

Efeito da degradação da resolução radiométrica em imagens índices de vegetação MODIS e implicações para a detecção de mudanças na cobertura vegetal do bioma Cerrado

Eristelma Teixeira de Jesus Barbosa Silva¹, Laerte Guimarães Ferreira²

¹ Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Geociências – IG
CEP: 70910-900 Brasília, DF
eristelma@yahoo.com.br

² Universidade Federal de Goiás – UFG
Caixa Postal 131, CEP: 74001-970 - Goiânia - GO
laerte@iesa.ufg.br

Abstract. The need of initiatives for implementing operational and automatic monitoring systems in the Cerrado biome is becoming critical because of the conversion of more than 50% of its natural vegetation into land use classes. An alternative for such systems can be the use of MODIS vegetation indices. In order to facilitate the data processing of MODIS data that originally come from 16 bits, many users use to convert 8 bits. However, there are few research analyzing the influence of such conversion, especially in the change detection studies. This work investigated the effects of the radiometric resolution degradation in the potential of the Cerrado's deforestation detection. The test sites were the Brasilia National Park (BNP), an area with great representation of Cerrado vegetation and the Emas National Park (ENP), an more homogeneous preserved area. We analyzed the EVI (Enhanced Vegetation Index) images with spatial resolution of 250 meters (MOD13Q1), tiles h13v10 and h12v10, and overpasses from July, 2001 and July, 2003. The results showed significant changes as function of radiometric resolution degradation. In the BNP, we found a difference of 108 hectares when the images were degraded from 16 to 8 bits, with a limiar of 0,20. In ENP, we found a difference of 7,523 hectares for the same limiar. The results showed that the changes in parameters such as radiometric resolution can affect operational and automatic monitoring systems significantly because of high amount of comission errors that are generated. These influences were stronger for more homogeneous study areas.

Palavras chaves: sensor MODIS, sensoriamento remoto, resolução radiométrica.

1. Introdução

Diversos trabalhos utilizando dados de sensoriamento remoto têm alertado para a perda de mais de 50% da cobertura original do bioma Cerrado (Sano et al., 2000, 2001). Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de iniciativas de implantação de um sistema de monitoramento sistemático e operacional para esse bioma tais como as voltadas para a Amazônia. Essas iniciativas têm sido restringidas na região do Cerrado em parte pela dificuldade em se diferenciar algumas fitofisionomias de Cerrado das formas de uso comumente encontradas (por exemplo, Campo Limpo vs. Pastagens Nativas/Cultivadas) e pelas próprias características dos dados de sensoriamento remoto atualmente disponíveis (Ferreira et al., 2003) os quais não oferecem resoluções espaciais e temporais compatíveis com a dinâmica de uso e ocupação do bioma Cerrado.

Uma alternativa para a implantação de um sistema de monitoramento sistemático para essa região seria a utilização de imagens de sensores de resolução moderada como as imagens índices de vegetação do sensor MODIS, lançado recentemente a bordo das plataformas Terra e Aqua. Esse sensor, configurado para receber dados sobre a dinâmica da biosfera terrestre, opera com 36 bandas espectrais, as quais propiciam recobrimento global e contínuo a cada dois dias, com resolução radiométrica de 16 bits e resoluções espaciais variando de 250 a 1000 m, o que possibilita o recobrimento do bioma Cerrado com menos de 10 cenas. Acrescente-se a isto o fato de que esses dados, já corrigidos para efeitos atmosféricos (nuvens,

aerossóis, etc.) e georreferenciados, são distribuídos gratuitamente na forma de diferentes produtos entre os quais destacam-se os índices de vegetação que incluem o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e um novo índice, o *Enhanced Vegetation Index* (EVI), corrigido para efeitos atmosféricos e aqueles devido ao substrato do dossel vegetal (Huete et al., 2002).

Essas características tornam essas imagens bastante viáveis para um sistema de monitoramento operacional e sistemático e compatível com a acentuada dinâmica espaço-temporal de uso e ocupação da terra na região do Cerrado. Para efeito comparativo, se fossem utilizadas imagens ETM+, seriam necessárias 137 cenas para o recobrimento do bioma Cerrado, as quais só seriam obtidas num período de um ano, considerando a elevada cobertura de nuvens para essa região.

