

Mapeamento do uso da terra baseado em imagem Ikonos II com a utilização de algoritmos classificadores por pixels e por regiões

Luís Eduardo Ribeiro de Mendonça¹
Vicente Paulo Soares¹
José Marinaldo Gleriani¹
Guido Assunção Ribeiro¹
Carlos Antonio Álvares Soares Ribeiro¹

¹Departamento de Engenharia Florestal – UFV
36571-000 Viçosa – MG, Brasil
mendoncaler@vicosa.ufv.br, {vicente, gleriani, gribeiro, cribeiro}@ufv.br

Abstract. The objective of this study was to compare different classification algorithms for mapping the land use in an area located in the municipality of Serra do Salitre, Minas Gerais State, Brazil, using an image obtained from the Ikonos II satellite. The algorithms used were: Maximum Likelihood, Minimum-Distance-to-Means, Bhattacharya and Isoseg. The thematic images were evaluated through the Kappa statistic index using sample test of different sizes. Results showed that the algorithms Bhattacharya and Isoseg were more efficient than the others for mapping land use. The increase of sample test did not generate improvement in the kappa index for all algorithms tested.

Palavras-chave: classification algorithms, land use classification, Ikonos II image, algoritmos de classificação, classificação do uso da terra, imagem Ikonos II

1. Introdução

Imagens geradas por sensores remotos a bordo de satélites evoluíram muito desde o início da década de 70, quando foi lançado o primeiro satélite de observação da Terra. A coleta de dados separados em faixas do espectro eletromagnético e a possibilidade de se obter imagens periódicas tornam o sensoriamento remoto um conjunto de técnicas que auxiliam muito no gerenciamento de recursos naturais.

O sensoriamento remoto é uma importante ferramenta ligada ao levantamento de recursos naturais e ao monitoramento do meio ambiente, o que contribui para beneficiar o desenvolvimento econômico e social de uma população. No Brasil, um país de proporções continentais, essas técnicas podem e tem sido utilizado neste sentido (NOVO, 1992).

De acordo com Lillesand et al. (2004), o processamento de imagens é uma equação ou conjunto de equações aplicadas aos dados dos sensores, armazenando os resultados da computação para cada *pixel*. O resultado forma uma nova imagem digital que pode ser exibida ou armazenada em formato pictórico, para ser manipulado posteriormente em programas computacionais.

As técnicas de classificação digital implicam na implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem (*pixels*) a uma determinada classe. Tais procedimentos tornam o processo de mapeamento ou reconhecimento de características da superfície terrestre menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subsequentes (Novo, 1992).

No formato digital a imagem pode ser interpretada utilizando os programas computacionais, no intuito de aproximar o máximo possível a representação digital da cena à realidade. Neste sentido, o resultado do processo de classificação da imagem deve ser testado a fim de verificar sua acurácia, indicando o nível de confiabilidade dos resultados.

Este trabalho teve como objetivo testar quatro algoritmos de classificação, sendo dois por *pixels* e dois por regiões, visando o mapeamento da cobertura terrestre em uma imagem digital IKONOS II de alta resolução.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo localiza-se no município de Serra do Salitre, estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas 19° 14' S e 19° 20' de latitude sul e 46° 43' W e 46° 37' de longitude oeste.

A área possui, segundo a classificação de Köppen, clima predominante tipo Cwa, temperado chuvoso, com inverno seco e verão chuvoso, com precipitação média anual de 1.600 mm e a média das temperaturas, mínima e máxima, de 14,5° e 24,8° C, respectivamente. A altitude da área de estudo varia de 850 a 970 m, onde predomina o cerrado, que se encontra bastante modificado por ações antrópicas (Vilela, 2002).

2.1. Dados

Foi utilizada parte de uma imagem do sensor Ikonos II obtida no dia 2 de março de 2002, com área de aproximadamente 465,00 ha. A imagem contém as bandas azul, verde, vermelho e infravermelho próximo, todas com 4 metros de resolução espacial.

2.2. Procedimentos Metodológicos

2.2.1. Classificação da Imagem

Neste estudo, utilizou-se os seguintes algoritmos de classificação para geração das imagens temáticas, com os propósitos de mapeamento da cobertura terrestre: Máxima Verossimilhança, Distância Euclidiana Mínima, Bhattacharya e Isoseg, tendo os dados sido processados no programa computacional Spring 4.2.

Foram identificadas sete classes predominantes dentro da imagem, cujos temas encontram-se descritos no **Quadro 1**.

