

Flávio Felipe Kirchner*

SUMMARY

The remote sensing techniques available for regional planning are discussed with special reference to the remote sensing platforms and systems. The basic needs, concepts in relation to the user requirements for land use, soils and vegetation studies applications are discussed. In addition, the requirements of an information system to receive and store remotely sensed data is discussed.

1. PROBLEMAS DO MEIO-AMBIENTE

Dentro do contexto dos problemas que afetam o meio-ambiente, existem dois aspectos em relação a revolução meio-ambiental. Ela pode ser vista como uma mudança artificial em nosso meio-ambiente que é tanto mundial e repentina. Ela também pode ser igualmente considerada como uma transformação nas atitudes humanas em direção ao meio-ambiente. Existe uma crescente preocupação que o uso pelo homem dos processos e recursos naturais precisam ser ajustados para as limitações e exigências que a natureza nos impõe. O rápido crescimento da população mundial, a tecnologia e as comunicações conduziram em mudanças no meio-ambiente natural num passo acelerado. Por exemplo, em 1970 mais de 3.600 milhões de pessoas habitavam a biosfera e aumentavam numa faixa de 2 por cento ao ano. Isto significava que mais de 72 milhões de pessoas estavam sendo adicionadas a população mundial anualmente. Este crescimento imprescindente da população mundial precisa estar preparada para os recursos da biosfera, dentro da qual outros seres viventes também precisam continuar a viver.

As técnicas de sensoriamento remoto proporcionam a oportunidade de gravações quase que instantâneas e detalhadas dos fenômenos da superfície. A capacidade dos sistemas de sensoriamento remoto depende, contudo, da sensitividade e cobertura espacial dos sensores e da flexibilidade operacional e de taxa de mapeamento da plataforma usada.

2. EXPERIÊNCIA

É difícil estabelecer um tempo específico ou evento como um marco para o início do sensoriamento remoto. Algumas pessoas citam o uso de fotografias obtidas por balões antes da Guerra Civil Americana; outros citam que foi bem antes. Contudo, o desenvolvimento das técnicas envolvidas talvez foram mais intensas desde o início do século XX.

Muitas das técnicas primárias usadas em sensoriamento remoto foram desenvolvidas para reconhecimento militar durante a 1^a e 2^a Guerra Mundial.

Durante os anos de 1950 e 1960, o advento do computador digital e tentativas de modelamento dos processos associados com a inteligência humana combinaram para acelerar o desenvolvimento da tecnologia de análise de dados chamados de **reconhecimento de padrões**. Durante este mesmo período, desenvolvimentos significantes foram feitos em projetar sistemas de sensores, particularmente na medição de energia dos comprimentos de onda do infravermelho. Tornando-se juntamente, estes avanços deram nascimento a um novo acesso no sensoriamento remoto — o acesso quantitativo — baseado na habilidade de rápida e precisamente medir e processar dados do sensoriamento remoto multi-espectral.

Então hoje em dia nós temos duas ramificações principais no sensoriamento remoto. O primeiro refere-se como **orientado fotograficamente (imagem)** porque ele capitaliza em aspectos pictoriais dos dados e utiliza métodos de aná-

* Professor de Fotointerpretação Florestal e Sensoriamento Remoto do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

lise que baseiam-se muito na produção de uma imagem. O segundo refere-se como **numericamente orientado** porque resulta diretamente do desenvolvimento do computador e porque enfatiza os aspectos quantitativos inerentes dos dados, tratando os dados abstratamente como uma coleção de medições.

A tecnologia orientada fotograficamente é mais velha e mais desenvolvida. Os sensores mais comuns são as câmeras fotográficas com técnicas de análises associadas (fotointerpretação).

Em comparação, a tecnologia orientada numericamente está ainda na sua infância. O rastreador multiespectral é geralmente usado como o sensor nestes sistemas. Este instrumento é preferido devido a sua grande extensão dinâmica sobre uma grande porção do espectro eletromagnético do que os sistemas fotográficos disponíveis.

