

Análise comparativa dos diferentes processos aplicados na obtenção dos futuros dados de treinamentos empregados no modelo de representação da cobertura da terra utilizando campos contínuos de vegetação e classificação por árvores de decisão

Marcelo Lopes Latorre^{1,2}
Yosio Edemir Shimabukuro¹
Osmar Abílio de Carvalho Júnior³

¹INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 – 12201-970 – São José dos campos – SP, Brasil)
(yosio, latav) @ltid.inpe.br

²CTA – Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial, Praça Marechal Eduardo Gomes
nº50, 12.228.900. São José dos Campos, SP, Brasil

³Universidade de Brasília – Departamento de Geografia – Campus Universitário Darcy
Ribeiro - ICC Norte, 70910-900, Brasília, DF, Brasil.

Abstract: This work had as objective to establish an analysis of the training data use viability, through the different process (mixture model and MAXVER classifier), in the elaborated model for monitoring the vegetation cover dynamic in Amazon. This model is based on the technique denominated Vegetation Continuous Fields (VCF), where a larger emphasis is in the integration of different sensor data with different spatial resolutions. As the study area, it was chosen one region in Mato Grosso State, for presenting a great representativity of the Brazilian Amazon in terms of land cover characteristics. The elaboration of the methodological process happened, jointly, with the application of several tests, being used, for so much, training data obtained through different applied processes to the scenes TM. With this, the viability was verified (accuracy, larger automation and smaller time of processing) of the process in the model created. This stage was complemented with a comparison of the best generated products (MODIS 500m) obtained for the Mato Grosso State, with the one of the PRODES Project (year of 2002). Through its preliminary results and its comparison with the data obtained from PRODES Project, the feasibility of the Techniques application was verified, where the mixture model was the better.

Palavras-Chave: *Remote Sensing, Continuous Fields, Brazilian Amazon, training data, Sensoriamento Remoto, Campos Contínuos, Amazônia Brasileira, dados de treinamento.*

1. Introdução

Este trabalho foi motivado pela necessidade de se estabelecer uma análise comparativa entre dois diferentes processos empregados na obtenção dos dados de treinamento (modelo de mistura e classificador MAXVER) aplicados em um modelo elaborado para o monitoramento da dinâmica da cobertura da Amazônia.

Este modelo enfatiza a integração de dados de diferentes sensores e resoluções (Terra/MODIS, Landsat5/TM e ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper*)), sendo baseado na técnica desenvolvida por Hansen et al. (2002, 2003) e denominada *Vegetation Continuous Fields* (VCF).

Cabe salientar que, utilizou-se como área teste o Estado do Mato Grosso. Esse se caracteriza por apresentar uma grande diversidade de tipos de formações vegetais, além de estar sujeita a uma alta taxa na conversão da sua cobertura vegetal. Neste contexto, observou-se que a região mostrava-se interessante para os fins a que se destinava este trabalho.

Tendo em vista o foco deste trabalho, serão abordadas nas seções posteriores apenas as descrições referentes aos processos empregados na obtenção dos dados de treinamento e os resultados obtidos ao empregá-los. A aplicação destas técnicas fez parte de uma das etapas de desenvolvimento do processo metodológico descrito em Latorre (2005), que teve como objetivo de verificar a eficiência da aplicação de diferentes sensores e técnicas na elaboração

do modelo monitoramento da cobertura terrestre na Amazônia Brasileira. O processo é finalizado através de uma análise comparativa entre os resultados obtidos (mapas finais) com as diferentes técnicas aplicadas na obtenção dos dados de treinamento e os gerados pelo Projeto PRODES (mesma área de estudo - ano de 2002).

2. Materiais e Métodos

2.1. Dados de Sensoriamento Remoto

Para a realização deste estudo foram utilizadas imagens dos sensores MODIS (500m) e Landsat5/TM referente ao ano de 2002.

