

Fusão de imagens por IHS para identificação de uso e cobertura do solo em elementos amostrais

Marcos Adami ¹
Flavio Deppe ²
Rodrigo Rizzi ¹
Mauricio Alves Moreira ¹
Bernardo Friedrich Theodor Rudorff ¹
Leila Maria G. Fonseca ¹
Rogério Teixeira de Faria ³
Corina Costa Freitas ¹
Enzo D'Arco ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{adami, rizzi, mauricio, bernardo}@dsr.inpe.br; {leila, corina}@dpi.inpe.br

² Instituto Tecnológico SIMEPAR
Centro Politécnico da UFPR - Jardim das Américas
Caixa Postal 19.100 - CEP 81.531-990 – Curitiba, PR, Brasil
deppe@simepar.br

³ Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR
Caixa Postal 481- 86047-902 – Londrina, PR, Brasil
rtfaria@iapar.br

Abstract. One of the main problems to use area sampling techniques for crop area estimate in Brazil is the lack of available up-to-date metric aerial photographs. This work aims to evaluate fused Landsat7-ETM+ images for ground survey data collection to identify and map land features, that should replace the use of metric aerial photographs. The ETM+ spectral bands 3, 4, 5 and 7 were used in different RGB combinations merged with the panchromatic band to produce images with better spatial resolution through IHS fusion technique. The resulting images were plotted in 1:25,000 scale and used in a ground survey campaign including 85 sampling segments. Results pointed out that fused images allowed to identify and map land features in the sampled segments. Therefore, fused ETM+ images presented good potential for ground survey data collection to identify and map land features for crop area estimates based on area sampling techniques.

Palavras-chave: agricultural statistics, image processing, remote sensing; estatísticas agrícolas, processamento de imagens, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A estimativa de área plantada de culturas agrícolas por meio de amostragem de área pode utilizar três elementos para definir o local amostrado: pontos, polígonos irregulares e segmentos regulares (Cochran, 1977; Thompson, 2002). Após o sorteio das amostras, tais elementos são visitados em campo para inferir sobre as culturas agrícolas presentes nos mesmos. De posse dessa informação, estima-se a área ocupada pelas culturas em toda a região em estudo. Neste caso, quanto mais eficiente e correta é a localização dos elementos amostrais no campo, bem como a quantificação da área das culturas neles contidas, melhor a qualidade das estimativas.

Os métodos de estimativa de áreas agrícolas por amostragem de área utilizam fotografias aéreas de arquivo para a localização dos elementos amostrais no campo, principalmente em função da alta resolução espacial. Entretanto, as fotografias aéreas atualmente disponíveis

para este fim foram adquiridas a cerca de 20 anos e, portanto, não representam mais a realidade das feições existentes no campo. Isto dificulta enormemente a localização dos elementos amostrais (pontos, polígonos ou segmentos), bem como a identificação dos limites dos talhões das culturas presentes no seu interior. Além disto, a dinâmica temporal dos talhões agrícolas dificulta a correta estimativa da área no interior dos elementos amostrais.

Tal fato se verificou no projeto denominado Pesquisa de Previsão e Acompanhamento de Safras (PREVS), pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em conjunto com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em 1986. A PREVS utilizou fotografias aéreas obtidas em 1980, em uma escala de 1:25.000 para orientar os coletores de dados nos elementos amostrais no campo. Segundo Collares et al. (1993), a desatualização das fotografias e o alto custo de novos levantamentos aéreos foram alguns dos principais fatores que impossibilitaram a aplicação da metodologia proposta em todo o Brasil. A utilização de imagens dos satélites Ikonos, Quick Bird e SPOT-5, por exemplo, apesar de possuírem resolução espacial semelhante às fotografias aéreas, esbarram no alto custo de obtenção e na baixa frequência de imageamento.

