

MONITORAMENTO DA COBERTURA VEGETAL E DO USO DO SOLO DA RESERVA INDÍGENA CAARAPÓ - MS, ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

Ayr Trevisanelli Salles*

Mário Valério Filho**

Teresa Gallotti Florenzano***

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com o avanço da fronteira agrícola para a região Centro-Oeste, a cobertura vegetal natural foi praticamente substituída por atividades agropecuárias. Esta ocupação nem sempre efetivou-se de forma adequada. O desconhecimento do meio físico aliado a uma visão imediatista vem provocando uma degradação de diferentes tipos de ambientes.

As reservas indígenas não ficaram à margem deste processo, embora o nível tecnológico da agricultura moderna não adentrasse nestas áreas, a “superpopulação” indígena fez com que houvesse uma maior exploração sobre o potencial ambiental das reservas, em

* UCDB – Universidade Católica Dom Bosco.

** IP&D Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – UNIVAP.

*** INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

conseqüência instalou-se um quadro de degradação ambiental na área delimitada. No intuito de compreender melhor este processo e de reverter esta situação atual é que surgiu o **Programa Kaiowá/Guarani**. O **Programa Kaiowá/Guarani** é desenvolvido pela Universidade Católica Dom Bosco - UCDB em parceria com outras instituições que trabalham com a questão indígena. Este Programa é multidisciplinar e visa melhorar as condições de vida das populações indígenas.

O Programa aborda três áreas de atuação: saúde, produção de alimentos e recuperação ambiental. Visando contribuir com o Programa, montou-se um sub-projeto de pesquisa intitulado “**Levantamento e monitoramento da cobertura vegetal e uso do solo das Reservas Indígenas Kaiowá/Guarani, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, como subsídio ao planejamento ambiental**”, esta pesquisa tem duração prevista de três anos. No primeiro ano foi desenvolvido o procedimento metodológico e um estudo piloto em uma das aldeias, no segundo ano se estenderá o mapeamento para as demais reservas abrangidas pelo **Projeto Kaiowá/Guarani** e no terceiro ano se implementará um **Programa de Monitoramento Ambiental das Reservas Indígenas Kaiowá/Guarani** para acompanhar se as medidas propostas para a recuperação ambiental das reservas estarão sendo efetivadas.

1.1. HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA

“Os Kaiowá/Guarani eram donos de um território bastante amplo e fértil, que se estendia pela região oriental do Paraguai e pela grande Dourados/MS, numa área de aproximadamente 40 mil km², dividida ao meio pela fronteira entre Brasil e o Paraguai” BRAND (1996).

No final do século passado, o governo brasileiro arrendou as terras dessa região para a Cia. Mate Laranjeira, responsável pela exploração da erva mate nesta área.

O processo de ocupação efetivou-se com a derrubada da mata pelos fazendeiros, estruturando um novo mosaico do revestimento vegetal e uso do solo no pretérito território indígena.

No início do séc. XX, o Serviço de Proteção aos Índios (SPI) demarcou reservas para a transferência das populações indígenas para essas áreas, segundo BRAND (1996), inicia-se o processo de confinamento geográfico e cultural dos indígenas. Foram demarcadas oito reserva com uma área total de 182,97 Km².

Foi escolhida como área piloto de estudo a reserva indígena de Caarapó, localizada no município de Caarapó - MS (figura 1).

A reserva indígena de Caarapó foi criada em 1924 pelo Serviço de Proteção ao Índio (SPI). Possui uma área de 36 Km², onde vivem 556 famílias (aproximadamente 2.500 pessoas). Antes de se tornar uma reserva, a área era ocupada por um acampamento da Cia. Mate Laranjeiras.

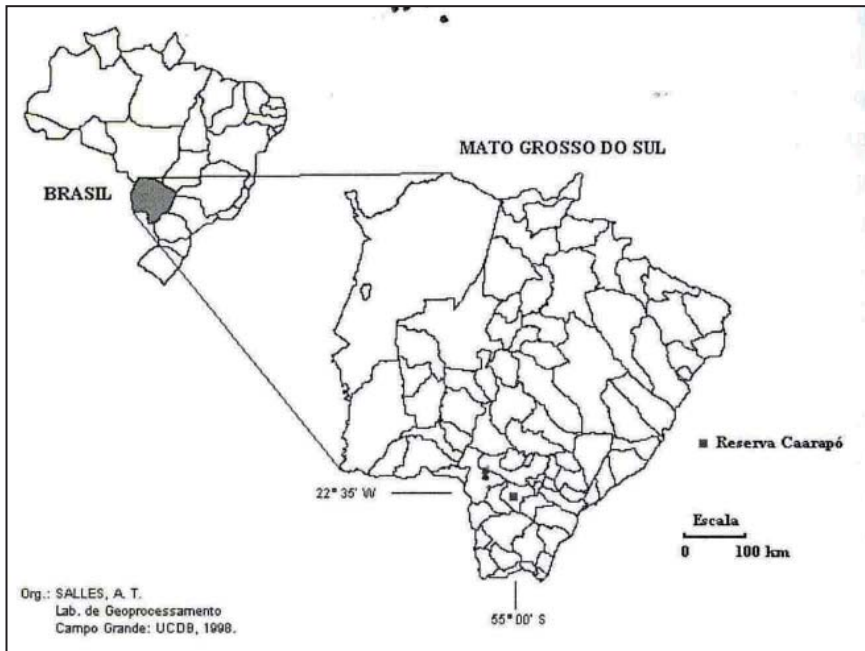


FIGURA 1 - Localização da área de pesquisa

1.2. JUSTIFICATIVA

Os levantamentos da cobertura vegetal do Estado do Mato Grosso do Sul, de uma forma sistemática, foram efetuados em macro e meso escalas, com exceção de estudos mais localizados, sendo portanto muito genérico, havendo assim, carência de estudos mais detalhados. Neste sentido, os levantamentos pré-existentes não poderão ser aproveitados para este projeto, necessitando portanto de realizar novos estudos em escalas mais adequadas ao planejamento da intervenção humana a nível local (maior detalhamento), além do fato de não existirem mapeamentos atualizados dos remanescentes vegetais e uso do solo.

A equipe que realizou os trabalhos de campo preliminares para a elaboração do **Programa Kaiowá/Guarani**, estimou que restou somente cerca de 10% da cobertura vegetal primitiva da área da reserva. A cobertura vegetal serve como um protetor dos solos contra a erosão, depois de sua retirada instala-se um acentuado processo de degradação ambiental da reserva (erosões, queimadas).

