

Avaliação da viabilidade de classificação de imagens fusionadas pelo uso de método de análise estatística

Jonas Gonçalves Soares ¹
Marcos Vinicius Sanches Abreu ¹
Wiéner Anselmo de Medeiros Souza ¹
Isaias da Silva Pereira ¹
Nilcilene das Graças Medeiros ¹

¹ Universidade Federal de Viçosa – UFV
Departamento de Engenharia Civil – DEC
Av. PH Rolfs s/n Campus Universitário – Viçosa – MG, Brasil
CEP: 36570-000

{jonas.soares, marcos.abreu, wiener.souza, isaias.pereira, nilcilene.medeiros}@ufv.br,

Abstract. Pan sharpening allows obtaining high spectral and spatial resolution images. The use of pan sharpened images is growing in many remote sensing applications. One of these applications is image classification, that use samples of spectral response contained in images. In pan sharpened images, the gray levels are generated from the images by mathematical process, and may not match the original spectral responses. Were statistically compared classified images of the city of Teresina, Piauí, generated by the CBERS 2-B CCD sensor, and the second created combining the CCD image with the HRC image of the same satellite by the substitution method RGB-IHS. Both were classified by Maximum Likelihood method. Classification quality was evaluated by Kappa coefficient. The images were compared. The correlation matrix between the CCD and pan sharpened images bands was obtained. Among these images, were compared the means and variances of the pixels that belong to the classes in each band counterparts. The test used to compare was the z test, with 95% confidence level. Classifications were satisfactory by Kappa coefficient (Kappa of 0.80 for the CCD image and 0.74 for pan sharpened). But statistical analysis shows differences between them. With the exception of band 1, there was low correlation between bands, and there was incompatibility between all classes. This indicates the need for caution in classifying pan sharpened images, because pan-sharpening may modify the spectral response.

Palavras-chave: Pan sharpening, classification, statistical, fusão, classificação, estatística.

1. Introdução

Atualmente a utilização de imagens orbitais de alta resolução tem aumentado cada vez mais, destinadas principalmente a aplicações que necessitem de maior detalhamento da cena. No entanto, as maiores resoluções dos sensores orbitais apresentam-se nas bandas pancromáticas, que são limitadas sob o ponto de vista espectral.

Uma solução pode ser a combinação de imagens multiespectrais com imagens pancromáticas (Welch e Ehlers, 1987). A essa técnica dá-se o nome de fusão de imagens, que se caracteriza por manter a informação espectral da imagem original e por incorporar a informação espacial da banda pancromática, conferindo uma maior resolução espacial, gerando uma imagem híbrida que reúne essas características (Leonardi et al, 2005). Uma das técnicas de fusão muito utilizada é a transformação no espaço de cores RGB-IHS, devido à sua eficiência e facilidade de implementação (Tu et al., 2001).

Os cuidados com o registro das imagens e ajuste do histograma da imagem pancromática em relação à banda intensidade são fundamentais para que a nova imagem gerada tenha maiores detalhes e possa ser apresentada em cores (Harris e Murray, 1990). Segundo Chaves et al. (1991), a desvantagem do método é de utilizar apenas três bandas multiespectrais.

Os resultados da aplicação de diferentes métodos de fusão podem ser avaliados segundo dois aspectos: qualidade espectral e qualidade espacial. A qualidade espacial é analisada pelo tamanho do *pixel*, elemento mínimo da imagem. E a qualidade espectral é avaliada pelo número e largura de bandas do espectro eletromagnético (Centeno, J. A.; Ribeiro, 2007).

Uma aplicação muito comum de imagens fusionadas é a classificação das mesmas, sob a justificativa de que a alta resolução espacial melhora a qualidade do mapa final. Para realizar a classificação é realizada a amostragem, que é um processo de seleção de uma parte representativa da área que se pretende estudar (Ebert e Lyons, 1983). Este processo reveste-se de uma série de técnicas e precauções para que as amostras coletadas possam representar o universo da população com o mínimo possível de erro (Brites et al., 1996).

