



Influência do desmatamento no índice de área foliar e temperatura da superfície no Cerrado mato-grossense

Israel Oliveira IVO¹, Marcelo Sacardi BIUDES^{1*}, Nadja Gomes MACHADO^{1,2},
Vagner Marques PAVÃO¹

¹Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.

²Instituto Federal de Mato Grosso, Campus Cuiabá-Bela Vista, Cuiabá, MT, Brasil.

*E-mail: marcelo@fisica.ufmt.br

Recebido em julho/2017; Aceito em março/2018.

RESUMO: A substituição do Cerrado mato-grossense para práticas agrícolas e a dinâmica fenológica alteram os índices biofísicos da superfície como a temperatura da superfície (Tsup) e o índice de área foliar (IAF). Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a variação do IAF e da Tsup por sensoriamento remoto em uma área de Cerrado no interior do estado de Mato Grosso. Imagens do sensor Thematic Mapper (TM) Landsat 5 foram utilizadas para estimar o IAF e a Tsup de uma área de Cerrado (CE), cana-de-açúcar (CA), pastagem (PA) e soja (SJ) em 2011. O IAF e a Tsup apresentaram correlação inversa. O IAF diminuiu e a Tsup aumentou ao longo da estação seca. Os maiores IAF e menores Tsup foram observados no CE, enquanto que os menores IAF e maiores Tsup foram observados na SJ. Os padrões temporais e espaciais do IAF e da Tsup na área de estudo ocorreram dirigidos pela precipitação, atividades antropogênicas e pelo próprio ciclo fenológico da vegetação.

Palavras-chave: superfície do solo, antropização, aquecimento da superfície, sensoriamento remoto.

Influence of deforestation on leaf area index and surface temperature in the Cerrado of Mato Grosso

ABSTRACT: The substitution of the Cerrado of Mato Grosso for agricultural practices and phenological dynamics alter the biophysical indexes of the surface such as surface temperature (Tsup) and leaf area index (LAI). Thus, the objective of this study was to evaluate the variation of LAI and Tsup by remote sensing in a Cerrado area in the state of Mato Grosso. The images of the Thematic Mapper (TM) Landsat 5 sensor were used to estimate the LAI and Tsup of an area of Cerrado (CE), sugarcane (CA), pasture (PA) and soybean (SJ) in 2011. The LAI and Tsup presented an inverse correlation. LAI declined and Tsup increased throughout the dry season. The higher LAI and lower Tsup were observed in the CE, while the lower LAI and higher Tsup were observed in SJ. The temporal and spatial patterns of LAI and Tsup in the study area were driven by precipitation, anthropogenic activities and by the phenological cycle of vegetation itself.

Keywords: soil surface, anthropization, surface heating, remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, com área de aproximadamente 204,7x10⁶ ha, o que representa 24% do território nacional (AZEVEDO; SAITO, 2013). O Cerrado se destaca pela sua diversidade de plantas e animais e também pela sua contribuição na economia do país. Nas últimas décadas a participação do Cerrado no Produto Interno Bruto (PIB) tem aumentado significativamente (CONAB, 2018).

A partir da década de 1970, a área nativa do Cerrado passou por um intenso processo de conversão dando origem a ecossistemas manejados, como lavouras e pastagens (FEARNSIDE, 2003; AZEVEDO; SAITO, 2013). Para isso, foram adotadas novas técnicas de produção em larga escala que não pressupõe políticas de redução de impactos ambientais (CUNHA et al., 2008).

Esse processo de expansão da agropecuária no Cerrado mudou significativamente a paisagem. Atualmente, 20% da área total do Cerrado é ocupada por vegetação nativa, enquanto que 50% é utilizada na agropecuária (MARTINS et al., 2015). O estado de Mato Grosso liderou como maior produtor nacional de grãos em 2017, representando 26,3% da

participação nacional (IBGE, 2017).

A alteração na cobertura da superfície, seja para agricultura ou por fenômenos naturais, modifica as trocas de energia entre a superfície e a atmosfera em função da alteração dos padrões biofísicos da superfície (BIUDES et al., 2015). Contudo, devido à extensão do Cerrado, poucos estudos avaliaram a dinâmica espacial e temporal de informações biofísicas da superfície. A dificuldade de realizar análises espaciais é devido ao elevado custo de aquisição, implantação e manutenção de sistemas de monitoramento *in situ* sobre diferentes tipos de superfície (SILVA et al., 2015).

O monitoramento da superfície por meio do sensoriamento remoto é uma alternativa que tem se mostrado eficiente em estudos ambientais em escala regional com baixo investimento e relativa precisão e acurácia nas estimativas (DANELICHEN et al., 2014; MARTINS et al., 2015; SILVA et al., 2015). Os parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto permitem identificar impactos de atividades antrópicas sobre a região e monitorar a dinâmica sazonal da vegetação nativa (MARTINS et al., 2015).