3. NOÇÕES BÁSICAS DO SENSORIAMENTO REMOTO

O entendimento do que o termo **sensoriamento remoto** significa e quais métodos e atividades ele inclui varia amplamente com o indivíduo, com sua experiência e com seus interesses. Devido a isto é aconselhável em qualquer discussão geral definir o que significa o termo sensoriamento remoto.

Sensoriamento remoto engloba a gravação de dados da superfície da terra de uma certa distância. Para nós entendermos isto, nós precisamos ter uma noção do que é o espectro eletromagnético.

O espectro eletromagnético engloba desde as vibrações naturais da terra, os raios sônicos, até os raios gama e raios cósmicos, isto é, comprimentos de onda que variam de 10^{12} metros até 10^{-5} angstrons (1 angstron = 10^{-10} metros).

Dentro do espectro eletromagnético, está situado o espectro visível onde nós enxergamos com comprimentos de onda de 0,4 micrômetros até 0,7 micrômetros.

Neste contexto, nós podemos classificar os sistemas utilizados para captar e gravar as informações produzidas pelo espectro eletromagnético através da atmosfera em:

- a) sistemas passivos;
- b) sistemas ativos.

Os sistemas passivos dependem de uma fonte de energia (usualmente o sol) para a sua obtenção, que são:

a) câmeras fotográficas: $0,3\mu\text{m}$ — $0,9\mu\text{m}$;

b) rastreadores multiespectrais: $0,3\mu\text{m}$ — $20\mu\text{m}$.

Dentro dos rastreadores multiespectrais está situado o LANDSAT com comprimento de onda de $0,5\mu\text{m}$ até $1,1\mu\text{m}$.

Os sistemas ativos têm a sua própria fonte de energia, e onde os sistemas de RADAR estão situados com comprimentos de onda que variam de 0,8cm até 100cm.

Esta variação dos comprimentos de ondas dos sistemas está diretamente relacionada com o seguinte:

a) comprimentos de ondas curtas têm mais resolução, são mais refratados, têm intensidade menor e freqüência maior;

b) comprimentos de ondas longas têm menor resolução, são menos refratados, têm intensidade maior e freqüência menor.

Em termos da resolução ou poder de resolução temos de considerar tanto a resolução espacial como a resolução espectral. O poder de resolução é definido como a habilidade de um sistema ótico de distinguir entre sinais que estão espacialmente pertos ou não espectralmente similares. Assim, resolução espacial é a medida da menor separação angular ou linear entre dois objetos (em metros) com o parâmetro de resolução pequeno significando grande poder de resolução. Resolução espectral é a medida tanto da diferença dos comprimentos de banda e a sensibilidade do sensor de diferenciar os níveis de cinza. Nos LANDSAT 1 e 2, três dos sensores eram sensíveis sobre campos de $0,1\mu\text{m}$ e podiam distinguir dentro de 128 níveis de cinza; o quarto sensor era sensível sobre um campo de $0,3\mu\text{m}$ e podia distinguir dentro de 64 níveis de cinza (o termo resolução termal pode também ser usado para descrever a sensibilidade dos sensores de medir a radiação emitida). A resolução espacial de um sistema de sensoriamento remoto é também uma função do contraste espectral entre os objetos na cena e seu fundo, a forma dos objetos, e a razão sinal-ruído do sistema.

4. INFORMAÇÃO DE RECURSOS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

4.1 A Necessidade da Informação

Muitos fatores influenciam o curso de desenvolvimento de uma nação:

- a) sistema econômico;
- b) estrutura social;
- c) herança cultural;
- d) sistema político;
- e) cenário geográfico;
- f) talentos humanos;
- g) dotes dos recursos naturais.

