

Avaliação da classificação digital de áreas de cultivo de bananas em imagem Landsat 5 (TM), a partir da interpretação visual e vetorização em imagem IKONOS.

Anderson Ribeiro de Figueiredo
Laurindo Antonio Guasselli
Guilherme Garcia de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM)
Av. Bento Gonçalves, 9.500 - 91.501-970. Caixa Postal 15.044
Porto Alegre, RS / Brasil
anderson.chb25@gmail.com; laurindo.guasselli@ufrgs.br; g.g.oliveira10@gmail.com

Abstract. The present paper is linked to the project Caracterização e Espacialização de Áreas de Bananicultura Associadas a Remanescentes de Mata Atlântica no Litoral Norte do Rio Grande do Sul – Brasil/FAPERGS. It aims to characterize and spatialize areas of banana cultivations in association with the Atlantic Rainforest biome from the integration of satellite and radar images in the North Shore of Rio Grande do Sul. As a case study, it is proposed to evaluate the automatic classification of areas of banana cultivations in Landsat satellite image, from the visual interpretation in IKONOS satellite image. The methodology was the crossing analysis of the areas of banana cultivations in both images, realized with ArcGIS 9.3 software. The result of automatic classification was analyzed.

Palavras-chave: bioma Mata Atlântica, cultivo de banana, Atlantic Rainforest biome, Banana Cultivation, Landsat, IKONOS.

1. Introdução

O presente estudo está inserido no Projeto Caracterização e Espacialização de Áreas de Bananicultura Associadas a Remanescentes de Mata Atlântica no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, executado no Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM), que tem por objetivo quantificar e analisar a distribuição espacial das áreas de cultivo de banana nos municípios do Litoral Norte, bem como avaliar os impactos a que é submetido o Bioma Mata Atlântica, a partir da integração de imagens multiespectrais de satélite e informações geomorfométricas.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2009), inúmeros são os benefícios que a Mata Atlântica propicia aos habitantes que vivem em seus domínios, como a proteção e regulação do fluxo de mananciais hídricos, que abastecem as principais metrópoles e cidades brasileiras. No Rio Grande do Sul (RS), a área do Bioma Mata Atlântica ocupa 13.759.380 ha, o que representa 48% do estado, permanecendo apenas 7,33% desta área coberta por remanescentes florestais.

No RS, a região do Litoral Norte compõe um dos maiores conjuntos de vegetação florestal nativa. Nessas áreas a Mata Atlântica encontra-se alterada, fragmentada e reduzida a pequenas parcelas de floresta, com o predomínio de matas secundárias, devido à intensidade do processo de ocupação. O cultivo de banana nessa região localiza-se nas encostas da formação Serra Geral, num enclave limítrofe à Planície Costeira, onde o relevo apresenta-se muito irregular e com altas declividades, ocupado originalmente por florestas de Mata Atlântica (Oliveira, 2009).

A produção de banana no RS concentra-se na região do Litoral Norte, sendo esta responsável por 89,2% da produção total do estado, destacando-se o município de Três Cachoeiras como o maior produtor com 37.277 toneladas (SEPLAG / RS, 2008). O plantio de banana nesta região é muito acentuado e suas características geram um enorme impacto sobre as áreas de Mata Atlântica, já que a mesma vem cedendo lugar para as áreas de bananais.

No âmbito do projeto citado anteriormente, Oliveira (2009) testou diferentes algoritmos

para a classificação digital das áreas de Mata Atlântica e de cultivo de banana no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, utilizando imagens multiespectrais do sensor HRG, do satélite SPOT 5. Bisso (2010) testou imagens de sensor hiperespectral no processo de classificação digital para avaliar a influência e contribuição das variáveis morfométricas na resposta espectral das áreas de Mata Atlântica e de cultivo de banana. Este estudo tem como objetivo avaliar a classificação digital da imagem Landsat 5 a partir da interpretação visual da imagem IKONOS, com ênfase nas áreas de cultivo de banana.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

Considerando-se o fato de que o município de Três Cachoeiras se configura como maior produtor de banana no RS, o trabalho volta-se para esta região. Mais especificamente a área de análise está localizada no vale do rio do Terra, porção oeste do município de Três Cachoeiras (Figura 1).

