

UTILIZAÇÃO DO MODELO LINEAR DE MISTURA ESPECTRAL E NDVI PARA AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE ÁREA DESMATADA NO MUNICÍPIO DE RIO PARDO DE MINAS/ MG

César Vinicius Mendes Nery

Doutorando em Geografia, PUC Minas, Montes Claros
cvmn@hotmail.com

Adriana Aparecida Moreira

Mestranda em Sensoriamento Remoto – UFRGS
moreiradriana00@gmail.com

Fernando Hiago Souza Fernandes

Engenheiro Ambiental - Instituto Educacional Santo Agostinho
hiagosf@hotmail.com

Letícia Silva de Almeida

Mestranda em Produção Vegetal – UFMG
leticiasilvaalmeida@yahoo.com.br

Rodrigo Praes de Almeida

Mestrando (a) em Produção Vegetal – UFMG
rpasax@hotmail.com.br

RESUMO

O avanço da fronteira agrícola para áreas de cerrado e a supressão vegetal para abastecimento da indústria siderúrgica, principalmente em Minas Gerais, tem provocado alterações na paisagem natural neste bioma, com grande perda da biodiversidade. O objetivo deste trabalho consiste no monitoramento do comportamento espectral de uma área desmatada no município de Rio Pardo de Minas ao longo de 15 meses, utilizando dados do sensor MODIS por meio da aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral comparado ao índice de vegetação (NDVI). A metodologia baseou-se na leitura de valores de *pixels* das imagens-fração do MLME e NDVI das imagens do sensor MODIS durante um intervalo de 15 meses. Na análise dos resultados, pode-se observar que os valores médios de NDVI apresentaram oscilações durante o período analisado em virtude das variações pluviométricas ocorridas e de as características do solo, por possuírem uma considerável influência no espectro de radiação proveniente de dosséis da vegetação esparsa, influenciando no cálculo dos índices de vegetação. Os níveis digitais das imagens-fração; vegetação, solo e sombra apresentaram menores interferências. Pode-se observar ainda, que no final do estudo por meio dos valores de NDVI e ND da imagem fração vegetação a presença de vegetação esparsa.

Palavras-chave: Desmatamento. Modis. Modelo Linear de Mistura Espectral. NDVI.

USE OF LINEAR MODEL OF SPECTRAL MIXTURE AND NDVI FOR PERFORMANCE EVALUATION OF THE MUNICIPALITY OF DEFORESTED AREA RIO PARDO DE MINAS/ MG

ABSTRACT

The advance of the agricultural frontier to cerrado areas and the removal of vegetation for the steel industry, mainly in the State of Minas Gerais, has caused changes in the natural landscape in this biome, with great loss of biodiversity. The objective of this work consists in monitoring the spectral behavior of a deforested area in the

Recebido em 24/08/2013
Aprovado para publicação em 14/02/2014

municipality of Rio Pardo de Minas over 15 months, using data from the MODIS sensor by applying the Linear Mixing Model method compared to the vegetation index (NDVI). The methodology was based on pixel values reading of the images-fraction from the Linear Mixing Model and NDVI images from the MODIS sensor during a 15-month range. In the analysis of the results, it can be observed that the average values of NDVI showed fluctuations during the analysis period due to rainfall variations and the soil characteristics, once they have a considerable influence on radiation spectrum from sparse vegetation canopies, influencing in the calculation of vegetation indexes. The digital numbers of images-fraction; vegetation, soil and shade showed smaller interferences. It can be seen that at the end of the study through the NDVI and DN values in the image fraction vegetation the presence of sparse vegetation.

Key words: Deforestation. Modis. Linear Mixing Model. NDVI.

INTRODUÇÃO

O cerrado é a segunda maior formação da América do Sul e este possui valor significativo para realização de pesquisas e estudos ambientais, em razão da expressiva área ocupada e da biodiversidade presente em seu ecossistema. Ocupando uma área de aproximadamente dois milhões de km², no território brasileiro, esse bioma correspondendo a 57% do Estado de Minas Gerais (IBGE, 2004).