O uso de imagens de sensoriamento remoto de média resolução espacial em substituição às fotografias aéreas de arquivo pode facilitar a localização e a identificação in loco dos detalhes dos elementos amostrais (Rezende, 2000). Tais imagens, além do custo relativamente reduzido, podem ser adquiridas em datas próximas ao trabalho de campo, em função do recobrimento sistemático e freqüente do globo terrestre pelos satélites. Para tanto, as imagens necessitam reunir características espaciais e espectrais de modo a permitir a localização dos elementos no campo. O sensor Enhanced Thematic Mapper plus (ETM+), a bordo do satélite Landsat-7, operou, com sucesso, de abril de 1999 a maio de 2003. As imagens obtidas pelo ETM+ possuem 6 bandas espectrais centradas desde a região do visível até o infravermelho médio do espectro eletromagnético, com resolução espacial de 30m. Além disto, o sensor ETM+ possui também uma banda pancromática com resolução espacial de 15m. Em comparação com os satélites de melhor resolução espacial, Ikonos, Quick Bird e SPOT-5, por exemplo, o sensor ETM+ apresenta como vantagem o menor custo e o recobrimento sistemático do globo terrestre, com a possibilidade de se obter uma imagem a cada 16 dias, da mesma área.

As técnicas de fusão permitem integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática à melhor resolução espectral das demais bandas, produzindo uma imagem colorida que reúne ambas as características. As técnicas de fusão incluem: (i) Intensidade-Matiz-Saturação (IHS), (ii) Principais Componentes, (iii) Transformação de Brovey, (iv) Transformação Wavelet, dentre outros (Carper et al., 1990; Chaves et al., 1991; Blanc et al., 1998; Pohl e Van Genderen, 1998; Jorge et al., 1999). No entanto, o método de IHS é um dos mais utilizados devido a sua eficiência e facilidade de implementação (Tu et al., 2001).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a técnica de fusão IHS aplicada em imagens do sensor Landsat ETM+ para a substituição das fotografias aéreas de arquivo, em trabalhos de coleta de dados de campo e delimitação de elementos amostrais para os sistemas de estimativas de área de culturas agrícolas. No processo de fusão várias composições coloridas são também avaliadas em relação à caracterização dos elementos amostrais.

2. Material e Métodos

O trabalho foi realizado em segmentos regulares de um painel amostral em uma região agropecuária ao norte do estado do Paraná, composta por vinte e três municípios, pertencentes ao Núcleo Regional de Cornélio Procópio da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB). A área da região é de 7.480 km² e está compreendida entre as seguintes coordenadas: 50° 08' 00" W, 51° 12' 53" W, 24° 03' 36" S e 22° 45' 36" S.

As imagens Landsat ETM+, órbitas 221 e 222, ponto 76, adquiridas em 21 e 28/06/2002, respectivamente, foram processadas utilizando o software SPRING (Câmara et al., 1996). A localização dos segmentos foi realizada com auxílio de GPS de navegação e do software Trackmaker (Ferreira Jr., 2003).

Para aplicar a técnica de fusão de imagens IHS, foram utilizadas as bandas espectrais 3 (faixa do vermelho, de 0,63 a 0,69 μm), 4 (na faixa do infravermelho próximo, de 0,78 a 0,90 μm), 5 (na faixa do infravermelho médio, de 1,55 a 1,75 μm), e 7 (na faixa do infravermelho médio, de 2,09 a 2,35 μm). Estas bandas apresentam resolução espacial de 30m. A banda pancromática (na faixa do visível e infra vermelho próximo, de 0,52 a 0,90 μm) também foi utilizada. Esta banda possui resolução espacial de 15m. As técnicas de correção atmosférica (Chavez, 1988) e restauração de imagens (Fonseca, 1988) foram aplicadas para todas as bandas.

As técnicas de correção atmosférica consistem em minimizar os efeitos de absorção e espalhamento da energia eletromagnética gerados pelas partículas presentes na atmosfera. O modelo adotado para a correção atmosférica foi o proposto por Chavez (1988), que é baseado na subtração do “pixel” escuro ou Dark Object Subtraction (DOS). O processo de restauração de imagens tem por objetivo reduzir o efeito de borrramento de uma imagem, inserido pelo sensor, a partir do conhecimento a priori do fenômeno de degradação. Através de técnicas de restauração é possível melhorar a qualidade da imagem degradada e também gerar imagens com melhor resolução espacial efetiva em uma grade de amostragem mais fina (Fonseca, 1988).

Em seguida utilizou-se a técnica de fusão de imagens IHS, conforme descrito por Schetselaar (1998), Mather (1999), Gonzalez e Woods (2000) e Tu et al. (2001). A técnica consiste em realizar uma combinação de imagens no sistema de cor vermelho (R), verde (G) e azul (B), para produzir as componentes: intensidade (I), que representa a energia total envolvida, matiz (H), que representa a cor dominante ou a medida do comprimento de onda médio da luz que foi refletida ou transmitida, e saturação (S), que expressa o intervalo de comprimento de onda ao redor do comprimento de onda médio, no qual a energia é refletida ou transmitida. Com a obtenção destas componentes, substitui-se a componente I pela imagem pancromática, de melhor resolução espacial, no procedimento de retorno ao domínio RGB. Desta maneira, a informação espectral da composição RGB é integrada à informação espacial da banda pancromática.

