

## Análise Radiométrica de Imagens MOD09 em 16bits e 8bits

Egídio Arai<sup>1</sup> (DSR/INPE)  
Ramon Morais de Freitas<sup>1</sup> (DSR/INPE)  
Liana Oighentein Anderson<sup>1</sup> (DSR/INPE)  
Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup> (DSR/INPE)

<sup>1</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{egidio,ramon,liana,yosio}@ltid.inpe.br

**Abstract.** In this article, the effect of image radiometric resolution were analyzed for identification and mapping of the MOD09 product in 16bits and 8bits. MODIS09 product was radiometric converted for 16bits to 8bits with Convgeotiff software. Both data sets were then submitted to the same digital processing procedure as follows: a) Register images in MRT b) Unsupervised classification using Cluster technique in IDRISI software. c) Statistical analysis. The results were statistically analyzed leading to the conclusion that 16 and 8 bits images show a high coefficient of determination inter bands, and high correlation between 16 bits and 8 bits classified images.

**Palavras-Chaves:** MODIS, Radiometric, Remote Sensing, Image Processing, radiometria, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

### 1. Introdução

Nos últimos anos, houve um crescimento da utilização de pesquisas baseadas em dados de sensoriamento remoto para melhorar a precisão das classificações da cobertura da terra nas diferentes distribuições geográficas, em escalas regionais e globais (DeFries et al., 1998).

Segundo Mather (1999), os processos utilizados para a classificação possuem dois estágios. O primeiro é o reconhecimento de categorias de objetos no mundo real. No contexto do sensoriamento remoto de superfícies terrestres, estas categorias podem incluir, por exemplo, florestas, corpos de água, e outros tipos de cobertura, dependendo da escala geográfica e da natureza do estudo. O segundo estágio no processo de classificação é o rotulamento das entidades, geralmente pixels, a serem classificados. Na classificação digital de imagens, estes rotulamentos são numéricos, então um pixel que é reconhecido como pertencente à classe “água”, por exemplo, pode ser rotulado como “1”, floresta pode ser classificado como “2”, e assim sucessivamente. O processo de classificação de imagem requer que o usuário siga os seguintes passos:

- determinação a priori do número e natureza das categorias em termos de quais tipos de cobertura serão classificados, e
- atribuição de rótulos numéricos aos pixels, baseado em suas propriedades, utilizando algum procedimento de decisão.

Dependendo do processo de classificação, os classificadores podem ser divididos em dois tipos: classificadores pixel a pixel e classificadores por região. Os classificadores pixel a pixel utilizam apenas a informação espectral isoladamente, de cada pixel, para achar regiões homogêneas. Estes classificadores podem ainda ser separados em métodos estatísticos (que utilizam regras da teoria de probabilidade) e determinísticos (que não o fazem). Os classificadores por regiões utilizam, além de informação espectral de cada pixel, a informação espacial que envolve a relação entre os pixels e seus vizinhos. Estes classificadores procuram simular o comportamento de um foto-intérprete, ao reconhecer áreas homogêneas de imagens,

baseados nas propriedades espectrais e espaciais da imagem. A informação de borda é utilizada inicialmente para separar as regiões e as propriedades espaciais e espectrais que irão unir áreas com mesma textura (INPE, 2003).

A classificação pode ser realizada de forma automática, em que o computador realiza a tarefa de analisar atributos numéricos de um pixel. A foto interpretação é feita por analista humano, retirando da imagem informações na inspeção visual. A classificação automática é mais precisa, pois utilizam dados matemáticos e trata cada pixel isoladamente, podendo também utilizar mais que três bandas para realizar a classificação. A classificação automática pode ser supervisionada e não-supervisionada. Na classificação não-supervisionada, o usuário não precisa de um conhecimento prévio da área que será classificada, nem das classes que estão presentes na região. O classificador presente no aplicativo deve ser capaz de dividir o espaço de atributos em regiões diferentes, cada uma representando uma classe. O classificador, portanto, deve ser capaz de definir a fronteira de decisão entre classes que particionam uma imagem em classes de acordo com o conhecimento sobre o conjunto de padrões (INPE, 2003).

Até recentemente, o AVHRR era o único instrumento viável para fornecer dados para o mapeamento global da vegetação. Enquanto que muitos estudos foram desenvolvidos baseados nos dados AVHRR, com a disponibilidade dos dados MODIS, que possui os atributos espectrais, espaciais e geométricos mais finos, abre-se uma nova possibilidade de pesquisas e desafios para a geração de mapas baseados em dados de sensoriamento remoto (Friedl et al., 2002).

