

Detalhamento de fitofisionomias do bioma Cerrado a partir de imagens contraste sazonal MODIS EVI

Marlon Nemayer Celestino de Pontes ¹
Laerte Guimarães Ferreira ¹
Edson Eiji Sano ²

¹ Universidade Federal de Goiás - UFG
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais - IESA
Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG
Caixa Postal 131 - 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil
marlon@posgrad.ufg.br
laerte@iesa.ufg.br

² Embrapa Cerrados
BR-020 Km 18, Caixa Postal 08.223 - 73301-970 - Planaltina - DF, Brasil
sano@cpac.embrapa.br

Abstract. The recent released Ministry of Environment (MMA) Cerrado remnant vegetation map (PROBIO initiative) represents the most detailed and updated map depicting land cover and land use patterns of the most endangered biome in Brazil. In spite of its unprecedented contribution, the mapping scale (1:250.000) and legend key (Radambrasil based) adopted by the PROBIO eventually limits the potential of its physiognomic classes to be used as surrogate to biophysical properties, which are instrumental to a thorough understanding of the functioning and structure of the different ecosystems comprising this unique hotspot biome. To this end, in this work we evaluated the use of seasonal contrast metrics, based on the 2007 MODIS EVI images, to improve the within class discrimination of biophysical properties (e.g. tree density). For the Cerrado woodland physiognomy, the most widespread in the PROBIO map, five seasonal contrast classes were mapped. We expect these classes, after further inspection regarding their spatial and temporal consistencies, may be used to better detail and update semi-detailed land cover maps, such as the one provided by the MMA PROBIO.

Palavras-chave: PROBIO remnant vegetation, MODIS *EVI*, seasonal contrast, remanescentes PROBIO, MODIS *EVI*, contraste sazonal.

1. Introdução

O bioma Cerrado compreende uma área de 2.039.387 km², abrangendo 10 estados e o Distrito Federal (IBGE, 2004). Estimativas quanto à sua ocupação/conversão variam da ordem de 39% (Sano et al., 2008), 47% (Eva et al., 2004) a 55% (Machado et al., 2004). Independente das diferenças observadas quanto às áreas antropizadas, as quais ocorrem em função de distintas metodologias e dados utilizados, o fato é que o Cerrado é hoje o bioma brasileiro mais ameaçado, principalmente quando consideramos o curto espaço de tempo decorrido no processo de ocupação e transformação da paisagem (aproximadamente 40 anos), bem como o processo de desmatamento que ainda continua bastante intenso (Ferreira et al., 2007).

Tendo em vista o cenário atual de ocupação e uso do bioma Cerrado, bem como a sua importância quanto aos processos ecossistêmicos em escala global, um importante avanço no conhecimento da sua cobertura vegetal foi o mapeamento realizado no âmbito do PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira do Ministério do Meio Ambiente), o qual teve por base a interpretação de 122 imagens Landsat *ETM+*, obtidas em 2002, à escala de 1:250.000, e trabalhos de campo (Sano et al., 2007). Esse mapeamento representa o estado-da-arte e o levantamento mais atualizado e detalhado que temos da cobertura vegetal do Cerrado (Figura 1).