Por outro lado, uma das dificuldades encontradas quando da utilização de dados MODIS têm sido o processamento das imagens que vêm originalmente com resolução radiométrica de 16 bits. Alguns dos principais *softwares* na área de geotecnologias, como o Arcview 3.2, não possuem opção para visualizar ou processar dados em 16 bits. Como forma de facilitar a manipulação e processamento destas imagens tem-se tornado freqüente a conversão da resolução radiométrica das imagens MODIS de 16 para 8 bits, as quais são lidas pelos principais pacotes computacionais de processamento de imagens. Entretanto, não há trabalhos mostrando a influência da alteração desse parâmetro principalmente em análises de detecção de mudanças. Nesse contexto e tendo por motivação principal o uso efetivo e operacional dos índices de vegetação MODIS para o monitoramento sistemático e contínuo do bioma Cerrado, esse trabalho investigou a variação no potencial de detecção de desmatamento no Cerrado quando se degrada a resolução radiométrica das imagens de 16 para 8 bits.

2. Abordagem metodológica

2.1 Área de estudo

Como áreas de estudo, foram selecionados o Parque Nacional de Brasília (PNB), uma área com extensão de 30.000 ha localizada ao norte da cidade de Brasília e o Parque Nacional das Emas (PNE), uma das grandes áreas de preservação do bioma Cerrado com área de aproximadamente 131.832 hectares, situada no extremo sudoeste do Estado de Goiás (**Figura 1**). A seleção dessas áreas de preservação possibilitou a análise de estratégias para a detecção de desmatamentos em áreas remanescentes de Cerrado considerando que somente foram analisadas como áreas de mudanças aquelas que tiveram redução no índice de vegetação entre 2001 e 2002. O PNB, além de ser uma área de preservação contendo as principais fitofisionomias do Cerrado, foi selecionado pela sua extensão, a qual permitiu maior controle sobre a análise do comportamento dos índices em relação a possíveis áreas de mudanças. O PNE foi selecionado por ter características diferentes do PNB, como a grande homogeneidade das classes de cobertura e por ser também uma área de grande representividade do bioma Cerrado.

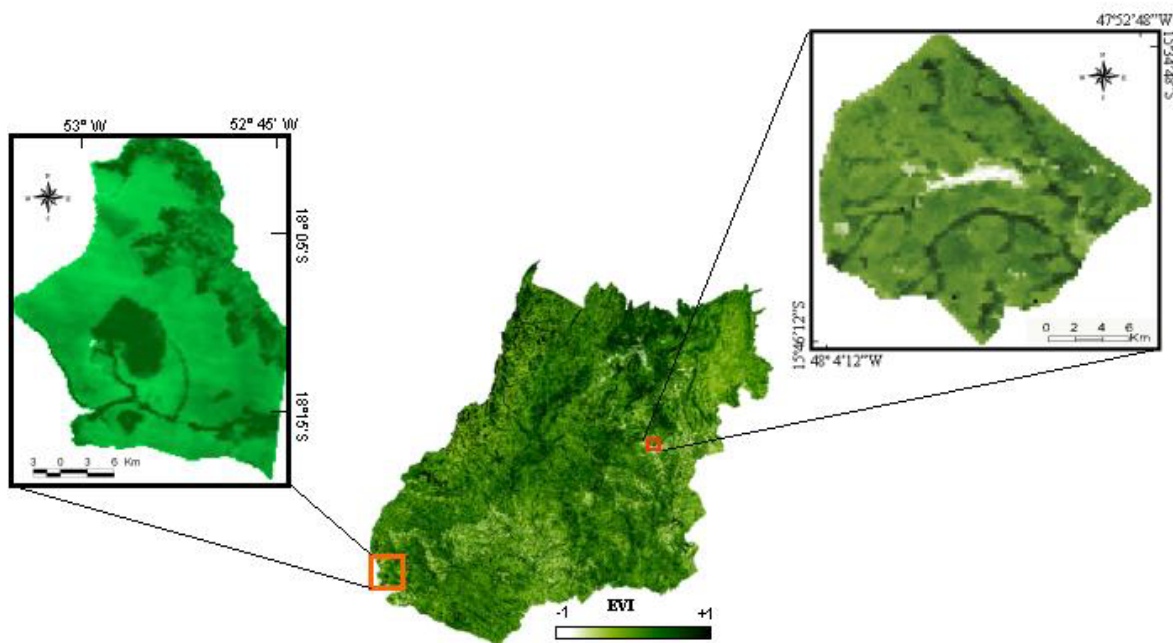


Figura 1. Imagem EVI do Estado de Goiás obtida pelo satélite Terra/MODIS em julho de 2001, com destaque para o Parque Nacional das Emas (lado esquerdo) e Parque Nacional de Brasília (lado direito).

