

Análise temporal da cobertura florestal do município de Irati-PR, utilizando imagens satelitárias Landsat

Attilio Antonio Disperati¹, Paulo Costa de Oliveira Filho²

Departamento de Engenharia Florestal
UNICENTRO - Campus de Irati
84500-000 - Irati, PR

Rogério Bobrowski e Fernando L. Dlugosz

Curso de Engenharia Florestal
UNICENTRO - Campus de Irati
84500-000 - Irati, PR

(Recebido: 23 de abril de 2003)

Resumo: O presente trabalho trata do mapeamento da cobertura florestal do Município de Irati - PR, utilizando duas imagens de satélite Landsat obtidas em 1986 e 1999. Através de técnicas de processamento digital e de classificação supervisionada, foram elaborados dois mapas temáticos, evidenciando a dinâmica da cobertura florestal do município no período considerado. Comparando-se os resultados obtidos das classificações das imagens, observou-se que houve um aumento da cobertura florestal e que as principais alterações ocorreram em 3 regiões do município.

Palavras-chave: mapeamento florestal; processamento de imagem; avaliação multitemporal

Abstract: This paper deals with the mapping of the forest areas in Irati county, Paraná State - Brasil, using two Landsat images acquired in 1986 and 1999, respectively. Processing the images through digital analysis and supervised classification, two thematic maps were produced showing the dynamic of the coverage of forest areas in the mentioned period. It was found an increase of forest areas and the main changes occurred in three regions of the county.

Key words: forest mapping; image processing; multitemporal analysis

¹disperati@sul.com.br

²paulocostafh@irati.unicentro.br

1 Introdução

As imagens de sensoriamento remoto representam uma das únicas formas viáveis de monitoramento ambiental em escalas globais, devido à rapidez, eficiência, periodicidade e visão sinóptica que as caracterizam (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Considerando a relação custo/benefício, as imagens satelitárias da série Landsat têm sido bastante utilizadas no mapeamento e no monitoramento dos recursos florestais executados em escalas menores que 1: 50.000.

Diversos estudos recentes de cobertura do solo, a nível municipal, foram efetuados com imagens Landsat. OLIVEIRA *et al.* (2002) analisaram a cobertura florestal do Município de Lavras (MG) utilizando imagens Landsat TM referentes a 1998, enquanto que RODRIGUEZ *et al.* (2000) efetuaram o mapeamento multitemporal, de 1986 a 1999, da cobertura do solo do Município de São Sebastião (SP) com uso de imagens TM (Landsat 5, imagens de 1988 e 1997) e HRV (Spot 3, imagens de 1999). CATELAN & PEREIRA (2002) utilizaram imagens Landsat 7 ETM+ para analisar a dinâmica do uso do solo durante duas épocas (setembro de 1999 e maio de 2000) no município gaúcho de Santa Margarida do Sul. CIVCO *et al.* (2002) comentaram que os mapas resultantes das imagens Landsat podem ser utilizados em aplicações educacionais e de planejamento local, mas, quando se deseja incorporá-las diretamente em planos de uso do solo e de políticas afins, as informações devem ser mais precisas e obtidas através de satélites de melhor resolução espacial.

O objetivo geral do presente trabalho foi localizar geograficamente e quantificar as áreas de cobertura florestal existentes no Município de Irati-PR nos anos de 1986 a 1999, usando técnicas de processamento digital em imagens Landsat, e caracterizá-las espacial e temporalmente.

2 Material e metodologia

2.1 Área de estudo

O Município de Irati está localizado no 2º planalto paranaense, a 156 km de Curitiba (no sentido sudoeste) e dentro do seguinte retângulo envolvente: latitude S 25° 16' 46" a 25° 39' 46" e longitude W 50° 30' 06" a 51° 10' 09". A área total do município equivale a 998,30 km². O ecossistema que compõe a região é a Floresta Ombrófila Mista Montana e o tipo de clima, segundo Köeppen, é o Cfb, com chuvas bem distribuídas, verão quente e inverno definido (com geadas frequentes e severas). A altitude varia aproximadamente entre 800 e 1200 metros (IRATI 2001).

2.2 Material

Os materiais utilizados na pesquisa foram: imagens satelitárias, base cartográfica digital, mosaicos e fotoíndice de coberturas aéreas, mapas topográficos em escala 1:50.000 e o *software* de geoprocessamento.