Neste procedimento foram usadas as seguintes combinações de bandas e cores: 4R5G3B; 5R4G3B e 4R5G7B. Para cada transformação IHS igualou-se a média e a variância da banda pancromática em relação à banda I, para uniformizar as informações das bandas a serem trocadas (González e Woods, 2000; Tu et al., 2001). O uso de diferentes combinações RGB foi realizado em função da área de estudo apresentar características heterogêneas quanto ao relevo, tipo de solo e outras condições, resultando em variações no comportamento espectral dos alvos. Deste modo, determinadas regiões têm seus atributos mais bem visualizados em certa combinação de cores RGB. Por outro lado, outras regiões ficam mais bem definidas em outra combinação. Toda a seqüência metodológica utilizada na geração das imagens fusionadas por IHS pode ser visualizada na **Figura 1**.

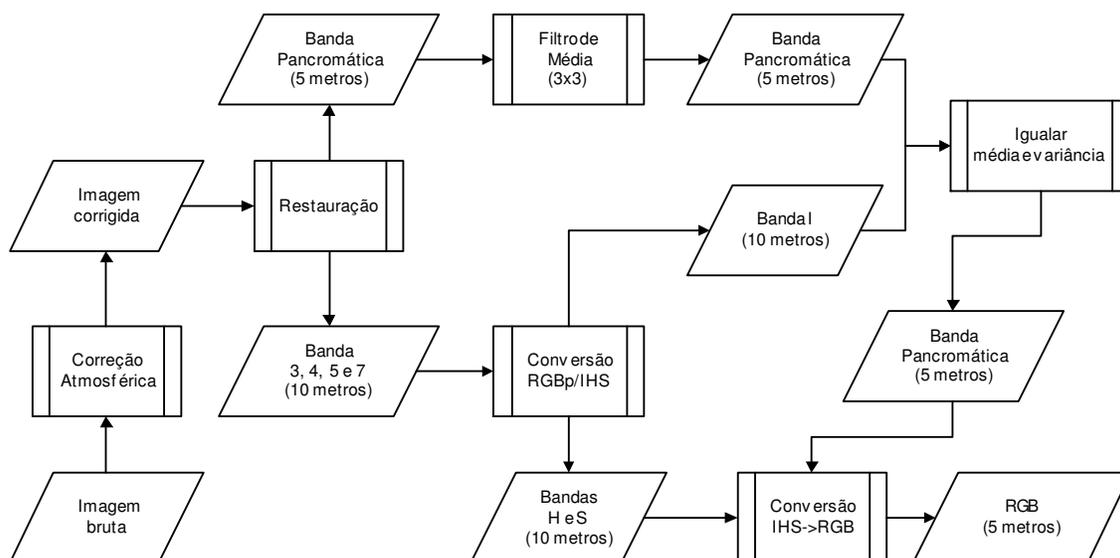


Figura 1 - Metodologia utilizada na fusão IHS das imagens do sensor ETM+.

O material de campo foi impresso na escala 1:25.000. Além das imagens IHS, foram impressas imagens nas mesmas composições RGB utilizando-se as bandas espectrais originais do ETM+ (30m). Entretanto, em função da resolução espacial, tais imagens somente permitiram a impressão com boa qualidade visual na escala 1:50.000. Este material foi utilizado para orientar a localização dos elementos e a coleta dos dados no campo em 85 regiões, onde estavam contidos segmentos regulares com área de 1 km², sorteados aleatoriamente, conforme descrito por Adami et al. (2005). Estes segmentos foram visitados de outubro a dezembro de 2002, para realizar a estimativa da área cultivada com soja, milho e café. Em cada segmento foram traçados sobre as imagens os polígonos correspondentes ao uso do solo no momento da visita, que posteriormente foram digitalizados para o cálculo da área. Desta forma, as imagens impressas foram utilizadas, tanto para facilitar a localização dos segmentos no campo, quanto para delimitar os talhões presentes no interior de cada segmento. Para título de comparação, todo o procedimento de coleta de informações em campo foi realizado utilizando-se somente as fotografias aéreas de arquivo.

