



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

COMPARAÇÃO ENTRE A CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA E A INTERPRETAÇÃO VISUAL DE AGROSSISTEMAS NOS MUNICÍPIOS DE ÁLVARES FLORENCE E DRACENA, ESTADO DE SÃO PAULO

Thamyres Caetano **Albino**^{1a}; Daniel de Castro **Victoria**^{1b}; Mateus **Batistella**^{1c}; Gustavo Bayma Siqueira da **Silva**^{1c}; Daniel **Gomes**^{1c}

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Monitoramento por Satélite;

² Faculdade de Engenharia Agrícola – Unicamp

Nº13505

RESUMO – O objetivo desse artigo é avaliar a acurácia da classificação digital de imagens em áreas de plantio de cana-de-açúcar. Para tal, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 – TM nas datas de 12 de maio de 2000 para o Município de Dracena e 3 de abril de 2000 para Álvares Florence, ambos no Estado de São Paulo. A classificação supervisionada foi realizada pelo método da máxima verossimilhança, e a verificação foi feita a partir de interpretação visual, da utilização do método de estatística Kappa e da matriz de confusão. O método usado para classificação mostrou-se satisfatório, e destacou-se positivamente na separação dos agrossistemas dos municípios estudados, com coeficientes Kappa de 0,76 para a classificação supervisionada das imagens de Álvares Florence e de 0,66 para Dracena. No entanto, foram constatadas grandes confusões e dificuldades de classificação para a classe pastagem, principalmente em relação a áreas de plantio de cana-de-açúcar em Álvares Florence e de vegetação campestre em Dracena.

Palavras-chaves: Classificação supervisionada, máxima verossimilhança, Kappa.

^aEstagiária Embrapa/CNPM: Graduação em Engenharia Agrícola, thamyres.albino@colaborador.embrapa.br,

^bColaborador, ^cOrientador.



ABSTRACT – *This work evaluates digital image classification accuracy in sugarcane plantation areas. Maximum likelihood supervised image classification was carried out for two municipalities in São Paulo state, Dracena and Álvares Florence, using Landsat 5 TM images of May 12, 2000 and April 3, 2000 respectively. A visual image interpretation was used in order to evaluate classification accuracy, calculating Kappa statistics and a contingency matrix. Image classification showed satisfactory results, distinguishing the agricultural areas in both municipalities, with kappa values of 0.76 for Álvares Florence and of 0.66 for Dracena. However, pasture classes showed the most confusion especially regarding sugarcane plantations in Álvares Florence and natural grasslands in Dracena.*

Keywords: supervised classification, maximum likelihood, Kappa.

1 INTRODUÇÃO

No início do século XXI, o setor agrícola brasileiro foi marcado por um segundo ciclo no plantio da cana-de-açúcar para obtenção de álcool combustível, agora não mais apenas para a substituição do consumo de petróleo, como ocorreu nos anos 1970 quando foi criado o PROÁLCOOL, mas impulsionado por um aumento do consumo e uma expansão da frota veicular. O crescimento da cultura no estado contrasta com a diminuição do plantio de 32 produtos associados às pequenas propriedades e à agricultura familiar. De acordo com dados do Instituto de Economia Agrícola (IEA, 2013), entre 2005 e 2006, houve redução nas plantações de arroz (10%), milho (11%), feijão (13%), batata (14%) e algodão (40%) como consequência da expansão da cultura da cana. Áreas destinadas à agropecuária de corte também estão sendo afetadas, principalmente no oeste paulista. Como consequência desse fenômeno, segundo o IBGE (2013), houve diminuição de mais de um milhão de cabeças de gado bovino no estado entre 2000 e 2006.

