

SÉRIE
ESPACIALIZANDO

Os Satélites e Suas Aplicações



Teresa Gallotti Florenzano

Os Satélites e Suas Aplicações



SÉRIE
ESPACIALIZANDO

Os Satélites e Suas Aplicações

Teresa Gallotti Florenzano

São José dos Campos - SP

SindCT

2008

© 2008 by Teresa Gallotti Florenzano
Revisão: Virginia Finzetto
Diagramação: Fernanda Soares Andrade
Ilustração Capa: cedida gentilmente pelo Instituto
Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Impressão e Acabamento: JAC Gráfica e Editora

P62042 Florenzano, Teresa Gallotti
Os Satélites e suas aplicações / Teresa Gallotti Florenzano
São José dos Campos: SindCT; 2008
48p.: Il; 15 x 21 cm

1. Satélites
2. Ciência e Tecnologia Aeroespacial

ISBN 978-85-62042-00-3

Copyright - Sindicato dos Servidores Públicos Federais na Área de
Ciência e Tecnologia do Vale do Paraíba / Teresa Gallotti Florenzano

1ª Impressão, setembro de 2008
Proibida a reprodução total ou parcial
SindCT
Sindicato dos Servidores Públicos Federais na Área de
Ciência e Tecnologia do Vale do Paraíba
R. Santa Clara, 432, Vila Ady Anna, São José dos Campos
São Paulo - Brasil - CEP 12.243-630
www.sindct.org.br / imprensa@sindct.org.br

Ao uso de satélite em benefício da sociedade

Agradeço a colaboração dos colegas do INPE e dos alunos da pós-graduação em Sensoriamento Remoto dessa instituição.

Um agradecimento especial aos professores do ensino básico que realizaram o “Curso do Uso Escolar de Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente”, oferecido pelo INPE.

Sumário

Introdução	15
1. O que é um satélite?	17
2. Os tipos de órbita	19
3. Composição de um satélite	20
4. Sensores: os “olhos” do satélite	22
5. A finalidade dos satélites	23
6. Principais programas de satélite	26
7. Satélites brasileiros	29
8. Como são interpretadas as imagens de satélite	37
9. Aplicações das imagens de satélite	40
9.1 Detecção e monitoramento de queimadas	40
9.2 Detecção e monitoramento de desflorestamento	41
9.3 Mapeamento da cana-de-açúcar	43
9.4 Expansão urbana	44
9.5 Outras aplicações	45
10. Conclusão	46
11. Referências bibliográficas	47

Ilustrações

Figura 1: Satélites desenvolvidos pelo Brasil. (INPE)	17
Figura 2: VLS-1 VO2 na plataforma de lançamento do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA). (AEB)	18
Figura 3: Exemplos de órbitas de satélites. (http://www.aeb.gov.br/conteudo.php?ida=28&idc=114)	19
Figura 4: O satélite CBERS.(CBERS/INPE)	20
Figura 5: O espectro eletromagnético. (Gabriel Pereira)	22
Figura 6: Imagem obtida pelo satélite meteorológico GOES. (CPTEC/INPE)	23
Figura 7: Imagens dos satélites norte-americanos: Landsat-5 (a), e QuickBird (b). ((a) INPE e (b) Digital Globe)	25
Figura 8: Satélite Terra. (Nasa - Cortesia de Maurício Alves Moreira)	27
Figura 9: Lançamento do CBERS-2. (CBERS/INPE)	30
Figura 10: Seqüência de lançamento do satélite CBERS-2. (CBERS/INPE)	31
Figura 11: Imagem obtida pelo sensor WFI. (INPE)	32
Figura 12: Imagem obtida pelo sensor IRMSS. (INPE)	33
Figura 13: Imagem obtida pelo sensor CCD. (INPE)	34
Figura 14: Imagem obtida pelo sensor HRC. (INPE - Cortesia de Leila Maria Garcia Fonseca)	34

Figura 15: Instalações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE no Brasil. (INPE).....	35
Figura 16: Imagem de Brasília obtida pelo satélite Landsat-5. (INPE).	37
Figura 17: Imagem do Rio de Janeiro obtida pelo sensor TM. (http://www.dgi.inpe.br/html/gal-1.htm)	38
Figura 18: Imagem de uma região do estado do Mato Grosso. (Nasa)	41
Figura 19: Imagens da região de Ji-Paraná. (DGI/INPE)	42
Figura 20: Expansão da área plantada com cana-de-açúcar. (Projeto CANASAT http://www.dsr.inpe.br/mapdsr/)	43
Figura 21: Manchas urbanas na região de São José dos Campos, SP. (Pereiraetal.-2005).....	44

Prefácio

A SÉRIE ESPACIALIZANDO foi elaborada para levar à população, por meio de uma leitura simples e prazerosa, as diversas atividades desenvolvidas pelo Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Essas instituições, com sede em São José dos Campos — SP e sub-sedes em todo país, atuam na área de pesquisa e desenvolvimento em ciência e tecnologia aeroespacial.

O SindCT, por intermédio desta série, quer mostrar à sociedade que, mesmo sem perceber, utilizamos ciência e tecnologia espacial em nossas vidas diariamente.

Seja nosso convidado a descobrir esse mundo que está tão próximo de você.

Boa leitura!

Fernando Morais
Presidente do SindCT

Sérgio Rosim
*Secretário Geral do SindCT e
Organizador da Série*

Introdução

É notável como a importância dos satélites vem aumentando dia a dia. As notícias sobre o que ocorre no mundo, as ligações telefônicas, a internet e as imagens usadas na previsão do tempo e no monitoramento dos ambientes terrestres são alguns exemplos dos benefícios que podem ser obtidos pela utilização de um satélite.

Além desses resultados diretos, a evolução dessa tecnologia abre novas fronteiras para a pesquisa e contribui no desenvolvimento de produtos e serviços que são utilizados pela sociedade, os chamados “spin-offs”. Um exemplo de spin-off é a tecnologia da ultra-sonografia para a detecção de tumores, derivada da tecnologia de aquisição de imagens via satélite.

Neste livro, descrevemos o que é um satélite, como ele é constituído, para o que serve e os ganhos que ele traz para a comunidade.

1. O que é um satélite?

É chamado de satélite todo objeto que gira em torno de outro objeto. Ele é classificado em dois tipos: satélite natural e satélite artificial. Em astronomia, um exemplo de satélite natural é a Lua, pois ela gira em torno da Terra. Já o satélite artificial, como o próprio nome diz, é um equipamento ou engenho construído pelo homem e, dependendo da finalidade, desloca-se em órbita da Terra (Figura 1) ou de outro astro. A órbita é o caminho que o satélite percorre.

