

MONITORAMENTO DE ÁREAS REFLORESTADAS ATRAVÉS DOS DADOS DO LANDSAT

P. Hernandez Filho e Y. E. Shimabukuro

Instituto de Pesquisas Espaciais
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Caixa Postal 515, 12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Realizou-se um estudo na fazenda MUTUM, município Ribas do Rio Pardo, MS, com o objetivo de acompanhar o desenvolvimento de áreas reflorestadas através da análise das características espectrais, espaciais e temporais das imagens do satélite LANDSAT. A área de estudo tem 105.000,00 ha e está sendo reflorestada com diferentes espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*. Os projetos de reflorestamento começaram a ser implantados a partir de 1973 apresentando áreas reflorestadas com vários tamanhos e diversos graus de heterogeneidade. Utilizaram-se imagens dos canais 5 e 7 dos anos de 1973, 1975, 1976, 1977, 1978 e 1979 em papel preto e branco. Através da análise visual monitoraram-se 134 projetos, e caracterizaram-se áreas até 6 ha, na fase inicial de implantação, e evidenciadas pelo contraste com os alvos vizinhos. Mapearam-se cinco classes reflorestadas de acordo com a situação em que o projeto se encontrava. Assim sendo, as áreas classificaram-se em projetos: *não-desmatado*, *parcialmente desmatado*, *desmatado*, *parcialmente implantado* e *implantado*. Em 1979, 12.000,00 ha, 4.330,00 ha e 42.774,71 ha foram desmatados, parcialmente reflorestados e reflorestados respectivamente.

ABSTRACT

Fazenda MUTUM, which is located in the municipality of Ribas do Rio Pardo, in Mato Grosso do Sul State, was selected to study the progress of reforestation program employing the spectral, spatial and temporal characteristics of LANDSAT data. This study area has 105.000.00 ha and is being reforested with various *Pine* and *Eucalyptus* species. Reforestation projects began in 1973, presenting different sizes and degrees of heterogeneity seedling. LANDSAT imagery of channels 5 and 7 (black and white) from 1973, 1975, 1976, 1977, 1978 and 1979 were used to monitor 134 projects using visual interpretation. It was possible to map reforested areas, as small as 6 ha, in their initial implantation using their contrast with the surrounding targets. Five classes were mapped: *non-deforested area*, *partially deforested area*, *deforested area*, *partially reforested area*, and *reforested area*. In 1979, 12,000.00 ha were deforested, 4,330.83 ha were partially reforested, and 42,744.71 ha were reforested. The methodology used in this study may help governmental agencies or private reforestation companies to monitor or control reforestation projects.

1. INTRODUÇÃO

Em função da promulgação da lei de incentivos fiscais, em 1966 a atividade do reflorestamento sofreu uma mudança considerável na sua área de ocupação no País, alterando-se de 500 mil para 3,8 milhões de hectares em 1979. Assim sendo, este incremento de área reflorestada estabelece a necessidade de um acompanhamento desde a sua implantação até o seu desbaste final.

Hernandez Filho e Shimabukuro (1978) e Hernandez Filho et alii (1978) utilizaram as imagens do satélite LANDSAT para a avaliação de áreas reflorestadas em regiões localizadas no Estado do São Paulo e constataram que a tecnologia empregada possibilitou, com sucesso, o levantamento dos recursos florestais implantados.

Hernandez Filho et alii (1980) mapearam classes de reflorestamento em função de idade

e do gênero do plantio, no Estado do Mato Grosso do Sul, através do uso das imagens do satélite LANDSAT.

