

SISTEMA ECOLÓGICO DE CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DA TERRA POR SENSORIAMENTO REMOTO*

Flavio Felipe Kirchner**

SUMMARY

This study tries to demonstrate classification methods based on visual and automated methods of aerial photos and Landsat imagery, respectively, for land classification and to compare the effectiveness of both.

1. INTRODUÇÃO:

Classificação da terra serve três propósitos básicos. Os dois primeiros — desenvolvimento da informação necessária para a formulação de uma política e para o manejo da terra — diferem principalmente na quantidade da informação necessária. Um único sistema hierárquico de classificação pode servir ambos propósitos igualmente bem. Um terceiro propósito — coordenamento entre e dentro das agências relacionadas ao manejo da terra — proporcionam um argumento forte para uma classificação padronizada.

Várias tentativas de classificação foram desenvolvidas e aplicadas numa escala local e regional nos Estados Unidos. A tentativa taxonômica procura em estabelecer unidades terrestres através de sítios agrupados com propriedades similares. Sob a tentativa regional, a terra é subdividida em unidades naturais baseando-se nos padrões espaciais que afetam o uso dos recursos e processos naturais. O sistema apropriado depende do tipo de informação necessária.

Recentes desenvolvimentos nas técnicas para a classificação da terra envolvem o uso de sistemas de sensoriamento remoto eletrônicos e fotográficos que fornecem dados por intermédio de aviões e satélites orbitais.

Uma distinção precisa ser feita entre classificação da terra e mapeamento. Unidades de classificação definidas podem não coincidir com as escalas ma-

peadas. Em muitos casos, o padrão das unidades de classe da terra é entruncado para ser mostrado acurada e claramente numa escala selecionada para mapeamento. Conseqüentemente, unidades de classe precisam ser combinadas num mapeamento complexo e identificadas no mapa, com suas legendas como unidades de mapeamento ocorrendo como um complexo. Esta unidade de mapeamento é então descrita em relação às características e proporções que cada unidade do complexo contribui. Algumas vezes restrições da classificação permitem um sinônimo entre unidades de classificação e unidades de mapeamento.

Os processos de arranjar dados básicos para definir e identificar unidades da classificação são muitos e variados. Algumas técnicas mais antigas envolvem listas de espécies definidas qualitativa ou quantitativamente e o arranjo destas listas em alguma estrutura aparente para identificar classes pela lógica indutiva e dedutiva.

O sistema de classificação é uma combinação dos processos indutivos (capacidade de interpretar imagens sensoriadas remotamente) e processos dedutivos (divisão da paisagem relacionada com as necessidades da informação de recursos).

Sistemas de classificação da terra proporcionaram meios de agregar grandes quantidades de informação, e de extrapolar resultados de pesquisa e experiência de manejo entre unidades com propriedades similares.

* Trabalho patrocinado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Ib-Nideco, Universidade de Saarland e Sociedade Alemã de Cooperação Técnica (GTZ).

** Ph.D., professor de Fotointerpretação Florestal e Sensoriamento Remoto do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

2. ACESSO TEÓRICO PARA A CLASSIFICAÇÃO DA TERRA

Classificação da terra envolve processos que identificam, descrevem e nomeiam áreas em termos das suas características naturais sem tentar relacioná-las.

O termo classificação inclui tanto classificação e avaliação e o termo terra inclui tanto terra e sítio. Os seguintes são os processos específicos que são incluídos sob a classificação holística da terra. (Hills, 1970).

- a) Classificação de Sítio
- b) Avaliação de Sítio
- c) Avaliação da Terra
- d) Classificação da Terra

Classificação de sítio é a atividade que subdivide o manto contínuo da terra e água, que constitui a superfície da terra, em unidades de sítio fisiográficas apropriadas para estudar relações específicas dos suportes fisiográficos ambientais. Tais relações constituem a base para a determinação das alternativas do uso da terra depois que as unidades de sítio tenham sido agrupadas em unidades de terra.

Avaliação de sítio é o ordenamento da capacidade produtiva das unidades de sítio estabelecidas pela classificação de sítio. Este ordenamento pode ser em termos quantitativos e comparativos.

A avaliação da terra é uma formalização para o mapeamento daquelas estimativas finais da terra necessárias para o planejamento do uso da terra. O último tipo de estimativas é a praticabilidade do uso da terra, que desenvolve-se da avaliação da praticabilidade do local do sítio.

Classificação da terra é o específico sistema de classificação da terra que trabalha com a classificação dos ecossistemas humanos baseados nas suas características naturais e não nas suas categorias ou ordenamentos, que é avaliação da terra. Nem é esta classificação holística da terra que trabalha com os quatro específicos sistemas.

Neste estudo, a classificação da terra irá ser vista como uma **atividade**

diferenciada que é a subdivisão das áreas continentais em regiões de múltiplos usos que são divididas em unidades paisagísticas.

Tomando o Estado do Paraná como uma área continental, uma região geográfica (uma imagem do LANDSAT MSS) é conjuntamente decomposta das áreas circunvizinhas para atingir os objetivos específicos da análise geográfica. Devido a diversificação dos recursos naturais e humanos do Estado do Paraná, é necessário subdividir esta região geográfica definindo suas fronteiras.

