

## PGM 4

### Satélites e o meio ambiente

---

Gilvan Sampaio de Oliveira (10)  
Teresa Galotti Florenzano (11)

#### **A Meteorologia e as Ciências Ambientais**

“A fotografia de satélite mostra uma frente fria ...”. Este “jargão” já é bem conhecido de todos os brasileiros. Esta frase normalmente aparece quando é apresentada a previsão de tempo nas emissoras de TV e rádio. A Meteorologia, ciência que estuda os fenômenos atmosféricos, vem cada vez mais fazendo parte do dia a dia das pessoas. Defesa civil, agricultura, transportes, turismo, recursos hídricos, meio ambiente e muitos outros setores estão intimamente ligados à Meteorologia. Por este motivo a Meteorologia e a previsão meteorológica têm grande importância, inclusive com valor estratégico para a humanidade.

As previsões de tempo começaram a ter grande importância na II Guerra Mundial, pois descobriu-se que utilizando-se as informações de previsões de tempo poderiam ser planejados os ataques, principalmente os aéreos. Após o final da Guerra, começaram a ser desenvolvidos modelos matemáticos para se fazer previsões meteorológicas. As primeiras previsões utilizando modelos matemáticos foram realizadas em 1948-1949 na Universidade de Princeton (EUA) utilizando um supercomputador chamado ENIAC. Na época, os computadores disponíveis eram ainda muito lentos. As previsões numéricas de tempo se tornaram operacionais a partir da década de 1950, e eram realizadas pelo antigo NMC (*National Meteorological Center*) dos Estados Unidos, hoje denominado NCEP (*National Center for Environmental Prediction*).

Um outro grande salto ocorreu durante a década de 1960 quando começaram a serem utilizados os satélites meteorológicos. O primeiro satélite meteorológico polar do mundo, o TIROS-1 (*Television and Infrared Observation Satellite*), foi lançado pelos Estados Unidos em 1 de abril de 1960. Os dados coletados por este satélite demonstraram sua habilidade na aquisição de imagens da cobertura de nuvens sobre a Terra ao redor da maior parte do planeta. O uso de satélites para meteorologia, navegação e telecomunicação tornou-se cada vez mais importante e, em 1967 e 1968, começou o planejamento do primeiro satélite especificamente dedicado a observação de recursos terrestres. O primeiro satélite de recursos terrestres foi o ERTS-1, mais tarde denominado LANDSAT. Seu lançamento ocorreu em 23 julho de 1972. A partir de então os Meteorologistas começaram a acompanhar os sistemas meteorológicos com maior exatidão, de forma seqüencial, do mesmo local, e em uma base repetitiva ao longo de meses e anos. Finalmente estávamos aptos a ver as feições do nosso ambiente mudando.

Os satélites podem apresentar uma grande variação quanto ao padrão orbital em relação a Terra. Há duas grandes categorias: os de órbita baixa e os de órbita alta. Estes últimos são os geoestacionários e têm sua maior aplicação no campo da Meteorologia. Os de órbita baixa englobam a maioria dos satélites de observação da Terra.

Os satélites de órbita alta estão a uma altitude de cerca de 36.000 km. São chamados geoestacionários porque sua órbita acompanha o movimento de rotação da Terra. Possuem uma velocidade de translação em relação à Terra que equivale ao movimento de rotação da Terra, de modo que, em relação ela eles estão imóveis. Como ficam dispostos ao longo do equador terrestre, e por causa da grande altitude, podem ter uma visão de todo o disco terrestre compreendido pelo seu campo de visada. Além disso, como estão “fixos” em relação a Terra, permanecem voltados para o mesmo ponto da superfície e, assim, podem fazer um imageamento (observação) muito rápido

daquela porção terrestre sob seu campo de visada. É por essa grande abrangência de superfície terrestre coberta em um curto intervalo de tempo que eles são muito úteis para estudos e monitoramento de fenômenos meteorológicos, os quais são bastante dinâmicos. Estes satélites não cobrem as regiões polares.

Os principais Satélites Meteorológicos Geoestacionários são operados pela organização EUMETSAT (Meteosat) e pelo governo norte-americano (GOES). Outros satélites são administrados pelo Japão (GMS), China (FY-2B), Rússia (GOMS) e Índia (INSAT).

