

Impacto nas variáveis biofísicas em ambientes submetidos à mudanças na cobertura e uso do solo no bioma Cerrado

Pedro Rogerio Giongo¹
Manuel Eduardo Ferreira²

¹Universidade Estadual de Goiás - UEG
Via protestato Joaquim Bueno, 945, Perímetro Urbano, 75920-000
Santa Helena de Goiás - GO, Brasil
pedro.giongo@ueg.br

²Universidade Federal de Goiás - UFG
Instituto de Estudos Socioambientais - IESA
Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento - LAPIG
Campus Samambaia, 74001-970, Goiânia - GO, Brasil
mferreira.geo@gmail.com

Abstract. In this study we evaluated the impact on the some biophysical variables in specific regions at the Cerrado biome (savanna), whose native cover has been changed to crop (soybean and corn), pasture, sugarcane and reforestation (eucalyptus). The research was developed in selected disturbed areas with deforestation events between 2000 and 2012 (database from UFG/LAPIG - warning deforestation system – SIAD), employing the main TERRA/MODIS products to accompany the environmental changes in Cerrado, as the vegetation index (EVI2 - MOD13Q1), surface albedo (MOD43B3), surface temperature (MOD11A2) and evapotranspiration (MOD16A2); we also verified the subsequent occupation and transformations after the deforestation event. The results show that the changes in the native savanna of the Cerrado sugarcane, annual crops, pasture, or eucalyptus, imply in changes in the behavior of biophysical variables incurring impacts of environmental and social order for this biome. Is evident the increase of surface temperature in the replacement of native vegetation to crops and pastures. The most evident change is an increase in the amplitude (maximum - minimum) for all these variables, mainly for the surface albedo and, consequently, the evapotranspiration. The annual evapotranspiration average increases when the savanna is occupied with crop, sugarcane or eucalyptus, and reduce when the changing is for cultivated pasture.

Palavras-chave: Land cover change, remote sensing, evapotranspiration, albedo, mudança na cobertura do solo, sensoriamento remoto, evapotranspiração, albedo.

1. Introdução

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando cerca de 22% do território brasileiro. A sua área contínua incide sobre os Estados de Mato Grosso (18%), Goiás (16%), Minas Gerais (16%), Tocantins (12%), Mato Grosso do Sul (11%), Bahia (7%), Maranhão (10%), Piauí (5%), São Paulo (4%), além dos encaves em outros Estados ao norte.

Com reconhecida importância tanto em termos físicos quanto biológicos, a conservação e preservação do Cerrado torna-se imprescindível, assim como nos biomas vizinhos, como a Amazônia. Entretanto, um dos grandes desafios a esta meta tem sido os avanços dos desmatamentos em diferentes partes e momentos, na direção Sul – Norte.

A antropização das áreas de Cerrado e entorno tem sido intensamente estudada por diversos pesquisadores (Loarie et al., 2011, Cohn et al., 2014, Rocha et al., 2011), possibilitando entender estas ações e seus impactos, diretos e indiretos, nas mudanças relativas às variáveis biofísicas, como temperatura da superfície, regime de chuvas, umidade no solo, produção de biomassa, evapotranspiração, dentre outras.

A evapotranspiração (ET), mais especificamente, é uma das principais componentes do ciclo hidrológico, sendo desta forma um fenômeno de fundamental importância para a manutenção da vida. A mesma é fortemente influenciada por fatores da vegetação, manejo de

solo, gestão das condições ambientais e, principalmente, por parâmetros que dizem respeito ao tempo (Allen et al., 1998). Os fatores do tempo que têm impacto principal neste processo são: radiação solar; temperatura da superfície; temperatura e umidade relativa do ar; e o vento (Pereira et al., 2002).

Temperaturas elevadas da superfície e do ar, baixa umidade, condições de céu claro e alta velocidade dos ventos são fatores que, quando combinados, contribuem muito para uma alta taxa de ET. Outro fator relacionado à planta, e que também deve ser levado em consideração, é o albedo da vegetação. Este fator influencia diretamente na disponibilidade do saldo de radiação para o ciclo hidrológico, pois quanto mais escura for cobertura vegetal, menor será a reflexão dos raios solares incidentes, e conseqüentemente maior a absorção e o saldo de radiação (Pereira et al., 2002).