O satélite artificial permanece em órbita devido à aceleração da gravidade da Terra e à velocidade em que ele se desloca no espaço, a qual depende da altitude da sua órbita. Assim, por exemplo, a velocidade de um satélite artificial em uma órbita a 800 quilômetros de altitude da Terra é de cerca de 26.000 quilômetros por hora.

Um satélite artificial é colocado em órbita por meio de um veículo lançador: o foguete. Mas esse é um assunto que será tratado especificamente em outro livro desta série.



Figura 1: Satélites desenvolvidos pelo Brasil. Da esquerda para a direita: o SCD-1, o SCD-2, o CBERS-1 e o Saci-1 (satélite científico cujo lançamento não foi bem-sucedido). (INPE)

No Brasil, as atividades do setor espacial que envolvem a construção e a operação de veículos espaciais, satélites e foguetes são coordenadas pela Agência Espacial Brasileira (AEB). A AEB tem a atribuição de formular e de realizar o Programa Nacional de Atividades Espaciais (PNAE). Um dos objetivos desse programa é o de que o Brasil atinja a auto-suficiência na construção de satélites e de foguetes e também no lançamento deles. O projeto, o desenvolvimento e a construção de foguetes (Figura 2) são de responsabilidade do Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE), que faz parte do Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA), do Comando da Aeronáutica. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) é o responsável pelo desenvolvimento, controle e utilização dos satélites brasileiros.

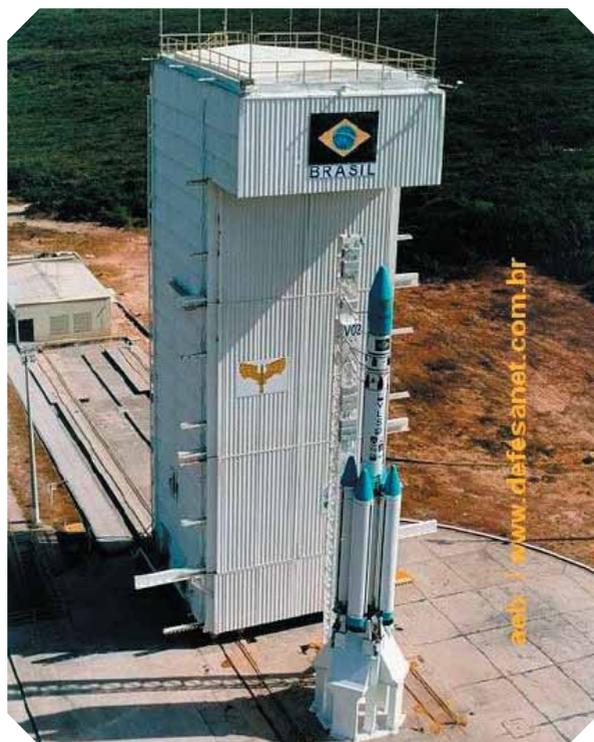


Figura 2: VLS-1 V02 na plataforma de lançamento do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA), localizado na cidade de Alcântara, no Maranhão. (AEB)

2. Os tipos de órbita

O tipo de órbita na qual um satélite é colocado é definido principalmente em função da sua inclinação e do seu período de revolução (tempo de um giro completo em torno da Terra), o qual está diretamente relacionado com a sua altitude. Além de baixas ou altas, as órbitas podem ser de dois tipos básicos: polar e equatorial, ilustrados na Figura 3. Existem, no entanto, vários satélites com órbitas inclinadas entre os pólos e o equador. A órbita polar, paralela ao eixo da Terra, tem uma inclinação de 90 graus que permite a passagem do satélite sobre todo o planeta e de forma sincronizada com o movimento da Terra em torno do Sol. Por isso, é chamada também de sol-síncrona. Nessa órbita o satélite cruza o equador sempre na mesma hora local.

A órbita equatorial, com uma inclinação de 0 (zero) grau, coincide com o plano do equador. Ela é chamada de geossíncrona quando a sua altitude é de cerca de 36.000 quilômetros, o que permite ao satélite completar um giro em torno da Terra em 24 horas, aproximadamente o mesmo período de rotação do planeta. Nesse caso, também recebe o nome de geoestacionária, porque nessa órbita o satélite está sempre na mesma posição em relação à Terra. É como se o satélite estivesse “estacionado”, o que possibilita observar sempre a mesma área da superfície terrestre. Os satélites que se deslocam nesse tipo de órbita não cobrem as regiões polares.



Figura 3: Exemplos de órbitas de satélites - <http://www.aeb.gov.br/conteudo.php?ida=28&idc=114>

3. Composição de um satélite

Um programa completo de desenvolvimento de um satélite envolve, além do próprio satélite, o foguete lançador e o segmento solo, que tem a função de supervisionar o funcionamento do satélite, controlar seu deslocamento na órbita predefinida e a recepção dos dados enviados por ele. O satélite, como ilustrado na Figura 4, normalmente é composto de três grandes partes: 1) a plataforma, que contém todos os equipamentos para o funcionamento do satélite; 2) o painel solar, para o suprimento de sua energia; e 3) a carga útil, os equipamentos (antenas, sensores, transmissores) necessários para o cumprimento da sua missão. As formas mais comuns de satélite (plataforma) são em cubo e em cilindro. O tamanho varia de 1 metro a 5 metros de comprimento e o peso, de 500 quilos a 3.000 quilos.

- 1 - Módulo de Serviço
- 2 - Antena UHF de Recepção
- 3 - Câmera IRMSS
- 4 - Antena de Transmissão em VHF
- 5 - Antena UHF Tx/Rx
- 6 - Antena de Transmissão do CCD
- 7 - Antena de Transmissão em UHF
- 8 - Câmera CCD
- 9 - Módulo de Carga Útil
- 10 - Painel Solar
- 11 - Antena de Recepção em UHF
- 12 - Câmera Imageadora WFI

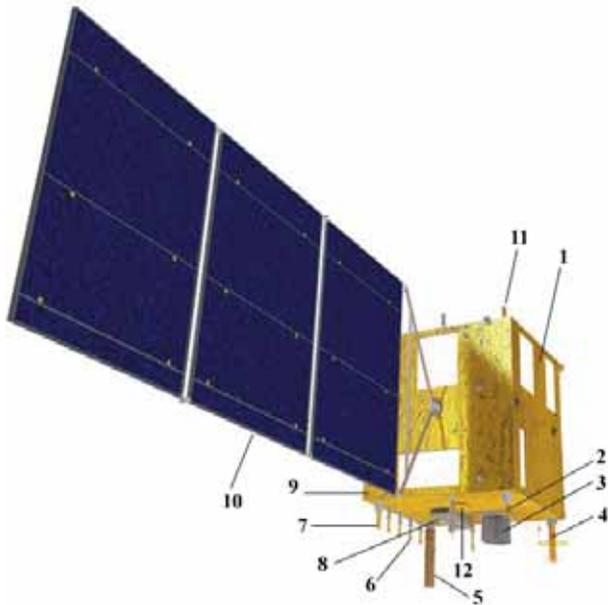


Figura 4: O satélite CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite), desenvolvido pela parceria entre Brasil e China, com destaque para os seus principais componentes.(CBERS/INPE)

