

Attilio Antonio Disperati*
Maurice Arthur Keech**

SUMMARY

This paper outlines the development of remote sensing, explains briefly how the systems work, and describes the type of information gained by them. This information is then related to the needs of the forest manager. Emphasis is laid on the need to correlate ground truth information with the forms of imagery obtained by the different systems, to develop a clear picture of what is, in fact, to be seen. The paper concludes with a discussion on the direct applications to species identification and discusses some of the limiting factors which may be encountered.

1. OBJETIVOS:

Temos três objetivos neste artigo.

1º) Definir os princípios de Manejo Florestal para mostrar a importância em trabalhar de uma visão geral para uma particular;

2º) Definir os princípios de sensoriamento remoto e mostrar o fato que de as imagens de satélite são uma parte integrante do processo de manejo florestal;

3º) Mostrar que as informações de satélite são partes do processo de integração dos seguintes setores: Terreno (conservação do terreno), capital (aumento dos recursos de capital) e humano (melhoramento dos aspectos humanos).

2. O SENSORIAMENTO REMOTO NO MANEJO FLORESTAL

Hughes (1973) definiu 5 aspectos de manejo florestal envolventes no processo de sensoriamento remoto:

1º) Aquisição e demarcação das florestas ou das terras, a fim de realizar os objetivos e política definidos;

2º) Classificação e avaliação das florestas e sítios selecionados em relação aos usos projetados;

3º) Exploração e uso controlado das florestas e das terras;

4º) Renovação dos recursos: a) Regeneração natural das florestas; b) Reflorestamento;

5º) Proteção dos recursos florestais contra agentes bióticos, abióticos e atividades humanas danosas.

Hughes ampliou estes objetivos da seguinte maneira:

O primeiro objetivo pede a avaliação de uma enorme área usando fontes de informação bastante amplos.

O segundo pede a avaliação, em detalhes, das áreas florestais, particularmente com referência: às espécies, distribuição e tipo de povoamento, idade, condição e uso potencial.

O terceiro objetivo pede as estimativas precisas dos volumes de madeira disponíveis para adequada exploração.

O quarto objetivo pede a avaliação das mesmas áreas florestais em intervalos regulares.

O último objetivo, também envolve o processo de avaliação em intervalos regulares da mesma área, só que para localizar os perigos e efetuar as medidas de controle necessárias.

Todos esses objetivos precisam de uma visão geral da área para permitir uma análise completa de todos os seus fatores. Assim, é essencial trabalhar de uma visão geral para uma particular. Isto acentua a importância em se fazer os estudos dos recursos naturais de um ponto de vista geral para um específico e foi realizado por Zonneveld²⁰ (1974) e Hempenius¹¹ (1974) ao estudarem as florestas tropicais do Surinam e também por Keech¹³ (1974) ao analisar o uso da terra na África.

* Engenheiro Florestal. Professor de Foto-Interpretação Florestal. U.F.Pr.

** Professor de Foto-Interpretação Florestal e Sensoriamento Remoto no Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da U.F.Pr., através do Convênio entre Governo do Brasil e da Grã-Bretanha.

Se trabalharmos da visão particular para a geral nos afogaremos num mar de fatos, por causa do grande volume de informações sem possibilidades de controle. "Não será possível ver a floresta por causa das árvores".

Qual método deveremos usar para obtermos uma visão geral do problema, de maneira clara, e que nos dê a possibilidade de avaliar os fatos de maneira lógica, rápida e correta?

A resposta a esta pergunta, sem sombra de dúvida, é o processo de sensoriamento remoto em todas as suas formas. Analisaremos, agora, seus princípios, com um pouco de detalhe, para integrar-lhe na linha geral deste artigo.

3. OS PRINCÍPIOS DE SENSORIAMENTO REMOTO (S.R.)

3.2. Definição:

Sensoriamento, em tecnologia, é um sistema de medida à distância e sem contato mecânico, de maneira sistemática e quantitativa, das radiações emitidas e/ou refletidas por um objeto.