Quadro 1 - Relação de classes temáticas utilizadas nas classificações

| Item | Nome | Cor |
|------|--------------|---------------|
| 1 | Café | Ciano |
| 2 | Solo Exposto | Azul |
| 3 | Mata Ciliar | Amarelo |
| 4 | Campo Sujo | Vermelho |
| 5 | Braquiária | Azul Escuro |
| 6 | Pastagem | Verde |
| 7 | Campo Limpo | Amarelo Claro |

Para os algoritmos de classificação por Máxima Verossimilhança, Distância Euclidiana Mínima (por *pixels*) e Bhattacharya (por regiões) foram aplicados o método supervisionado, que envolve a coleta de amostras para treinar os algoritmos. As amostras foram retiradas de regiões representativas de cada classe, adotando-se apenas uma área para cada tipologia. Como pode ser verificado na **Figura 1**, os polígonos onde foram retiradas as amostras para

treinar os algoritmos de classificação ficaram localizados em regiões onde havia homogeneidade dentro das classes.

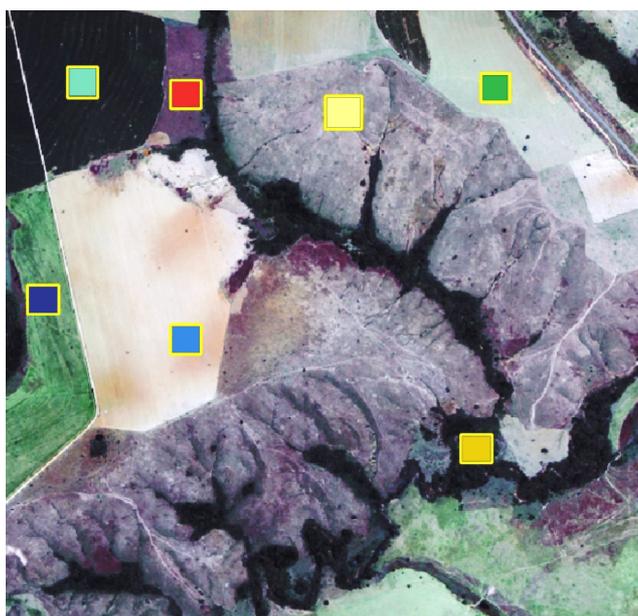


Figura 1 - Imagem da área de estudo com as áreas de coleta das amostras de treinamento.

O algoritmo Bhattacharya utiliza, além das amostras de treinamento, uma imagem segmentada para gerar os mapas temáticos, cujos índices de **Similaridade** e **Área (pixels)** adotados foram 70 e 200, respectivamente. O limiar de aceitação aplicado foi de 100%. Segundo INPE (2004), o limiar dado em porcentagem define uma distância de Mahalanobis, que será adotada como limite no qual outras classes devem estar de distância para pertencer à classe em questão. Quanto maior o limiar, maior esta distância e conseqüentemente menor será o número de classes detectadas pelo algoritmo.

O classificador por regiões Iseseg foi implementado em conjunto com a imagem segmentada pelos índices de **Similaridade** e **Área (pixels)** com os valores de 45 e 200, respectivamente, além de ser utilizado um limiar de 75%. Após o processo de classificação, foram feitos agrupamentos de modo que formassem as 7 (sete) classes utilizadas neste estudo.

2.3.2. Tamanho das Amostras Testes para Avaliação das Imagens Classificadas

O tamanho da amostra teste a ser utilizada na avaliação das imagens classificadas é altamente variável, não tendo um padrão recomendável pela comunidade científica. Como ela requer, na maioria das vezes, checagem de campo, o processo torna-se bastante oneroso se o mínimo de *pixels* utilizados for grande. Assim, neste trabalho, optou-se por utilizar diferentes tamanhos de amostras, a saber: 250, 500, 750 e 1000 *pixels*, para verificar se haveria perda de exatidão ao se reduzir o número de amostras.

As amostras testes foram coletadas independentemente, de forma extratificada casualizada, para a avaliação das várias imagens temáticas geradas durante o processo de classificação. O programa computacional IDRISI 32 Release Two foi utilizado para a geração das amostras testes e das matrizes de erros, a partir das quais se computaram os parâmetros estatísticos para a validação das imagens.

2.3.3. Comparações entre as Quantidades de Amostras e Índices Kappa

O teste estatístico Z foi aplicado para comparar os resultados obtidos na variação do índice Kappa, entre as diferentes quantidades amostrais e técnicas de classificação.

