1. Publicação nº	2. Versão	3. Data	5. Distribuição
INPE-2264-PRE/045		*Nov., 1981*	☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita

4. Origem	Programa
DSR	*RECAF*

6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es)

SENSORIAMENTO REMOTO — *MANEJO*
CONSERVAÇÃO — *ECOSSISTEMA*

7. C.D.U.: *528.711.7:577.4E*

8. Título *INPE-2264-PRE/045*

SENSORIAMENTO REMOTO NA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE ECOSSISTEMAS NATURAIS VEGETAIS

10. Páginas: *27*

11. Última página: *22*

12. Revisada por

Antonio Tebaldi Tardin

9. Autoria *Juan José Verdesio Bentancurt*
João Roberto dos Santos

13. Autorizada por

Nelson de Jesus Parada
Diretor

Assinatura responsável

14. Resumo/Notas

Neste trabalho discute-se a importância dos sensores remotos que operam na faixa espectral do visível e do infravermelho próximo, para o mapeamento, inventário, conservação e manejo de ecossistemas naturais (flora). Fornecem-se exemplos de avaliações de produtos obtidos tanto de plataformas orbitais (imagens MSS e RBV do satélite LANDSAT) como a nível de aeronave (fotografias aéreas), cujas realizações efetivaram-se no país e no exterior. Fazem-se comentários sobre a quantidade máxima e a qualidade das informações que se pode extrair dos sensores, em cada nível de coleta. Conclui-se, através da experiência já desenvolvida, que os sensores remotos podem ser de grande valia em tarefas de mapeamento das unidades de vegetação, estimativa de volume de biomassa vegetal, prevenção e avaliação de danos causados por incêndio, detecção de pragas, avaliação de desmatamento e mudanças de uso do solo. Acrescenta-se, ainda, a utilização do sensoriamento remoto no controle de implantação e no planejamento da regeneração natural e/ou artificial e, principalmente, como subsídio aos serviços de proteção e conservação de recursos naturais.

15. Observações *Trabalho submetido para apresentação no III Simpósio Nacional de Ecologia - Belo Horizonte - 27 a 31 de julho de 1981.*

ABSTRACT

The importance of using remote sensing techniques, in the visible and near-infrared ranges, for mapping, inventory, conservation and management of natural ecosystems is discussed in this study. Some examples realized in Brazil or other countries are given to evaluate the products from orbital plataform (MSS and RBV imagery of LANDSAT) and aerial level (photography) for ecosystems study purposes. The maximum quantitative and qualitative information which can be obtained from each sensor, at different level, are discussed. Based on the developed experiments it is concluded that the remote sensing technique is a useful tool in mapping vegetation units, estimating biomass, forecasting and evaluation of fire damage, disease detection, deforestation mapping and change detection in land-use. In addition, remote sensing techniques can be used in controling of implantation and planning of natural/artificial regeneration and as an important element for the services of protection and conservation of natural resources.

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO NO MAPEAMENTO E INVENTÁRIO..	3
2.1 - Nível orbital	3
2.2 - Nível de aeronave	5
3. APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO NA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE FLORESTAS NATURAIS	7
3.1 - Estimativa e prevenção de danos por incêndios	7
3.1.1 - Nível orbital	8
3.1.2 - Nível aéreo	9
3.2 - Detecção de pragas e danos pela poluição	10
3.2.1 - Nível orbital	10
3.2.2 - Nível de aeronave	11
3.3 - Detecção de desmatamento e mudanças do uso do solo	12
3.3.1 - Nível orbital	12
3.3.2 - Nível de aeronave	13
3.4 - Manejo florestal	14
3.4.1 - Nível de aeronave	14
3.4.2 - Nível de aeronave	15
4. CONCLUSÕES	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

1. INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto vem sendo cada vez mais utilizado para o melhor conhecimento dos ecossistemas naturais, assim como para fornecer dados aos planejadores sobre novas áreas a serem preservadas e para facilitar o manejo de áreas silvestres degradadas ou em vias de degradação.

Neste trabalho, os chamados "ecossistemas naturais" foram definidos de maneira ampla, como aquelas áreas cobertas com vegetação natural e aquelas que apresentam diferentes graus de alteração. Esta definição mais abrangente foi feita porque caso se leve em conta apenas os ecossistemas naturais intocados, atualmente poucas seriam as áreas naturais para estudo. Assim, procurou-se englobar toda e qualquer área florestal natural que tenha sofrido a influência do homem.

Com relação aos sistemas sensores utilizados no estudo dos ecossistemas, este artigo restringe-se a comentar aqueles cujos produtos atualmente podem ser utilizados no Brasil, mais particularmente, os que operam na região do visível e do infravermelho próximo. Referências são feitas aos dados que podem ser extraídos a nível orbital e de aeronave, e a experiência existente no país e no exterior.

Em face da extensão territorial do Brasil e os conhecidos problemas de fiscalização em áreas remotas, esta tecnologia é extremamente recomendável, auxiliando de maneira rápida na tarefa de obtenção de dados de reconhecimento, o que não acontece quando são empregadas as técnicas convencionais de campo.