Os dotes dos recursos naturais e sua distribuição espacial são particularmente importantes na modelagem do potencial e da direção do crescimento econômico de uma nação. Desta forma, pode ser levantado o problema que a base do recurso natural e seu manejo são especialmente críticos para o progresso de um país em desenvolvimento.

Em países industrializados, a vida econômica e emprego estão atualmente centrados em:

- a) serviços;
- b) indústria;
- c) distribuição;
- d) finanças.

Em países em desenvolvimento, que são tipicamente mais dependentes das suas heranças de recursos, a vida econômica e emprego estão centrados na exploração dos recursos naturais mesmo quando eles são componentes importantes do produto nacional bruto.

Então o termo recursos naturais inclui tudo o que o homem encontra no seu ambiente físico como: solo, água, vegetação, minerais, fontes de energia e terreno.

Estes recursos são inter-relacionados, isto é, mudanças que afetam um irão ter repercussão noutros. Eles variam dos claramente renováveis para os praticamente não renováveis, mas nenhum é sempre ilimitado e devido suas escassez relativas, as suas conservações englobam um planejamento regional.

Como escrito numa reportagem das Nações Unidas em 1979: "O processo de desenvolvimento econômico consiste am-

plamente da organização do desenvolvimento e da exploração produtiva dos recursos naturais no interesse de toda a comunidade".

Para aplicar isto efetivamente uma nação necessita conhecer:

- a) que recursos tem;
- b) onde eles estão;
- c) ter uma noção detalhada do ambiente físico.

Para países em desenvolvimento, este conhecimento básico é limitado, fragmentário e disperso.

Muitas nações, no presente, estão procurando a melhor maneira de se obter informações sobre os recursos; para suas vantagens, isto pode ser ajuntado mais eficientemente com a ajuda de métodos e técnicas modernas (sensoriamento remoto).

4.2 Categorias da Informação de Recursos

Estas categorias englobam o seguinte:

4.2.1 Água

Está sendo uma barreira em partes do globo. A informação dos recursos hídricos é a parte central das necessidades de dados sobre os recursos na maioria dos países.

O manejo eficiente da água exige dados meteorológicos e dados hidrológicos.

4.2.2 Solos

Para estudos de solos, atualmente encontramos mapas nas escalas de 1:250.000. Mas, mapas de associação de solos a nível nacional e local (1:200.000 e 1:100.000) são essenciais.

Em estudos de irrigação, mapas nas escalas de 1:10.000 ou 1:25.000 são extremamente necessários.

Os países necessitam conhecer a distribuição, composição, características, e a gênese dos vários tipos de solos que posuem. Estes perfis de dados entram dentro da determinação da capacidade da terra ou uso potencial da terra, uma contribuição vital para o uso racional e eficiente das terras para a agricultura, florestas e outros propósitos.

4.2.3 Vegetação e Culturas

As estimativas das áreas de culturas, reconhecimento e identificação de doenças, predição exata e temporal da produção são agora problemas críticos de interesse em qualquer lugar mesmo que tais dados são difíceis de se obter em países em desenvolvimento. Variação na produção de ano para ano impõe variações na demanda do mercado. Assim, qualquer avanço na predição da produção é extremamente útil.

Em florestas, as necessidades pelas informações são relacionadas a inventários florestais, mapeamento, controle de exploração, detecção de pestes e doenças.

4.2.4 Minerais

Apesar dos recursos minerais serem vitalmente importantes e uma fonte de renda, países em desenvolvimento geralmente não têm informação mineralógica detalhada para suas operações de extração.

4.2.5 Energia

Em adição à procura de novas fontes de energia, em resposta aos recentes aumentos nos preços do óleo, países em desenvolvimento estão concentrando suas pesquisas nas fontes de energia renováveis, particularmente, geotermais e hidrológicos, que dependem de dados geológicos e hidrológicos.