2.2 Materiais e Método

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas as imagens índices de vegetação EVI, do produto 13 do MODIS com 250 metros de resolução espacial (MOD13Q1), *tiles* h13v10 e h12v10, correspondentes às datas de julho de 2001 e julho de 2002. Esses dados fazem parte da coleção 4, com nível de processamento 3 e foram obtidos via internet, através do *site* do Eros Data Center Gateway (<http://edcdaac.usgs.gov.main.html>). Essas imagens foram reprojetaadas para o sistema de coordenadas em latitude e longitude (*datum*: WGS84) e convertidas para formato *geotiff*, através do aplicativo *MODIS Reprojection Tool (MRT)*. Após a etapa de reprojeção, foram obtidas máscaras para as duas áreas de estudo. As imagens EVI, originalmente com valores digitais no intervalo de [-2.000, 10.000], foram reescaladas para o intervalo [-1, +1] através da divisão pelo seu fator de escala (10.000). Posteriormente, as imagens 16 bits foram convertidas para 8 bits no software ENVI 3.6. A análise da diferença entre imagens com 16 e 8 bits de resolução radiométrica foi feita com base na diferença de quantidade de mudança detectada nas respectivas imagens e também na comparação *pixel a pixel* da mudança ocorrida nos níveis de cinza como resultado da degradação da resolução radiométrica. Para auxiliar essa análise, também foi elaborada uma planilha eletrônica onde os valores na escala [0, 255] das imagens 8 bits foram reescalados para o intervalo [0, 1] através da **Equação 1**:

$$\text{Normalização} = (\text{DN} - \text{min}) / (\text{DN} - \text{max}). \quad (1)$$

No que se refere ao método de detecção de mudanças, foi definida a técnica de subtração de imagens. Essa técnica se destaca pela sua simplicidade computacional e facilidade de interpretação dos resultados, fatores primordiais num sistema de monitoramento operacional e sistemático. Nas imagens diferenças, a identificação das áreas de mudança ocorridas entre julho de 2001 e julho de 2002 foi feita utilizando-se quatro limiares: 0,20; 0,35; 0,42; e 0,50. A definição desses limiares foi baseada em análises preliminares nas áreas de estudo

selecionadas, as quais mostraram que valores inferiores a 20% incluíam uma grande quantidade de ruídos, assim como valores superiores a 50% geravam erros significativos de omissão.

A perspectiva para esse trabalho foi analisar parâmetros e estratégias para a detecção de áreas possivelmente desmatadas. Essas áreas são caracterizadas pela perda de biomassa entre t_1 (2001) e t_2 (2002), isto é, os valores de índices de vegetação na data t_1 têm valores sempre superiores aos da data t_2 (2002). Portanto, nas imagens diferenças, foram analisadas como áreas de significativa mudança e que poderiam ser consideradas como possivelmente desmatadas num sistema de detecção automática, aquelas que tiveram valores positivos. Quando aplicado o limiar de 0,20, por exemplo, foram definidos como mudança os *pixels* que apresentaram uma redução no índice de vegetação entre 2001 e 2002 acima de 0,2. Esses polígonos de mudança foram vetorizados e exportados para o software ArcView 3.2 onde foi realizada a quantificação e análise espacial das áreas de mudança.

3. Resultados e discussão

A **Tabela 1** mostra a quantidade de mudanças detectadas no PNB e nas imagens com 16 e 8 bits de resoluções radiométricas. Os valores mostram que, independentemente da resolução espacial utilizada, a alteração da resolução de 16 para 8 bits teve como resultado um aumento significativo na quantidade de mudanças detectadas no PNB. No caso de imagens EVI 250m, por exemplo, esse valor para o limiar de 0,20 mudou de 136 ha de mudanças na resolução de 16 bits para 238 ha na resolução de 8 bits. Essa diferença tende a diminuir quanto maior o limiar utilizado. Com limiares de 0,42 e 0,50 não há diferença entre a quantidade de mudanças mesmo com a degradação da resolução radiométrica.