2.2. Softwares

Neste trabalho foram empregados os *softwares* ENVI 3.6 (*Environment for Visualisation Images*) para o processamento digital de imagens e a linguagem IDL (*Iterative Data Language*) 5.6 para o funcionamento do sistema de monitoramento, complementado pela árvore de decisão (*Software S-PLUS*). Utilizou-se também, o *Software PCI Geomatic* para realizar o registro das imagens de resolução mais fina (TM) com as imagens do MODIS (500m) (Latorre, 2005).

2.3. Metodologia

O estudo apresentado neste trabalho pode ser dividido em três etapas distintas:

- a) Apresentação da obtenção dos dados de treinamento, empregando-se imagens Landsat5/TM (o ano de 2002) em duas diferentes situações: imagens geradas ao se aplicar a técnica de modelo de mistura e as obtidas ao se empregar um classificador MAXVER;
- b) análise preliminar dos mapas finais obtidos a partir destes dados de treinamento; e
- c) análise comparativa dos mapas finais gerados pelo modelo e os obtidos com o Projeto PRODES, para a região em estudo (ano de 2002).

Cabe salientar que, para as comparações realizadas com os dados PRODES, algumas adaptações foram realizadas, uma vez que, os produtos apresentavam projeções, resoluções e metodologias diferenciadas (Latorre, 2005). Assim:

- O primeiro passo foi colocar os resultados (mapas) na mesma projeção, utilizando como referência a definida para os dados MODIS.
- O segundo passo foi definir as mesmas resoluções, uma vez que os dados PRODES estão na resolução de 120m e estes dados MODIS (empregados como base) em 467.63m.
- O terceiro passo foi estabelecer as mesmas classes, uma vez que para o modelo proposto definiu-se floresta, não floresta e água / áreas inundáveis; enquanto o PRODES estabelecia-se floresta, não floresta, desmatamento e hidrografia. Para tanto, as classes, não floresta e desmatamento foram convertidas para a classe não floresta.
- O quarto passo consistiu em recortar as cenas de maneira correspondente, ou seja, na mesma grade ou área de atuação.
- O último passo foi realizar comparações em função dos resultados obtidos com o modelo proposto: com três classes (floresta, não floresta e água / áreas inundáveis).

2.3.1 Obtenção dos dados de treinamento com as diferentes técnicas e seus respectivos mapas finais

Os dados de treinamento são obtidos, inicialmente, por meio de diferentes técnicas e interpretação de imagens de resolução superior considerando áreas mais homogêneas, neste

caso: floresta, não floresta e água / áreas inundáveis. Para o trabalho proposto optou-se por empregar apenas uma cena Landsat5/TM, uma vez que o objetivo do mesmo estava em definir a técnica mais eficiente, em termos de precisão e ganhos no tempo de processamento para a obtenção dos mapas gerados pelo modelo proposto. A imagem empregada foi definida tendo em vista a sua alta representatividade em função das classes escolhidas para a análise final.

Cabe salientar ainda que, para a obtenção dos dados de treinamento, o registro foi feito com os dados MODIS. Todo este processo foi realizado utilizando-se dos programas *ENVI* (programa em *IDL* criado especialmente para esta tarefa) e o *PCI 9.1 Geomatica*. É justamente nesta fase de registro, onde as cenas obtidas são agregadas a escalas mais amplas (dados de 500m), rotulando cada estrato em função dos valores médios de cobertura arbórea; sendo em seguida, estabelecido um valor médio sobre as células de resolução mais ampla. Uma vez definida todas as variáveis e inseridas no modelo proposto obtém-se os mapas finais podendo ser definidos tanto em porcentagem quanto em classes discretas (Latorre, 2005).

2.3.1.1. Empregando um modelo de Mistura

A Figura 1 mostra um dado de treinamento (Dados Landsat5/TM) gerado ao se empregar a técnica de mistura, utilizando-se das Imagens fração/vegetação e fração/sombra (*Software ENVI*).