O Índice de Área Foliar (IAF) e a Temperatura da Superfície (Tsup) se destacam dentre os parâmetros biofísicos por serem bastante sensíveis às alterações da cobertura do solo, tornando-se importantes indicadores em estudos de caracterização da superfície (FAUSTO et al., 2016). Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a variação do IAF e da Tsup por sensoriamento remoto em uma área de Cerrado no interior do estado de Mato Grosso.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

Este trabalho foi realizado na Fazenda Arco-íris (15°07' de latitude sul e 56°59' de longitude oeste), no município de Barra do Bugres-MT (Figura 1). O clima da região é Aw segundo Köppen, apresentando precipitação anual de 1.208 mm, período seco de abril a setembro e chuvoso de outubro a março e temperatura média anual de 25,7°C (MACHADO et al., 2015).

A vegetação predominante na região é de Cerrado e o solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. No local existem fragmentos de Cerrado *stricto sensu* (CE) e áreas de cultivo de soja (SJ), cana-de-açúcar (CA) e pastagem (PA) (FAUSTO et al., 2016).

2.2. Dados orbitais

As imagens de refletância da superfície e temperatura da superfície (Tsup), geradas pelo sensor *Thematic Mapper* (TM) a bordo do satélite orbital Landsat 5, órbita 227 e ponto 70, foram obtidas da plataforma *Center Science Processing Architecture* (ESPA, espa.cr.usgs.gov). Somente imagens sem nuvens foram utilizadas, já corrigidas para efeito da atmosfera, correspondentes às datas 13/04, 29/04, 31/05, 16/06, 18/07, 04/09 de 2011.

2.3. Dados de precipitação

A precipitação mensal da área de estudo foi obtida pelo produto 3B43 do satélite *Tropical Rainfall Measuring*

Mission (TRMM), disponibilizado pelo Laboratório Virtual de Séries Temporais de Imagens de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, dsr.inpe.br/laf/series/informacoes.php). A precipitação do produto 3B43 do TRMM tem elevada precisão e exatidão na região Centro-Oeste do Brasil (DANELICHEN et al., 2013).

2.4. Cálculo do índice de área foliar e temperatura da superfície

O Índice de Área Foliar (IAF) foi obtido pela Equação 1.

$$\text{IAF} = \{\ln [(0,69 - \text{SAVI})/0,59]\} / 0,91 \quad (\text{Equação 1})$$

em que: SAVI é o índice de vegetação ajustado para o efeito do solo (SAVI – *Soil Adjusted Vegetation Index*), obtido pela Equação 2.

$$\text{SAVI} = [(1+L) * (\rho_4 - \rho_3)] / (L + \rho_4 - \rho_3) \quad (\text{Equação 2})$$

em que: L é uma função do tipo de solo (assumido 0,1 nesse estudo), e ρ_4 e ρ_3 correspondem às refletâncias das bandas 4 e 3 do sensor TM Landsat 5, respectivamente.

2.5. Análise dos dados

A precipitação mensal foi utilizada para definir os meses secos, com precipitação acumulada até 80 mm, e chuvosos, com precipitação acumulada maior que 80 mm (MARCUIZZO; MELO, 2011). A partir desses dessa informação foi obtida a precipitação acumulada por estação seca e chuvosa.

O IAF e a Tsup foram extraídos de quatro pontos distintos em cada um dos usos do solo na área de estudo. Em cada um desses pontos foram extraídos o IAF e a Tsup de nove pixels, sendo um “pixel central” e oito pixels denominados “pixels vizinhos”, num total de 32 pixels por imagem, dos quais foram obtidas as médias do IAF e da Tsup e a correlação de Spearman entre o IAF e a Tsup.