O Brasil ainda não tem um satélite geoestacionário meteorológico. Existem planos para o lançamento de um ainda nesta década. Os satélites brasileiros desenvolvidos pelo INPE são de observação da Terra e coleta de dados ambientais, portanto são de órbita baixa.

Durante a década de 1980, com a evolução dos computadores, vários Centros Meteorológicos puderam gerar as chamadas previsões numéricas de tempo, que consistem em modelos matemáticos que contêm as leis da dinâmica dos fluidos aplicadas à atmosfera, os chamados modelos numéricos de previsão. Um enorme salto foi dado. Estes modelos consideram que o estado da atmosfera é o resultado de complexas interações com todos os outros sistemas terrestres, que são, por exemplo, os oceanos, rios e lagos, o relevo e a cobertura de gelo e de vegetação, a emissão de gases de forma natural ou antropogênica (gerado pelo homem), etc. Estes modelos são “alimentados” com informações meteorológicas (vento, temperatura, pressão, umidade, etc.), vindas de toda a Terra, provenientes de estações meteorológicas, navios, bóias oceânicas, aviões, balões atmosféricos e dados obtidos por sensores de satélites. Informações do sistema terrestre captadas por satélites auxiliaram na construção e aperfeiçoamento destes modelos numéricos. A partir desse período foi possível fazer previsões com alguns dias de antecedência.

Na década de 1990 os computadores foram aperfeiçoados ainda mais, juntamente com os modelos numéricos e os sensores a bordo de satélites. Atualmente as informações dos sensores instalados nos satélites meteorológicos permitem a geração de produtos, tais como: monitoramento de chuvas, temperatura do ar, temperatura da superfície do mar, radiações solar e terrestre, queimadas, ventos, classificação de nuvens, índice de vegetação, monitoramento de sistemas convectivos e tempestades, etc. Todos estes produtos podem trazer benefícios significativos para a sociedade e, é importante ressaltar, em muitos casos tais informações estão disponíveis sem custos ou burocracia através da Internet.

No Brasil, um Centro moderno e avançado para previsão numérica de tempo, clima e monitoramento ambiental foi planejado desde o fim da década de 1980 e implementado pelo INPE em 1994. Até então a previsão de tempo no Brasil era feita subjetivamente e tinha utilidade de até no máximo 36 horas. O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), situado em Cachoeira Paulista (SP) operacionalizou modelos matemáticos de grande complexidade para a previsão de tempo (até 15 dias) e previsões climáticas (1 a 6 meses).

Cabe observar que se entende por **tempo** o conjunto de condições atmosféricas e fenômenos meteorológicos que afetam a superfície terrestre em um dado momento e em um dado local. A temperatura, chuva, vento, umidade, nevoeiro, nebulosidade, etc. formam o conjunto de parâmetros do Tempo vigentes em um dado momento. Por outro lado, o **clima** é o estado médio da atmosfera e o comportamento estatístico da variação dos parâmetros do **tempo** sobre um período maior que um mês em um dado local. Dessa forma, quando falamos em previsão do **tempo**, estamos tratando da previsão de condições meteorológicas de curto prazo – horas ou dias em determinado local. Quando tratamos de previsão do **clima**, estamos nos referindo às condições meteorológicas médias ao longo de um mês a vários meses em determinado local.

Os progressos alcançados pelo CPTEC/INPE nas áreas de previsão numérica de tempo e de clima e monitoramento ambiental de várias naturezas colocaram o Brasil praticamente no nível dos países desenvolvidos. Os dados ambientais e prognósticos numéricos rotineiramente gerados no CPTEC/INPE tornaram-se indispensáveis para diversos setores sócio-econômicos, tais como: agricultura, defesa civil, produção e distribuição de energia elétrica, transportes, meio ambiente, turismo, lazer, entre outros e também para milhões de habitantes que os recebem através de disseminação pela mídia.