As cenas objetos de estudo correspondem à cobertura do Município de Irati em duas imagens: uma Landsat 5 TM, de 23 de outubro de 1986, e outra Landsat 7

ETM+, de 17 de setembro de 1999, ambas da órbita 221 ponto 78, recobrimo quase que inteiramente o Município de Irati - PR. As cenas continham as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e resolução espacial de 30 m.

A base cartográfica digital do Município de Irati disponível para a pesquisa possui os seguintes planos de informação: centro urbano, estradas sem pavimentação, estradas com pista dupla, rodovia, hidrografia, ferrovia, linhas de transmissão de energia e limite do município. Estes planos de informação foram vetorizados a partir das seis cartas geográficas em 1:50.000 da DSG (Diretoria do Serviço Geográfico) que recobrem o município (DISPERATI *et al.*, 2001).

Como material referencial para as análises e as decisões necessárias durante o processamento digital, foram utilizados os seguintes produtos:

- a) seis mosaicos não controlados em escala 1:25.000 (abrangendo todo o município) provenientes das fotografias aéreas obtidas em 1980 e elaborados pelo antigo ITC-PR - Instituto de Terras e Cartografia do Paraná;
- b) seis mapas (escala 1:50.000) topográficos da Diretoria do Serviço Geográfico que recobrem o município;
- c) fotoíndice (escala 1:30.000) da cobertura aérea da parte urbana de Irati, efetuado em 1997 e
- d) impressão em papel (escala 1:80.000) da melhor composição colorida de cada cena satelitária.

O *software* utilizado foi o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), versões 3.5 e 3.6, de domínio público, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

2.3 Métodos

A metodologia adotada utilizou as seguintes etapas:

- georreferenciamento;
- elaboração da melhor composição colorida e realce;
- segmentação;
- classificação supervisionada;
- elaboração dos mapas temáticos e determinação da área ocupada por cada classe temática e
- análise dos resultados.

2.3.1 Georreferenciamento

Inicialmente, a imagem de 1999 foi georreferenciada através de pontos de controle extraídos das cartas geográficas (mapa para imagem). Em seguida, a imagem de 1999 foi utilizada para registrar a imagem de 1986 (imagem para imagem). No término desta etapa, ambas as imagens estavam georreferenciadas e tendo como projeção o sistema de coordenadas UTM e modelo do elipsóide SAD 69.

2.3.2 Determinação da melhor composição colorida e realce

Como os trabalhos iniciaram-se a partir de seis (6) bandas de imagem, utilizou-se um critério estatístico para a definição das melhores composições coloridas para ambas as épocas. O critério adotado foi o OIF - Optimum Index Factor - Fator Índice Ótimo (JENSEN, 1996). Após a definição das melhores composições coloridas, cada banda foi realçada pela técnica de equalização do histograma.

2.3.3 Segmentação

Ambas as imagens foram submetidas a testes de segmentação para dividi-las em regiões correspondentes às áreas de interesse de aplicação para facilitar a classificação na fase seguinte. A segmentação é um processo usado para superar as limitações da análise pontual através de atributos espectrais realizados pela classificação (SPRING, 2002), a qual baseia-se na divisão da imagem em regiões (conjunto de *pixels* contíguos, bidirecionados e uniformes) que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação.

Foi usado o método de segmentação “crescimento por regiões”, uma técnica de agrupamento de dados na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas. Inicialmente, este processo de segmentação rotula cada *pixel* como uma região distinta. O critério utilizado é o de similaridade, o qual baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, a imagem é dividida em um conjunto de sub-imagens e então se realiza a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido.

2.3.4 Classificação supervisionada

Em ambas as imagens foram realizadas a classificação do tipo: multiespectral, *pixel a pixel*, supervisionada. A classificação é multiespectral, quando o critério de decisão depende da distribuição de níveis de cinza em vários canais espectrais; e *pixel a pixel*, quando utiliza a informação espectral isoladamente de cada *pixel* para definir regiões homogêneas (SPRING, 2002), e é dita supervisionada, quando o analista, a partir do conhecimento da área ou por inferência, relaciona áreas da imagem com as classes de cobertura da terra que deseja separar (IBGE, 2001).

O enquadramento de um *pixel* a uma determinada classe é feito por vários métodos, levando-se em consideração os valores de nível de cinza nas várias bandas utilizadas (neste estudo, utilizaram-se as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7) e os padrões de cada classe. O método utilizado para enquadramento dos *pixels* foi o da Máxima Verossimilhança (MAXVER). Este método considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos para saber a probabilidade de um *pixel* pertencer a uma ou outra classe (SPRING, 2002).