A classificação por Máxima Verossimilhança (Maxver) é uma das técnicas de classificação supervisionada mais utilizadas em dados de Sensoriamento Remoto, na qual a distribuição dos valores da imagem em uma área de treinamento é descrita por uma função densidade de probabilidade (Richards, 1986). Este classificador avalia a probabilidade a posteriori de um determinado *pixel* da imagem pertencer a uma das classes de estudo, atribuindo ao *pixel* a classe a qual ele tem a maior probabilidade de pertencer.

Para a avaliação de desempenho do método de classificação empregado pode-se utilizar o índice Kappa (K) como uma medida de precisão associada à matriz de erro e que considera todos os seus elementos e não apenas aqueles que se situam na diagonal principal da Matriz de erro (Grondona, 2009).

A análise da estatística das imagens, original e fusionada, é importante para sintetizar algumas propriedades, possibilitando conhecimento quantitativo das bandas, além de deferir se é interessante o uso ou não de determinada banda no estudo.

A maioria dos trabalhos que adotaram classificação de imagens em que foram aplicadas técnicas de fusão não faz a validação utilizando as estatísticas da imagem, apenas avaliando visualmente o resultado do processo. O uso destas estatísticas possibilitaria uma melhor avaliação do processo de fusão e classificação do produto gerado com maior segurança. Quando uma imagem original é transformada pelo método RGB-IHS, os níveis de cinza obtidos originalmente pela resposta espectral do objeto na superfície podem ser modificados. Os novos níveis de cinza na imagem transformada IHS podem não corresponder aos obtidos naturalmente pelos sensores no momento da produção da imagem original, alterando as estatísticas da imagem resultante.

Diante do exposto, esse trabalho tem como objetivo avaliar qualitativamente e quantitativamente a viabilidade da classificação de imagens fusionadas utilizando método estatístico, verificando sua correlação com as bandas originais.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de Estudo

Foi selecionada para este estudo uma área na região norte do Município de Teresina, localizado no centro-norte piauiense, a 366 quilômetros do litoral. É a 22ª maior cidade do Brasil com 802.537 habitantes, segundo a estimativa do IBGE (2009). Essa região foi selecionada por apresentar uma área heterogênea com a presença de diferentes feições que foram divididas nas classes: áreas urbana, mata nativa, solo exposto, agricultura e campos.

2.2 Materiais

O satélite CBERS 2-B, lançado em setembro de 2007, possui a bordo as seguintes câmeras: CCD, WFI e HRC. Destas, apenas as imagens das câmeras CCD e HRC foram utilizadas neste estudo.

As imagens utilizadas foram adquiridas pelos sensores no dia 25 de novembro de 2009 durante a mesma passagem. O fato da imagem ser recente, aliado a ausência de nuvens, foi um dos fatores que influenciaram na escolha da área.

Os *softwares* utilizados para registro, fusão, coleta de amostras e classificação digital das imagens foram o SPRING 5.0 e ArcGIS 9.3.

2.3 Seleção e Processamento das Imagens

A primeira etapa do trabalho compreendeu a seleção das imagens CBERS CCD bandas 1, 2 e 3 e HRC pancromática. Inicialmente, optou-se por registrar a imagem pancromática às bandas multiespectrais, uma vez que o objetivo do trabalho é analisar a qualidade da fusão de imagens, sem a necessidade de se trabalhar com dados georreferenciados.

Em seguida, as imagens foram fusionadas pelo método de transformação no espaço de cores RGB-IHS. O sistema de cor RGB é um modelo baseado na composição das cores primárias, Vermelho (R), Verde (G) e Azul (B). O sistema de cor IHS é representado por um espaço único em forma de cone, constituído por suas três componentes, o matiz (H), saturação (S) e a intensidade (I).

Neste método, inicialmente, a imagem multiespectral, composta por três bandas, é transformada do sistema de cores RGB para o sistema IHS. Uma descrição detalhada pode ser encontrada em Gonzalez e Woods (2002). Então, a imagem associada à intensidade é substituída pela banda pancromática e depois a transformação inversa é aplicada, retornando ao sistema RGB com uma imagem multiespectral, resultando em uma imagem de melhor resolução espacial (Welch e Ehlers, 1987). Esta transformação parte do princípio que a imagem intensidade, do sistema IHS, é muito similar a imagem pancromática da mesma área, podendo substituí-la com a vantagem de oferecer maior grau de detalhe espacial.

