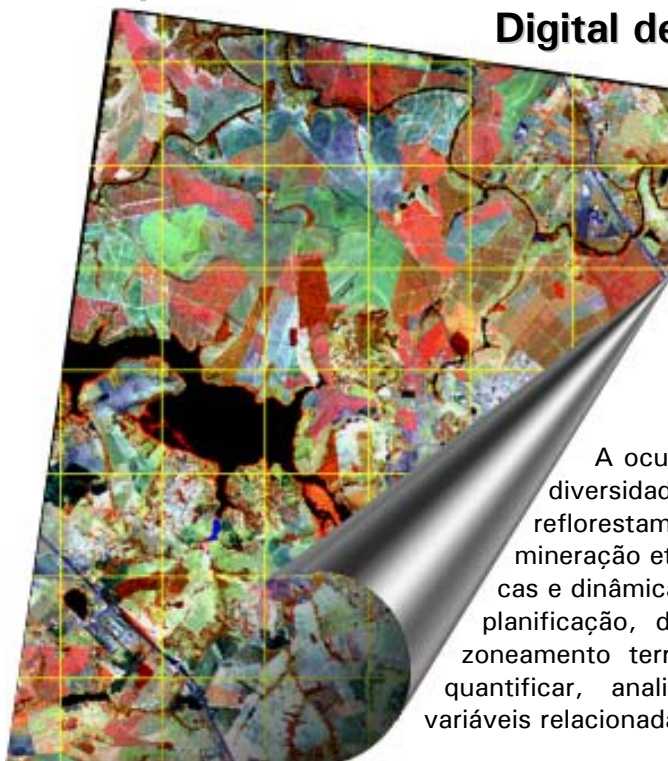


Mapeamento de Uso das Terras Utilizando Processamento Digital de Imagem de Sensoriamento Remoto



Emílio Carlos de Azevedo¹
João Alfredo de Carvalho Mangabeira²

Introdução

A ocupação das terras no Brasil apresenta grande diversidade espaço-temporal: agricultura, pastagens, reflorestamentos, vegetação natural, urbanização, mineração etc. Cada uma delas apresentam características e dinâmica espaço-temporal específicas. Para fins de planificação, de monitoramento, de ordenamento, e de zoneamento territorial, é necessário identificar, qualificar, quantificar, analisar, avaliar e caracterizar as diversas variáveis relacionadas ao uso das terras.

Por outro lado, para a caracterização do uso atual das terras existem vários métodos tradicionais de levantamento de campo, como aqueles auxiliados por fotografias aéreas ou pela cartografia temática, entre outros. Estes métodos são caros e de difícil execução, para resultados que, muitas vezes, ao final do trabalho já estão desatualizados. Sendo assim, o uso de métodos tradicionais de levantamento do uso das terras, em razão do custo elevado dos instrumentos e a dificuldade de disponibilizar as informações de maneira rápida aos tomadores de decisão, torna proibitivo seu emprego de forma sistemática e repetitiva sobre grandes extensões de território. Desta forma, existe a necessidade de se utilizar métodos que possibilitem o levantamento do uso das terras de maneira eficiente, rápida e que tenham relativamente baixo custo.

Neste contexto, a forma mais eficiente e rápida para caracterizar o uso atual das terras é por meio dos recursos instrumentais oferecidos pelo sensoriamento remoto (SR), com auxílio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e dos Sistemas de Posicionamento Global (GPSs).

O processo de levantamento e caracterização do uso das terras, nesse caso, pode ser grandemente facilitado pela utilização de imagens de satélites e outros recursos de sensoriamento remoto, que podem gerar dados passíveis de serem geocodificados, ou seja, integrados, relacionados e espacializados nos sistemas de informações geográficas (SIGs). Esses, em conjunto com os GPSs, são considerados, atualmente, como a maneira mais eficiente de levantamento e identificação do uso das terras.

¹ Professor da Universidade Federal de Mato Grosso (FAMEV-DSE), Av. Fernando Corrêa da Costa s/n°, CEP 78060-900, Cuiabá-MT, emilioaz@terra.com.br (Em pós-graduação na Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP)

² Pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Caixa Postal 491, CEP 13001-970, Campinas-SP, manga@cnpm.embrapa.br (Em pós-graduação na Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP)

Hoje em dia, assumindo uma série de funções anteriormente atendidas pela aerofotogrametria, o sensoriamento remoto multiespectral apresenta uma série de vantagens, a saber: baixo custo por área específica; aspectos diacrônico (alta frequência de repetitividade da tomada de imagens) e sincrônico da captação das imagens; aspecto multiespectral das imagens; caráter digital dos dados adquiridos; e, facilidade de integração com bases de dados geocodificados, cartográficos ou numéricos, através de sistemas de informações geográficas (SIGs).

Assim, dados orbitais tornaram-se essenciais também para estudos ambientais e meteorológicos (PETKOV, PIERI, MASELI et al., 1992); para estudos ecológicos e mapeamentos da cobertura e uso das terras (MENDONÇA, 1981; AZEVEDO & VERDESIO, 1984; PINTO, VALERIO FILHO & GARCIA, 1988; MATSON & USTIN, 1991; ROUGHGARDEN, RUNNING & MATSON, 1991; HOFFER, 1994); para a compreensão da diversidade biológica e para análises de padrões da paisagem (MATSON & USTIN, 1991; BENSON & MACKENZIE, 1995), e para a classificação e mapeamento de florestas (SZEKIELDA, 1988; WOODCOCK, COLLINS, GOPAL et al., 1994; BATISTELLA, COUTINHO, MIRANDA et al., 1995; GOPAL & WOODCOCK, 1996; CARPENTER, GJAJA, SUCHARITA et al., 1997), entre outros.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo o mapeamento de uso das terras utilizando o processamento digital de imagem de sensoriamento remoto, utilizando-se a interpretação visual, a classificação digital supervisionada, e a classificação híbrida (classificação digital + interpretação visual), utilizando-se imagem TM do satélite Landsat 7.