Friedl et al. (2002) estão desenvolvendo um mapa global da cobertura da terra utilizando dados MODIS, através da metodologia de classificação supervisionada e algoritmo MLCCA (classificação supervisionada baseada no método de árvore de decisão). O principal objetivo da pesquisa destes autores é a geração de um produto que ofereça uma resolução espacial suficientemente fina para a utilização deste mapa pela comunidade científica que desenvolve trabalhos com modelagem. O segundo objetivo, é a realização deste produto anualmente, de forma que possa analisar as dinâmicas da cobertura da terra a partir da geração de mapas em anos consecutivos. Os resultados preliminares obtidos mostraram grande evidência que o suporte da qualidade radiométrica do MODIS fornecem melhoras significativas em termos de qualidade com relação ao AVHRR.

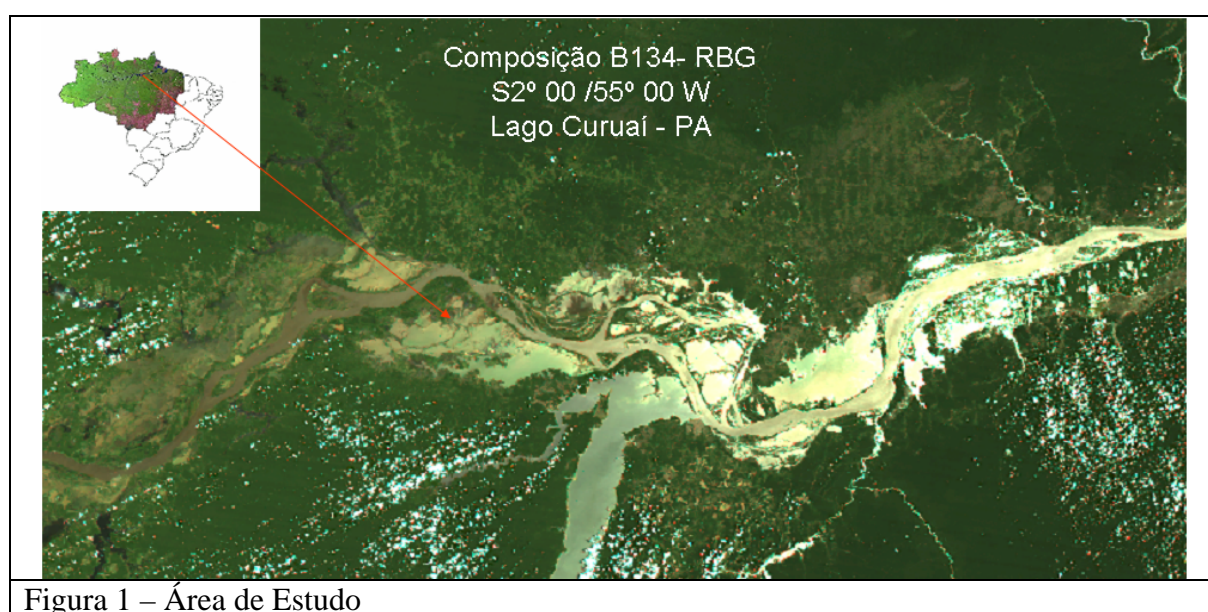
Hansen et al. (2002) utilizaram dados IKONOS para realizar o treinamento dos dados, para a aplicação do método de análise de árvores de regressão (DeFries et al., 1997) com o objetivo de estimar para as imagens ETM+ a porcentagem da camada de cobertura de árvores. Foram realizados trabalhos de campo na área de estudo com o objetivo de avaliar a consistência dos dados gerados. Um mapa de resolução de 250 metros foi gerado, a partir do agregamento dos dados ETM+ com as classes gerais fornecidas pelo GOF (Global Observations of Forest Cover). Com o objetivo de testar a habilidade do sensor MODIS para gerar mapas de porcentagem de cobertura de árvores, agregou-se às imagens MODIS de 250 m de resolução ao mapa de 250 metros gerado. Os resultados encontrados na pesquisa de Hansen et al. (2002) mostraram que as bandas MODIS 250 metros produziram um mapa consistente com os dados de campo coletados nas descrições das porcentagens da cobertura de árvores.