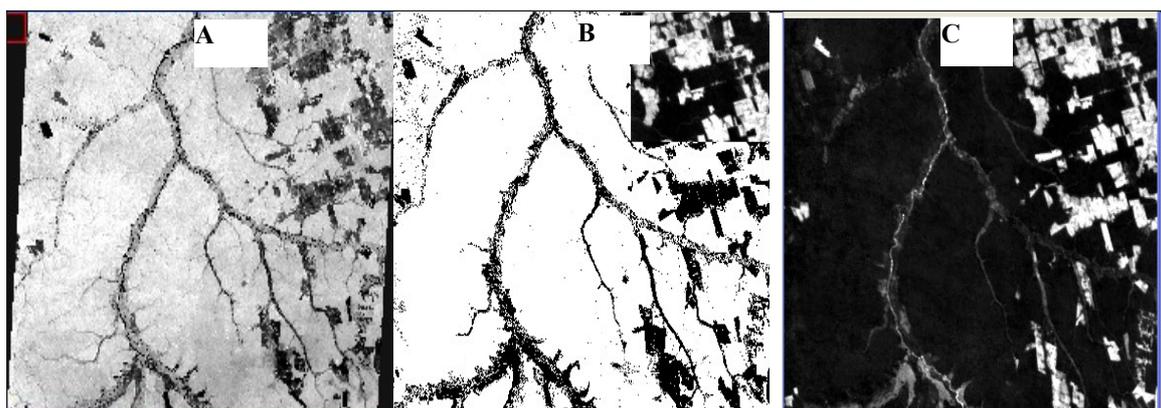


Figura 1 – Exemplo de: (A) Imagem TM (modelo de mistura); (B) dado de treinamento (obtido através do sensor TM) agregado à resolução dos dados MODIS; e (C) produto MODIS da mesma área de atuação.

O tempo de processamento para se gerar o produto final (dados de treinamento para o emprego no modelo proposto) variou em torno de 30 min.

Cabe salientar que, inicialmente, empregava-se apenas a imagem fração/vegetação. No entanto, observou-se que os resultados só eram satisfatórios para as classes floresta e não floresta (Latorre et al, 2007), razão pela qual se optou por utilizar ,também, a imagem fração/sombra para se tentar obter uma melhor identificação da classe água/áreas inundáveis.

O melhor resultado foi obtido empregando-se uma interpretação visual, complementada por uma análise comparativa (matriz de confusão – acurácia global e coeficiente kappa) utilizando-se regiões de interesse (ROIS) geradas no programa *ENVI*, a partir de uma análise das métricas obtidas durante o processo (Latorre, 2005).

Deste modo, a Figura 2 apresenta o melhor resultado obtido ao se empregar a técnica de mistura. Observa-se um bom grau de refinamento (separação) entre floresta, não floresta e águas/áreas inundáveis, mostrando que a inserção da imagem fração/sombra realmente ajudou a distinguir melhor a classe água/áreas inundáveis. No entanto, apresentou algumas deficiências no quadrante relativo à área do pantanal. Acredita-se que, a ausência de um dado de treinamento específico da região do pantanal, bem como a alta sazonalidade e complexidade (fisionômica/estrutural) desta área contribuíram, também, para os resultados

apresentados. No geral seu resultado foi bem satisfatório (análise visual e acurácia global / coeficiente kappa) ao se considerar a cena como um todo.