3.2. Uma breve história de seu desenvolvimento:

No relatório recente de um ENCONTRO, na Austrália, Richardson¹⁸ (1975) indicou que muitos dos princípios de Silvicultura, e também de Manejo Florestal que hoje tem aspecto de novidade, já eram conhecidos pelos gregos e romanos há 2 mil anos atrás. Identicamente, isto se explica ao caso do S.R.. Moisés, subiu em um morro a fim de ver a "terra prometida". Esta passagem da Bíblia indica o uso de pontos elevados de altitude a fim de obter uma visão geral. Isto é uma forma de Sensoriamento Remoto. No século XII, monges no sudoeste da Inglaterra discutiram a possibilidade do homem voar. Leonardo da Vinci produziu diagramas e desenhos de máquinas de voo. Contudo, foi na Europa, no fim do século XVIII e começo do século XIX, que tivemos a primeira forma de S.R., quando Tournachon, usando uma câmara fotográfica instalada em um balão, fotografou o bairro de Petit Bicestre, perto de

Paris, em 1859. Depois deste evento, o desenvolvimento e as aplicações do S.R. foram intensas. No ano de 1880, engenheiros florestais usaram fotografias aéreas para analisar áreas florestais na Alemanha. Com o aperfeiçoamento dos aviões e da eclosão, da Primeira Guerra Mundial, o desenvolvimento do S.R. foi mais acelerado. Na década de 20, áreas florestais na Malásia e Zâmbia foram estudadas por meio de fotografias aéreas. Em 1935 tivemos os primeiros pensamentos referentes ao uso de ondas de rádio para localizar os aviões (Churchill⁶ 1948) e em 1955 foi aplicado para o estudo dos recursos naturais.

No Brasil, temos o exemplo da maior área estudada e analisada no mundo por meio de imagens de radar que é o Projeto RADAM (que significa Radar na Amazônia). O sistema de radar e outras técnicas de S.R. foram aperfeiçoadas rapidamente durante e após a Segunda Guerra Mundial. Ao final tivemos o primeiro estudo de recursos terrestres usando fotografias espaciais obtidas com câmaras fotogramétricas instaladas em foguetes. Mas o primeiro uso de foguete equipado com câmara foi em 1906, mas apresentou problemas de funcionamento devido a falta de tecnologia. O maior desenvolvimento das fotografias espaciais foi obtido durante a primeira parte da década de 60, através do projeto Mercury e Gemini. Depois disso a NASA desenvolveu a idéia de um varredor multiespectral para captar os sinais de faixas do espectro visível e infra-vermelho. Esta máquina foi produzida por Hughes Aircraft Co. e com ela obtem-se a maior quantidade de informações referentes aos recursos naturais mundiais desde 1792. O varredor multiespectral está instalado em satélite, cuja órbita, quase polar, tem uma altitude de aproximadamente 912 km e obtem imagens da mesma área cada 18 dias. Isso em verdade, é sensoriamento remoto. Em cada cena, obtida a intervalos de 25 segundos, os satélites LANDSAT I (ERTS 1) e LANDSAT II, registram informações referentes a 34.000 km² da superfície terrestre. A informação no varredor multiespectral é obtido da seguinte maneira: a luz refletida pela superfície da terra é captada pelo varredor multiespectral, e refletida por um espelho oscilante para

um telescópio instalado sobre detectores fotoelétricos que são sensíveis a 4 regiões (faixas) particulares do espectro eletromagnético ($0.5 - 0.6\mu\text{m}$; $0.6 - 0.7\mu\text{m}$; $0.7 - 8.8$ e $0.8 - 1.1\mu\text{m}$). Os detectores produzem voltagens elétricas proporcionais a intensidade de luz incidente e são convertidos por um digitalizador em números compreendidos entre 0 e 63. Esses números são transmitidos por sinais de rádio à instalações receptoras em Terra e nos computadores são processados e transformados, através de processamento eletrônico, em transparências preto e branco. Cada tonalidade de cinza indica uma intensidade de reflexão da luz. Branco indica uma forte reflexão e preto baixa reflexão. Devido ao fato de que as 4 faixas captadas do espectro eletromagnético serem estreitas, é possível analisar as imagens de satélite em relação a intensidade de reflexão de uma determinada cor.

