

Dinâmica espectro-temporal MODIS em região de Cerrados e intenso uso agropecuário

Vanessa Canavesi¹
Samuel Martins da Costa Coura¹
Antônio Roberto Formaggio¹
Yosio E. Shimabukuro¹
Valquíria Ferraz Quirino¹

¹ INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 – CEP 12201-970 - São José dos Campos – SP, Brasil
{vanessa, samuel, formag, yosio, quirino }@ltid.inpe.br

Abstract. The present study was focused in the “Cerrado” vegetation, a type of savanna biome, and in the studies to improve the understanding of the variability in terrestrial ecosystem carbon exchange and climate-biosphere interactions. The study area enclosed “Triângulo Mineiro”, in the State of Minas Gerais (Brazil) (48°35’W x 18°31’S), and 2003 MOD13-NDVI product (16 days composites) had been used in this work. The objective was to evaluate the capability of this MODIS product to provide information about the spectro-temporal phenologic profiles of the Cerrado biome and of two other important associated land uses (pastures and agricultural vegetation). The variations in the temporal/spectral behavior of Cerrado areas correlated to the hydrological seasonality of the precipitation data. Natural vegetation responded both to the beginning and to the ending of the hydrological stations, but with a delay of four months. The annual time series of MODIS data provided a successful way to monitor the phenology dynamic of the Cerrado biome and validation using ground observations are recommended.

Palavras-chave: phenology, carbon cycle, remote sensing, fenologia, ciclo do carbono, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A dinâmica da vegetação, natural e/ou agrícola, é uma variável importante nos modelos regionais e globais destinados ao entendimento da variabilidade interanual de ecossistemas terrestres, quando se estudam as trocas de carbono e interações biosfera-clima (Zhang et al., 2003).

Nesta linha de pesquisa, os dados obtidos por sensores colocados em satélites desempenham papel primordial desde meados da década de 80. Os índices espectrais de vegetação derivados de dados obtidos por sensores orbitais, como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), têm sido variáveis de grande conteúdo informativo quanto ao vigor da vegetação de vastas regiões, utilizando séries temporais (Maselli, 2004).

O índice de vegetação NDVI é largamente utilizado para o mapeamento da vegetação visando a detecção de mudanças temporais. Esse índice é capaz de distinguir diferentes características sazonais na fenologia da cobertura vegetal (Wang e Tenhunen, 2004).

Até recentemente, o AVHRR era única fonte de dados globais para monitoramento da cobertura terrestre. Devido ao fato do sensor AVHRR não ter sido concebido para aplicações em terra, os dados oriundos deste não eram bem adequados para aplicações de monitoramento da vegetação, principalmente pela falta de calibração precisa, registro geométrico e problemas devido à presença de nuvens nas cenas (altos índices de ruído). Posteriormente, com o surgimento de novos sensores como o MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), o monitoramento da vegetação por meio do sensoriamento remoto foi bastante aprimorado. Isto se deve às características radiométricas e geométricas do MODIS que, associadas às correções atmosféricas, conferem ao sensor capacidades superiores de monitoramento da vegetação (Zhang et al., 2002).

O sensor MODIS encontra-se a bordo de duas plataformas: no satélite Terra, lançado em dezembro de 2000, e no satélite Aqua, lançado em junho de 2002. Este sensor é um radiômetro-imageador com cobertura diária em resoluções espaciais de 250, 500 e 1000 m, contando com 36 bandas espectrais que se estendem do visível ao infravermelho termal (**Tabela 1**). As primeiras sete bandas foram planejadas para o sensoriamento remoto dos continentes, com resolução de 250 m: banda 1 no vermelho (620-670 nm) e banda 2 no infravermelho próximo (841-876 nm), e de 500 m: bandas 3 a 7 (450-479; 545-565, 1230-1250, 1628-1652, 2105-2155 nm, respectivamente) (Running et al., 1994; Zhan et al., 2002).