Assim como outras plataformas, veículos e equipamentos eletrônicos, os satélites necessitam de energia elétrica para o seu funcionamento. Se os satélites utilizassem apenas baterias para o suprimento de energia, quando essas se descarregassem eles parariam de funcionar. Para solucionar esse problema, grande parte dos satélites é equipada com painéis solares, os quais permitem converter a energia solar em energia elétrica. O painel solar, ilustrado na Figura 4, é uma grande placa recoberta com pequenas lâminas chamadas de células solares. Essas células absorvem a luz solar e produzem a eletricidade, que é fornecida para o satélite por meio de fios elétricos. A quantidade de energia gerada por um painel solar depende do seu tamanho e de sua distância em relação ao Sol. Assim, quanto maior for a placa e mais próximo do Sol estiver, maior será a quantidade de energia gerada pelo painel.

4. Sensores: os “olhos” do satélite

Os sensores remotos que fazem parte da carga útil do satélite são equipamentos que registram a energia refletida ou a energia emitida pelos objetos da superfície terrestre. Essa energia é transformada em sinais elétricos, que são transmitidos para as estações de recepção que integram o segmento solo, na Terra. Os sinais, por sua vez, são processados e transformados em imagens. Para captar os dados da superfície terrestre, os sensores a bordo dos satélites ficam apontados sempre para a Terra.

A Figura 5 representa os diferentes tipos de energia (radiação eletromagnética) distribuídos por região espectral, ou faixa espectral, ao longo do espectro eletromagnético. Dependendo do tipo, o sensor pode captar imagens através da energia de uma ou mais regiões do espectro. Os sensores ópticos, por exemplo, captam imagens utilizando a energia da região do visível e do infravermelho. Os nossos olhos são sensores naturais que enxergam os objetos apenas através da energia da região do visível. Os radares são sensores que enviam e captam energia da região das microondas. Ao contrário dos sensores ópticos, os radares funcionam também de noite e com o tempo nublado e chuvoso.

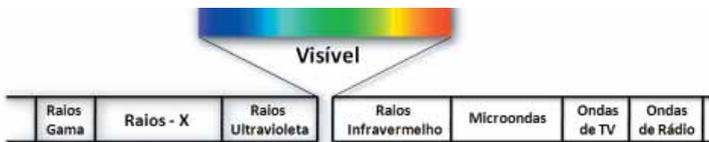


Figura 5: O espectro eletromagnético. (Gabriel Pereira)

A capacidade que o sensor tem de discriminar objetos em função do tamanho destes é conhecida pelo nome de resolução espacial. Um sensor com resolução espacial de 10 metros, por exemplo, é capaz de detectar objetos com essa medida ou maiores. Outro aspecto importante dos sensores está relacionado com o intervalo de tempo de aquisição dos dados sobre uma mesma área. Assim, enquanto alguns sensores captam imagens da mesma área somente uma vez por mês, outros o fazem diariamente.

5. A finalidade dos satélites

Os satélites artificiais são construídos para diferentes finalidades como telecomunicação, espionagem, experimento científico – nas áreas de astronomia e astrofísica; geofísica espacial; planetologia; ciências da terra, atmosfera e clima – meteorologia e sensoriamento remoto. Existem também os satélites de Posicionamento Global (GPS) que giram em órbitas altas (20.200 quilômetros de altitude) e são importantes na navegação terrestre, aérea e marítima, além de ajudar na localização de pessoas, objetos e lugares.

Os satélites de comunicação e os meteorológicos giram em órbitas geoestacionárias, muito distantes da Terra, a cerca de 36.000 quilômetros de altitude. Esse tipo de órbita é apropriado para esses satélites, pois permite manter sua antena apontada sempre para uma



Figura 6: Imagem obtida pelo satélite meteorológico GOES. (CPTEC/INPE)

mesma região da Terra e assim captar e transmitir dados com grande frequência e de extensas áreas. Os satélites de comunicação possibilitam transmitir milhões de chamadas telefônicas, mensagens e informações pela internet em tempo real para todas as partes do mundo.

Dos satélites meteorológicos é possível obter imagens da cobertura de nuvens sobre a Terra, por meio das quais observamos fenômenos meteorológicos como, por exemplo, frentes frias, geadas, furacões e ciclones. A previsão desses fenômenos pode salvar milhares de vidas. Dados de satélites meteorológicos também permitem a quantificação dos fenômenos associados às mudanças climáticas. No Brasil são utilizados, principalmente, os dados obtidos do satélite meteorológico europeu METEOSAT e do norte-americano GOES. Imagens desse tipo de satélite, como a ilustrada na Figura 6, por exemplo, são conhecidas de todos nós, pois elas são mostradas diariamente na apresentação da previsão do tempo pela televisão.

Mais informações sobre os satélites meteorológicos e suas aplicações podem ser encontradas na internet no endereço: <http://www.cptec.inpe.br/>. Neste livro, daremos destaque para os satélites de recursos terrestres, também chamados de satélites de sensoriamento remoto, e suas aplicações. Esse tipo de satélite tem órbita sol-síncrona baixa (entre 400 e 800 quilômetros de altitude) e quase-polar (cerca de 98 graus de inclinação). Os satélites 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.

Quanto mais distante da Terra estiver o satélite, mais extensa é a área da superfície coberta por uma imagem; quanto mais próximo dela, menos extensa é a área coberta, porém maior é a riqueza de detalhes da imagem captada. O mesmo ocorre quando os nossos olhos observam um objeto de longe e enxergam apenas um vulto ou uma mancha indefinida – à medida que nos aproximamos desse objeto, podemos ver seus detalhes.

A Figura 7 ilustra essa diferença ao retratar a cidade do Rio de Janeiro como uma grande mancha uniforme (Figura 7a) e um setor

da cidade com muitos detalhes (Figura 7b). Essa 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 7: *Imagens dos satélites norte-americanos: Landsat-5 (a), na qual se podem observar a mancha urbana do Rio de Janeiro (rosa-escuro) e a região de entorno; e QuickBird (b), que representa apenas um setor dessa cidade, mas com detalhes como o estádio do Maracanã, outras construções, piscinas, ruas e avenidas. (a - INPE; b - Digital Globe)*

6. Principais programas de satélite

O desenvolvimento de satélites artificiais teve início na década de 1950 com o lançamento do SPUTNIK-1, no dia 4 de outubro de 1957, pela antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, URSS. Em fevereiro de 1958, os Estados Unidos lançaram seu primeiro satélite: o Explorer-1. Após o sucesso dessas experiências, o homem colocou satélites artificiais em órbita de quatro outros astros do sistema solar: em 1959, o Luna I, em torno do Sol; em 1966, o Luna X, em torno da Lua; em 1971, o Marine IX, em torno de Marte; e, em 1975, o Venua IX, em torno de Vênus. Em 1993, o Brasil lançava o seu primeiro satélite, o SCD-1 (Satélite Brasileiro de Coleta de Dados-1).