3. Resultados e discussão

O procedimento de fusão de imagens por IHS possibilitou a impressão da documentação de campo em escala 1:25.000. Esta escala mostrou-se adequada para ser utilizada no trabalho de coleta de dados a campo, pois permitiu realçar características importantes da imagem, tais como estradas e feições de drenagens. Isto facilitou a localização e a delimitação dos talhões presentes no segmento. A **Figura 2** está na escala utilizada para o trabalho de campo (1:25.000) e contém a imagem ETM+ original (30m) e a resultante do processo de fusão por IHS. Pode-se observar na **Figura 2** que houve substancial melhora na definição dos elementos da imagem híbrida (**Figura 2** (b)) em relação à imagem original (**Figura 2** (a)). A estrada (detalhe 1), as cristas de morros e os talvegues (detalhe 2) e as linhas de quebra-vento (detalhe 3) são exemplos do resultado obtido na melhoria da resolução espacial gerada pela fusão IHS (**Figura 2** (b)), quando comparada a imagem original (**Figura 2** (a)). Além disto, a fusão IHS ressaltou os contornos dos elementos sem perder estas características no momento da impressão em papel.

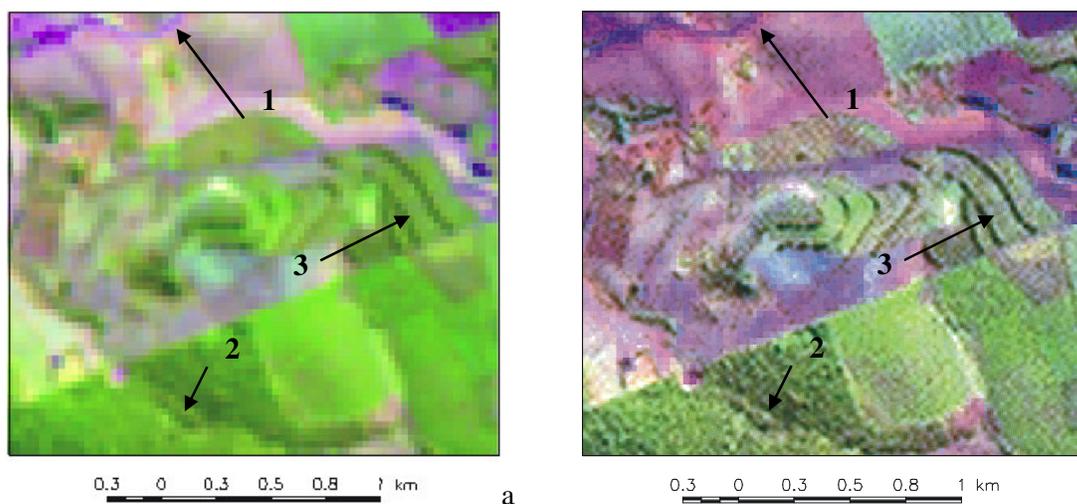


Figura 2 - Imagem ETM+ (a) 4R5G3B original (30m) e (b) resultante da fusão IHS (5m). As setas indicam (1) Estrada, (2) talvegue e (3) quebra-vento.

A **Figura 3** apresenta as variações de cores que ocorrem ao se realizar a fusão IHS nas diferentes combinações RGB utilizadas. O quadrado apresentado na Figura 3 é um dos elementos amostrais visitados, possui área de 1 km² e representa os limites utilizados para realizar o levantamento.