Os produtos MODIS são disponibilizados com uma resolução radiométrica de 16 bits o que limita o processamento das imagens em softwares que operam até 8bits, como o SPRING(INPE, 2003). Neste contexto, foi desenvolvido por Arai(2003) um software para conversão de 16bits para 8bits que minimiza as perdas de conversão e considera somente o os valores de reflectância válidos. Assim, o objetivo desta pesquisa é demonstrar como é

realizada a conversão e avaliar através de uma classificação não supervisionada a classificação de imagens MODIS09 reflectância de superfície em 8 e 16bits.

## 2. Área de estudo

A área de estudo compreende a região do lago Curuaí-PA, região da planície amazônica e no encontro do Rio Tapajós e Amazonas. A região é caracterizada por florestas de terra firme, e áreas sazonalmente inundáveis. A tile do produto MODIS09 que cobre a região é identificado por H12V09 e a imagem diária do produto MOD09 Reflectância de Superfície de 29/09/2003 foi escolhida para pesquisa por apresentar pouca nebulosidade. A imagem (**Figura 1**) apresenta diversos temas visualmente identificáveis como nuvens, floresta, hidrologia, solo exposto e área urbana.



## 3. Metodologia

A primeira etapa consistiu na aquisição das imagens MODIS, via FTP através do site de distribuição das imagens Earth Observing System Data Gateway (2003). Após a aquisição destas imagens, estas passaram por um processo de pré-tratamento, onde foram convertidas do formato HDF para o formato Geotiff, através do aplicativo NASA-MRT (2001).

Na etapa seguinte foram organizados dois tipos de arquivos separados: um arquivo que apresenta as imagens MODIS em 16 bits, o outro arquivo com as imagens convertidas para 8 bits. O programa de conversão de 16 para 8 bits é baseado na restauração do valor de reflectância de cada pixel através da equação:

$$\text{Pixel} = \text{pixel} / 10.000 \quad (1.1)$$

Os valores de reflectância deveriam variar de 0,0 a 1,0, porém, no modelo de correção atmosférica utilizado nos produtos MODIS, os intervalos de reflectância se encontram no intervalo (-0,01 a 1,0). Para o NDVI e EVI são utilizados os intervalos de -1,0 a 1,0, onde também é restaurado o valor real do pixel utilizando à mesma equação (**Equação 1.1**).

Recuperando-se os valores reais de cada pixel reduz-se a perda de informação, sendo utilizada na conversão o intervalo de -0,01 a 1,0 e não o intervalo de -100 a 10000. Com a utilização deste programa tem se o controle desta conversão. O uso de aplicativos para conversões convencionais tende a normalizar os dados, utilizando o menor e o maior valor possível armazenado em um inteiro de 16 bits com sinal (-32.768 a +32.768) ocorrendo perda

de informação, o que dificulta a padronização da conversão para diferentes imagens/datas (Arai, 2003).

A Figura 2 apresenta o fluxograma da metodologia desenvolvida neste trabalho. Após a conversão das imagens em 8 e 16 bits as imagens foram submetidas à classificação não supervisionada através de análise de cluster no software IDRISI Kilimanjaro(2003), o algoritmo implementado neste software é baseado no proposto por Richards(1986). Após a classificação as imagens foram realizadas regressão linear entre as imagens classificadas e a estatística Kappa conforme metodologia descrita por Rosenfield(1986).