Tabela 1- Especificações Técnicas do Sensor MODIS

Órbita	705 km, quase polar, sol síncrona; 10:30 h (descendente) e 13:30 h
Faixa de Imageamento	2.330 km ± 55° (perpendicular à órbita)
Tamanho do sensor	1.0 x 1.6 x 1.0 m
Peso	228.7 kg
Transmissão de Dados	10.6 Mbps
Bandas Espectrais	36 bandas, entre 405 nm e 14.385 nm e subsistema de calibração.
Para bandas 1-7	Até 100 m na direção “along-track”
Velocidade de Transmissão	11 Mbps (pico do período diurno)
Resolução Radiométrica	12 bits
Resolução Espacial (no	250 m (bandas 1-2); 500m (bandas 3-7); 1000 m (bandas 8-36).
Resolução Temporal	Diária, ao norte de -30° de latitude

Fonte: adaptada de Anderson *et al.* (2003)

Os instrumentos Terra e Aqua fornecem dados ao programa Earth Science Enterprise (ESE) da NASA, cujo foco principal é determinar como o Planeta está mudando e quais as conseqüências destas mudanças para a vida na Terra (Justice *et al.*, 2002).

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar os dados MODIS quanto à potencialidade de fornecer informações sobre perfis espectro-temporais de três importantes tipos de uso e cobertura da terra: áreas agrícolas, pastagens e vegetação de Cerrado.

2. Estudos fenológicos da vegetação

O conhecimento da distribuição dos tipos de cobertura vegetal e suas variações fenológicas são, hoje em dia, um aspecto indispensável para o planejamento de uma política coerente e eficiente de desenvolvimento sustentável, assim como para a compreensão e avaliação objetiva da convivência de diferentes ecossistemas, sejam naturais, agrícolas ou industriais.

De acordo com o comitê americano do Programa Internacional de Biologia (PIB), fenologia “é estudo da freqüência temporal de repetição de eventos biológicos, das causas bióticas e abióticas relacionadas com a freqüência temporal de repetição destes eventos, e a relação entre as fases de espécies iguais ou diferentes” (Mesquita Júnior, 1998). As estratégias fenológicas seriam, por exemplo, o espessamento das folhas, o desenvolvimento de troncos mais protetores e um extenso conjunto de raízes laterais e verticais capazes de resistir às condições da região (Ferreira et al., 2003).

A análise das variações fenológicas em nível regional e sua interligação com os diferentes componentes do meio geográfico (clima, solo, relevo, geologia etc.) fazem parte das informações necessárias para a compreensão do funcionamento dos ecossistemas em escala global (Moreira e Shimabukuro, 2004). Portanto, o conhecimento do estado atual e a caracterização da superfície dos ecossistemas terrestres, são requisitos críticos para a modelagem e o entendimento dos processos de mudanças globais (Tucker e Sellers, 1986).

Entre os eventos fenológicos que podem ser observados com o uso de sensores remotos, pode-se mencionar a floração, a deciduidade e a morte de um conjunto de indivíduos na paisagem. Eles se relacionam com a abscisão e a senescência das folhas ou ao aparecimento de flores (Mesquita Júnior, 1998).

O processo intenso de alterações no uso da terra faz com que áreas antes ocupadas com vegetação natural dêem espaço para plantios agrícolas, especialmente em locais de topografia menos acidentada, onde é possível a implementação da agricultura extensiva mecanizada. A região do Cerrado, devido às suas características topográficas, edáficas e climáticas, vêm sendo amplamente utilizados para esse propósito. A substituição da cobertura vegetal nativa por áreas agrícolas, o corte de florestas para obtenção de lenha e outras alterações de cobertura do uso do solo geram um incremento de CO₂ (gás carbônico) na atmosfera.

Nos últimos tempos, a fenologia da vegetação encontrou uma nova perspectiva dentro do contexto das pesquisas sobre mudanças globais, especialmente com o aumento da popularidade e disponibilidade de dados de satélite. A determinação da época em que a vegetação torna-se verde tem uma importância particular devido a sua considerável influência na variabilidade espacial e interanual dos ciclos de carbono da Terra (Kang et al., 2003).

3. Uso do Sensoriamento Remoto para Monitorar Fitofisionomias

Devido à ampla cobertura e repetitiva amostragem, imagens de satélite possuem um grande potencial para monitorar a vegetação, tanto em escala global como regional (Zhang et al., 2002).