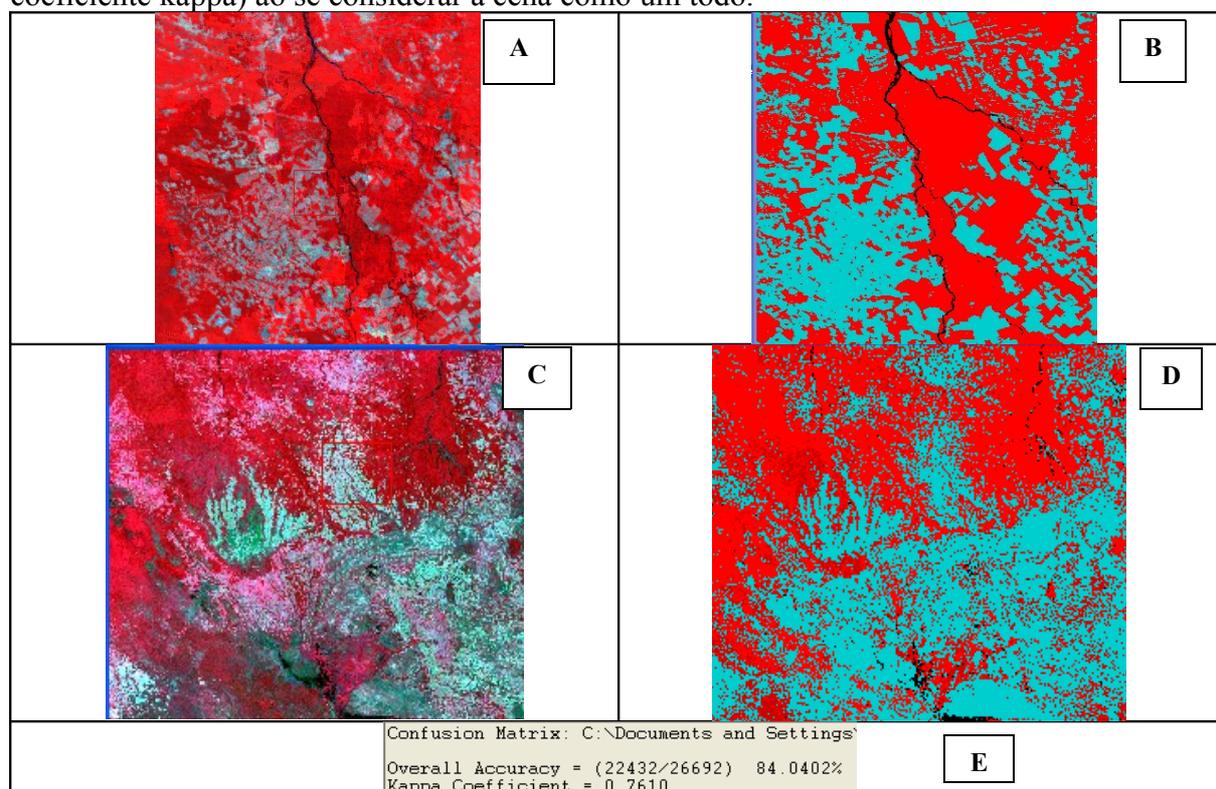


Figura 2. Melhor resultado obtido (mapa final) ao se empregar o dado de treinamento – (modelo de mistura). (A) Um exemplo do detalhe empregado para uma análise visual na comparação com os mapas gerados; (B) detalhe do mapa final empregado na análise e com as seguintes classes: vermelho – floresta; ciano – não floresta; e preto – água/áreas inundáveis. (C) Exemplo de métrica (dados 500m - MODIS) composição R (NIR) G (RED) e B (BLUE) da cena H12V10 do Estado do Mato Grosso; e (D) Mapa final gerado da cena toda. (E) Acurácia global e o coeficiente kappa do mapa final.

2.3.1.2 Empregando um classificador MAXVER

A Figura 3 mostra um dado de treinamento (Dados Landsat5/TM) gerado ao se empregar a um classificador MAXVER, utilizando-se as classes citadas anteriormente (*Software ENVI*).