Tabela 1 – Variação nas áreas de mudança (em hectares) detectadas no Parque Nacional de Brasília com imagens EVI, provocadas pela alteração na resolução radiométrica (de 16 para 8 bits).

Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Limiar	EVI
250 m	16 bits	0,20	136
		0,35	27
		0,42	6
		0,50	6
	8 bits	0,20	238
		0,35	53
		0,42	6
		0,50	6

A análise dos histogramas das imagens EVI correspondentes a área do PNB em julho de 2001 mostra que quando a resolução radiométrica das imagens foi degradada, os valores mais altos da imagem 16 bits foram projetados para valores iguais ou próximos a 255 nas imagens 8 bits, enquanto os valores mínimos foram projetados para 0 ou valores próximos (**Figura 2**). Isto demonstra que as pequenas variações de níveis de cinza contidas na imagem 16 bits não podem ser representadas numa imagem 8 bits surgindo o fenômeno das falsas bordas de quantização quando se degrada a resolução radiométrica de uma imagem digital.

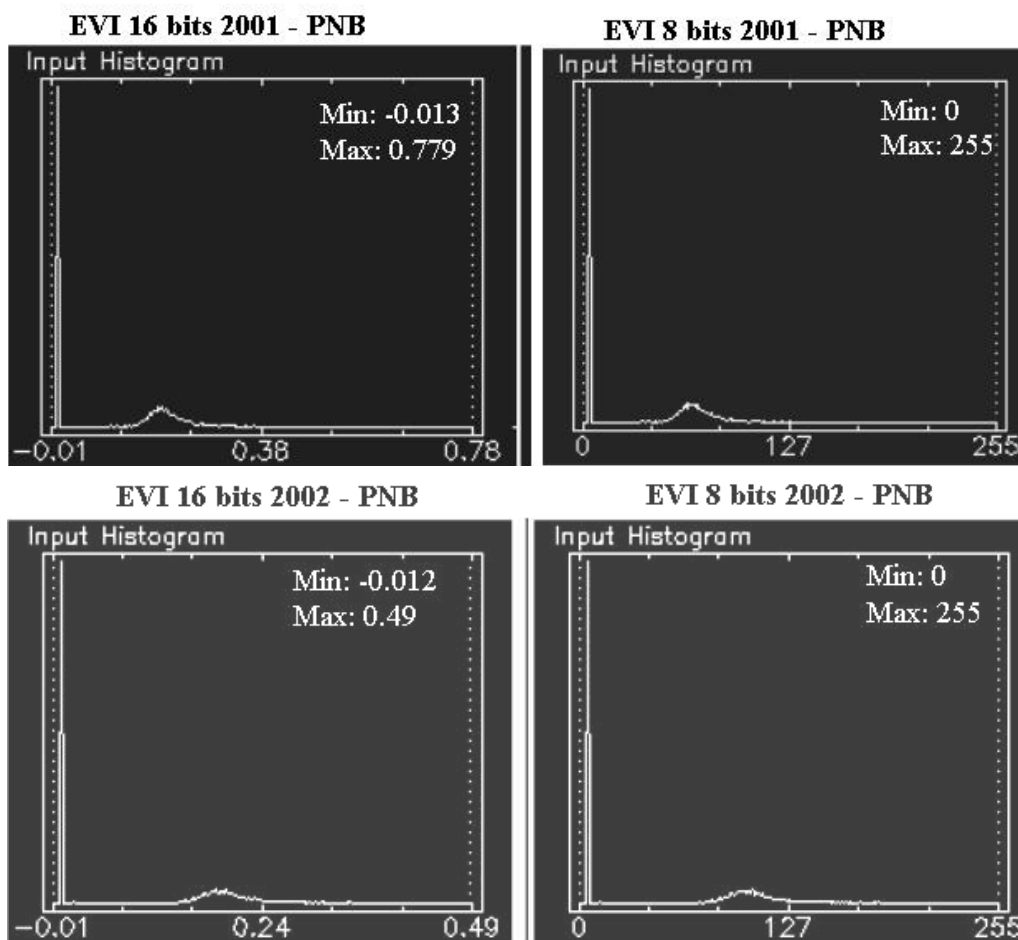


Figura 2. Histogramas correspondentes à imagem EVI 16 bits (lado esquerdo) e 8 bits (lado direito) para os anos de 2001 (lado superior) e 2002 (lado inferior). Os valores mínimos que são negativos nas imagens com resolução de 16 bits passam a ter valor 0 nas imagens 8 bits, enquanto os valores máximos passam a ter valor 255.