No Brasil existem pesquisas em andamento no sentido de cartografar o território com imagens orbitais. O Instituto Florestal de São Paulo em convênio com o Instituto de Pesquisas Espaciais (CNPq/INPE) está fazendo a cartografia de algumas reservas e parques estaduais de grande porte, como os Parques Estaduais da Serra do Mar e de Jacupiranga e a Reserva Florestal de São Roque. O Instituto Brasileiro

de Desenvolvimento Florestal (IBDF) vem executando um "Programa Nacional de Monitoramento da Cobertura Vegetal do Brasil", que consta de projetos de controle de desmatamentos na Amazônia, de avaliação de áreas reflorestadas na região sul, sudeste e centro-oeste do País e os referentes aos Parques Nacionais. Alguns destes projetos estão sendo executados em convênio com o INPE. Uma vez finalizadas as etapas deste programa, o Brasil poderá ter uma visão muito mais correta e atualizada da cobertura florestal, extremamente necessária para qualquer tipo de planejamento.

As fotografias aéreas,produto dos primeiros sensores, são ainda amplamente empregadas. Assim, a bibliografia a elas relacionada é muito extensa pelo que, neste artigo, salientam-se somente alguns trabalhos mais recentes, deixando por conta do leitor a consulta a outras referências.

Acredita-se que as aplicações descritas neste trabalho, que envolvem a técnica de sensoriamento remoto, venham a ser utilizadas mais frequentemente no Brasil. Isto em razão da necessidade de preservação dos ecossistemas naturais florestais tornar-se cada vez mais imperiosa. É conveniente ressaltar que as poucas reservas existentes deverão ser cada vez mais cercadas de salvaguardas, em razão da crescente pressão especulativa sobre as terras e os recursos naturais.

Será necessário, inclusive, fazer uma combinação dos dados sensoriados e as técnicas modernas de manejo de informação cartográfica, utilizando-se computadores. Assim, pode-se elaborar modelos de tendências do desmatamento, de acompanhamento do desenvolvimento das florestas naturais e até da previsão de pragas e incêndios, conforme vêm sendo utilizados em países mais desenvolvidos. Este tipo de abordagem permitirá economizar esforços de pesquisa e racionalizar os escassos recursos já existentes para investigações ecológicas, permitindo aos administradores federais, estaduais e/ou municipais, tomar decisões com maior grau de segurança.

2. APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO NO MAPEAMENTO E INVENTÁRIO

O mapeamento e caracterização da vegetação natural varia desde a delimitação dos diferentes ecossistemas, a identificação de associações vegetais, chegando até à identificação de cada indivíduo por espécie. O grau de detalhamento a que se pode chegar em relação aos níveis de coleta de dados é descrito a seguir.

2.1 - NÍVEL ORBITAL

Atualmente, no nível orbital estão sendo empregados os produtos dos sensores (MSS e RBV) dos satélites da série LANDSAT. O sensor MSS (Multispectral Scanning Subsystem) opera nos canais: 4 (0.5 a 0.6 μm), 5 (0.6 a 0.7 μm), 6 (0.7 a 0.8 μm) e 7 (0.8 a 1.1 μm), enquanto o RBV registra dados na faixa de 0.505 a 0.75 μm.

A experiência com esta tecnologia mostrou que, ao utilizar-se apenas os produtos obtidos na faixa do visível (principalmente o canal 5 do MSS e do RBV) na discriminação de florestas diversas, tem-se uma capacidade limitada, em virtude da pequena variação dos tons de cinza apresentados pela cobertura vegetal densa na imagens do satélite. Entretanto, com o acréscimo das informações do canal 7 do MSS (região do infravermelho próximo), aumenta-se em muito esta capacidade classificatória.

Comparando produtos a nível orbital Santos (1976), através do uso de imagens MSS do LANDSAT e fotos em preto e branco do SKYLAB, caracterizou, no Espírito Santo, áreas de floresta densa e de reflorestamento, concluindo que as fotografias do SKYLAB, de maior resolução geométrica permitem melhor delineamento das áreas florestadas de pequenas dimensões.

Com relação às formações menos densas do tipo Cerrado, Nosseir et alii (1975) e Valério Filho et alii (1976) conseguiram identificar cerradão, cerrado e campo cerrado. Outros autores refinaram ain

da mais a identificação, como Santos e Novo (1977) que distinguiram o cerrado com substrato de dicotiledôneas e substrato de gramíneas, fazendo uso dos dados do LANDSAT e apoio de campo. Aoki e Santos (1980) separaram diferentes unidades fisionômicas de cerrado, levando em consideração os fatores ambientais interligados a este tipo de vegetação. Para tal, realizaram análise visual e automática dos produtos do MSS/LANDSAT, obtidos de passagens nas épocas chuvosa e seca.

No Parque Nacional da Amazônia, Pinto et alii (1979) conseguiram identificar floresta densa, dois tipos de floresta aberta e floresta aluvial. Finalmente, Keech et alii (1978) com as imagens do LANDSAT, através de interpretação automática, conseguiram delimitar áreas com pinheiro brasileiro (*Araucaria angustifolia*) no sul do Brasil.

Fora do Brasil e sobretudo em áreas cobertas com florestas temperadas e boreais, a pesquisa é intensa. Ceruse (1977), trabalhando na bacia do rio Mekong com imagens MSS do LANDSAT, separou: floresta densa perenifólia com/sem degradação, floresta aberta essencialmente decídua com/sem degradação, savana, floresta baixa sobre áreas de inundação sazonal, floresta de *Hevea sp*, manguezais e floresta associada a manguezais.