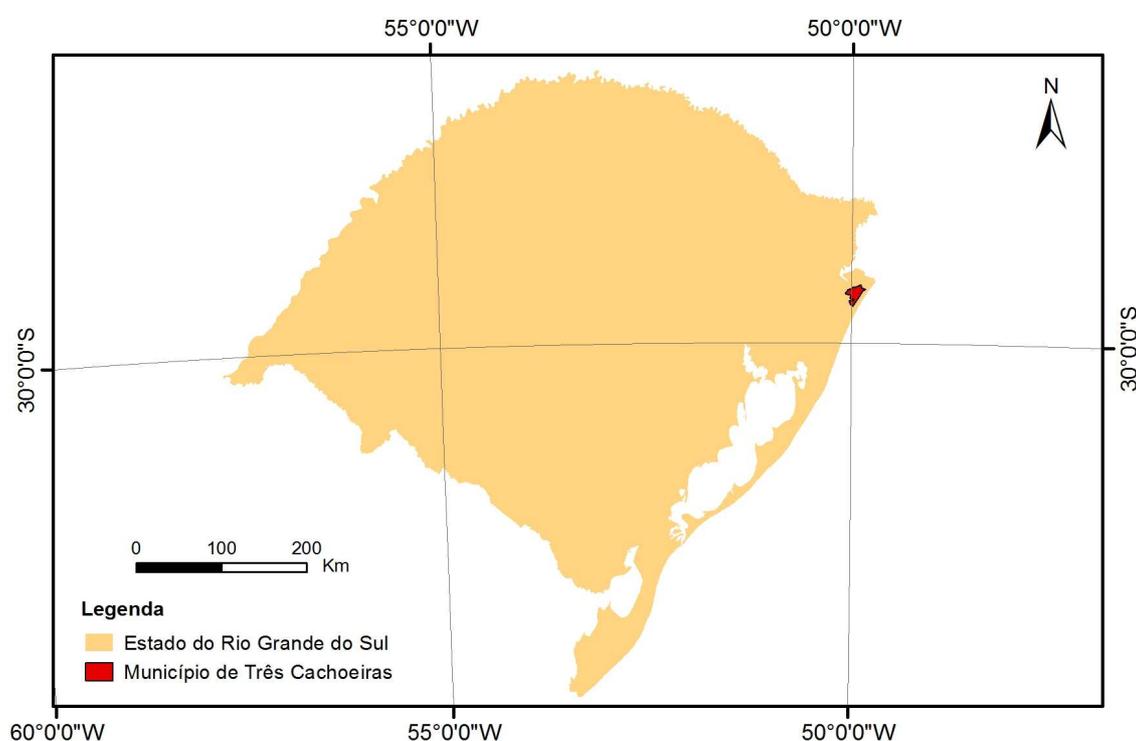


Figura 1 - Localização do município de Três Cachoeiras em relação ao Rio Grande do Sul

2.2 Materiais

Na elaboração do presente estudo foram utilizados os seguintes materiais: a) imagem multiespectral obtida pelo sensor *Thematic Mapper* (TM), do satélite LANDSAT 5, nas bandas espectrais das regiões do visível, infravermelho próximo e médio, com resolução espacial de 30 metros, referente a órbita-ponto 220-80, tomada em março de 2004, disponibilizada pelo INPE; b) imagem multiespectral do satélite IKONOS, nas bandas espectrais da região do visível, com resolução espacial de 1 metro, tomada em abril de 2004, disponibilizada pela Prefeitura de Três Cachoeiras.