Diante disso, esta pesquisa objetiva avaliar o impacto nas variáveis biofísicas no Cerrado, determinados pelo Índice de Vegetação (EVI2), albedo e temperatura da superfície, e evapotranspiração, em regiões específicas deste bioma, cuja cobertura nativa tenha sido alterada para cultivos anuais, perenes (incluindo a cana-de-açúcar e o reflorestamento com eucalipto) e pastagem.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na região do bioma de Cerrado, presente nos Estados de MT, GO, MA, PI, TO, BA e MG, englobando áreas circunvizinhas na Amazônia (arco do desflorestamento).

Através deste estudo prevê-se uma mensuração do impacto das variáveis biofísicas obtidas com imagens do satélite Terra (produtos MODIS), em áreas de Cerrado que foram desmatadas e ocupadas posteriormente com agricultura ou pastagens. Foram selecionadas áreas com vegetação nativa (Cerrado) e aquelas desmatadas, para o período de 2002 a 2012, dados estes do Sistema Integrado de Alertas de Desmatamentos (SIAD); estes polígonos do SIAD correspondem às mudanças ocorridas na cobertura vegetal nativa no intervalo inter-anual das imagens processadas, estando disponíveis no banco de dados do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento, da Universidade Federal de Goiás (LAPIG, 2013; Rocha et al., 2011).

A seleção das áreas antropizadas se deu por meio da sobreposição de dados de desmatamento entre 2000 e 2012 (SIAD), verificando-se a ocupação subsequente através da ferramenta de análise de séries temporais (Índice de Vegetação - IV e Precipitação - P) do Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta - LAF (INPE, 2014), e por meio da Ferramenta “análise de séries temporais” (EVI2, Temperatura da superfície - Ts, e Evapotranspiração - ET), disponível no portal do LAPIG.

As amostras selecionadas nas referidas imagens (cada amostra com 6 a 8 pixels puros) para as áreas antropizadas foram obtidas pela análise dos polígonos do SIAD (desmatamento 2002-2012) e das séries temporais de EVI2 geradas no LAPIG, visando avaliar o comportamento biofísico temporal de áreas naturais e antrópicas, conforme descrição e localização geográfica na Tabela 1 e Figura 1.

Tabela 1. Lista de amostras para cada uso do solo, com cobertura nativa e antropizada, avaliada para o período de 2000 a 2012.

Sigla	Usos	Latitude / Longitude	Local
Amostras Antropizadas			
Cer-cul-MA	Cerrado - cultura	-8,4589; -46,7781	Balsas - MA
Cer-can	Cerrado - cana	-13,8055; -57,8213	Campo N. do Parecis - MT
Cer-past-euc	Cerrado - pasto - eucalipto	-20,1180; -52,8208	Água Clara - MS

Como indicadores de variáveis biofísicas, foram selecionados os seguintes produtos: EVI2 (MOD13Q1, índice modificado, segundo metodologia de Huete et al., 2008), Temperatura da superfície (MOD11A2), albedo da superfície (MOD43B3) e evapotranspiração (MOD16A2).

O EVI2 foi representado com valores de pixels do referido produto, ao longo do tempo, sendo esta série filtrada com informações de ângulo de visada do sensor, refletância de banda espectral e data de observação do pixel.