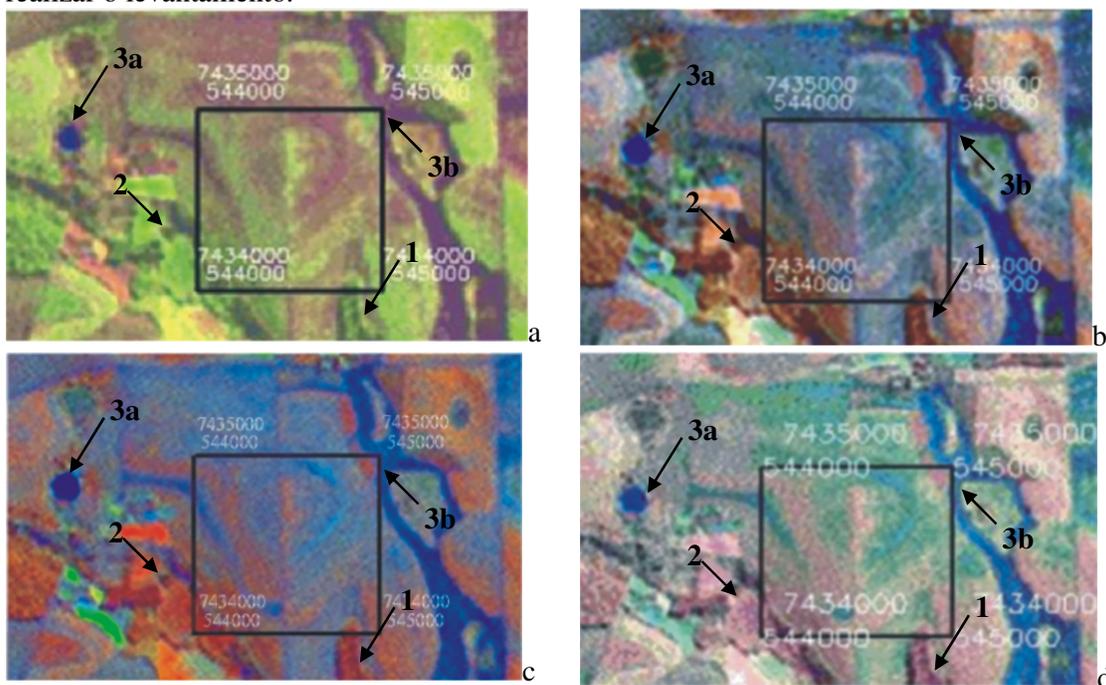


Figura 3 - Fusão IHS para as combinações. 5R4G3B (a), 4R5G7B (b), 4R5G3B (c) e 4R5G3B com fator de correção para saturação (d), bem como o segmento amostral visitado no campo.

Pela Figura 3 observa-se que as feições de vegetação ficam mais salientes nas combinações que possuem a banda 4 associada ao vermelho (**Figuras 3** (b), (c) e (d)), vide detalhe 1. Estas combinações foram utilizadas para os elementos amostrais em que o contraste entre a vegetação e os outros componentes era necessário. Nota-se também que a imagem composta somente pelas bandas do infravermelho (4, 5 e 7) (**Figura 3** (b)) descreve melhor as feições do relevo, facilitando a visualização das redes de drenagem, por exemplo (detalhe 2).

Neste caso, esta combinação foi utilizada para os elementos amostrais em que o relevo é parte importante da amostra. Esta combinação de bandas foi a que melhor permitiu a delimitação dos elementos apresentados por esta configuração de terreno. A composição 5R4G3B (**Figura 3 (a)**) dá destaque ao solo exposto e a água, enquanto que nas demais composições RGB tais elementos são confundidos entre si. Isto pode ser verificado comparando-se o lago (detalhe 3a) com a área de solo exposto (detalhe 3b). Nas composições 4R5G7B (**Figura 3 (b)**), 4R5G3B (**Figura 3 (c)**) e 4R5G3B com fator de correção para saturação (**Figuras 3 (d)**) estes elementos (detalhes 3a e 3b), possuem praticamente a mesma cor, dificultando a sua identificação. O que não acontece na composição 5R4G3B (**Figura 3 (a)**). Da mesma maneira, esta combinação foi utilizada para identificar elementos amostrais em que o contraste entre solo exposto e água era necessário. Quando se compara a composição 4R5G3B com fator de correção para saturação (**Figura 3 (d)**) com as demais, observa-se que a mesma não apresenta os efeitos de saturação apresentados pelas demais. Entretanto, este procedimento diminui a intensidade das cores nas imagens, dificultando a diferenciação de alguns elementos, tais como áreas de mata e agricultura. Desta forma, a composição R45G3B com fator de correção para saturação (**Figura 3 (d)**), só foi utilizada em casos específicos, onde as demais combinações apresentavam saturação em demasia de modo a não permitir a identificação das feições presentes no interior do segmento amostrado.

Um paralelo entre o resultado da fusão IHS nas imagens do sensor ETM+ e as fotografias aéreas de arquivo é visualizado na **Figura 4**.