A escolha desta reserva para área piloto de estudos se deve desde a particularidade de seu meio físico, pois está localizada em uma área de nascentes, além de possuir alto nível de degradação ambiental, até a fatores humanos, tais como: superpopulação, problemas econômicos além da particularidade de seu território ser cortado por uma estrada.

Para recuperar o potencial ambiental desta região, o **Programa Kaiowá/Guarani**, propõe uma série de ações (da pesquisa à intervenção) que vão da revegetação das matas ciliares, controle das erosões e queimadas, até a indicação de áreas mais recomendáveis para a agricultura e outras atividades econômicas.

Segundo PINTO; VALÉRIO FILHO; GARCIA (1989) e VALÉRIO FILHO; PINTO (1996), para a estruturação de um sistema de planejamento da produção agrícola, tornam-se necessárias informações confiáveis e atualizadas referentes ao uso e ocupação da terra.

BUCCI (1990) enfatiza que o uso do solo é um processo muito dinâmico que requer uma atualização constante e que a *“obtenção de informações atualizadas permite a utilização equilibrada dos recursos naturais”*.

KOFFLER (1992) enfatiza que esta tecnologia

“tem contribuído significativamente para melhorar a qualidade das informações, principalmente quanto ao dimensionamento das áreas ocupadas pelas diferentes coberturas vegetais, sejam naturais ou estabelecidas pelo homem e a determinação da sua distribuição geográfica”.

DONZELI et alii (1992) enfatiza *“a importância de se adotar o procedimento de análise multiespectral-multitemporal para a identificação e caracterização de alvos que apresentam caráter dinâmico, como é o caso do uso da terra/cobertura vegetal”*.

Neste contexto, torna-se muito importante o conhecimento do meio físico e da organização espacial das populações indígenas em seu território, a utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento possibilita a obtenção e a manipulação de informações espaciais, as quais fornecem subsídios para ações de planejamento territorial.

1.3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.3.1. Sensoriamento remoto

O Sensoriamento Remoto é a denominação da tecnologia de coleta de dados à distância, sem o contato físico direto. No presente estudo estes dados estão relacionados com o revestimento vegetal de uma parcela da superfície terrestre. Foram utilizadas informações obtidas por câmeras aéreas e por sensores remotos orbitais. O sistema de coleta de dados orbitais utilizado foi o TM/ LANDSAT.

O programa da série LANDSAT (Land Remote Sensing Satellite) foi desenvolvido pela NASA (National Aeronautics and Space Administration), iniciou-se em 1972 com o lançamento do satélite ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), passando a ser denominado LANDSAT em 1975.

Até o momento, foram lançados um total de seis satélites, sendo que o sexto não chegou a funcionar devido a problemas no seu lançamento. O único satélite da série em operação no momento é o LANDSAT 5.

O LANDSAT 5 é um satélite de órbita quase polar (98° de inclinação), hélio-síncrona e com uma altitude de 705 Km. A captação dos dados é efetuada no horário das 9:30 às 10:00 horas. No terreno uma cena imageada cobre uma área de 185 X 185 Km e a sua resolução temporal é de 16 dias.

Os sensores a bordo do satélite LANDSAT 5 são: o MSS (Multispectral Scanner Subsystem) e o TM (Thematic Mapper). Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos pelo sensor TM. Este possui uma resolução espacial de 30 X 30 metros nas bandas do visível e infra-vermelho próximo e médio, e de 120 X 120 metros na banda do infra-vermelho termal.

O sinal captado pelo sensor orbital, corresponde ao final do percurso da radiação eletro magnética (REM), conforme a figura 2. A REM parte da fonte, atravessa a atmosfera até atingir o alvo terrestre. Na superfície, parte da energia é transmitida, parte é absorvida e outra parte é refletida para a atmosfera novamente. A energia atravessa a atmosfera até atingir o sensor.

Durante este percurso, a REM interage com a atmosfera, a qual promove uma alteração (adição ou subtração) na resposta espectral dos alvos terrestres. Dentre os parâmetros atmosféricos que interferem nos dados estão: a cobertura de nuvens, a pressão da superfície, a umidade relativa, os aerossóis, a visibilidade e outros. Quanto maior for a altitude do sensor, maior será a interferência da atmosfera.

Outro fator de interferência na aquisição dos dados está relacionado com a geometria de iluminação da cena. Segundo NOVO (1992), os parâmetros que interferem são: ângulo solar zenital, ângulo de visada do sensor, ângulo azimutal do sol e do sensor e a altitude do sensor.

A mesma autora, descreve o processo de registro de dados do sensor TM, como segue:

- a REM refletida ou emitida pelos alvos da superfície terrestre atinge o espelho de varredura do imageador TM (Figura 2), este oscila perpendicularmente ao deslocamento do satélite;
- o sinal atravessa um telescópio e atinge um segundo sistema óptico também constituído por espelhos, cuja função é compensar o efeito do deslocamento do satélite;
- após passar pelos espelhos a REM atinge os detectores que produzem um sinal elétrico (analógico);
- o processo de varredura da superfície terrestre ao longo da órbita do satélite sofre um deslocamento para o oeste, devido ao movimento de rotação da Terra;
- o sinal detectado é convertido em sinal digital e transmitido para as estações terrestres via telemetria;
- após a recepção dos dados, eles são gravados em fitas magnéticas e enviados para o Laboratório de Processamento de Imagens;
- neste laboratório é feita a transformação dos dados brutos em dados com correções geométricas e radiométricas;
- o usuário pode obter estes dados em meio magnético (CD-Rom) ou em papel fotográfico.

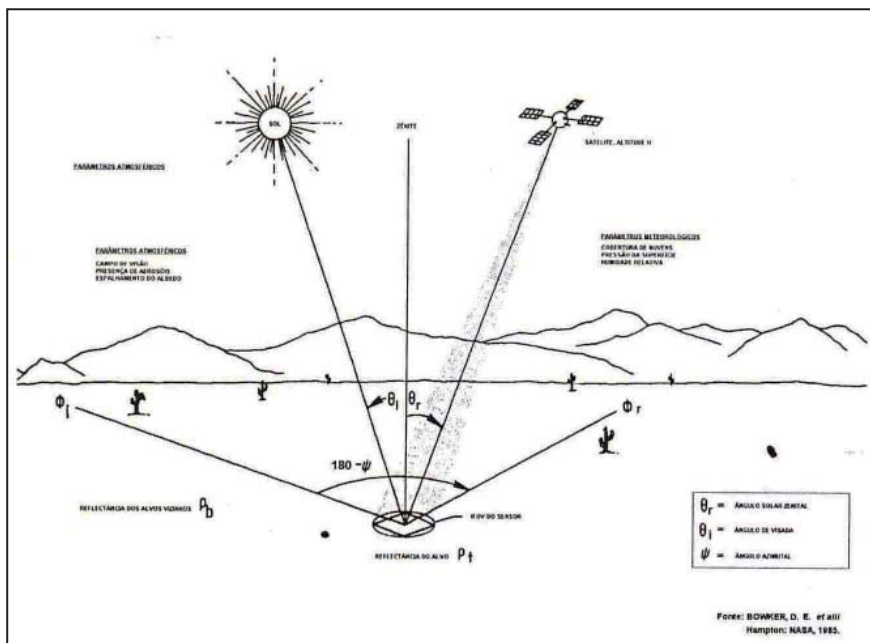


FIGURA 2 - Processo de captação de dados e as variáveis de aquisição

As principais aplicações dos dados obtidos pelo sensor Thematic Mapper na área ambiental são apresentadas na tabela 1.