Hurault (1977) comparou imagens do MSS e fotografias aéreas na República de Camarões, podendo perceber diferentes tipos de vegetação (floresta de galeria, savana, campos queimados e floresta densa degradada),preferindo fotografias aéreas de média escala em razão dos detalhes necessários ao seu trabalho.

Letoan e Bruneau (1977) trabalhando com imagens MSS no norte da Tailândia discriminou: floresta perenifólia, floresta aberta, savana arbórea, floresta mista, floresta muito aberta, savana herbácea e culturas.

Na discriminação de tipos de floresta boreal em Ontário (Canadá), Zsilinszky e Pala (1978) conseguiram identificar três grupos:

Populus sp associado a *Betula sp* com presença de "spruce white", "balsam fire" e "pine jack"; *Populus sp* e *Betula sp;* populações de "balsam pine". Beaubien (1978) estudando a floresta boreal em regiões montanhosas identificou: *Abies balsamea* em diferentes estágios de crescimento; *Picea mariana* em diferentes estágios após alterações provocadas por cortes, fogo e danos por insetos. Nesta classificação, levou em consideração os tipos de floresta quanto à orientação da pendente com relação aos pontos cardeais. Este autor comenta que a discriminação de florestas é facilitada pela diferença de espécies, idade, densidade, orientação e grau da pendente.

Na floresta boreal do Canadá, Piirvee e Braun (1978) separaram floresta latifoliadas da floresta de coníferas.

Cihlar et alii (1978) mapearam, através das imagens MSS, na escala 1:1.000.000, o habitat do caribu, discriminando: estepe com liquens, tundra com liquens, tundra arbustiva com liquens, tundra arbustiva e juncos, pântanos de juncos e floresta transicional.

2.2 - NÍVEL DE AERONAVE

No Brasil, Garcia (1975) utilizando fotografias aéreas pancromáticas, coloridas e falsa cor na escala 1:50.000, identificou mata alta, cerrado baixo, campo limpo, campo sujo. Com fotografias em preto e branco, Smith (1978) discriminou savanas, floresta com palmáceas ao longo dos vales e floresta de terra firme de porte alto e baixo. A Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (1978) realizou estimativa do potencial lenheiro e carvão do noroeste de Minas Gerais, fazendo uso de fotografias aéreas pancromáticas.

Wilson (1960), em pesquisas nos E.U.A., menciona que as fotografias aéreas obtidas no inverno são melhores para identificar espécies latifoliadas e, no verão, as coníferas.

Thorley (1975) faz uma análise dos problemas existentes quando da coleta de dados através de fotografias, salientando o cuidado na escolha da escala e do equipamento adequado de trabalho, para se obter melhor classificação florestal.

As fotografias coloridas e em falsa cor, amplamente utilizadas, apresentam vantagem sobre as em preto e branco convencionais com relação à quantidade de informação. O incremento de custo no sobrevôo não é importante, sendo muito mais influenciado pelo tipo de avião e preço do combustível, do que pelo tipo de filme utilizado.

Com relação à identificação de espécies, todos os autores concordam que é necessário fotografias de grande escala (1:1.000 a 1:5.000). Salienta-se que a identificação é tanto mais difícil quanto mais heterogênea for a floresta, como acontece nos trópicos. Sayn-Wittgenstein (1978) considera que o filme colorido é o mais apropriado, conseguindo determinar a ocorrência de floresta de terra firme, mata secundária, floresta com lianas e floresta de várzea. Na análise de cada árvore, ele analisou as características da copa: tamanho, dominância, forma, textura da superfície, densidade, características das folhas, cor ou tom. O mesmo autor cita que as diferenças sazonais podem favorecer em muito a identificação.

No Canadá, faz-se uso extensivo das fotografias aéreas para cartografar as reservas florestais (Duffy, 1971). O aprimoramento das informações, obtidas de fotografias aéreas para o inventário, chegou a tal ponto que existem tabelas para estimativa de volume para certas florestas temperadas e boreais. Com medições de diâmetro de copa e altura, obtidas das fotografias aéreas, acrescidas por experiência de campo, é possível estimar o volume de madeira comercial disponível. Como exemplo, pode-se citar Moessner et alii (1951), obtendo resultados com espécie latifoliada, e Moessner (1960), com coníferas.

Um trabalho muito importante foi executado pela Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (1978) em convênio com o IBDF, deter

minando tabelas de volume para a *Araucaria angustifolia*, existentes no sul do Brasil. As unidades amostrais, para coleta de dados no campo foram obtidas a partir da classificação e mapeamento das florestas de pinho brasileiro através da fotointerpretação.

3. APLICAÇÕES DE SENSORIAMENTO REMOTO NA CONSERVAÇÃO E MANEJO DE FLORESTAS NATURAIS

Geralmente a conservação e manejo de florestas naturais é uma tarefa complicada e trabalhosa, como no caso do Brasil, em razão das extensas áreas que muitas vezes também estão distantes entre si, além da escassez de pessoal, o que torna a tarefa comumente impossível de ser feita. Os sensores remotos podem, em muito, facilitar esta tarefa, tornando os serviços de fiscalização mais eficientes, sem dispor de elevado número de agentes ou guardas florestais. A condição ideal seria que toda a população,principalmente das regiões onde estão situadas as reservas, tivesse consciência da importância da preservação e tivesse a seu alcance meios de alertar as autoridades competentes ou de formar grupos de voluntários para prevenção de danos aos recursos naturais. Lamentavelmente, *entidades* e a *própria consciência da utilidade de preservar* é um fenômeno recente na história brasileira.