Este trabalho tem por objetivo criar uma metodologia de análise e interpretação das imagens do satélite LANDSAT, a fim de possibilitar uma avaliação periódica de projetos de reflorestamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, Fazenda Mutum, está localizada no Município de Ribas do Rio Pardo, Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1) e está contida na imagem do satélite LANDSAT de órbita nº 234, ponto nº 27. Está compreendida no eixo entre as cidades Sul-matogrossense de Campo Grande

e Três Lagoas, sendo cortada pela Br 262 na direção leste-oeste. Esta área é abrangida pela Folha Rio de Janeiro da Carta do Brasil ao Milionésimo (IBGE, 1972) e pelas Folhas Cachoeira Branca, Santa Alda, Formoso e Pena Júnior da Carta do Brasil na escala 1:100.000 (D.S.G., 1973). Encontra-se entre os paralelos de 20°00' e 20°30' de latitude sul e os meridianos de 53°00' e 53°30' de longitude oeste.

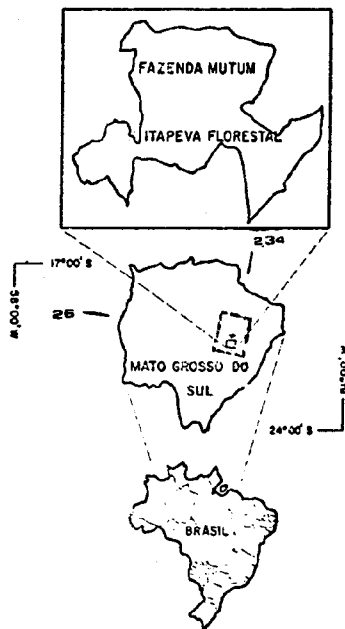


Fig. 1 - Localização da área de estudo em relação à cena do LANDSAT e ao Estado do Mato Grosso do Sul e ao Brasil.

2.2 - CARACTERÍSTICAS DO SATÉLITE LANDSAT

O sistema LANDSAT foi desenvolvido com o objetivo de permitir a aquisição de dados sobre a superfície da Terra, de forma global, sinóptica e repetitiva. Lançados em 1972(L1), 1975(L2) e 1978(L3), os satélites da série LANDSAT (anteriormente conhecidos como ERTS) conduzem basicamente dois tipos de sensores: um imageador multiespectral de varredura de 4 canais (5 no L3) e um sistema de televisão de 3 canais (1 no L3). Os satélites deslocam-se em uma órbita quase polar, circular, geocêntrica e heliossíncrona, com períodos de 103 minutos. Ao fim de 24 horas, realizam-se 14 órbitas, de tal maneira que o ciclo de cobertura da terra dura 18 dias.

A radiação coletada na superfície da Terra pelo sensor MSS do satélite LANDSAT é decomposta por meio de filtros, em 4 conjuntos, nas seguintes bandas espectrais ou canais:

- Canal 4 de 0,5 a 0,6 μ m
- Canal 5 de 0,6 a 0,7 μ m
- Canal 6 de 0,7 a 0,8 μ m
- Canal 7 de 0,8 a 1,1 μ m

Os dados coletados, quando transmitidos a estações terrestres de recepção, são gravados e processados, tornando-se disponíveis ao usuário do sistema sob a forma de imagens multiespectrais fotográficas, ou gravadas em fitas compatíveis com o computador.

As informações sobre o satélite LANDSAT foram obtidas das publicações do INPE (1975 e 1980); dados mais detalhados podem ser encontrados no Manual da NASA (1972).

2.2.1 - IMAGENS FOTOGRÁFICAS

Para a interpretação visual, utilizaram-se imagens fotográficas apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1
IMAGENS FOTOGRÁFICAS UTILIZADAS NA INTERPRETAÇÃO VISUAL

| Nº DE IDENTIFICAÇÃO | ORBITA E PONTO | DATA | CANAL | TIPO DE APRESENTAÇÃO | ESCALA |
|---------------------|----------------|----------|-------|----------------------|-----------|
| 173180-130144 | 234/26 | 26/06/73 | 5 e 7 | papel | 1:250.000 |
| 175170-123924 | 234/26 | 19/06/75 | 5 e 7 | papel | 1:250.000 |
| 176201-121342 | 234/26 | 19/07/76 | 5 e 7 | papel | 1:250.000 |
| 277222-122637 | 234/26 | 10/08/77 | 5 e 7 | papel | 1:250.000 |
| 378208-125031 | 234/26 | 27/07/78 | 5 e 7 | papel | 1:250.000 |
| 279212-124343 | 234/26 | 31/07/79 | 5 e 7 | papel | 1:250.000 |