CANAL	FAIXA ESPECTRAL (mícrons)	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
1	0,45 - 0,52	- mapeamento de águas costeiras - diferenciação de espécies vegetais - estudo de sedimentos na água
2	0,52 - 0,60	- reflectância da vegetação verde sadia - mapeamento da vegetação
3	0,63 - 0,69	- absorção da clorofila - diferenciação de espécies vegetais - mapeamento geológico e geomorfológico
4	0,76 - 0,90	- levantamento de biomassa - delineamento de corpos d'água
5	1,35 - 1,75	- medidas de umidade da vegetação - diferenciação entre nuvens e neves - uso do solo
6	10,4 - 12,5	- mapeamento de estresse térmico em plantas - mapeamentos térmicos
7	2,08 - 2,35	- mapeamento hidrotermal

Fonte: NOVO (1992).

TABELA 1 - Principais aplicações do sensor Thematic Mapper (TM)

NOVO (1992) ressalta que “*importa saber como essas características permitem coletar informações do terreno em forma de energia eletromagnética e como esta energia é transformada em um produto passível de análise*”. Esta relação entre a REM e o alvo terrestre será abordada a seguir.

1.3.2. Comportamento espectral da vegetação

Segundo WATRIN (1994), o processo físico que envolve a resposta espectral da vegetação é muito complexo. Em função do nível de abordagem pode ser dividido em fatores endógenos, relacionados aos aspectos morfológicos, anatômicos e estruturais da folha, e em fatores exógenos, relacionados aos aspectos quantitativo e qualitativo da REM incidente sobre a vegetação.

Conforme BOWKER et alli (1985), a resposta espectral da vegetação, varia em função do comprimento de onda da radiação eletro-magnética (REM), conforme mostra a figura 3.

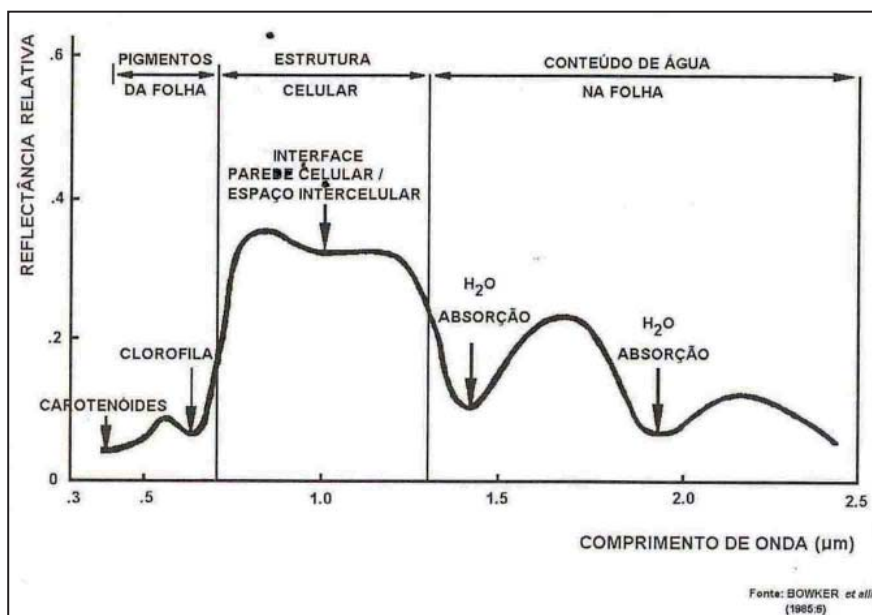


FIGURA 3 - Curva da reflectância da vegetação

Pode-se dividir a resposta da vegetação sadia em três regiões com respostas espectrais mais homogêneas, a saber:

a) Interação da REM com os pigmentos da folha

Ocorre na região do visível (0,38 a 0,7 microns). Neste intervalo, a reflectância é muito baixa, devido à grande absorção da REM pelos pigmentos fotossintéticos da folha (clorofila e carotenóides, xantofilas).

Observa-se um pequeno pico de reflectância no intervalo de 0,45 a 0,49 microns (verde), motivo da sensação visual esverdeada da vegetação sadia.

b) Interação da REM com a estrutura celular

Ocorre na região do infra-vermelho próximo (0,7 a 1,3 microns). Este é o intervalo de maior reflectância da vegetação.

A REM interage com o ar e com a água contida nas folhas.

c) Interação da REM com o conteúdo de água na folha

Ocorre na região do infra-vermelho médio (1,3 a 2,5 microns). Neste intervalo, a vegetação tem um decréscimo de reflectância, devido a presença de água nas folhas. A água apresenta duas bandas de absorção, 1,45 e 1,95 microns.

1.3.3. Vegetação e o sensor TM

Na figura 4 observa-se as reflectâncias dos principais alvos da superfície terrestre e sua relação com o sensor TM.

Nota-se que este sensor possui suas bandas espectrais bem distribuídas ao longo do espectro óptico (0,38 a 3,0 μm) da radiação eletromagnética.

Na região do visível, onde ocorre a interação da REM com os pigmentos da folha, o TM possui três bandas espectrais (TM 1, TM 2 e

TM 3). Na região do infra-vermelho próximo, onde ocorre a interação da REM com a estrutura celular, o TM possui somente uma banda (TM 4). E no infra-vermelho médio, onde ocorre a interação da REM com a água contida nas folhas, o TM possui duas bandas espectrais (TM 5 e TM 7).