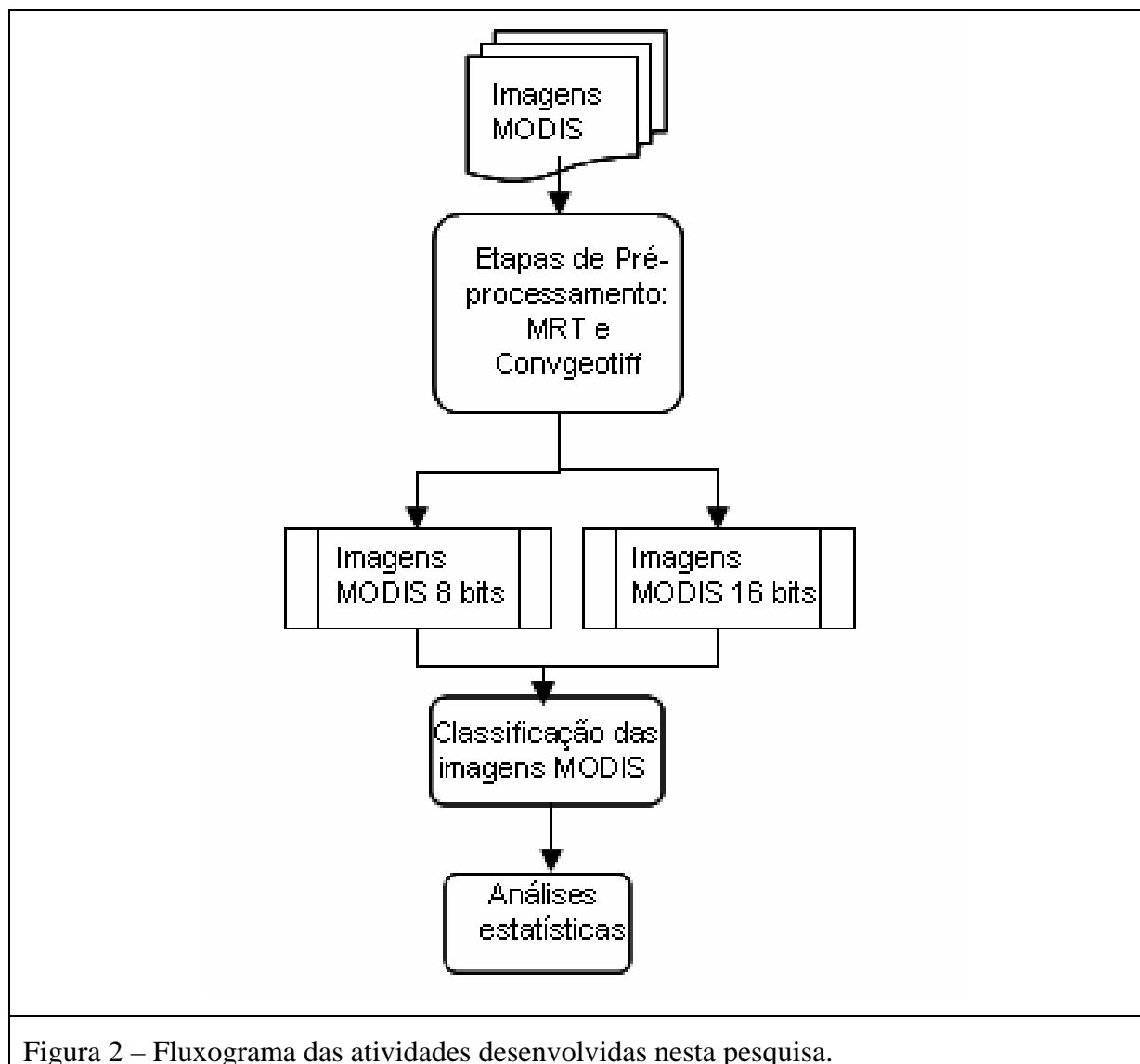


Figura 2 – Fluxograma das atividades desenvolvidas nesta pesquisa.

## 4. Resultados

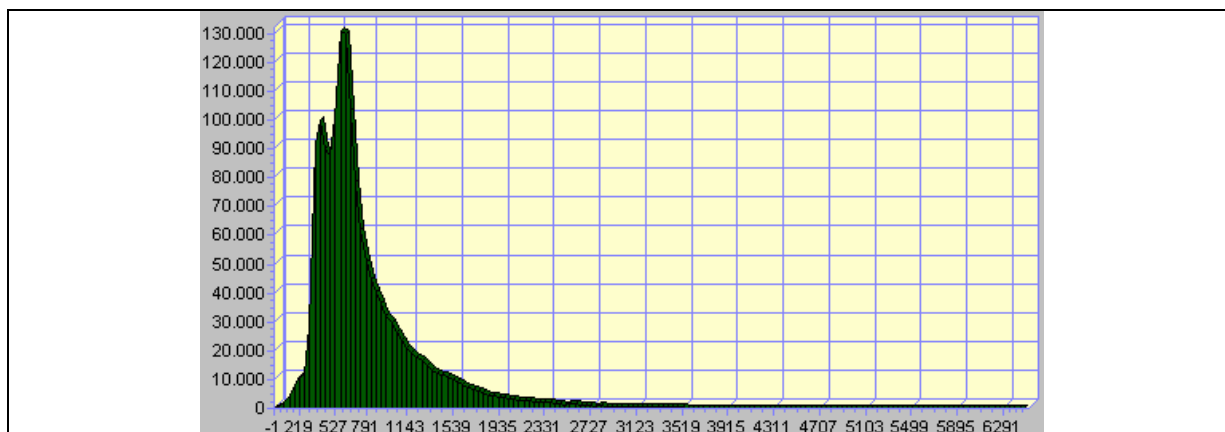
### 4.1 Análise Estatística entre as Bandas