3.1 - ESTIMATIVA E PREVENÇÃO DE DANOS POR INCÊNDIOS

A impressão que o viajante tem ao percorrer o território brasileiro no mês de julho a agosto é que o país está sendo queimado por inteiro. A contaminação no Brasil Central pela fumaça chega a níveis tão altos, que motivou pesquisas sobre a importância deste fenômeno no ciclo de CO_2 do planeta. A queimada de campos muitas vezes tem se alastrado por áreas de florestas e destruído reservas valiosas.

A prevenção de incêndio é feita normalmente detectando-se o primeiro foco e agindo-se sobre ele rapidamente. Para detectá-lo, existem nos países mais desenvolvidos guardas treinados, postados em torres de vigias, nas épocas propícias à ocorrência de incêndios. Tam

bem têm-se aplicado os imageadores termais. Apesar de não operarem na faixa espectral abrangida por este estudo (visível e infravermelho próximo), merece um breve relato.

Os imageadores termais operam na faixa de 8 a 14 μm e produzem imagem relacionada à temperatura dos corpos sensoriados, o que permite localizar rapidamente os focos primários de incêndio. Geralmente são feitos sobrevôos de áreas com certa regularidade, tanto para localizar os focos, como para delimitar o incêndio principalmente quando a fumaça é espessa e não permite visibilidade normal. Hirsch et alii (1971) montou um sistema de detecção de fogo que é utilizado pelo serviço florestal nos E.U.A.

Na faixa do visível e do infravermelho próximo, pode-se fazer somente a avaliação dos danos após a queimada. Através de inferências pode-se também prever o risco de incêndio pelas condições da vegetação existente.

3.1.1 - NÍVEL ORBITAL

Aoki e Santos (1978), analisando as imagens MSS do LANDSAT da área do Parque Nacional de Brasília, cujo ecossistema é fundamentalmente de cerrado, avaliaram a área queimada (agosto/1975) e acompanharam inclusive a recuperação da vegetação (agosto/1977). Este trabalho constou de análise visual e automática dos dados do satélite, indicando que em agosto/1975 este parque nacional sofreu queimadas da ordem de 60% de sua área total (28.000 ha) e que em agosto/1977, após medidas preventivas pelos responsáveis do parque, foram constatados apenas dois novos focos de queimadas, em locais diferentes, afetando a vegetação natural em 3%.

Santos (1981) demonstra sua preocupação com a ação do fogo em alguns Parques Nacionais, citando o caso do P.N. do Araguaia (562.312 ha), onde o processo de queimadas dos campos-cerrados inunda

veis, (provocado para a melhoria da pastagem ainda encontrada nesta área de preservação) foi constatado e avaliado nas imagens (junho/1979) dos canais 5 e 7 do MSS, atingindo 4,14% de uma pequena área estudada (98.125 ha). Este percentual, conclui o autor, é relativamente considerável em se tratando de uma área criada em conceitos ecológicos, a qual pode sofrer transformações nos seus ecossistemas, provenientes das queimadas sistemáticas anuais, que se realizam na região.

Lauer e Krumpe (1973) utilizaram dados do MSS do LANDSAT para gerar mapas de áreas queimadas. Se o trabalho fosse feito apenas com dados de campo, o custo ficaria 10 vezes mais caro e com um erro de 22% na estimativa da área atingida pelo fogo. O aumento da precisão e o menor custo, referente ao emprego das imagens orbitais, justifica plenamente o seu uso.

Robinov (1975) conclui que as imagens do MSS do LANDSAT fornecem informações suficientes para o mapeamento das áreas queimadas.

McLeod (1973) mostra como pode ser monitorada a degradação do ambiente no Sahel, através do mapeamento de queimadas, prática esta que ocorre nos campos na época seca.

3.1.2 - NÍVEL AÉREO

A detecção do fogo neste nível de coleta restringe-se, principalmente, aos imageadores na faixa do termal, como comentado no item 3.1. No caso do sistema desenvolvido por Hirsch et alii (1971), o aparelho gera imagens simultâneas em dois canais do termal, compara-as, fazendo soar um alarma quando aparece um foco de incêndio. Ao mesmo tempo uma imagem em preto e branco é gerada numa máquina tipo xerox, onde pode-se localizar o foco. Este sistema é capaz de detectar alvos de 0.09 m^2 a 600^{o}C e a 500 m de altitude.

A avaliação das queimadas é geralmente feita com observa

ções a olho nu, existindo, entretanto, alguns trabalhos com fotos aéreas, como comentado por Thorley (1975). A tomada de fotos de avião é uma operação dispendiosa, justificada apenas para prever o fogo, pois depois que este acontece não se justifica tanto; melhor seria utilizar imagens orbitais.

3.2 - DETECÇÃO DE PRAGAS E DANOS PELA POLUIÇÃO

A detecção de pragas em florestas é um assunto muito importante, sobretudo em florestas mais homogêneas onde as pragas se alastram rapidamente. Já a detecção da tensão produzida nos ecossistemas florestais pela poluição do ar é um assunto recente que está preocupando cada vez mais os ecologistas. A resistência ao contato com poluentes varia de espécie para espécie e existe uma idéia falsa muito difundida de que as florestas melhoram o balanço de gases do ar, fixando CO_2 e aumentando o teor de oxigênio. Isto em parte é certo para populações que não tenham chegado ao clímax e que o balanço de produção - consumo de oxigênio, se equilibra. Dificilmente uma floresta consegue fixar os poluentes que normalmente são lançados nos centros urbanos e industriais.