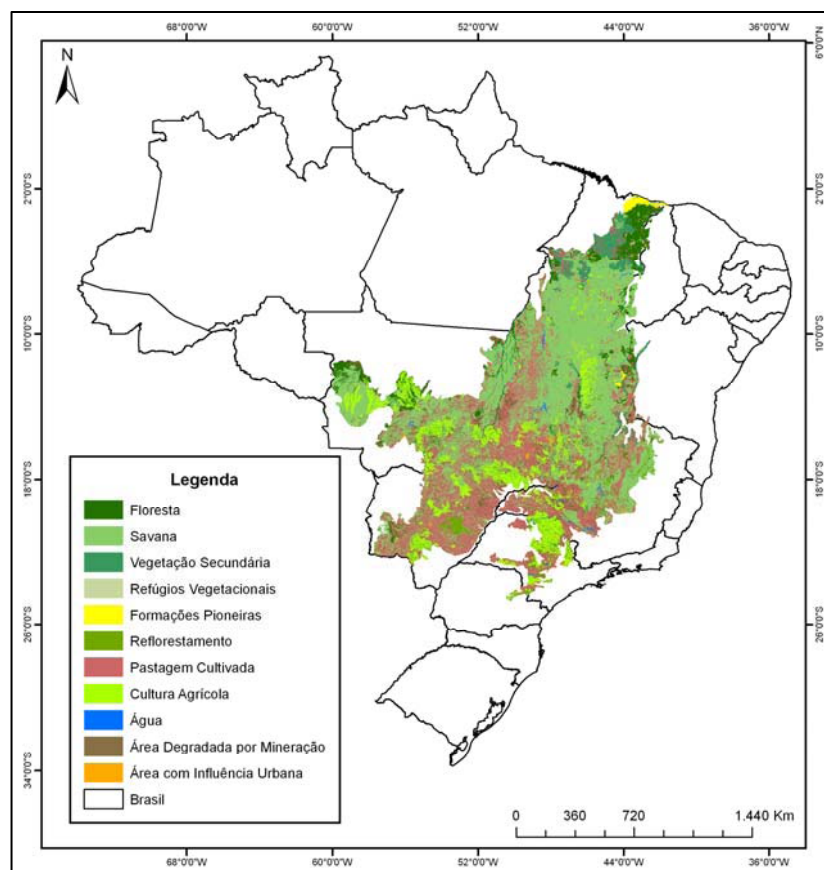


Figura 1. Bioma Cerrado - mapa de cobertura e uso da terra.
Fonte: Probio/MMA (Sano et al., 2007).

Em função da escala (semi-detalhe) e representação do mapeamento (legenda do projeto Radambrasil), muitas das classes de vegetação no âmbito do PROBIO são, em fato, um complexo mosaico de subfácies de uma determinada fitofisionomia. Este é o caso, por exemplo, da classe Savana Arborizada (com e sem floresta de galeria), a qual representa cerca de 20,4% da vegetação remanescente no bioma Cerrado e que corresponde ao tipo fitofisionômico denominado Cerrado Sentido Restrito e, em especial, aos subtipos Cerrado Denso e Cerrado Típico, os quais compreendem uma distribuição arbórea variando de 20 a 70% (Ribeiro & Walter, 1998).

Diante da necessidade de se conhecer em maior detalhe as variações fitofisionômicas do bioma Cerrado, para, entre outros, quantificarmos variações na sua biomassa e, em particular, determinar estoques de CO₂ na cobertura vegetal natural, este trabalho teve por objetivo detalhar possíveis variações na classe Savana Arborizada, a qual, além de ser a de maior representatividade, apresenta elevada complexidade estrutural e funcional. Especificamente, avaliamos a resposta sazonal das imagens MODIS *EVI* (*enhanced vegetation index*), tendo por base a hipótese de que diferentes fácies da fitofisionomia Savana Arborizada respondem de forma distinta a conspícua sazonalidade do bioma Cerrado, i.e. quanto maior a densidade arbórea, menor o contraste sazonal nos valores índices de vegetação.

2. Desenho Experimental

2.1 Área de Estudo

Consideramos neste trabalho todas as ocorrências da classe Savana Arborizada (com e sem floresta de galeria), com base no mapeamento realizado pelo PROBIO (Figura 2).