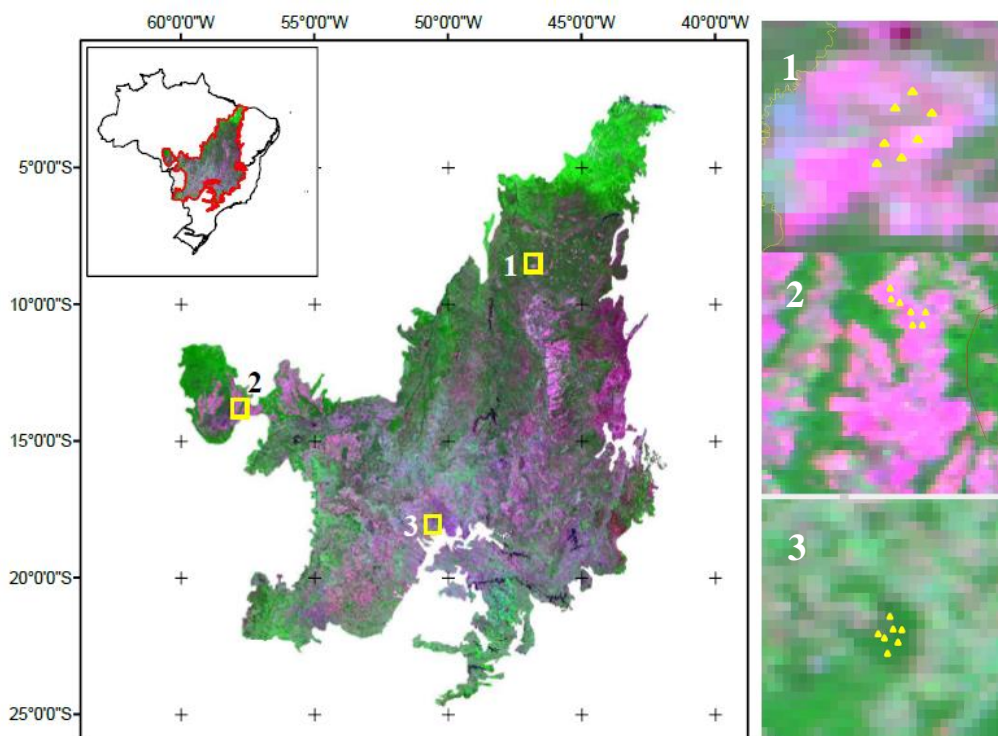


Figura 1. Localização dos pontos e amostras (zoom) sobre mosaico de imagens MODIS R7G2B1 (2000 DS-161) do Bioma Cerrado; 1 (Cerrado - Cultura, MA), 2 (Cerrado - Cana, MT) e 3 (Cerrado - Pasto - Eucalipto, MS).

Para a seleção de áreas antropizadas e ocupadas por pastagem, cultura, eucalipto e cana-de-açúcar, foram observados os padrões dos índices de vegetação, bem como a amplitude dos valores anuais, que, segundo Freitas et al. (2011), são característicos pra cada um desses usos, e foram confirmados através das ferramentas de análise do LAF (INPE, 2014) e do LAPIG.

3. Resultados e Discussão

A sazonalidade dos valores de EVI em coberturas verdes no Bioma Cerrado é geralmente marcada por um aumento no período das chuvas, e de seu decréscimo na estação seca, conforme observado na Figura 2.

A mudança na amplitude de valores é evidente quando se altera a cobertura do solo, perdendo a característica sazonal e regular de valores máximos e mínimos com a cobertura nativa, podendo tal fato ser verificado nas Figuras 3A (mudança de Cerrado para cultura na Bahia), 3B (mudança de Cerrado para cultura no Maranhão), 3C (mudança de Cerrado para cana-de-açúcar no Mato Grosso), 3D (mudança de pastagem para cultura e posterior para cana-de-açúcar no Goiás) e 3E (mudança de Cerrado para pastagem e posteriormente para eucalipto).

O uso da terra pela pastagem se comporta semelhantemente às áreas de cerrado, ou seja, com sazonalidade bem característica, influenciada pelo período seco e chuvoso, porém com valores de EVI2 menores que aos das áreas de Cerrado nativo (Freitas et al., 2011).

Verifica-se pela média anual de EVI que, na maioria dos casos de mudança da cobertura do solo, há impactos diretos na, com aumento ou diminuição deste índice.

A média anual de EVI revelou uma diminuição de aproximadamente 6% entre as classes de cerrado/cultura (em geral, grãos) no Maranhão (Figura 2A), de 12% entre cerrado/cana no Mato Grosso (Figura 2B) e de 45% entre cerrado/pastagem em área no Mato Grosso do Sul (Figura 2C). Ainda considerando a média anual de EVI, algumas mudanças no uso do solo impactaram positivamente, com aumento de 44% entre cerrado/pasto/eucalipto (Figura 2C).

