




1. Publicação nº <i>INPE-2852-PRE/392</i>	2. Versão	3. Data <i>Agosto, 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSR</i>	Programa <i>RENAM/COMEIA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>IRRIGAÇÃO</i> <i>IMAGENS LANDSAT</i> <i>MONITORAMENTO ORBITAL</i> <i>TRATAMENTO POR COMPUTADOR</i> <i>SENSORIAMENTO REMOTO</i>			
7. C.D.U.: <i>528.711.7:631.67(816.12)</i>			
8. Título <i>ÁREAS IRRIGADAS: MONITORAMENTO POR</i> <i>SENSORIAMENTO REMOTO</i>		10. Páginas: <i>20</i>	
		11. Última página: <i>19</i>	
9. Autoria <i>José Carlos Neves Epiphânio</i> <i>Ícaro Vitorello</i>		12. Revisada por  <i>Mário Valério Filho</i>	
Assinatura responsável 		13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor Geral	
14. Resumo/Notas <i>Este trabalho apresenta considerações sucintas sobre aplicações de sensoriamento remoto no monitoramento de áreas irrigadas, tendo como exemplo a região de Guaíra(SP). Para tanto, são discutidos os principais conceitos necessários à aplicação dos produtos LANDSAT à detecção e mapeamento de áreas irrigadas. Neste trabalho, são apresentados resultados iniciais obtidos por processamentos de dados digitais por computadores, discussão sobre produtos MSS/LANDSAT realçados por métodos alternativos e a disponibilidade de novos produtos de sensoriamento remoto.</i>			
15. Observações <i>Trabalho submetido para divulgação pela revista ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna, edição nº 14/83 de setembro de 1983.</i>			

ÁREAS IRRIGADAS: MONITORAMENTO POR SENSORIAMENTO REMOTO

JOSÉ C.N. EPIPHANIO⁽¹⁾; ÍCARO VITORELLO⁽¹⁾

1. INTRODUÇÃO

Um aspecto importante da atividade agrícola brasileira é a potencialidade de ter mais de um cultivo num mesmo ano agrícola. As condições de temperatura e radiação solar reinantes durante o ano todo em grande parte do território nacional são consideradas altamente favoráveis à agricultura tropical. Um dos principais fatores limitantes é a distribuição pluviométrica, pois tem-se observado que em anos de precipitação regular as safras são gratificantes, ao contrário dos anos de má distribuição pluviométrica. Entretanto, este risco pode ser minimizado com a utilização da prática agrícola da irrigação, já que o agricultor, além de garantir condições hídricas satisfatórias durante a estação chuvosa, pode também utilizar suas terras em atividade produtiva na época seca do ano (9).

Contudo, alguns aspectos relativos à utilização da irrigação devem ser observados. Inicialmente, a preocupação refere-se ao insumo básico, pois, a irrigação de culturas ditas extensivas demanda quantidades ponderáveis de água, já que as áreas de cultivo para serem economicamente viáveis têm de ter razoáveis dimensões. Também, com o aumento do número de irrigantes numa região, há a necessidade de racionalização da distribuição da água e do acompanhamento da expansão da fronteira agrícola irrigada. Além disso, o monitoramento constante das áreas irrigadas é de interesse de todos que atuam no campo da irrigação, como entidades de financiamento, de planejamento, de prestação de serviços, etc.

Atualmente, o meio de controle dessas áreas é através de cadastramentos. A metodologia utilizada para o cadastramento baseia-se essencialmente na

(1) *Pesquisadores do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE, Caixa Postal 515 - 12200 São José dos Campos - SP.*

aplicação de questionário e visitas a campo. Este processo, além de altamente oneroso e demorado, normalmente não tem acuidade suficiente para acompanhar atividade tão dinâmica como é o caso de áreas irrigadas. Estas áreas são normalmente cultivadas mais de uma vez no ano agrícola e não obedecem a um calendário agrícola definido, como é o caso da agricultura não-irrigada. Além disto, baseia-se essencialmente em dados fornecidos pelo agricultor, o que pode levar a erros devidos ao caráter subjetivo inerente nestas informações.

Para essa tarefa de monitoramento é necessário um sistema de coleta de informações que possa identificar a cultura e calcular a área irrigada de forma econômica e repetitiva. Dentro desta problemática, as técnicas de sensoriamento remoto destacam-se sobremaneira, visto serem relativamente econômicas e, em se tratando de sensoriamento por satélites, apresentarem periodicidade adequada (2, 4, 8). Sob este enfoque, o objetivo deste artigo é fazer uma avaliação preliminar das aplicações de sensoriamento remoto no monitoramento de áreas irrigadas, detectadas principalmente pelos satélites de recursos naturais LANDSAT. Para isso, é necessário fazer previamente uma abordagem sumária sobre os princípios que norteiam a coleta e a análise dos dados de sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto pode ser entendido como o conjunto de técnicas que possibilitam a extração, à distância, de informações sobre alvos de interesse. Isto é conseguido pela detecção, quantificação e análise da energia eletromagnética refletida, absorvida, transmitida ou emitida pelos alvos.