Entre os trabalhos realizados utilizando-se diferentes sensores remotos para estudos fenológicos, pode-se mencionar França (1994). Uma pesquisa foi realizada em uma área de Cerrado, na área do Parque Nacional de Emas - GO, onde a fenologia de áreas com predomínio de campo limpo e campo sujo cerrado foi observada com o uso do NDVI obtido a partir de imagens digitais AVHRR. Posteriormente o NDVI também foi relacionado com o regime de chuvas.

Áreas agrícolas também podem ser monitoradas por meio do NDVI. Para tanto, as imagens devem ser adquiridas espaçadamente dentro de um ciclo agrícola. Altos valores de NDVI são apresentados quando a cultura está no ápice do seu crescimento e perto da colheita estes valores vão diminuindo. Essas áreas podem ser separadas das demais em uma imagem NDVI pelo fato de que áreas não vegetadas e áreas urbanas possuem valores de NDVIs consistentemente baixos (Lenney et al., 1996).

Wang e Tenhunen (2004) avaliaram as dinâmicas de várias tipologias vegetacionais como áreas agrícolas, savana, estepe, diferentes formações florestais, pastagens, utilizando valores de NDVI ao longo do ano. Diferenças entre os valores de NDVI foram utilizadas para detecção do início da estação de crescimento das plantas até a sua senescência, acompanhando o processo fenológico de cada sistema.

Em Kang et al. (2003) produtos MODLand foram utilizados para se obter um modelo de fenologia local visando detectar o início de incremento de biomassa em florestas mistas temperadas na Coreia.

Estudos estão sendo realizados visando a elaboração de modelos ambientais de predição de mudanças climáticas, ciclos biogeoquímicos e da cobertura da terra. A existência de metodologias que propiciem informações sobre a dinâmica da vegetação é muito importante, tanto em ambientes naturais quanto em áreas agrícolas. Estes ambientes necessitam de monitoramento em grandes escalas, de uma forma que seja ecologicamente representativa, para a modelagem e o estudo de grandes processos interferentes nas mudanças globais que vêm sendo estudadas atualmente.

3. Materiais e Método

3.1. Área de Estudo

A região de estudo, o Triângulo Mineiro, está localizada no extremo oeste do estado de Minas Gerais (**Figura 1**). O clima da região é caracterizado por duas estações bem distintas, uma seca e outra chuvosa. A região estudada está situada entre 51°33' e 46°23' oeste, 20°43' e 17°44' sul. Para esse estudo foram selecionados 37 municípios.

A região do Triângulo Mineiro é caracterizada por um conjunto geomorfológico representado pelos Chapadões Tropicais do Brasil Central. Os solos predominantes na área são os Latossolos Vermelho Amarelo e Vermelho Escuro, Areias Quatzosas, Laterita Hidromórfica, Solo Gley, Podzólico Vermelho Amarelo e Latossolo Roxo.

As médias anuais das chuvas variam de 1000 a 2000 mm, com mais de 80 % das chuvas concentradas no verão, entre novembro e março. Durante o inverno ocorre uma estação seca de 4 a 7 meses, entre abril e outubro, resultando num grande déficit hídrico neste intervalo. O clima da região, segundo Koppen, é basicamente classificado como Cwa - Tropical de Altitude (Silva, 2000).