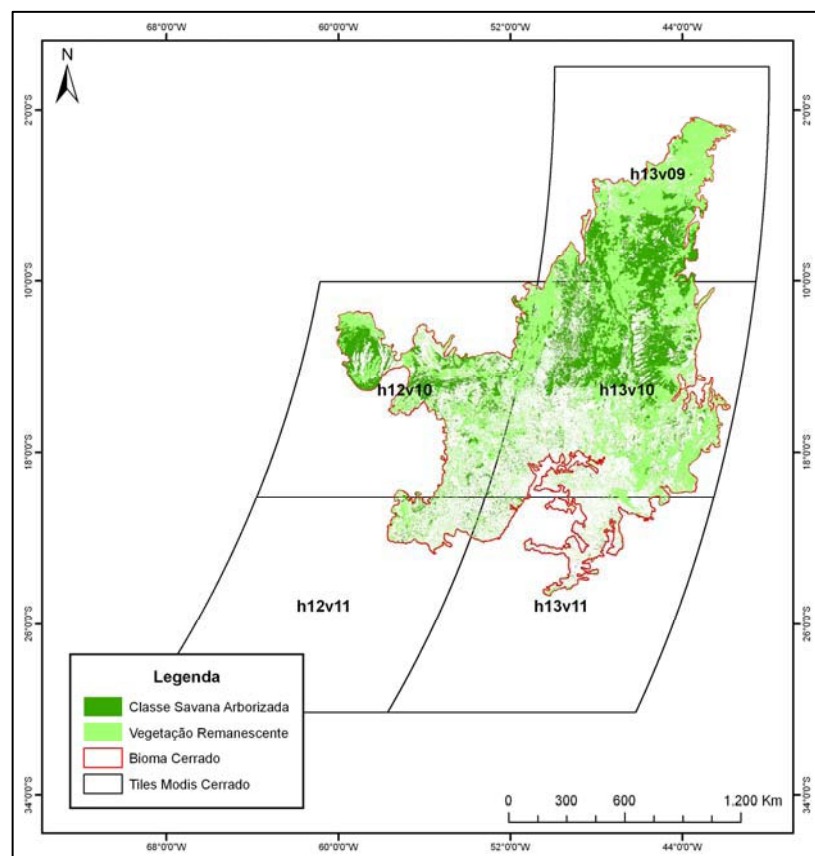


Figura 2. Localização dos remanescentes de vegetação no bioma Cerrado, com destaque para a classe Savana Arborizada (com e sem floresta de galeria). Na figura também é mostrado a localização dos *tiles* MODIS.

2.2 Dados MODIS

De acordo com a Figura 2, consideramos como base de dados para este trabalho os cinco *tiles* MODIS (H12V10, H12V11, H13V09, H13V10 e H13V11) correspondentes à área do Cerrado. Especificamente, utilizamos os *composites* 145 (início de junho) e 241 (início de setembro), relativos ao início e final da seca de 2007. Estas duas épocas foram selecionadas com base na disponibilidade de imagens de boa qualidade, i.e. com pouca interferência atmosférica, principalmente quanto à ocorrência de nuvens (Figura 3).

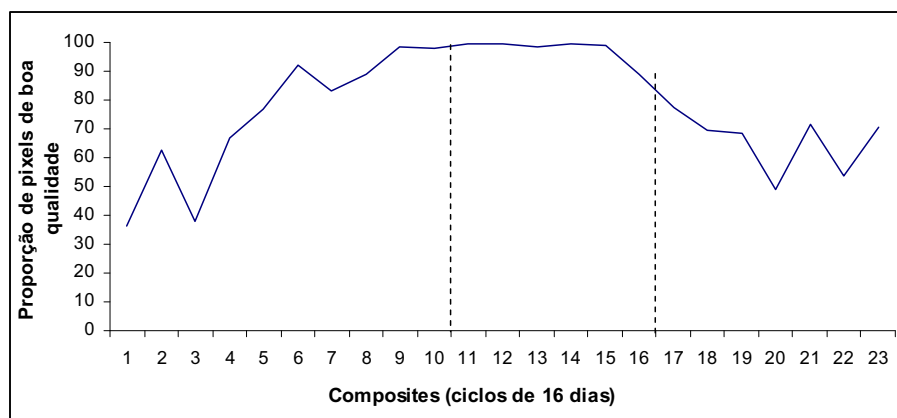


Figura 3. Proporção de *pixels* MODIS *EVI* de boa qualidade, conforme cada um dos 23 *composites* para o ano de 2007, em relação à área total do bioma Cerrado (em destaque, os *composites* / *dia_do_ano* 145 e 241, respectivamente).

2.3 Processamentos

A primeira etapa de processamento das imagens MODIS, consistiu na reprojeção e mosaicagem dos cinco *tiles* para as datas (Dia do Ano – DOY) 145 e 241, através do programa MRT 4.0 (*Modis Reprojection Tool*). Cada um dos dois mosaicos *EVI* foram filtrados com base nas respectivas imagens *Pixel Reliability* e recortados conforme os limites da classe de interesse. O realce sazonal das imagens MODIS *EVI* foi obtido, através do programa ENVI 4.4, da seguinte forma (Equação 1):

$$\left(\frac{EVI_{145} - EVI_{241}}{EVI_{145}} \right) \times 100 \quad (1)$$

A imagem *EVI* contraste sazonal, após ter sido filtrada e suavizada (com vistas a eliminar *outliers* e agrupamentos menores que quatro *pixels*), foi dividida em cinco intervalos percentuais: 0 a 20, 20.1 a 40, 40.1 a 60, 60.1 a 80 e 80.1 a 100. A imagem final (classificada, filtrada e suavizada) foi convertida em vetor (formato *shapefile*), com vistas ao cálculo de áreas e composição do mapa final (através do *software ArcGis 9.2*).