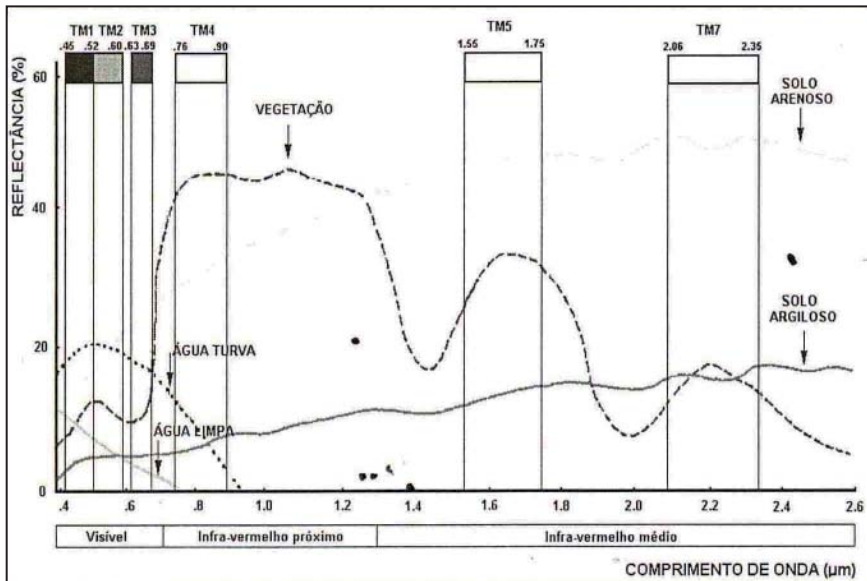


FIGURA 4 - Relação entre os comprimentos de onda da radiação eletromagnética com a reflectância dos alvos da superfície terrestre e as bandas espectrais do sensor Thematic Mapper

1.4. FOTOINTERPRETAÇÃO

“Fotointerpretação é o ato de examinar imagens fotográficas com o fim de identificar objetos e determinar seus significados”, segundo a definição do Manual of Photographic Interpretation da Sociedade Americana de Fotogrametria in ANDERSON (1982).

A utilização de fotografias aéreas teve seu início na metade do século XIX, mas como uma atividade amadora. O grande desenvolvi-

mento desta técnica foi devido à sua utilização militar, principalmente nas grandes guerras mundiais.

Outra grande utilização desta tecnologia está nos levantamentos dos recursos naturais (geologia, geomorfologia, solos, vegetação), desde o inventário até o acompanhamento de sua dinâmica espacial (monitoramento).

A interpretação das fotografias aéreas foi neste trabalho baseada nos seguintes elementos de interpretação: textura, tonalidade e forma, apresentados a seguir:

- Tonalidade - variação dos níveis de cinza de uma fotografia branca e preta;
- Forma - as feições antrópicas apresentam geralmente formas regulares;
- Textura - arranjo dos elementos que estão numa mesma área. Pode ser classificada desde muito grosseira a super fina.

1.5. TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

São técnicas computacionais utilizadas para melhorar a qualidade visual das imagens orbitais. São implementadas através de funções matemáticas sobre os dados brutos adquiridos pelo sensor.

1.5.1. Correção geométrica

As imagens obtidas por sensores orbitais contém algumas distorções espaciais da superfície imageada, devido aos movimentos da plataforma orbital e da Terra.

Nos estudos ambientais, freqüentemente, as imagens são ajustadas a uma base cartográfica pré-existente. Para este ajuste a correção geométrica faz-se necessária. CRÓSTA (1992) define a correção geométrica como sendo “*a transformação de uma imagem de modo que ela assuma as propriedades de escala e de projeção de um mapa*”.

1.5.2. Restauração

É uma técnica de correção radiométrica cujo objetivo é corrigir as distorções inseridas pelo sensor óptico no processo de geração das imagens digitais.

Segundo FONSECA, MASCARENHAS; BANON (1987) *“a restauração não é propriamente uma técnica de interpolação. Entretanto, pode ser utilizada como uma técnica de reamostragem pela estimativa do valor de radiância da cena nos pontos da grade desejada”*. Os autores enfatizam que esta técnica realça mais as feições lineares da imagem.

A correção é realizada por um filtro linear que é específico para cada tipo de sensor e banda espectral. O Manual do Spring (BRASIL, 1997) recomenda sua utilização nas imagens brutas.

1.5.3. Ampliação linear de contraste

Os valores de nível de cinza contidos numa imagem original (bruta), freqüentemente, não ocupam todo o intervalo possível. Estes ficam muito concentrados e, em consequência disto, a imagem apresenta pouco contraste.

A ampliação linear de contraste é uma das técnicas de realce de imagens que permite ampliar a intensidade original dos níveis de cinza para toda a escala possível. No caso de uma imagem TM (8 bytes), este intervalo corresponde a 256 níveis de informação, ou seja, a transformação linear é utilizada para aumentar o contraste da imagem.

A vantagem da utilização desta técnica é que este processamento não altera o padrão de resposta do histograma original, apenas expande suas extremidades.

1.5.4. Transformação IHS

No espaço IHS, as cores são definidas por três atributos: intensidade (I), matiz (Hue-H) e saturação (S). CRÓSTA (1992), caracteriza cada atributo:

- **Intensidade** - é a medida da energia total envolvida em todos os comprimentos de onda, é a sensação de brilho da imagem;
- **Matiz** - é a medida de comprimento de onda médio da luz que ele reflete ou emite, definindo a cor do objeto;
- **Saturação** - é o intervalo de comprimento de onda ao redor do comprimento de onda médio no qual a energia é transmitida ou refletida. Um alto valor para a saturação, indica uma cor espectralmente pura, enquanto que um baixo valor, indica uma mistura de comprimentos de onda que se expressam em tons pastéis.

Utilizando a transformação IHS, DUTRA; MENEZES (1987) constataram uma *“acentuada ampliação de realce do contraste de cor entre os vários tipos de objetos ou materiais presentes numa dada cena”*.

1.5.5. Composições coloridas

A visão humana tem uma capacidade maior de discriminar as cores do que os tons de cinza. Baseado neste fato é mais indicado para o fotointérprete trabalhar com produtos coloridos do que em tons de cinza.

A técnica de elaboração de composições coloridas de imagens de satélites consiste em associar uma banda espectral a uma cor primária R (red-vermelho), G (green-verde) e B (blue-azul). As informações contidas nas bandas espectrais serão visualizadas com as cores respectivamente associadas.

FLORENZANO (1994) testa várias combinações com as bandas do TM e relata que em termos gerais, a combinação 453 RGB é a que apresenta os melhores resultados.

1.5.6. Segmentação

É o processo pelo qual os pixels de uma imagem são agrupados de acordo com a homogeneidade dos níveis de cinza ou propriedades texturais, gerando uma imagem.