2.3 Métodos

As etapas e a seqüência adotada na realização deste trabalho são apresentadas na Figura 2 e descritas a seguir.

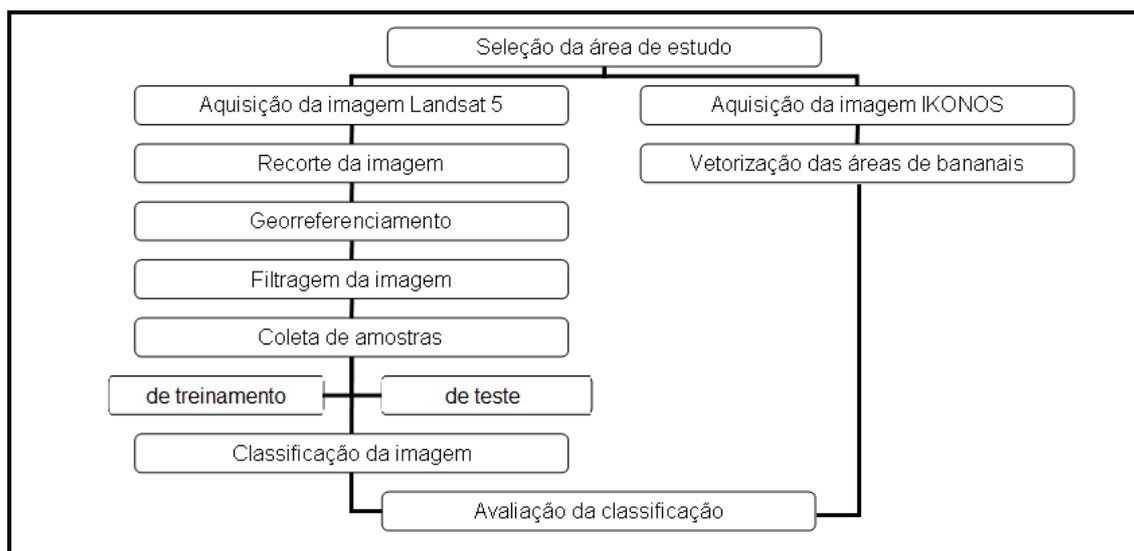


Figura 2 – Fluxograma das etapas desenvolvidas ao longo do trabalho.

Inicialmente a imagem Landsat foi recortada nos limites da área de estudo. O georreferenciamento da cena foi feito no software ArcGIS 9.3 e a coleta dos pontos de controle visíveis na imagem Landsat foi realizada no aplicativo Google Earth. Em seguida, foi aplicado sobre a imagem um filtro passa-baixa com uma janela de 3x3 - através do software ENVI 4.5 - cujo efeito, segundo Quartaroli (2005), é a suavização da imagem e a redução da variabilidade dos níveis de cinza da cena, onde as altas frequências, que correspondem às transições abruptas, são atenuadas.

Na etapa de definição das classes temáticas, desenvolvida tendo por base a interpretação da imagem correspondente à área de estudo e o conhecimento prévio obtido nos trabalhos de campo de Oliveira (2009). Para fins desta análise, foram definidas para a área de estudo sete classes: Floresta Nativa (Floresta Ombrófila Densa e Formação Florestal Secundária), Florestamento, Bananais, Outros Cultivos, Campos, Sombra e Corpos d'Água.

O processo de mapeamento foi efetuado com base na classificação digital pelo método da Máxima Verossimilhança. Este método define a função de decisão pela ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes e o pixel, utilizando parâmetros estatísticos, isto é, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe, previamente definida a partir de amostras de treinamento. Desta forma, no software MultispecW32 foi criado um projeto no qual se inseriu o recorte de imagem Landsat e iniciou-se o processo de coleta de amostras referentes às classes definidas. As amostras necessárias para a classificação da imagem foram selecionadas de modo a serem representativas da área analisada.