Apesar do seu tamanho e importância, o bioma cerrado tem sofrido diversas alterações provocadas pelas atividades antrópicas em busca de novas áreas para a prática de pecuária, da expansão da fronteira agrícola e da produção do carvão vegetal nativo, utilizado pelo setor siderúrgico.

A desestruturação desse bioma, causada pela atividade antropogênica é facilitada devido à dificuldade da fiscalização em razão das características de acesso, legislação e da dispersão de áreas desmatadas.

As imagens orbitais proporcionam uma visão sinóptica de extensas áreas e maior frequência de imageamento, capazes de detectar as mudanças ocorridas na superfície da Terra, principalmente para alvos mais dinâmicos, como o estudo fenológico da vegetação, utilizando-se técnicas de processamento digital de imagens.

As respostas espectrais da reflectância da vegetação nas bandas do infravermelho próximo e vermelho possibilitam para que índices de vegetação sejam utilizados em inúmeros estudos, permitindo uma melhor dinâmica da mesma.

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) proposto por Rouse *et al.* (1973) é comumente empregado pela comunidade científica em estudos para caracterização e análise da vegetação. Rego *et al.* (2012); Lorenço; Landim (2004); Rosendo; Rosa (2005); Agarez *et al.* (2001); Ferreira *et al.* (2001) utilizando em seus estudos o NDVI obtiveram resultados satisfatórios.

O Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) ao mesmo modo do (NDVI) pode ser utilizado para o estudo da vegetação e suas alterações na cobertura vegetal. Teoricamente, as imagens fração quando comparadas ao índice de vegetação são menos sujeitas às variações de fatores, como condições de iluminação da cena e de variações atmosféricas (SHIMABUKURO *et al.* 1998).

Nesse contexto, este trabalho buscou analisar o comportamento espectral de uma área desmatada de 119 hectares no município de Rio Pardo de Minas/MG, num intervalo de tempo de 15 meses, por meio da utilização do índice de vegetação (NDVI) e imagens fração, através da aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral derivados de dados do sensor MODIS.

REFERENCIAL TEÓRICO

O Bioma Cerrado possui uma grande extensão territorial no Brasil, sendo o segundo maior bioma do país em área, apresenta aproximadamente dois milhões de km² que correspondem a 23% do território nacional (SILVA, 2005).

Apesar de sua grande extensão, o Cerrado é um dos biomas mais ameaçados, sua cobertura vegetal foi reduzida praticamente à metade entre 2002 e 2008 em função de sua conversão

para usos alternativos do solo, o que implica a perda de cobertura vegetal nativa. A fragmentação da cobertura vegetal deste bioma é provocada tanto pelo desmatamento quanto pelos incêndios florestais, ocasionando alteração na paisagem, extinção de espécies e invasão de espécies exóticas, causando desequilíbrio ecológico. O intenso desmatamento que ocorre no cerrado se baseia em suas características propícias à agricultura, à pecuária e pela demanda por carvão vegetal para a indústria siderúrgica, predominantemente na região central do Estado de Minas Gerais (MMA, 2010).

Nesse contexto, de devastação de um bioma significativo, são realizados inúmeros estudos de prevenção e fiscalização do desmatamento no cerrado. Dentre as técnicas utilizadas, é comum o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como subsídios de informações aos programas de fiscalização deste bioma.

O sensoriamento remoto possui importantes ferramentas, que aplicadas a estudo das transformações do espaço terrestre oferece elementos capazes de subsidiar informações que podem viabilizar o planejamento e a detecção de mudanças ocorridas na paisagem (SANTOS; SANTOS, 2010).

Para obter informações do sensoriamento remoto acerca das mudanças ocorridas em biomas, como no cerrado, faz-se necessário a escolha de imagens que melhor atendam aos objetivos do usuário e uma técnica adequada para processá-las, que detectem mudanças na cobertura vegetal em uma escala temporal, viabilizando o monitoramento sistemático (SILVA, 2005).