Embora o espectro eletromagnético abranja uma ampla faixa de comprimento de onda, desde os raios cósmicos até a região de rádio e ultra-baixas frequências (Figura 1), somente determinadas porções deste espectro são consideradas como da área de sensoriamento remoto (5). As outras porções são relativas a outras áreas da ciência. As principais regiões do espectro eletromagnético abrangidas pelo sensoriamento remoto são o visível (0,4 - 0,7 μm), o infravermelho próximo (0,7 - 2,5 μm), o infravermelho termal (8 - 14 μm) e microondas (radar) (1-1000 mm).

Além disso, dentro de cada uma dessas regiões pode haver ainda subdivisões, como por exemplo dentro do visível há o azul, o verde e o vermelho. A principal razão da divisão do espectro eletromagnético em faixas distintas é que, dessa maneira, são destacadas as características de reflexão dos alvos naturais, as quais variam ao longo do espectro eletromagnético, como se pode observar na Figura 2. Um dos problemas básicos de aplicações de sensoriamento remoto é a escolha dos intervalos espectrais onde possam existir as maiores possibilidades de separação entre os alvos a serem identificados em uma cena terrestre.

Ao se tratar de aplicações de sensoriamento remoto à Agricultura, é interessante ressaltar alguns aspectos da interação da energia solar com a planta. A reflectância e a transmitância das folhas é relativamente baixa na porção do visível do espectro eletromagnético (Figura 2) devido à absorção pelos pigmentos foliares. A clorofila absorve a maior parte da energia incidente nas bandas azul e vermelha, centralizadas aproximadamente nos comprimentos de onda 0,45 e 0,67 μm , respectivamente. Uma relativa falta de absorção na porção entre estas duas resulta num pico de reflectância ao redor de 0,55 μm , região de comprimentos de onda referentes ao verde. Um "stress" que cause redução na produção clorofiliana faz com que as folhas absorvam maior radiação nas bandas azul e vermelha. Tais folhas terão um aumento de reflectância, particularmente na região do vermelho e aparecerão amareladas ou cloróticas (1,3).

No intervalo entre 0,7 e 1,3 μm do infravermelho próximo há um marcante aumento da reflectância foliar (Figura 2). Este comportamento é explicado pelas reflexões múltiplas na estrutura interna do mesófilo, causadas pelas diferenças entre os índices refrativos das paredes celulares e das cavidades de ar intercelular. Como a estrutura interna das folhas varia consideravelmente entre espécies, as diferenças de reflectância foliar entre diferentes espécies são frequentemente maiores na região do infravermelho que na do visível.

Esse diferente comportamento de reflectância ao longo do espectro eletromagnético e sua análise é o que genericamente se denomina análise espectral. Assim, pode-se notar na Figura 2 que uma cultura em pleno vigor é facilmente distinguível de solo exposto ou cultura clorótica. Entretanto, a distinção feita somente com base espectral entre as culturas sadias de milho e soja já é menos perceptível. Porém, existem duas outras características fundamentais que são imprescindíveis numa análise de dados de sensoriamento remoto: a configuração espacial e o comportamento temporal/sazonal dos alvos. Estes três aspectos, espectral, espacial e temporal/sazonal, que são fundamentais na análise de áreas irrigadas, serão discutidos no item 3.

2. SISTEMAS DE COLETA DE DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

A energia proveniente dos objetos é captada por dispositivos denominados sensores. Como exemplos, tem-se o filme fotográfico na fotografia aérea, o detetor no sistema LANDSAT e a antena no caso do radar. Os sensores podem captar a energia numa faixa espectral relativamente ampla, como fotografia aérea pancromática (0,4 - 0,7 μ m), ou operar em faixas de comprimentos de onda muito estreitos, como os sistemas de radar, radiômetros e espectroradiômetros.

Operando com tamanhos de faixas intermediários tem-se o sensor MSS (Multispectral Scanner System) do satélite LANDSAT, no qual há a divisão da região espectral 0,5 - 1,1 μ m em quatro faixas contínuas menores, como apresentado na Figura 2. O canal 4 do MSS/LANDSAT abrange parte do pico de reflexão da vegetação, o canal 5 parte do pico de absorção de clorofila, e o 6 e 7 estão sobre as faixas de alta reflexão da vegetação no infravermelho próximo.