As fronteiras desta região são baseadas nas amplas diferenças na fisiografia e não nas divisas políticas. Em tais casos, as divisões são destinadas e são classificadas pelo aspecto geológico e geomorfológico, tais como o Carbonífero Superior, o Devoniano Inferior, as Rochas Intrusivas Ácidas do Pré-Mesozoico e as Rochas Efusivas Ácidas.

3. HIPÓTESES DE PESQUISA E MODELOS

A ciência da vegetação tem uma tradição de quase três séculos. Trabalhos mais antigos eram principalmente envolvidos com a descrição da paisagem incomuns e suas vegetações. O caráter da paisagem é fortemente influenciado por tal projeção do tipo da vegetação como a floresta tropical úmida, cerrado, campos gerais e outras.

O caráter da paisagem é também influenciado por tais distintas e diferentes formas de vida como mostrado entre as florestas de folhas caducas e florestas sempre verdes, ou entre povoamentos de copas largas contrastadas com aquelas de copas finas, ou entre comunidades de folhas pequenas e folhas largas.

Se a vegetação consiste da comunidade de plantas, então isto implica somente plantas. Mas não é sempre vantajoso separar as plantas do seu meio ambiente; a combinação da comunidade de plantas e seu meio ambiente deverão ser tratadas como uma unidade. Tansley (1935) chamou tal combinação de "ecossistema".

Na definição da vegetação — aqui definido como o mosaico da comunidade

de plantas na paisagem — segue o estudo da vegetação, ou ciência da vegetação, definido como **fitocenologia**.

O mapeador da vegetação é chamado para mapear as comunidades de plantas ou fitocenoses. Contudo, tentativas de mostrar em excesso é usual, e fitogeocenoses tem sido mostradas em muitos mapas e em várias formas.

Assim como as comunidades de plantas são compostas de várias espécies, um número de fitocenologistas foram entretanto guiados em aproximar o estudo da vegetação somente do ponto de vista florístico, ignorando o outro caminho principal da análise detalhada da vegetação: fisiognomia. Na fisiognomia, a ênfase resta na aparência da vegetação, sem considerar a sua composição florística.

Um mapa de vegetação, para merecer seu nome, precisa mostrar a vegetação que consiste de plantas, ex.: plantas de várias espécies não são mapas de vegetação. Tais "mapas de áreas" referem somente para as regiões florísticas.

Contudo, uma mapa pode mostrar pinus, eucalyptus e bracaatinga. Nestas instâncias, a área de pinus não é equivalente à extensão geográfica do gênero *Pinus*. O mapa então implica a vegetação caracterizada por florestas de pinus em toda a sua complexidade, e similarmente para o eucalyptus e florestas de bracatinga. Tais mapas são considerados mapas de vegetação porque florestas de pinus, eucalyptus e bracatinga são fitocenoses.

4. MÉTODOS DE PESQUISA

O montante de inventário de campo depende primariamente no montante e detalhamento da informação existente disponível. O nível do inventário conduzido é determinado através de quanta informação é necessária para os vários estágios mais tarde no processo de planejamento. Mesmo se suficiente informação existe numa disciplina, o tempo alocado dentro da unidade de planejamento para se familiarizar com a área e suas interrelações é única para a área.

4.1. Introdução:

A aproximação ecológica para a análise vegetacional e recursos relatos enfatiza identificação e classificação das áreas que tenham ambientes efetivos equivalentes como evidenciado pela vegetação a qual cada área suporta. Como resultado da classificação, o analista de recursos pode controlar as respostas das unidades classificadas em vários usos da terra. Unidades idênticas e similares podem ser esperadas de ter respostas análogas para o uso da terra; então, classificação permite extração da resposta de uma unidade para outras unidades para práticas do uso da terra que possam variar do não-uso para alterações completas das unidades de recursos classificadas.

4.2. Use da classificação da terra:

Classificação da terra tem várias partes importantes ao nível local, servindo 1) como base das condições de estoque e inventário dos recursos atuais; 2) como meios de transferência de experiência e conhecimento sobre a área estudada para uma área desconhecida; 3) como uma armação para o acesso das oportunidades de manejo locais e predição de saída das ações e tratamentos, e 4) como um caminho para comunicação entre gerentes, pesquisadores, e o público.

Classificação da terra por si só proporciona muito pouca informação e a associação da informação (tais como crescimento e produção) com classes diferentes necessita ser estabelecida.

Classificação da terra serve para descrever as condições ambientais (tipos de lugares) e vem a ser o sistema de classificação básico para o preenchimento de dados em casos e experimentos.

4.3. Critérios para classificação:

Uma breve revisão dos usos e usuários ao nível do manejo da terra sugere uma multiplicidade de requerimentos. Em resumo, a classificação precisa ser:

1. Flexível, geral, e de ampla aplicabilidade geográfica no sentido de prever muitas espécies de informações sobre um campo de situações ambientais;

2. Acreditando profissionalmente, de preferência através de validação experimental;

3. Baseada em conceitos e lógica que seja entendida por pessoal não-técnico;

4. Lógica, consistente, e objetivamente quantificada para funcionar dentro de um empírico sistema de informação computacionalmente orientado;

5. Projetado e documentado para que pessoal profissional regular possa, com treinamento nominal, usar o sistema para identificar e mapear sítios de campo.