Para verificar se havia diferença estatística significativa entre os valores resultantes do índice Kappa, ao variar a quantidade de amostras, foi considerado cada algoritmo separadamente. O maior e menor valores de cada algoritmo, independente da quantidade amostrada, foram utilizados para testar a significância.

O maior resultado do índice Kappa encontrado entre os algoritmos por *pixels* e o maior resultado do índice Kappa encontrado entre os algoritmos por regiões foram comparados, a fim de testar se a diferença entre ambos era significativa.

3. Resultados e Discussão

3.1. Avaliação Qualitativa das Imagens Classificadas

As Figuras 2, 3, 4, e 5 exibem, respectivamente, as imagens classificadas pelos algoritmos da Máxima Verossimilhança, Distância Euclidiana Mínima, Bhattacharya e Iseseg. Nas duas classificações por *pixels*, as imagens apresentaram pontos pulverizados dentro das classes, com uma qualidade visual inferior às das classificações por regiões. Analisando as imagens classificadas pelos algoritmos por *pixels*, nota-se que o da máxima verossimilhança mostrou uma mistura mais acentuada entre pastagem e braquiária para a porção central-superior da imagem (1) e entre solo exposto, braquiária e campo limpo na porção oeste (2) e porção leste (3).

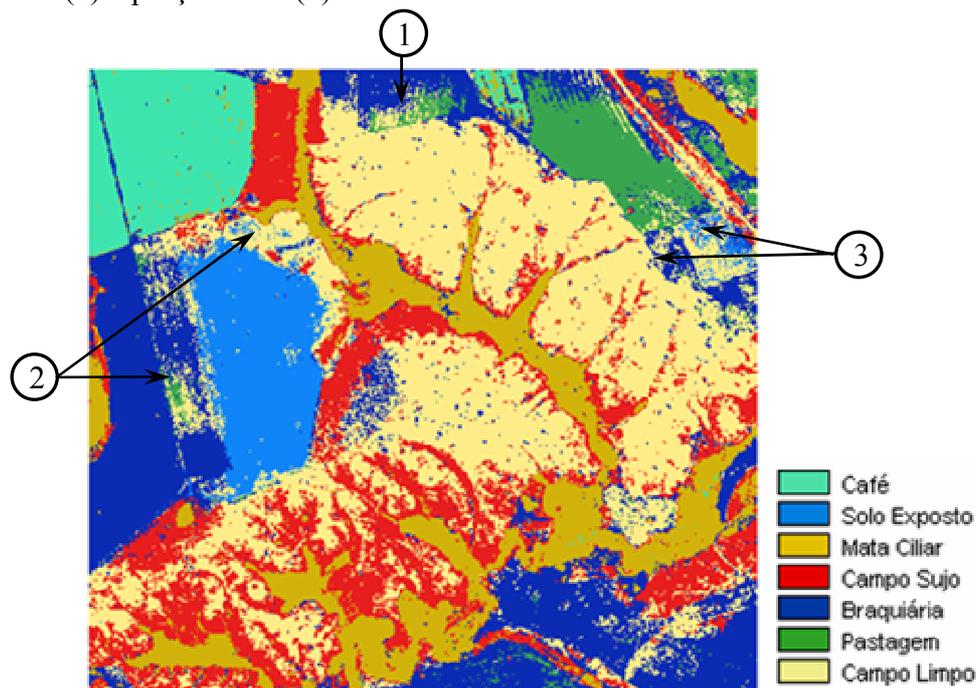


Figura 2 - Imagem classificada pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança.

O algoritmo da distância euclidiana mínima mostrou uma mistura entre pastagem e campo limpo na porção central-superior da imagem (4), porém, uma boa separação entre solo exposto e braquiária na porção oeste (5). Houve uma superestimação da classe campo sujo na porção sudoeste da imagem e entorno das matas ciliares (6), além de uma confusão entre braquiária, campo limpo e pastagem na porção sudeste (7).