O limiar de aceitação usado, exigido por este método, foi de 100% (porcentagem de *pixels* da distribuição de probabilidade da área de treinamento de uma classe que serão classificados como pertencente a esta classe) (SPRING, 2002).

Nenhum trabalho de campo foi efetuado para validar as áreas de treinamento utilizadas na classificação supervisionada; apenas o material referencial já mencionado anteriormente no item 2.2.

2.3.5 Elaboração dos mapas temáticos e determinação da área ocupada por cada classe

O resultado de uma classificação digital é representado por classes espectrais (áreas com características espectrais semelhantes) constituintes de um mapa de *pixels* classificados, representados por símbolos gráficos ou cores (mapa temático de uso do solo). O resultado da classificação serviu de base para a geração de duas cartas temáticas de cobertura florestal do município, bem como para quantificar esta classe temática nas duas datas de estudo.

A quantificação da área de floresta existente foi obtida gerando-se um plano de informação contendo o resultado da classificação dentro do limite do município.

2.3.6 Análise dos resultados

As duas cartas temáticas foram comparadas visualmente para caracterizar geograficamente as maiores concentrações de cobertura florestal e as mudanças ocorridas entre os dois períodos considerados.

3 Resultados e discussão

3.1 Georreferenciamento

Na primeira etapa, registro da imagem de 1999, utilizou-se dezesseis (16) pontos de controle e um polinômio de segundo grau, obtendo um erro de 0,719 *pixel*. Em seguida, foi efetuado o registro da imagem de 1986 (imagem para imagem), resultando em um erro de 0,843 *pixel*.

3.2 Melhor composição colorida e realce

A melhor composição colorida para a imagem de 1999, de acordo com o critério estatístico OIF, foi a que utilizou as bandas 3, 4 e 7, respectivamente nos canais R, G e B, enquanto que, para a imagem de 1986, a melhor composição resultou no uso das bandas 4, 5 e 7, respectivamente nos canais R, G e B.

A técnica de equalização do histograma mostrou bons resultados para o realce de ambas as imagens, sobretudo em relação à cobertura florestal, alvo de maior interesse neste estudo.

3.3 Segmentação

Para ambas as imagens satelitárias (1986 e 1999), foram realizados testes de segmentação usando o método de Crescimento por Regiões. Para estas, foram definidos

vários valores provisórios de similaridade (limite abaixo do qual duas áreas são consideradas similares, sendo agrupadas numa só região) e área de *pixel* (área mínima para que uma região seja individualizada). Dentre os valores testados em ambas as imagens, variando de 1 a 50, optou-se por definitivo pelos valores: “similaridade 8/ área de *pixel* 14” e “similaridade 14/ área de *pixel* 20”. A escolha desses valores definitivos ocorreu por meio da avaliação visual das segmentações feitas. Entretanto, avaliações mais detalhadas, efetuadas sobre as respectivas composições coloridas, mostraram que algumas segmentações dividiam demasiadamente certas áreas contíguas pertencentes a um mesmo atributo, enquanto que outras segmentações agrupavam áreas com ocupações diferentes do solo. Essa dificuldade em se estabelecer um valor “padrão” para a similaridade e área de *pixel* foi devida às condições e características do município (ser composto por 96,8% por propriedades com área inferior a 100 hectares; vide Tabela 1) e inerentes às imagens (ocorrência de áreas sombreadas provenientes da geometria de visada e do ângulo de iluminação solar no momento de captura da imagem). Em face destes problemas, o processo de segmentação foi abandonado, trabalhando-se apenas a classificação supervisionada.

Menos de 10 ha	976 estabelecimentos	36,25%
10 a menos de 100 ha	1631 estabelecimentos	60,58%
100 a menos de 200 ha	59 estabelecimentos	2,19%
200 a menos de 500 ha	18 estabelecimentos	0,67%
500 a 2000 ha	8 estabelecimentos	0,31%
Mais de 2000 ha	-	
TOTAL	2692 estabelecimentos	100%

Tabela 1. Perfil da estrutura fundiária no Município de Irati.