As interpretações estatísticas são uma forma de quantificar essa expansão dos canaviais. Outra forma de fazer essa análise é a partir dos mapas temáticos e métodos de classificação digital. Segundo análise de imagens do satélite Landsat realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), ocorreu uma expansão de 15% das terras cultivadas com canaviais em território paulista entre as safras de 2006 e 2007 – de 3,6 milhões para 4,2 milhões de hectares (INPE, 2013b). O plantio já ocupa 48% de todo o território destinado à produção agrícola em São Paulo.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Grande parte do mapeamento digital de cobertura vegetal vem sendo realizada usando imagens de satélite. Técnicas de classificação supervisionada associadas ao processamento digital dessas imagens têm dado bons resultados na extração de informações de uma determinada região, como é o caso dos projetos de monitoramento do desmatamento da Amazônia (INPE, 2013c) e de monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros (IBAMA, 2013). Em geral, os mapas obtidos a partir da interpretação de imagens são considerados precisos, no entanto, sabe-se que erros podem ocorrer desde a obtenção dos dados até a geração do produto final.

A precisão dos dados extraídos das imagens está diretamente relacionada com a qualidade do mapeamento. Todas as classes que compõem a imagem ou o mapa temático devem passar por um controle de qualidade para que possam ser consideradas corretas. Porém, observa-se que mapas temáticos provenientes de classificação digital ou mesmo de fotointerpretação raramente apresentam um relatório de acurácia das informações, apesar da maioria dos softwares de processamento digital de imagem dispor de ferramentas para tal fim.

Dessa forma, este trabalho teve por objetivo avaliar a classificação digital de imagens em áreas onde foi verificada expansão agrícola da atividade canavieira. Foi verificada a acurácia do mapa temático produzido e foram identificadas as maiores confusões ocorridas entre classes por meio da comparação dos resultados da classificação supervisionada com a interpretação visual, realizada por intérpretes treinados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os municípios paulistas estudados foram Álvares Florence, localizado nas coordenadas 20°19'S e 49°54'W, e Dracena, coordenadas 21°29'S e 51°32'W (Figura 1).

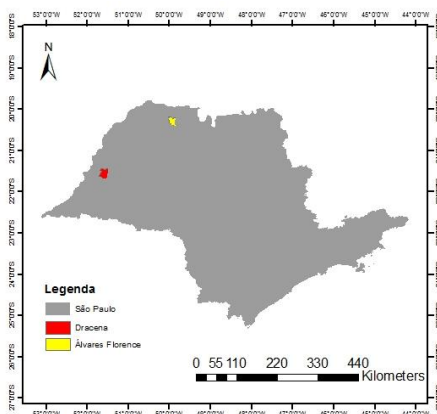


Figura 1. Localização dos municípios Álvares Florence e Dracena no Estado de São Paulo.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Álvares Florence tem área predominantemente de pastagem, entretanto, a partir do século XXI, apresentou forte expansão da agricultura voltada principalmente para a produção de lavoura temporária. Segundo dados do IBGE (2013), o município passou a contar, em 2011, com 2.600 ha de cana-de-açúcar.

O Município de Dracena também se caracteriza pelo predomínio de áreas de pastagem e passou pela mesma expansão da agricultura. Segundo dados de Produção Agrícola Municipal do IBGE (IBGE, 2013), em 2000 não há registros de áreas de cana-de-açúcar no município, no entanto, em 2011, foram registrados 10.890 ha dessa produção.

Duas imagens do sensor TM, satélite Landsat 5, fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2013a), foram utilizadas para a classificação, uma de 12 de maio de 2000 para Dracena e outra de 3 de abril de 2000 para Álvares Florence.

O procedimento realizado nos dois municípios consistiu em executar a classificação supervisionada das imagens do sensor Landsat 5 para o ano de 2000. Foi empregado o método da classificação por máxima verossimilhança, muito difundido entre os pacotes computacionais de sensoriamento remoto. O método consiste em analisar os valores médios, a variância e a covariância dos valores espectrais das diferentes classes identificadas em um conjunto de treinamento e, posteriormente, atribuir classes a todos os elementos da imagem a partir da probabilidade do elemento pertencer a uma classe ou outra.

As etapas seguidas para a classificação supervisionada foram:

(a) Definir as classes em que a imagem será dividida: cana, pastagem, vegetação natural florestal, vegetação natural campestre, solo exposto, cultura temporária e água.