2.3 - MAPAS. CARTAS E PROJETOS

Para a identificação de acidentes geográficos, cidades, estradas e informações gerais sobre a área de estudo, utilizaram-se os seguintes mapas e cartas:

- Carta do Brasil ao Milionésimo (IBGE-1972).
- Carta do Brasil - escala 1:100.000 (IBGE-1973).
- Mapa de localização dos projetos da fazenda Mutum.
- Anexos de projetos de reflorestamento.
- Mapa da Nova Divisão Estadual, Rodoviário, Turístico e Econômico - escala 1:2.000.000.

2.4 - METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido nas seguintes etapas: coleta de informações, interpretação visual, comparação com informações de campo, reinterpretação visual e avaliação.

2.4.1 - COLETA DE INFORMAÇÕES

Na Delegacia do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) do Estado do Mato Grosso do Sul, coletaram-se informações dos projetos de reflorestamento que pertenciam à área de estudo (Fazenda Mutum - Itapeva Florestal). A empresa reflorestadora da fazenda forneceu dados de todos os projetos da área com informações de início e término do plantio, suas áreas totais e efetivas, além da planta geral da fazenda com a localização de todos os projetos.

Utilizaram-se as cartas na escala 1:100.000 (IBGE, 1973), a fim de ajudar a delimitação da fazenda na imagem do LANDSAT.

2.4.2 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Nas imagens dos anos de 1973, 1975, 1976, 1977, 1978 e 1979, foram demarcados a área de estudo (Fazenda Mutum) e os projetos de reflorestamento conforme as suas respostas nas imagens das diferentes passagens do satélite. Após a utilização dos canais 5 e 7 os projetos foram delimitados e classificados segundo a resposta que apresentavam em cada passagem e nos dois canais.

Levantaram-se algumas dúvidas quanto a uma correta delimitação e classificação dos projetos, a fim de compará-los com os dados de campo.

2.4.3 - COMPARAÇÃO COM AS INFORMAÇÕES DE CAMPO

Após a delimitação e classificação preliminar dos projetos, procurou-se compará-los com as informações de campo, a fim de verificar aqueles projetos que apresentavam dúvidas. Com o auxílio do mapa de localização dos proje

tos, foi possível esclarecer os pontos que apresentavam algumas dificuldades quanto à sua demarcação.

2.4.4 - REINTERPRETAÇÃO VISUAL

Com a ajuda das informações de campo e do mapa da fazenda, retificaram-se algumas classificações e delimitaram-se determinados projetos. Assim sendo, a cada imagem referente à diferentes passagens apresentou-se a distribuição espacial de cada projeto, bem como as suas condições de desenvolvimento de pré ou pós-plantio.

2.4.5 - AValiação

Em função da classificação quantificaram-se, nas imagens das diferentes passagens, as áreas de cada classe. Deste modo, determinou-se, em cada ano, em hectares, a quantidade de área em cada classe. Em função das áreas plantadas em cada projeto e da sua classificação na imagem, associadas às informações de campo, com putou-se o número de hectares pertencentes a cada classe.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função da caracterização espectral nas imagens, referentes aos anos de 1973, 1975, 1976, 1977, 1978 e 1979, aliada às informações de campo, estabeleceram-se cinco estágios de desenvolvimento dos projetos de reflorestamento, sendo definidas as seguintes classes:

- 1) não-desmatada;
- 2) parcialmente desmatada;
- 3) desmatada;
- 4) parcialmente implantada;
- 5) implantada.

A classe *projeto não-desmatado* é caracterizada no campo como uma vegetação não alterada e delimitada na imagem pelo contraste com as áreas vizinhas. Em alguns casos as informações sobre a localização do projeto auxiliaram o mapeamento desta classe. Ela apresenta um tom de cinza escuro no canal 5 e um tom de cinza médio no canal 7.