Os dados provenientes do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo do satélite TERRA (EOS AM-1), possuem características que contribuem para melhorar a compreensão da dinâmica global e os processos que ocorrem na terra. Esse sensor realiza observações de toda a superfície da Terra com resolução temporal de 1 ou 2 dias, possui 36 bandas espectrais que se situam entre 0,4 a 14,4 μm e se distribuem em diferentes grupos de resolução espacial, variando o tamanho do pixel em terra de 250 a 1.000 metros para as várias bandas específicas (LIU, 2006).

O sensor MODIS disponibiliza uma variedade de pacotes de produtos, dentre eles o MOD13Q1 – Produto Índice de Vegetação, que dispõe de produtos que podem ser utilizados na análise do comportamento da vegetação. São dois índices de vegetação o NDVI e o EVI; duas imagens que possuem informações que confirmam a qualidade dos produtos Índice de Vegetação (NDVI Quality e EVI Quality); além de Imagens refletância das bandas RED, BLUE, NIR e MIR; e três imagens que se referem à forma como os dados foram adquiridos, por ângulo de visada, ângulo zenital solar e azimute (ROSENDO; ROSA, 2005).

Imagens de sensoriamento remoto, como as fornecidas pelo sensor MODIS, proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (de diferentes eventos) de extensas áreas da superfície terrestre (FLORENZANO, 2011). Em geral, o tipo de resolução e o tamanho dessas imagens estão relacionados com as características intrínsecas do sensor, havendo assim uma mistura de radiância de diferentes matérias em apenas uma célula, quando maior o campo de visada do sensor (GIFOV) e menor a sua resolução espacial.

O Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) é utilizado para estimativa quantitativa da mistura espectral dos componentes (vegetação, solo e sombra) dentro do elemento de resolução do sensor, gerando as imagens fração solo, vegetação e sombra. Este modelo linear tem como objetivos básicos (I) reduzir o volume de dados a serem utilizados em um processamento (e.g. classificação de imagens) e (II) realçar os alvos de interesse (FERREIRA *et al.* 2003). O emprego do MLME aplicado em estudos de áreas desmatadas tem sido em sua maioria executado com êxito, pois possibilitam ponderar as mudanças espaço-temporal de uma determinada área (SHIMABUKURO *et al.* 1998). O modelo linear de mistura pode ser escrito conforme a equação 1, abaixo:

$$r_i = a \cdot \text{vege}_i + b \cdot \text{solo}_i + c \cdot \text{água}_i + e_i \quad (1)$$

onde: r_i = resposta do pixel na banda i ; a , b e c proporções de vegetação, solo e sombra (ou água) respectivamente; vege_i = resposta espectral do componente vegetação na banda i ; solo_i = resposta espectral do componente solo na banda i ; água_i = resposta espectral do

componente sombra ou água na banda i ; $e = \text{erronabandai}$; e $i = \text{bandasdoTM}$ (SHIMABUKURO *et al.* 1998).

As transformações espaço-temporal ocorridas na cobertura vegetal também podem ser analisadas pela utilização do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI). Este índice baseia-se no princípio físico da assinatura espectral da vegetação verde, mais especificamente, nas faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, pois estas bandas corresponderem a 90% da resposta espectral da vegetação (ROSA, 2007 *apud* ROSENDO; ROSA, 2009).