Na década de 1960, os satélites começaram a influenciar, de maneira efetiva, o nosso cotidiano com o lançamento, em 1962, do satélite TELSTAR e, em 1965, do INTELSAT-1. Iniciava-se, assim, a rede mundial de comunicação por satélite, a qual possibilitava o envio de imagens de televisão ao vivo.

Ainda na década de 1960, foram obtidas as primeiras fotografias a partir dos satélites tripulados Mercury, Gemini e Apolo. Os resultados dessas missões reforçaram o desenvolvimento de programas de satélites (não tripulados) meteorológicos e de recursos terrestres. Assim, no dia 1 de abril de 1960 foi lançado, pelos Estados Unidos, o primeiro satélite meteorológico, o TIROS-1 (*Television and Infrared Observation Satellite*). Daí em diante, foi possível receber imagens da cobertura de nuvens sobre a Terra, observar fenômenos meteorológicos e fazer as previsões do tempo com maior exatidão e de modo sistemático.

Somente em 23 de julho de 1972 foi lançado o primeiro satélite de recursos terrestres (observação da Terra), o ERTS-1 (*Earth Land Resources*), mais tarde denominado Landsat-1. O Brasil recebe imagens dos satélites da série Landsat desde 1973. As imagens obtidas dos satélites Landsat 1, 2, 3, 5 e 7 estão disponíveis gratuitamente na internet no endereço: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Com relação aos satélites de sensoriamento remoto (ou recursos terrestres), merece destaque também o programa francês SPOT, que já lançou cinco satélites.

Atualmente, um dos principais e mais ambiciosos programas de coleta de dados sobre a Terra é o *Earth Science Enterprise*, desenvolvido pela Nasa. Esse programa é composto de três módulos: 1) uma série de satélites de observação do planeta; 2) um avançado sistema de banco de dados e; 3) uma equipe de cientistas que estudará os dados coletados. Os temas estudados incluem: nuvens, ciclo da água e energia; oceanos; química da atmosfera; uso da terra; processo da água e ecossistema; cobertura de gelo glacial e polar e a parte sólida do globo terrestre. O primeiro satélite desse programa, batizado de Terra e ilustrado na Figura 8, foi lançado em dezembro de 1999.

Do final da década de 1990 em diante, tivemos o lançamento, entre outros, dos satélites norte-americanos IKONOS e QuickBird e do francês SPOT-5. Esses satélites levam a bordo sensores de alta resolução espacial, próxima de 1 metro. A disponibilidade desse tipo de dados amplia a possibilidade de aplicações, principalmente, em

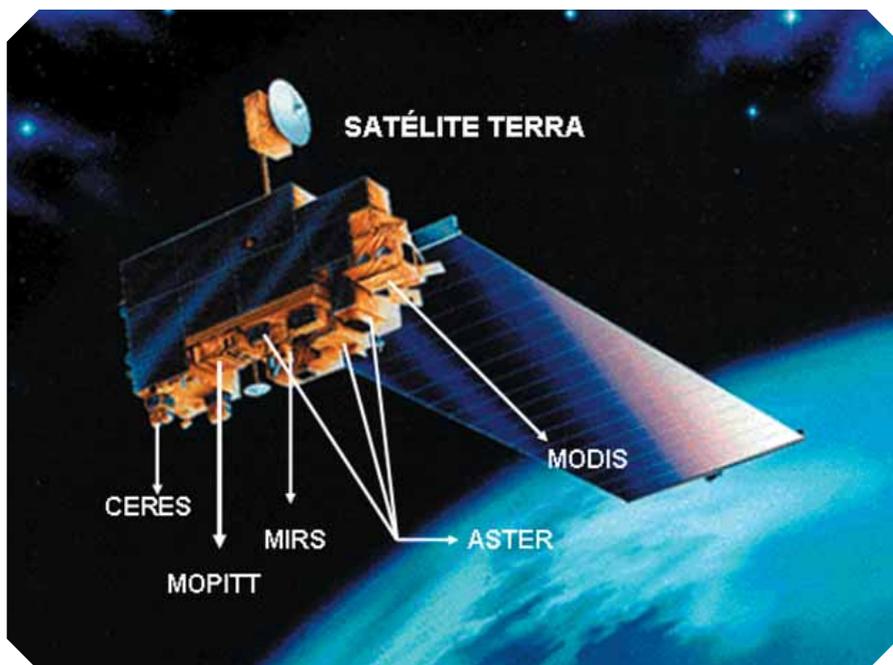


Figura 8: Satélite Terra, que leva a bordo cinco sensores: CERES, MOPITT, MIRS, MODIS e ASTER. (Nasa - Cortesia de Maurício Alves Moreira)

estudos como os urbanos, que requerem imagens de alta resolução espacial. Com relação aos satélites equipados com sensores do tipo radar, podemos destacar os satélites RADARSAT 1 e 2 (canadenses), o ERS 1 e o 2 (europeus), substituídos pelo ENVISAT, e o JERS-1 (japonês). Esse último foi recentemente substituído pelo ALOS, que leva a bordo um sofisticado sensor de radar, o PALSAR.

Atualmente, estima-se que existam entre 4.000 e 5.000 satélites orbitando a Terra. Na verdade, acredita-se na existência de aproximadamente 70.000 objetos, entre satélites e sucatas, girando em torno da Terra e não se sabe, ainda, quais são os possíveis impactos desses objetos para o nosso planeta.

7. Satélites brasileiros

O programa espacial brasileiro previa inicialmente a construção de dois tipos de satélites: 1) coleta de dados (SCD); e 2) sensoriamento remoto (SSR). O objetivo do SCD é retransmitir dados (temperatura, índice de chuva, umidade, volume dos rios etc.) obtidos por meio de plataformas automáticas de coleta de dados (PCD) instaladas em vários pontos do território brasileiro. Esse objetivo foi alcançado com o lançamento dos satélites SCD-1, em 1993, e SCD-2, em 1998, pelo foguete norte-americano da série PEGASUS.

O objetivo do SSR, ainda não conquistado, é a obtenção de imagens da superfície terrestre. Esse tipo de imagem, no entanto, está sendo obtido por meio do programa de cooperação internacional com a China, chamado de CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), que em português significa Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres.