A classe *projeto parcialmente desmatado* é caracterizada no campo como uma área onde numa parte há vegetação e na outra não há vegetação. Esta classe foi delimitada na imagem pelo contraste com as áreas vizinhas e pela informação sobre a localização do projeto. No canal 5, a classe apresenta um tom de cinza-claro na parte desmatada e um tom de cinza escuro na parte não desmatada.

A classe *projeto desmatado* é caracterizada no campo pela ausência da vegetação, sendo delimitada na imagem pelo contraste com os alvos vizinhos e pela informação sobre a localização do projeto. No canal 5, a classe apresen

ta um tom de cinza-claro e no canal 7 um tom de cinza-médio.

A classe *projeto parcialmente implantado* é caracterizada no campo por uma área onde está sendo feito o plantio. A delimitação na imagem é realizada em função do contraste com os alvos vizinhos e sua classificação é realizada quando a data da imagem utilizada está compreendida entre o início e o término do plantio. Esta classe apresenta um tom de cinza-claro no canal 5 e um tom de cinza-médio no canal 7.

A classe *projeto implantado* é caracterizada no campo por uma área onde foi realizado o plantio, que apresenta uma ampla variação em

função da altura e da cobertura do solo. Quando o projeto está recém-implantado, ele é delimitado na imagem pelo contraste com os alvos vizinhos, pela informação da data de implantação do projeto e pela sua localização. Esta classe apresenta um tom de cinza-claro no canal 5 e um tom de cinza-médio no canal 7. Ao cobrir parcialmente o solo, o projeto apresenta uma alternância de tons cinza-claro, médio e escuro no canal 5, e uma variação de tons de cinza-claro e médio no canal 7. Ao cobrir totalmente o solo, o projeto apresenta um tom de cinza-escuro no canal 5 e um tom de cinza-claro ou médio no canal 7.

A figura 2 mostra a classificação de projetos de reflorestamento no ano de 1979.