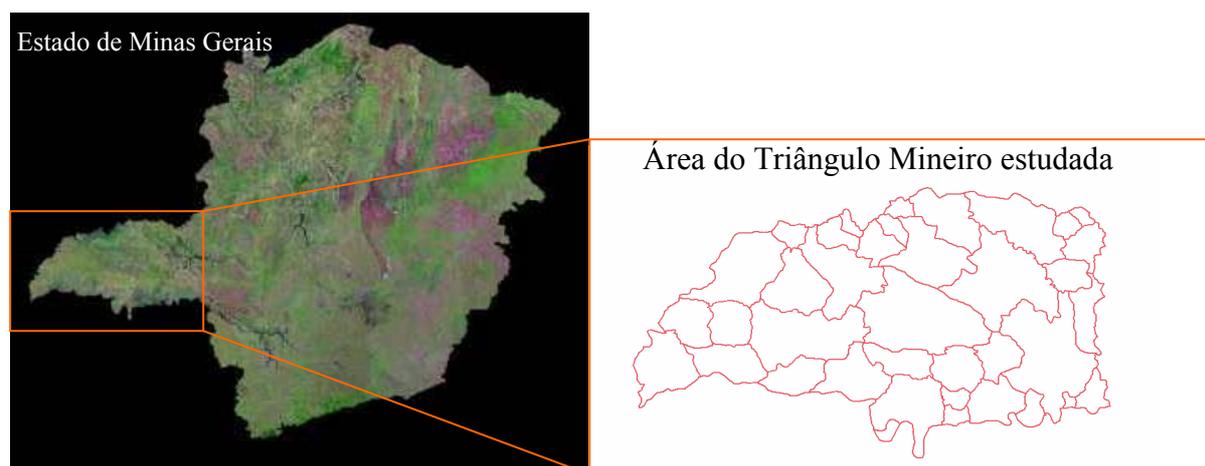


Figura 1. Localização da área de estudo, no Triângulo Mineiro.
Fonte: Adaptado de EMBRAPA, 2004.

3.2. Sensor MODIS e o produto NDVI

Esse sensor pertencente ao programa EOS possui características apropriadas para diversos fins, como análises de diferentes fenômenos terrestres, oceânicos e atmosféricos. Um dos seus produtos é o MOD13 do qual faz parte o índice de vegetação NDVI além das imagens de reflectância de superfície nas bandas do Azul, Vermelho, Infravermelho Próximo e Infravermelho médio.

O índice de vegetação NDVI é obtido pela seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}}$$

Onde, ρ é a reflectância bidirecional da superfície nas respectivas bandas NIR (infravermelho próximo) e RED (vermelho).

Esse produto pode ser obtido com uma resolução temporal de 8 ou 16 dias, sendo que o produto final é uma composição e armazena valores máximos de NDVI durante esses períodos. O sensor passa exatamente na mesma faixa de imageamento a cada 16 dias e essa composição minimiza os efeitos dos diferentes ângulos de visada. Para o propósito desse

trabalho foi escolhida a resolução de 16 dias e uma média simples foi realizada com os valores de NDVI para as 24 imagens MODIS (duas para cada mês) adquiridas para o ano de 2003.

3.3. Pré-processamento

Foi necessário um mosaico de imagens, pois a área de estudo se encontra entre dois *tiles* do MODIS. Foram então adquiridas 48 imagens do produto MOD13-NDVI 16 dias do Triângulo Mineiro no período entre 12/2002 e 12/2003. Estas imagens foram convertidas do formato HDF (*Hierarchical Data Format*) para o formato GEO-TIFF e da projeção *Integerized Sinusoidal* (ISIN) para a projeção UTM/WGS84, sendo utilizado para estes objetivos o programa *MODIS Reprojection Tool*.

Em seguida, as imagens foram convertidas de 16 para 8 bits por meio do software Converter MODIS, para que pudessem ser processadas no software SPRING 4.0 (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas).

3.4. Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos foram cedidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) e foram selecionados 20 municípios pertencentes ao Triângulo Mineiro, os quais continham estações pluviométricas com dados disponíveis para o ano de 2003. O total mensal de chuvas é mostrado na figura abaixo (**Figura 2**). Os meses de maio a agosto apresentaram as menores precipitações. Somente no mês de novembro a precipitação foi maior que 100 mm, marcando o início da estação chuvosa.

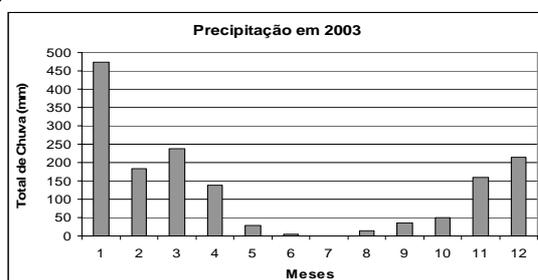


Figura 2. Precipitação média mensal na região do Triângulo Mineiro no ano de 2003.

Os dados de precipitação, para cada município e em cada mês, entraram em um banco de dados e foram espacializados para toda a área de estudo. O software SPRING foi utilizado para todos esses procedimentos.