Nenhuma classificação única pode atender todos estes critérios, mas qualquer sistema deve ser objetivo e quantificado. Chaves de identificação de campo e regras de mapeamento devem ser explícitas, documentadas, e baseadas em atributos de observações e medições do meio ambiente. Máxima flexibilidade e generalidade pode ser achada em se desenvolvendo um banco de dados permanentes no conjunto de fatores não interpretados, tais como rochas, solos e topografia. O propósito de qualquer classificação específica deve ser feito explícito. Se o propósito se relaciona em prover certos tipos de informação de manejo, então a classificação deve ser empiricamente testada para ver se realiza esta função.

4.4. Princípios e Procedimentos da Classificação:

A maioria dos escritores (veja, por exemplo, Sokal 1974, e Grigg 1956), concordam em três propósitos básicos da classificação:

"Em dar nomes aos objetos e grupo de objetos",

"Em se transmitir informação sobre estes objetos", e

"Em se permitir generalizações a serem feitas sobre os objetos".

Como Grigg (1965) declarou: "Classificação é o agrupamento de objetos em classes na base das propriedades ou relações que eles têm em comum. Tal agru-

pamento pode ser alcançado por dois métodos distintos, classificação e divisão".

A inerente diferença entre estes dois métodos pode ser simplesmente reduzida para que um processo lógico induutivo ou um processo lógico dedutivo que seja aplicado. No último método (classificação), cada objeto é examinado individualmente, e alguma propriedade (ou propriedades) dele(s) é(são) utilizada(s) como critério (ou critérios) para relacioná-lo com outros objetos. Como um exemplo, parcelas de uma floresta, tendo a mesma composição de espécies, podem ser transferidas para diferentes classes em base de suas condições e estoque. Estas classes podem então serem agregadas mais à frente em classes mais amplas em base da composição das espécies. Todas as classes de espécies podem ser classificadas como sendo folhosas ou coníferas, e estas duas classes agrupadas conjuntamente para a formação da floresta.

No método da divisão (ou "divisão lógica", como é conhecida entre os taxonomistas), uma classe é criada na qual inclui todas as possíveis ocorrências que estão sendo consideradas (em nosso caso, a terra), e esta classe é sucessivamente subdividida em níveis hierárquicos em base dos princípios fundamentais das necessidades básicas para a classificação (em nosso caso, a cobertura da terra ou o uso do qual pode ser inferido ou interpretado desta cobertura). Neste processo dedutivo de divisão lógica, a inteira extensão de usos e tipos de cobertura precisam ser considerados antes que as classes possam ser criadas. Esta característica faz tal classificação ser aplicável para a área inteira ou região em consideração.

Mesmo que a classificação e a divisão lógica sejam descritas como processos distintos, elas são todavia bem associadas e produzem o mesmo resultado se aplicadas devidamente: **o sistema hierárquico de classificação**. Na maioria das aplicações durante a criação dos sistemas de classificação, o taxonomista usa tanto o método induutivo como o dedutivo. Com respeito à terra, ele adquire seu conhecimento sobre os possíveis tipos de usos e cobertura (ou outros critérios de classificação) indutivamente através da

experiência de campo, examinando fotografias aéreas e outras imagens sensoriadas remotamente, ou análise de outros dados. Ele então projeta um sistema tanto dividindo agregativa ou logicamente o uso da terra ou os tipos de cobertura observados. Tipicamente, este processo passa através de várias interações, até que os critérios para a agregação ou subdivisão sejam aparentes.

5. PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Na análise dos padrões da vegetação, começamos com a análise dos padrões ambientais. Dos padrões ambientais procedemos para a observação da resposta da vegetação. O objetivo final de ambos os métodos é de explicar as causas essenciais dos padrões da vegetação.

O método ambiente — para — vegetação produz um entendimento de ecologia da planta sob o conceito e derivação do grupo de espécies ecológicas.

5.1. Introdução:

O tratamento de amostras de vegetação através de comparações tabulares ou correlações matemáticas dirige independentemente a conclusão de que duas plantas não têm exatamente a mesma amplitude ecológica e sociológica. Contudo, estes tratamentos também mostram que algumas espécies são tão similares nas suas distribuições que elas podem ser combinadas em grupos. Este agrupamento é o primeiro passo para um arranjo ordenado das comunidades de plantas com respeito à composição das espécies.

Além da comparação tabular e tratamentos matemáticos das amostras de vegetação, ainda existe um terceiro método para o estabelecimento de grupos de espécies; a saber, através do estudo das respostas ambientais das espécies. Este método, exige um considerável conhecimento das relações ambientais de todas as espécies de plantas. Então, não pode ser aplicado durante os primeiros estágios de pesquisa da vegetação de uma área. Contudo, com o progressivo conhecimento ecológico, este método adquire importância, porque ele suporta a procura para as causas da distribuição das plantas e os padrões, ele simplifica

a definição das unidades de vegetação e portanto facilita a aplicação prática de informação da vegetação.

Similarmente, como as unidades da vegetação podem ser distinguidas através de grupos de espécies diferenciadas, eles podem também ser distinguidos através da presença dos chamados "grupos ecológicos". Todas estas espécies podem ser combinadas em um grupo ecológico, que assemelham-se ao "comportamento ecológico". Isto significa que as espécies que formam um grupo ecológico precisam mostrar relações similares para os mais importantes fatores de sítio. Os grupos são então nomeados depois da espécie representar bem as características do grupo.