Devido à altitude de aproximadamente 705 km e à configuração geral do sistema MSS/LANDSAT, a menor área no terreno que pode ser imageada é aproximadamente 80 x 80 m. Assim, a energia total que é refletida por este menor *elemento de resolução espacial no terreno* (ERT), ao chegar no sensor, é dividida em qua

tro faixas de comprimento de onda. A energia de cada ERT são atribuídos níveis de cinza que variam de 0 a 255, de acordo com a intensidade energética, para cada uma das quatro faixas.

Esses sinais são enviados para estações terrestres os quais, através de processos eletrônicos e fotográficos, transformam aqueles níveis de energia em níveis de cinza que variam de 0 a 255. Estes níveis de cinza podem ser gravados sob duas formas distintas: fitas magnéticas compatíveis com computador e imagens fotográficas em papel ou transparências positivas. Assim, cada ERT representativo de uma mesma área no terreno é registrado ao mesmo tempo em quatro faixas espectrais diferentes, com intensidades de níveis de cinza variando de 0 a 255, de acordo com sua reflectância em cada uma das faixas.

A órbita do LANDSAT é quase circular, síncrona com o Sol e quase polar. Neste padrão de órbita, a aproximadamente 705 km de altitude, a periodicidade de obtenção de uma imagem sobre o mesmo local é de 16 dias. O sinal de cada ERT é registrado e disposto de maneira sequencial, de modo a ser formada uma imagem de 185 km de lado (Figura 3). Cada imagem possui 3240 colunas por 2400 linhas de elementos de resolução no terreno, isto para cada um dos quatro canais (7).

3. ABORDAGEM DE ANÁLISE PARA A REGIÃO DE GUAÍRA (SP)

Como ilustração para uma análise por sensoriamento remoto de áreas irrigadas, é utilizada a região de Guaíra/SP, que apresenta grande área irrigada. Nesta região, dentre os vários sistemas de irrigação, destacam-se o pivô-central e o auto-propelido.

A seguir são discutidas as características da área segundo os três aspectos fundamentais do sensoriamento remoto: temporal/sazonal, espectral e espacial, os quais têm como base os produtos MSS/LANDSAT nas formas de imagens em papel preto e branco (escala 1:250.000) e de fitas magnéticas compatíveis com computador (CCT).

- Aspecto temporal/sazonal

Sob o aspecto sazonal há de se destacar que a época de irrigação é normalmente realizada nos períodos de seca do ano. Isto favorece o sensoriamento remoto das áreas irrigadas sob vários pontos de vista. Primeiramente, nessa época a ocorrência de nuvens é diminuta, o que permite a escolha de passagens mais adequadas do satélite. Além disso, nessa época do ano, as áreas que não são irrigadas estão na forma de solos expostos ou possuem cobertura vegetal com teores de clorofila quase inexistentes, como restos culturais ou pastagens secas, que são áreas muito distintas daquelas com lavouras irrigadas plenamente instaladas. Como o satélite obtém uma imagem da mesma área a cada 16 dias, sob o ponto de vista temporal é possível ter não só o acompanhamento do ciclo da cultura como também a certeza de que toda área que for plantada após a data de determinada passagem de satélite será registrada na segunda ou terceira passagem subsequente.

- Aspecto espectral

O caráter espectral das imagens MSS/LANDSAT, como visto anteriormente, é a possibilidade de distinção de diferentes alvos devidos ao registro de seu comportamento em faixas distintas do espectro eletromagnético. As áreas com a cultura apenas semeada terão um comportamento que é idêntico ao do solo exposto e tendem a ser confundidas com áreas de solo preparado para plantio. Com o progressivo desenvolvimento da cultura, a energia refletida, que é captada pelo satélite, passa a ser cada vez mais representativa da vegetação em si e não do solo. Como a cultura irrigada tem alto teor de clorofila em relação às circunvizinhanças (solo exposto e vegetação seca e clorótica), o contraste entre os alvos é grande e a área irrigada pode ser identificada. Assim, as áreas verdes (áreas agrícolas) apresentam baixa reflectância nos canais 4 e 5 e alta reflectância nos canais 6 e 7 do MSS/LANDSAT (Figura 2).