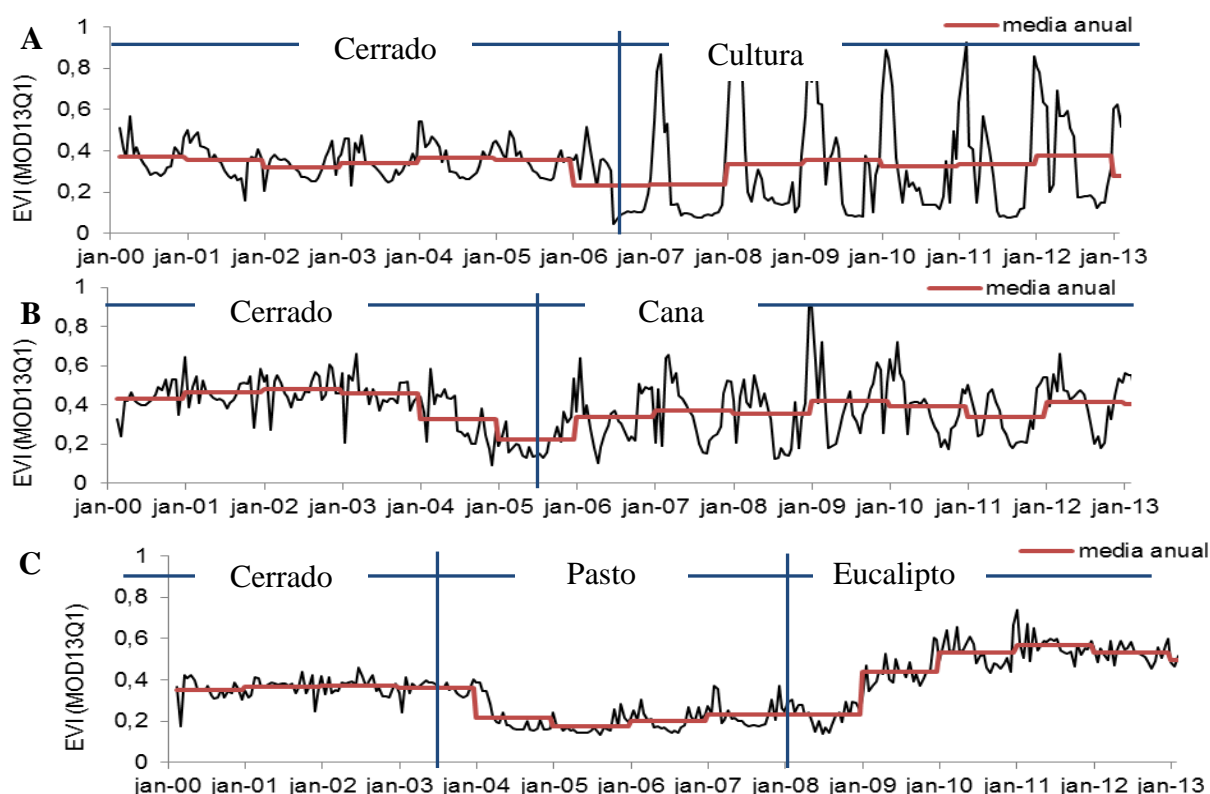


Figura 2. Média anual dos valores de EVI2 nos anos de 2000 a 2012, para amostras de pixels em áreas antropizadas de A (cerrado-cultura, no Maranhão), B (cerrado-cana, no Mato Grosso) e C (cerrado-pasto-eucalipto, no Mato Grosso do Sul).

Altas temperaturas geralmente são registradas em coberturas mais secas e expostas, como solo descoberto, áreas urbanas e outras. A variação sazonal da temperatura tem maiores impactos em regiões onde a vegetação é menos densa, ou em áreas cultivadas que, em determinados períodos do ano (nas entressafas), ficam mais expostas à radiação solar e, conseqüentemente, sofrem com aumentos consideráveis na temperatura da superfície.

Por sua vez, os processos de antropização geram impactos diretos na temperatura da superfície (Souza e Ferreira, 2012), a qual interfere diretamente no balanço de ondas longas e, em última instância, no balanço de energia local.

Um aumento médio anual da temperatura de superfície foi observado nas alterações de cobertura de cerrado/cultura no Maranhão (7%, Figura 3A), e na transição cerrado/cana no Mato Grosso (6%, Figura 3B), com valores praticamente inalterados na transição cerrado/eucalipto em Mato Grosso do Sul (Figura 3C).

O principal impacto de mudança observado neste estudo foi na conversão de cerrado/pasto (Figura 3C), situação que acontece com muita frequência no bioma Cerrado,

onde os desmatamentos são destinados à criação de pasto cultivado para a pecuária extensiva ou semi-intensiva. A prática da pecuária ainda ocorre em pastos naturais, tendendo a deixar o solo quase exposto em períodos secos, por sua vez elevando a temperatura da superfície, conforme observado no trabalho de Giongo e Vettorazzi et al. (2014).