Material e Métodos

Área de estudo

A área em estudo engloba a região compreendida entre as coordenadas geográficas 266.000 e 282.000 E e 7.478.000 e 7.494.000 N, abrangendo os municípios de Campinas, Americana e Paulínia, do Estado de São Paulo, sendo este último município predominante na área de trabalho. Esse município possui uma área total de 13.720 hectares, dos quais 8.175,6 hectares são relativos a área rural, e se encontra numa altitude média de 587 m (sede do município).

Procedimentos adotados

O presente trabalho foi realizado com auxílio do programa IDRISI 3.0, conforme os procedimentos contidos no Manual do Usuário (EASTMAN, 1998), em todas as etapas, desde o pré-processamento das imagens, obtenção de composições coloridas, mapeamento, cálculo de áreas e classificação digital.

A realização do levantamento de uso das terras da área de trabalho foi realizada utilizando-se os seguintes métodos de mapeamento:

- Interpretação visual,
- Classificação digital supervisionada, considerando-se todos os temas da legenda utilizada na interpretação visual, com exceção do tema rede viária; e,
- Classificação híbrida, a partir da seleção de temas da legenda da interpretação visual, com base na comparação de assinaturas dos temas, eliminando-se aqueles com comportamento espectral muito semelhante.

O tema rede viária não foi considerado na classificação digital, em razão de apresentar grande variação de níveis de cinza, somado ao fato de que, na maioria das vezes, apresenta-se no campo, com dimensões inferiores a resolução espacial do sensor do satélite. Isto poderia

propiciar maiores erros na classificação digital. Porém, na interpretação visual esse tema é facilmente interpretado na imagem de satélite, em razão do alto contraste que apresenta em relação às áreas vizinhas.

Para isso foram necessárias as realizações dos seguintes procedimentos:

- a) **Pré-processamento da imagem:** constou de filtragem das bandas 3, 4 e 5, utilizando-se filtro de passa alta, do tipo Laplaciano; contraste linear para converter e transformar números reais em byte; composição colorida RGB453 + contraste linear com saturação 2,5%, realizados em conjunto; e, correção geométrica, com o auxílio das coordenadas de 16 pontos de controle no terreno, obtidos com auxílio de GPS marca Trimble, com a obtenção de um desvio do quadrado médio com valor igual a 1,005 pixels.

A opção pela utilização da composição colorida RGB453 é decorrência desta apresentar uma melhor composição de cores, permitindo uma imagem de melhor qualidade para a interpretação visual.

O interpolador utilizado na correção geométrica foi o vizinho mais próximo, em razão deste alterar menos os níveis de cinza dos pixels originais, o que é necessário para a classificação digital nas bandas brutas dos canais 3, 4 e 5.

- b) **Levantamento e mapeamento do uso atual das terras:** para o mapeamento e levantamento do uso das terras e obtenção da base cartográfica, referente à área de trabalho, foi utilizada imagem multiespectral TM do satélite LANDSAT 7, órbita ponto 219/076, com passagem em 3 de agosto de 1999, de composição colorida RGB453, em meio digital, sendo adotado os procedimentos contidos nas Normas Técnicas para Mapeamento de Recursos Naturais Através de Sensoriamento Remoto (INCRA, 1995). A Figura 1 mostra a imagem utilizada para o mapeamento.

A seguir são descritos os métodos utilizados no levantamento e mapeamento de uso das terras:

Mapeamento de uso das terras por meio da interpretação visual: inicialmente fez-se o mapa preliminar por meio da interpretação inicial, delimitando as unidades por tipos de uso da terra, caracterizadas conforme a chave de interpretação visual convencionada, a qual é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1. Chave de interpretação visual convencionada para o mapeamento do uso das terras, em imagem Landsat7/TM, composição colorida RGB453.

Uso da Terra	Cor e Tonalidade	Textura	Limites	Forma
Área Urbana	azul c/ altern. de tons	grosseira	definidos	irregular
Café	marrom	média	definidos	regular
Cana-de-Açúcar	vermelho/verde/azul	média	definidos	regular
Citrus	marrom/azul/vermelho	média	definidos	regular
Corpos D'Água	preto	finas	definidos	irregular
Cultura anual	verde claro/vermelho	média/grosseira	indefinidos	irregular
Mata	vermelho escuro	média	definidos	regular/irregular
Pastagem	amarelo a verde claro	média	definidos	regular
Eucalipto	vermelho claro	média/grosseira	definidos	regular
Solo Exposto	azul escuro	finas	definidos	regular
Capoeira	marrom	finas/média	indefinidos	irregular
Rede Viária	tons claros	média	definidos	regular