A primeira análise após a conversão das imagens de 8 para 16bits foram submetê-las a uma regressão linear entre as bandas. O valor do coeficiente de determinação e erro padrão é apresentado na Tabela 1 para cada banda.

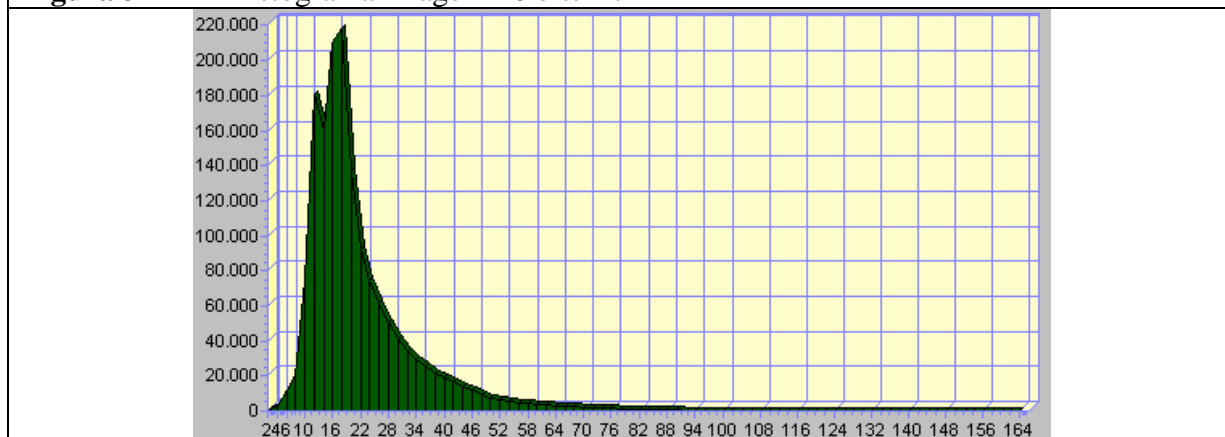
Bandas	Coefficiente de Determinação ( $r^2$ )	Erro Padrão
B1	99,82%	0,0000001
B2	99,98%	0
B3	99,95%	0
B4	99,96%	0
B5	99,98%	0
B6	99,96%	0
B7	99,94%	0

Tabela -1 – Resultados da Regressão Linear entre bandas de 16 e 8 bits

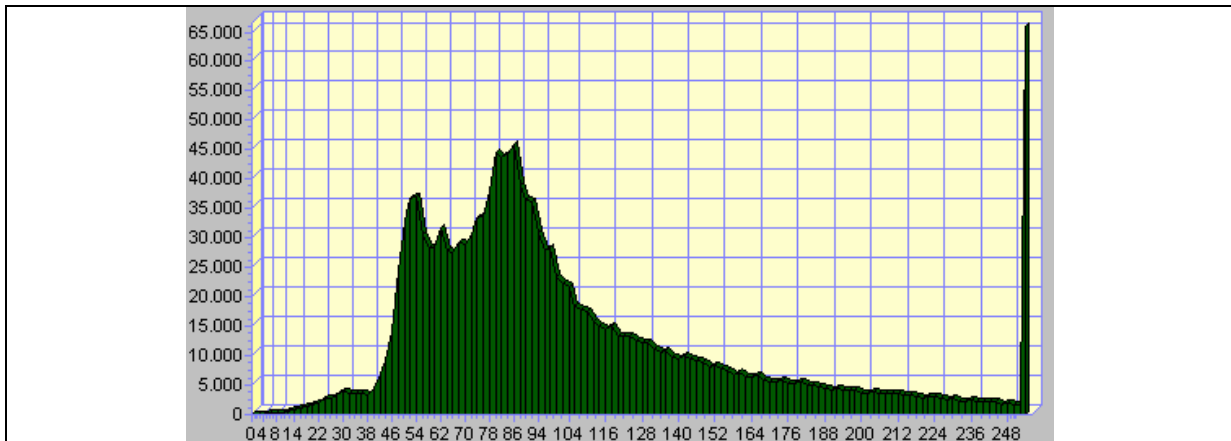
A **Tabela 1** demonstra que os valores de reflectância são preservados no processo de conversão devido ao processo de conversão considerar somente regiões do histograma da imagem com 16bits onde os valores de reflectância são válidos. A **Figura 3-A** apresenta o histograma da banda 7 original com 16bits. Na **Figura 3-B** o histograma da imagem convertida com o Convgeotiff e a **Figura 3-C** o histograma da banda 7 convertida para 8bits com algoritmo estatístico, onde é possível perceber a diferença entre a distribuição dos níveis digitais.