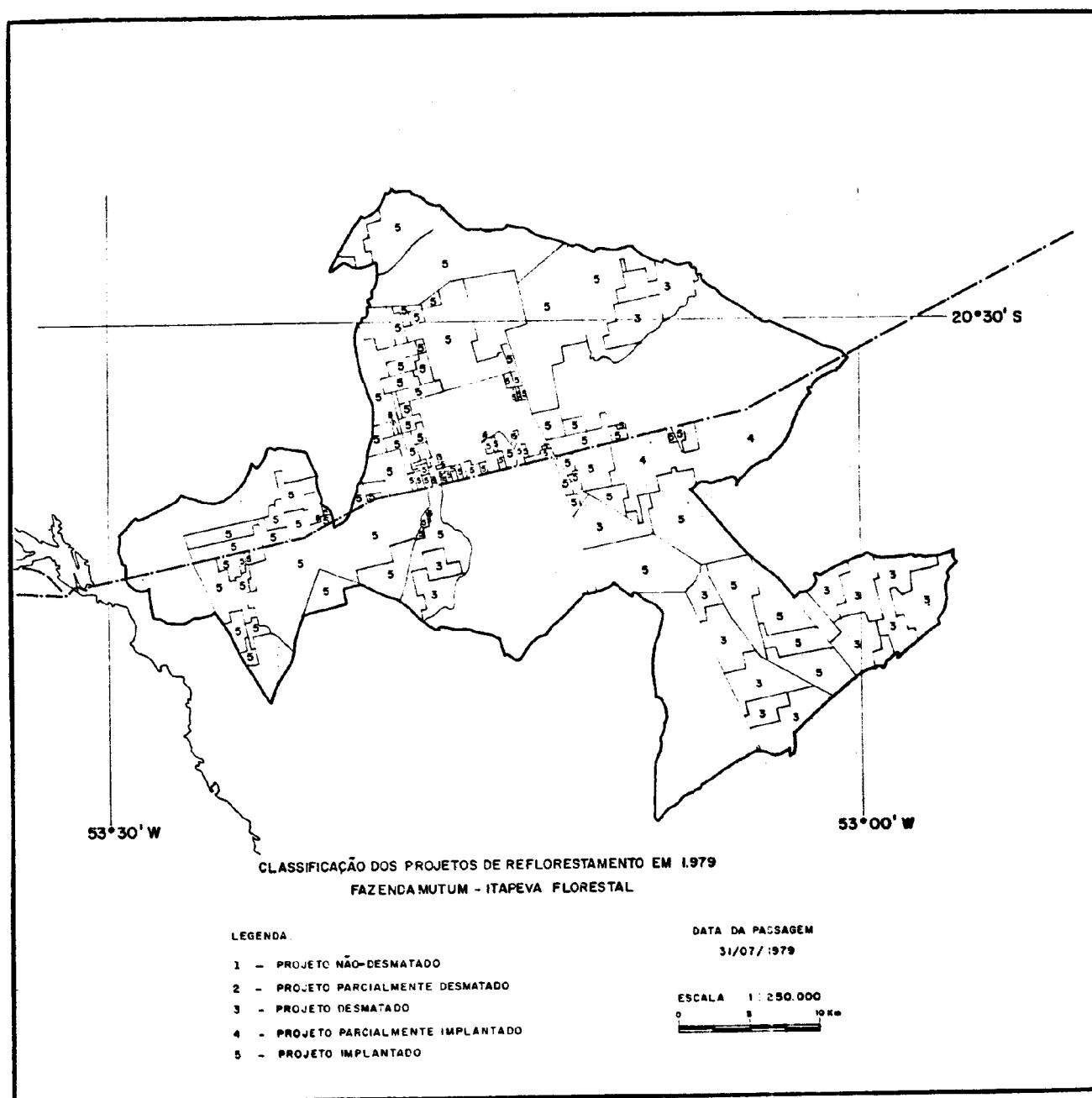


Fig. 2 - Classificação dos projetos de reflorestamento no ano de 1979.

Verificou-se que em 1973 havia somente dois projetos de reflorestamento, sendo que um na classe 2 e outro na classe 3. Em 1975 este número aumentou para 50, sendo três na classe 1, quatro na classe 2, trinta e sete na classe 3, quatro na classe 4 e dois na classe 5. Observou-se que até 1975 a fazenda tinha somente dois projetos totalmente implantados. Em 1976, verificou-se que havia 81 projetos, sendo um na classe 1, dois na classe 2, quarenta e sete na classe 3 e trinta e um na classe 5. Então, de 1975 a 1976 aumentou consideravelmente o número de projetos instalados, de dois para trinta e um. Em 1977, observou-se que tinham sido de limitados 110 projetos, sendo 75 na classe 5 e 35 na classe 3. Em 1978 havia sido mapeados 126 projetos, sendo 104 na classe 5 e 22 na classe 3. Em 1979, classificaram-se 134 projetos, sendo 117 na classe 5, 1 na classe 4 e 15 na classe 3.

Verificou-se que determinados projetos foram mapeados dois a três anos antes de serem implantados. Assim, o acompanhamento dos projetos pôde ser realizado através da utilização de imagens de diferentes passagens do satélite.

Em 1973, estavam desmatados cerca de 28,40 ha e sendo desmatados 4.651,98 ha. Portanto, verificou-se 4.680,38 ha em dois estágios de desenvolvimento.

Em 1975, notou-se um aumento significativo das áreas com atividades de reflorestamento. Nesse ano houve ocorrência de todas as classes definidas. Mapeou-se um projeto com 6 ha, devido ao contraste que apresentou em relação aos alvos vizinhos. Mapearam-se 19.751,89 ha, sendo que a classe *parcialmente desmatada* apresentou maior representação, com 7.351,18 ha.

Em 1976, observou-se que não houve ocorrência somente da classe *área parcialmente im*

plantada. Verificou-se que o número de hectares que estavam totalmente desmatados foi significativo, com cerca de 15.833,33 ha, nesse ano, cerca de 28.361,19 ha de áreas com atividades de reflorestamento.