O aparecimento de pragas em floresta, em alguns casos, é decorrência do debilitamento generalizado provocado por tensões, como a deficiência de nutrientes e/ou água e poluição. Por essa razão agruparam-se todos estes problemas em um só item.

3.2.1 - NÍVEL ORBITAL

Como o aparecimento de pragas, na maior parte dos casos, é um fenômeno de pequena escala, não tem sido muito pesquisado ao nível de espaçonaves, mas existem algumas referências. Miller e Williams (1978), na Pensilvania, detectaram com imagens multiespectrais do LANDSAT o desfolhamento produzido por insetos em carvalhos.

3.2.2 - NÍVEL DE AERONAVE

A utilização de fotografias aéreas de vários tipos, e mais recentemente de imageadores, tem sido amplamente utilizada na detecção de pragas ou efeito da poluição em florestas da Europa e E.U.A., sendo a bibliografia muito extensa.

A detecção é feita pela mudança do aspecto geral da árvore e pelo declínio no seu vigor, desfoliação parcial ou total. As fotos mais apropriadas são aquelas no infravermelho próximo.

Heller e Wear (1969) obtiveram resultados satisfatórios, utilizando um esquema de amostragem probabilística de multiestágios, com observação visual de avião, fotografia colorida e visitas ao local, para a detecção de pragas de insetos.

Klein (1973) utilizou uma câmera de 35 mm para a avaliação do impacto de coleópteros em *Pinus sp.*

O aparecimento de doenças provocadas por fungos deve ser detectada nos primeiros indícios, para evitar o alastramento. Por esta razão, a coleta de fotos de grande escala é necessária, a fim de detectar os menores focos. A perda de madeira pode ser perfeitamente calculada em florestas homogêneas, como fizeram Meyer e French (1966).

Os efeitos da poluição do ar em florestas nas proximidades de grandes centros industriais tem sido documentada em vários trabalhos. No vale do Ruhr, na Alemanha, os efeitos de compostos de enxofre e fluor causaram danos pronunciados em floresta de coníferas. Tal efeito foi detectado, utilizando-se fotos coloridas no infravermelho. Outros países, como os E.U.A., têm se preocupado em tais pesquisas (Wert, 1969); o mesmo não acontece no caso do Brasil.

3.3 - DETECÇÃO DE DESMATAMENTO E MUDANÇAS DO USO DO SOLO

A avaliação de áreas que estejam sendo desmatadas, reflorestadas ou utilizadas para fins agropastoris é uma ferramenta fundamental para os planejadores governamentais ou aquelas instituições ligadas à conservação da natureza. Especificamente, é necessário saber a cobertura florestal atual para avaliar, por exemplo, a vazão de rios em bacias de interesse para gerar energia, ou para o planejamento de indústrias de aproveitamento de madeira.

No Brasil, o desmatamento para utilizar o solo com culturas anuais ou pastagem existe desde que o país foi colonizado. A Região Leste e Sudeste encontra-se praticamente desprovida de florestas e sua reconstituição ocorreu apenas em áreas restritas. A ampliação da fronteira agrícola, seja na Amazônia ou no Cerrado Central, tem provocado um impacto de desmatamento muito grande, ficando cada vez mais distante a fonte de madeira. Desta forma, tem-se a impressão de que a floresta no Brasil é infinita.

A detecção de desmatamentos é um assunto relativamente simples com os sensores remotos existentes, sendo que os trabalhos já desenvolvidos demonstram a sua aplicabilidade.

3.3.1 - NÍVEL ORBITAL

No Brasil, um trabalho pioneiro foi realizado por Santos e Novo (1977), ao testar a aplicação de sensoriamento remoto com MSS do LANDSAT, no controle da implantação de novos projetos agropecuários, na Região Sudoeste da Amazônia Legal. Este trabalho caracterizou diferentes unidades de vegetação e estimou a área desmatada. A partir desta pesquisa, outros trabalhos foram desenvolvidos, dentre os quais o de Tardin et alii (1979). Ainda na Amazônia Legal, o IBDF em seu "Programa de Monitoramento da Cobertura Florestal", em convênio com o INPE, mapeou todas as áreas desta vasta região, onde ocorreram alterações da co

bertura florestal natural, determinando, inclusive, as áreas críticas, ou seja, onde está havendo maior índice de desmatamento. Dos 506 milhões de hectares da Amazônia Legal, foi constatado, segundo Carneiro (1980), que 7,7 milhões de hectares da cobertura vegetal já haviam sido alterados pelo homem, correspondendo a 1,55% da área total.

Atualmente, está em andamento o acompanhamento da cobertura vegetal de Parques Nacionais (Araguaia, Iguaçu, Bocaina, Chapada dos Veadeiros, Emas, Aparados da Serra, Monte Pascoal, Canastra, dentre outros) fazendo-se uso das imagens MSS e/ou RBV do satélite LANDSAT. Em alguns Parques será testada uma metodologia de interpretação automática, visando rapidez e maior precisão na análise dos dados multiespectrais.