Como exemplo, o *pixel* com índice 0,78 que corresponde ao valor máximo da imagem EVI 16 bits 2001 tem seu valor reprojeto para 255 quando a resolução radiométrica dessa imagem foi degradada para 8 bits. Entretanto, se na escala [0, 1], 255 corresponde a 1, o *pixel* com índice 0,78, deveria ter um nível de cinza correspondente ao valor 199, uma tonalidade bem mais escura. Verifica-se então, que houve um aumento de 58 vezes na tonalidade do nível de cinza desse *pixel*. Interessante verificar que na imagem 2002, o valor máximo de 0,49 também foi projetado para o valor 255 com a degradação da resolução. Ou seja, houve um aumento de 130 níveis de cinza para esse *pixel*, já que 0,49 corresponde aproximadamente ao valor 125 na escala [0-255].

Em um sistema de monitoramento sistemático, essas variações trazem implicações bastante consideráveis. Isto porque mudanças sensíveis nos valores de radiância nas imagens 16 bits entre 2001 e 2002 tendem a ser mais realçadas nas imagens 8 bits como demonstram os dados da **Tabela 2**. Os valores mostram que a subtração do mesmo *pixel* pode resultar em não mudança nas imagens 16 bits e em mudança nas imagens 8 bits. Como exemplo, o *pixel* número 8 destacado em vermelho apresentou EVI igual a 0,52 na imagem 16 bits 2001 e 0,25 em 2002. A subtração desses *pixels* resultou no valor 0,27 (0,52 – 0,25) que somente seria identificado como mudança nessas imagens quando utilizado o limiar de 0,20, já que o limiar de 0,35 identifica como mudança *pixels* cuja diferença no índice de vegetação entre 2001 e

2002 foi superior a 0.35. Por outro lado, nas imagens 8 bits, esse mesmo *pixel* tem valor 1 em 2001 e 0,45 em 2002, o que resulta no valor 0,55. Dessa forma, mesmo quando utilizado o limiar de 0,50 nas imagens 8 bits, esse *pixel* é identificado como área de mudança. Estas variações fazem com que maior quantidade de mudanças ocorram nas imagens 8 bits em comparação às imagens 16 bits.

Essa relação é demonstrada na **Figura 3**. Baseado nos valores de EVI 250 metros do PNB, pode-se concluir que o vigor da vegetação era maior em 2001. Considerando que o PNB, por ser uma área preservada, não sofre processos de desmatamentos, quaisquer mudanças nos valores de EVI estarão relacionados com mudanças na sazonalidade ou no clima. Nesse sentido, a combinação que apresentar os menores números de *pixels* identificados como desmatamento dentro do parque pode ser considerado como os mais indicados para fazer parte do sistema de detecção automática de desmatamento no Cerrado. Como mostra a Figura, o EVI 16 bits detectou 3 *pixels* enquanto o EVI 8 bits detectou vários *pixels*.

Tabela 2. Valores de 10 *pixels* correspondentes nas imagens EVI 2001 e 2002, 8 e 16 bits. A subtração dos mesmos *pixels* nas imagens 8 e 16 bits resultam em valores diferentes.

Nº do <i>pixel</i>	Resultado da subtração					
	2001	2001	2002	2002	2001-2002	
	16 bits	8 bits	16 bits	8 bits	16 bits	8 bits
1	0,77	1	0,16	0,17	0,61	0,83
2	0,31	0,62	0,34	0,75	-0,03	0
3	0,56	1	0,19	0,26	0,38	0,74
4	0,33	0,69	0,27	0,51	0,07	0,18
5	0,25	0,43	0,18	0,23	0,07	0,20
6	0,24	0,40	0,21	0,33	0,03	0,07
7	0,15	0,14	0,21	0,34	-0,06	0
8	0,52	1	0,25	0,45	0,27	0,55
9	0,30	0,60	0,27	0,53	0,03	0,07
10	0,16	0,18	0,21	0,33	-0,04	0