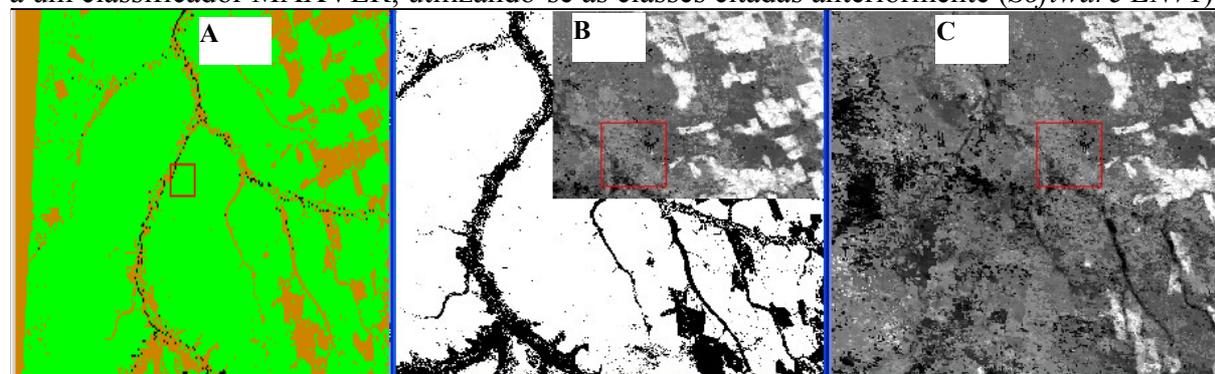


Figura 3. Exemplo de: (A) Imagem TM classificada (dados TM da região – verde - floresta; marron - não floresta e preto – água/áreas inundáveis); (B) dado de treinamento (obtido através do sensor TM) agregado à resolução dos dados MODIS; e (C) produto MODIS da mesma área de atuação.

O tempo de processamento para se gerar o produto final (dados de treinamento para o emprego no modelo proposto) variou em torno de 60 min. Vale ressaltar que este tempo

poderá variar em função do número de classes a serem definidas, bem como da experiência do usuário na definição do produto final.

A Figura 4 apresenta o melhor resultado obtido ao se empregar o classificador MAXVER. Observa-se um bom grau de refinamento (separação) entre floresta e não floresta e satisfatório para as classes água/áreas inundáveis. As mesmas deficiências abordadas ao se aplicar a técnica de mistura foram verificadas com o classificador. O resultado geral do mapa foi bem satisfatório (análise visual e acurácia global / coeficiente kappa) ao se considerar a cena como um todo.