Além de operacionalmente disponibilizar previsões de tempo, clima e ambientais, o CPTEC/INPE recebe e processa dados meteorológicos e ambientais do Brasil e do mundo para monitorar a situação climática e ambiental. O Brasil é um país com dimensões continentais e com vastas regiões esparsamente habitadas ou cobertas por florestas, o que torna grande o desafio de monitoramento ambiental, bem como a instalação e manutenção de redes observacionais de coleta de dados. Esta é uma tarefa fundamental, pois a coleta de dados é de suma importância para a caracterização meteorológica, climática, ambiental e hidrológica, de determinada região, contribuindo para o melhor conhecimento de fenômenos meteorológicos atuantes, além dos dados coletados servirem de parâmetros de entrada em modelos numéricos de previsão de tempo, clima e ambientais, entre outras aplicações.

Diante destes problemas, a solução tem sido a instalação de estações meteorológicas automáticas ou as chamadas Plataformas de Coleta de Dados (PCD), que foram implantadas em várias regiões do território nacional. Estas PCDs são aparelhos eletrônicos de alto nível de automação, que têm a capacidade de armazenar e transmitir para satélites, tais como os satélites do INPE ou sistema de computadores, parâmetros ambientais, hidrológicos, meteorológicos ou agrometeorológicos, captados por sensores específicos para este fim, que estão conectados às plataformas.

A utilização de satélites e de redes de monitoramento meteorológicas e ambientais são também importantes para a detecção de mudanças no clima e, conseqüentemente, no meio ambiente. Sabe-se que mudanças climáticas naturais sempre ocorreram na Terra. Os principais fatores que induzem as mudanças climáticas naturais são: a deriva dos continentes, as variações da quantidade de radiação solar que chega a Terra, as variações dos parâmetros orbitais da Terra, a quantidade de aerossóis naturais (proveniente de fontes minerais, incêndios florestais de origem natural e o sal marinho), as erupções vulcânicas e os fenômenos climáticos que podem modificar o clima localmente, tais como furacões, tempestades violentas e os fenômenos El Niño e La Niña.

Todavia, são as influências do homem no equilíbrio natural do planeta que preocupam. As mudanças climáticas antropogênicas estão associadas às atividades humanas com o aumento da poluição, de queimadas, com o desmatamento, a formação de ilhas de calor, etc. A partir do final do século 19 e principalmente no século 20, houve um aumento significativo da produção industrial e um crescente aumento da quantidade de poluentes na atmosfera, sobretudo nos últimos 70 anos, com um aumento da quantidade de CO<sub>2</sub> atmosférico e, portanto, um aumento do chamado efeito estufa. Com isso, há também um crescente aumento da temperatura média global, o que é chamado de aquecimento global.

As mudanças climáticas antropogênicas estão induzindo ao aquecimento global, que estão provocando o derretimento das calotas polares, com aumento do nível médio do mar e inundação de regiões mais baixas. A evaporação nas regiões equatoriais poderá aumentar e com isto os sistemas meteorológicos, como furacões e tempestades tropicais, poderão ficar mais ativos. Além disso, poderá haver um aumento da incidência de doenças tropicais, tais como malária, dengue e febre amarela. Os cenários projetados para este século indicam que a temperatura média do planeta continuará subindo, no mínimo mais 1,4°C e no máximo cerca de 5,8°C.

Com o objetivo de aprimorar o conhecimento científico na área ambiental e desenvolver uma conscientização da necessidade de se preservar o meio ambiente, em 1997 o CPTEC criou um projeto de desenvolvimento de material didático para, através da Internet e do uso de multimídia, motivar alunos de escolas públicas à pesquisa e busca de novos conhecimentos envolvendo o meio ambiente e as ciências atmosféricas. Apesar do contexto multidisciplinar que os temas abordados foram tratados, professores de diversas escolas declararam que o material tem utilização nos cursos de Geografia, Física e Química.

Para que a assimilação, por parte dos alunos de nível médio fosse a maior possível, foram utilizados recursos audiovisuais da mais alta tecnologia, tais como: vídeo, animação em 3D, locução de fácil entendimento, experiências práticas e testes. Foram desenvolvidas, várias aulas, dentre as quais citamos: Balanço hídrico, Ciclo hidrológico, Clima urbano, Elementos climáticos, Interação vegetação-atmosfera, Medindo a precipitação, Movimentos atmosféricos, Previsão de tempo e clima, Radiação solar, Relação de doenças de plantas com o clima, Satélites e plataformas de coleta de dados e Solos e erosão. Maiores informações sobre o projeto, bem como adquirir o material didático (Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas, 2002, CD-ROM) em: [www3cpotec.inpe.br/~ensinop/](http://www3cpotec.inpe.br/~ensinop/). Os CDs interativos estão sendo produzidos e disseminados também por meio da Programa AEB Escola ([www.aeb.gov.br/conteudo.php?ida=24&idc=84](http://www.aeb.gov.br/conteudo.php?ida=24&idc=84)).