3.4 Classificação supervisionada

Como a classificação foi supervisionada, houve a necessidade de selecionar áreas de treinamento (regiões representativas da área de interesse) para cada classe. Foi efetuada a classificação na imagem de 1999, utilizando-se apenas três classes de cobertura do solo (Cobertura Florestal, Agricultura/ Pastagem e Solo Exposto), priorizando e direcionando os resultados no sentido de distinguir espectralmente a área de cobertura florestal de áreas de vegetação não arbórea, visando a uma análise das regiões detentoras de maior cobertura florestal do município.

Algumas das dificuldades encontradas neste trabalho foram: a própria resolução do satélite utilizado (30 metros), diante de um modelo rural onde um grande número de propriedades, são, inclusive, inferiores à área representada pelo *pixel* de 30 metros, e a existência de áreas sombreadas.

No caso em questão, a classe Floresta constituiu-se na junção de todas os estratos possíveis de serem agrupados, e, na prática, correspondem a reflorestamento, mata/floresta natural, capoeirão e capoeira.

O desempenho geral de classificação para a imagem de 1999 foi de 99,56% e, para a imagem de 1986, foi de 99,96. Este desempenho indica a confiabilidade dos resultados obtidos com base nas amostras utilizadas como áreas de treinamentos.

Ambas as imagens resultantes da classificação foram submetidas a uma pós-classificação, ou seja, ao uso de um filtro para a eliminação de resíduos na imagem. A matriz aplicada foi um filtro tipo mediano, de matriz 3×3 .

Os resultados da classificação para as duas datas consideradas, focalizando apenas a classe Floresta, são mostrados na Figura 1.

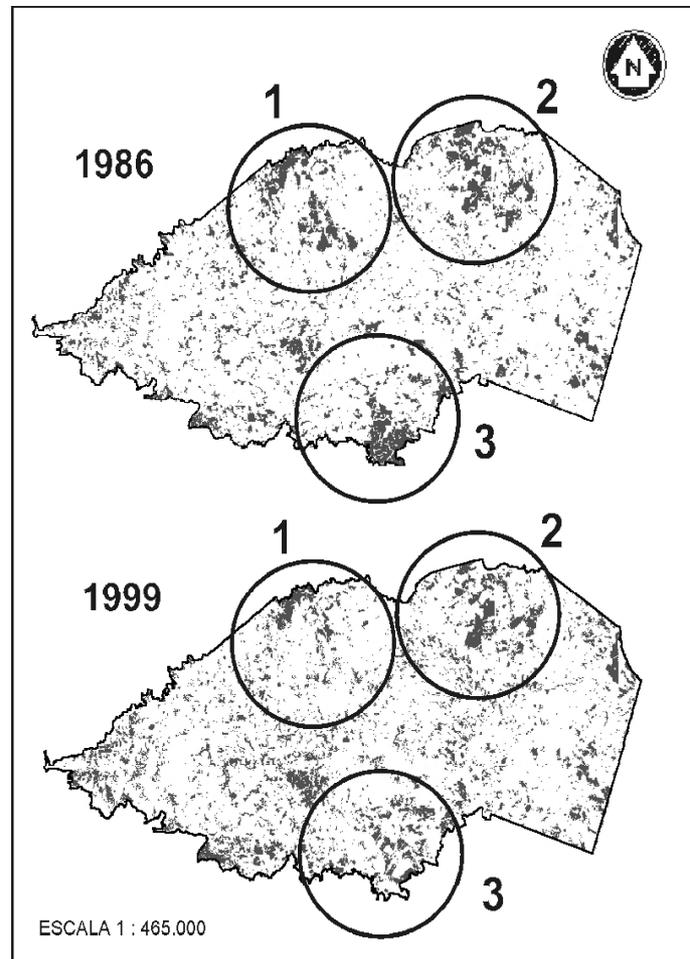


Figura 1. Regiões de maior dinâmica da cobertura florestal no Município de Irati no período compreendido entre 1986 e 1999.

O processo de quantificação da área florestal existente no município indicou que, para o ano de 1986, havia 13,91% ($138,7242 \text{ km}^2$) de cobertura florestal e, para o ano de 1999, havia 14,83% ($147,8826 \text{ km}^2$) (Tabela 2). Neste período entre 1986 e 1999, houve um aumento de 6,61% na área de cobertura florestal do Município de Irati-PR, em relação ao ano de 1986. Entretanto, ainda não foi suficiente para fins de cumprimento da legislação (20% de reserva legal). Também são inferiores aos 23,8% existentes na Comunidade Européia (FRADES & MUÑOZ, 2000).