4.2.6 Cartografia

Apesar de mapas plani-altimétricos em escalas pequenas existirem na maioria das partes do mundo, grandes seções dos países e desenvolvimento permanecem completamente não recobertos. No Brasil, somente as regiões Centro-Oeste e Sul estão recobertas em escalas de 1:100.000 e 1:50.000. Na região Norte, atualmente, temos a cobertura através de imagens de RADAR.

4.3 Fatores que afetam a necessidade da Informação

Não existe correlação direta entre o nível de desenvolvimento econômico e a informação necessária do volume de recursos.

Os fatores que governam a natureza, extensão, e a mistura da informação dos recursos que um país deseja acumular, geralmente incluem o seguinte:

- a) o tamanho do país, o número e a distribuição espacial de sua população;
- b) o grau de diversificação e complexidade da geografia e cultura do país, e a natureza de seus recursos;
- c) o volume, qualidade, e disponibilidade da informação dos recursos já acumulado;
- d) os objetivos e estratégias do desenvolvimento do país e prioridades de investimento;
- e) o grau de detalhe e especificação exigidos nos dados a serem acumulados;
- f) a capacidade do país assimilar a informação dos recursos adquiridos e por em uso operacional;
- g) a utilidade corrente e futura dos dados coletados em termos dos custos de coletá-los.

5. O USO DO SENSORIAMENTO REMOTO EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

A contribuição do sensoriamento remoto na avaliação dos recursos depende da simplicidade ou complexidade dos recursos que estão sendo examinados, e no tipo de contribuição que devem fazer os sensores. Em um extremo estão situações envolvendo um único, prontamente determinado item; não sendo obtido por outras maneiras em países em desenvolvimento numa maneira temporal. Exemplos incluem mapeamento de áreas inundadas e a detecção de novas terras agricultáveis em regiões fronteiriças. Em outro extremo estão as avaliações do sistema de recursos, como a produção de culturas, que empregam contribuições do espaço, ar e dados terrestres, modelagem dos parâmetros dos sistemas, manejo dos dados para computador, e exercício e refinamento dos procedimentos estatísticos.

A aplicação do sensoriamento remoto como parte de um sistema completamente integrado de modelagem, contabilidade, orçamento e previsão é revolucionário em muitas maneiras. Extensivas pesquisas e desenvolvimento, incluindo o

desenvolvimento do modelo de crescimento de plantas, ainda precisam ser empreendidos para serem práticos; quando alcançados, o novo sistema de dados pode necessitar ser mudado significantemente ou substituir procedimentos existentes, com problemas humanos enormes de ajuste, deslocamento e de novo treinamento. No mundo em desenvolvimento, provavelmente somente aqueles países com grandes empreendimentos científicos e estruturas institucionais efetivas, ou aqueles capazes de agrupar esforços regionais, irão estar capazes de assimilar esta alta tecnologia, sistema total de acesso para avaliação dos recursos.

6. A ENTRADA NO SENSORIAMENTO REMOTO

Um surpreendente grande número de países já fizeram seus primeiros movimentos. Uns 120 países, dos quais 2/3 são menos desenvolvidos, já procuraram os produtos do LANDSAT fornecidos pelo EROS Data Center.

Desta maneira, podemos perguntar: Como está ocorrendo a difusão ou processo de transferência de tecnologia e facilidade? O padrão suficientemente amplo para permitir categorização, consiste em três fases de envolvimento:

FASE 1 — Conhecimento Geral

Nenhum país se tornou ativo na análise e interpretação dos dados do LANDSAT sem antes ter passado por esta fase. Muitos países em desenvolvimento como o Brasil, Bolívia, Irã, Egito e Tailândia fizeram progressos além deste.

Tipicamente, um ou mais cientistas, técnicos, ou administradores dentro de um país aprendem sobre o sistema LANDSAT e procedem o exame e avaliação das imagens e depois põe numa base operacional. Especialistas que mostraram liderança incluem florestais, agrônomos, geólogos, cientistas em solos, hidrologistas, engenheiros civis, geógrafos, engenheiros elétricos e topógrafos.