Na Europa, E.U.A. e Canadá, a bibliografia não é tão numerosa pelo fato de que a taxa de desmatamento não é tão alta e prejudicial, como se está processando no caso da Amazônia. Os países como Suécia, Finlândia, U.R.S.S., Canadá e E.U.A. têm planos muito definidos de aproveitamento florestal com manejo de repovoamentos e fiscalização rigorosa e permanente, o que não acontece nestas latitudes.

Piirvee e Braun (1978) mapearam vários tipos de vegetação na região boreal do Canadá, incluindo as áreas desmatadas. Joyce et alii (1980) compararam imagens do MSS de datas diferentes, que em processamento prévio conseguiram uma justaposição perfeita, e conseguiram detectar 93,7% das mudanças do tipo de uso do solo.

3.3.2 - NÍVEL DE AERONAVE

No Estado de São Paulo, Victor (1975) mostra a evolução da cobertura florestal do Estado, reconstituindo a vegetação desde os idos de 1800, 1886, 1907, 1920, 1935, 1952, 1962 até 1973 e fazendo, inclusive, uma previsão para o ano 2.000. Os dados de 1973 foram obtidos de fotos aéreas por Serra et alii (1974) e os de 1962, obtidos juntos à pesquisa realizada no Instituto Agronômico de Campinas e publicados por Chiarini e Coelho (1969). Os resultados obtidos por Victor

(1975) mostram que dos 81,8% da cobertura florestal original do Estado de São Paulo, restaram 8,3% de florestas em 1973, e a previsão para o ano 2.000 é de apenas 3%. Caso se leve em conta a área reflorestada de 2,58% em 1973 tem-se no total 10,88%. Como São Paulo é o Estado mais desenvolvido do País e que seu desenvolvimento foi comparado ao da Espanha em termos econômico-sociais, esta cifra de 10,88% é muito pequena, tendo em vista que este País tem 22% de seu território com florestas. Na Europa, países extremamente civilizados e pequenos em dimensão têm valores comparáveis a São Paulo - como a Holanda com 8% de florestas. Países como Suécia e Finlândia possuem aproximadamente 60% do território cobertos com florestas, evidenciando-se, entretanto, que os mesmos têm uma importante indústria de aproveitamento da madeira.

3.4 - MANEJO FLORESTAL

As práticas de manejo florestal podem ser muito melhor desenvolvidas com o auxílio de imagens orbitais ou de aeronave, tanto no controle da implantação de novas florestas, como no planejamento de corte e regeneração natural.

Apesar da grande quantidade de aplicações, poucos são os trabalhos, sobretudo porque a maioria das pessoas acredita que as fotos aéreas só podem ser feitas com as câmeras métricas convencionais e menos ainda com as imagens orbitais.

3.4.1 - NÍVEL ORBITAL

Santos e Novo (1977) ao estudarem os projetos agropecuários na Amazônia Legal indicam as áreas em processo de regeneração da floresta, em face do abandono da pastagem, cuja implantação inicial teve origem na derrubada da mata e posterior queimada.

Aoki e Santos (1978) mostram que as imagens MSS, de passagens em anos diferentes, são eficientes para verificar a regeneração

da vegetação natural após alteração provocada por incêndios.

O uso das imagens MSS e RBV no manejo florestal fica demonstrado no trabalho realizado no Estado do Amazonas (INPE,1981), onde foi executado um levantamento integrado (vegetação, solo, geomorfologia, geologia), visando um maior desenvolvimento da área. Pode-se planejar com estes dados uma melhor ocupação da terra com fins sócio-econômicos e de preservação permanente.

3.4.2 - NÍVEL DE AERONAVE

A economia de tempo que se consegue utilizando-se fotos aéreas no manejo de florestas naturais é grande, principalmente no planejamento de estradas de acesso para operação de corte e transporte de toras. Com fotografias aéreas, pode-se verificar o efeito de desbastes no aumento da erosão, na qualidade da água, em florestas contíguas, e ainda, nas condições prévias ao corte.

Carson et alii (1970) utilizaram fotos aéreas para a localização de áreas propícias à instalação de cabos aéreos a serem utilizados no transporte de toras.

Se o custo da missão de aerolevantamento com câmeras métricas convencionais é alto, pode-se utilizar câmeras comuns de 35 mm e 70 mm, conforme Morris (1970).

Na Alemanha, Thorley (1975), empregando as câmeras métricas, mostra como as fotografias aéreas são utilizadas para o manejo de florestas.

4. CONCLUSÕES

Os trabalhos comentados mostram a eficácia dos dados fornecidos pelos sensores remotos, na faixa do visível e do infravermelho,

para tarefa de conservação e manejo de ecossistemas florestais naturais. O tipo de sensor e o nível de coleta é função do tipo de informação que se deseja extrair, levando-se em consideração o custo e a rapidez de aquisição.

No caso brasileiro, visto o incremento da degradação desses ecossistemas naturais, aliado à extensão territorial que dificulta a fiscalização dos mesmos, justifica-se plenamente a utilização das técnicas de sensoriamento remoto, principalmente a nível orbital, como vem fazendo algumas entidades governamentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOKI, H.; SANTOS, J.R. Monitoramento do Parque Nacional de Brasília através de dados orbitais. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 1., São José dos Campos, nov., 1978.