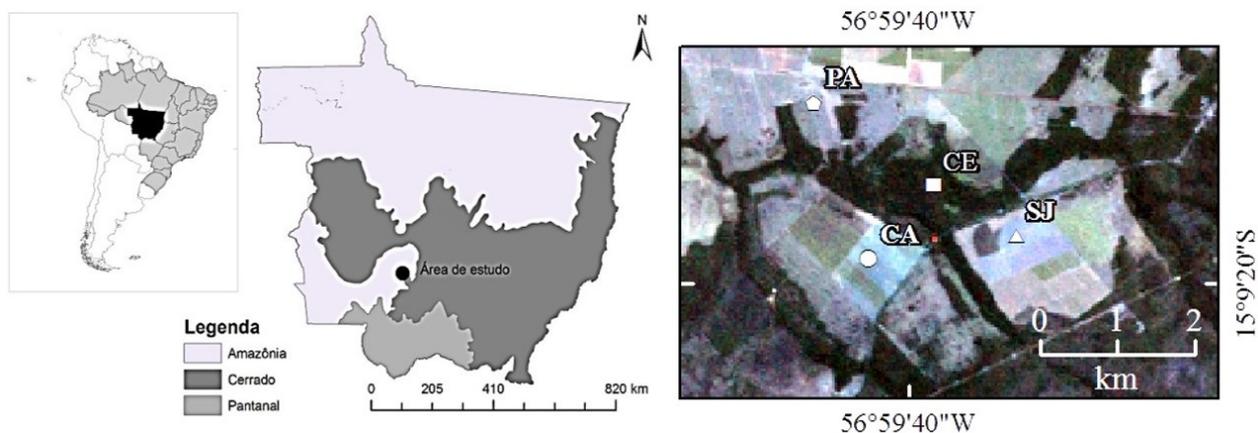


Figura 1. Localização da área de estudo no estado de Mato Grosso e os pontos amostrados de Cerrado *stricto sensu* (CE), Cana-de-açúcar (CA), na Pastagem (PA) e na Soja (SJ), na Fazenda Arco-íris.

Figure 1. Location of the study area in the state of Mato Grosso and the sampled points of Cerrado *stricto sensu* (CE), sugar cane (CA), pasture (PA), and soybeans (SJ) in the Arco-íris Farm.

3. RESULTADOS

O período chuvoso na área de estudo ocorreu entre outubro e abril com precipitação acumulada de 1609,6 mm (94%), e o período seco foi entre maio e setembro com precipitação acumulada 98,4 mm (5%) (Figura 2).

A Figura 3 representa a distribuição espacial do Índice de Área Foliar (IAF) da área de estudo. Locais com maiores valores de IAF estão representados pela cor verde e os de menor valor representados pela cor vermelha. A Figura 4 representa a distribuição temporal do IAF por uso do solo.

Os maiores valores do IAF foram registrados no fim do período chuvoso e os menores valores no final do período seco no Cerrado (CE), no Soja (SJ) e na Pastagem (PA) (Figura 4). O IAF na cana-de-açúcar (CA) teve um padrão diferente aos demais locais. Os maiores valores de IAF na CA ocorreram no final do período seco e os menores ocorreram no final do período chuvoso. O IAF diminuiu 74%, 28%, 30%, no CE, no SJ e na PA, respectivamente, de abril a setembro, enquanto que o IAF na CA aumentou 6% (Figura 4). A média anual do IAF no CE foi de 3,7 m^2m^{-2} , enquanto que na SJ foi 79,7%, na CA foi 91% e na PA foi 66,6% menor que o IAF no CE (Figura 4).

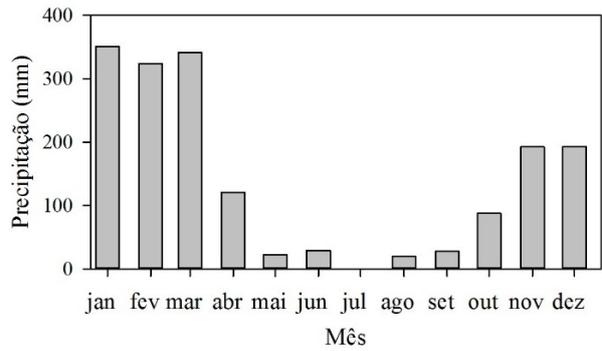


Figura 2. Precipitação mensal na Fazenda Arco-íris em 2011.
Figure 2. Monthly precipitation in the Arco-íris Farm in 2011.