FASE 2 — Inventários de Reconhecimento (Escala de 1:250.000 ou menor)

Esta fase consiste primariamente do uso das imagens do LANDSAT para a elaboração de mapas generalizados, donde informações úteis de terras, vegeta-

ção, geologia e recursos aquáticos podem ser derivados.

Alguns das países em desenvolvimento podem estar limitados nas suas capacidades de interpretar e utilizar imagens de satélite porque eles têm falta de pessoal treinados em fotointerpretação e/ou instrumentos analíticos básicos e facilidades cartográficas.

Mas, onde algum equipamento e força humana especializada estão presentes, um país deverá estar apto em adquirir uma quantidade substancial e valiosa da informação dos recursos de um conjunto de imagens do LANDSAT e seu domínio.

FASE 3 — Levantamento e Monitoramento através de Análise Digital (Escala 1:25.000 ou Menores)

O uso dos dados multiespectrais do LANDSAT na forma digital abre novas possibilidades através de análise por computador e manipulação dos dados. Cenas do LANDSAT na forma digital podem ser usadas para gerar imagens com propósitos especiais para análise visual, para delinear características de interesse através do reconhecimento assistido por computação dos padrões espectrais, ou para uma ampla extensão de análises estatísticas incluindo a criação de uma base de dados quantitativos para parte ou toda a área do país. O uso de dados digitais e técnicas computacionais permitem uma análise rápida e de escala variável, p. ex.: magnificação, dos padrões espectrais, com paração quantitativa das respostas espectrais em dados obtidos em tempos diferentes, e uma rápida análise das diferenças espectrais entre objetos que são muito pequenos de serem detectados pelo olho humano. Estas capacidades são úteis no monitoramento e quantificação das mudanças naturais e artificiais no meio-ambiente, e, quando as mudanças de interesse são detectáveis pela análise das assinaturas espectrais, técnicas computacionais são sempre mais rápidas e mais baratas do que a extração manual da mesma informação.

O uso da análise digital proporciona ao país, uma variedade de opções para sobrepor dados multiespectrais do

LANDSAT obtidos sobre uma mesma região em diferentes datas. Tais dados como mapas de solos, mapas topográficos, mapas de densidade populacional, e levantamentos geológicos podem ser digitados, ajustando numa escala apropriada e adicionados no banco de dados para sobreposição e estudos de correlação com os dados do LANDSAT. Tais sobreposições podem ser usadas para produzir mapas da produtividade potencial do solo, mapas de capacidade do uso da terra e outros estudos.

7. MODELOS E HIPÓTESES DE PESQUISA QUE ENVOLVEM O SENSORIAMENTO REMOTO PARA O PLANEJAMENTO REGIONAL

O objetivo principal do sensoriamento remoto com os recursos naturais é tentar estabelecer o tipo de cobertura terrestre baseando-se na reflectância espectral observada.

Para este objetivo existem dois sistemas:

- sistema fotograficamente orientado;
- sistema numericamente orientado.

A diferença entre estes dois sistemas é que no primeiro a imagem é parte essencial da análise e no segundo a imagem tem plano secundário.

No sistema numericamente orientado, o planejamento do sistema de coleta de dados é um problema que envolve o reconhecimento de padrões.

Na análise e classificação das florestas com dados do LANDSAT, um grau elevado de elementos irá ser necessário:

- o volume das florestas artificiais;
- o volume das florestas nativas.

Isto ajuda para termos uma idéia de onde, o que e quanto da produção da floresta é disponível para um determinado tempo.

Para isto necessitamos uma seqüência de operações a seguir:

1º PASSO — Interrelações básicas de inventário de recursos ecológicos, classificação e análise relacionado com a necessidade de informação, exigências fotográficas e recuperação de informa-

ção. Desta forma, o problema aqui é concentrar em aplicações do espaço e fotos de alta altitude para problemas de inventário e a subsequente classificação dos problemas, com ênfase limitada na fase de análise.