4. AS APLICAÇÕES:

Uma imagem, de formato quadrado, de satélite na escala aproximada de 1:250.000 abrange uma área de 3.400.000 hectares. Pesquisa em Serra Leone e na Rodésia, indicaram que as imagens satélite são úteis para avaliar distâncias e áreas por causa de sua precisão em escala. Isto tem muita importância para os agrimensores. Keech¹⁴ (1974) e Van Gendren⁹ (1974) enfatizaram a vantagem de obter uma vista sinóptica de uma grande área, o que resulta em possibilidade de ver as "coisas" em relação a de outros pontos de vista. Os geologistas particularmente obtêm vantagens deste fato (Perry — 1972). Sayn-Wittgenstein¹⁹, referente a um trabalho no Canadá sobre áreas florestais, obteve o mesmo tipo de vantagem ao analisar grandes áreas florestais. Exemplo: Para obter cobertura completa dos E.U.A. são necessários 28.000 fotografias na escala 1:120.000 enquanto que apenas 569 imagens na escala 1:1.000.000 de satélite LANDSAT. Recentemente foi publicado um mosaico de imagens de satélite em escala de 1:5.000.000 dos E.U.A., representados de forma retangular, com dimensões de 1m x 0,5m. Assim com nossos olhos, num breve intervalo de tempo e sem dificuldade, podemos "ver" todos os E.U.A..

No Curso de Engenharia Florestal, em Curitiba, elaboramos um mosaico do Paraná em escala 1:1.000.000, que apresenta dimensões perfeitas para estudos, sem maiores dificuldades. O INPE, em São José dos Campos, está montando um mosaico do Brasil em escala 1:3.300.000 que pode mostrar de maneira clara as regiões, naturais do Brasil. Com este mosaico é possível delimitar, de maneira fácil, as áreas florestais da Amazônia, e também as outras áreas florestais do Brasil.

Sem dúvida, a primeira vantagem das imagens de satélite, é a de criar uma visão sinóptica de uma área. Contudo, o trabalho de Disperati e Keech⁷, localiza um problema: nos 3 Estados sulinos: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; não se tem ainda uma cobertura completa de imagens sem problemas, de um ou outro tipo.

Apesar de estarmos no 5º ano de funcionamento dos satélites espaciais que fornecem imagens, encontramos três problemas principais para se obter uma cobertura completa, a saber:

1. **Nuvens:** O Banco Mundial indica que a cobertura máxima tolerável de nuvens por cada imagem é de 30%. Quanto maior a cobertura de nuvens menor o valor da imagem para interpretação. Uma análise das 370 imagens disponíveis de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, apenas 12,5% tem 0% de nuvens. Até 31/03/76 não tínhamos uma cobertura completa do Estado do Paraná de imagens isentas de nuvens.

2. **Qualidade.** Frequentemente, temos imagens de satélite sem nuvens mas de péssimas qualidades, por defeito no processo de captação dos sinais ou processamento dos dados. Quando lembramos que o varredor multiespectral capta e transmite 15.000.000 unidades de informações por segundo (Bishop⁴ — 1976); o fato de termos milhares de imagens perfeitas, indica como afortunados nós somos.

3. **Tempo e Frequência de cobertura:** Para obtermos cobertura completa de imagens de satélite, claras e perfeitas, do Estado do Paraná e também de outros Estados e países, é necessário usar ima-

gens captadas durante o período de 1972-6, porque os instrumentos, do satélite e na superfície terrestre, nem sempre funcionam constantemente e muitas vezes temos o problema de nuvens. Afora isso, encontramos outros problemas secundários. Ashley e Rea³ (1976) mostraram que as variações da inclinação do sol durante o ano produziram variações nas tonalidades das imagens dos objetos. Um ângulo menor, produz uma imagem mais escura. Assim sendo, duas imagens obtidas em estações do ano diferentes da mesma área poderão indicar variações não existentes no campo. Nas áreas florestais, o período do ano poderá produzir uma diferença na etapa do desenvolvimento das folhas das árvores que também acarretará diferença nas imagens de satélite. Anuta² (1976) localizou uma variação nas reflexões espectrais por causa da forma topográfica e das inclinações do terreno e o efeito das sombras causou variações na quantidade de energia refletida, e consequentemente recebida pelo varredor multiespectral. Assim sendo, as áreas que, no campo eram as mesmas, devido às suas inclinações topográficas resultaram em imagens diferentes.

Parry¹⁶ (1974), em trabalho de análise das imagens na Etiópia, encontrou um problema nas imagens preto e branco: Mata densa resultou imagem branca na Banda 7 e cinza nas Bandas 4 e 5 e Solos Salinitos também resultaram imagens brancas na Banda 7 e cinza escura nas Bandas 4 e 5. Nosseir¹⁵ (1974) indicou a importância do controle de campo, no processo de análise de imagem de satélite, para evitar esse tipo de problema.