A expressa conexão entre as duas bandas espectrais se deve pelo fato da forte absorção da radiação eletromagnética na região do vermelho pela atividade fotossintética das plantas e pela forte reflexão da radiação incidente na faixa do infravermelho próximo, devido ao espalhamento (reflectância e transmitância) da radiação no interior das folhas, em função da estrutura celular (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). O NDVI proposto por Rouse *et al.* (1973) e então calculado pela soma das bandas espectrais do visível e infravermelho próximo. Matematicamente a equação 2 é representada abaixo.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS}) \quad (2)$$

A utilização desse índice em larga escala aplicado aos estudos ambientais alcança um patamar de quatro décadas de inúmeras aplicações, pesquisas e resultados disponíveis a comunidade científica. Apesar da alta tecnologia disponível durante esse tempo e de diversas tentativas para sua modelagem por diferentes estudiosos, a simplicidade de operação e capacidade de compactação dos dados manipulados se faz destaque entre as metodologias de índices de vegetação disponíveis.

Teoricamente os valores de NDVI variam entre -1 e +1, (quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal), o 0 representa valor aproximado para ausência de vegetação (RÊGO *et al.* 2012).

Este índice de vegetação mais comumente empregado, que detém a habilidade para minimizar efeitos topográficos ao produzir uma escala linear de medidas, permite não só estudar a vegetação, mas também medir a quantidade e a condição da mesma em uma determinada área, consequentemente, o NDVI pode ser utilizado no estudo do ciclo de crescimento da vegetação e na análise de eventuais perturbações em seu ciclo sazonal.

MATERIAIS E MÉTODOS

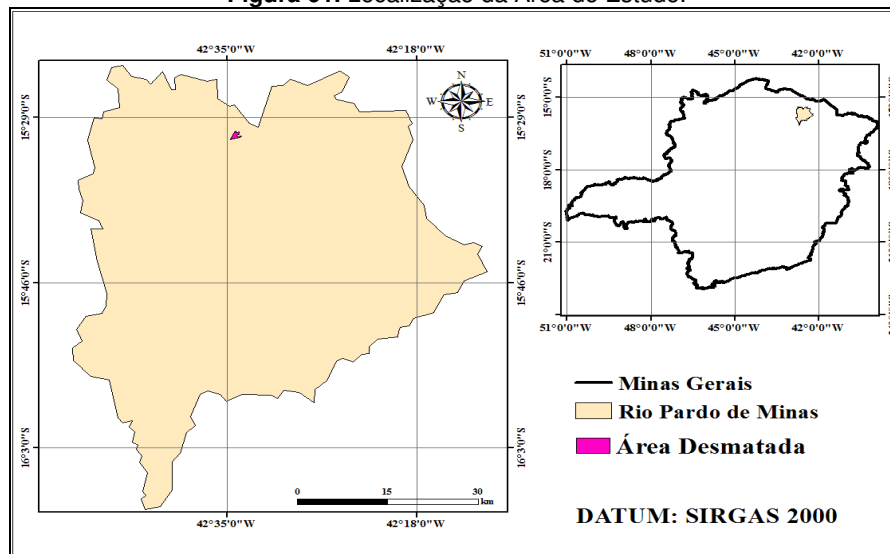
A área de estudo se baseia em uma área de vegetação de 119 hectares (Figura 1) suprimida em Março de 2012 localizada entre as coordenadas geográficas de latitude 15° 51' 31" e longitude 42° 34' 13", no município de Rio Pardo de Minas, no norte do Estado de Minas Gerais.

Para desenvolvimento do trabalho foram utilizados o índice de vegetação NDVI e as imagens reflectâncias nas bandas RED, NIR e MIR do produto MOD13Q1, com critério de seleção se baseado na melhor representatividade do comportamento da área ao longo de um ano com um intervalo de cerca de dois meses de acordo com a Tabela 1.

Tabela 01. Cenas do produto MOD13Q1 utilizadas para o monitoramento da área de estudo.

DATA	SATÉLITE/TILE
03/12/2011	Terra 1- h13v10
05/03/2012	Terra 1- h13v10
08/05/2012	Terra 1- h13v10
11/07/2012	Terra 1- h13v10
15/10/2012	Terra 1- h13v10
16/11/2012	Terra 1- h13v10
17/01/2013	Terra 1- h13v10
06/03/2013	Terra 1- h13v10

Figura 01. Localização da Área de Estudo.