3.5. Localização dos alvos chave nas imagens

Para que os três diferentes alvos (pastagem, área agrícola e floresta - cerrado) pudessem ser localizados na imagem NDVI, resolução de 250 m, foram utilizadas imagens do sensor TM/Landsat-5 e do ETM+/Landsat 7, com resolução de 30 m. Foram selecionadas órbitas/pontos que cobrissem a área de estudo e que disponibilizassem de pelo menos duas imagens para o ano de 2003: uma no verão (estação úmida) e outra no inverno (estação seca). As imagens encontradas foram: 222/74 nas datas 23/02/2003 e 13/10/2003 e 221/74 nas datas 04/03/2003 e 03/08/2003.

As imagens foram georreferenciadas para possibilitar a identificação dos mesmos alvos nas duas datas e na imagem MODIS NDVI. O programa Regeemy, desenvolvido pelo INPE, foi usado para esse propósito e o erro na retificação foi menor que 1 pixel.

Para cada tipo de alvo, 26 amostras foram delimitadas nas imagens Landsat utilizando a edição vetorial do SPRING. Esse procedimento foi facilitado, pois cada alvo pôde ser

avaliado nos dois períodos, chuvoso e seco, onde cada tipo de vegetação tem um comportamento distinto. As amostras dos três alvos foram localizadas na imagem MODIS NDVI e os valores médios para cada um foram calculados.

Utilizaram-se os mesmos 26 polígonos (para o alvo floresta) e extraíram-se valores médios de precipitação mensal nas imagens espacializadas no SPRING.

3.6. Material utilizado

Nos procedimentos computacionais, foram utilizados os softwares HIDRO 1.0.9., SPRING 4.0, ENVI 4.0, Regeemy, MODIS Reprojection Tools e Converter MODIS.

4. Resultados e Discussão

O índice de vegetação NDVI possui valores que variam entre -1 e +1, de acordo com a densidade da vegetação. Enquanto os solos sem cobertura vegetal apresentam NDVIs negativos, as regiões com florestas densas apresentam NDVIs positivos próximos a +1. As imagens tiveram seus números digitais convertidos em grandezas físicas.

De posse dos valores médios de NDVI para cada polígono (por alvo e em cada mês), calcularam-se médias mensais de NDVI por alvo (**Figura 3**).

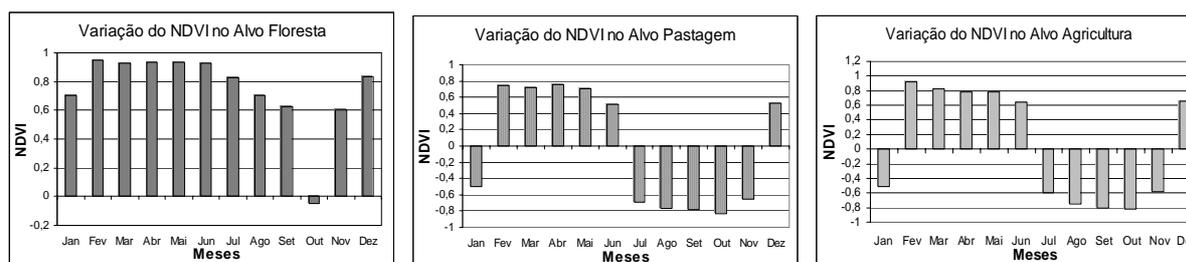


Figura 3. Valores de NDVIs médios mensais para os três diferentes tipos de alvos.

Tanto para os alvos naturais (pastagem e floresta) quanto para áreas agrícolas, os valores mínimos de NDVI ocorreram no mês de outubro. Os maiores valores de NDVI ocorreram para o alvo floresta nos meses de fevereiro a junho. Os diferentes tipos de alvos possuem comportamentos distintos ao longo do ano. A pastagem e as áreas agrícolas apresentaram valores de NDVI negativos para os meses de julho a novembro. Porém, todos eles apresentaram características fenológicas que podem ser identificadas como: (1) aumento da atividade fotossintética, (2) máximo vigor vegetativo e (3) região de estresse fisiológico.