3. Resultados e Análises

Conforme pode ser visto na Figura 4, no âmbito da Savana Arborizada (com e sem floresta de galeria) percebemos cinco subclasses principais relativas às diferentes respostas da sazonalidade, as quais podem ser indicativas de subfácies desta fisionomia, com diferentes proporções de densidade arbórea (i.e. quanto maior o contraste sazonal, menor a expectativa de densidade arbórea). A representatividade espacial de cada uma destas possíveis variações fitofisionômicas, em relação à área total da classe Savana Arborizada, é mostrada na Tabela 1, na qual se destacam os intervalos sazonais de 0 a 20% (maior densidade arbórea) e 20.1 a 40% (menor densidade arbórea), com áreas percentuais de 29,99 e 45,82%, respectivamente.

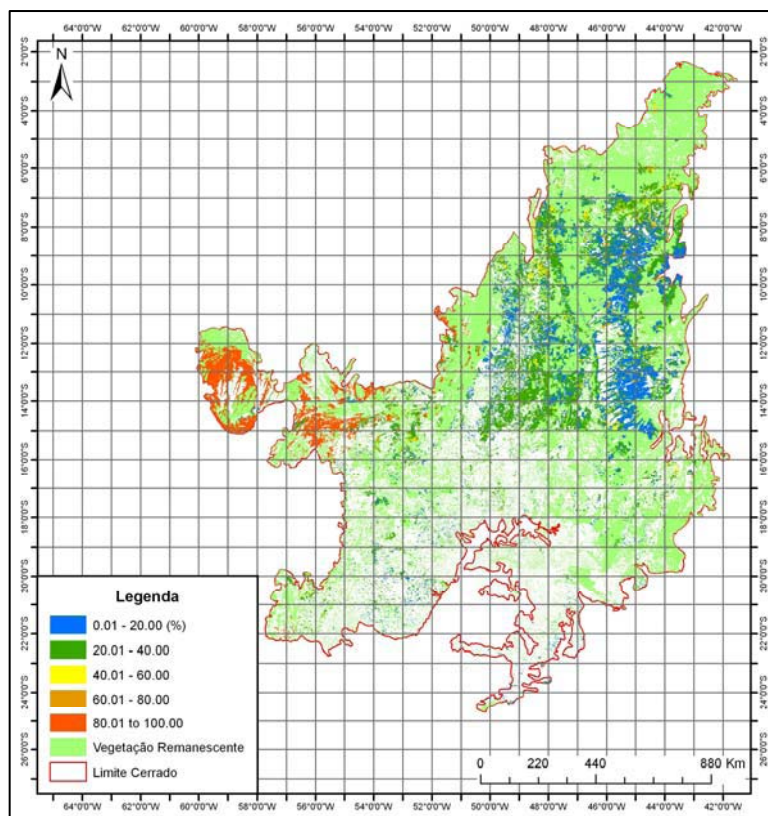


Figura 4. Distribuição espacial das distintas classes de variação sazonal da fitofisionomia Savana Arborizada.

Tabela 1. Percentual de representatividade de cada intervalo de variação sazonal em relação à área da fitofisionomia Savana Arborizada (com e sem floresta de galeria).

Contraste sazonal (%)	Savana Arborizada com e sem floresta de galeria (%) de representatividade
0 a 20	29,99
20.1 a 40	45,82
40.1 a 60	7,02
60.1 a 80	1,52
80.1 a 100	14,98

É interessante observar que uma mesma resposta de contraste sazonal pode ocorrer para diferentes latitudes e longitudes, o que sugere que esta variação, *pixel a pixel*, é mais dependente de diferenças na densidade e tipologia da cobertura vegetal, propriamente dita, do que devido à fatores climáticos. Em fato, e conforme indicado na distribuição de frequência mostrada na Figura 5, para uma pequena área (14.744082° S, 48.496673° W a 14.823884° S, 48.382361° W), observa-se uma significativa variação nas respostas sazonais. Por outro lado, uma mesma classe de variação sazonal pode ocorrer para significativas variações de latitudes (ex. classe contraste sazonal de 0 a 20%) ou longitudes (ex. contrastes de 80 a 100%).