● Aspecto espacial

Quanto ao caráter espacial dos produtos MSS/LANDSAT, trata-se da configuração geométrica ou da distribuição dos alvos que compõem a cena de 185 x 185km. Como foi discutido anteriormente, a resolução espacial do MSS/LANDSAT é de 80 x 80m, ou aproximadamente 0,6 hectares. Assim, é necessário que o alvo em questão tenha dimensões relativamente grandes para que possa ser detectado por sensoriamento remoto orbital. As áreas irrigadas na região de estudo de Guaíra-SP possuem dimensões variáveis desde menor de 10 até mais de 120 hectares contínuos. Estas dimensões são compatíveis com a resolução das imagens, reforçadas ainda pelo grande contraste espectral entre os alvos *cultura* e *circunvizinhanças* como discutido anteriormente. Outro aspecto da área de estudo que favorece a caracterização dos campos de cultivo irrigados é a existência de sistemas de pivô-central que, devido ao seu modo característico de operação (circular), facilita a identificação. Além disso, estas áreas irrigadas com pivô-central servem de guia de identificação espectral de outras áreas em que possam surgir dúvidas em relação a serem ou não irrigadas.

4. ANÁLISE DOS PRODUTOS MSS/LANDSAT

Os produtos MSS/LANDSAT oferecidos pelo INPE estão disponíveis à comunidade em várias escalas sob as formas de imagens em papel preto e branco e composições coloridas falsa-cor, e transparências positivas e negativas. Os dados do MSS/LANDSAT também podem ser adquiridos em fitas magnéticas para serem analisados em computador. De acordo com a finalidade do trabalho a ser executado, disponibilidades técnicas, extensão do trabalho, etc., deve ser escolhido um ou mais produtos dentre estes.

A análise das imagens em papel preto e branco é o meio mais comum de extrair informações dos produtos MSS/LANDSAT, devido ao fato de serem desnecessários equipamentos específicos para o seu manuseio, o qual se baseia exclusivamente na análise visual desses produtos. A escala usada para finalidades agrí

colas é a de 1:250.000. Entretanto, devem ser assinaladas algumas desvantagens desses produtos como a relativa falta de sensibilidade do olho humano em distinguir níveis de cinza próximos. Isto faz com que os alvos necessitem comportamentos bem distintos para serem diferenciados pelo intérprete. No caso de áreas irrigadas, quando a cultura já apresenta razoável desenvolvimento, sua caracterização fica bastante facilitada pela análise conjunta de apenas dois dos quatro canais do MSS/LANDSAT. O fato de a análise ser realizada sobre pelo menos duas imagens do LANDSAT dificulta sua execução. Porém, esses produtos podem ser de extrema valia quando não se tem disponibilidade de equipamentos e recursos financeiros, e não se requer precisão acentuada nos resultados. Uma variação dentro desses produtos em papel é a composição colorida, em que são utilizados 3 dos 4 canais MSS/LANDSAT, cada um recebendo uma cor primária. Neste produto a análise de áreas irrigadas torna-se facilitada tanto pelo manuseio de uma só imagem como também pela maior capacidade visual de distinguir entre as diferentes cores.

Outra forma de utilização dos produtos MSS/LANDSAT é através da interpretação de transparências positivas com auxílio de instrumentos ópticos, onde se podem realizar adições das cores primárias através de lentes e filtros. Estes instrumentos permitem a elaboração de inúmeras composições coloridas fazendo-se a combinação entre transparências de 3 canais MSS/LANDSAT, filtros variados e diversos controles de cores. Cada composição é ajustada pelo intérprete sendo mostrada num visor, o qual pode ser fotografado e obtendo-se, assim, ampliações fotográficas sobre as quais se realizam as interpretações.

A terceira forma de apresentação dos produtos MSS/LANDSAT é em fitas magnéticas compatíveis com computador das quais se podem extrair adequadamente os aspectos multiespectrais e digitais. A produção de imagens é feita à semelhança dos equipamentos ópticos de adição de cores, utilizando filtro e controles de cor. Este modo de utilização dos dados do MSS/LANDSAT permite uma série de outras alternativas proporcionadas pelo tratamento por computador que, em última

análise, é o uso de sistemas eletrônicos que auxiliam o pesquisador na interpretação das informações contidas em imagens (7).

O Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) dispõe de um Laboratório de Tratamento de Imagens Digitais (LTID) que opera um sistema computacional de análises de imagens multiespectrais denominado I-100. Trata-se de um sistema interativo, conversacional, projetado para extrair automaticamente informações multiespectrais de imagens terrestres obtidas remotamente por satélites ou aviões. O sistema opera sob controle de um mini-computador que controla a execução dos algoritmos (programas) implementados, os quais permitem realçar determinados aspectos da imagem, identificar áreas com características espectrais semelhantes, operar transformações matemáticas nos quatro canais originais, gerando novos canais transformados, alterar a escala de trabalho, etc. (6).

O I-100 permite que até 3 canais originais ou transformados sejam superpostos num monitor de televisão. Através da associação de cores primárias, a cada canal original ou transformado, é procurada a melhor combinação de cores e canais que realcem o tema desejado (por exemplo, áreas irrigadas). Deste monitor de televisão são obtidas fotografias que podem ser ampliadas por processamento fotográfico comum e sobre estas ampliações são realizadas as interpretações.