Posteriormente, foram coletadas amostras das classes estabelecidas. A fusão por IHS foi executada a partir de uma transformação das composições coloridas (dados de entrada), resultando em três bandas: I (Intensity) – Intensidade, H (Hue) – Matiz e S (Saturation) – Saturação. Antes da transformação IHS inversa, a banda I foi substituída pela HRC pancromática. As componentes H e S foram mantidas. Após a substituição, as três componentes são convertidas para o formato RGB.

2.3.1 Classificação das Imagens

Foram coletadas amostras de treinamento para as duas imagens (original e fusionada), geradas as assinaturas espectrais e, por conseguinte, as estatísticas de cada classe. A classificação por Máxima Verossimilhança foi utilizada com limiar de aceitação de 100%. Para validação da classificação, utilizou-se o índice Kappa.

2.3.2 Análise Estatística

A análise estatística consistiu em verificar se os valores de cinza de uma banda original eram semelhantes aos valores de cinza da banda homóloga da imagem fusionada, ou seja, se as características espectrais foram preservadas após a fusão IHS. Para isso, gerou-se a matriz variância-covariância entre as bandas homólogas, derivando-se, posteriormente, a matriz de correlação.

Outra análise realizada foi a comparação entre as estatísticas de cada classe em cada banda. Foram analisadas as médias e variâncias das assinaturas espectrais através do teste de correlação z a 95% de confiança. O objetivo era verificar se as características espectrais de cada classe em cada banda permaneciam constantes nas bandas fusionadas.

3. Resultados e Discussão

Com resultado da classificação das imagens original e fusionada, verificou-se que não houve total confusão entre as classes. As exceções são as áreas de solo exposto e áreas urbanizadas, o que pode ser explicado pelo fato das casas dessa região serem cobertas por telhas de cerâmica, confundindo-se em suas respostas espectrais. Houve também uma redução considerável da área de agricultura.