No SPRING, para executar a segmentação, o usuário entra com os valores de similaridade e o valor de área (BRASIL, 1997). A similaridade indica o grau de homogeneidade das regiões, é o valor de distância euclidiana mínima entre a média das regiões agrupadas. O valor de área refere-se ao tamanho mínimo de uma área para ser agrupada, é dado em números de pixel. A escolha do valor depende do objetivo do trabalho, ou seja, o tamanho de área mínima a ser considerado útil ou desprezível ao trabalho.

Segundo NASCIMENTO; ALMEIDA FILHO (1996) a escolha dos valores de homogeneidade e de área *“é a etapa crítica do processo, pois determina a precisão da segmentação”*.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver um procedimento metodológico para o monitoramento da cobertura vegetal e uso do solo da reserva indígena Caarapó, para dar subsídios a uma melhor utilização, recuperação e conservação do potencial de seus recursos naturais.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Montagem de um banco de dados digitais georreferenciados da reserva, para armazenamento das informações geográficas da área.

- 2) Levantamento da cobertura vegetal remanescente e uso do solo da reserva em 1964, 1985 e 1996, visando realizar uma evolução histórica/espacial de sua cobertura vegetal.

3. MATERIAL UTILIZADO

A proposta de utilização do Geoprocessamento vem no sentido de implementar uma base cartográfica digital única para uso comum de todo o projeto, ficando cada sub-projeto responsável pela alimentação do banco de dados em seus respectivos temas.

No atual trabalho, foi utilizado o software SPRING (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido pelo INPE em parceria com outras instituições. O SPRING é um banco de dados geográficos desenvolvido para ambientes UNIX e Windows (INPE, 1997). O software é baseado num modelo de dados orientados a objetos e opera com dados vetoriais e matriciais. Possui também uma linguagem de programação de dados espaciais, a LEGAL (Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra). Uma característica interessante é que a base de dados, assim como a interface com o usuário é a mesma, independente do hardware utilizado.

3.1. HARDWARE

- Workstation SUN;
- Mesa digitalizadora;
- Plotter HP 760 C Plus;
- Impressora Deskjet HP.

3.2. IMAGENS TM/LANDSATW

Satélite	Órbita	Ponto	Quadrante	Bandas	Formato	Datas
Landsat - 5	225	76	B	1/2/3/ 4/5/7	digital	10/06/85 08/06/96

TABELA 2 - Imagens utilizadas

3.3. DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS

Carta	Código	Escala	Instituição	Temática
Caarapó	SF.21-Z-B-V	1: 100.000	DSG	Topográfico
Bocajá	SF.21-Z-B-IV	1: 100.000	DSG	Topográfico
Dourados	SF.21-Z-B	1: 250.000	DSG	Carta imagem radar
Dourados	24	1: 250.000	SEPLAN - MS	Macrozoneamento Geoambiental
Reserva Caarapó	2.476/87	1: 100.000	FUNAI TERRASUL	Demarcação da reserva

TABELA 3 - Documentos cartográficos utilizados

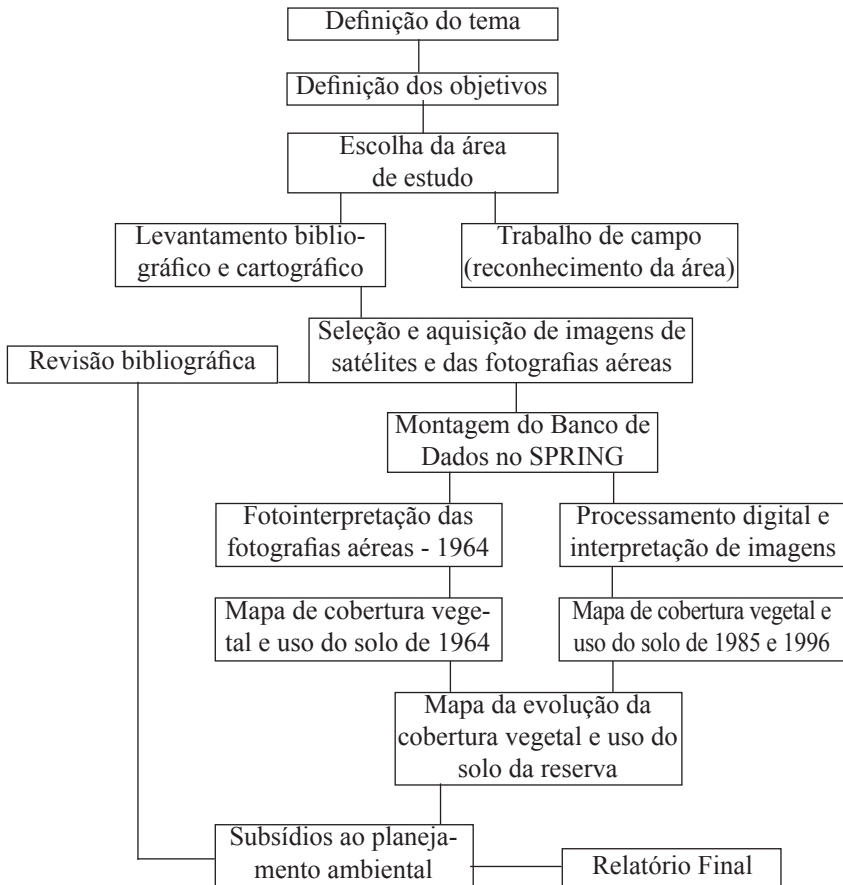
3.4. FOTOGRAFIAS AÉREAS

Fonte	Escala	Data
FAB / USAF	1: 66.000	1964

TABELA 4 - Fotografias aéreas utilizadas

4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O projeto de pesquisa, foi desenvolvido segundo o fluxograma a seguir:



4.1. PRIMEIRA FASE

Nesta fase foram efetuados levantamentos de dados da área de pesquisa, tais como:

4.1.1. Levantamento bibliográfico

- histórico da implementação da reserva;
- decreto da demarcação, entre outros.

4.1.2. Levantamento cartográfico

- mapa com a delimitação da reserva;
- cartas topográficas;
- mapas temáticos (geologia, geomorfologia, solos, vegetação).

4.1.3. Levantamento de campo

- reconhecimento da área de estudo;
- verificação *in loco* dos problemas ambientais da reserva.

4.2. SEGUNDA FASE

4.2.1. Desenvolvimento da metodologia para levantamento da cobertura vegetal e uso do solo da reserva

Devido às particularidades da organização espacial das populações indígenas, não se adotou uma legenda de levantamento sistemático da vegetação (BRASIL, 1992), assim como do uso do solo (ANDERSON, 1976).