Disperati e Keech⁸ (1976) usaram imagens de Banda 5 e 7 para desenvolver um mapa das regiões naturais do Paraná, mas também usaram fotografias aéreas e informações de campo para confirmar os limites definidos.

É importante para obter uma melhor resposta a um dado problema, usar todas as fontes de informações disponíveis. Recentemente, tivemos a oportunidade de estudar as imagens de radar, as imagens de satélite e as fotografias aéreas de uma parte da Amazônia. Cada fonte dá um tipo de informação que não é possível identificar e explicar, com facilidade, as razões de cada fato possíveis de serem

vistas e por esta razão, o desenvolvimento de uma "bibliografia" das imagens com identificações confirmadas para fazer as devidas comparações é importante.

Falamos de uma maneira geral sobre as vantagens e desvantagens da imagem de satélite. Examinaremos agora o uso das imagens no trabalho florestal.

Calthorpe et alii⁵ (1976) obtiveram sucesso no processo de observação das mudanças do uso da terra. Determinaram as relações entre as imagens e o trabalho no campo, referentes a fertilização florestal, exploração e taxa de desenvolvimento. Utilizaram o trabalho no campo que é fundamental em S.R., e também microdensitometro para identificar as variações de cinza. Este aspecto de variação de tonalidades de cinza é fundamental para se fazer uma interpretação correta, elucidar e definir as razões para cada mudança de cinza.

Heath¹⁰ (1975) não obteve êxito completo no processo de classificação dos tipos de vegetação sem o uso de computador eletrônico. Contudo pela combinação das imagens de várias bandas produziu uma imagem em cores. Desenvolveu um modelo algoritmo para essa imagem colorida e na qual um computador analisava todos os mesmos comprimentos de ondas dentro dos grupos e assim produziu um mapa, cujo grau de exatidão com o trabalho no campo foi de 70 a 90%. Aldrich¹ usando imagens coloridas e também a mesma seqüência do trabalho citado anteriormente, obteve uma exatidão de 80% no processo de mudança de uso florestal. Aldrich também identificou a causa dos erros de identificação. Os erros aumentam rapidamente quando a área é menor do que 6 hectares. Este ponto foi confirmado por pesquisas agrícolas a fim de obter uma classificação das colheitas de 1.400 campos individuais. Obtiveram resultados satisfatórios quando:

- a) A área era maior do que 6 hectares.
- b) Mais do que 25% da área plantada estava em condições de ser colhida.
- c) As plantas tinham uma altura maior do que 30 cm.

Atualmente o varredor multiespectral analisa uma área de terreno de 0,4

hectares que recebe o nome de "pixel" e é o último nível de análise (Peet¹⁷ — 1976). É possível analisá-los por meio de fitas de computador, mas sua análise é muito vagarosa.

Zonneveld²⁰ e Hempenius¹¹ (1974) mostraram que as imagens de satélite fornecem melhores possibilidades para se aplicar uma forma de amostragem estratificada, em trabalho de levantamentos florestais por causa da grande vista que é possível de se obter.

Outros aspectos estudados com imagens foram:

a) As dimensões dos incêndios florestais nos E.U.A., Alasca e África, e o índice de propagação dos incêndios de grama nas áreas de savanas.

b) O grau de exploração das florestas é verificado claramente nas imagens satélites do Estado de Oregon nos E.U.A. e Mato Grosso, no Brasil.

c) O tipo de terreno, o quadro da vegetação geral e a incidência das pragas e doenças são mostradas com confiança, dependendo das dimensões das áreas estudadas e analisadas.

5. OS DESENVOLVIMENTOS RECENTES

O mapeamento dos habitats florestais é a mais nova introdução. Hodgkins e Cannon¹² (1976) delinearam um mapa deste tipo para o Estado de Mississippi e Alabama nos E.U.A., em escala 1:1000.000 usando Banda 7 como base e delinearam 37 áreas principais usando as bandas 5 e 7 como fontes de análise. Usaram imagens satélite com escala 1:500.000, a banda 5 para informações referentes ao uso da terra e a banda 7 para informações referentes aos padrões de drenagem e relevo. Também usaram outras fontes de informações para complementar o trabalho. Descreveram cada área (habitat natural) e fizeram referências para geomorfologia, geologia, solos, uso da terra e limitações de desenvolvimento.