É importante a implantação do conceito que as espécies de um grupo ecológico precisam também serem bem similares nas suas formas de vida. Portanto, elas representam ao mesmo tempo a synusia. Synusia ou "união" é um grupo de plantas da forma e tipo de vida ocorrendo juntamente no mesmo habitat que podem ser compostas de espécies não relacionadas, e que possam em parte se reporem em diferentes habitats. Contudo, a synusia não é bem o mesmo que um grupo ecológico. A synusia pode ser distinguida no campo sem muito estudo. Grupos ecológicos podem somente serem definidos depois da resposta das espécies para conhecidos gradientes ambientais que foram estabelecidos.

Em geral, um grupo ecológico é definido mais estreitamente do que a synusia. A synusia pode incluir vários grupos ecológicos, e um enorme número de espécies que podem mostrar diferentes correlações para os fatores ecológicos. "Grupos ecológicos" são definidos como espécies com modos bem similares de distribuição. O método é baseado na premissa que as comunidades de plantas não são organismos, que podem ser somente tratadas como um todo, mas aquelas comunidades são combinações de espécies de plantas, cuja composição é dependente sobre o meio-ambiente local. Comunidades de plantas são compostas em parte por espécies, que complementaram-se muito bem na forma de crescimento e nas exigências de sítio, por exemplo, árvores e arbustos, ervas com raízes profundas e rasas, géofitas de pri-

mavera e espécies perenes de verão. Tais espécies formam os grupos ecológicos.

5.2. Derivação dos Grupos Ecológicos:

Sendo que não há uma única espécie inteiramente com as mesmas relações ecológicas, grupos ecológicos podem somente ser estabelecidos através da abstração. Quais fatores de sítio são enfatizados e quais são negligenciados é uma questão de julgamento. Isto depende nas questões perguntadas ou no propósito do estudo. A escolha dos fatores ambientais não impede uma derivação objetiva dos grupos ecológicos, sendo que as suas avaliações podem ser controladas por medições.

Existem três principais maneiras na qual os grupos ecológicos podem ser estabelecidos:

a) Podemos condizer observações de campo de tal maneira que olhamos para grupos de espécies com relações ecológicas similares.

b) Podemos estudar o comportamento ecológico de muitas espécies individuais em relação a fatores de sítio único até que as relações ecológicas destas espécies possam ser expressas em figuras. As espécies são então arrumadas em grupos ecológicos subsequentemente.

c) O terceiro método faz uso de comparações tabulares ou correlações matemáticas para investigar quais caracteres das espécies podem formar grupos ecológicos.

Neste estudo, o primeiro método irá ser usado mas com o emprego de dados sensoriados remotamente.

O primeiro método é o menos exato, mas o objetivo é desenvolver um mapa de classificação florestal, sem muitas amostras vegetacionais que proporcionam um inventário do habitat suficiente para os propósitos florestais.

5.2.1. Técnicas Analíticas:

Classificações passadas foram desenvolvidas mais ou menos subjetivamente na base da habilidade do homem de reconhecer similaridades e perceber dife-

renças. Este método intuitivo foi aplicado com sucesso na construção de esquemas classificatórios para muitas espécies (Sokal, 1974). Em anos recentes, este método foi aumentado pelos métodos estatísticos multivariados. Este tipo de análise é comumente referido como taxonomia numérica. Em contraste com as práticas passadas, ela é padronizada e objetiva.

O recente sucesso na utilização destes procedimentos foi diretamente relacionado com o desenvolvimento do computador. Antes da avançada tecnologia de computadores, o número tremendo de cálculos fizeram estas técnicas numéricas impraticáveis. Agora grandes conjuntos de dados desenvolvidos por instrumentos de sensoriamento remoto podem ser analisados simultaneamente para desenvolver extensivas classificações úteis para os mais variados propósitos.

Uma técnica analítica que foi aplicada com sucesso para a classificação da terra foi a análise de conglomerados. Ela combina estatisticamente unidades individuais ou sítios em grupos largos sucessivamente. Os sítios são agregados na base de suas similaridades gerais como classificados através de índices tais como os conhecidos coeficientes de correlação ou a distância euclidiana. Muitas outras medidas podem ser usadas para agrupar os sítios, dependendo nos caracteres qualitativos e quantitativos dos dados. Muitas destas medidas semelhantes são descritas por Sneath e Sokal (1973).

Resultados desta análise numérica são normalmente apresentados na forma de uma árvore ou dendrograma detectando o nível de similaridade dos conglomerados. Então, o método desenvolve uma hierarquia similar a familiares chaves dicotomas.

A Figura 1 ilustra o típico dendrograma gerado pelo programa de análise conglomerados.

Esta técnica é proveitosa no desenvolvimento de novos esquemas de classificação da terra. Também pode ser útil em analisar sistemas existentes e determinar sua sensitividade para várias combinações das características de sítio. O método pode ser aplicado antes ou depois do inventário.