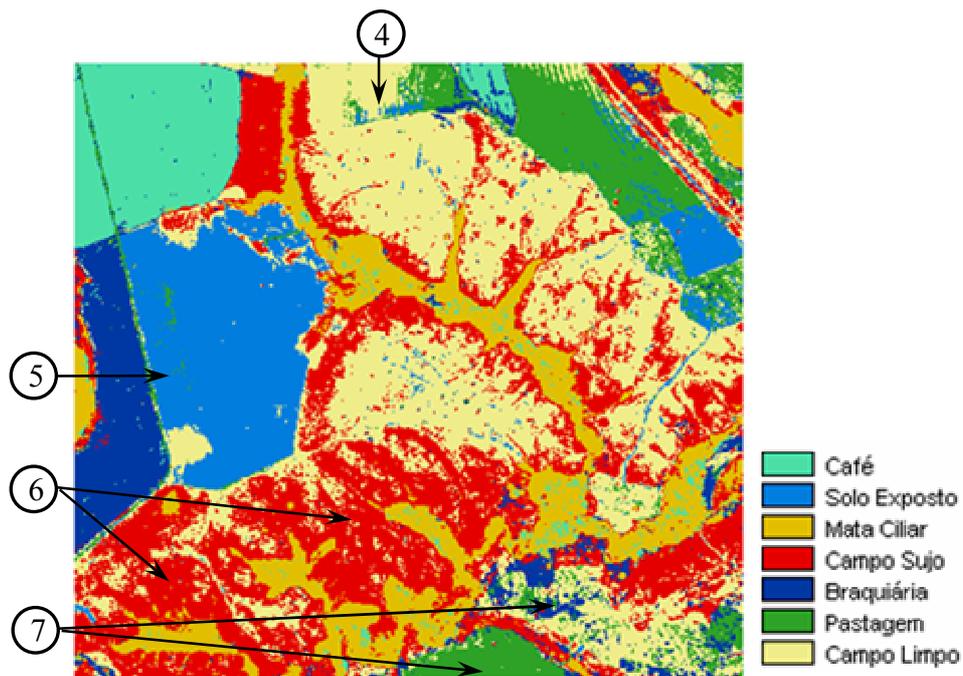


Figura 3- Imagem classificada pelo algoritmo de Distância Euclidiana Mínima.

As imagens classificadas por regiões apresentaram bons resultados visuais, com as classes bem definidas nas bordas e sem apresentar os *pixels* pulverizados. Entretanto, o algoritmo Bhattacharya, semelhante ao da distância euclidiana mínima, misturou pastagem com campo limpo na porção centro-superior da imagem (8), além de subestimar a classe campo sujo ao longo da classe mata ciliar (9). Houve uma confusão também entre as classes braquiária e pastagem, na parte centro-inferior da imagem (10).

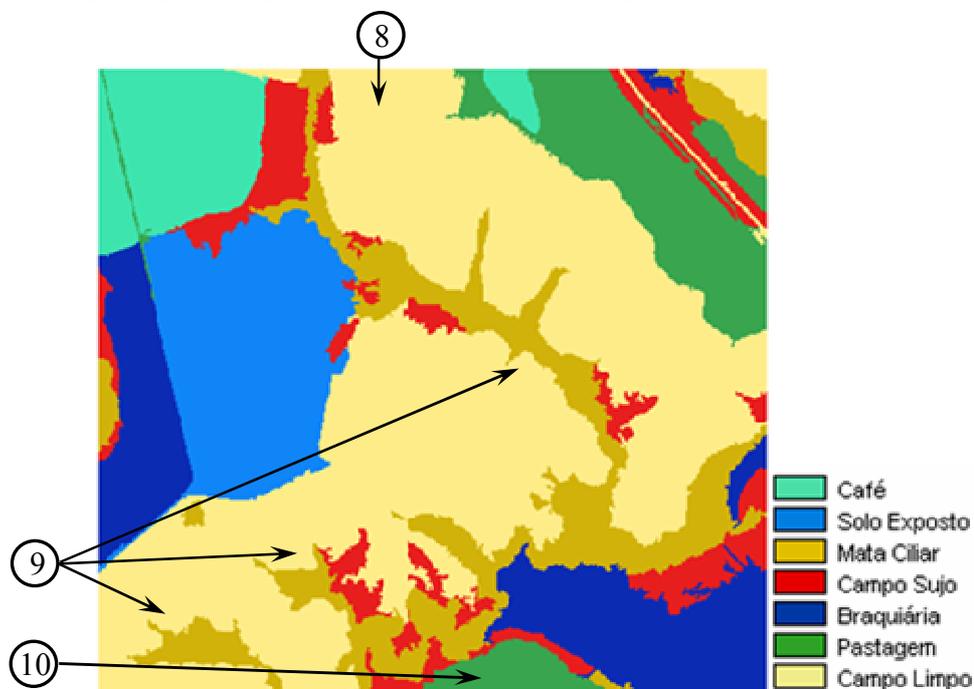


Figura 4 - Imagem classificada pelo algoritmo Bhattacharya.