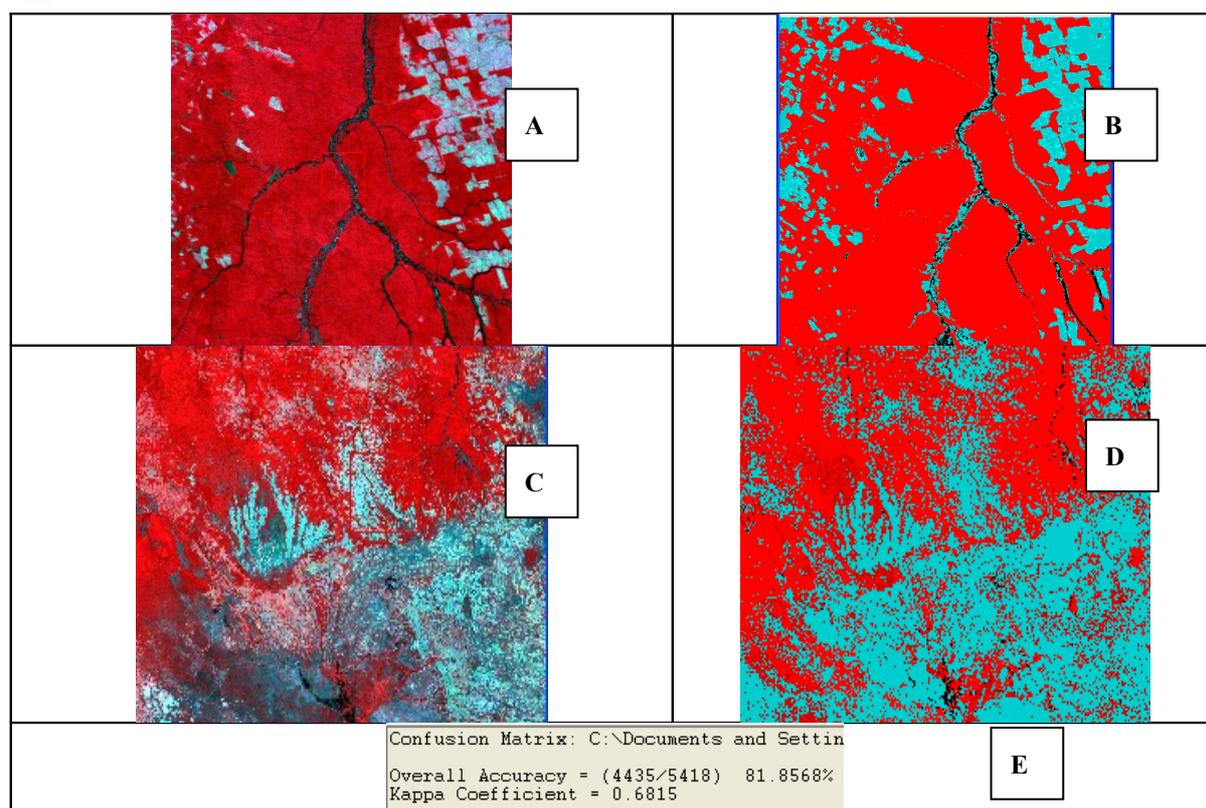


Figura 4. Melhor resultado obtido (mapa final) ao se empregar o dado de treinamento obtido por um classificador MAXVER. A) Um exemplo do detalhe empregado para uma análise visual na comparação com os mapas gerados; (B) detalhe (mapa final) com as seguintes classes: ciano - não floresta, vermelho - floresta e preto – água/áreas inundáveis. (C) Exemplo de métrica (dados 500m - MODIS) composição R (NIR) G (RED) e B (BLUE) da cena H12V10 do Estado do Mato Grosso; e (D). Mapa gerado da cena toda (E) Acurácia global e o coeficiente kappa do mapa final.

3. Análise Comparativa com os Produtos gerados pelo PRODES – ano de 2002

As Figuras 5 e 6 mostram os resultados finais da análise comparativa dos mapas finais obtidos a partir dos dados de treinamento gerados a partir da aplicação de um modelo de mistura e um classificador MAXVER respectivamente, e os dados PRODES.

Considerando as falhas inerentes aos processos empregados, tanto para os produtos gerados pelo modelo, como pelo próprio PRODES, verifica-se que os resultados, de uma maneira geral foram bem satisfatórios e similares, onde para as classes e o tempo de processamento considerado, o mapa obtido a partir do emprego do modelo de mistura mostrou-se ligeiramente superior.