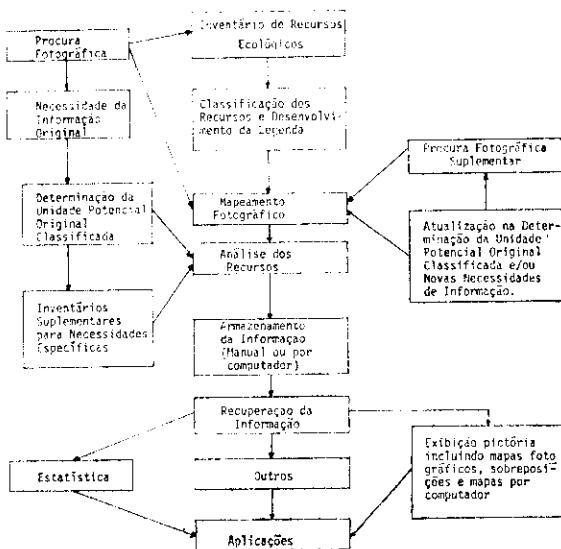


Figura 1 — Interrelações básicas do inventário de recursos ecológicos.

2º PASSO — Relacionado com o tipo de escala que irá ser escolhida para as imagens do LANDSAT e as fotos aéreas. Isto implica a estatística dos recursos de áreas idênticas em uma análise em dois estágios.

3º PASSO — Relacionado com o tipo de imagem que irá ser usada. Para este propósito uma comparação das imagens coloridas, infravermelhas, pancromáticas e/ou multiespectrais irá ser feito. Também uma análise numérica irá ser feita para a área específica.

4º PASSO — Estimar o volume em pé de madeira disponível. Isto implica numa amostragem em vários estágios.

5º PASSO — Mapear as áreas florestais das não florestais (categorização) usando técnicas manuais ou por computador.

6º PASSO — Uma análise econômica dos dados sensoriais remotamente. Para isto, é necessário uma análise de benefício custo, p.ex.: análise baseada nos mapas e resultados.

7º PASSO — Recomendação e considerações do estudo para audiências governamentais e privadas que irão tomar decisões para melhorar a capacidade produtiva e conduzir as florestas para direções industriais adequadas.

8. SISTEMA DE INFORMAÇÃO EM RELAÇÃO AO SISTEMA DE DECISÃO

Sendo que os dados dos recursos naturais são extremamente úteis para a tomada de decisões, é necessário que estes dados sejam organizados num sistema ou banco de dados para que eles possam ser recuperados e sistematicamente processados em informações úteis aos que tomam as decisões. Então, os dados consistem de percepções não processadas, ou medições, ou o comportamento das variáveis em estudo.

Um sistema de decisão pode ser descrito como um conjunto integrado de regras de decisões. Uma regra de decisão é a formulação, geralmente na forma de equação, que descreve ou especifica a base para a tomada de decisão (p. ex.: a regra de decisão indica as variáveis que são influentes na decisão e como estas variáveis relacionam-se entre elas).

Em ordem de resolver esta regra de decisão, alguma informação irá ser necessária. Isto é a função do sistema de informação para providenciar estas entradas.

O esquema abaixo mostra a fluência entre a decisão da informação e o sistema de dados.