A elaboração do mapeamento das áreas de cultivo de banana por interpretação visual se deu a partir da vetorização destas áreas diretamente sobre a imagem do satélite IKONOS. A identificação destas áreas foi feita a partir da análise de certos elementos da imagem descritos por Novo (1992), como: tonalidade, cor, forma, textura, padrão, localização e contexto.

A última etapa consistiu em avaliar a classificação digital sobre a imagem Landsat através de amostras de teste (obtidas sobre a própria imagem Landsat) e dos vetores obtidos por interpretação visual sobre a imagem IKONOS. A avaliação permitiu, entre outros, fazer uma comparação dos resultados de desempenho (acurácia) do classificador tomando como referência os vetores de banana obtidos sobre a IKONOS e as amostras coletadas na Landsat para testar a classificação.

3. Resultados e Discussões

A análise da classificação digital (Figura 3), principalmente quanto ao desempenho do procedimento de classificação, será realizada em duas partes: a) avaliação da classificação pelas amostras coletadas na imagem Landsat; b) avaliação da classificação a partir dos vetores obtidos por interpretação visual da imagem IKONOS.

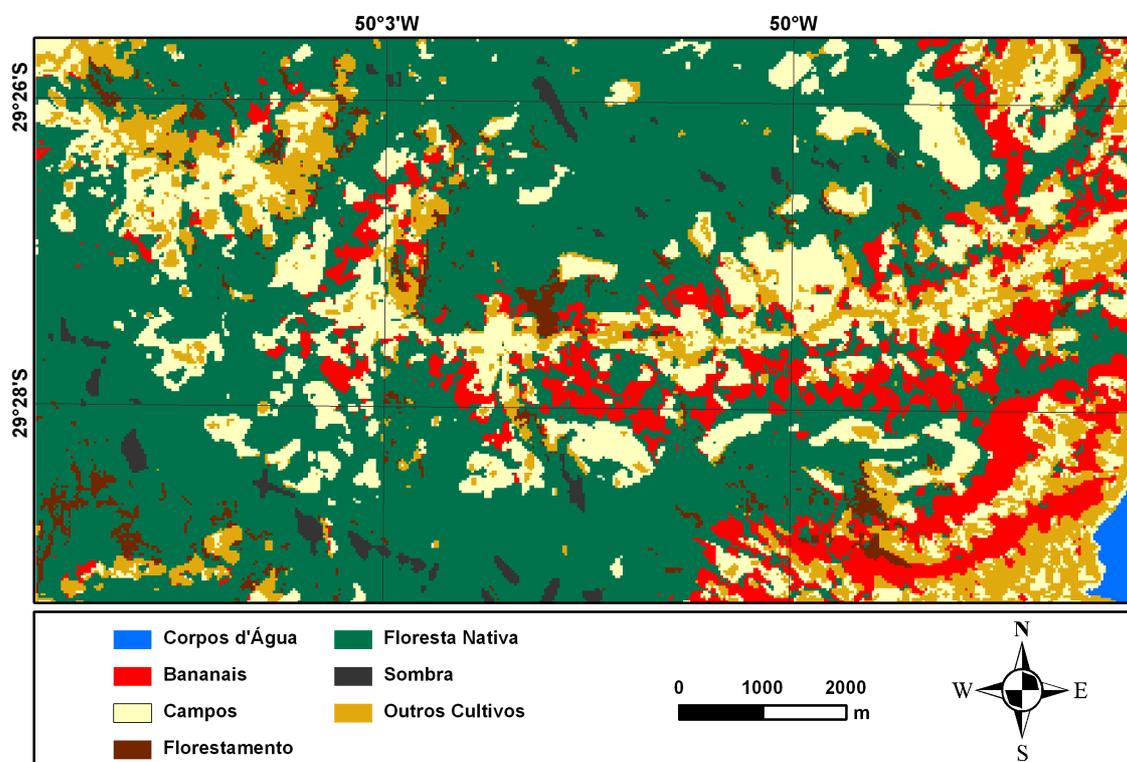


Figura 3 – Imagem classificada pelo algoritmo Máxima Verossimilhança.