Nesse programa, foram lançados os satélites CBERS-1 (1999), CBERS-2 (2003) e CBERS-2B (2007). Até 2012, está previsto o lançamento de mais dois satélites da série, o CBERS 3 e o 4. A Figura 9 mostra o lançamento do CBERS-2 da base de Taiyuan, na cidade de mesmo nome que fica na República Popular da China. A Figura 10 ilustra a seqüência do lançamento de um satélite como o do CBERS-2.



Figura 9: Lançamento do CBERS-2 pelo foguete Longa Marcha da base de Taiyuan, na República Popular da China. (CBERS/INPE)



Figura 10: Seqüência de lançamento do satélite CBERS-2. (CBERS/INPE)

Os dois primeiros satélites da série CBERS levam a bordo três sensores para observação da superfície da Terra: Imageador de Amplo Campo de Visada (WFI); Câmera de Alta Resolução (CCD) e Imageador por Varredura de Média Resolução (IRMSS). A resolução temporal (frequência de imageamento) do sensor WFI é de cinco dias, enquanto a da CCD e do IRMSS é de 26 dias. No CBERS-2B, o sensor IRMSS foi substituído pela Câmera Pancromática de Alta Resolução – HRC, com resolução espacial de 2,7 metros. O sensor HRC cobre apenas 27 quilômetros e leva 130 dias para uma cobertura completa da Terra. A bordo dos satélites CBERS funciona também um dispositivo para coleta de dados, em apoio à operação do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais. As imagens dos satélites CBERS estão disponíveis gratuitamente ao público no endereço da internet: www.cbears.inpe.br. Exemplos de imagens obtidas por esses sensores são mostrados nas Figuras 11 a 14. Comparando essas imagens, podemos observar as diferenças existentes entre elas com relação à resolução espacial.



Figura 11: Imagem obtida pelo sensor WFI, a bordo do satélite CBERS-1, com resolução espacial de 260 x 260 metros. Ela possibilita a visão de uma extensa área que abrange as regiões: Metropolitana de São Paulo, Baixada Santista, Vale do Paraíba e Litoral Norte. (INPE)

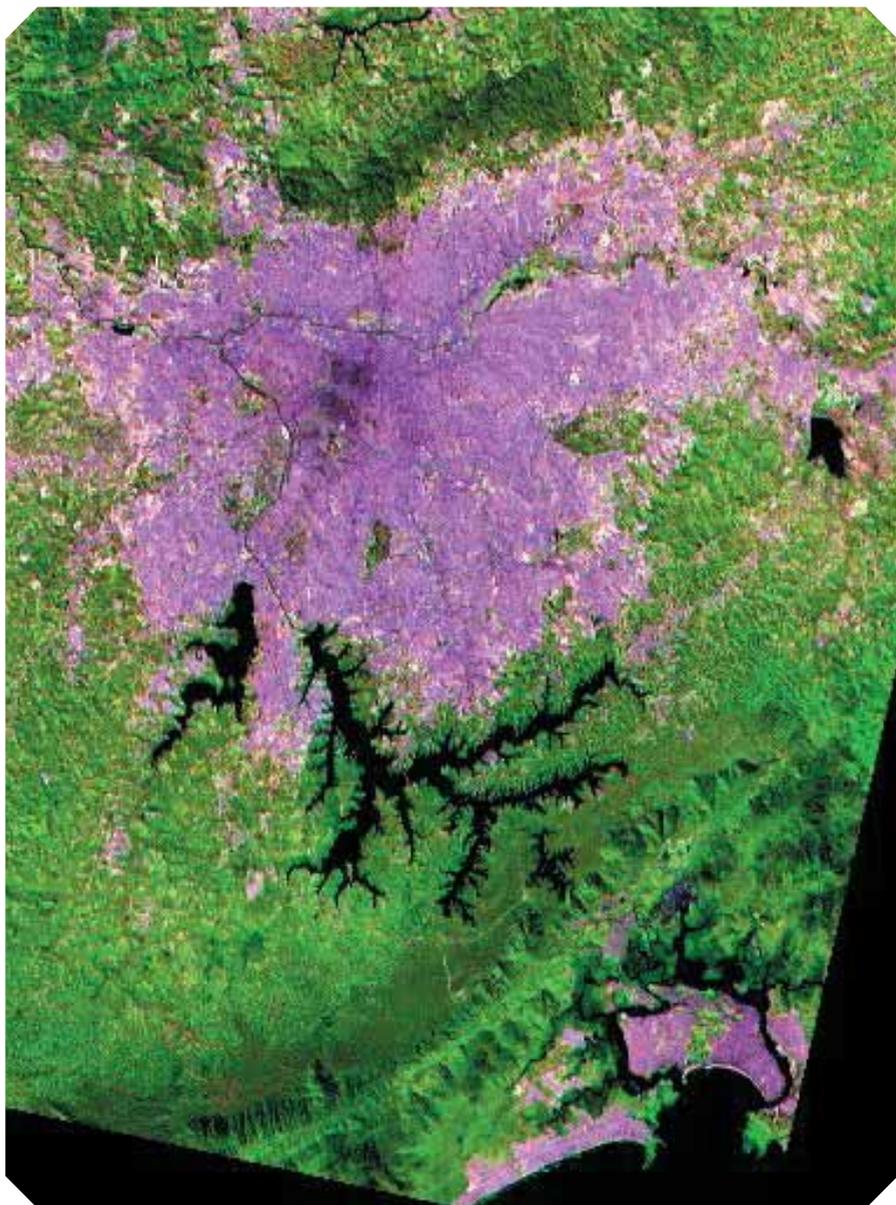


Figura 12: Imagem obtida pelo sensor IRMSS, a bordo do satélite CBERS, com resolução espacial de 80 metros. Ela representa uma área relativamente extensa que inclui as regiões: Metropolitana de São Paulo e Baixada Santista. (INPE)



Figura 13: Imagem obtida pelo sensor CCD, a bordo do satélite CBERS-2, com resolução espacial de 20 metros. Ela representa a região da Baixada Santista. (INPE)



Figura 14: Imagem obtida pelo sensor HRC, a bordo do satélite CBERS-2B, com resolução espacial de 2,7 metros. Ela representa um setor da cidade de Brasília, onde se localiza a Esplanada dos Ministérios, destacada em oval. (INPE - Cortesia de Leila Maria Garcia Fonseca)

Para poder utilizar seus satélites, a Missão Espacial Completa Brasileira (MECB) demandou também a instalação de uma ampla infra-estrutura no segmento solo, a qual inclui plataformas de coleta de dados, centros de controle dos satélites (centros de rastreamento e controle) e laboratórios para o processamento, a distribuição e a interpretação das imagens obtidas dos satélites.