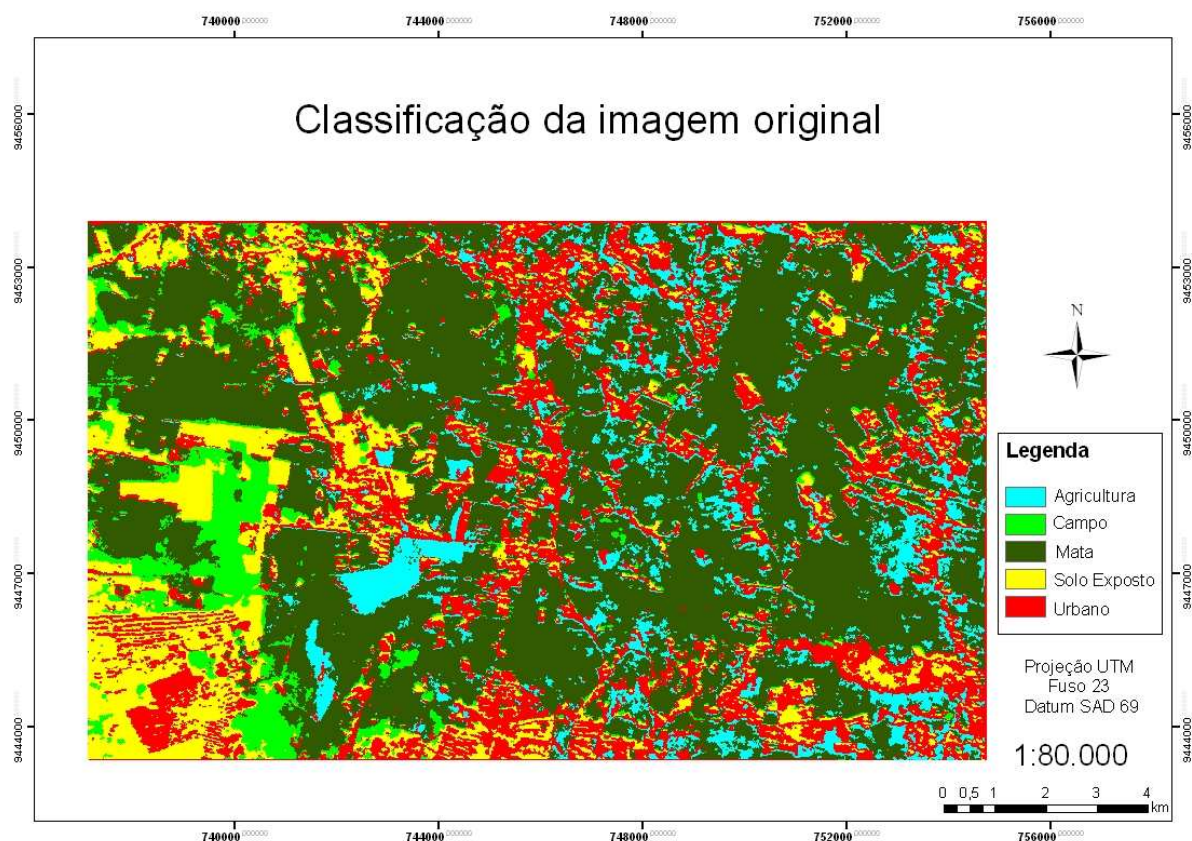


Figura 1: Classificação da imagem original

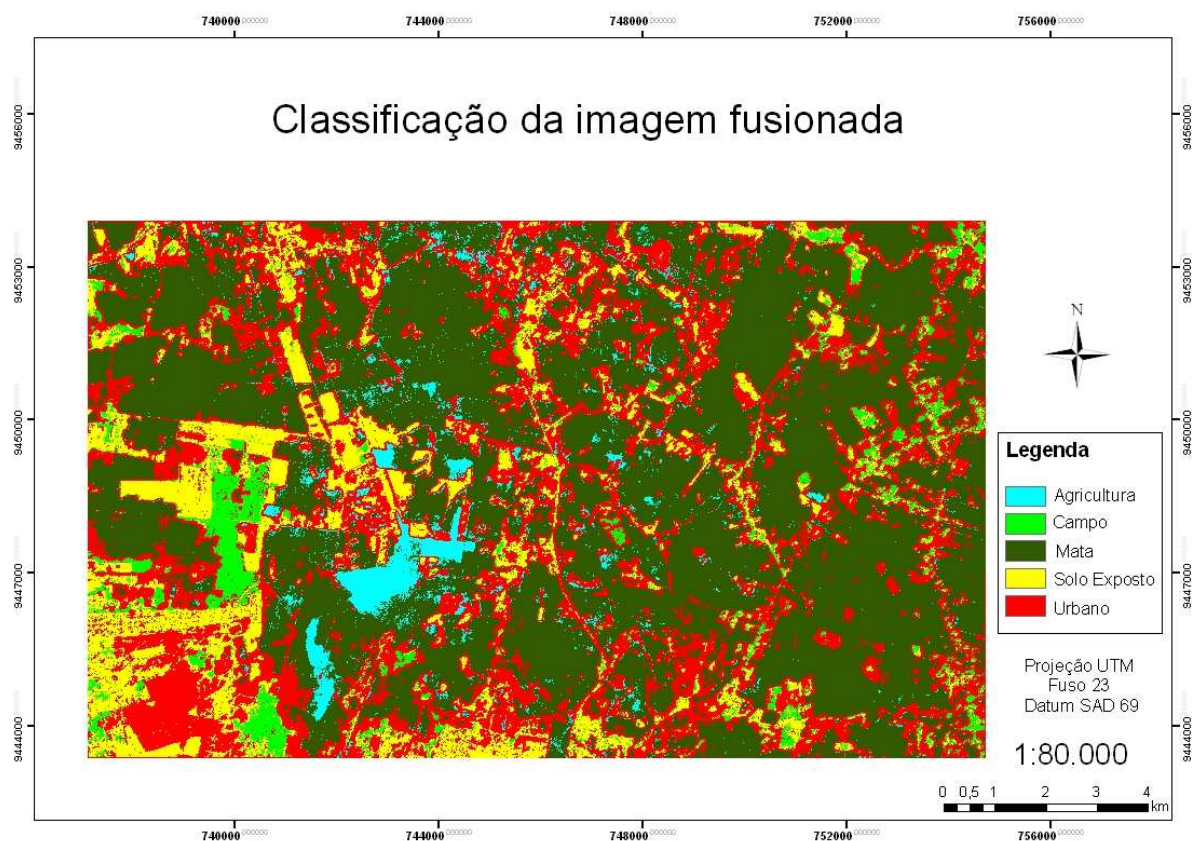


Figura 2: Classificação da imagem fusionada

As matrizes de confusão, apresentadas abaixo, mostram que as duas classificações foram consideradas satisfatórias. O número de amostras para as duas foi de 141. O número de acertos na classificação da imagem original foi de 0,8440 (119/141) resultando no índice Kappa 0,80 (excelente). Por sua vez, o número de acertos da imagem fusionada foi de 0,7943 (112/141) resultando no índice kappa de 0,74 (bom).

Tabela 1 – Matriz de confusão da imagem original

	Urbano	Campo	Mata	Agricultura	Solo Exposto
Urbano	23	0	0	2	10
Campo	0	25	0	0	1
Mata	0	0	27	2	0
Agricultura	0	0	0	27	0
Solo Exposto	6	1	0	0	17

Tabela 2 – Matriz de confusão da imagem fusionada

	Urbano	Campo	Mata	Agricultura	Solo Exposto
Urbano	13	2	0	1	4
Campo	3	23	0	0	4
Mata	0	0	27	1	0
Agricultura	0	0	0	29	0
Solo Exposto	13	1	0	0	20

Em seguida é apresentado o trecho sudoeste da área de estudo, mostrando a região em que houve grande confusão entre solo exposto e área urbanizada.