**Figura 3 – A – Histograma Imagem 16 bits B7**



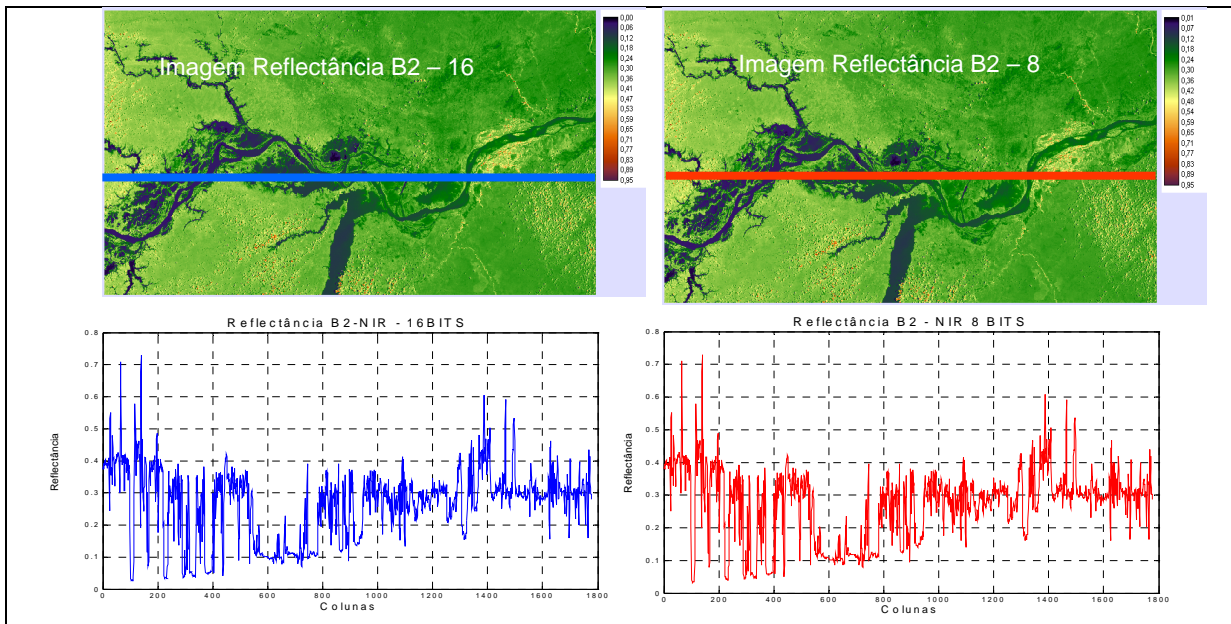
**Figura 3 – B - Histograma Imagem 8 bits convgeotiff B7**



**Figura 3 – C - Histograma Imagem 8 bits conversão estatística B7**

**Figura 3 – Histogramas Banda 7**

A regressão entre as bandas e os histogramas demonstrou que a conversão de 16 para 8 bits no convgeotiff preserva, dentro do possível, a distribuição dos valores radiométricos das imagens. Cabe ressaltar que a quantização radiométrica do sensor MODIS é 12bits e não 16bits. Porém, por uma questão de processamento as imagens são disponibilizadas em 16bits. Quando transformamos os níveis digitais para valores de reflectância encontramos a mesma curva em toda imagem. Salvo valores de pixels inválidos que são removidos pelo convgeotiff. A **Figura 4 A** apresenta os valores de reflectância para as bandas com 16bits e 8bits(**Figura 4 B**) do corte transversal da banda do infravermelho-próximo(B2) da área em estudo.