(b) Identificar áreas amostrais de cada uma das classes definidas. A partir da interpretação visual foram selecionados 20 pontos nas imagens Landsat (regiões de interesse) em cada uma das classes. A identificação das classes foi feita usando a chave de interpretação desenvolvida por Gomes et al. (2012), que se baseia em composições coloridas das bandas do espectro infravermelho próximo, infravermelho médio e vermelho (RGB-453 falsa-cor).

(c) Aplicação do algoritmo de classificação por máxima verossimilhança a partir das áreas amostrais nas imagens Landsat, gerando o mapa temático de classes de uso e cobertura.

A verificação da acurácia do mapeamento foi realizada por meio da análise da matriz de confusão e do coeficiente Kappa. A matriz de confusão compara a classificação dita correta com a obtida a partir de uma predição, no caso deste trabalho, interpretação visual vs. classificação por

máxima verossimilhança, respectivamente. Dessa forma é possível identificar as classes que apresentaram maior facilidade de detecção, bem como as maiores confusões. O coeficiente Kappa (k) fornece o grau de concordância da classificação com os dados de verificação (LOBÃO et al., 2005).

Para a confecção da matriz de confusão e coeficiente Kappa, foram selecionados cerca de 50 pontos aleatórios em cada classe no mapa de classificação supervisionada, 282 pontos para Álvares Florence e 214 para Dracena. Para cada um desses pontos foi realizada a identificação visual da classe de acordo com a chave de interpretação desenvolvida por Gomes et al. (2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2 e 3 representam a área estudada e o mapa de uso de cobertura da terra obtido pela classificação supervisionada dos municípios de Dracena e Álvares Florence. Pode-se notar, em ambos os municípios, a predominância da classe pastagem no ano de 2000. Nesse mesmo ano, não foram identificadas áreas com plantio de cana-de-açúcar de acordo com a Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2013). Já para o ano de 2011 foram identificados, pela pesquisa do IBGE, 10.890 ha de plantio de cana-de-açúcar em Dracena e 2.600 ha em Álvares Florence (IBGE, 2013). Isso explica os resultados obtidos por outros trabalhos que vêm mostrando substituição das pastagens por plantios de cana-de-açúcar (RUDORFF et al., 2010, ADAMI et al., 2013).