Em 1977, verificou-se somente a presença das classes *totalmente desmatadas e totalmente implantadas*. O número de hectares de área *im* plantada foi um pouco maior do que o dobro do número apresentado no ano de 1976. Mapeou-se, nesse ano, cerca de 41.138,84 ha, com as duas classes apresentando atividades de reflorestamento.

Em 1978, verificou-se somente a presença das classes *totalmente desmatadas e totalmente implantadas*; este ano acusou o maior número de hectares de áreas desmatadas, que foi 17.270,46 ha. A classe totalmente implantada recebeu um reforço considerável de área reflorestada, passando de 26.786,77 ha em 1977 para 34.805,08 ha em 1978. Mapearam-se 52.075,54 hectares de áreas com atividades de reflorestamento, que representou quase 10.000,00 ha a mais do que no ano de 1977.

Em 1979, verificou-se a presença de classes *desmatada, parcialmente implantada e implantada*. Neste ano as classes apresentaram um total de 42.744,71 ha de áreas implantadas, representando um aumento de cerca de 8.000,00 ha em relação ao ano de 1978. Mapeou-se um total de 59.075,54 ha que representou um acréscimo de 7.000,00 ha em relação ao ano anterior.

A Tabela 2 mostra o número de hectares de classe por ano.

TABELA 2
ÁREA (HA) OCUPADA EM CADA CLASSE POR ANO

| ANO \ CLASSE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | TOTAL |
|--------------|--------|---------|----------|---------|----------|----------|
| 1973 | - | 4651,98 | 28,40 | - | - | 4680,38 |
| 1975 | 166,85 | 7351,18 | 5389,26 | 6441,78 | 402,81 | 19751,89 |
| 1976 | 6,00 | 56,45 | 15833,33 | - | 12465,41 | 28361,19 |
| 1977 | - | - | 14352,07 | - | 26786,77 | 41138,84 |
| 1978 | - | - | 17270,46 | - | 34805,08 | 52075,54 |
| 1979 | - | - | 12000,00 | 4330,83 | 42744,71 | 59075,54 |

4. CONCLUSÕES

A utilização das imagens do satélite LANDSAT e das informações de campo possibilitou o mapeamento de projetos de reflorestamento nas seguintes classes: *não desmatada, parcialmente desmatada, desmatada, parcialmente implantada e implantada*. Foi possível também o monitoramento de projetos de reflorestamento através do uso de imagens de diferentes passagens (característica temporal). A utilização das informações da data do início e do término do plantio é essencial para o mapeamento da classe *parcialmente implantada* e para a definição da classe *implantada* logo após o término do plantio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO. DSG. *Carta do Brasil. Escala 1:100.000*. Rio de Janeiro, 1973.
- HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. *Estabelecimento de metodologia para avaliação de florestas naturais artificiais, utilizando-se dados do LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, jun., 1978. (INPE-1271-TPT/087).
- HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E.; SANTANA, C.C. de *Relatório das atividades do Projeto IBDF/INPE (Subprojeto Reflorestamento) durante o ano de 1978*. São José dos Campos, INPE, dez., 1978. (INPE-1408-NTE/141).
- HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E.; MEDEIROS, J.S. de; SANTANA, C.C. de; ALVES, E.C. M. *Relatório das atividades do projeto IBDF/INPE (Subprojeto Reflorestamento) durante o ano de 1979*. São José dos Campos, INPE, jan., 1980. (INPE-1664-RPE/104).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Carta do Brasil ao Milionésimo*. Rio de Janeiro, 1972.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Seminário de Sensoriamento Remoto IBGE/INPE*. São José dos Campos, jan., 1975.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. DIVISÃO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA/DIVISÃO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES (INPE DTT/DDP.). *Curso de treinamento: aplicações de sensoriamento remoto, com ênfase em imagens LANDSAT, no levantamento de recursos naturais*. São José dos Campos, INPE, nov., 1980. (INPE-1949-MD/006).
- NASA. *Data user handbook ERTS*. Beltsville, Godard Space Flight Center, 1972.