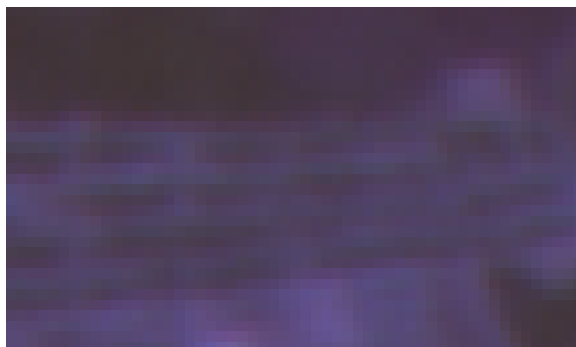


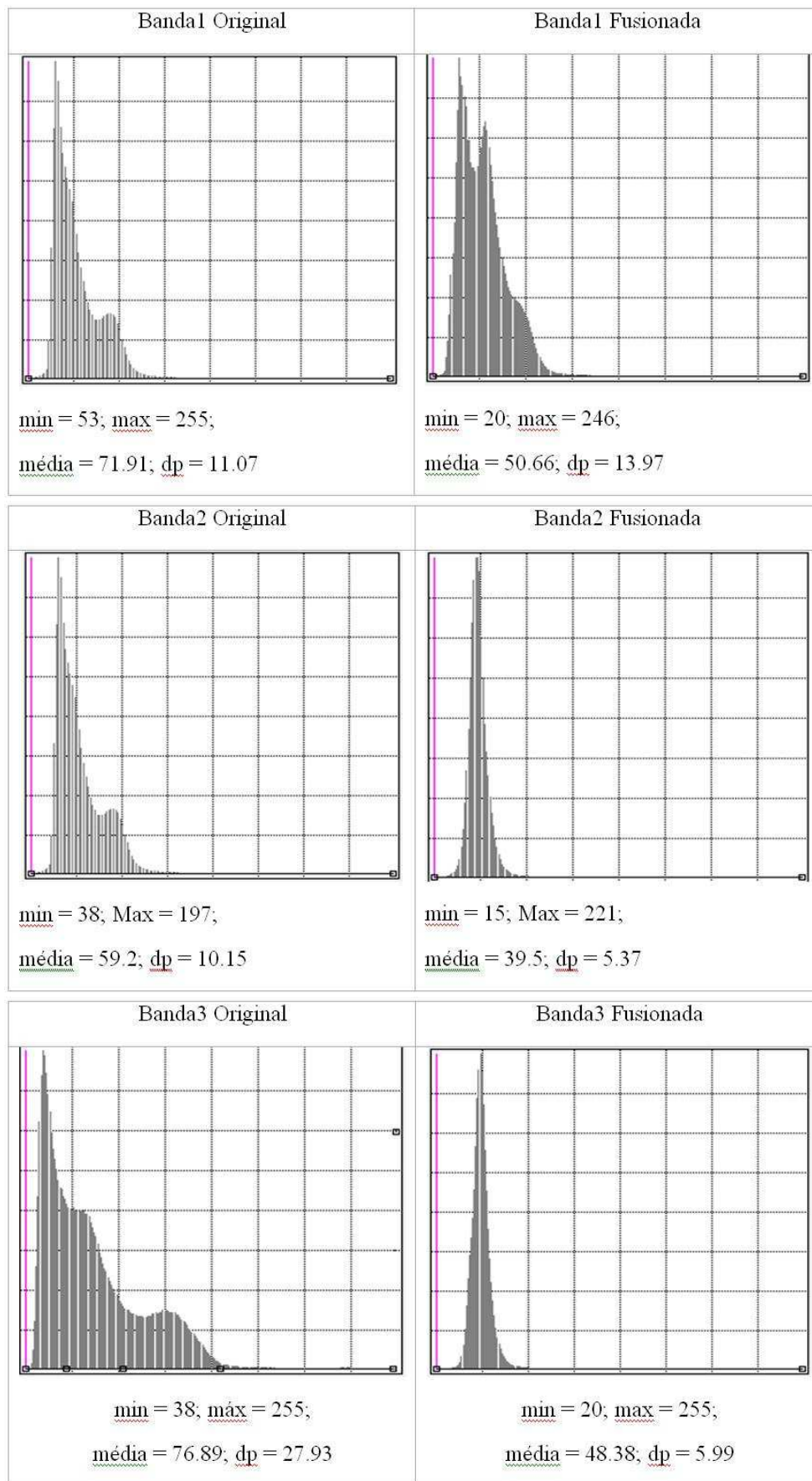
Figura 3: Trecho da imagem original



Figura 4: Trecho da imagem fusionada

3.1 Análise estatística

Após a fusão, foram avaliadas estatisticamente as bandas originais e fusionadas. Quanto à distribuição dos níveis de cinza em cada banda, observa-se que, com exceção da banda 1, que houve uma normalização nos demais histogramas. Nota-se também que em todas as bandas houve mudança nos valores de média, desvio padrão, mínimos e máximos.



Analisando a matriz de variância-covariância entre as bandas originais e fusionadas homólogas, verifica-se que apenas as primeiras bandas possuem forte correlação. As demais se mostram fracas ou até não correlacionadas. Ressalta-se que neste momento não foi realizado um teste de significância estatística.

Tabela 3: Matriz de variância-covariância das respectivas bandas originais e fusionadas.

Bandas	Original 1	Fus. 1	Bandas	Original 2	Fus. 2	Bandas	Original 3	Fus. 3
Original 1	1	0.89	Original 2	1	0.59	Original 3	1	0.33
Fusionada 1	0.89	1	Fusionada 2	0.59	1	Fusionada 3	0.33	1

Como última análise, nota-se que, de acordo com as assinaturas espectrais de cada classe em cada banda original e fusionada, nenhuma média é estatisticamente igual à outra, segundo o teste Z. Conclui-se, portanto, que as médias pertencem a populações diferentes, isto é, as informações contidas nas bandas originais não se preservam após a fusão.