É evidente que esta última forma de utilização dos produtos MSS/LANDSAT é a mais onerosa por envolver a necessidade de sofisticados equipamentos. Cabe ao usuário fazer a escolha dentre as possibilidades existentes, levando em consideração fatores como custo, precisão requerida, tipo de problema, etc. No presente trabalho, a forma utilizada para a análise dos dados MSS/LANDSAT foi aquela que faz uso do sistema de tratamento computacional do INPE. Entretanto, pelas discussões anteriores fica claro que existem outros meios menos onerosos através dos quais os dados fornecidos pelo satélite LANDSAT podem ser adequadamente explorados.

5. RESULTADOS OBTIDOS

Um exemplo dos vários produtos passíveis de serem obtidos através de tratamento dos dados do MSS/LANDSAT em computador é o apresentado na capa desta revista mostrando uma passagem de 17.06.81, sobre a região de Guaíra(SP). Como apresentado anteriormente, no computador I-100 do INPE pode-se trabalhar não só com os quatro canais MSS/LANDSAT originais, mas também com canais transformados a partir dos originais.

Dessas transformações, uma de grande utilidade prática é a *razão entre canais*. Consiste na divisão, elemento por elemento da imagem, dos níveis de cinza (de 0 a 255) de um canal pelo de outro. Com isto, além de outras vantagens, há o destaque de feições de interesse. No caso da imagem estampada na capa desta revista, trata-se de uma composição colorida no qual foram utilizados tres canais, sendo dois transformados e um original. O primeiro canal transformado é a razão entre o canal 5 e o 7, e o segundo é a razão entre o 7 e o 5 do MSS/LANDSAT. O canal original utilizado foi o canal 5.

A produção e a interpretação da imagem apresentada na capa são realizadas à luz dos conhecimentos de sensoriamento remoto apresentados nas seções anteriores. Como se observa na Figura 2, na parte visível do espectro eletromagnético (canais 4 e 5), o solo possui maior reflectância que a vegetação e, portanto, aparece com níveis de cinza mais altos (mais claros) numa imagem preto e branco. Já na porção do infravermelho do espectro (canais 6 e 7), a vegetação apresenta maiores valores de reflectância que o solo e, portanto, aparece mais clara que o solo nos canais 6 e 7. Em suma, nos canais 4 e 5 o solo aparece claro e a vegetação escura, e nos canais 6 e 7 o solo aparece escuro e a vegetação clara. Isto para exemplificar, de modo grosseiro, o comportamento de dois alvos apenas.

Ao se proceder a razão entre canais, da maneira como foi feito neste trabalho, estas diferenças de comportamento espectral tornam-se mais salientes. Na razão 5/7, as áreas (p. ex. solos expostos) de valores de níveis de cinza

mais altos no canal 5 e mais baixos no canal 7, originais, assumem valores mais altos ainda, já que ocorre a divisão de um número maior por um menor. No caso inverso, isto é, de áreas com baixa reflectância no canal 5 e alta no canal 7, a divisão 5/7 torna esses valores de níveis de cinza ainda menores. Este tipo de operação torna as áreas diferentes mais contrastadas dentro de uma mesma cena, como ilustra a Tabela 1. Na razão 7/5 ocorre o inverso do discutido para a razão 5/7, resultando num aumento dos níveis de cinza da vegetação e numa diminuição dos níveis de cinza do solo, o que também aumenta o contraste entre esses dois alvos.

Tabela 1 - Exemplo numérico do aumento de contraste obtido com razões entre canais.

CANAL \ ALVO	NÍVEL DE CINZA		RAZÃO DE CONTRASTE
	SOLO	VEGETAÇÃO	
5	10	5	2
7	5	20	4
5/7	2	0,25	8
7/5	0,5	4	8

Para a composição colorida da capa desta revista atribuiu-se a cor azul à razão 5/7, a cor verde ao canal 5 original e a cor vermelha ao canal transformado 7/5. A superposição destas imagens, cores e o controle de intensidade de cada cor permitiu a obtenção de uma imagem que destacasse e caracterizasse o aspecto de interesse que, no caso, foram as áreas irrigadas.