Optou-se por fazer neste primeiro momento, um levantamento da cobertura vegetal e uso do solo com uma legenda genérica. Num momento posterior, com o trabalho de campo, efetuar um detalhamento maior das categorias.

Para a elaboração das classes de cobertura vegetal e uso do solo, levou-se em conta:

- a) impossibilidade de checagem de campo dos dados de 1964 e 1985;
- b) a qualidade do material (fotos);
- c) o objetivo do trabalho, que é de fazer uma evolução histórica da cobertura vegetal e uso do solo.

Neste sentido estabeleceu-se uma legenda de mapeamento com categorias genéricas, baseada na estrutura fitofisionômica predominante, as quais apresentamos na tabela 5.

Classe	Fitomassa	Fitofisionomia
Mata	Alta	Florestal
Cerrado	Média	Arbóreo/arbustiva
Gramíneas	Baixa	Graminóide/herbáceo
Solo nu	Muito baixa	Solo nu/graminóide

TABELA 5 - Legenda do levantamento da cobertura vegetal e uso do solo

4.2.2. Implementação de um banco de dados georreferenciados

A finalidade do banco de dados é implementar uma base

cartográfica em meio digital única para a área de estudo visando concentrar as informações pré-existentes da área, assim como as geradas pelo projeto de pesquisa.

Utilizando o material cartográfico acima citado, montou-se um banco de dados com a seguinte estrutura:

BANCO DE DADOS	PROJETO	CATEGORIA	PLANO DE INFORMAÇÕES	GEOCLASSE
Guarani/Kaiowá	Caarapó	Reserva	Hidrografia Estradas	Reserva
		Entorno	Limite	
		Imagens85	Bandas TM 1/2/3/4/5/7 originais 3/4/5 restauradas	
		Imagens96	4/5/3 IHS Composições coloridas	
		Interpretação	Cobertura vegetal e uso do solo de 64/85/96 Hidrografia Estradas	Hidrografia Mata Cerrado Gramíneas Solo nu

TABELA 6 - Estrutura do Banco de Dados

4.2.3. Levantamento da cobertura vegetal e uso do solo de 1964 utilizando técnicas de fotointerpretação

Nesta etapa da pesquisa utilizou-se a técnica de fotointerpretação. Fotointerpretação é a denominação da técnica de extrair informações de fotografias aéreas. Em nosso estudo, as informações são relacionadas à cobertura vegetal e uso do solo.

Anterior à fase de fotointerpretação foi realizado um levantamento bibliográfico para caracterizar a vegetação primitiva da área. De posse deste conhecimento foi efetuada a comparação dos padrões fotográficos da vegetação com a legenda de levantamento proposta.

Para a fotointerpretação propriamente dita foi utilizado um papel transparente que serviu de “overlay” para a extração das informações interpretadas.

Categoria	Forma	Textura	Tonalidade
Mata	Irregular	Grosseira	Escura
Cerrado	Irregular	Média	Escura/média
Gramíneas	Irregular	Fina	Média/clara
Solo nu	Regular	Lisa	Clara

TABELA 7 - Chave de fotointerpretação

Posteriormente, foi efetuada, via mesa digitalizadora, a entrada das informações para o banco de dados do SPRING (transformação das informações analógicas para o meio digital), como segue:

- 1) Criação de um Plano de Informação para armazenar as informações CVUS64 (Cobertura Vegetal e Uso do Solo de 1964).
- 2) Obtenção de pontos de controle das fotografias (confluência de rios).
- 3) Calibração da mesa digitalizadora com as coordenadas dos pontos de controle extraídas das cartas topográficas.
- 4) Digitalização propriamente dita.
- 5) Ajuste e poligonalização das linhas digitalizadas.
- 6) Associação dos polígonos com as Geoclasses do mapeamento.

No SPRING foi efetuada a quantificação das categorias de mapeamento, a qual é apresentada no gráfico 1. Utilizando o módulo SPRING/CARTA foi feito o lay-out final do mapa de cobertura vegetal e uso do solo de 1964.

4.2.4. Levantamento da cobertura vegetal e uso do solo para 1985 e 1996 através da análise e interpretação das imagens orbitais

Foram utilizadas imagens da estação de inverno (junho), pois esta época corresponde ao período de seca, e, conseqüentemente, possui a menor cobertura de nuvens.

As imagens digitais foram importadas para o Projeto no SPRING utilizando o módulo IMPIMA.

Entre as bandas espectrais disponíveis do sensor TM e visando ter informações de diferentes porções do espectro, escolheu-se uma banda de cada comprimento de onda. Do visível optou-se pela banda 3, pois é a que menos possui interferência atmosférica. No infra-vermelho próximo optou-se pela banda 4, pois é a banda menos correlacionada com as demais e que contém informações sobre a vegetação sadia. No infra-vermelho médio optou-se pela banda 5, pois é a que possui maior variância. Pela tabela 1 nota-se que esta banda é importante para detectar variações do teor de umidade na estrutura intercelular da fitomassa.

O Projeto criado possui uma faixa de entorno de dois quilômetros além dos limites da reserva. Esta também é uma área de interesse do **Programa Kaiowá/Guarani**.

Como esta pesquisa restringe-se somente à área interna da reserva, efetuou-se um corte (máscara) na imagem, eliminando-se o entorno da reserva. Para tal, utilizou-se da linguagem de programação do SPRING, a LEGAL.

No SPRING, foram efetuados uma série de processamentos digitais para melhorar a qualidade visual das imagens. O primeiro processamento foi de correção geométrica das imagens. A imagem foi ajustada à base cartográfica do DSG na escala de 1:100.000. O ajustamento foi feito mediante o reconhecimento de pontos de controle na imagem ajustados com as coordenadas da carta, via mesa

digitalizadora. Foi utilizado o interpolador vizinho mais próximo. Para tal o SPRING necessita de no mínimo seis pontos de controle, de preferência bem distribuídos na imagem.

Visando melhorar a resolução espacial da imagem foi utilizada a técnica de restauração de imagens, atribuindo ao píxel de saída um valor de quinze metros.

Para realçar as informações contidas nas imagens foi utilizada a ampliação linear de contraste em cada banda. Posteriormente foi gerada uma composição colorida nas bandas 453 RGB respectivamente, e sobre esta foi aplicada uma transformação IHS. Na banda I foi aplicada uma ampliação linear de contraste visando melhorar o contraste dos alvos. Nas bandas H e S não foi efetuada transformação alguma. Depois a imagem foi novamente reconvertida para o espaço RGB utilizando-se da banda I reescalada.