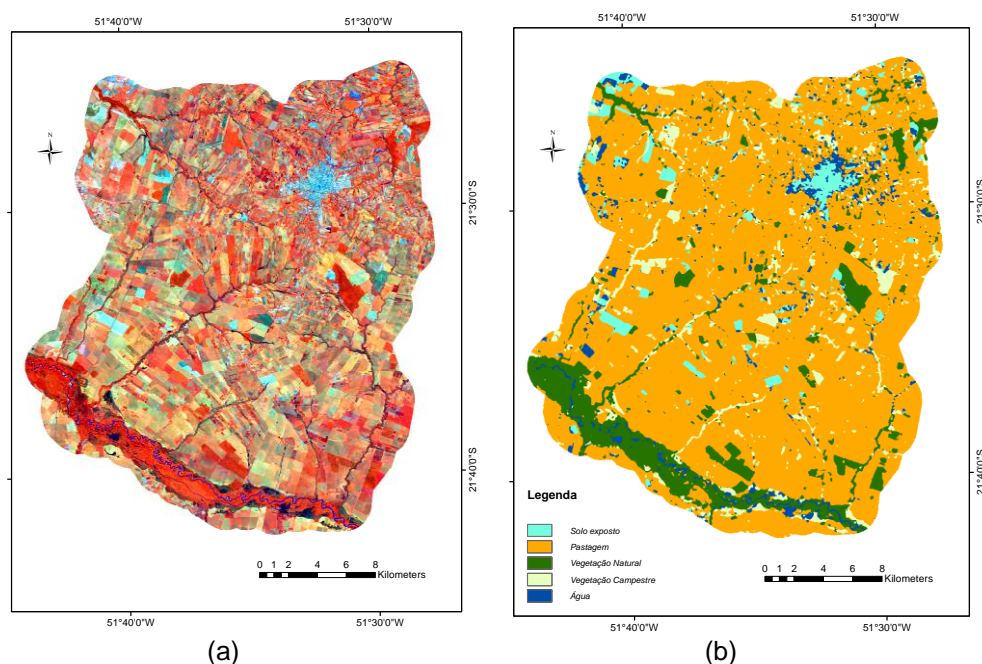


Figura 2. (a) Composição colorida da área de estudo, ano 2000, bandas RGB 453; e (b) o respectivo mapa de uso e cobertura da terra obtido pela classificação supervisionada, Dracena, São Paulo.

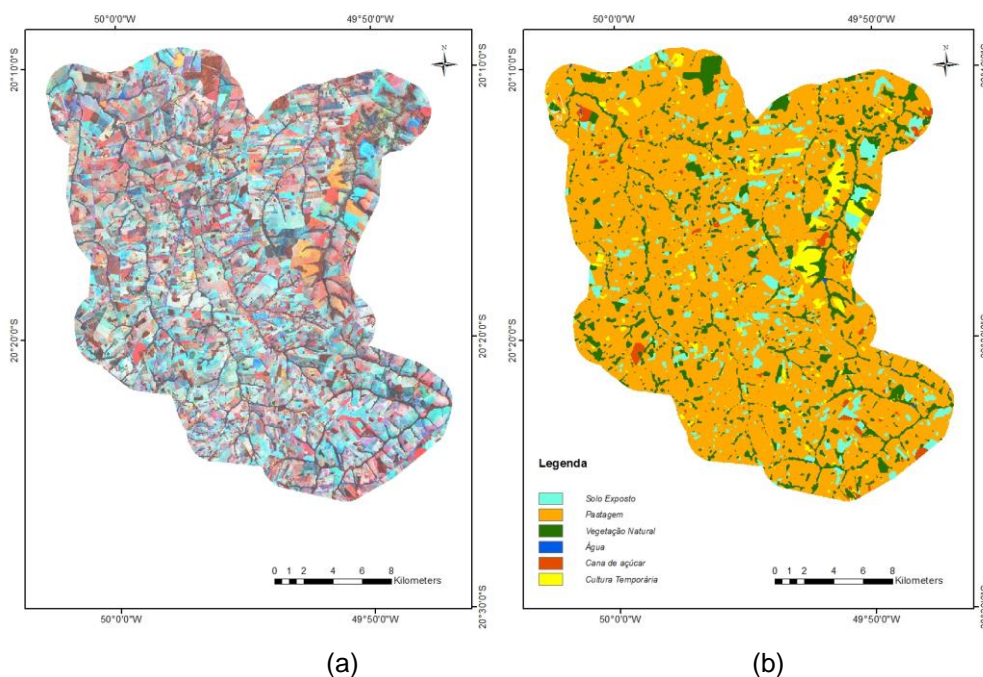


Figura 3. (a) Composição colorida da área de estudo, ano 2000, bandas RGB 453; e (b) respectivo mapa de uso e cobertura da terra obtido pela classificação supervisionada, Álvares Florence, São Paulo.

A partir dos pontos amostrais foi possível confeccionar a matriz de confusão, avaliando o resultado da classificação supervisionada de ambos os municípios e tomando como verdade de campo a interpretação visual das amostras aleatórias (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Matriz de confusão para o Município de Álvares Florence, Estado de São Paulo.

		Classificação supervisionada								
		Rótulos	Solo exposto	Pastagem	Vegetação natural	Água	Cana	Cultura temporária	Total geral	Erro de omissão
Referência classificação visual	Solo exposto		28						8	0
	Pastagem		14	52	4		20	13	103	0,495
	Vegetação natural			1	44		1		46	0,043
	Água				1	46			47	0,021
	Cana						24		24	0
	Cultura temporária		1					33	34	0,029
	Total geral		43	53	49	46	45	46	282	
Erro de inclusão		0,348	0,02	0,102		0,467	0,283			



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Tabela 2. Matriz de confusão para o Município de Dracena, Estado de São Paulo.