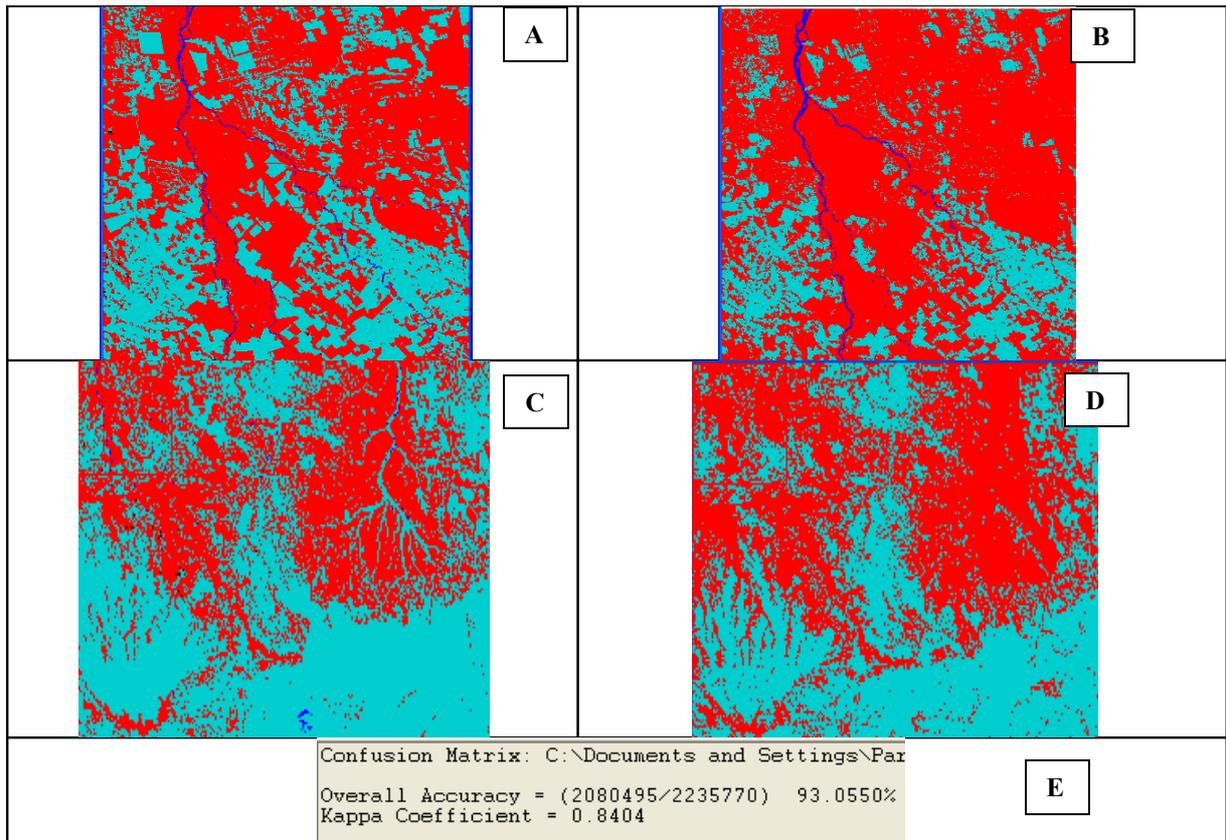


Figura 5. Exemplo de melhor resultado obtido na comparação com os dados do Projeto PRODES (área do Estado do Mato Grosso – ano de 2002). (A) Detalhes do mapa final obtido com o Projeto PRODES; (B) detalhes do melhor resultado obtido com o modelo proposto, empregando o dado de treinamento gerado com a técnica de Mistura no programa ENVI (classes: floresta, não floresta e água/áreas inundáveis); e (C)/(D) seus respectivos Mapas finais. (E) Acurácia global e o coeficiente kappa do mapa final obtida empregando como verdade os dados do Projeto PRODES.