O algoritmo do Iseseg, visualmente, gerou uma imagem de muito boa qualidade, embora apresentasse dificuldade em separar pastagem de campo limpo na porção centro-superior da imagem (11), assim como o Bhattacharya. O resultado da classificação da classe campo sujo no entorno da classe mata ciliar foi melhor que o algoritmo Bhattacharya, mas continuou subestimando esta classe (12). Ocorreu a confusão também entre as classes braquiária e pastagem, na parte centro-inferior da imagem (13).

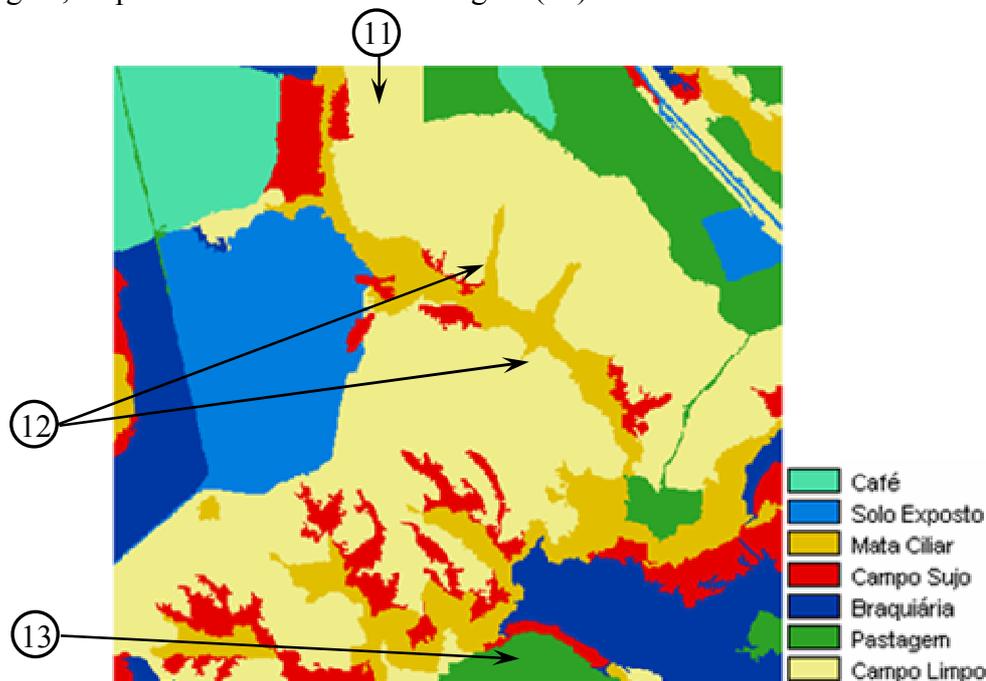


Figura 5 - Imagem classificada pelo algoritmo Iseseg.

É importante ressaltar que, por ter uma alta resolução espacial, as variações dos níveis de cinza do sensor Ikonos II, considerando a vizinhança, são bem maiores do que as de sensores com menor resolução. Os algoritmos classificadores por *pixels* Máxima Verossimilhança e Distância Mínima Euclidiana não consideram a textura da imagem, quando comparam o valor nominal de um *pixel* com a estatística de um grupo pré-selecionado (amostras de treinamento).

O processo de segmentação, feito anteriormente à classificação, eliminou os *pixels* isolados, levando em consideração sua vizinhança. Os *pixels* adjacentes são unidos a uma mesma região quando determinadas características estão estatisticamente dentro de determinados limiares. Com a imagem dividida por regiões, contendo *pixels* de características semelhantes, estas foram classificadas de acordo com o algoritmo utilizado. Esta técnica fez com que a imagem temática final apresentasse regiões mais bem definidas, o que não eliminou os erros de comissão e omissão, inerentes ao processo.

3.2 – Avaliação Quantitativa das Imagens Temáticas

As quatro imagens classificadas pelos diferentes algoritmos foram submetidas aos testes de acurácias a partir do uso de imagens de referências (“verdade de campo”), com diferentes tamanhos de amostras testes.