3.1 Avaliação da classificação através de amostras coletadas na imagem Landsat

Neste item serão analisados os resultados referentes ao desempenho da classificação a partir de amostras de treinamento (mesmas amostras usadas para treinar e avaliar) e de teste (amostras coletadas apenas para avaliar), ambas coletadas sobre a imagem Landsat 5. As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores obtidos da matriz de confusão das amostras de treinamento e de teste, respectivamente.

Tabela 1. Matriz de confusão - amostras de treinamento (*Leave-One-Out Method*).

Classes	Bananais	Campo	Outros Cultivos	Mata	Florestamento	Sombra	Corpo D'água	Σ Amostras (Pixels)	Acurácia do Produtor (erro de omissão)
Bananais	610	0	1	0	0	0	0	611	99,83%
Campo	0	419	1	0	0	0	0	420	99,76%
Outros Cultivos	0	2	171	0	0	0	0	173	98,84%
Mata	0	0	0	630	0	0	0	630	100%
Florestamento	0	0	0	0	60	0	0	60	100%
Sombra	0	0	0	0	0	244	0	244	100%
Corpo D'água	0	0	0	0	0	0	90	90	100%
Total	610	421	173	630	60	244	90	2228	-
Acurácia do Usuário (erro de comissão)	100%	99,52%	98,84%	100%	100%	100%	100%	-	-

Exatidão Global = 0,9982

Estatística Kappa = 0,9977

Tabela 2. Matriz de confusão - amostras de teste (*Holdout*).

Classes	Bananais	Campo	Outros Cultivos	Mata	Florestamento	Sombra	Corpo D'água	Σ Amostras (Pixels)	Acurácia do Produtor (erro de omissão)
Bananais	80	4	0	0	0	0	0	84	95,24%
Campo	0	129	11	0	0	0	0	140	92,14%
Outros Cultivos	0	50	143	0	0	0	0	193	74,09%
Mata	0	0	0	375	0	0	0	375	100%
Florestamento	6	0	2	0	35	0	0	43	81,40%
Sombra	0	0	0	0	0	16	0	16	100%
Corpo D'água	0	0	0	0	0	0	28	28	100%
Total	86	183	156	375	35	16	28	879	-
Acurácia do Usuário (erro de comissão)	93,02%	70,49%	91,67%	100%	100%	100%	100%	-	-
Exatidão Global = 0,9170					Estatística Kappa = 0,8867				

A matriz de confusão das amostras de treinamento (Tabela 1) apresentou valores de Estatística Kappa de 99,77% e Exatidão Global de 99,82%. Pode-se observar na tendência da distribuição dos erros das amostras de treinamento (Tabela 1) das classes temáticas propostas, que ocorreu uma pequena confusão (praticamente desprezível) somente entre as classes Bananais, Campo e Outros Cultivos. A classe de bananas apresentou acurácia do produtor de 99,83% e a acurácia do usuário de 100%.

O valor do coeficiente Kappa obtido de 88,67% e da Exatidão Global de 91,70% para as amostras de teste (método *Holdout*), Tabela 2, menores se comparados aos valores obtidos pelas amostras de treinamento – é ocasionado pela maior rigorosidade do método de avaliação, no qual são utilizadas amostras diferentes para treinar o classificador e para avaliá-lo. Nesse método fica evidente a dificuldade na separação das classes Campo e Outros Cultivos, podendo ser verificado pelo baixo valor de acurácia do produtor (74,09%) da classe Outros Cultivos e de acurácia do usuário (70,49%) da classe Campo. No entanto, a classe de interesse para o estudo, Bananais, apresentou um valor de acurácia do produtor de 95,24% e acurácia do usuário 93,02%.