### A observação da Terra por satélites

Os satélites de observação da Terra (também chamados de sensoriamento remoto) são equipados com sensores que captam imagens da superfície terrestre. Podemos definir então o sensoriamento remoto como a tecnologia de aquisição de dados da superfície terrestre à distância, isto é, a partir de satélites artificiais. Esses satélites ficam em órbitas distantes da Terra. Quanto mais distantes, mais extensa é a área da superfície coberta por uma imagem; quanto mais próximos, menor é a área coberta, mas maior é a riqueza de detalhes da imagem captada. Da mesma forma, quando os nossos olhos, que são sensores naturais, observam uma cidade de longe a bordo de um avião, por exemplo, eles a enxergam como uma grande mancha uniforme. À medida que o avião desce e nos aproximamos dela vemos uma área menor, mas distinguimos as ruas, avenidas, casas e edifícios que formam a cidade (Fig.1). Esta riqueza de detalhes vai depender também da resolução espacial do sensor, ou seja, da capacidade que ele tem de “enxergar” ou distinguir objetos da superfície terrestre.

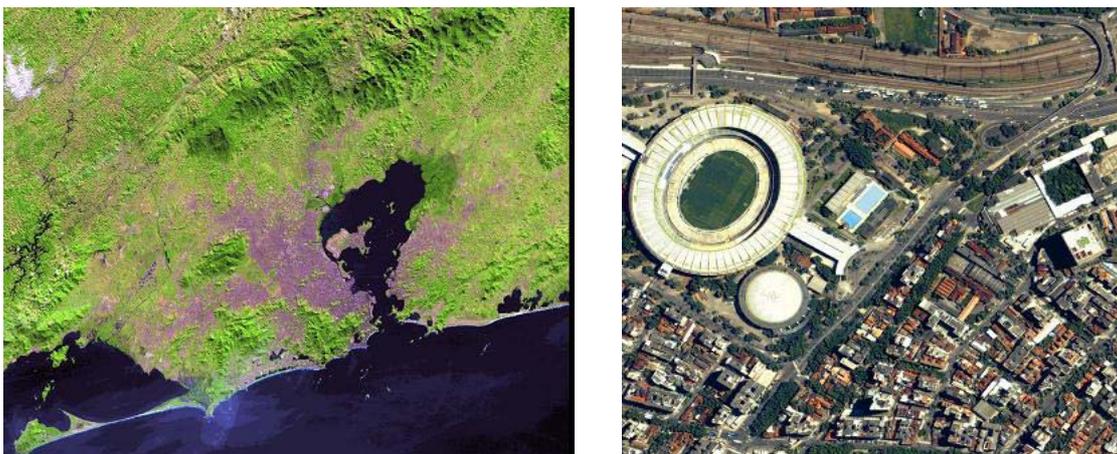


Figura 1: Imagens dos satélites americanos LANDSAT (esquerda), na qual pode-se observar a mancha urbana do Rio de Janeiro (rosa escuro) e a região de entorno, e QuickBird (direita) que representa apenas um setor desta cidade, mas na qual é possível ver detalhes como o estádio do Maracanã.

## Aplicação das imagens de satélite

As imagens de satélite proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (de dinâmica) de extensas áreas da superfície terrestre. Com diferentes resoluções elas podem ser utilizadas no estudo e monitoramento dos mais variados fenômenos e feições da superfície terrestre.

A partir da interpretação de diferentes tipos de imagens é possível fazer a previsão do tempo, estudar fenômenos oceânicos, detectar e monitorar furacões, inundações (Fig. 2), queimadas e desflorestamentos, gerar mapas geológicos, de solos e de uso da terra, mapear os recursos hídricos, as áreas agrícolas e urbanas, e acompanhar sua transformação e expansão, entre outras aplicações.