IMAGEM LANDSAT7/TM - COMPOSIÇÃO COLORIDA RGB453

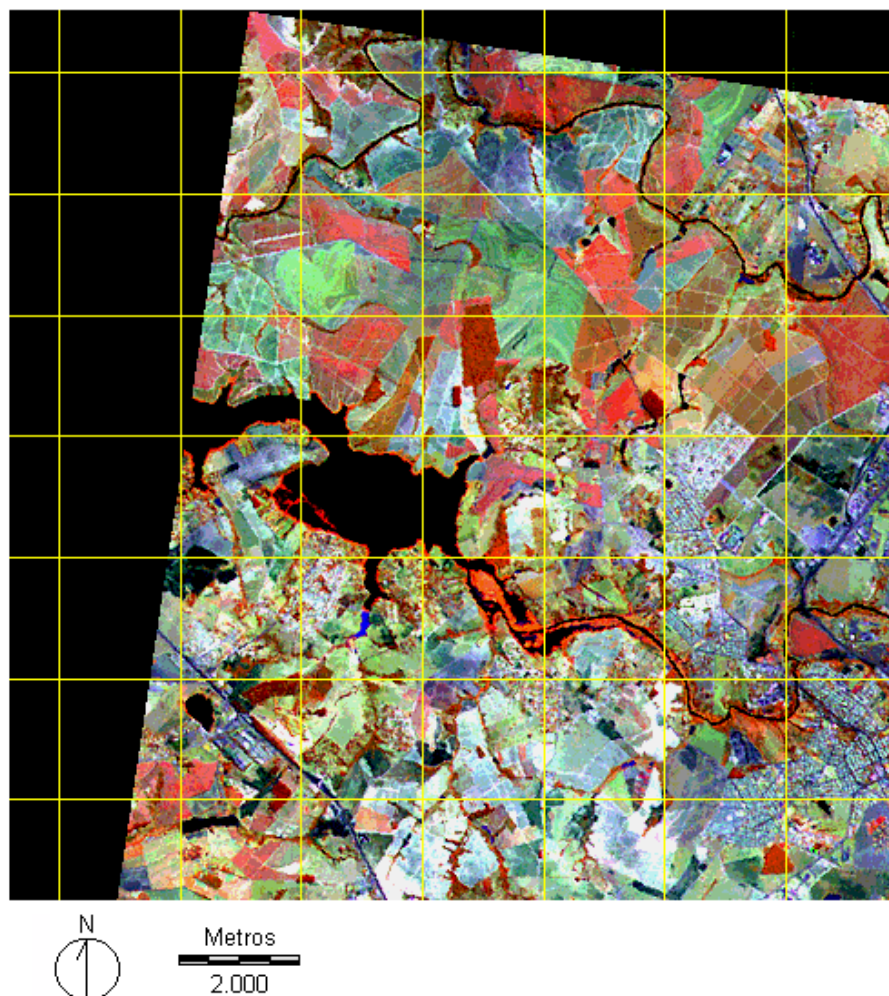


Fig. 1. Imagem TM do satélite Landsat 7, órbita ponto 219/076, com passagem em 03 de agosto de 1999, de composição colorida RGB453.

Depois de concluído os trabalhos de mapeamento preliminar, realizou-se a etapa de constatações e confirmações no campo dos temas mapeados, possibilitando assim maior precisão e confiabilidade das áreas mapeadas. Para isso, foi seguido um roteiro previamente planejado, que permitiu abranger a totalidade da área em estudo de forma criteriosa. No campo foram obtidas coordenadas geográficas de vários pontos, com auxílio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) de marca Timble, para auxílio posterior na redefinição dos temas mapeados para o mapeamento final. Nesta etapa, foram tiradas várias fotos dos temas mapeados. Com base nas informações coletadas no campo, realizou-se as redefinições dos limites, correções e complementações do mapeamento.

Para a elaboração do mapa final foi adotado o seguinte procedimento: digitalização na tela de arquivos vetores contendo as áreas mapeadas de cada tema, sendo utilizado para cada tema um arquivo específico; e posterior rasterização de cada arquivo vetor, obtendo-se a imagem com os temas mapeados.

Mapeamento de uso das terras por meio da classificação digital supervisionada: determinação do conjunto de amostras de treinamento utilizadas, mediante sua digitalização em arquivo vetor sobre a imagem de composição colorida RGB453; identificação das assinaturas de cada tema considerado; e, classificação digital utilizando-se o método de agrupamento da máxima verossimilhança, considerando-se as bandas brutas dos canais 3, 4 e 5 com correção geométrica. Após análise das assinaturas e dos histogramas do conjunto de amostras de treinamento de cada tema, determinou-se novo limite de corte, tendo como critérios um desvio padrão menor que 5%, e eliminação de pixels isolados e que não representassem o tema. Nesta classificação foram utilizados os seguintes temas: área urbana, café, cana-de-açúcar, citrus, corpos d'água, cultura anual, mata, pastagem, eucalipto, solo exposto e capoeira.

Mapeamento de uso das terras por meio da classificação híbrida: seleção de temas a serem classificados digitalmente a partir dos resultados da classificação digital supervisionada realizada com todos os temas, eliminando-se aqueles com comportamento espectral semelhante; classificação digital, utilizando-se o método de agrupamento da máxima verossimilhança, considerando-se as bandas brutas dos canais 3, 4 e 5 com correção geométrica; e, overlay dos temas mapeados na interpretação visual que não foram utilizados na classificação. Neste caso, utilizou-se para a classificação digital os seguintes temas: cana-de-açúcar, citrus, corpos d'água, cultura anual, mata e pastagem. O restante dos temas foi obtido do mapeamento da interpretação visual.

Ressalta-se que as imagens utilizadas para a classificação digital tiveram somente como pré-tratamento a correção geométrica, com a finalidade de alterar o mínimo os valores dos pixels originais.