De acordo com o índice de qualidade proposto por Landis & Koch (1977), os valores obtidos por meio da Estatística Kappa para o método *Leave-One-Out* (Kappa = 0,9977) e para o método *Holdout* (Kappa = 0,8867) apresentaram um índice de qualidade “Quase Perfeito”.

3.2 Avaliação da classificação através dos vetores de bananais (IKONOS)

Neste item foi avaliada a classificação digital (Figura 3), tendo como referência os vetores resultantes da interpretação visual da imagem IKONOS. A Figura 4 ilustra o recorte da área de estudo utilizado para a avaliação, com destaque às áreas de bananas vetorizadas sobre a imagem de alta resolução.

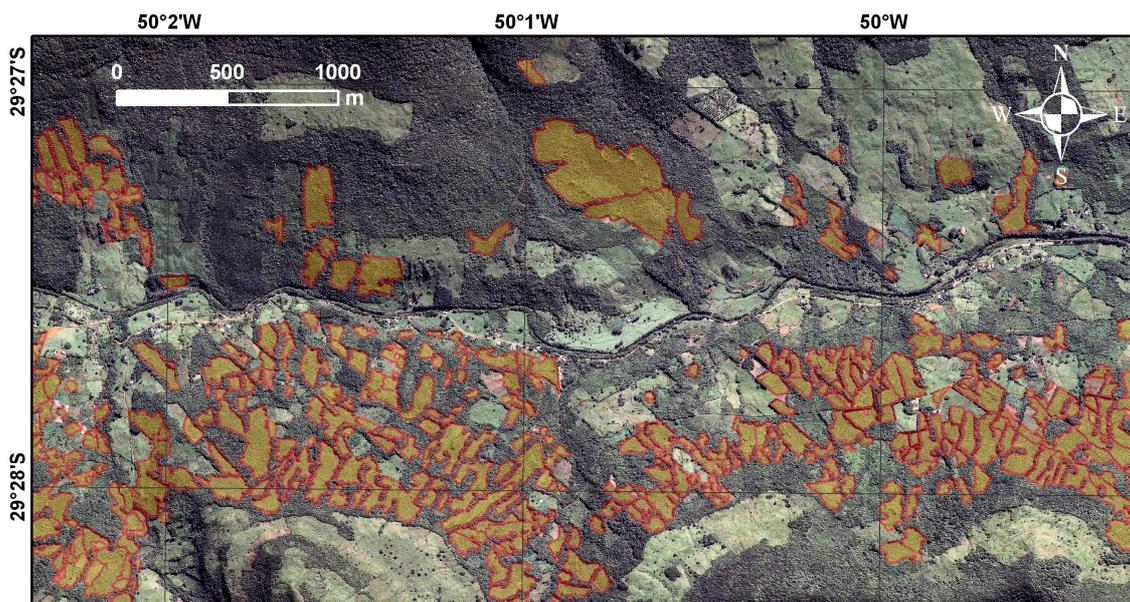


Figura 4 – Vetores de áreas de cultivo de banana resultantes da interpretação visual.

Através do cruzamento da área classificada de bananas (Landsat) e dos vetores de banana (IKONOS) obteve-se um mapa da distribuição das áreas classificadas corretamente e das áreas com erros de omissão e comissão (Figura 5).