As imagens foram re-amostradas no *software Reprojection Tool* (MRT) do formato hdf para o formato Tiff.

Ao processar as oito imagens adquiridas com intuito de geração das três imagens-fração, vegetação, sombra e solo, foram utilizados os dados de entradas do Modelo Linear de Mistura Espectral as bandas RED, NIR e MIR respectivamente na composição RGB, devido ao comportamento espectral diferencial dos alvos analisados, nessas regiões do espectro.

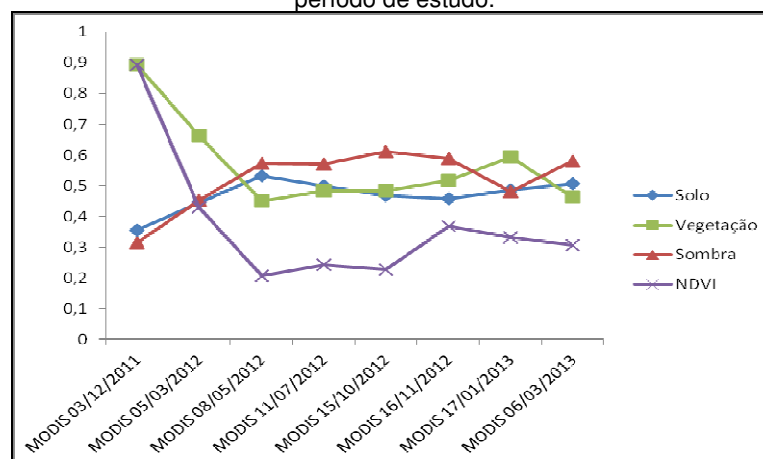
Após o processamento, foi realizada a leitura de *pixels* de numa máscara de 3x3 pixels dentro da área de estudo para comparação entre NDVI e imagens durante o período em estudo. Foi realizada a análise de variância e a comparação de médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao se realizar a análise dos resultados foi observado uma correlação forte entre o NDVI e a imagem fração vegetação de valor 0,77 e uma correlação inversa moderada entre o NDVI e a imagem fração solo de valor - 0,65 e a imagem fração sombra de valor - 0,47.

O comportamento espectral da área durante o período em estudo está representado pela Figura 2, demonstrando as curvas de reflectância para os valores médios de NDVI e ND das frações vegetação, solo e sombra.

Figura 02. Gráfico demonstrativo do comportamento espectral das imagens fração e NDVI ao longo do período de estudo.



Para o reconhecimento de alterações nos padrões de resposta espectral da área de estudo, a Tabela 2 apresenta valores médios de NDVI e ND das frações vegetação, solo e sombra.

Tabela 02. Média dos valores de NDVI e ND das imagens fração vegetação, solo e sombra.

Datas das Imagens	NDVI	Imagens Fração		
		Vegetação	Solo	Sombra
03/12/2011	0,893 a	0,892 a	0,355 h	0,316 g
05/03/2012	0,429 b	0,663 b	0,446 g	0,452 f
08/05/2012	0,206 g	0,451 g	0,531 a	0,573 d
11/07/2012	0,242 f	0,482 e	0,499 c	0,571 d
15/10/2012	0,226 h	0,483 e	0,469 e	0,611 a
16/11/2012	0,368 c	0,518 d	0,458 f	0,588 b
17/01/2013	0,332 d	0,595 c	0,486 d	0,482 e
06/03/2013	0,307 e	0,463 f	0,507 b	0,581 c
Média	0,375	0,568	0,469	0,522
Desvio Padrão	0,222	0,150	0,054	0,100

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Os valores médios de NDVI e ND da fração vegetação foram 0,893 e 0,892 respectivamente, para a imagem de 03/12/2011 (Figura 2), tais valores correspondem a uma vegetação densa (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007). Nota-se também, que os valores médios de ND da imagem fração solo foram baixos, demonstrando menor quantidade de solo exposto na área.