Resultados e Discussão

Categorias de uso e ocupação das terras

A partir da utilização das propriedades básicas na imagem de satélite (Tabela 1), cor, tonalidade, textura, limites, forma e contexto, e após os trabalhos de campo, para a interpretação visual, foi possível identificar as seguintes categorias de uso e ocupação das terras na área de trabalho:

Área urbana: nesta categoria estão incluídas áreas de uso intensivo, principalmente a área urbana central e da periferia da cidade de Paulínia, além das áreas de uso semi-intensivo urbano, como os vilarejos. Esta classe possui contexto interpretativo visual em tons claros (níveis de cinza), relacionados pela reflectância inerente a textura característica deste tipo de padrão, ou seja, pelo arranjo de tons claros produzidos através do efeito reflectivo do conjunto intensivo de pequenas feições que compõem esta categoria. Apresenta uma grande variação dos níveis de cinza, uma vez que é formada por uma grande variação de objetos que a compõem, os quais apresentam comportamento espectrais diferenciado;

Café: é uma cultura perene com resposta espectral muito próxima da cultura de citrus, o que forçou uma checagem de campo muito rigorosa para diferenciação destas culturas;

Cana-de-açúcar: cultura com talhões bem definidos na imagem de satélite, com atributos de textura facilmente interpretados em relação aos padrões de matas, por ser mais homogêneo e contínuo. Porém, tomou-se o cuidado para não confundir na interpretação visual, quanto ao estágio vegetativo que se encontrava a cultura na data da imagem. Cana colhida por máquina, por causa da grande quantidade de palha que fica depois da colheita, pode-se confundir, na interpretação visual, com área de solo nu ou cultura anual, por isto checagens de campo foram necessárias. Cana em diferentes estágios vegetativos também dificultaram a interpretação visual;

Citrus: para esta cultura e para a região em estudo predomina o cultivo de laranja. Cultura que espectralmente, dependendo da escala da imagem na interpretação visual, é muito parecida muito com a cultura de café, apresentando comportamento espectral semelhante;

Corpos d'água: a região de Paulínia é cortada pelos Rios Atibaia e Jaguari. Na interpretação visual da imagem de satélite esta categoria apresenta padrão bem definido. Corpos d'água limpos ficam escuros na imagem, pela maior capacidade de absorção da energia eletromagnética e corpos d'água com sedimentações ficam mais claros, pela maior capacidade de reflectância da energia eletromagnética;

Mata: nesta categoria esta incluída a cobertura vegetal natural de porte arbóreo, sendo constituída pela mata fechada, mata ciliar e de encosta. Área com padrão de textura rugosa em relação ao padrão mais homogêneo de reflorestamentos;

Pastagem: para esta categoria não foi diferenciada a classificação de pasto limpo e sujo. Nesta época do ano os pastos apresentavam padrão espectral bem definido, ou seja, por estarem secos refletem bastante, formando um padrão amarelo a verde claro na composição colorida da imagem de satélite e apresentam médios valores de níveis de cinza;

Cultura anual: nesta classe estão incluídas todas as culturas de ciclo curto, porém, nesta região, predomina a cultura de milho. Mas, no geral, o padrão desta categoria não é fácil de ser definido, por causa da resposta espectral semelhante com a cana colhida mecanicamente e por constituir pequenas áreas, fazendo com que a resposta espectral dessas áreas apresentem grande variação;

Eucalipto: esta categoria não possui resposta espectral com padrões bem definidos, por que este tipo de reflorestamento na região não é comercial, ou seja, não apresenta grandes talhões homogêneos. Existem pequenas áreas com eucalipto em diferentes estágios vegetativos que confunde com a vegetação natural, principalmente com as matas ciliares;

Capoeira: esta categoria apresentou dificuldade de classificação visual devido a ocorrência de sombras em algumas áreas e por se apresentar constituída de pequenas áreas em conjunto com as matas e apresentar resposta espectral semelhante às áreas com pasto sujo;

Solo exposto: constituída por pequenas áreas, porém com resposta espectral bem definida em tons bem claros, decorrentes da sua alta reflectância;

Rede viária: nesta classe estão incluídas as estradas principais, secundárias, estradas de terra e ferrovias compostas por padrões bem específicos, facilmente interpretados na imagem de satélite, em razão do alto contraste em relação às áreas vizinhas, apesar de apresentarem, na maioria das vezes, no campo, dimensões inferiores a resolução espacial do sensor do satélite, e grande variação dos níveis de cinza.

Mapeamento de uso das terras

Como produtos finais foram obtidos três mapas (Figuras 2, 3 e 4). Foi possível identificar 12 temas (Tabela 1) no mapeamento de uso das terras utilizando os métodos interpretação visual, classificações digital supervisionada e classificação híbrida.