		Classificação supervisionada							
		Rótulos	Solo exposto	Pastagem	Vegetação natural	Vegetação campestre	Água	Total geral	Erro de omissão
Referência classificação visual	Solo exposto		32			1	3	36	0,112
	Pastagem		3	56	7	22	12	100	0,440
	Vegetação natural			2	34	1		37	0,081
	Vegetação campestre					14		14	0
	Água		1	1	2	1	22	27	0,185
	Total geral		36	59	43	39	37	214	
	Erro de inclusão		0,112	0,051	0,209	0,641	0,405		

A partir dos dados das Tabelas 1 e 2 chegou-se aos valores do coeficiente Kappa de 0,76 para a classificação do Município de Álvares Florence e de 0,66 para o Município de Dracena, os quais indicam exatidão satisfatória do método de classificação utilizado (LANDIS; KOCH, 1977).

Apesar de a classificação mostrar-se satisfatória na determinação das classes analisadas, há ressalvas em relação às áreas de pastagem, que apresentaram erros de omissão de 49,5% para Álvares Florence e de 44% para Dracena (Tabelas 1 e 2), com obstrução relacionada principalmente às áreas de cultivo de cana-de-açúcar em Álvares Florence, com erros de inclusão de 46,7%, e obstrução relacionada às áreas de vegetação campestre em Dracena, com erros de inclusão de 64,1%. Vale ressaltar que a interpretação visual das imagens torna-se necessária quando o objetivo é distinguir classes cuja textura e reflectância apresentam-se semelhantes no processo de classificação supervisionada. Para as demais classes, a classificação supervisionada mostra-se adequada para distinção e atinge erros significativamente baixos.

4 CONCLUSÃO

O método de classificação supervisionada mostrou-se satisfatório na distinção das classes analisadas. Além de ser um método relativamente rápido, a interpretação visual das imagens e a análise estatística demonstraram que esse método de classificação automática destaca-se positivamente na separação dos agrossistemas dos municípios estudados.

As maiores confusões entre classes foram observadas nas áreas de pastagem. As classes que mais se confundiram com pastagem foram cana-de-açúcar em Álvares Florence e vegetação campestre em Dracena.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013

13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

5 AGRADECIMENTOS

A primeira autora agradece a Embrapa/CNPM, pela oportunidade de estágio, o CNPq, pela bolsa concedida, e o orientador e os colaboradores, pela orientação, apoio e confiança.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMI, M.; MENDES, F. de S.; AGUIAR, D. A.; SALGADO, M. P. G.; RUDORFF, B. F. T. Mudança do uso da terra devido à expansão da cana-de-açúcar em São Paulo de 2005 a 2011. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 482-489. Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW34M/3E7GGTH>>. Acesso em: 01 jul. 2013.

GOMES, D.; MAÇORANO, R. P.; SILVA, G. B. S.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C. **Interpretação de alvos a partir de imagens de satélite de média resolução espacial**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. 25 p. (Circular Técnica, 21).

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis . **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Sensoriamento Remoto – PMDBBS**. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas>>. Acesso em: 01 jul. 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas . **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01 jul. 2013.

IEA. Instituto de Economia Agrícola. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/bancodedados.html>>. Acesso em: 01 jul. 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 01 jul. 2013a.

INPE. Projeto CANASAT: monitoramento da cana-de-açúcar via imagens de satélite. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/index.html>>. Acesso em: 01 jul. 2013b

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais . **Projeto Prodes, monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 01 jul. 2013c.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LOBÃO, J. S. B.; FRANÇA-ROCHA, W. J. S.; SILVA, A. B. Aplicação dos índices KAPPA & PABAK na validação da classificação automática de imagem de satélite em Feira de Santana-BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1207-1214. Disponível em: <<http://urlib.net/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.14.18>>. Acesso em: 01 jul. 2013.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057–1076, abr. 2010.