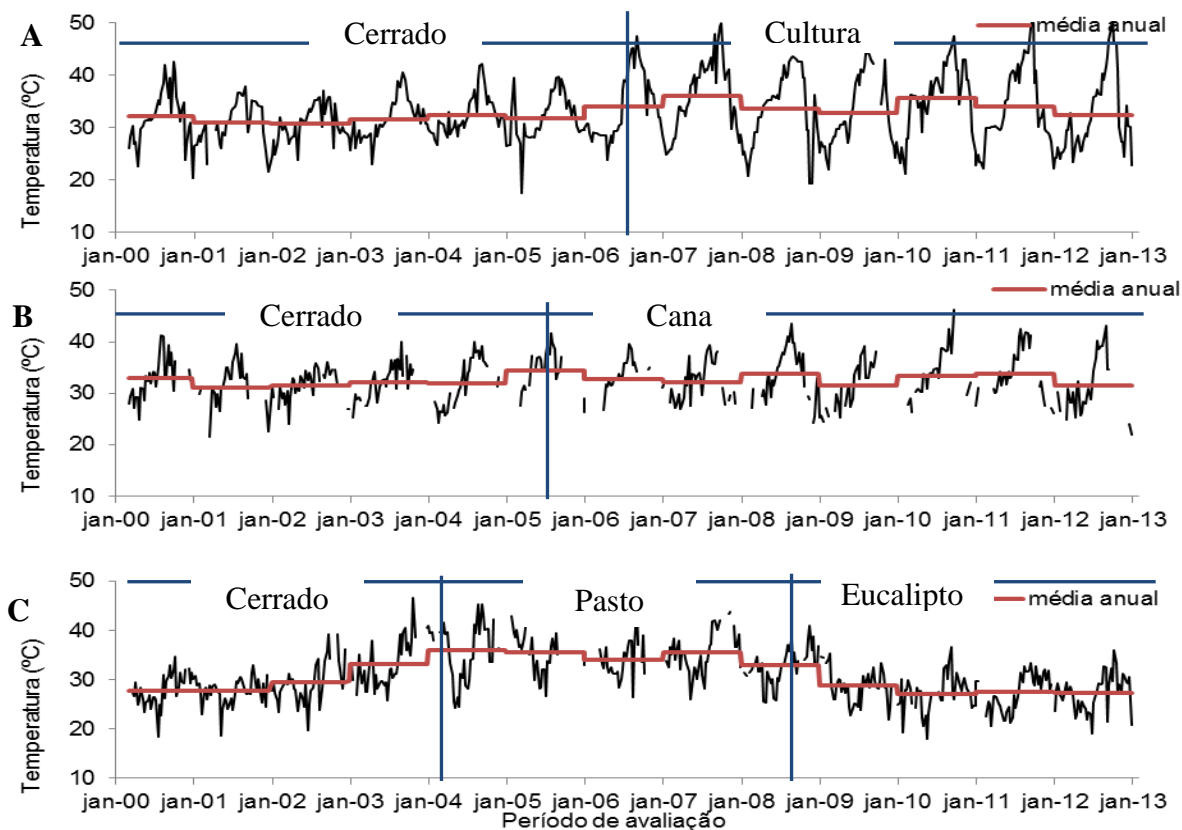


Figura 3. Média anual dos valores de Temperatura da superfície nos anos de 2000 a 2012, para amostras de pixels em áreas antropizadas de A (cerrado-cultura, no Maranhão), B (cerrado-cana, no Mato Grosso) e C (cerrado-pasto-eucalipto, no Mato Grosso do Sul).

O processo de antropização sobre a cobertura nativa é recorrente em várias regiões do mundo, destacando-se o próprio bioma Cerrado, que, ano após ano, perde uma parte de seus remanescentes para áreas de pastagens, soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, reflorestamentos, dentre outros.

Considerando apenas a média anual dos valores de albedo, verifica-se um significativo aumento de aproximadamente 65% na transição da cobertura de cerrado para cultura (Figura 4A), e de aproximadamente 85% na transição cerrado para cana (Figura 4B). Observa ainda que a média anual de albedo sofreu uma diminuição de 40% na mudança de cerrado para eucalipto (Figura 4C).

O comportamento dos valores de albedo ao longo do tempo tem característica muito peculiar, uma vez que seus baixos valores são registrados no período das chuvas (época de safra), enquanto que altos valores são obtidos exatamente no período seco (entressafra), quando os solos em geral estão descobertos ou sem vegetação verde, possibilitando a elevação desta variável.

Os altos valores de albedo são assim mantidos durante longo período do ano. Comportamento de sazonalidade com pastagem e cana-de-açúcar também foram descritos por Gomes et al. (2009), que destacam a influência das estações de chuva e seca na diminuição e aumento do albedo, respectivamente.