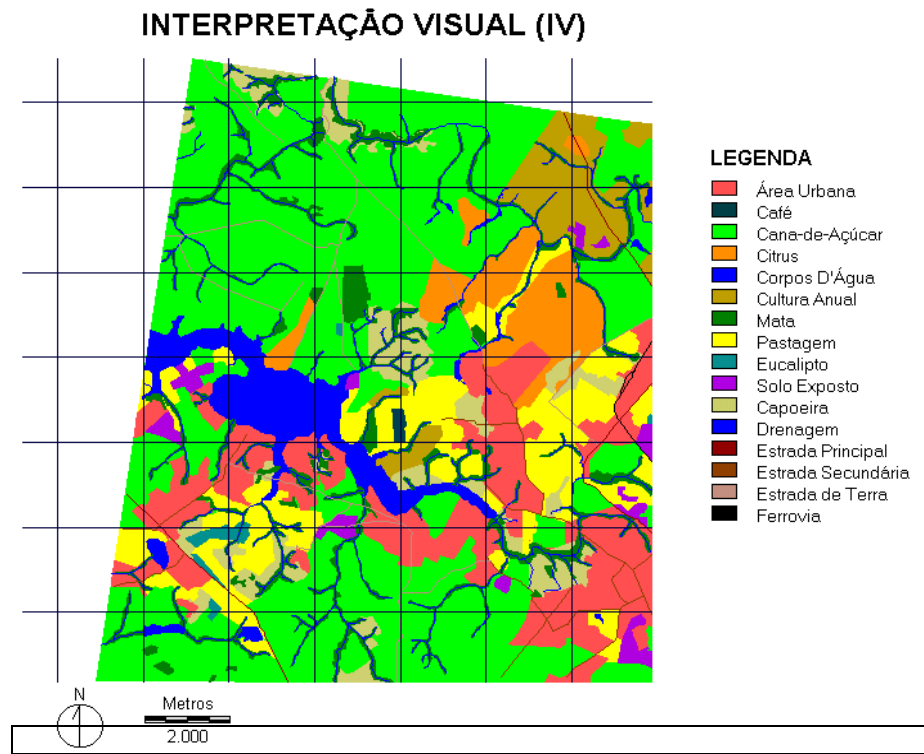


Fig. 2. Mapa de uso das terras realizado por meio da interpretação visual.

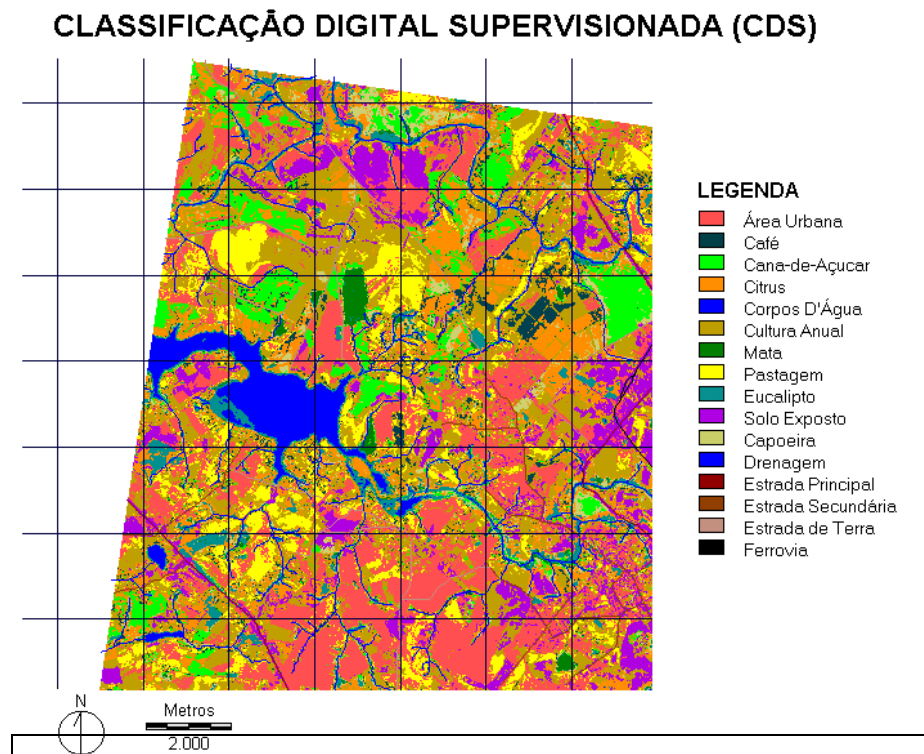


Fig. 3. Mapa de uso das terras realizado por meio da classificação digital supervisionada.