	Imagem de 1986		Imagem de 1999	
	km ²	%	km ²	%
Área total	997,4808	-	997,4808	-
Floresta	138,7242	13,91	147,8826	14,83

Tabela 2. Resultados para a quantificação da área total, área de cobertura florestal, para as imagens de 1986 e 1999.

3.5 Discussão dos resultados

A análise visual da Figura 1 evidencia que existe um grande número de pequenos fragmentos florestais espalhados em toda a região, podendo ser explicado pela predominância de pequenas propriedades na estrutura fundiária rural do município.

As principais diferenças de cobertura florestal em ambas as épocas consideradas estão localizadas em três diferentes regiões do município, subjetivamente definidas, localizadas ao norte (1 e 2) e ao sul (3) (Figura 1).

4 Conclusões

As principais conclusões do presente trabalho foram:

- a) a topografia ondulada e a estrutura fundiária da região estudada dificultaram a aplicação da técnica de segmentação com relação à definição dos parâmetros de área mínima e similaridade;
- b) através da classificação supervisionada de imagens orbitais, foram elaborados mapas temáticos mostrando a dinâmica da cobertura florestal do município em duas épocas distintas;
- c) a diferença temporal de 13 anos entre as duas imagens evidenciou algumas mudanças da cobertura florestal em três regiões do município.

5 Recomendações

É necessário que outros trabalhos similares sejam realizados nessa região, porém com o uso de outros algoritmos classificadores e a efetivação de levantamentos de campo. Seria interessante também efetuar estudos dirigidos para compreender os motivos da dinâmica florestal ocorrida nas três regiões mencionadas do município.

Agradecimento

Os autores agradecem a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) do Estado do Paraná pelo fornecimento da imagem de satélite referente a 1999.

Referências

- CATELAN, D.; PEREIRA, R. S. 2002. *Análise temporal do uso da terra no Município de Santa Margarida do Sul - RS com imagens Landsat 7 ETM+*. In: Anais do V Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica Aplicado à Engenharia Florestal, 15 a 17 outubro 2002, Curitiba, p. 223-224.
- CIVCO, D. L.; HURDF, J. D.; WILSON, E. H.; SONG, M.; ZHANG, Z. *A comparison of land use and land cover change detection methods*. In: 2002 ASPRS-ACSM Annual Conference and FIG XXII Congress, abril 22-26, 2002, 12 p.
- DISPERATI, A. A.; BOBROWSKI, R.; DLUGOSZ, F. L.; SLOMA, D. C. 2002. *Conversão de cartas analógicas para o formato digital através de escanização seguido de digitalização manual. Estudo de caso: Município de Irati - PR*. Abra-se a novas idéias- volume 2. Guarapuava : Editora UNICENTRO, p. 9-21.
- FRADES, A. M.; MUÑOZ, M. J.; 2000. *Los espacios forestales en Castilla y León (España): distribución territorial y perspectivas de futuro*. In: Anais do IV Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica Aplicado à Engenharia Florestal, 23 a 25 outubro 2000, Curitiba, p. 79-90.
- IBGE - Censo Agropecuário 1995-1996 - In: *Base de Informações Geográficas (IBGE)* em CD-ROM.
- IBGE - *Introdução ao processamento digital de imagens*. Manual técnico em geociências. n. 9, 2001.
- IRATI. *Dados Gerais do Município de Irati*. Assessoria de Imprensa da Prefeitura Municipal de Irati. CD-ROM, 2001.
- JENSEN, J. R. *Introductory digital image processing: a remote sensing perspective*. 2ª ed. Prentice Hall: New Jersey, 1996.
- OLIVEIRA, L. T. de; CARVALHO, L. M. T. de; ACERBI JÚNIOR, F. W. *Mapeamento e ecologia de paisagem dos fragmentos de floresta semidecidual do Município de Lavras - Minas Gerais*. In: Anais do V Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica Aplicado à Engenharia Florestal, 15 a 17 outubro 2002, Curitiba, p. 237-239.
- RODRIGUEZ, A. C. M.; HERNANDEZ FILHO, P.; MOREIRA, M. A. *Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do Município de São Sebastião - SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM - Landsat e HRV - Spot*. GIS BRASIL 2000, SHOW DE GEOTECNOLOGIAS, 6., A ERA DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 2000, Salvador. Anais em CD-ROM. Curitiba: Fator GIS, 2000.
- SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). INPE/DPI. Spring 3.6: *Geoprocessamento ao alcance de todos*. São José dos Campos, SP, CD-ROM, 2002.