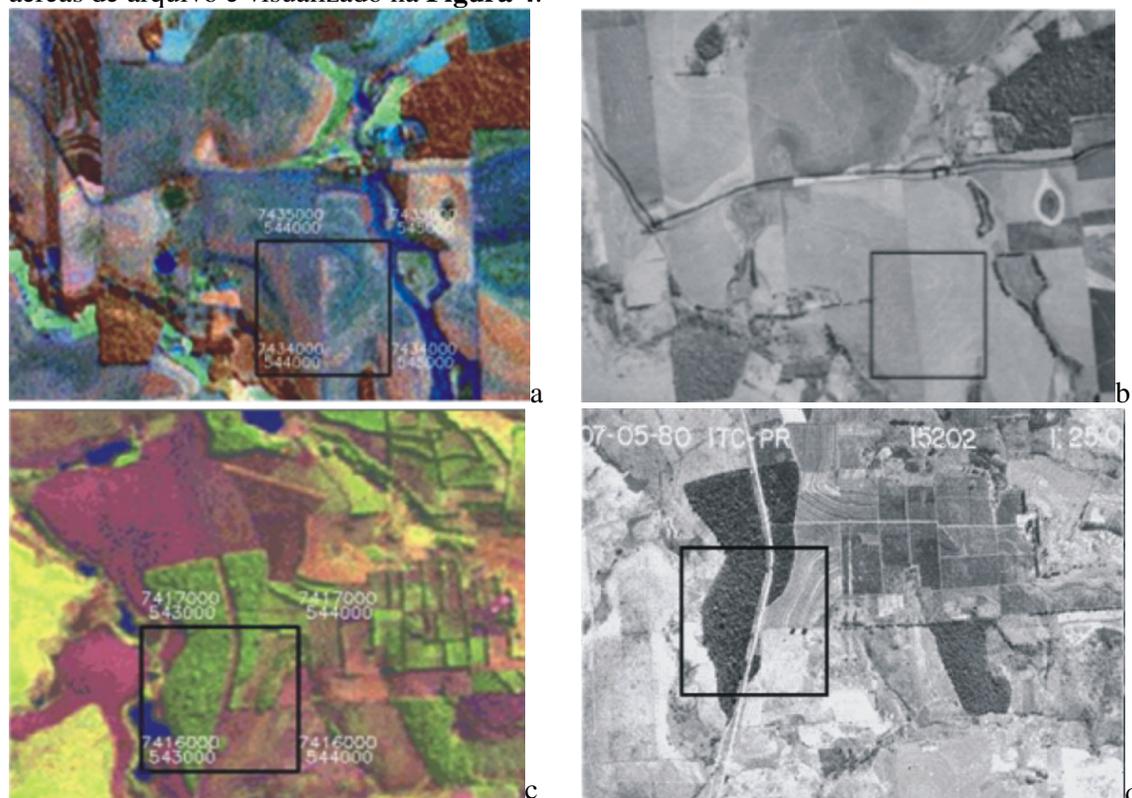


Figura 4 - Imagens resultantes da fusão IHS (imagens coloridas) e das fotografias aéreas monocromáticas de arquivo (imagens preto e branco).

As **Figuras 4 (a)** e **4 (b)**, retratam áreas onde ocorreram mudanças entre a data de obtenção das fotografias em relação às imagens, adquiridas pouco antes do trabalho de campo. Isto pode ser observado a partir da linha de árvores, presente na fotografia aérea

(**Figura 4 (b)**), que margeia o segmento a direita, não mais presente na imagem do ETM+ (**Figura 4 (a)**). Na imagem do ETM+ (**Figura 4 (a)**) observa-se um cafezal no quadrante superior esquerdo que não está presente na fotografia aérea (**Figura 4 (b)**). A mata que se encontrava no quadrante inferior esquerdo da fotografia aérea (**Figura 4 (b)**) foi erradicada e não se encontra presente na imagem do ETM+ (**Figura 4 (a)**). Na **Figura 4 (c)** observa-se a presença de três lagos que estão no lado esquerdo do segmento, que não existiam na época de obtenção da fotografia aérea, em 1980 (**Figura 4 (d)**). As linhas de quebra-vento que aparecem na imagem do ETM+ (**Figura 4 (c)**) não estão presentes na fotografia aérea (**Figura 4 (d)**).