AOKI, H.; SANTOS, J.R. *Estudo da vegetação de cerrado na área do Distrito Federal, a partir de dados orbitais*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações, São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE-1730-TDL/4026).

BEAUBIEN, J. Forest type mapping from satellites. Six years after In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING. 5. Victoria, B.C. 1978. Proceedings. Victoria,B.C, Centre Environment Canada, 1978, p. 7-15.

CARNEIRO, C.M.R. O programa de monitoramento da cobertura florestal do Brasil. *Boletim da Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza*, (15): 69-77. 1980.

CARSON, N.W.; STUDIES, D.D.; THOMAS, W. *Digitizing topographic data for skyline design programs*. Washington, D.C., Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station, 1970. (PNW Research Note nº 132).

CERUSE, M.J. Cartographie Thematique du Bassin inferieure du Mekong basée sur la interpretation des images des satellites LANDSAT I et II. In: COLOQUE DU GROUPE POUR LE DEVELOPMENT DE LA TELEDECTION AEROSPATIALE SUR LE UTILIZATION DES SATELLITES EN TELEDETECTION,2. St Mande, 1977. Proceedings. p. 187-202.

CHIARINI, J.V.; COELHO, A.G.S. Cobertura vegetal natural e áreas reflorestadas do Estado de São Paulo. *Anuário de Academia Brasileira de Ciências*, 41 (1): 139-152, 1969.

CIHLAR, J.; THOMPSON, D.C.; KLASSEN, G.M. Mapping Vegetation at 1:1.000.000 from LANDSAT imagery. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 5. Victoria, B.C., 1978. Proceedings. Victoria, B.C., Centre Environment Canada, 1978, p.427-440.

DUFFY, P.J.B. Canada land inventory at midpoint. *Pulp and Paper Magazine of Canada*, 72 (4): 2-4, 1971.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS (CETEC). *Levantamento dos recursos vegetais na área do Planoroeste II*. Belo Horizonte, CETEC, 1978.

FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ (FUPEF). *Inventário florestal do pinheiro no Sul do Brasil*. Relatório final do Contrato de Pesquisa FUPEF/IBDF. Curitiba, 1978. p.237.

GARCIA, G.J. *Fotointerpretação comparativa de fotografias pancromáticas, coloridas e infravermelho coloridas (falsa-cor)*. Tese de Doutoramento em Agronomia. Piracicaba, ESALQ, 1975.

HELLER, R.C.; WEAR, J.F. Sampling forest insects epidemics with color films. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 6. Ann Arbor, MI, 1969. Proceedings. Ann Arbor, University of Michigan, 1969, p. 1157-1167.

HIRSCH, S.N.; KRUCKENBERG, R.F.; MADDEN, F.H. The bispectral forest fire detection systems In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 7. Ann Arbor, MI, 1971. Proceedings. Ann Arbor, MI, University of Michigan, 1971, V.3, p. 2253-2272.

HURAULT,J. Contribution des vues ERTS-LANDSAT à l'étude des terres hautes de l'Adamaoua occidental (Cameroun). In: COLOQUE DU GROUPE POUR LE DEVELOPMENT DE LA TELEDETECTION AEROSPATIALE SUR LE UTILIZATION DES SATELLITES EN TELEDETECTION, 2. St. Mande, 1977. Proceedings. p. 255-276.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Projeto Amazonas. Aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto para Levantamento Integrado dos Recursos Naturais do Amazonas*. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2019-NTE/166).

JOYCE, A.T.; IUEY, J.I.; BURNS, G.S. The use of LANDSAT MSS data for detecting land use changes in forestland. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 14. San José, Costa Rica, 1980. Ann Arbor, MI, ERIM, 1980, p.979-988.

KEECH, A.A.; DISPERATTI, A.; GANTZEL, O. The delineation of Araucaria Angustifolia in the forests od Southern Brazil using satellite imagery. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR OBSERVATION AND INVENTORY OF EARTH RESOURCES AND THE ENDANGERED ENVIRONMENT, Hildebrandt, 1978. Proceedings. Freiburg, ISP/IUFRO, 1978, p.1805-1811.

KLEIN, W.H. Beetle-killed-pine estimates. *Photogrammetry Engineering*, 39 (3): 385-388. 1973.

LAUER, D.T.; KRUMPE, P.E. Testing the usefulness of ERTS-1 imagery for inventorying wetland resources in northern California. IN: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1;* Proceedings of a Symposium held at New Carrollton, MD, Mar. 5-9, 1973. Washington, DC, 1973, V.1-A, p.97-104.

LETOAN, T.; BRUNEAU, M. Utilisation des données de LANDSAT pour le cartographie en milieu tropical (Nord de la Thailandie). In: COLOQUE DU GROUPE POR LE DEVELOPMENT DE LA TELEDETECTION AEROSPATIALE SUR LE UTILIZATION DE SATELLITES EN TELEDETECTION, 2. St. Mande, 1977. Proceedings. p. 389-398.

MEYER, M.P.; FRENCH, D.W. Forest disease spread. *Photogrammetrie Engineering*, 32 (5): 812-814. 1966.

McLEOD, N.H. Applications of Remote Sensing (ERTS) to resource management and development in Sahelian Africa (Republic of Mali). In: NASA. *Symposium on Significant Results Obtained from the Earth Resources Technology Satellite-1;* Proceedings of a Symposium held at New Carrollton, Mar. 5-9, 1973. Washington, DC, 1973. V.1-B p.1475-1481.