**Figura 4 A – Reflectância 16bits**

**Figura 4 B – Reflectância 8bits**

**Figura 4 – Imagem Reflectância 16bits e 8 bits**

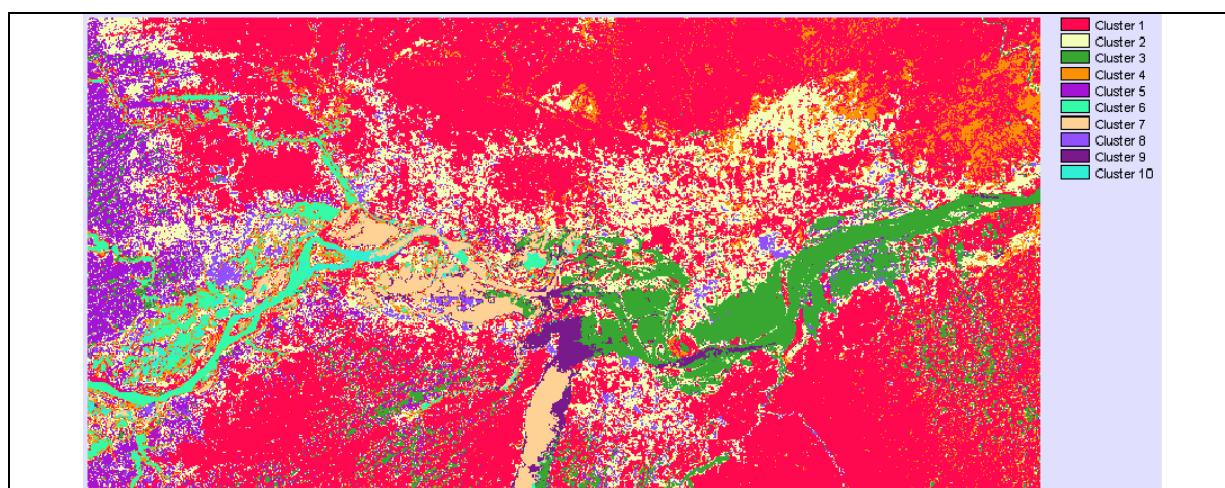
É interessante ressaltar que o valor de reflectância entre as bandas apresentou um coeficiente de correlação das curvas é 0,9999 e quando efetuamos a regressão linear entre as bandas o coeficiente de determinação 99,98% com um erro padrão de 0,000011. Tal resultado demonstra que é possível trabalhar com as imagens em 8bits sem comprometer significativamente os valores radiométricos.

## 4.2 Análise Estatística entre as Imagens Classificadas

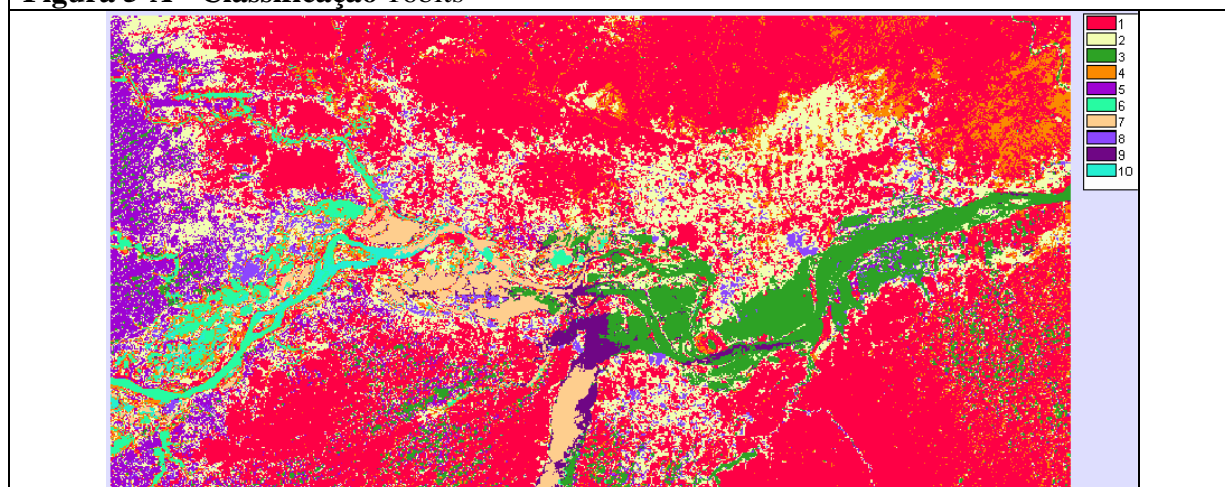
Além da comparação entre as bandas foi realizada a classificação não supervisionada. Foram definidos 10 clusters para cada imagem classificada. No processo de classificação desprezou as bandas B5 e B7 (infravermelho médio) por apresentarem ruídos. A **Figura 5-A** apresenta a classificação final para imagem de 16bits e na **Figura 5-B** a classificação de 8bits. Efetuando a regressão entre as imagens classificadas obtemos o valor do coeficiente de determinação de 94,86% com o erro padrão de 0,000182. Efetuando a estatística Kappa encontrou-se um valor de 0,9612 que é considerado um valor excelente.