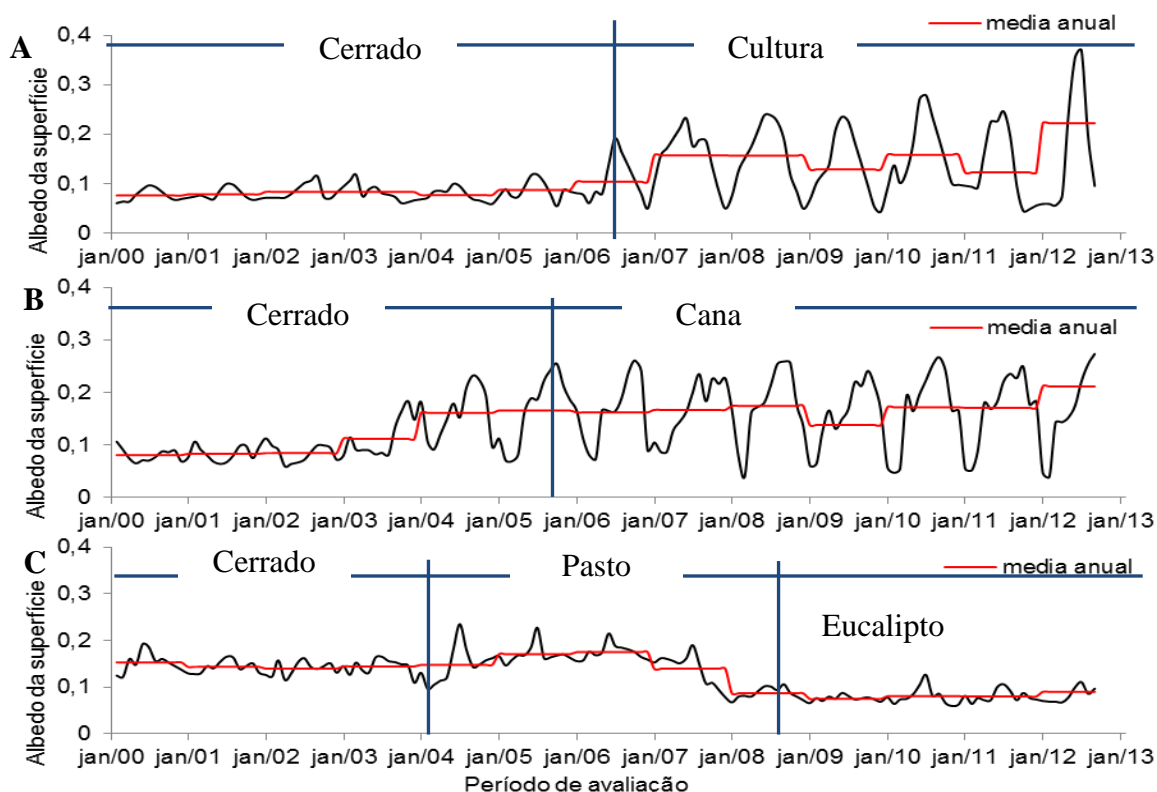


Figura 4. Média anual dos valores de Albedo da superfície nos anos de 2000 a 2012, para amostras de pixels em áreas antropizadas de A (cerrado-cultura, no Maranhão), B (cerrado-cana, no Mato Grosso) e C (cerrado-pasto-eucalipto, no Mato Grosso do Sul).

A evapotranspiração tem sido o gargalo de muitas pesquisas para entender e relacionar outros parâmetros biofísicos da vegetação, procurando quantificar os impactos diretos ou indiretos vinculados a este fenômeno. Assim, estudos em grandes áreas já foram realizados por Andrade et al. (2012), abrangendo variáveis biofísicas no Pantanal, além dos trabalhos de Oliveira et al. (2014) e Trezza et al. (2013) para a obtenção e análise de variáveis biofísicas.

A antropização do bioma cerrado tem gerado variações no comportamento médio anual da evapotranspiração, como observado na Figura 5, com aumento médio de 15% na transição cerrado/cultura no Maranhão (Figura 5A), e de mais de 170% na mudança cerrado/eucalipto no Mato Grosso do Sul (Figura 5C). Ainda, verifica-se uma redução de 60% na mudança de cerrado/pastagem no Mato Grosso do Sul (Figura 5C); não observou-se uma mudança significativa da evapotranspiração média anual na transição cerrado/cana no Mato Grosso.

A mudança do uso do solo costuma provocar uma alteração significativa na amplitude da evapotranspiração, considerando o período de um ano. Na Figura 5A, a fase de culturas apresenta picos superiores a 200 mm/mês^{-1} no período de cultivo, e de valores próximos de 0 (zero) no período de entressafra.