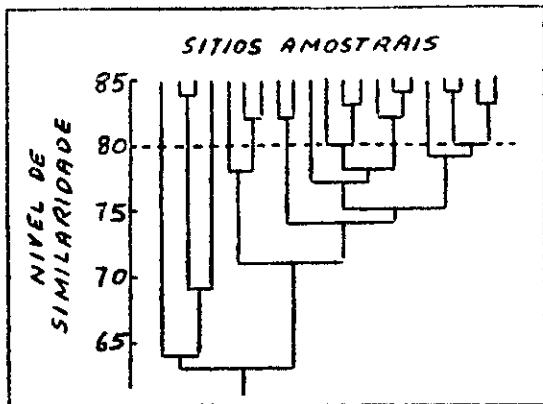


Figura 1: Dendrograma mostrando o resultado de sítios amostrais de conglomerados. Note que ao nível de similaridade de 80%, 13 classes são reconhecidas.

5.3. Sensoriamento Remoto como a Base da Fonte de Dados:

A mais óbvia vantagem de se obter dados através do sensoriamento remoto são as perspectivas aéreas e a grande cobertura conseguida, especialmente em áreas inacessíveis. Contudo, estas atribuições são somente significativas se os dados também incluem informações suficientes para atender os objetivos de aplicação do sensor usado. O conteúdo teórico de informação da imagem excede amplamente os dados terrestres.

O uso de sensores, especialmente câmaras em plataforma aéreas, se tornaram comuns e econômicas para muitos propósitos desde que a primeira fotografia aérea foi tomada nos meados do século 19 (Reeves, 1975). É comum e lógico se dividir a tecnologia em métodos eletrônicos e fotográficos. Esta divisão também vai ser ilustrada aqui, mesmo que a distinção entre os métodos eletrônicos e fotográficos estão ficando menos claros, especialmente em processamento de dados.

A resolução dos modernos filmes aéreos é provavelmente maior do que o necessário para a maioria das aplicações em recursos naturais. Mesmo com filme de baixa resolução, árvores individuais e arbustos são freqüentemente distinguidos em escala média (1:25.000). Escalas pequenas tomadas em aviões em altas

atitudes sempre contêm objetos que podem ser interpretados mas não são suficientemente grandes para serem mostradas em mapas.

O satélite LANDSAT proporciona o exemplo mais comum de dados eletrônicos. Apesar de não serem correspondentes na cobertura regional, os dados do LANDSAT têm baixa resolução. Como resultado, eles são úteis para o mapeamento dos principais tipos de vegetação e outros objetos na superfície. O LANDSAT proporciona cobertura sequencial de grandes áreas e pode ser usado para controlar áreas com cobertura vegetal.

Neste estudo, o objeto da classificação é de diferenciar e classificar, em escalas pequenas, médias e grandes, segmentos ecológicos significantes da superfície da terra e para os propósitos de:

a) proporcionar uma estrutura lógica para informação de cobertura da terra que possa ser primariamente derivada de sensores remotos e possa ser aplicada para o manejo e planejamento dos recursos da terra em muitas situações através do Paraná.

b) mostrar como a metodologia pode ser aplicada num programa nacional.

5.4. Métodos de Coleta dos Dados:

No procedimento do método de classificação a área irá ser dividida em três níveis, e as escalas de mapeamento são as seguintes:

- a) Região geográfica — 1:1.000.000
- b) Paisagem geológica e geomorfológica — 1:250.000
- c) Tipo da terra — 1:25.000 e 1.60.000.

Neste sentido, para uma comparação da efetividade das técnicas de interpretação visual e automática, dois diferentes mapas ecológicos de classificação da terra irão ser preparados:

Mapa I — um mapa composto produzido pela interpretação visual das imagens do LANDSAT e fotografias aéreas;

MAPA II — baseado na interpretação automática não supervisionada usando o Sistema MDAS ou IMAGE-100 no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em São José dos Campos, São Paulo.

5.4.1. Interpretação Visual das Imagens do LANDSAT e Fotos Aéreas:

A classificação para este método irá ser baseada numa amostragem em múltiplos estágios, como o segue:

- a) Usar as fotos 1:25.000 em conjunto com o apoio de campo para os dados de verdade terrestres;
- b) Combinar amostragem em 2 estágios baseados no LANDSAT e as fotos de 1:60.000;
- c) Antes de irmos adiante:
 - c.1) Diminua o escopo do projeto para um selecionado grupo de tipos de cobertura, provavelmente não mais do que 10.
 - c.2) Cuidadosamente defina todos os tipos florestais a serem interpretados.
 - c.3) Prepare uma chave dicótoma para estes 10 tipos.
- d) Assim que a chave estiver pronta, teste-a em parte na imagem do LANDSAT e nas fotos de 1:60.000;
- e) Revise a chave baseada nestas tentativas ("d" acima);
- f) Comece do início (elimine os resultados do item "d"), porque mudanças na chave provavelmente invalidarão o trabalho feito no item "e";
- g) Empregue o esquema da amostragem depois do item "e" (ou "f") estar completo.

NOTA: Assim que a chave estiver pronta (item "e" acima), é necessário descrever porque cada tipo é distinto em termos da composição da espécie e forma e o fluxo de energia (refletividade) que resulta em imagens distintas.

- h) Complete toda a amostragem antes de preparar os dados de verdade terrestre das fotos de 1:25.000 e apoio de campo;
- i) Determine a precisão dos resultados, baseado nas fotos de 1:25.000 e apoio de campo.