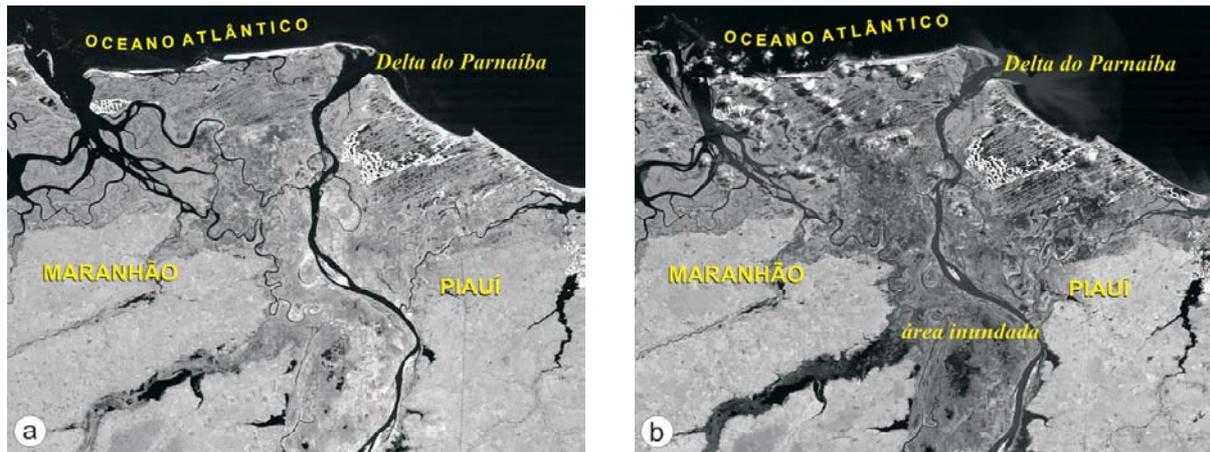


Figura 2: Imagens do delta do rio Parnaíba, que divide os estados do Piauí e Maranhão, obtidas do satélite LANDSAT no período de vazante (a) e no período de cheia (b), a área que foi inundada nesta época é representada por tons de cinza escuro.

## Como interpretar as imagens de satélite

No processo de interpretação de uma imagem, isto é, de identificação dos objetos nela representados, utilizamos as variações de cor, forma, tamanho, textura (impressão de rugosidade), padrão (arranjo espacial dos objetos), localização e contexto. Assim, por exemplo, na imagem colorida da Fig. 3, identificamos pela forma e localização a ilha de São Sebastião no litoral do Estado de São Paulo. Pelas cores diferenciamos:

- a água limpa (preto), da água turva (azul/verde);
- as áreas urbanas de Caraguatatuba e São Sebastião, bem como as praias pela cor cian;
- as áreas de cobertura vegetal densa como as da Mata Atlântica estão representadas em vermelho neste tipo de composição colorida (denominada de falsa-cor);
- as nuvens (em branco) sobre a ilha com



Figura 3: Imagem do litoral norte do Estado de São Paulo obtida pelo sensor CCD, a bordo do satélite sino-brasileiro CBERS-1, em 03-05-2000.

- as respectivas sombras (em preto) formam um padrão que ajuda a identificá-las;
- a textura e a sombra permitem destacar o relevo montanhoso da ilha e o da Serra do Mar, no continente.

Ter conhecimento sobre a área representada em uma imagem facilita o processo de interpretação. Por isto, sugere-se começar explorando imagens da própria região.

### **As imagens de satélite como recurso didático**

O noticiário diário da televisão, ao apresentar a previsão do tempo do dia seguinte, o faz com uma imagem de satélite na tela. Recentemente, imagens do ciclone Catarina e da guerra no Iraque eram publicadas diariamente nos jornais. A lista de exemplos das aplicações dessa ferramenta é infindável, o que justifica plenamente seu uso em sala de aula.

Os novos parâmetros curriculares do ensino fundamental reforçam a importância do uso de diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos como o sensoriamento remoto, por exemplo. Embora o potencial das imagens de satélite seja maior para disciplinas como a geografia e as ciências, mais diretamente vinculadas ao contexto ambiental, elas podem ser exploradas para múltiplas finalidades, além de facilitar a prática da interdisciplinaridade.