Quando se atribui uma cor a determinado canal, a caracterização de áreas com aquela cor fica mais evidente quanto mais claras forem estas áreas na imagem preto e branco do canal original ou transformado. No caso presente, quando se atribui a cor verde ao canal 5, quanto maiores forem os valores de reflectâncias das áreas neste canal, mais verde serão estas áreas que, no caso presente, são solos expostos. Como o canal transformado 7/5 recebeu a cor vermelha, as áreas

agrícolas, por terem altos valores de reflectância neste canal, receberam a cor vermelha na imagem final. O canal transformado 5/7 recebeu a cor azul e ressaltou lagos e lâminas d'água túrbidos, devido ao fato que essas áreas possuem alguma reflectância no canal 5 e praticamente ausência de reflectância no canal 7. Áreas que apresentam alta reflectância em todos os canais, como áreas de palhadas de culturas colhidas, apresentam-se em tonalidades claras. Enfim, a tonalidade apresentada por cada área na composição final é o resultado da adição das cores recebidas por cada canal, sendo balanceada pela intensidade da cor e pela reflectância apresentada em cada um dos três canais. Em se tratando de áreas irrigadas, pode-se ver na imagem da capa que a identificação das áreas agrícolas irrigadas é relativamente fácil, apesar da pequena escala em que está apresentada esta imagem (aproximadamente 1:300.000). Os sistemas de pivô-central e auto-propelido são facilmente identificáveis na composição colorida como áreas em vermelho vivo. Em geral, a metodologia de interpretação baseia-se em verificação de campo, após uma análise preliminar da imagem, para em seguida fazer, de maneira segura, a extrapolação para toda a cena. No caso desta interpretação preliminar, áreas físicas de pivô-central e auto-propelido servem de guia de interpretação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente artigo pretendeu-se transmitir, ainda que sucintamente, os principais conceitos envolvidos nas técnicas de sensoriamento remoto quando aplicados à Agricultura. De posse desses conhecimentos, pôde-se vislumbrar vários outros campos de utilização dessa ferramenta que se encontra disponível à comunidade. Foi apresentada como exemplo a irrigação, onde se observou que sua detecção e mapeamento são extremamente facilitados pelo sensoriamento remoto.

Vários outros satélites de sensoriamento estão programados para serem lançados em futuro não muito distante. Estes satélites portarão sensores com capacidades de resolução espacial mais aprimoradas como o TM/LANDSAT 4 (Thematic Mapper), com 30 metros de resolução e o SPOT (Système Probatoire d'Observation

de la Terre), com resolução de 20 e 10 metros, previstos para operação em 1984 e 1986, respectivamente; além do satélite brasileiro previsto para início dos anos 90. Como mostra a Figura 2, nestes sistemas futuros existe um aprimoramento em relação às bandas mais favoráveis a várias aplicações terrestres. Neste sentido, o INPE desenvolve pesquisas que visam definir as bandas espectrais mais adequadas de um sistema de sensoriamento remoto para aplicações em condições brasileiras.

Os produtos de sensoriamento remoto, devido às suas características espectrais, espaciais, repetitivas, visão sinótica, baixo custo, etc., são ferramentas que dificilmente podem deixar de ser utilizadas em levantamento, manejo e controle de recursos naturais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Hélio Catsumi Matsucuma e Vitor M. R. Mendes do Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) pelas sugestões.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BAUER, M.E.; VANDERBILT, V.C.; ROBINSON, B.F.; DAUGHTRY, C.S.T. Spectral properties of agricultural crops and soils measured from space, aerial, field and laboratory sensors. IN: International Archives of Photogrammetry, 1980, vol. 23, part B7, p. 056-073.
- (2) DRAEGER, W.C. Monitoring irrigated land acreage using LANDSAT imagery: an application example. U.S. Geological Survey Open-File Report No. 76-630, 1976. 23p.
- (3) GATES, D.M. Biophysical ecology. Springer-erlag, New York, 1980. 611 p.
- (4) MISSOURI RIVER BASIN COMMISSION; EROS DATA CENTER. Identifying irrigated lands using remote sensing techniques: state of the art. Symposium Proceedings. Sioux Falls, SD, 1979. 81 p.

- (5) REEVES, R.G. ed. Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry, Falls Church, WA. 1975.
- (6) RIBEIRO, E.A.; MITSUO II, F.A.; MOREIRA, J.C.; DUTRA, L.V. Manual de usuário dos sistemas de tratamento de imagens digitais, versão 1. Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1982. 158 p.
- (7) SLATER, P.N. Remote Sensing: Optics and optical systems. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1980. 575 p.
- (8) THELIN, G.P.; JOHNSON, T.L.; JOHNSON, R.A. Mapping irrigated cropland on the High Plains using LANDSAT. IN: Satellite Hydrology; Proceedings of the American Water Resources Association Symposium, Minneapolis, MT, 1979. p. 715-721.
- (9) WITHERS, B.; VIPOND, S. Irrigação: projeto e prática. EPU/EDUSP, São Paulo, 1977. 339p.