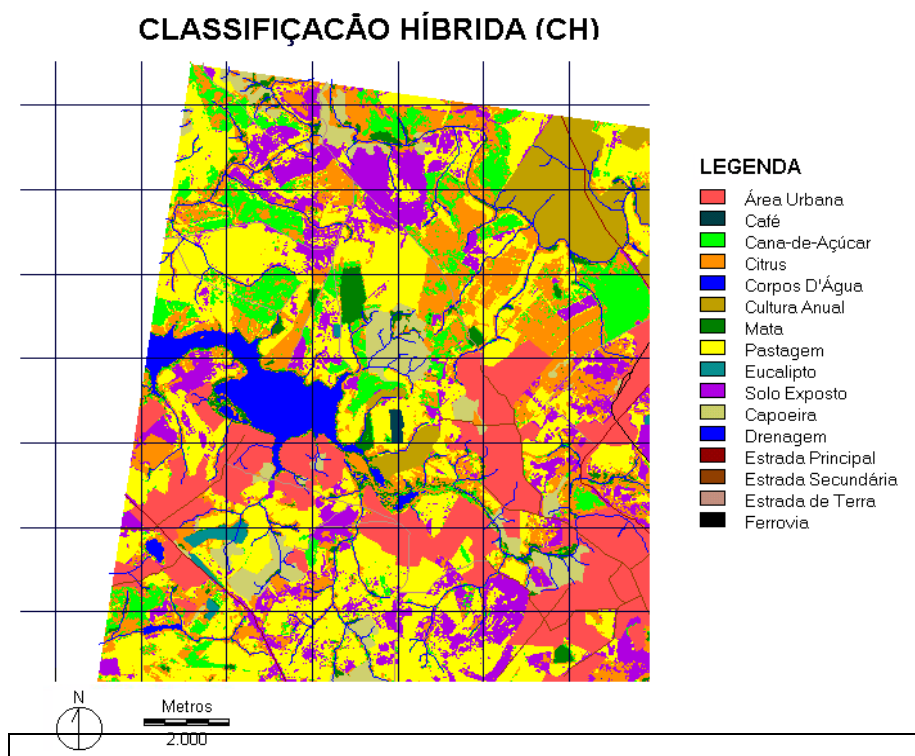
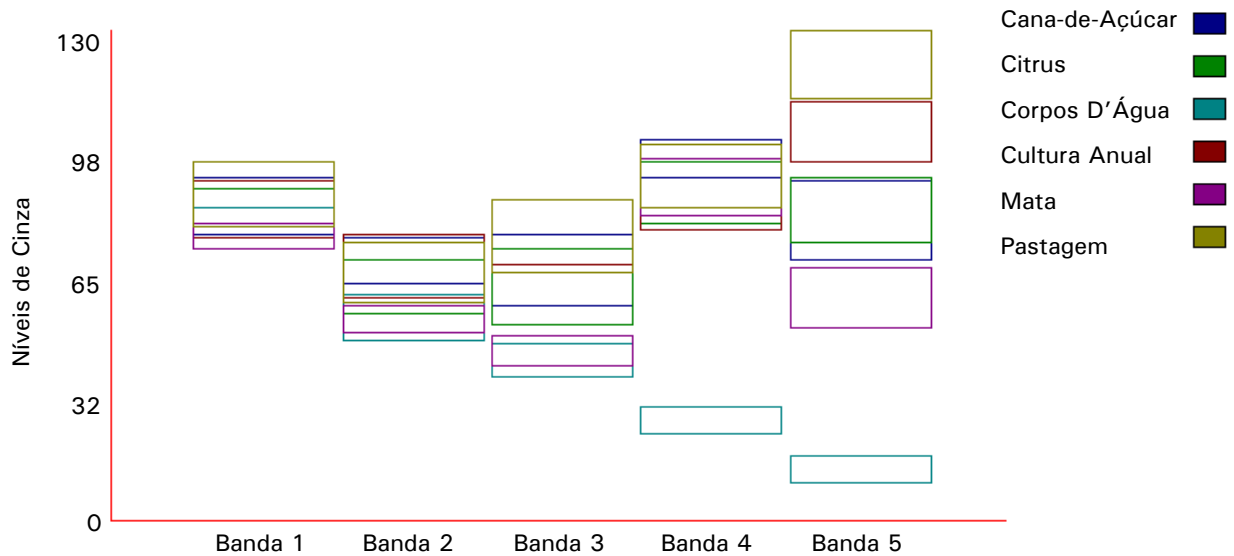
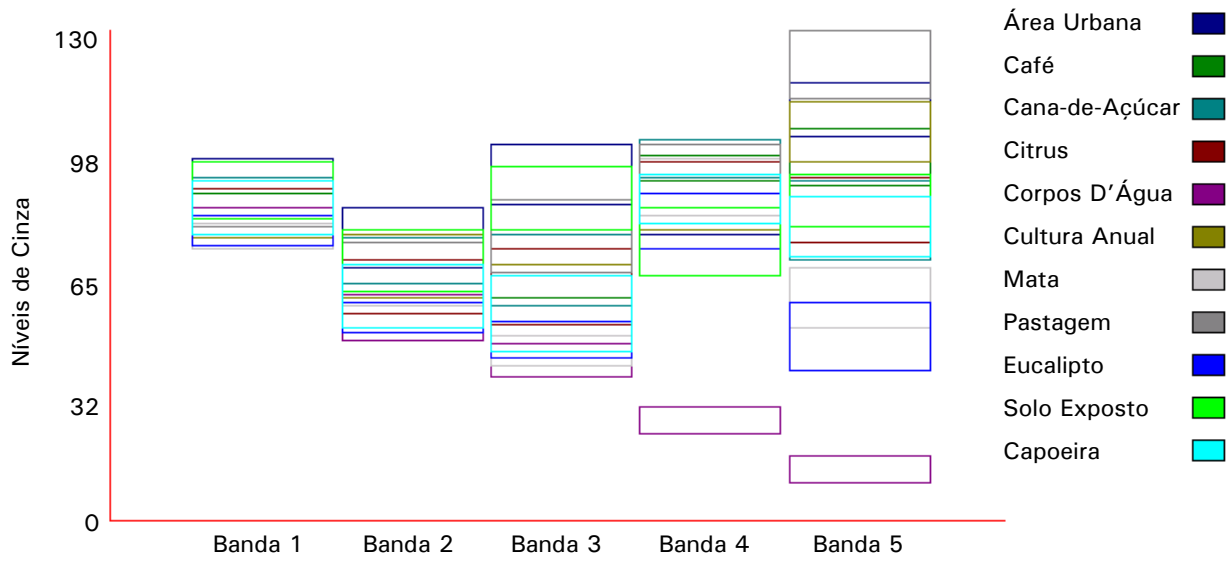


Fig. 4. Mapa de uso das terras realizado por meio da classificação híbrida.

Observando-se as figuras 2, 3 e 4, percebe-se que a classificação digital supervisionada propiciou a maior confusão entre os temas mapeados, ou seja, um mapeamento inadequado da área. Isto é decorrência da utilização de todos os temas, com exceção da rede viária, no mapeamento realizado por meio deste método. Observando-se a figura 5, com as comparações das assinaturas dos temas, do conjunto de amostras de treinamento, nas bandas 3, 4 e 5, percebe-se que ocorreu sobreposição dos níveis de cinza, em razão da semelhança de resposta espectral entre determinados temas, fazendo com que esse método propiciasse a maior confusão no mapeamento dos temas.