À medida que essas imagens contribuem na análise e no monitoramento dos ambientes, destacando os impactos provocados tanto por fenômenos naturais quanto pelos causados pelo homem, elas são um instrumento para a compreensão e conscientização dos problemas ambientais de professores, alunos e da comunidade. A crescente disponibilidade das imagens de satélite no formato digital, gratuitamente, em endereços como [www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br), [www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br](http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br), [glcf.umiacs.umd.edu/data](http://glcf.umiacs.umd.edu/data) e no Google [earth.google.com/](http://earth.google.com/), entre outros, facilita sua exploração e promove a inclusão digital.

No desenvolvimento de novos projetos pedagógicos ou naqueles já em andamento, além dos recursos já tradicionalmente utilizados, pode-se explorar também o uso de imagens de satélite. Exemplos de projetos escolares já desenvolvidos e que utilizaram esta tecnologia podem ser encontrados no endereço: [www.dsr.inpe.br/vcsr/html/proj\\_old.htm](http://www.dsr.inpe.br/vcsr/html/proj_old.htm).

### **Livros e CD-ROM**

O livro didático “Imagens de satélite para estudos ambientais” 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, fornecendo sugestões de atividades.

O CD-ROM "Atlas de Ecossistemas da América do Sul e Antártica" apresenta mais de 250 imagens de diversos satélites, fotos da superfície da Terra, globo 3D e vídeos. O Atlas permite visualizar as características físicas, econômicas, políticas e humanas de todos os países da América do Sul e 21 ecossistemas por meio de imagens de satélite e fotos de campo. Ele traz também informações sobre os fundamentos de sensoriamento remoto, programas espaciais e estações terrenas de recepção de dados de satélites.

### **Bibliografia**

EPIPHÂNIO, J.C.N. **Satélites de Sensoriamento Remoto** – IV Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos (SP). 2003. [www.ltid.inpe.br/vcsr/html/APOSTILA\\_PDF/CAP2\\_JCNEpiphanio.pdf](http://www.ltid.inpe.br/vcsr/html/APOSTILA_PDF/CAP2_JCNEpiphanio.pdf)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Climate Change 2001**. WMO/UNEP. Third Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge. 2001. [www.ipcc.ch/](http://www.ipcc.ch/)

**Missão Espacial Completa Brasileira (MECB)**. 2006. [www.inpe.br/programas/mecb/default.htm](http://www.inpe.br/programas/mecb/default.htm)

CPTEC/INPE. **Meio ambiente e ciências atmosféricas**. CD Multimídia sobre meio ambiente e ciências atmosféricas. 2002. [www3.cptec.inpe.br/~ensinop/](http://www3.cptec.inpe.br/~ensinop/)

PROJETO EDUCA SeRe I. **Elaboração de Cadernos Didáticos para o Ensino de Sensoriamento Remoto**. [www.ltid.inpe.br/selper/image/caderno2/lista.htm](http://www.ltid.inpe.br/selper/image/caderno2/lista.htm)

**Atlas de Ecossistemas da América do Sul e Antártica**. CD-ROM. INPE-12258-PUD/166; ISBN 85-17-00021-5; São José dos Campos, SP; 2005.

DIAS, N.W.; BATISTA, G.; NOVO, E.M.M.; MAUSEL, P.W.; KRUG, T. **Sensoriamento remoto: Aplicações para a Preservação, Conservação e Desenvolvimento Sustentável da Amazônia**. CD-ROM educacional, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003. [www.ltid.inpe.br/cdrom](http://www.ltid.inpe.br/cdrom)

FLORENZANO, T.G. **A Nave Espacial Noé**, São Paulo, Oficina de Textos, 2004.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002

SANTOS, V.M.N. Escola, **Cidadania e Novas Tecnologias: O Sensoriamento Remoto no Ensino**, São Paulo, Paulinas, 2002.

NOTAS:

- 
- (1) Meteorologista do Grupo de Interação Biosfera-Atmosfera da Divisão de Clima e Meio Ambiente do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).
  - (2) Pesquisadora da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São Jose dos Campos (SP).