O Brasil tem uma estação de recepção de dados dos satélites CBERS, Landsat e NOAA em Cuiabá (Mato Grosso), centro geográfico da América do Sul (Figura 15). Dessa estação, os dados são enviados a um laboratório do INPE, em Cachoeira Paulista, SP, onde as imagens são processadas e distribuídas aos usuários. Atualmente, muitas imagens são também processadas e interpretadas na unidade do INPE de São José dos Campos, SP.

Com relação a satélites, atualmente no programa brasileiro estão em planejamento, além daqueles de observação da Terra e científicos, um satélite meteorológico e a construção de satélites de



Figura 15: Instalações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE no Brasil. (INPE)

telecomunicações. Nesse contexto, o objetivo será, principalmente, a capacitação da indústria nacional na tecnologia de satélites geoestacionários, para aumentar sua competitividade no mercado externo.

8. Como são interpretadas as imagens de satélite

O processo de identificação dos objetos representados nas imagens de satélite é chamado de interpretação. Nesse processo, os objetos são identificados por meio dos seguintes aspectos: cor, forma, tamanho, textura (impressão de rugosidade) e localização. Assim, por exemplo, na imagem de satélite do Distrito Federal (Figura 16), podemos identificar a área urbana de Brasília e a das cidades-satélites pela cor ciano e textura ligeiramente rugosa; a vegetação de cerrado mais aberta e seca pela cor verde, a vegetação mais fechada e menos seca pelos tons avermelhados; o reflorestamento em vermelho-escuro e forma regular (geométrica); lagos em preto e forma irregular; o solo exposto (sem cobertura vegetal) e as áreas agrícolas com o solo preparado para o plantio das culturas aparecem em ciano/verde, textura lisa e forma regular (geométrica); o relevo dissecado pela drenagem pode ser discriminado principalmente pela textura rugosa.

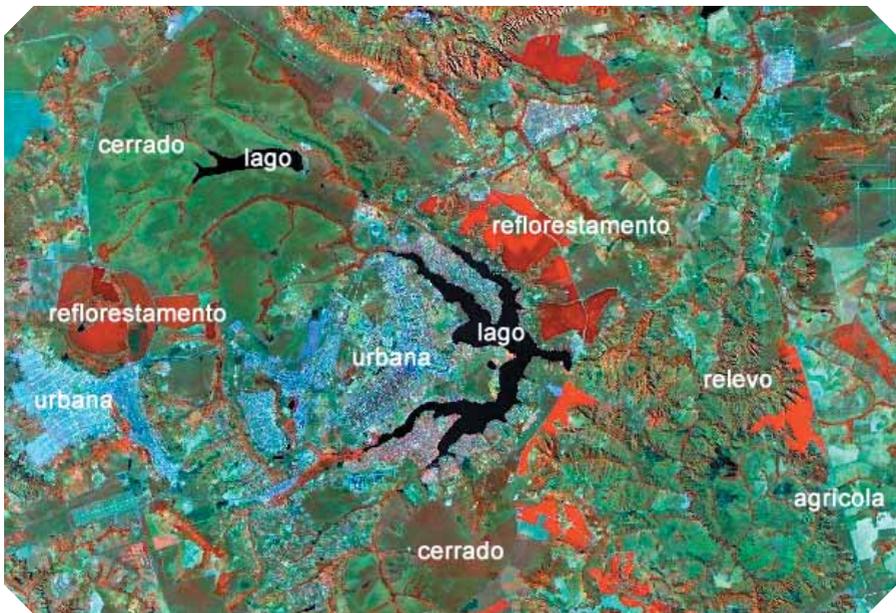


Figura 16: Imagem de Brasília obtida pelo satélite Landsat-5, em 1984. (INPE)

Outro exemplo refere-se à imagem TM-Landsat de um setor do Rio de Janeiro (Figura 17) na qual pela cor cinza-esverdeado/marrom-claro e textura ligeiramente rugosa podemos identificar a área urbana construída; pela cor discriminamos a água do oceano mais limpa e profunda (em preto) da água turva, mais próxima da costa, com tonalidades mais claras; em verde identificamos a cobertura vegetal; pela forma linear e localização podemos identificar a ponte Rio-Niterói e as pistas do aeroporto do Galeão; também pela forma e localização (no oceano), a ilha do Governador e a ilha do Fundão; pela cor (branca), forma (alongada), tamanho e localização identificamos os navios na Baía de Guanabara.



Figura 17: Imagem do Rio de Janeiro obtida pelo sensor TM, a bordo do satélite Landsat-5, com resolução espacial de 30 metros, em 5 de agosto de 1985. (<http://www.dgi.inpe.br/html/gal-1.htm>)

Com relação à cor dos objetos, é necessário salientar que as imagens de satélite são originalmente processadas em preto e branco. Com o uso de programas de computador elas podem ser transformadas em imagens coloridas.

9. Aplicações das imagens de satélite

As imagens de satélite podem ser utilizadas no estudo e no monitoramento de vários objetos e fenômenos 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, queimadas e desflorestamentos, estimar safras agrícolas e gerar vários tipos de mapas, entre outras aplicações. A seguir, destacam-se alguns exemplos dessas aplicações e de projetos desenvolvidos pelo INPE.

9.1) Detecção e monitoramento de queimadas

Estima-se que no Brasil ocorrem mais de 300.000 queimadas anualmente. Essas queimadas vêm sendo detectadas em imagens de satélite, por pesquisadores do INPE, desde a década de 1980. A partir de 1998, esse tipo de trabalho está sendo realizado em conjunto com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), por meio do Programa de Monitoramento de Queimadas e Prevenção e Controle de Incêndios Florestais no Arco do Desflorestamento na Amazônia (PROARCO). Esse programa abrange, além do Brasil, os seguintes países sul-americanos: Bolívia, Paraguai e Peru.

Para atender aos objetivos desse programa, as informações sobre queimadas são geradas da análise das imagens termais dos satélites meteorológicos NOAA, GOES, Terra e Aqua. Essas informações são disponibilizadas aos usuários cerca de 20 minutos após as passagens dos satélites. Outras informações, derivadas a partir dessas imagens como, por exemplo, distribuição mensal de queimadas e ocorrência de queimadas por estados, também estão disponíveis na página <http://www.cptec.inpe.br/queimadas/apresentacao.htm>, da internet. A imagem da Figura 18 mostra a ocorrência de focos de queimadas em uma região do estado do Mato Grosso.