Houve um declínio na curva da imagem fração vegetação e do NDVI apresentados na imagem entre os dias 03/12/2011 e 05/03/2012 (Figura 2), demonstrando que a vegetação da área analisada sofreu uma diminuição acentuada. Nesse mesmo intervalo de tempo a curva referente à imagem fração solo apresentou-se ascendente, indicando a conversão vegetação/solo exposto, característica de áreas desmatadas (Figura 3).

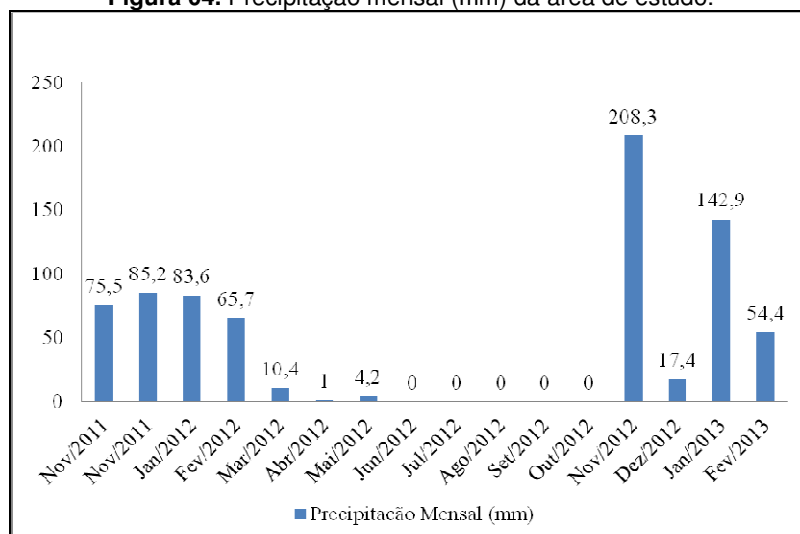
Figura 03. Imagem comparativa do Landsat TM 5 da cena 218-071 (a) e imagem LIS 3 do Resourcesat da cena 333-088, com desmatamento (b), composição 3B, 4G, 5R entre 21/09/2011 e 06/04/2012.



Observou-se também uma diminuição dos valores de NDVI na imagem de 15/10/2012 (0,180), menor valor durante todo o período em estudo. Valor encontrado dado o baixo índice pluviométrico característico dessa região para o mês de outubro (Figura 4).

Os valores médios da imagem fração vegetação se mantiveram constantes entre os meses de julho e outubro, valores que podem ser explicados separação dos componentes da imagem pelo MLME, minimizando a interferência do solo e da sombra no componente vegetação. O valor médio da imagem fração sombra teve um aumento, devido incidência de nuvens no mesmo período.

Figura 04. Precipitação mensal (mm) da área de estudo.



Fonte: INMET, 2013.

A partir de 16/11/2012 houve um aumento dos valores médios de NDVI e ND da imagem fração vegetação devido ao início do período chuvoso e emissão de novas folhas da vegetação e consequentemente uma maior atividade fotossintética. A curva do índice NDVI apresentou uma resposta mais intensa, com uma curva mais acentuada, que a fração vegetação para o início do período chuvoso. A sensibilidade ao baixo índice pluviométrico do mês de dezembro de 2012 também foi melhor percebido no índice de vegetação que na imagem fração vegetação, o que indica uma maior sensibilidade do primeiro em relação ao segundo.

Na imagem de data 06/03/2013 houve uma redução nos valores médios de NDVI e ND da fração vegetação, que pode ser atribuída ao início do período seco na região de acordo com os dados de precipitação da figura 4.

Os valores médios de ND da fração solo se mantiveram mais constantes mais constantes no período de julho 2012 a março 2013.

O índice NDVI apresentou a maior variabilidade (Desvio padrão 0,222) dos índices estudados e a imagem fração solo a menor variabilidade (Desvio padrão 0,054), as imagens fração vegetação e sombra apresentaram valores de desvio padrão intermediários, 0,150 e 0,100, respectivamente. Os valores de variabilidade dos dados justificam assim a maior sensibilidade do NDVI para o monitoramento de áreas que sofreram supressão da vegetação.