5.4.2. Interpretação Automática não Supervisionada

Neste método, a imagem a ser classificada é rastreada (varrida) e um histograma unidimensional da intensidade dos vetores é criado. Em se escolhendo um nível, a intensidade dos vetores pode ser agrupada em conglomerados. O intérprete escolhe o valor do nível. Este procedimento faz o método ser interativo; o intérprete pode desmembrar um conglomerado específico através do aumento do valor do nível e considerando somente os vetores que pertencem àquele conglomerado.

A vantagem da técnica de classificação não-supervisionada é que o computador como pouco uso interativo e tempo, dá uma impressão dos quais objetos são separáveis.

Em se usando o método de interpretação visual, muitos critérios como forma, tamanho, tom, textura, padrão, ou cor dentro de uma parcela terrestre particular são utilizadas para identificar esta parcela, então relacionando formas achadas na imagem para suas funções na paisagem. Uma função da classificação é de minimizar a variância dentro das classes criadas, e então assegurando aquela informação transmitida em se nomeando a classe o mais coerente possível. Este é o mesmo procedimento, por exemplo, que é assegurado na classificação assistida por computador dos dados digitais do LANDSAT em classe de cobertura terrestre. Similarmente, parcelas da terra são agrupadas em base de suas respostas espectrais que representam uma agregação de muitas características da superfície terrestre (por exemplo, tipo de solo, umidade presente, e tipo de cobertura) mostradas como níveis espectrais discretos para cada pixel (unidade de observação, ou campo de visada instantâneo) do LANDSAT.

Para comparar estes dois mapas, os seguintes aspectos têm de ser considerados:

- a) O número e tamanho (detalhe) da unidade do mapa.
- b) A exatidão da classificação das unidades mapeadas.
- c) A exatidão ou significância das divisões do sistema terrestre (unidades de mapeamento).

d) Números de tipos terrestres (ecossistemas) que são usados na legenda.

6. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA TERRESTRE

A necessidade de se construir um sistema de classificação hierárquico que possa ser relacionado aos níveis nacional, estadual, regional, ou local nas quais são feitas decisões é necessário para se atender os propósitos na secção 5.3. O aumento da procura de recursos e capacidades técnicas o fizeram imperativo, que a informação do uso da terra e da cobertura necessária por organizações públicas e privativas seja obtida através da interpretação de dados obtidos por sensores remotos em aviões e satélites.

De acordo com o Serviço Geológico Norte-Americano (U.S.G.S.) (Avery, 1977), um sistema de classificação do uso da terra/cobertura da terra que possa efetivamente empregar dados de sensores remoto orbitais e de alta-altitude devem atender os seguintes critérios:

1. O nível mínimo de exatidão de interpretação na identificação das categorias de uso da terra e cobertura da terra de dados de sensores remoto deve ser de 85 por cento.

2. A exatidão de interpretação de várias categorias deve ser mais ou menos igual.

3. Resultados repetidos e repetitivos devem ser obtidos de um intérprete para outro e de um tempo de sensoreamento para outro.

4. O sistema de classificação deve ser aplicado sobre áreas extensas.

5. A categorização deverá permitir a vegetação e outros tipos de cobertura terrestre a serem usados como substituto para atividades.

6. O sistema de classificação deverá ser adequado para o uso com dados de sensores remotos obtidos em diferentes épocas do ano.

7. Uso efetivo das subcategorias que podem ser obtidas de inventários terrestres ou do uso de dados de escalas grandes de sensores remotos realçados deverão ser possíveis.

8. Ser possível a agregação das categorias.

9. Ser possível a comparação com dados futuros do uso da terra.

10. Usos múltiplos da terra devem ser reconhecidos quando possível.

Alguns destes critérios são aplicados para a classificação em geral, e outros são somente aplicados primeiramente aos dados interpretados das imagens de sensores remotos.

O sistema tenta atender a necessidade para periódicos controles de uso e cobertura da terra na base que é uniforme na categorização nos primeiros e segundos níveis gerais. Ele é projetado para ser aberto e fechado e suficientemente flexível, sendo que níveis adicionais de categorização possam ser adicionados e definidos de tal maneira que o uso da terra regional e ocorrências de cobertura ou necessidades de dados possam ser acomodados.

Os níveis I e II do sistema são mostrados na tabela 1, que é usada no esquema de classificação.

Tabela 1. Sistema de classificação do Serviço Geológico Americano (U.S.G.S.) para uso da terra e cobertura da terra para uso com dados remotamente sensoriados e coloração do mapa.

1 — Terras urbanas e construídas (vermelha)

1.1. Residencial

1.2. Comercial e de serviços

1.3. Industrial

1.4. Transporte, comunicação e utilidades

1.5. Complexos industriais e comerciais

1.6. Urbana, mista ou terra construída

1.7. Outras urbanas ou terra construída

2 — Terras agricultáveis (marrom claro)

2.1. Terras de colheita e pasto

2.2. Pomares, pequenos bosques, vinhedos, viveiros e áreas de horticultura ornamentais

2.3. Operações de alimentação confinadas

2.4. Outras terras de agricultura

3 — Terras de campos gerais (laranja claro)