4. Conclusões

Ao final deste trabalho, conclui-se que deve-se ter cuidado ao utilizar imagens fusionadas no processo de classificação, uma vez que os resultados apontaram indicadores de que as características espectrais não se preservam apesar de o índice kappa mostrar que a classificação foi boa. Mesmo com esses subsídios ainda não se pode afirmar que todas as classificações realizadas a partir de imagens fusionadas serão classificadas corretamente e condizentes com a realidade. Para comprovar tais considerações, devem-se realizar mais testes, em diferentes imagens e em diferentes regiões, menos ou mais heterogêneas.

É importante enfatizar que neste trabalho foram realizados testes com a fusão IHS, que modifica o espaço de cores das imagens. Assim, recomenda-se testar outras técnicas de fusão, verificando estatisticamente se as características espectrais se preservam. Além disso, é interessante também simular as mudanças de valores de pixels a partir dos modelos matemáticos que envolvem cada técnica de fusão de imagens para identificar quando e como se dá a mudança significativa de valores de cinza.

Agradecimentos

À Capes pelo apoio financeiro destinado a alguns dos autores sob a forma de bolsa de estudo.

Referências Bibliográficas

Brites, R. S., Soares, V. P., Ribeiro, C. A. A. S. Efeitos da Estratégia de Amostragem na Exatidão Reportada pelo Índice Kappa na classificação de imagens orbitais. In: **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 823-829.

Carper, W. J.; Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. The use of Intensity-Hue-Saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Falls Church, v.56, n.4, p. 459-467, 1990.

Centeno, J. A.; Ribeiro, S. R. A. Um método simplificado de fusão de imagens. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, abril 2007, INPE, p. 5667-5673.

Chaves, P. S. Jr. Sides, S. e Anderson, J. A. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data: Landsat TM and SPOT panchromatic, **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 57(3):295-303. 1991.

Ebert, J.A., Lyons, T.R. Archaeology, Anthropology, and cultural resources management. In: Manual of remote sensing, 2nd edition, Falls Church, **American Society of Photogrammetry and Remote Sensing**. v. 2. 1983, p. 1233 - 1304.

Fonseca, L. M. G., **Processamento digital de imagens**. INPE, 2000.

Florenzano, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Texto, 2002.

Gonzalez, R. C. e Woods, R. E. **Digital Image Processing**. 2ª ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ: 2002.

Grondona, A. E. B. Avaliação da acurácia dos classificadores de máxima verossimilhança, mínima distância euclidiana e isodata na classificação de imagens da região do Pantanal. In: **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.433-442.

Harris, J. R. e Murray, R. IHS transform for the integration of radar imagery with other remotely sensed data, **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 56(12):1631-1641. 1990.

IBGE. IBGE cidades@. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidadesar/default.php>. Acesso em: 22 de junho de 2010.

Kury, E. B.; Vieira, C. A. O.: **Classificação automática de imagens de alta resolução**. Viçosa-MG, DISPONÍVEL EM: VIEIRA <http://www.ufv.br/nugeo/ufvgeo2002/resumos/9-eduardo.pdf> acesso em: 26 de junho de 2010.

Leonardi, S. S. Ortiz, J.O. e Fonseca L.M.G. Comparação de técnicas de fusão de imagens para diferentes sensores orbitais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005 p. 4111-4113.

Richards, A. **Remote sensing digital image analysis: na introduction**. Berlin, Springer-Verlag, 1986.

Silva, R. K. e Ribeiro, S. R. A. Importância da alteração do Histograma de Imagem de Alta Resolução (PAN) para fusão de imagens digitais pelo método de componentes principais. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais** V. 5 N. 1 Jan./Abr. 2009.

Tu, T.; Su, S.; Shyu, H.; Huang, P.S. Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation. **Optical Engineering**, Redondo Beach, v.40, n.5, p.720-8, 2001.

Welch, R.; Ehlers, M. Merging multiresolution SPOT HRV and Landsat TM data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Falls Church, v.51, n.8, p.301-303, 1987.