Nas duas classificações é possível observar que ocorreu uma separabilidade entre as regiões de floresta, não-floresta, hidrografia e nuvens. Nas áreas de hidrografia, nas duas imagens é possível perceber que existem diferenças entre os corpos de água. No rio Amazonas caracterizado pelo grande número de sedimentos apresenta uma resposta diferente do Rio Tapajós, típico de águas com menores concentrações de sedimentos.

Os erros no processo de classificação não supervisionada pelo método de agrupamento em Clusters, podem variar de acordo com o número de clusters, bem como de imagem para imagem devido o grande número de variáveis envolvidas e principalmente por se tratar de um processo não-determinístico.



**Figura 5-A - Classificação 16bits**



**Figura 5-B – Classificação 8bits**

**Figura 5 – Imagens Classificadas**

## 5. Conclusões

As imagens MODIS apresentam grande aplicabilidade nas diversas áreas do conhecimento, são peças fundamentais na modelagem dos ecossistemas terrestres e aquáticos bem como estudos da atmosfera. Sendo assim, é fundamental que qualquer manipulação dos produtos MODIS preserve sempre os valores radiométrico dos dados. A conversão de 16bits para 8bits é uma solução simples que possibilita aos usuários de softwares que operem em 8bits utilizarem os produtos MODIS sem degradar o valor radiométrico das imagens. Além disso, em aplicações que requerem grande capacidade de armazenamento de dados, como aplicações em escalas globais, como estudos de oceanos e continentes, as imagens em 8 bits reduzem pela metade o tamanho dos dados, sem comprometer a qualidade dos dados.

## Referências

- Arai, E. Software **ConvGeoTiff**, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.
- DeFries, R.S.; Hansen, M.; Townshend, J.R.G.; Sohlberg, R. Global land cover classifications at 8 km spatial resolution: the use of training data derived from Landsat imagery in decision tree classifiers. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 19, no. 16, p.3141- 3168, 1998.
- DeFries, R.S.; Hansen, M.; Steininger, M.; Dubayah, R.; Sohlberg, R.; Townshend, J.R.G. Sub pixel forest cover in Central Africa from multisensor, multitemporal data. **Remote Sensing of Environment**, v. 60, p. 228-246, 1997.
- Friedl, M.A.; McIver, D.K.; Hodges, J.C.F.; Zhang, X.Y.; Muchoney, D.; Strahler, A.H.; Woodcock, C.E.; Gopal, S.; Schneider, A.; Cooper, A.; Baccini, A.; Gao, F.; Schaaf, C. Global land cover mapping from MODIS: algorithms and early results. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 287-302, November 2002.
- Hansen, M.C.; DeFries, R.S.; Townshend, J.R.G.; Marufu, L.; Sohlberg, R. Development of MODIS tree cover validation data set for Western Province, Zambia. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 320-335, November 2002.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Manual do SPRING. [online]. <[www.inpe.br/spring](http://www.inpe.br/spring)>. Visitado em (20 janeiro 2003).
- IDRISI Kilimanjaro, Clark Labs, Clark University, 2003.
- Mather, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images**. John Wiley & Sons, 1999, 292p. Price, J.C. Radiometric calibration of satellite sensors in the visible and near infrared: history and outlook. **Remote Sensing of Environment**, v.22, n.1, p. 3-9, 1987.
- NASA-EOS, **MODIS REPROJECTION TOOL**, Department of Mathematics and Computer Science, South Dakota School of Mines and Technology . USGS EROS Data Center, 2002.
- Rosenfield, G.H., and Fitzpatrick-Lins K. "A Coefficient of Agreement as a Measure of Thematic Classification Accuracy," *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1986, 52, 2, 223-227