Observa-se ainda que a área de cana no Mato Grosso (Figura 5C) tem alta taxa de evapotranspiração. Como nenhuma variável biofísica ocorre de forma independente, a evapotranspiração tem influência sobre a cultura, na umidade disponível no solo, geralmente oriunda das chuvas. Em estudo acerca da expansão da cana-de-açúcar em São Paulo, Rudorff et al. (2010) citam, dentre outros fatores, a disponibilidade de áreas associadas a regiões com clima adequado a esta cultura.

A demanda transpirométrica de uma cultura tem relação direta com o EVI, evidenciando assim a alta evapotranspiração no período das chuvas e a diminuição no período seco. Em estudo de Pinto et al. (2013) fica demonstrado que as culturas de grande porte têm uma

estrutura radicular desenvolvida para buscar água em período de baixa precipitação (estação seca).

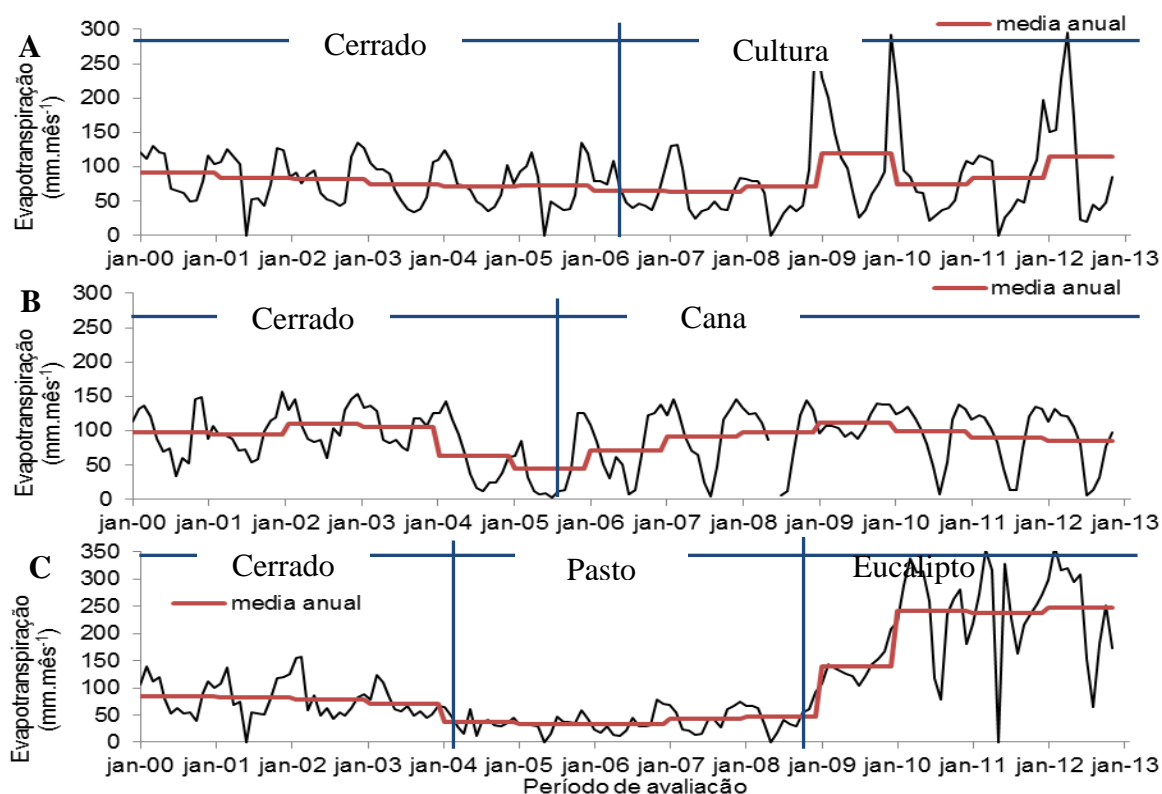


Figura 5. Média anual dos valores de Evapotranspiração nos anos de 2000 a 2012, para amostras de pixels em áreas antropizadas de A (cerrado-cultura, no Maranhão), B (cerrado-cana, no Mato Grosso) e C (cerrado-pasto-eucalipto, no Mato Grosso do Sul).

4. Conclusões

A substituição da cobertura nativa de Cerrado pela cana-de-açúcar, culturas anuais, pastagem ou eucalipto tem séria implicação no comportamento das variáveis biofísicas, como albedo da superfície, temperatura da superfície, EVI e evapotranspiração, acarretando, em última instância, em impactos de ordem ambiental e social para este bioma.