3.1.	Terras de campos gerais herbáceos
3.2.	Terras de capões e arbustos
3.3.	Terras de campos gerais mistas
4 —	Terras de florestas (verde)
4.1.	Folhas caducas
4.2.	Sempre verdes
4.3.	Mistas
5 —	Água (azul escuro)
5.1.	Rios e canais
5.2.	Lagos
5.3.	Reservatórios
5.4.	Baía e estuários
6 —	Terras úmidas (azul-claro)
6.1.	Terras úmidas florestadas
6.2.	Terras úmidas não florestadas
7 —	Terras áridas (cinza)
7.1.	Salinas
7.2.	Praias
das	Terras arenosas com excessão praias
	7.4. Rochas expostas
7.5.	Minas de faixas, pedreiras
7.6.	Áreas de transição
7.7.	Terras áridas mistas
8 —	Tundra (cinza-verde)
8.1.	Tundra de capões e arbustos
8.2.	Tundra herbácea
8.3.	Tundra de chão exposto
8.4.	Tundra úmida
8.5.	Tundra mista
9 —	Neve perene ou gelo (branco)
9.1.	Campos de neve perenes
9.2.	Glaciais

Nível I é baseado primariamente na cobertura da superfície; Nível II é derivado do uso e da cobertura. Os códigos de cores são baseados nas recomendações da União Internacional de Geografia.

Dados do uso da terra e da cobertura da terra necessários para propósitos de planejamento e manejo e a precisão de interpretação nos níveis generalizados primeiro e segundo é satisfatório quando o intérprete faz interpretações corretas 85 a 90 por cento do tempo. Exceto para áreas urbanas e comerciais, isto pode ser sempre alcançada com imagens de satélites.

Neste estudo, a classificação é uma relação da vegetação que irá ser classificada e mapeada em dois níveis.

a) primeiro, de acordo com os principais tipos de vegetação, chamados "classe de cobertura de vegetação" que pode ser delineada por interpretação esteoroscópica de fotografia aérea;

b) segundo, de acordo com as espécies de plantas dominantes, chamadas "tipos de espécies" que são delineados através da combinação da fotointerpretação e observações no chão.

Existem certos requerimentos mínimos para o reconhecimento da vegetação precedente e outros elementos, que são:

a) A presença de espécies de coníferas comerciais é indicado sempre que suas coberturas sejam de 5 por cento ou mais.

b) A presença de espécies de coníferas não comerciais e espécies de folhosas é indicado sempre que suas coberturas sejam de 5 por cento ou mais, exceto quando em associação com espécies de coníferas comerciais. Neste último caso, a cobertura precisa ser de 20 por cento ou mais antes que o reconhecimento seja dado.

c) A presença de arbustos é indicado sempre que suas coberturas sejam de 5 por cento ou mais, exceto quando em associação com cobertura de árvores. Neste último caso, a cobertura dos arbustos precisa ser de 20 por cento ou mais antes que o reconhecimento seja dado.

d) A cobertura de dados ou outros elementos precisa ser 20 por cento ou mais para ser indicado.

e) Áreas de agricultura ou urbanas não irão ser mostradas em combinação com outros elementos.

As seguintes tabelas indicam a classificação que irá ser seguida neste estudo.

Tabela 2. Classe de cobertura da vegetação (Küchler, 1967)

C : Coníferas comerciais: Todas as espécies de coníferas que são consideradas valiosas geralmente para serraria, polpa, ou usos relativos.

K : Coníferas não comerciais: Espécies de coníferas não consideradas atualmente comercializáveis.

- Ho : Folhosas velhas: Povoamentos em que folhosas maduras (28cm de DAP ou mais) compreendem mais do que 50% de cobertura das copas.
 Hy : Folhosas jovens: Povoamentos em que as folhosas maduras compreendem menos do que 50% das copas das folhosas.
 S : Arbustos: Todos os arbustos.
 N : Terras não-florestais: Terra não apropriada para a produção de madeira de coníferas comerciais e onde a copa das árvores cobre menos do que 5% no chão.
 N+ : Terras não-florestais: Terra não apropriada para a produção de madeira de coníferas comerciais mas que sustenta povoamentos de árvores (espécies de coníferas comerciais, espécies de coníferas não comerciais ou espécies de folhosas) num terreno que permite a exploração das árvores.
 N- : Terras não-florestais: Terra não apropriada para a produção de madeira de coníferas comerciais mas que sustenta povoamentos de árvores num terreno tão acidentado ou com condições de superfícies tão adversas que existe uma remota possibilidade das árvores serem exploradas.
 F : Matagal de ervas: Plantas herbáceas que formam tufos em tamanho e aparência em crescimento.
 G : Grama: Inclui todas as gramíneas e outras plantas herbáceas associadas (não em cultivo). Pradarias em crescimento são incluídas.
 M : Pântanos: Áreas de drenagem precária ou solos parcialmente submersos que suportam vegetações características nesta situação.
 B0 : Queimadas: Aplicada a terras florestais, terras arbustivas, terras madeireiras que tenham sido queimadas e com vegetação ainda não estabelecida. Áreas classificadas tendo densidade de vegetação de 5% ou mais não são designadas como áreas queimadas. Terras de gramíneas não são nunca designadas como queimadas.