O sensoriamento remoto pode proporcionar informações valiosas para a tomada de decisões em uma variedade

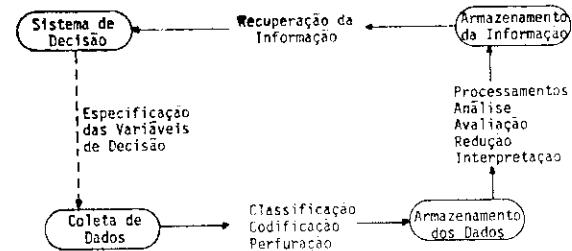


Figura 2 — Fluência entre a decisão da informação e o sistema de dados.

de problemas. Mas, a dificuldade do produtor de dados de expressar as capacidades do sensoriamento remoto em termos monetários inibe o seu uso com o sistema de informação. Então, quem toma a decisão deve estar apto a avaliar os efeitos da exatidão em termos monetários.

Uma análise econômica usando a Teoria Bayesiana de Decisão permite o usuário da informação sensoriada remotamente em determinar o valor esperado da informação antes de adquiri-la. Em suma, a técnica converte informação estatística em termos monetários.

Quando nós seleccionamos o sensoriamento remoto e julgamos ou predizemos o valor e a aplicabilidade do produto final do intérprete é importante estar ciente das funções principais do uso da terra e manejo que são:

- a) as direções da fluência do processo de decisão;
 - b) as relações das exigências do sensoriamento remoto para os níveis de intensidade no manejo.

Estas interrelações são mostradas a seguir:

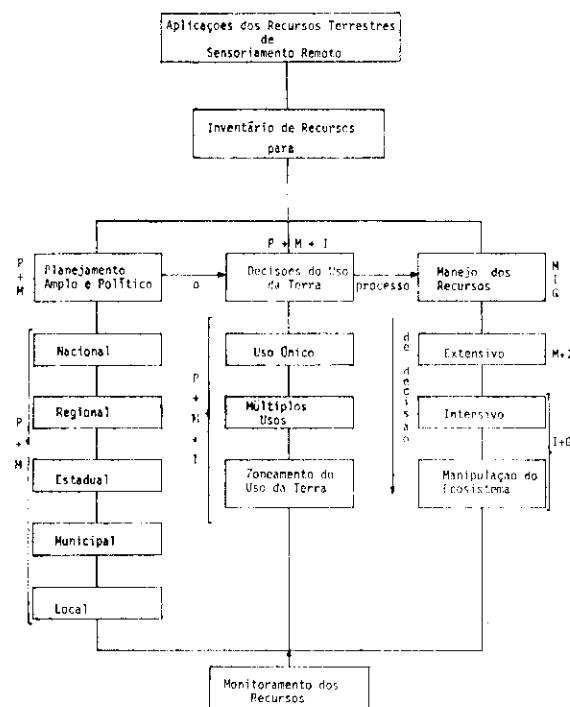


Figura 3 — As funções do manejo de recursos em perspectiva.

Enquanto que esta ilustração parece enfatizar a escala das imagens ou fatos como o critério principal do sensoriamento remoto, ambos a escala e a resolução terrestre são interrelacionados. No nosso julgamento, essencialmente as mesmas exigências irão prevalecer tanto para o monitoramento de recursos como para o inventário. Com esta ilustração deve ficar claro o fato de que nenhuma escala e resolução da imagem sozinha irá servir para todas as necessidades no uso da terra e manejo.

9. RESUMO

As técnicas de sensoriamento remoto disponíveis para o planejamento regional são discutidas com referência especial as plataformas de sensoriamento remoto e sistemas de sensoriamento. As necessidades básicas, conceitos em relação às exigências do usuário são discutidas com respeito ao seu potencial de aplicação para o uso da terra, solos e estudos da vegetação. Em adição, são discutidas as exigências de um sistema de informação receber e armazenar os dados sensoriados remotamente.

10. LITERATURA CITADA

1. BARRETT, E.C.; CURTIS, L.F. Environmental Remote Sensing: Application and Achievements. Edward Arnold Publishers Ltd.; Londres, 1974.
2. BARRETT, E.C.; CURTIS, L.F. Environmental Remote Sensing II. Edward Arnold Publishers, Londres, 1977.
3. SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M. Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw-Hill, U.S.A., 1978.