Na composição 453IHS foi executada uma segmentação com a finalidade de agrupar áreas com respostas espectrais mais homogêneas.

Como a legenda de classificação adotada neste trabalho é muito genérica, utilizaram-se valores de homogeneidade e de área muito altos, 40 e 30 respectivamente. Esta segmentação foi convertida em vetores e foi efetuada uma edição dos polígonos, eliminando-se os que delimitavam áreas da mesma categoria e criando-se novos polígonos em áreas não separadas pela segmentação.

Posteriormente foi realizada a associação dos polígonos com suas respectivas categorias de mapeamento (Tabela 5), chamadas no SPRING de geoclasses.

Ainda no SPRING foi efetuada a quantificação das categorias de mapeamento, as quais são apresentadas no gráfico 1. Utilizando o módulo SPRING/CARTA foi feito o lay-out final do mapa de cobertura vegetal e uso do solo de 1985 e 1996.

5. RESULTADOS

Como resultado da interpretação das fotografias aéreas de 1964 e das imagens orbitais elaboravam-se os mapas de cobertura vegetal e uso do solo de 1964, de 1985, e de 1996. Os mapas foram editados na escala de 1:50:000, conforme o exemplo da figura 1.

Os mapas mostram que o padrão de ocupação do território indígena efetivou-se ao longo dos rios, não poupando as matas ciliares, as poucas áreas florestais poupadas estão localizadas nos divisores de águas das microbacias. As queimadas recentes contribuíram para o aumento da vegetação graminóide de porte baixo e do solo nu (Classe 4).

Os resultados da quantificação das categorias de mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo de 1964, 1985 e 1996 estão no gráfico 1.

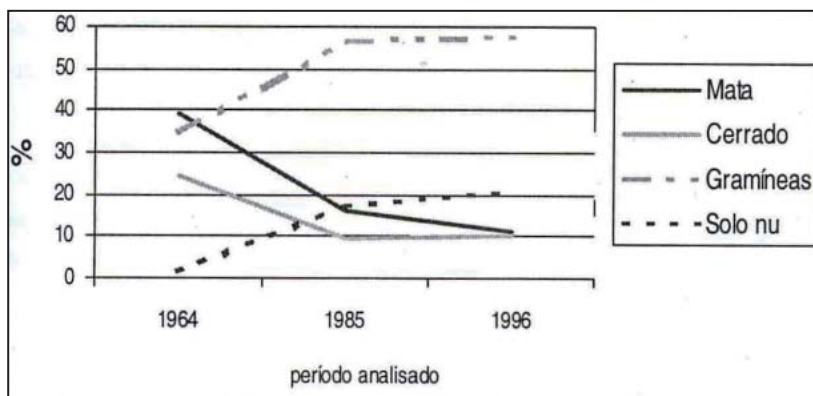


GRÁFICO 1 - Evolução da cobertura vegetal 1964/1985/1996

Observando o gráfico 1, percebe-se a evolução do revestimento vegetal da reserva. Analisando cada categoria individualmente, nota-se que:

Mata - houve uma diminuição significativa, foi a categoria que mais sofreu alterações ao longo dos anos analisados.

Cerrado - foi a categoria que menos teve alterações no tamanho de sua área, ao longo dos anos, permaneceu praticamente estável.

Gramíneas - esta categoria, apresentou um aumento de área em 1985 e um ligeiro declínio em 1996. Em comparação com as demais categorias, hoje é a que apresenta a maior distribuição espacial, ocupando quase a metade da reserva.

Solo nu - esta categoria, apresentou um aumento significativo de área nos últimos anos. Devido à mecanização do preparo dos solos para a agricultura e a intensificação das queimadas.

As dificuldades para a execução do trabalho correspondem às esperadas, neste sentido, cabe ressaltar que a legenda de mapeamento com categorias genéricas contribuem para o mapeamento, principalmente para os mapas de reconstituição da vegetação pretérita.

A grande alteração no revestimento vegetal natural da reserva foi anterior a 1964. Em 1985 já se detecta o predomínio da vegetação graminóide sobre as formações florestais fechada e aberta.

Os resultados obtidos satisfazem os objetivos propostos pelo trabalho. Analisando os mapas, assim como suas respectivas quantificações, percebe-se a dinâmica espacial da cobertura vegetal e uso do solo no interior do território indígena.

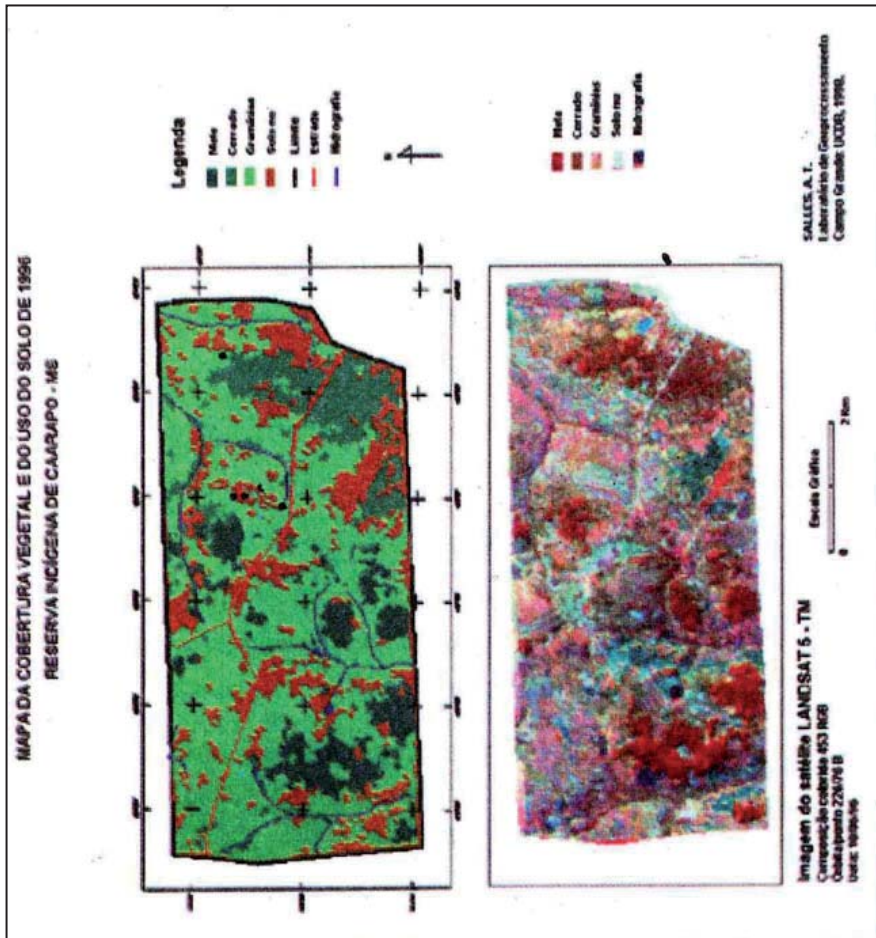


FIGURA 1 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo de 1996

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento da cobertura vegetal e o uso do solo apresentou algumas limitações devido ao sistema de produção agrícola utilizado pelos indígenas, que é estruturado em pequenas parcelas e possui formas irregulares. O constante abandono de áreas agrícolas (uso itinerante) também diferencia o reconhecimento de padrões de ocupação.