- CO : Corte: Aplicadas em áreas madeireiras que tenham sido obviamente exploradas.
 B : Chão aberto: Áreas onde o solo é praticamente destituído de vegetação. Pouca vegetação é incluída.
 R : Rochas: Áreas de rochas sólidas ou terras que tenham pequenas rochas. Praias sujeitas a infreqüentes inundações sem vegetação e dunas são incluídas.
 A : Agricultura: Terra sendo cultivada para culturas pastos irrigados, etc.
 U : Industrial-Urbano: Áreas industriais, residenciais e comerciais. Minas e moinhos são incluídos.
Tabela 3: Classes de Idade (Küchler, 1967):
 O : Crescimento maduro: Povoamentos nas quais as árvores maduras compreendem 80% ou mais das copas das coníferas comerciais.
 Oy : Crescimento-maduro — crescimento jovem: Povoamentos nas quais as árvores maduras compreendem 50 a 80% das copas das coníferas comerciais.
 YO: Crescimento-jovem — Crescimento maduro: Povoamentos nas quais as árvores maduras compreendem 20 a 50% das copas das coníferas comerciais.
 Y : Crescimento-jovem: Povoamentos nas quais as árvores maduras correspondem menos do que 20% das copas das coníferas comerciais.

Tabela 4: Classes de Densidade (Küchler, 1967):

- 1 : Denso: Cobertura maior que 80%
- 2 : Semi-denso: Cobertura entre 50% e 80%
- 3 : Aberto: Cobertura entre 20% a 80%
- 4 : Muito aberto: Cobertura entre 5% a 20%
- 5 : Extremamente aberto: Cobertura menor que 5%

Estes dados, na forma de letras e números, são escritos na forma de fração, onde cada item tem o seu lugar (Tabela 5).

Tabela 5 - Exemplo da classificação da simbologia (Küchler, 1967)

Estrutura da Idade da Madeira

0: Crescimento velho
0y: Crescimento jovem/velho
y0: Crescimento jovem/maduro
y: Crescimento jovem

Terras não madeireiras

N+: povoamentos de árvores num terreno plano
N-: povoamento de árvores num terreno ondulado
N : Sem povoamentos de árvores

Estrutura da Idade de "H"

0 : Crescimento velho
y : Crescimento jovem

Densidade da Madeira para Serraria.

1. Denso
2. Semidenso
3. Aberto
4. Muito aberto
5. Extremamente aberto

Densidade de toda a Madeira

1. Denso
2. Semi-denso
3. Aberto
4. Muito aberto
5. Extremamente aberto

Densidade de toda vegetação

1. Denso
2. Semidenso
3. Aberto
4. Muito aberto
5. Extremamente aberto

Esta área foi cortada nos anos recentes.

Cobertura da Vegetação e outros elementos

- C — Coníferas comerciais
- K — Coníferas inferiores
- H — folhosas
- S — arbustos
- F — ervas arbustivas
- G — grama
- M — alagadiço
- B — chão aberto
- R — Rochas
- A — cultivado
- U — urbano/industrial

7. SUMÁRIO:

Este estudo tenta demonstrar métodos de classificação baseados na interpretação visual e automática para a classificação da terra e comparar a efetividade de ambos.

Na minha opinião, as vantagens deste estudo são:

- 1 — A metodologia da classificação é baseada em amplas diferenças em divisas fisiográficas e não em divisas políticas.
- 2 — Segue uma classificação ecológica da terra
- 3 — Os resultados deste estudo tentarão enfatizar a importância da utilização de dados sensoriais remotamente, e a aplicação de amostragens em múltiplos estágios.
- 4 — É um estudo dinâmico em que mais níveis de classificação podem ser incluídos na chave da classificação.
- 5 — A comparação dos métodos de interpretação visual e automático dará para uma platéia técnica uma visão global da efetividade de ambos os métodos.

Algumas desvantagens são:

- 1 — O processo de classificação poderá ser caro e uma análise detalhada deverá ser feita se aplicado em áreas extensas.
- 2 — A metodologia da amostragem deverá ser estabelecida em não se tentar superestimar as áreas.
- 3 — Grande atenção deverá ser dado em relação à duração do estudo.

8. BIBLIOGRAFIA:

1. Avery, Thomas E. 1977. Interpretation of Aerial Photographs 3rd. edition. Burgess Publishing Co. Minneapolis, Minnesota.
2. Chisholm, Daniel K. 1978. A Review of One Forest Service Planning Process. Prepared for a course on the Resource Development Department RD 880. Michigan State University. East Lansing, Michigan.
3. Dombois, Dieter M., Ellemberg, H. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons. New York.
4. Ecological (Biophysical) Land Classification in Canada. 1976. Proceedings of the first meeting Canada Committee on Ecological (Biophysical) Land Classification. Petawawa, Ontario, Canada.
5. Grigg, D. 1965. The logic Regional Systems. Ann. Assoc. Am. Geogr. 55: 465-491.
6. Hills, G. A., Love, D.V., Lacate, D.S. 1970. Developing a Better Environment. Ecological Land-Use Planning in Ontario. The Ontario Economic Council. Canada.
7. Kühler, A.W. 1967. Vegetation Mapping. The Ronald Press Company. New York.
8. Reeves, R.G. ed. 1975. Manual of Remote Sensing. Am. Soc. of Photogrammetry Falls Church, Va.
9. Sneath, P. H.A., and Sokal, R.R. 1973. Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification. 573p. W.H. Freeman and Co. San Francisco.
10. Sokal, R.R. 1974. Classification — Purposes, Principles, Progress, Prospects. Science 185: 1115-1123.
11. Tansley, A.G. 1935. The Use and Abuse of Vegetation Concepts and Terms. Ecology, Vol. 16, pp. 284-307.