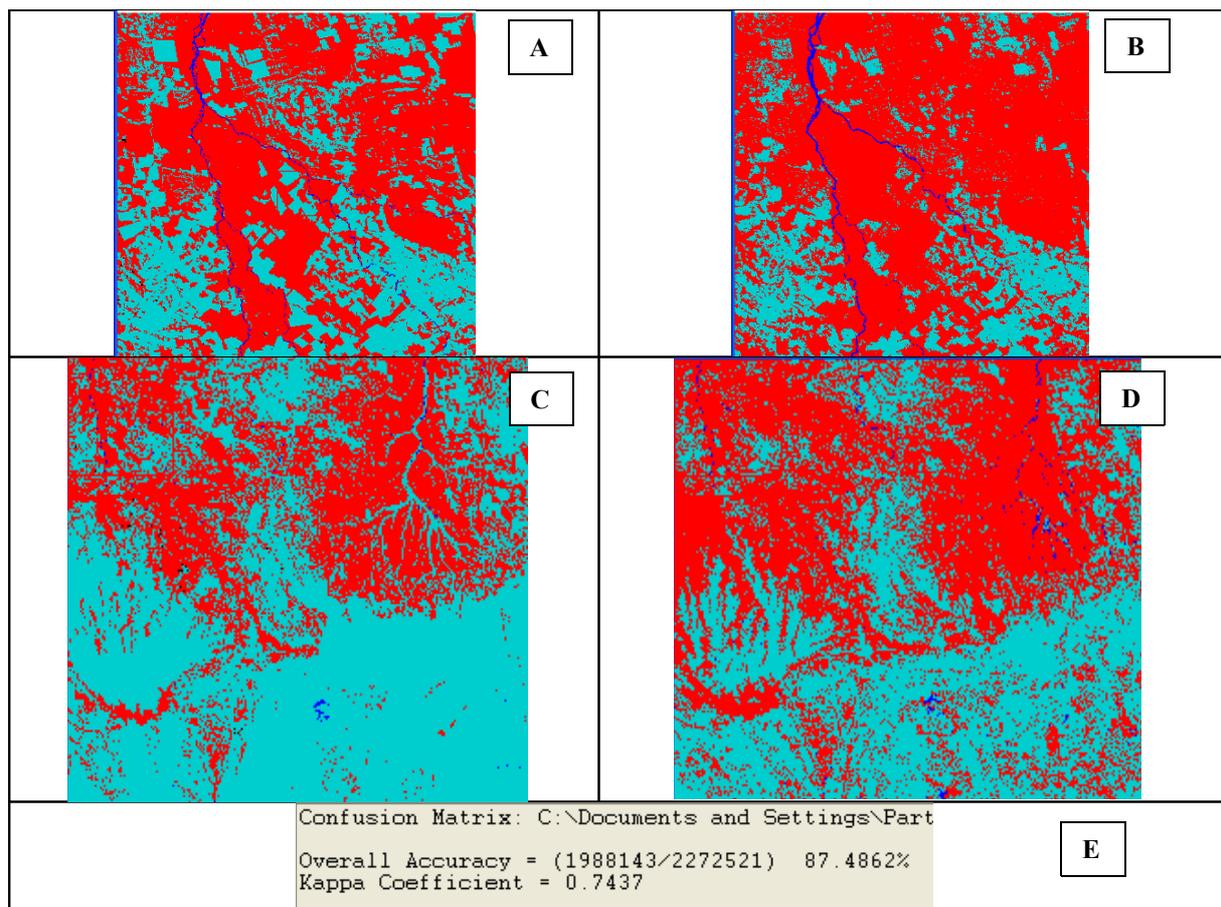


Figura 6. Exemplo de melhor resultado obtido na comparação com os dados do Projeto PRODES (área do Estado do Mato Grosso – ano de 2002). (A) Detalhes do mapa final obtido com o Projeto PRODES; (B) detalhes do melhor resultado obtido com o modelo proposto, empregando o dado de treinamento gerado com um classificador MAXVER no programa ENVI (classes: floresta, não floresta e água/áreas inundáveis); e (C)/(D) seus respectivos Mapas finais. (E) Acurácia global e o coeficiente kappa do mapa final obtida empregando como verdade os dados do Projeto PRODES.

4. Conclusões

A partir da análise e os resultados apresentados anteriormente, pode-se observar que os mesmos mostraram-se muito similares. No entanto, ao se considerar o tempo de processamento, bem como o número classes consideradas, os produtos gerados ao se empregar o modelo de mistura (imagens fração/vegetação e fração/sombra) foram mais eficientes.

Embora o modelo proposto tenha a capacidade de empregar diversos tipos de dados de treinamento, sugere-se que para o número de classes apresentadas o emprego da técnica de mistura seja o mais adequado para a obtenção de seus produtos (mapas finais).

5. Referência Bibliográfica

Hansen, M.C.; Defries, R.S.; Townshend, J.R.G.; Sohlberg, R.; Dimiceli, C.; Carroll, M. Towards an operational MODIS continuous field of percent tree cover algorithm: examples using AVHRR and MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, n.83, p.303–319, 2002.

Hansen M.C.; Defries, R.S.; Townshend, J.R.G.; Carroll, M.; Dimiceli, C. And Sohlberg, A. global percent tree cover at a spatial resolution of 500 meters: first results of the MODIS vegetation continuous fields algorithm, *Earth Interactions*, 7(10):1-15, 2003.

Hansen, M.C; De Fries, R.S.; Townshend, J.R.G.; Sohlberg, R. Global land cover classification at 1km spatial resolution using a classification tree approach. **International Journal of Remote Sensing**, 21(6 e7):1331-1364, 2000.

Latorre, M.L.; Souza, P.E.U; Xavier, A.S. O desenvolvimento de um sistema de monitoramento da mudança da cobertura terrestre na Amazônia Brasileira através da integração de dados de satélites de resolução fina e ampla. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, Brasil, 16-21 Abril 2005, INPE, p. 3085-3092.

Latorre, M.L; Shimabukuro, Y.E; Carvalho Júnior, O. A. Uso da técnica de mistura na obtenção dos futuros dados de treinamento a serem empregados no modelo de monitoramento da cobertura terrestre na Amazônia. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis, Brasil, 21-26 Abril 2007, INPE, p. 6779-6785.