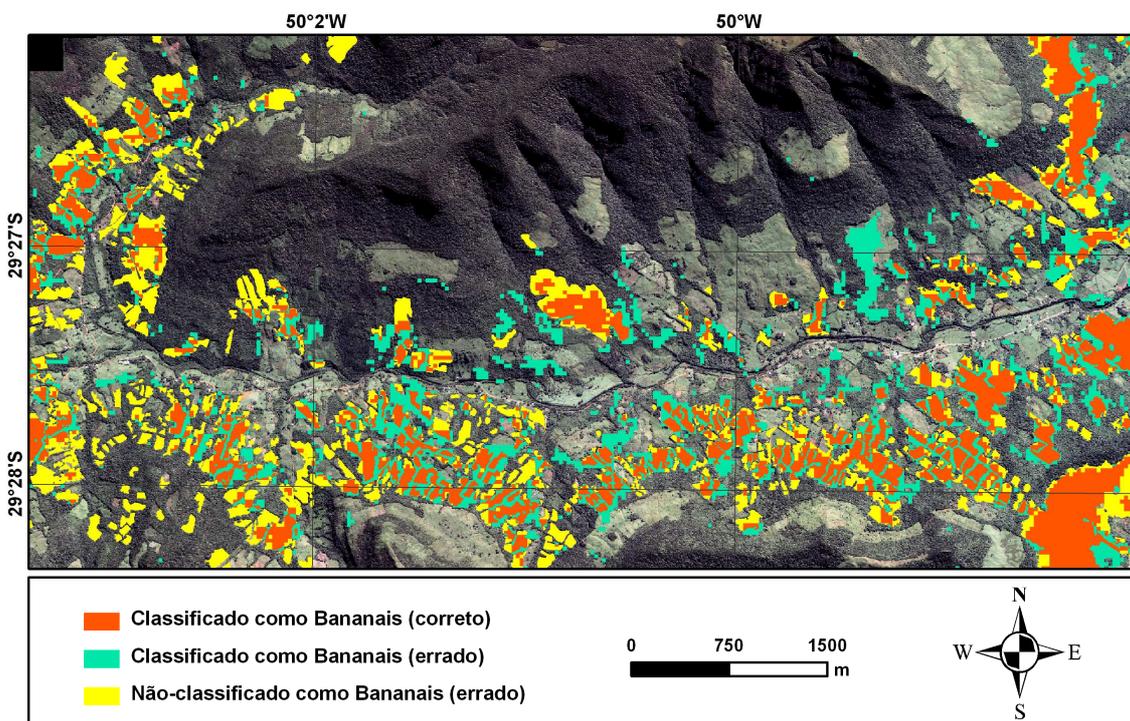


Figura 5 – Cruzamento da classificação de bananas com os vetores (IKONOS).

O mapa apresenta três representações referentes à distribuição do cultivo de banana: a) em laranja realçam-se as áreas em que a classificação digital sobre a imagem Landsat coincidiu com os vetores interpretados sobre a imagem IKONOS; b) em ciano aparecem as áreas classificadas como bananais (Landsat), mas que correspondiam a outros usos (interpretação da imagem IKONOS); c) em amarelo, evidenciam-se os bananais identificados sobre a imagem IKONOS que não foram devidamente classificados sobre a imagem Landsat.

Considerando a matriz de confusão para comparação da classificação digital com a interpretação visual sobre a imagem IKONOS (Tabela 3), de acordo com o índice de qualidade proposto por Landis & Koch (1977), o valor obtido por meio da Estatística Kappa (0,4621) apresentou um índice de qualidade “Razoável”.

Tabela 3. Matriz de confusão da interpretação visual (linhas) x classificação digital (colunas).

Classes	Bananais	Outras Classes	Σ Área (ha)	Acurácia do Produtor (erro de omissão)
Bananais	308,47	282,34	590,81	52,21%
Outras Classes	242,47	3.084,95	3327,42	92,71%
Total	550,94	3367,29	3918,23	-
Acurácia do Usuário (erro de comissão)	55,99%	91,62%	-	-
Exatidão Global = 0,8661		Estatística Kappa = 0,4621		

A discrepância entre o valor de Estatística Kappa obtido nesta avaliação e os valores obtidos nos métodos *Leave-One-Out* e *Holdout* está associado, provavelmente, a três fatores: o primeiro devido à filtragem da imagem Landsat que acabou eliminando pixels isolados de bananais na imagem, que acabaram sendo desconsiderados na classificação digital; o segundo devido aos pequenos deslocamentos existentes entre a imagem Landsat e a imagem IKONOS, devido ao fato de a imagem Landsat ser georreferenciada e a imagem IKONOS ser ortorretificada; o terceiro fator se deve à diferença da resolução espacial entre as imagens, pelo fato de a imagem IKONOS possibilitar a identificação de pequenas áreas, as quais não podem ser identificadas na imagem Landsat.