O software SPRING, obteve um bom desempenho nas atividades necessárias à execução do projeto.

Quanto às técnicas de processamento digital de imagem utilizadas neste trabalho, observou-se que:

- a ampliação linear de contraste proporcionou melhora da visibilidade das classes de vegetação e uso nas imagens;

- a restauração com 15 metros contribuiu para realçar as feições lineares e as bordas das categorias de mapeamento;

- a composição colorida 453 RGB, mostrou-se muito informativa para os objetivos deste trabalho, tanto pelo destaque da vegetação, como pelo realce do relevo;

- a transformação IHS para a composição colorida 453 RGB (ampliação linear no I), proporcionou uma melhor discriminação das categorias definidas para o mapeamento;

- a segmentação diminuiu o tempo de edição dos polígonos sobre a tela do computador;

- o sistema de interpretação das imagens utilizando segmentação e interpretação visual na tela, mostrou-se satisfatório para o escopo do trabalho.

Do ponto de vista fisionômico, observa-se que a evolução da cobertura vegetal e uso do solo do interior da reserva segue os mesmos

padrões da ocupação do território brasileiro, ou seja, retira a vegetação de porte mais elevado (arbórea) para a implantação de uma vegetação de porte rasteiro (graminóide).

A retirada da cobertura vegetal tem acelerado o processo de degradação dos solos, principalmente nas regiões de nascentes dos rios. Sugere-se que se inicie o mais breve possível o reflorestamento destas áreas, de preferência com espécies nativas.

Pretende-se num futuro próximo, dar continuidade no levantamento da cobertura vegetal e uso do solo da reserva Caarapó, desta vez, utilizando outras bandas espectrais do sensor TM e outros produtos com melhor resolução espacial, assim como aplicar outras técnicas de processamento digital de imagens de satélites, tais como: componentes principais e classificação supervisionada.

Os resultados obtidos por esta pesquisa fornecerão subsídios para os outros sub-programas, principalmente relacionados ao conhecimento e estágio atual de degradação ambiental da área da reserva, contribuindo desta forma para uma intervenção integrada de toda a equipe do Projeto Kaiowá/Guarani.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, J. R. et alii. *Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos*. Rio de Janeiro : BGE/SUPREN, 1979.

ANDERSON, P. S. *Fundamentos de fotointerpretação*. Rio de Janeiro : SBC, 1982.

BRAND, A. *Suicídio entre os Kaiowá/Guarani*: proposta de investigação e desenvolvimento de ações objetivando a superação de

- suas causas. Campo Grande : UCDB, 1996. (Projeto de pesquisa).
- BRASIL. FIBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira*. Rio de Janeiro : IBGE, 1992.
- _____. Presidência da República. *Decreto de demarcação administrativa da área indígena Caarapó*. Brasília : Presidência da República, 1991.
- _____. INPE. *Manual do Spring*. São José dos Campos : INPE, 1997. (Manual on-line).
- BOWKER, D. E. et alii. *Spectral reflectances of natural targets for use in remote sensing studies*. Hampton : NASA, 1985. (NASA Reference Publication 1139).
- BUCCI, E. F. B. *Método de seleção de composições coloridas TM/LANDSAT para análise de classes de uso da terra*. São José dos Campos : INPE, 1990. (INPE-5119-TDL/421).
- CRÓSTA, A. P. *Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto*. Campinas : UNICAMP, 1992.
- DONZELI, P. L. et alii. *Técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao diagnóstico básico para planejamento e monitoramento de microbacias hidrográficas*. Campinas, Documentos IAC, n. 29, 1992.
- DUTRA, L. V.; MENEZES, P. R. *Realce de cores em imagens de sensoriamento remoto utilizando rotação de matiz no espaço IHS*. São José dos Campos : INPE, 1987. (INPE - 4207 - PRE/1088).
- FLORENZANO, T. G. et alii. *Utilização de dados TM-LANDSAT para o mapeamento de áreas submetidas à inundação na bacia do rio Paraíba*. São José dos Campos : INPE, 1988. (INPE-4570-RPE/566).

- _____. *Unidades geomorfológicas da região sudeste (SP) identificadas por imagens de satélites*. São Paulo, 1993. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo-FFLCH/USP.
- FONSECA, L. M. G.; MASCARANHAS, N. D. A; BANON, G. J. F. *Técnicas de restauração para reamostragem de imagens de satélite LANDSAT - 5*. São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987. (INPE - 4189 - PRE/1076).
- KOFFLER, N. F. Técnicas de sensoriamento remoto orbital aplicadas ao mapeamento de vegetação e uso da terra. *Geografia*, Rio Claro, 17(2):1-26, 1992.
- NASCIMENTO, P. S. de R.; ALMEIDA FILHO, R. *Utilização da técnica de segmentação em imagens TM/LANDSAT visando otimizar a técnica de interpretação visual*. VIII SBSR, Salvador, 1996.
- NOVO, E. M. L. de M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo : Edgard Blucher, 1992.
- PINTO, S. A. F.; VALÉRIO FILHO, M.; GARCIA, G. J. Utilização de imagens TM/LANDSAT na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Campinas, 13:101-110, 1989.
- VALÉRIO FILHO, M.; PINTO, S. A. F. Imagens orbitais aplicadas ao levantamento de dados do meio físico: contribuições ao planejamento de microbacias hidrográficas. In: *Manejo integrado de solos em microbacias hidrográficas*. Londrina : Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, (5) 77-96, 1996. 312 p.
- WATRIN, O. dos S. *Estudo da dinâmica na paisagem da Amazônia oriental através de técnicas de Geoprocessamento*. São José dos Campos, 1994. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.



Foto: Katya Vietta

Reserva de Caarapó. Família de Anselmo Lopes Lescano batendo arroz.



Foto: Katya Vietta

Reserva de Caarapó. Reunião da equipe do Programa com um dos grupos familiares, para discutir a produção de alimentos.