Apesar das imagens geradas pela fusão IHS (**Figura 4 (imagens coloridas)**), não terem a mesma resolução espacial da fotografia aérea (**Figura 4 (imagens preto e branco)**), os detalhes fornecidos pela cor e por ser uma imagem de data próxima ao trabalho de campo, ressaltam as mudanças ocorridas no período entre 1980 (época de obtenção das fotografias aéreas) e 2002 (época que foram obtidas as imagens Landsat). Consequentemente, ao ser realizado o trabalho de campo, maiores detalhes da área de estudo poderão ser descritos com o uso da imagem do ETM+ em relação à fotografia aérea, facilitando o trabalho de identificação dos elementos. Observa-se que, mesmo tendo menor resolução espacial, as imagens ETM+ forneceram informações condizentes com a realidade, facilitando a coleta de dados no campo.

Conforme apresentado, é importante que o material de campo facilite a delimitação dos elementos encontrados no momento da visita. Quanto mais próximas forem as datas de trabalho de campo e de aquisição da imagem, melhor será o resultado da delimitação dos talhões.

4. Conclusões

Para a caracterização dos elementos amostrais em campo, nos estudos de estimativa de áreas de culturas agrícolas por meio de amostragem por área, as imagens resultantes da técnica de fusão IHS (ETM+) mostraram ser adequadas para substituir as fotografias aéreas de arquivo. Considerando as diferentes composições coloridas, podemos concluir que, em função do relevo acidentado, a composição colorida recomendada é a que combina as bandas fusionadas R4 G5 B7. Para as regiões com presença de corpos d'água, a composição que melhor identifica as feições é a composição R5 G4 B3. Finalmente, para a caracterização dos elementos amostrais que apresentam maior variabilidade de vegetação, a composição R4 G5 B3 é a mais indicada..

5. Referências

- Adami, M.; Moreira, M. A.; Rudorff, B. F. T.; Freitas, C. C.; Faria, R. T. Expansão direta na estimativa de culturas agrícolas por meio de segmentos regulares. **Revista Brasileira de Cartografia**, Presidente Prudente - SP, v. 1, n. 57, p. 22-27, 2005.
- Blanc, P., Blus, T.; Ranchin, T.; Wald, L.; Aloisi, R. Using iterated rational filter banks within the ARSIS concepts for producing 10m Landsat multispectral images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, p. 2331-43, 1998.
- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. C. P. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v. 15, n. 6, p. 13-22, 1996.
- 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**, v. 56, p. 459-67, 1990.
- Chavez, P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**. v. 24, n. 3, p. 459- 479, Apr. 1988.

- Chaves, P. S.; Sides, S. C.; Anderson, J. A. Comparison of three difference methods to merge multi resolution and multispectral data: Landsat TM and SPOT panchromatic. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 57, p. 295-303, 1991.
- Cochran, W. G. **Técnicas de Amostragem** 2 ed. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1977. 555p.
- Collares, J. E. R.; Lauria, C. A.; Carrilho, M. M. Pesquisa de Previsão e Acompanhamento de Safras baseada em Painéis de Amostras de Áreas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais**. Curitiba: INPE, 1993. v. 4, p. 450-3.
- Ferreira Jr., O. **O GPS TRACKMACKER**. Disponível em: <<http://www.GPStm.com/port/>>. Acesso em: Fev. 2003.
- Fonseca, L. M. G., **Restauração de imagens do satélite Landsat por meio de técnicas de projeto de filtros FIR**. São José dos Campos. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 1988.
- Gonzalez, R. C.; Woods, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2000. 509 p.
- JORGE, N.; XAVIER, O.; OCTAVI, F.; ALBERT, P.; VICENC, P.; ROMAN, A. Multiresolution – based imaged fusion with additive wavelet decomposition. **IEEE Transaction Geoscience Remote Sensing**, v. 37, p. 1204-11, 1999.
- Mather, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: An introduction**. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1999. 292 p.
- Pohl, C.; Van Genderen, J. L. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 4, p. 823-54, 1998.
- Rezende, A. C. P. **Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas ao Sistema Brasileiro de Previsão de Safras**. São José dos Campos. 98p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, 2000.
- Schetselaar, E. M. Fusion by the IHS transform: should we use cylindrical or spherical coordinates? **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, n. 4, p. 759-65, 1998.
- Thompson, S. K. **Sampling** 2 ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2002. 343 p.
- Tu, T.; Su, S.; Shyu, H.; Huang, P. S. Efficient intensity-hue-saturation-based image fusion with saturation compensation. **Optical Engineering**, v. 40, n. 5, p. 720-8, May 2001.