Neste estudo, fica comprovado que o EVI apresenta redução na média anual quando altera-se o cerrado para cultura anual, cana-de-açúcar e pastagem; porém, aumenta os seus valores de amplitude na época das chuvas com as culturas anuais e com a cana-de-açúcar, registrando um aumento considerável na alteração desta cobertura nativa por eucalipto.

A temperatura da superfície e o albedo, por sua vez, têm um aumento na média anual quando altera-se o cerrado para cultura anual, cana-de-açúcar e pastagem, bem como da amplitude destas variáveis na época das chuvas, com as culturas anuais, cana-de-açúcar e pastagem, seguido por uma redução considerável na transição do Cerrado para o eucalipto.

Por fim, a evapotranspiração média anual apresenta um aumento quando na transição cerrado/cultura e cerrado/eucalipto, com redução na transição cerrado/pastagem, e com baixa ou sem alteração quando do cerrado para a cana-de-açúcar. Por outro lado, observa-se um forte aumento na amplitude da evapotranspiração intra-anual em áreas de culturas (sobretudo irrigadas), cana-de-açúcar e eucalipto.

5. Referências Bibliográficas

Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 279 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

Andrade, R. G.; Sediyaama, G. C.; Paz, A. R.; Lima, E. P.; Facco, A. G. Geotecnologias aplicadas à avaliação de parâmetros biofísicos do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.9, p.1227-1234, 2012.

Cohn, A. S.; Mosnier, A.; Havlík, P.; Valin, H.; Herrero, M.; Schmid, E.; O'hare, M.; Obersteiner, M. Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global green house gas emissions by sparing land from deforestation. **PNAS**, v.111, n.20, p.7236-7241, 2014.

Freitas, R. M.; Arai, E.; Adami, M.; Souza, A. F.; Sato, F. Y.; Shimabukuro, Y. E.; Rosa, R. R.; Anderson, L. O.; Rudorff, B. F. T. Virtual laboratory of remote sensing time series: visualization of MODIS EVI2 data set over South America. **Journal of Computational Interdisciplinary Sciences**. v.2, n.1, p.57-68. 2011.

Giongo, P. R., Vettorazzi, C. A. Albedo da superfície por meio de imagens TM-Landsat5e modelo numérico do terreno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.833-838, 2014.

Gomes, H. B., Silva, B. B., Cavalcanti, E. P., Rocha, H. R. Balanço de radiação em diferentes biomas de São Paulo mediante imagens Landsat5. **Geociências**, Rio Claro, v.28, p.153-164, 2009.

Huete, A. R.; 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**, n.83, p.195-213, 2002.

LAF/INPE - **Laboratório de Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura e Floresta**. Disponível no site: <https://www.dsr.inpe.br/laf/series/index.php>, acesso em 10 de fevereiro de 2014.

LAPIG - **Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento**. Disponível no sitio: <http://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/>, acessado em 10 de fevereiro de 2014.

Loarie, S. R.; Lobell, D. B.; Asner, G. P.; Mu, Q.; Field, C. B. Direct impact on local climate of sugar-Cane expansion in Brazil. **Natura climate change**. v1. n.5, p.105-109. 2011.

Oliveira, L. M. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Silva, B. B.; Antonino, A. C. D.; Moura, A. E. S. S. Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos MODIS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1039-1046, 2014.

Pereira, A.R.; Angelocci, L.R.; Sentelhas, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002.478 p.

Pinto Jr., Osvaldo B., Vourlitis, George L., Sanches, Luciana, Dalmagro, Higo J., Lobo, Francisco De A., Nogueira, José De S.. Transpiração pelo método da sonda de dissipação térmica em floresta de transição Amazônica-Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.3, 268-274. 2013.

Rocha, G.F.; Ferreira Júnior, L. G.; Ferreira, N. C.; Ferreira, M. E.. Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 63, p. 341-349, 2011.

Rudorff, B.F.T.; Aguiar, D.A.; Silva, W.F.; Sugawara, L.M.; Adami, M.; Moreira, M.A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**. v.2, p.1057-1076. 2010.

Souza, S. B., Ferreira, L. G. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio de sensoriamento remoto no município de Goiânia, Goiás (2002 – 2011). **Revista franco-brasilera de Geografia**. v.15, n.15, p.1-21, 2012.

Trezza, R.; Allen, R. G.; Tasumi, M. Estimation of Actual Evapotranspiration along the Middle Rio Grande of New Mexico Using MODIS and Landsat Imagery with the METRIC Model. **Remote Sensing**, n.5, p.5397-5423, 2013.