Em áreas mais homogêneas como o Parque Nacional das Emas, o efeito da degradação da resolução radiométrica se torna mais acentuado como mostram os dados da **Tabela 3** e a **Figura 4a**, onde é possível visualizar a grande diferença na quantidade de mudanças detectadas em imagens 16 e 8 bits com limiar de 0,20. O fato de ser uma área homogênea implica na existência de grandes áreas com pequena variação dos níveis de cinza. A área destacada em verde na **Figura 4b** tem essa característica. Pode se verificar na mesma figura que quando a área destacada em verde na imagem EVI 16 bits 2001 tem resolução radiométrica convertida para 8 bits, ocorre uma homogeneização e um aumento na tonalidade dos níveis de cinza cujas variações não são representadas na resolução de 8 bits. Como consequência, a diferença entre a imagem 2001 e 2002 para toda essa área aumentou significativamente de forma que a subtração desses *pixels* resultou em grande quantidade de valores positivos, os quais foram considerados como áreas potenciais de mudança por

apresentarem uma redução acima de 0,2 no índice de vegetação entre os anos considerados na análise.

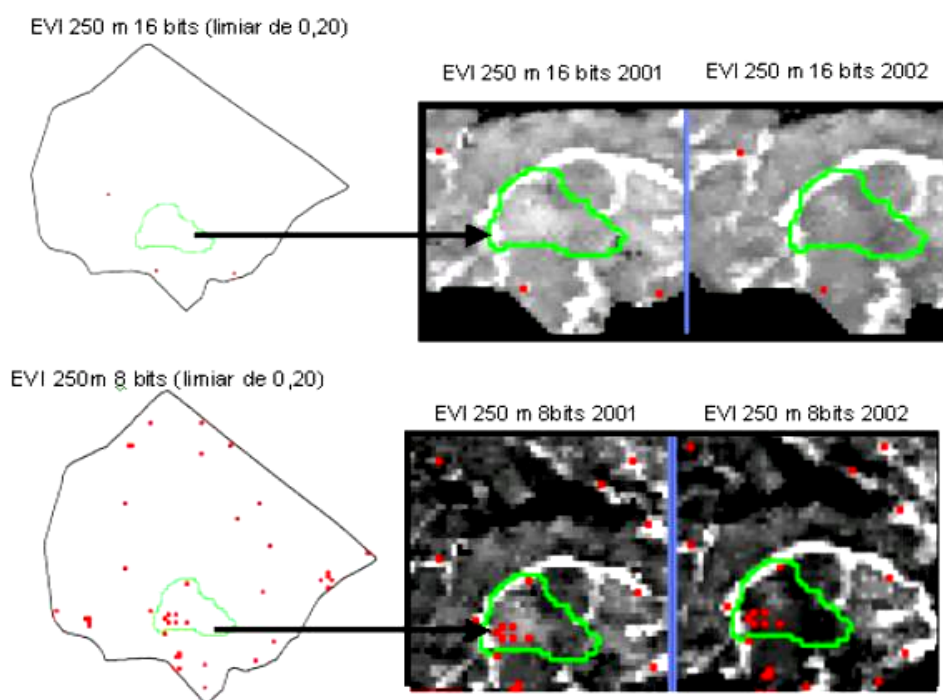


Figura 3. Imagens EVI 250 metros 16 bits (lado superior) e 8 bits (lado inferior) com áreas de mudança (limiar de 0,20) plotadas em vermelho. A área destacada em verde não é detectada como mudança nas imagens 16 bits enquanto nas imagens 8 bits, alguns *pixels* da mesma área são considerados como mudança.

Tabela 3 – Variação nas áreas de mudança (em hectares) detectadas no Parque Nacional das Emas com imagens EVI, resultante da alteração na resolução radiométrica (de 16 para 8 bits).

