo Horizonte, 5 a 9 de abril.
- VALERIANO, M.M. (2005a) Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. *Simp. Bras. de Sens. Remoto*, 12. São José dos Campos, INPE, p. 3595-3602.
- VALERIANO, M.M. (2005b) *Modelagem Digital do Terreno com Dados SRTM*. INPE, São José dos Campos. Apostila.
- VALERIANO, M.M. (2004) *Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul*. São José dos Campos, INPE, 72 p.