Figura 18: Imagem de uma região do estado do Mato Grosso obtida em 11 de julho de 2003 pelo sensor MODIS do satélite Terra. Podemos identificar os focos de incêndio (destacados em vermelho) e a fumaça (em cinza-azulado). (Nasa)

9.2) Detecção e monitoramento de desflorestamento

Desde 1989, pesquisadores do INPE fazem estimativas anuais das taxas de desflorestamento da Amazônia Legal, a partir da interpretação de imagens do satélite Landsat e, mais recentemente, também do CBERS. O cálculo dessas taxas é conduzido dentro do projeto “Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite”, chamado de PRODES. A metodologia utilizada e os resultados obtidos estão disponíveis para consulta na internet no endereço: <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html>. Pela análise das imagens da Figura 19, pode-se observar um exemplo do aumento da área desflorestada em uma região do estado de Rondônia.

Em 2004, foi criado um novo projeto: Detecção de Desmatamento

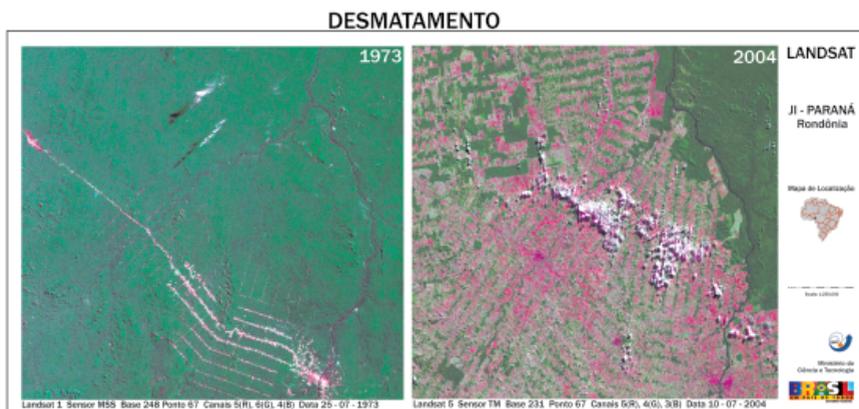


Figura 19: *Imagens da região de Ji-Paraná, estado de Rondônia, obtidas pelo satélite Landsat, em 1973 e 2004. Comparando as duas imagens é possível verificar a grande extensão de área desmatada (em rosa) no período de 31 anos. (DGI/INPE)*

em Tempo Real (DETER). O DETER é um projeto do INPE/MCT com apoio do MMA e do IBAMA e faz parte do Plano do Governo Federal de Combate ao Desmatamento da Amazônia. Para reduzir as limitações da cobertura de nuvens na obtenção de informações, o sistema DETER utiliza principalmente dados dos sensores: WFI (a bordo do CBERS) e MODIS (a bordo dos satélites Terra e Aqua). Apesar da baixa resolução espacial do MODIS e do WFI, 250 metros e 260 metros, respectivamente, eles captam imagens de extensas regiões em curtos intervalos de tempo, entre três e cinco dias. Devido à limitação na sua resolução espacial, esses sensores detectam somente os desmatamentos recentes cuja área seja superior a 0,25 quilômetro quadrado. Por isso, a estimativa da área total desmatada na Amazônia continua sendo realizada pelo projeto PRODES.

Com o sistema DETER, que produz informação quase que em tempo real sobre as regiões onde estão ocorrendo novos desmatamentos, a sociedade brasileira e, em particular, os órgãos governamentais de controle ambiental passam a dispor de uma ferramenta inovadora de suporte à gestão de terras na Amazônia. As informações geradas pelo programa DETER estão disponíveis para consulta na internet no endereço: <http://www.obt.inpe.br/deter/index.html>.

9.3) Mapeamento da cana-de-açúcar

O Brasil lidera mundialmente a produção e a exportação de vários produtos agropecuários, entre eles a cana-de-açúcar. Nosso país é o maior produtor dessa cultura e o maior exportador de açúcar e de álcool, o que lhe garante mais de 2 bilhões de dólares anualmente para a balança comercial. O responsável por 60% de todo o açúcar e o álcool produzidos no país e por 70% das exportações nacionais de açúcar é o estado de São Paulo.

O projeto CANASAT, criado pelo INPE em 2003, tem o objetivo de desenvolver um sistema operacional de previsão e monitoramento da safra canavieira na Região Centro-Sul, utilizando, entre outras tecnologias, a do sensoriamento remoto. O projeto visa também fornecer informações sobre a distribuição espacial da cana-de-açúcar para diversos setores que direta ou indiretamente estão envolvidos nesse agronegócio. As áreas plantadas com a cultura da cana-de-açúcar, inicialmente para o estado de São Paulo, estão sendo mapeadas e quantificadas. A metodologia utilizada e os resultados obtidos (mapas temáticos com a localização das usinas e destilarias), além de mosaicos de imagens em diferentes composições coloridas, estão disponíveis na internet no endereço: <http://www.dsr.inpe.br/mapdsr/>. Na Figura 20, é mostrado um exemplo de resultado desse projeto, obtido a partir da interpretação de imagens de satélite.

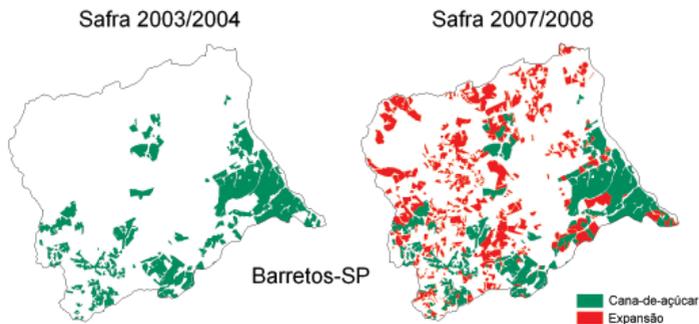


Figura 20: Expansão da área plantada com cana-de-açúcar entre o período das safras de 2003/2004 e 2007/2008 no município de Barretos, SP. (Projeto CANASAT - <http://www.dsr.inpe.br/mapdsr/>)

9.4) Expansão urbana

No Brasil, o processo acelerado da urbanização tem provocado impactos negativos ao meio ambiente e à qualidade de vida da população. As técnicas de sensoriamento remoto contribuem efetivamente na análise e elaboração de um diagnóstico que subsidie o planejamento do uso do solo das áreas urbanas. A Figura 21 mostra a evolução das áreas urbanas na região de São José dos Campos, em São Paulo, no período de 1970 a 2000. O mapeamento dessas áreas foi realizado a partir da interpretação de imagens do Landsat. Esse é um dos resultados do projeto “Urbanização Dispersa e Mudanças no Tecido Urbano. Estudo de Caso: Estado de São Paulo”, desenvolvido pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – USP, com a participação do INPE. Nesse exemplo, podemos observar o potencial das imagens de satélite no estudo e monitoramento da expansão urbana.