O máximo vigor vegetativo é caracterizado por uma atividade fotossintética máxima. A resposta da vegetação nessa fase é um alto conteúdo de clorofila nas folhas, absorvendo grandes quantidades de energia na região do vermelho. Já no infravermelho, a folha saudável apresenta uma alta reflectância devido ao arranjo dos espaços intercelulares e conteúdo de água nas folhas. A radiação que penetra na folha é espalhada em grande parte devido a combinação da reflexão celular interna, decorrente das irregularidades das paredes externas das células, e da diferença entre os índices de refração ar/água (1 e 1,33 respectivamente) nas células túrgidas (Ponzoni, 2001). Baixos valores de reflectância no vermelho e altos no infravermelho próximo resultam em um alto NDVI.

Quando a folha passa por um estresse hídrico, há perda de parte da clorofila, o que dá a aparência amarela às folhas. O pico de reflectância não ocorre mais no verde, ele caminha para a região do vermelho, aumentando a reflectância nessa faixa do espectro (Ponzoni, 2001). Na região do infravermelho, a vegetação em situação de estresse pode refletir menos devido a alterações nos índices de refração ou pela perda da estrutura interna da folha

decorrente da falta de água. Essa diferença nas curvas da vegetação seca e saudável é que permite a aplicação de índices de vegetação para o monitoramento de mudanças na paisagem (Jensen, 1996).

Nos Cerrados, variações meteorológicas, como a pluviosidade, são acompanhadas por mudanças fisiológicas da vegetação. Sendo assim, as plantas tendem a perder uma parte da biomassa (senescência ou abscisão foliar) no período que precede a época de estresse. Essa perda de folhas ocorre anualmente, mas de maneira gradual, não ficando o conjunto totalmente desfolhado (Rizzini, 1976).

A **Figura 4** faz uma comparação entre sazonalidades da precipitação com valores de NDVI no alvo floresta ao longo do ano de 2003.

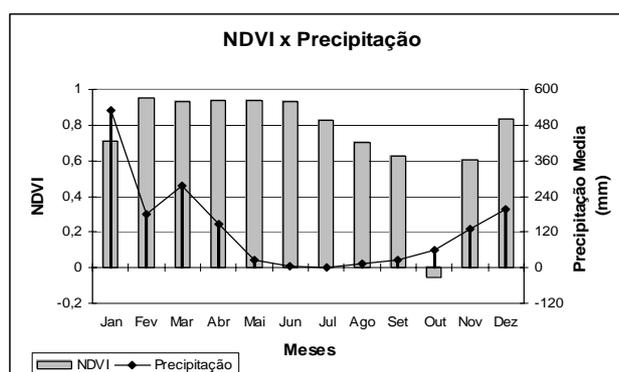


Figura 4. Valores de NDVI relacionados com a pluviosidade média no ano de 2003.

O mês de janeiro foi o que apresentou a maior pluviosidade para o ano de 2003, com cerca de 530 mm. Esse valor foi decrescendo até atingir praticamente o valor zero em junho (4 mm para o mês todo). Em maio se inicia a estação seca que permanece até setembro. O valor de NDVI mais baixo ocorreu no mês de outubro, 4 meses após o início do período seco, e começou a aumentar atingindo o máximo em Fevereiro, 4 meses após o início das chuvas. Este fato mostra que o NDVI, proveniente do sensor MODIS, foi sensível às alterações da precipitação, podendo ser um bom indicador de fases fenológicas da vegetação natural.

5. Conclusões

A composição do produto MOD13-NDVI 16 dias permite a minimização dos efeitos decorrentes dos diferentes ângulos de visada do sensor e a obtenção de dados com a menor interferência de nuvens. Para essa composição são computados os valores máximos de NDVI no período da composição temporal (16 dias), minimizando influências do background e da atmosfera.

O produto MOD13-NDVI mostrou-se sensível às variações fenológicas apresentadas pelos alvos naturais (florestas e pastagens) e por áreas agrícolas. Os baixos valores apresentados no final da estação seca podem estar relacionados a uma maior contribuição do background, já que parte da vegetação não está mais presente (no caso de culturas) ou pela resposta da vegetação ao déficit hídrico.

Com base nos dados de precipitação do ano de 2003, o menor valor de NDVI ocorreu cerca de quatro meses após o início da estação seca, acontecendo o mesmo para a estação chuvosa, só que com valores máximos de NDVI.