LEGENDAS DE FIGURAS

- 1 - Espectro eletromagnético.
- 2 - Comportamento espectral de alguns alvos e faixas de operação de alguns satélites de recursos naturais.
- 3 - Configuração do sistema de cobertura pelo LANDSAT (recepção dos dados em Cuiabá-MT, processamento dos dados em Cachoeira Paulista-SP).

LEGENDA DA CAPA DA REVISTA - ITEM IRRIGAÇÃO E TECNOLOGIA MODERNA

Imagens LANDSAT realçando áreas irrigadas da região de Guaira (SP). Em vermelho: auto propelido (áreas retangulares) e pivô central (áreas circulares). Escala aproximada: 1:300.000.



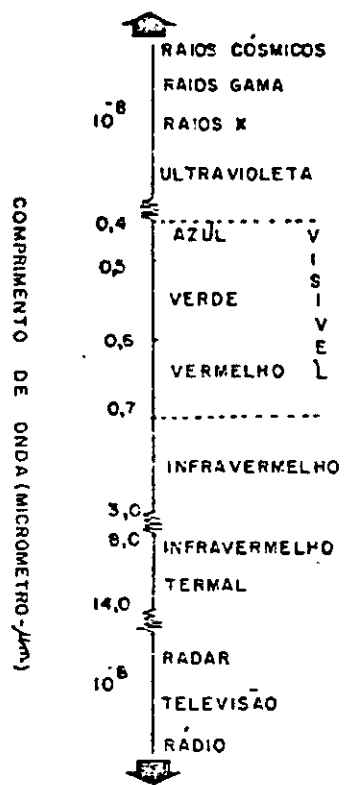


Fig. 1

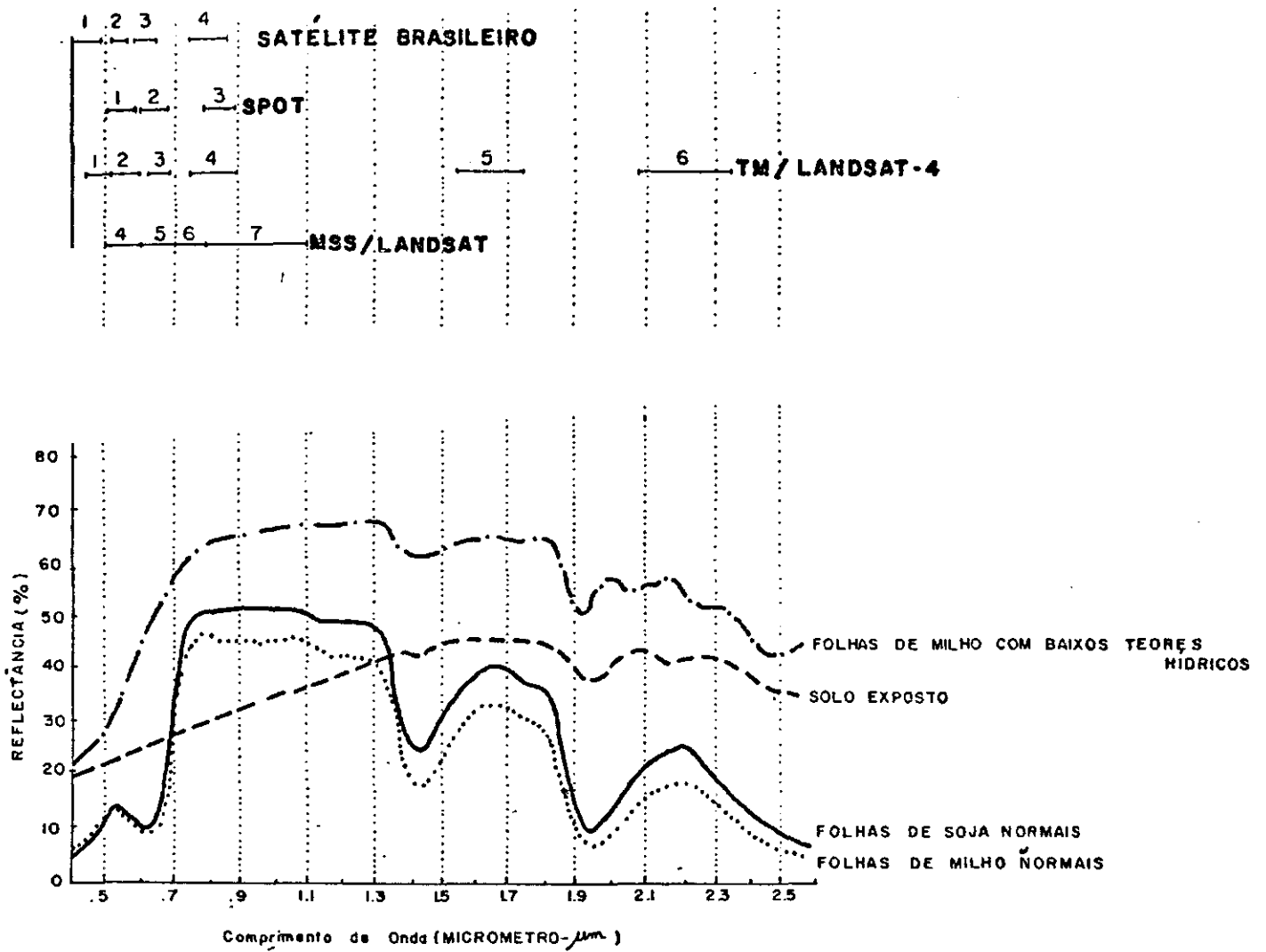


Fig. 2

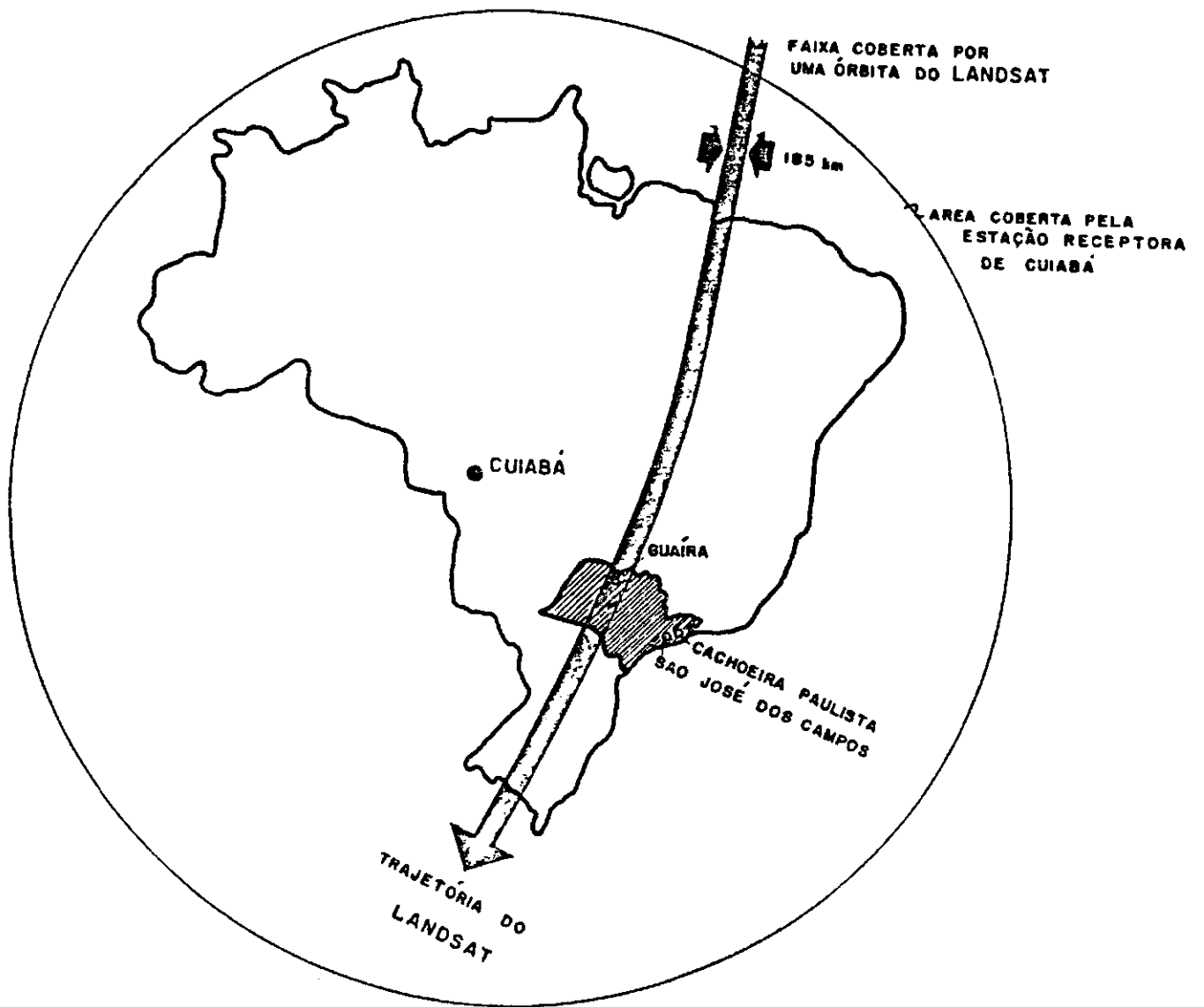


Fig. 3