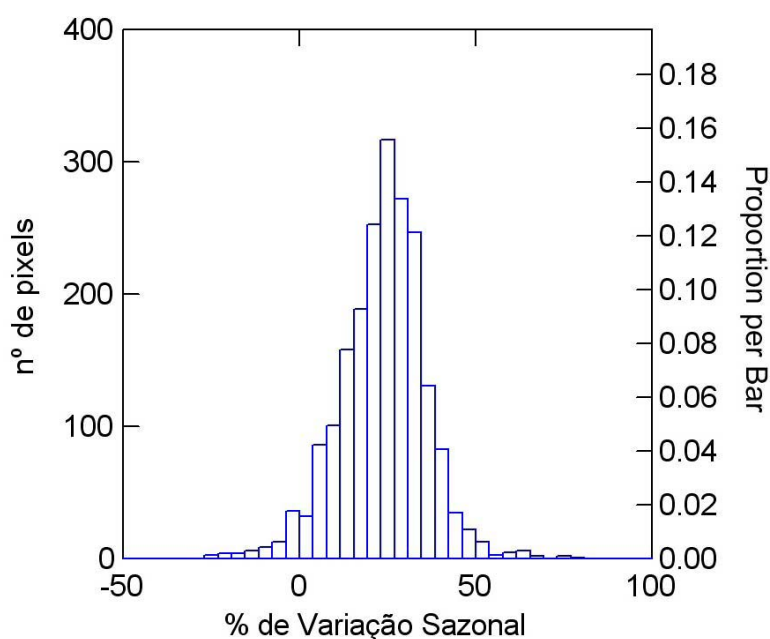


Figura 5. Distribuição de respostas contraste sazonal para uma área de aproximadamente 120 Km²

4. Considerações Finais

Neste trabalho apresentamos o detalhamento de fitofisionomias do bioma Cerrado a partir de imagens contraste sazonal MODIS *EVI*. Em um primeiro momento, estes resultados estão sendo utilizados para seleção de fotografias áreas e imagens de resolução hiper-espacial (ex. Ikonos), com vistas à determinação e extrapolação da variação de biomassa no bioma Cerrado. Por outro lado, a expectativa é de que estes resultados sirvam de subsídio à atualização e detalhamento do mapa de remanescentes de vegetação do bioma Cerrado (PROBIO). Neste sentido, estamos procedendo a uma melhor avaliação da consistência dos padrões espaciais e temporais das manchas sazonais mostradas no mapa da Figura 3. Especificamente, estamos considerando imagens MODIS *EVI* para o período de 2003 a 2007, bem como a análise de padrões sazonais e de precipitação em âmbito regional, buscando

assim melhor determinar e diferenciar as contribuições “locacionais” (i.e. padrões simplesmente associados à latitude e longitude de um dado *pixel*) e “fisionômicas” nas respostas sazonais do índice de vegetação *EVI*.

Agradecimentos

Esta pesquisa está sendo executada no escopo do projeto “*A Historical Reconstruction of Vegetation Change and a Carbon Budget for the Brazilian Cerrado Using Multiple Satellite Sensors and Historical Aerial Photography*”, projeto financiado no âmbito do NASA *Carbon Cycle Award* e fruto da colaboração envolvendo a *University of New Hampshire (Complex Systems Research Center)*, o Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da UFG (LAPIG) e o Departamento de Ecologia da UnB. O segundo e o terceiro autores são bolsistas de produtividade do CNPq.

Referências Bibliográficas

- Eva, H. D.; Belward, A. S.; de Miranda, E. E.; di Bella, C. M.; Gond, V.; Huber, O.; Jones, S.; Sgrnzaroli, M.; Fritz, S. A land cover map of South America. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 731-744, 2004.
- Ferreira, M. E.; Ferreira, L. G.; Ferreira, N. C.; Nemayer, M. Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2007. Artigos, p. 3877-3883. On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.21.21/doc/3877-3883.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2008.
- IBGE. (2004) Mapas interativos (Mapa de Biomas). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/mapas/>>. Acesso em 30 out. 2007.
- Machado, R. B.; Ramos Neto, M. B.; Pereira, P. G. P.; Caldas, E. F.; Gonçalves, D. A.; Santos, N. S.; Tabor, K.; Steininger, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Brasília: Conservation International, 2004. 25p.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. (Ed.) **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 1998. cap. 3, p. 87-166.
- Sano, E. E. ; Rosa, R. ; Brito, J. L. ; Ferreira Jr, L. G. Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados. Planaltina: **Embrapa Cerrados (Boletim de Pesquisa)**, 2007.
- Sano, E. E.; Rosa, R.; Brito, J. L. S.; Ferreira, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43 n. 1, p. 153-156, 2008.