O sensor MODIS é capaz de fornecer informações úteis relacionadas a mudanças fenológicas da vegetação, subsidiando a modelagem do ciclo de carbono em diferentes tipos de cobertura da terra e a geração de modelos ambientais de predição de mudanças climáticas.

6. Referências

- Anderson, L.O. Sensor Modis: Uma abordagem Geral. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE-10131-RPQ/752. 2003.
- EMBRAPA Cerrados: <http://www.cpac.embrapa.br>. Acesso em: 01 de Ago. 2004.
- Ferreira, L.G.; Yoshioka, H.; Huete, A.; Sano, E.E. Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in Brazilian Cerrado: An analysis within the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia (LBA). **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 534-550, 2003.
- França, H. Um estudo fenológico com imagens AVHRR/NOAA nos Cerrados do Parque Nacional das Emas, GO. 1994. 96 pp. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1994.
- Jensen, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. Ed. 2, USA. 1996. 316 p.
- Justice, C.O.; Giglio, L.; Korontzi, S.; Owens, J.; Morisette, J.T.; Roy, D.; Descloitres, J.; Alleaume, S.; Petitcolin, F.; Kaufman, Y. The MODIS fire products. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 244-262, 2002.
- Kang, S.; Running, S.W.; Lim, J.-H.; Zhao, M.; Park, C.-R.; Loehman, R. A regional phenology model for detecting onset of greenness in temperate mixed forests, Korea: an application of MODIS leaf area indices. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, p.232-242, 2003.
- Lenney, M.P.; Woodcock, C.E.; Collins, J.B.; Hamdi, H. The status of agricultural lands in Egypt: The use of Multitemporal NDVI features derived from Landsat TM. **Remote Sensing of Environment**, v. 56, n. 1, p. 8-20, 1996.
- Maselli, F. Monitoring forest conditions in a protected Mediterranean coastal area by the analysis of multiyear NDVI data. **Remote Sensing of Environment**, v. 89, n. 4, p. 423-433, 2004.
- Mesquita Júnior, H.N. de. Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga – SP). 1998. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 1998.
- Moreira, M. A., Shimabukuro, Y., E. Cálculo do Índice de Vegetação a partir do sensor AVHRR. In: Ferreira, N.J. **Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIROS-N**. São Paulo. 2004. 271 p.
- Ponzoni, F.J. Comportamento espectral da vegetação. In: Meneses, P.R.; Madeira Neto, J.S. **Sensoriamento Remoto: reflectância de alvos naturais**. Brasília, DF: UNB Planaltina Embrapa Cerrados, 2001. 262 p.
- Rizzini, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos**. São Paulo, Hucitec/EDUSP, v. 2. 1976.
- Running, S. W., Justice, C. O., Salomonson, V. V., Hall, D.; Barker, J., Kaufman, Y. J., Strahler, A. H., Huete, A. R., Muller, J.P., Vanderbilt, V., Wan, Z. M., Teillet, P., Carneggie, D. Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for EOS/MODIS. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 17, p. 3587– 3620, 1994.
- Silva, L.L. 2000. O Papel do Estado no Processo de Ocupação das Áreas de Cerrado entre as Décadas de 60 e 80. **Caminhos de Geografia**. v.1, n.2, p. 24-36.
- Tucker, C. J., Sellers, P. J. Satellite remote sensing of primary production. **International Journal of Remote Sensing**, Dundee, v. 7. p. 1986.
- Wang, Q., Tenhunen, J.D. Vegetation mapping with Multitemporal NDVI in North Eastern China Transect (NECT). **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 6, n. 1, p. 17-31, 2004.
- Zhan, X.; Sohlberg, R.A.; Townshend, J.R.G.; DiMiceli, C.; Carroll M.L.; Eastman, J.C.; Hansen, M.C.; DeFries, R.S. Detection of land cover changes using MODIS 250 m data. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, p. 336-350, 2002.
- Zhang, X.; Friedl, M.A.; Schaaf, C.B.; Strahler, A.H.; Hodges, J.C.F.; Gao, F.; Reed, B.C.; Huete, A. Monitoring vegetation phenology using MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 84, p. 471-475, 2003.