MILLER, L.D.; WILLIAMS, D.L. Monitoring forest canopy alteration around the world with digital analysis of LANDSAT imagery. IN: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR OBSERVATION AND INVENTORY OF EARTH RESOURCES AND THE ENDANGERED ENVIRONMENT, Hildebrandt, 1978. Proceedings. Freiburg, ISP/IUFRO, 1978, p. 1721-1764.

MOESSNER, K.E. *Serial volume tables for penderosa pine type in the Rocky Mountains*. s.l. U.S/Forest Service, Rocky Mountains Forest and Range Experimental Station. 1960. 6p. (Research Note N: 76).

MOESSNER, K.E.; BRUNSON, D.F.; JENSEN, L.E. *Aerial volume tables for hardwoods stands in the Central States*. s.l. US Forest Service, 1951, Central States Forest Experimental Station. 15p. (Technical Paper, N.122).

MORRIS, W.G. Photo inventory of pine logging slash. *Photogrammetric Engineering*, 36 (12): 1252-1256, dez. 1970.

NOSSEIR, M.K.; PALESTINO, C.V.B.; BATISTA, G.T. *Mapeamento da vegetação natural dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo (região centro-leste do Brasil) através de imagens MSS do ERTS-1*. São José dos Campos, INPE, fev., 1975 (INPE-LAFE-617).

PIIRVEE, R; BRAUN, K.N. An application of the ARIES System to ground vegetation mapping for forestry. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 5. Victoria, B.C. 1978. Proceedings,Victoria, BC, Centre Environment Canada, 1978, p.79-85.

PINTO, J.H.D.; SANTOS, J.R.; CHIANG, L.C.; NIERO, M.; PINTO, S.A.F.; CARVALHO, V.C. *Levantamento integrado dos recursos naturais da área do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós), baseado nas imagens MSS do LANDSAT*. São José dos Campos, INPE, set., 1979. (INPE-1577-RPE/074).

ROBINOV, C.J. Worldwide disasters warning and assessment with earth resources technology sattelites. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 10, Ann Arbor, MI, 1975. Proceedings. Ann Arbor, MI, ERIM, 1975, V.2, p.811-826.

SANTOS, J.R. *Utilização de imagens orbitais, como forma adequada no controle de áreas de preservação. São José dos Campos*, INPE, maio, 1981 (INPE-2064-RPE/306).

SANTOS, A.P.; NOVO, E.M.L.M. *Avaliação do uso de dados do LANDSAT-1, na implantação, controle e acompanhamento de projetos agropecuários no Sudeste da Amazônia Legal.* Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1044-TPT/056).

SANTOS, J.R. *Utilização de imagens do LANDSAT e fotografias do SKYLAB, para o levantamento da vegetação, relevo e caracterização de áreas de maior potencial agrícola no Sul do Espírito Santo.* São José dos Campos, INPE, out., 1976 (INPE-957-NTE/071).

SAYN-WITTGENSTEIN, L. *Recognition of tree species on aerial photographs.* Ottawa, Forest Management Institute, 1978. (Information Report FMR-X-113).

SERRA, R.; CAVALLI, A.C.; GUILLAUMON, J.R.; CHIARINI, J.V.; NOGUEIRA, F. de P.; de ALMEIDA, C.M.; IVANCKO, M.; BARBIERI, J.L.; DONZELI , P.L.; COELHO, A.G. de S.; BITTENCOURT, G. *Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo.* São Paulo, IF, 1974. (Boletim Técnico, nº 11).

SMITH, G.S. SLAR (Side Looking Airborne Radar) for forest typing in a semi-deciduous tropical region. *ITC Journal,* (3): 385-401, 1978.

TARDIN, A.T.; SANTOS, A.P.; LEE, D.C.L.; MAIA, F.C.S.; MENDONÇA, F.J.; ASSUNÇÃO, G.V.; RODRIGUES, J.E.; ABDON, M.M.; NOVAES, R.A.; CHEN, S.C.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y.E. *Levantamento na Amazônia Legal através de imagens do Satélite LANDSAT.* São José dos Campos, INPE, jan., 1979. (INPE-1411-NTE/142).

THORLEY, G.A. Forest lands: inventory and assessment. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of remote sensing.* Falls Church, V.2, 1975. I.2, p.1353-1426.

VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. *Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamento de solos.* Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1976 (INPE-912-TPT/030).

VICTOR, M.A.M. Cem anos de devastação. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 28 mar., 1975. nº 13. Suplemento do Centenário.

WERT, S.L. A System for using remote sensing techniques to detect and evaluate an pollution effects on forest stands. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT V, 6., Ann Arbor, MI, 1969. Proceedings, Ann Arbor, University of Michigan, 1969, V.2, p.1169-1178.

WILSON, R.C. Photointerpretation in forestry. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of photographic interpretation.* Washington, DC, 1960. cap.7, p. 457-520.

ZSILINSZKY, N.G.; PALA, S. Digital analysis of LANDSAT Data for selective forest stand typing - an initial feasibility study. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING FOR OBSERVATION AND INVENTORY OF EARTH RESOURCES AND THE ENDANGERED ENVIRONMENT. Hildebrandt, 1978. Proceedings. Freiburg, ISP/IUFRO, 1978, p.1763-1778.