Para melhor compreensão dos resultados encontrados, foi realizada visita *in loco* na qual registrou-se a situação atual da área de estudo (Figura 5).

Figura 05. Vista parcial da área de estudo (a) e (b).



CONCLUSÃO

As imagens fração e índice de vegetação NDVI permitiram a análise do comportamento espectral da vegetação na área de estudo com a caracterização da resposta espectral antes e depois da supressão da vegetação.

Os valores médios de NDVI apresentaram maior variabilidade durante o período do estudo e os valores de ND da fração solo a menor variabilidade.

O índice NDVI se mostrou mais sensível às variações de precipitação em relação à imagem fração vegetação.

Sugere-se como estudo complementar a essa pesquisa a comparação entre esses mesmos índices da área desmatada com uma área que não sofreu intervenção antrópica para verificação da influência da sazonalidade climática sobre os mesmos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Santo Agostinho e ao CNPQ pelo incentivo a essa pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGAREZ, F. V.; VICENS, R. S.; CRUZ, C. M.; NOGUEIRA, C. R.; GARAY, I. Utilização de Índice de vegetação na classificação integrada de fragmentos florestais em Mata Atlântica de Tabuleiros no Município de Sooretama, ES. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, X, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2001. p. 1499-1507.

FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.; SANO, E. E.; SHIMABUKURO, Y. Uso do modelo linear de mistura espectral para o mapeamento sistemático e operacional do bioma cerrado: possibilidades, implicações e procedimentos metodológicos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XI., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 657-664.

FERREIRA, L. G.; YOSHIOKA, H.; HUETE, A. R.; SANO, E. E. On the Use of the EOS - MODIS Vegetation Indices for Monitoring the Cerrado Region, Brazil: Insights and Perspectives. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, X., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2001. p. 1601-1607.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª edição ampliada e atualizada. 3ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 128 p, 2011.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa dos Biomas continentais do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Estação 83388, Monte Azul, MG. Médias Mensais de Precipitação do período de 25/11/2011 a 06/03/2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso 05 Ago.2013.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Estudo da variabilidade do "índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI" utilizando krigagem indicativa. *HOLOS Environment*, v.4, n.1, p.38-55, mai. 2004.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande-MS: UNIDERP, 2006.

MMA – Ministério de Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado**. Brasília, setembro de 2010.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMABUKURO, Yosio, Edemir. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP: Parêntese Editora, 2007, 135 p.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S. de.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R. Análise comparativa dos índices de vegetação ndvi e savi no município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1217-1229, 2012.

ROSENDO, J. S.; ROSA, R. A utilização de índices de vegetação em uma tentativa de mapear o uso da terra e a cobertura vegetal. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIV, 2009, Natal. **Anais...** Natal: 2009. p. 6141-6148.

ROSENDO, J. S.; ROSA, R. Exemplo de aplicação do Produto MOD13Q1 disponibilizado pelo sensor MODIS/Terra. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII, 2009, Goiânia. **Anais...** Goiânia: 2005. p. 3285-3292.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite -1 Symposium, 3, 1973, Washington. **Anais...** Washington, D.C.: NASA, Goddard Space Flight Center, v.1, 1973. p.309-317.

SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F. **Mapeamento das Classes de Uso e cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Vaza-Barris, Sergipe.** Revista Multidisciplinar da UNIESP - Saber Acadêmico - n^o 10 - Dez. 2010/ ISSN 1980-5950.

SILVA, A. A. Uso de Sensoriamento Remoto para o Monitoramento Ambiental dos Cerrados. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, XI, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2005. p. 6141-6148.

SHIMABUKURO, Y. E.; NOVO, E. M.; PONZONI, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do pantanal. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1729-1737, 1998.