O que comprova em parte os fatores anteriormente citados é o fato de que as maiores áreas de bananais, em geral, foram devidamente classificadas pelo algoritmo (desprezando o efeito do filtro passa-baixa e da diferença da resolução espacial). Uma observação cuidadosa da Figura 5 permite identificar essas áreas e destaca a grande dificuldade na identificação de pequenas áreas de cultivo de banana que se encontram circundadas por Mata Atlântica.

Analisando a matriz de confusão, destaca-se que, dos 590,81 ha de bananais vetorizados na interpretação visual da imagem IKONOS, 308,47 ha foram devidamente bem classificados pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança sobre a imagem Landsat, sendo que 282,34 ha de outras classes de uso do solo foram classificados como bananais. Destes 282,34 ha classificados como bananais erroneamente, 174,13 ha foram classificados em áreas de Mata Atlântica, denotando a intensa confusão entre as classes de Mata Atlântica e de cultivo de banana.

Na comparação da classificação digital com a interpretação visual sobre a imagem IKONOS, o valor obtido por meio da Estatística Kappa foi de 0,4621, enquanto que o resultado obtido por Bisso (2010) na comparação entre a imagem hiperespectral classificada pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança e os vetores extraídos da imagem IKONOS, por meio da Estatística Kappa foi de 0,3218. Oliveira (2009) obteve um valor de Estatística Kappa de 0,5054 na classificação digital (pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança) da imagem SPOT 5.

4. Conclusões

A partir da análise do presente estudo, concluiu-se que é de extrema importância que os pesquisadores escolham um método de avaliação que realmente apresente os erros e mostre a verdadeira acurácia (desempenho) do classificador, pois dependendo de como avaliamos uma classificação, neste caso, da Figura 3, o resultado pode ser bem diferente quanto ao desempenho, como: Kappa de 0,9977 (*Leave-One-Out*); Kappa de 0,8867 (*Holdout*); e Kappa

de 0,4621 (avaliação a partir de vetores da imagem IKONOS). Além disso, com base nos resultados obtidos foi considerada “razoável” a classificação da imagem (Kappa 0,4621), de acordo com o índice de qualidade proposto por Landis & Koch (1977).

5. Referências

Bisso, A. B. A. **Utilização de dados do sensor HYPERON / EO-1 para análise das áreas de Mata Atlântica e de bananais**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2010.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Fundação SOS Mata Atlântica. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica - Período 2005 a 2008**. Disponível em: <http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas%20mata%20atlantica-relatorio2005-2008.pdf>. Acesso em 22 set. 2010.

Landis, J.R., Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, p.159-174, 1977.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

Oliveira, Gabriel de. **Integração de dados HRG-SPOT5 e SRTM para espacialização de bananais em área do bioma Mata Atlântica no município de Três Cachoeiras, RS** / Gabriel de Oliveira. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2009.

Quartaroli, C. F.; Batistella, M. **Processamento de imagens de sensoriamento remoto: tutorial básico**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. 146 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 44).

SEPLAG, Secretaria do Planejamento e Gestão do Rio Grande do Sul. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=496>>. Acesso em 22 set. 2010.

Venturieri, A.; Santos, J.R. dos. Técnicas de Classificação de Imagens para Análise da Cobertura Vegetal. In: Assad, E.D. e Sano, E.E. **Sistema de Informações Geográficas**. 2.ed., 1998, Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CPAC. Capítulo 18, p. 351-371.