O Teste estatístico Z foi usado para calcular a significância entre duas variâncias, para os diferentes tamanhos de amostras testes, para cada algoritmo de classificação utilizado, conforme pode ser visualizado no **Quadro 2**. Os valores de Z foram calculados tomando-se os maiores e os menores valores de Kappa por algoritmo de classificação, não tendo havido

diferenças significativas entre nenhum dos algoritmos testados. Assim, pode-se concluir que o aumento do tamanho da amostra teste para a avaliação de imagens classificadas, pelo menos neste trabalho, não trouxe melhorias significativas nos valores do índice Kappa.

A análise do **Quadro 2** mostra que os maiores valores de Kappa para os algoritmos de classificação por *pixels* foram: 0,667 e 0,6449, para os algoritmos da Máxima Verossimilhança e Distância Euclidiana Mínima. Para os algoritmos de classificação por regiões, que incluem os algoritmos Bhattacharya e Iseseg, os valores de kappa foram 0,8219 e 0,8788. Os valores de Kappa para os dois primeiros algoritmos ficaram no intervalo considerado razoável, enquanto que para os dois últimos foram considerados excelentes, segundo Congalton e Green (1998).

Quadro 2 - Valores dos índices de kappa e variâncias para os algoritmos de classificação usados, considerando os diferentes tamanhos de amostras.

| Algoritmos | ÍNDICE KAPPA (K) E VARIÂNCIAS (Var) POR TAMANHO DE AMOSTRA TESTE | | | | | | | | Z (95%) valor < 1,96 |
|------------------------|--|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|-------------------------|
| | 250 | | 500 | | 750 | | 1000 | | |
| | K | Var | K | Var | K | Var | K | Var | |
| Máxima Verossimilhança | 0,6608 | 0,001260 | 0,6486 | 0,000650 | 0,6488 | 0,000430 | 0,6677 | 0,000311 | 0,616 |
| Distância Euclidiana | 0,6355 | 0,001313 | 0,6164 | 0,000673 | 0,6449 | 0,000425 | 0,6391 | 0,000324 | 0,860 |
| Bhattacharya | 0,8217 | 0,000830 | 0,8112 | 0,000427 | 0,8210 | 0,000270 | 0,8219 | 0,000201 | 0,427 |
| Iseseg | 0,8707 | 0,000626 | 0,8788 | 0,000289 | 0,8732 | 0,000198 | 0,8543 | 0,000168 | 1,147 |

Ribeiro (2003), ao classificar uma imagem Ikonos II utilizando diferentes algoritmos de classificação encontrou os seguintes índices Kappa: Máxima Verossimilhança por *pixel*, 0,652; Máxima Verossimilhança por região, 0,824; Distância Euclidiana mínima por *pixel*, 0,537; Distância Euclidiana Mínima por região, 0,655; Redes Neurais por *pixel*, 0,680 e Redes Neurais por região, 0,824. Analisando os resultados encontrados, nota-se uma grande semelhança com o presente estudo ao se comparar os índices Kappa obtidos pelos algoritmos por *pixel* e por regiões.

4. Conclusões

- As classificações geradas pelos algoritmos de classificação que segmentam as imagens antes de classificá-las, eliminando os *pixels* isolados, geraram imagens temáticas com qualidades visuais muito superiores àquelas geradas pelos algoritmos por *pixels*.
- Os resultados das classificações por *pixels* ficaram no intervalo considerado razoável e as classificações por regiões ficaram no intervalo considerado excelente, segundo Congalton e Green (1998).
- Não houve diferença estatística significativa, a 95% de probabilidade, entre os índices Kappa, para um dado algoritmo de classificação, ao se variar o tamanho das amostras de testes.

- O aumento do tamanho das amostras de testes para avaliação das imagens classificadas não demonstrou, estatisticamente, melhorias no cálculo do índice de exatidão kappa.
- Houve diferença estatística significativa, a 95% de probabilidade, entre os melhores índices Kappa gerados pelas classificações por *pixel* e por região.

5. Referências Bibliográficas

Congalton, R.G.; Green, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1998. 137 p.

INPE. SPRING: **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. Manual de ajuda, 2004.

Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W.; Chipman, J. W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley & Sons. 5. ed. 2004. 763 p.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**, Ed. Edgard Blucher LTDA, 1992. 307 p.

Ribeiro, R. M. P. **Avaliação de métodos de classificação de imagens IKONOS II para o mapeamento da cobertura terrestre**. 2003. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

Vilela, M. F. **Integração de técnicas de geoprocessamento e levantamento participativo de informações sócio-ambientais: um subsídio para a reforma agrária**. 2002. 135 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.