A classificação híbrida, apesar da eliminação dos temas com comportamento espectral semelhante, também propiciou confusão entre os temas mapeados, em consequência da sobreposição dos níveis de cinza dos temas utilizados neste caso, porém, em menor quantidade, em relação a classificação digital supervisionada. Isto é decorrência de que os temas utilizados, neste caso, apresentaram respostas espectrais semelhantes ou próximas, com sobreposição de níveis de cinza, que pode ser observado na comparação das assinaturas dos temas, do conjunto de amostras de treinamento (Figura 6). Porém, neste caso, menor quantidade de temas foram utilizados na classificação digital, sendo alguns temas obtidos da interpretação visual por overlay, o que propiciou menor confusão no mapeamento em comparação ao mapeamento utilizando a classificação digital supervisionada.



A comparação qualitativa entre os métodos utilizados mostrou que a houve maior confusão de mapeamento entre os temas utilizando-se os métodos da classificação digital supervisionada e da classificação híbrida, apesar da seleção criteriosa na obtenção do conjunto de amostras de treinamento. Isto é decorrência da utilização, nestes casos, de temas que apresentaram comportamento espectral semelhante, com sobreposição dos níveis de cinza, possibilitando assim uma separação e classificação inadequada destes. Assim, para um mapeamento adequado utilizando-se a classificação digital, é necessário além da seleção rigorosa das amostras de treinamento, também da seleção de temas que tenham comportamento distintos. Desta forma, a classificação digital é indicada para áreas cujos temas se apresentem de forma homogênea e com razoáveis extensões de áreas. No caso da classificação híbrida alguns temas foram obtidos por overlay da classificação visual, e assim, é de se esperar que essa classificação propiciasse melhores resultados em relação a classificação digital supervisionada.

Ressalta-se que a seleção de temas para a classificação digital é função do conjunto de amostras de treinamento, que por sua vez está relacionada a resolução radiométrica do sensor. Assim, quanto maior a resolução radiométrica do sensor melhor os resultados obtidos na obtenção e análise das assinaturas dos temas a serem utilizados em um a mapeamento utilizando a classificação digital. Desta forma, uma das limitações encontradas utilizando esse método de mapeamento foi a baixa resolução radiométrica oferecida pelas imagens digitais do satélite LANDSAT 7, o que propiciou maior sobreposição dos níveis de cinza entre os temas, e conseqüentemente maior confusão no mapeamento utilizando-se os métodos da classificação digital supervisionada e classificação híbrida.

Verifica-se que nas bandas 1 e 2 (Figuras 5 e 6) existiu grande sobreposição de níveis de cinza, em razão da semelhança de resposta espectral dos temas, motivo pelo qual estas bandas não foram consideradas nos métodos de classificação digital.

Embora os resultados tenham mostrado, em geral, grande existência de confusão no mapeamento entre os temas utilizados, pelos métodos da classificação digital supervisionada e da classificação híbrida, respectivamente, observa-se que isto pode ter sido decorrente da não inclusão de temas na interpretação visual, a qual serviu de comparação, em decorrência da própria precisão e limitação deste método de mapeamento.

Ressalta-se que o presente trabalho, que apesar ter sido realizado com o objetivo de se conseguir a maior precisão possível, no caso da interpretação visual, é passível de erros inerentes ao próprio processo com que é realizado, contendo limitações na interpretação e nos materiais utilizados.

Assim, recomenda-se que o procedimento mais adequado na comparação entre os métodos seja feito mediante a obtenção da matriz de confusão, obtendo-se a exatidão global e o coeficiente kappa. Esses parâmetros permitem verificar a exatidão com que o levantamento foi realizado, sendo importantes quando se deseja produzir mapeamentos confiáveis, conforme comenta CONGALTON (1991) Para isso, amostras espacializadas são obtidas no campo, obtendo-se desta forma, uma maior precisão e confiabilidade dos pontos amostrais a serem utilizados na comparação entre os métodos de mapeamentos utilizando classificação digital. Porém, os resultados encontrados neste trabalho, foram apresentados com a finalidade de visualizar, de forma geral, as diferenças nos métodos de mapeamentos de usos das terras apresentados. Numa etapa posterior serão coletadas amostras de referências terrestres para a obtenção da matriz de erro ou matriz de confusão, permitindo assim, uma análise quantitativa entre esses métodos.

Com a finalidade de exemplificar os erros inerentes aos métodos de mapeamento utilizados é fornecido a áreas dos temas mapeados em cada método, que são mostradas na tabela 2. É perceptível as diferenças de áreas calculadas do mesmo tema pelos diferentes métodos. Assim, maior diferença de área do mesmo tema entre a interpretação visual e a classificação digital supervisionada é encontrada, em razão da maior confusão entre os temas mapeados propiciados por esse último método.

Tabela 2. Áreas dos temas mapeados por meio dos métodos interpretação visual, classificação digital supervisionada e classificação híbrida.