Resolução Espacial	Resolução Radiométrica	Limiar	EVI
250 m	16 bits	0,20	895
		0,35	0
		0,42	0
		0,50	0
	8 bits	0,20	8.418
		0,35	589
		0,42	158
		0,50	47

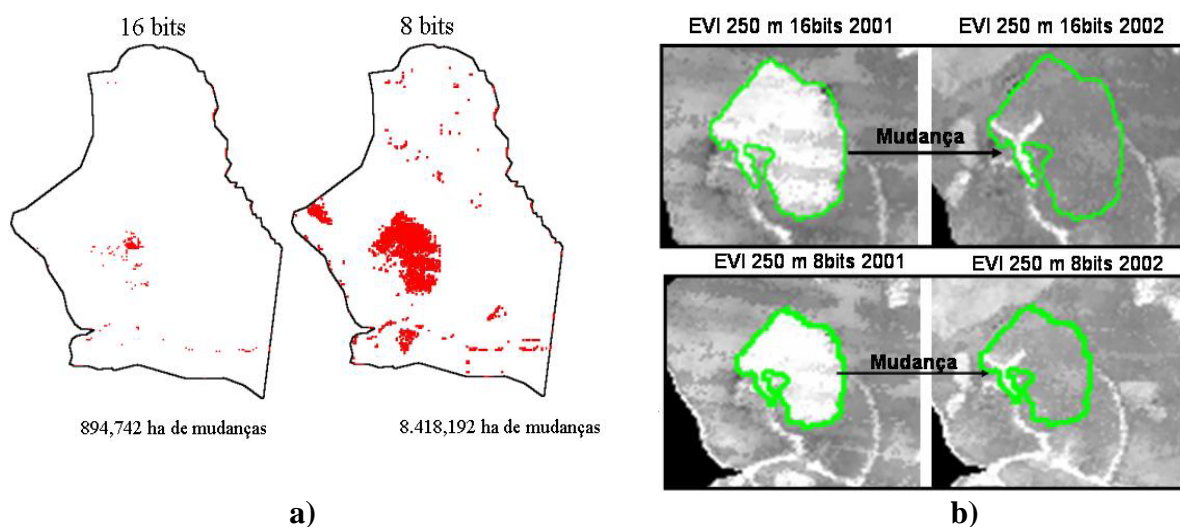


Figura 4. a) Áreas de mudança (em vermelho) no Parque Nacional das Emas em imagens EVI 16 bits (lado esquerdo) e 8 bits (lado direito) e 0,20 de limiar. Notar a grande variação na quantidade de mudança detectada nas resoluções radiométricas de 16 e 8 bits. b) Exemplo de mudança nos níveis de cinza na área destacada em verde com a degradação da resolução radiométrica nas imagens EVI de 2001 (lado esquerdo) e 2002 (lado direito).

4. Considerações Finais

Os resultados apresentados indicam que o índice de vegetação EVI tem potencial para detectar mudanças na cobertura vegetal do Cerrado e para ser utilizado num sistema de monitoramento sistemático e operacional. Entretanto, é necessário considerar as diferenças significativas entre a quantidade de mudanças detectadas como função da resolução radiométrica e limiares de mudanças considerados. A degradação da resolução radiométrica de 16 para 8 bits pode influenciar significativamente a quantidade de mudanças detectadas numa determinada área, dependendo principalmente das características das classes de cobertura como mostrou a análise para o PNB e PNE. As imagens com resolução radiométrica de 16 bits mostraram maior definição das diferentes classes de cobertura, eliminando grande parte dos ruídos identificados como mudança nas imagens 8 bits.

Quanto aos limiares utilizados, verificou-se que a diferença na quantidade de mudanças identificadas em imagens 16 e 8 bits foram mais acentuadas com o limiar de 0,20 que tende a gerar um grande volume de dados e abarca a maior parte dos ruídos nas imagens.

Referências

Ferreira, L.G.; Silva, AA; Jesus, E.T.; Sano, E.E.; Shimabukuro, Y.E. Monitoramento sistemático da cobertura vegetal no bioma Cerrado através dos índices de vegetação MODIS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos campos: INPE, 2003. p. 2729 -2736. Disponível na biblioteca digital URLib: <ltid.inpe.br/sbsr/2002/09.28.09.27.24>. Acesso em: 18 nov. 2004.

Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E. P.; Gao, X.; Ferreira, L.G.; Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p. 195-213, 2002.

Sano, E.E.; Barcellos, A.O.; Bezerra, H.S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. *Pasturas Tropicales*, vol. 22, n. 3, p. 2-15, 2000.

Sano, E.E.; Jesus, E.T.; Bezerra, H.S. Mapeamento e quantificação de áreas remanescentes do Cerrado através de um sistema de informações geográficas. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v.13, n.25, p. 47-62, 2001.