6. CONCLUSÕES

Esperamos ter dado uma idéia do potencial e também as limitações do uso das imagens de satélite. Fundamentalmente, a imagem é uma das ferramentas usadas pelos Engenheiros Florestais.

Fornecer uma visão sinóptica de uma área e ajuda no processo de Manejo Florestal.

Atualmente, em todos os países as investigações são intensas e rápidas e também a cada semana surgem novas idéias e desenvolvem-se novos instrumentos.

7. RESUMO:

Este artigo analisa o desenvolvimento e as técnicas do sensoriamento remoto e relaciona as informações que podem ser obtidas com os aspectos do manejo florestal. Ênfase é dada na necessidade de correlacionar as informações de campo com as obtidas sobre as imagens de diferentes sistemas de sensoriamento remoto. O artigo conclui com uma análise sobre a aplicação para a identificação de espécies e discute alguns dos fatores limitantes que podem ser encontrados.

8. LITERATURA CITADA

01. ALDRICH, R.C. Detecting disturbances in a forest environment. *Photogram. eng.*, (41(1): 39-49, 1975.
02. ANUTA, P.E. Digital registration of topographic data and satellite MSS data for argumented spectral analysis. *Photogram. eng.*, 42(6): 1976.
03. ASHLEY, M.D. & REA, J. Seasonal vegetation changes from ERTS imagery. *Photogram. eng.*, 41(6): 713-20, 1976.
04. BISHOP, B.C. Landsat looks at hometown earth. *National Geographical*, 150(1): 140-7, 1976.
05. CALTHORPE, G.B. et alii. Utilization of remote sensing techniques to detect land uses effects on wild life water quality. *Photogram. eng.*, 42, 1976.
06. CHURCHILL, W.S. *The second world war*. London, Cassel, 1948. 138 p.
07. DISPERATI, A.A. & KEECH, M.A. *Avaliação das imagens de satélite referente aos Estados do sul do Brasil*. Curitiba, Setor de Ciências Agrárias. Curso de Engenharia Florestal. (não publicado).

08. **Análise das regiões naturais do Estado do Paraná baseado nas imagens de satélite Landsat 1.** Curitiba, Setor de Ciências Agrárias. Curso de Engenharia Florestal. (não publicado).
09. GENDEREN, J.L. V. Visual interpretation of remote sensing data and eletronic image enhancement techniques. In: & COLLIN, W.G. ed. **Remote sensing data processing.** Sheffield, Remote Sensing Society, 1975. p. 19-52.
10. HEATH, G.R. ERTS data tested for forestry applications. **Photogram. eng.**, 40(9), 1974.
11. HEMPENIUS, S.A. How can ecology prepare it self for remote sensing. **I.T.C. Journal**, 4: 561-74, 1974.
12. HODGKINS, E.J.; CANNON, T.K. & MILLER, W.F. Forest habitat regions and types on a Photomorphic-Phsiographic basis: states of Alabama and Mississippi. **B.Mississippi State University**, 210, 1976.
13. KEECH, M.A. et alii. An assessment of ERTS 1 imagery as and aid in land resources planning. **J.British Interplannetary Society**, 2: 173-6, 1974.
14. KEECH, M.A. Remote sensing assessed as a data source and base map for resources evaluation in developing countries. In: CON-VEGNO INTERNAZIONALE SULLO SPA-ZIO, 15., Roma, 1975. **Atti del...** Roma, Rassegna Internazionale Elettronica Nucleare ed Aerospaziale, 1975. p. 275-82.
15. NOSSEIR, M.K. et alii. **Mapping of natural vegetation distribution over Central Eastern Brazil from data obtained by ERTS-1.** São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais, 1974.
16. PARRY, D.E. A natural region evaluation of ERTS 1 imagery of the Central Afar region in Etthiopia. **Photogram. Record**, 8(43): 65-80, 1974.
17. PEET, F.C. **A primer on the use of digital Landsat data.** Canada, Environment Canada, 1976. 21 p.
18. RICHARDSON, T. **Commonwealth Forestry Review.** July, 1976.
19. SAYN WITTGENSTEIN, L. A first look at Canadian ERTS experiments in forest. In: **EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-I SYMPOSIUM**, 1., Maryland, 1972. **Proceedings of the...** Maryland, Goddart Space Flipht Center, 1973. p. 48-57.
20. ZONNEVELD, I.S. Aerial photography, remote sensing and ecology. **I.T.C. Journal**, 4: 553-60, 1974.