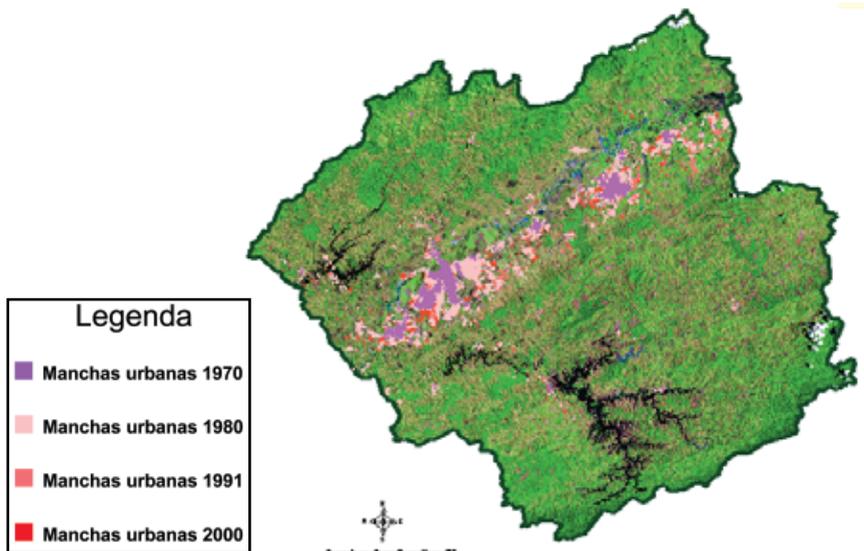


Figura 21: Manchas urbanas na região de São José dos Campos, SP, referentes a quatro períodos analisados (1970, 1980, 1991 e 2000), destacadas, conforme a legenda da figura, sobre a imagem do Landsat. (Pereira et al./2005)

e) Outras aplicações

Um dos objetivos da oceanografia é a localização de áreas favoráveis à presença de cardumes. Existe, para cada espécie de peixe, uma faixa de temperatura considerada ótima para o seu metabolismo. As sardinhas, por exemplo, adaptam-se melhor em águas mais frias, com menos de 23°C. Dados de temperatura da superfície do mar, concentração de clorofila superficial, ventos, entre outros de ambientes marinhos, podem ser obtidos a partir de satélite em tempo quase real.

Mais uma aplicação que merece destaque é realizada na área de saúde pública. É possível detectar e monitorar surtos de doenças (doença de Chagas, febre amarela, dengue, leptospirose etc.) a partir de informações obtidas de imagens de satélite referentes a espécies de vegetação e tipo de cultura agrícola, habitat de vetores e reservatórios, vetores e hospedeiros etc.

A cada dia aumenta o número de aplicações das imagens de satélite. A disponibilidade crescente desses dados na internet, muitas vezes gratuitamente, vem contribuindo para sua divulgação e seu acesso. Assim, além do INPE, de universidades e de outras instituições de pesquisa, atualmente elas são utilizadas por outros órgãos governamentais e não-governamentais, bem como por empresas. Mais informações sobre satélites e suas aplicações podem ser obtidas na bibliografia consultada e indicada a seguir. No livro *Iniciação em Sensoriamento Remoto*, os professores encontram também orientação para a exploração das imagens de satélite em sala de aula.

10. Conclusão

Neste livro, destacamos a importância direta e indireta do desenvolvimento da tecnologia espacial. Por meio dos exemplos de aplicação, mostramos o grande potencial das imagens de satélite no estudo e monitoramento dos ambientes terrestres.

As informações obtidas dessas imagens dão subsídios a órgãos de planejamento no uso sustentável dos ambientes urbanos e rurais. Além disso, a crescente disponibilidade gratuita desses dados na internet facilita seu uso nas escolas e pela própria sociedade, contribuindo para a conscientização de problemas da realidade local e regional e no exercício da cidadania.

Referências bibliográficas

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*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. (CD-ROM educacional)

FLORENZANO, T.G. *A nave espacial Noé*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 48 p.

FLORENZANO, T.G. *Iniciação em sensoriamento remoto*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 102 p.

PEREIRA, M. N. et al. *Uso de imagens de satélite como subsídio ao estudo do processo de urbanização*. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 39 p. (INPE-12912-RPQ/251). Disponível na biblioteca digital: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep-/sid.inpe.br/iris@1912/2005/09.29.12.22>. Acesso em: 12-06-2008.

SindCT

**Sindicato dos Servidores Públicos Federais na Área de
Ciência e Tecnologia do Vale do Paraíba**

Diretoria SindCT Triênio 2005/2008:

Fernando Morais Santos - Presidente

Francisco Rímoli Conde - 1º Vice-Presidente

Luiz Elias Barbosa - 2º Vice-Presidente

Sérgio Rosim - Secretário Geral

Pedro Antônio Cândido - Secretário de Finanças

Geraldo Orlando Mendes - Secretário de Imprensa

Heber dos Reis Passos - Secretário de Formação Sindical

Neusa Maria do Carmo - Suplente

Mário Ferreira Baruel - Conselho Fiscal

Nandamundi Lankalapali Vijaykumar - Conselho Fiscal

Naoto Shitara - Conselho Fiscal

Luiz Monteiro - Suplente

Orlando Sérgio Serapião - Suplente

Rita de Cássia Meneses Rodrigues - Suplente

Antônio Castrioto - Conselho de Representantes

Maria Barbosa Theodoro - Conselho de Representantes

Telbas Moreira dos Santos - Suplente

SindCT

rua Santa Clara, 432, Vila Ady Anna, São José dos Campos-SP

www.sindct.org.br

A SÉRIE ESPACIALIZANDO, idealizada e produzida pelo SindCT, traz neste volume “Os Satélites e Suas Aplicações” Neste livro, a autora destaca a importância direta e indireta do desenvolvimento da tecnologia espacial. Aqui você vai aprender o que são satélites, como são produzidos e para que servem. Os diversos exemplos de aplicações mostrados no livro ajudam a entender melhor a utilidade dos satélites. Alguns dos projetos desenvolvidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) também são apresentados, justificando a competência do Instituto na área espacial. O Brasil já está se tornando referência mundial em imagens de satélites, e você vai descobrir o porquê deste reconhecimento.



Teresa Gallotti Florenzano é formada em Geografia, mestre em Sensoriamento Remoto pelo INPE e doutora em Geografia Física pela Universidade de São Paulo - USP. É pesquisadora na Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em São José dos Campos, SP. Além de atividades de pesquisa em Sensoriamento Remoto, ministra cursos nessa área e coordenada os cursos de curta duração: “O Uso Escolar de Sensoriamento Remoto no Estudo do Meio Ambiente” e “Introdução ao Sensoriamento Remoto”, na modalidade à distância e híbridos. É também autora dos livros: *Iniciação em Sensoriamento Remoto* (2007) e *A Nave Espacial Noé* (2004), ambos editados pela Oficina de Textos.