Tema	Área Calculada					
	Interpretação Visual		Classificação Digital Supervisionada		Classificação Híbrida	
	ha	%	ha	%	ha	%
Área Urbana	2179,98	13,25	3271,95	19,88	2539,17	15,43
Café	22,41	0,14	457,38	2,78	22,41	0,14
Cana-de-Açúcar	7385,40	44,87	1025,28	6,23	1421,01	8,63
Citrus	848,88	5,16	2270,43	13,80	3080,97	18,72
Corpos D'Água	937,53	5,70	568,71	3,46	583,56	3,55
Cultura Anual	690,57	4,20	4295,16	26,10	810,36	4,92
Mata	1562,40	9,49	192,15	1,17	456,93	2,78
Pastagem	1645,02	10,00	1359,72	8,26	4717,71	28,67
Eucalipto	72,45	0,44	830,88	5,05	75,69	0,46
Solo Exposto	254,16	1,54	1497,15	9,10	1975,95	12,01
Capoeira	859,14	5,22	689,13	4,19	774,18	4,70
Total	16457,94	100	16457,94	100	16457,94	100

Conclusões

Os resultados encontrados mostraram:

- a importância de se utilizar métodos de mapeamento de uso das terras com maior precisão, quando se deseja que resultados confiáveis e mais precisos sejam necessários;
- que no caso da classificação digital, não basta apenas a seleção de um conjunto de amostras com critério, é preciso também a seleção de temas que apresentem comportamento espectral distintos. Assim, os mapeamentos utilizando esse método são recomendados para áreas cujos temas, além do comportamento espectral distinto, também se apresentem de forma homogênea e com razoáveis extensões de áreas;
- existem limitações na utilização da classificação digital para mapeamento, em razão da baixa resolução radiométrica oferecida pelas imagens digitais do satélite LANDSAT 7, o que propiciou maior sobreposição dos níveis de cinza entre os temas, e conseqüentemente maior confusão no mapeamento.

Referências Bibliográficas

- AZEVEDO, L.G. de; VERDESIO, J.J. O uso de sensores remotos e do processamento de dados na identificação de ambientes de importância zoogeográfica. In: MELLO, M.T. (ed.). **A crimatologia no Brasil**. Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Primatologia, 1984. 402p.
- BENSON, B.J.; MACKENZIE, M.D. Effects of sensor spatial resolution on landscape structure parameters. **Landscape Ecology**, Amsterdam, v.10, n.2, p.113-120, Apr. 1995.
- CONGALTON, R.G. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v.37, n.1, p.35-46, 1991.
- CARPENTER, G.A.; GJAJA, M.N.; SUCHARITA, G.; WOODCOCK, C.E. Art neural networks for remote sensing vegetation classification from Landsat-TM and terrain data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.35, n.2, p.308-325, Mar. 1997.
- EASTMAN, J.R. **Idrisi for Windows. Manual do Usuário: introdução e exercícios tutoriais**. Porto Alegre: UFRGS-Centro de Recursos Idrisi, 1998. 235 p.
- GOPAL, S.; WOODCOCK, C. Remote sensing of forest change using artificial neural networks. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.34, n.2, p.398-404, Mar. 1996.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA GRÁRIA – INCRA. **Normas técnicas para o mapeamento de recursos naturais através de sensoriamento remoto**. Brasília, 1995. 56p.
- MATSON, P.A.; USTIN, S.L. The future of remote sensing in ecological studies. **Ecology**, v.72, n.6, p.1917, Dec. 1991. (Special Feature).
- MENDONÇA, F.J. **Sensoriamento remoto aplicado à agricultura: princípios básicos, metodologia e aplicações**. São José dos Campos: INPE, 1981. 81p.
- PETKOV, L.; PIERI, M.; MASELLI, F.; MARACCHI, G. Study and modelling of temperature spatial variability by NOAA-AVHRR thermal imagery. **ISPRIS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.47, n.1, p.1-42, Feb. 1992.
- PINTO, S. dos A.F.; VALÉRIO FILHO, M.; GARCIA, G.J. **Utilização de imagens Landsat-TM na análise comparativa entre dados de uso da terra e de aptidão agrícola**. São José dos Campos: INPE, 1988. 25p.
- ROUGHGARDEN, J.; RUNNING, S.W.; MATSON, P.A. What does remote sensing do for ecology? **Ecology**, v.72, n.6, p.1918-1945, Dec. 1991.
- SZEKIELDA, K.H. **Satellite monitoring of the earth**. New York: J.Wiley & Sons, 1988. 326p.
- WOODCOCK, C.E.; COLLINS, J.B.; GOPAL, S.; JAKABHAZY, V.D.; LI, X.; MACOMBER, S.; RYHERD, S.; HARWARD, V.J.; LEVITAN, J.; WU, Y.; WARBINGTON, R. Mapping forest vegetation using Landsat-TM imagery and a canopy reflectance model. **Remote Sensing of Environment**, v.50, n.3, p.240-254, Dec. 1994.

Comunicado Técnico, 6

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Endereço: Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803
Parque São Quirino
CEP 13088-300 Campinas, SP – BRASIL
Caixa Postal 491, CEP 13001-970

Fone: (19) 3252-5977

Fax: (19) 3254-1100

sac@cnpm.embrapa.br
<http://www.cnpm.embrapa.br>

1ª edição, 1ª impressão (2001)

Tiragem: 10 exemplares

Fotografias: Arquivo do Centro

Comitê de Publicações

Presidente: Ivo Pierozzi Jr.

Secretária: Ana Lúcia Filardi

Membros: Evaristo Eduardo de Miranda
Alexandre Camargo Coutinho

Expediente

Supervisor editorial: João A. de C. Mangabeira
Revisão de texto: Ivo Pierozzi Jr.

Normalização, tratamento das ilustrações e editoração eletrônica: Shirley Soares da Silva