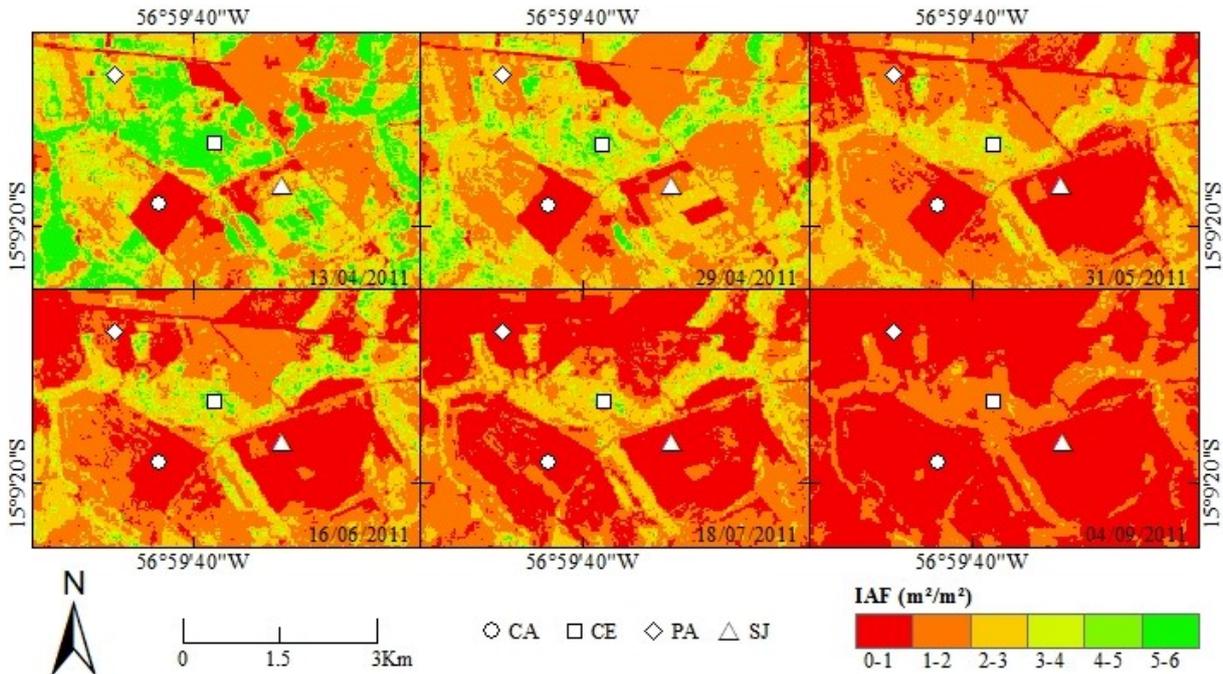


Figura 3. Distribuição espacial do Índice de Área Foliar (IAF) na Pastagem (PA), no Cerrado (CE), na Cana-de-açúcar (CA) e no Soja (SJ) na Fazenda Arco-íris em 2011.

Figure 3. Spatial distribution of Leaf Area Index (LAI) in the pasture (PA), cerrado (CE), sugar cane (CA), and soybeans (SJ) in the Arco-íris Farm in 2011.

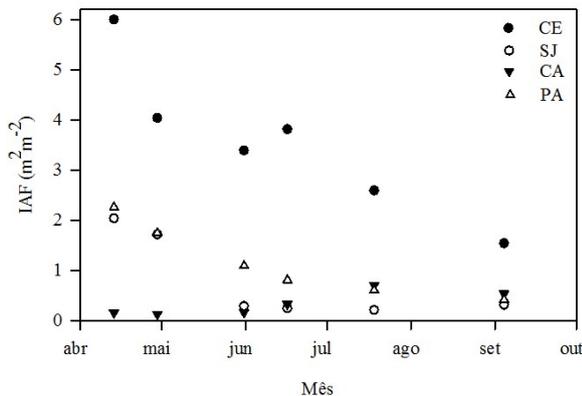


Figura 4. Média do Índice de Área Foliar (IAF) no Cerrado (CE), Soja (SJ), na Pastagem (PA) e na Cana-de-açúcar (CA), na Fazenda Arco-íris de abril a setembro de 2011.

Figure 4. Mean of Leaf Area Index (LAI) in the pasture (PA), cerrado (CE), sugar cane (CA), and soybeans in the Arco-íris Farm from April to September of 2011.

A Figura 5 representa a distribuição espacial da temperatura da superfície (Tsup) da área de estudo. Locais

com maiores valores da Tsup estão representados pela cor vermelha e os de menor valor representados pela cor azul. A Figura 6 representa a distribuição temporal da Tsup por uso do solo.

Os maiores valores da Tsup ocorreram na soja (SJ) e os menores no CE no fim do período seco. A Tsup, de abril a setembro, aumentou 3% no CE e na CA, e 5% na PA, e diminuiu 3% no SJ (Figura 5). A média anual da Tsup no CE foi de 22,4°C, enquanto que no SJ foi 26,3%, na CA foi 23,5% e na PA foi 14% maior que no CE (Figura 6).

4. DISCUSSÃO

O Índice Área Foliar (IAF) é um indicador da biomassa existente na área que corresponde a cada pixel da imagem. Pela metodologia utilizada nesse estudo, seus valores podem variar de 0 m^2m^{-2} , equivalente a ausência total de vegetação, a 6 m^2m^{-2} , que equivale a alta densidade vegetativa (FAUSTO et al., 2014).

O baixo índice pluviométrico na região influencia na baixa disponibilidade hídrica no solo, que reduz a transpiração, a fotossíntese e consequentemente limita o

crescimento da vegetação (BIUDES et al., 2014; BIUDES et al., 2015). Em meses com baixa disponibilidade hídrica, além da taxa de crescimento ser menor ou quase nula, a folhagem da vegetação fica amarelada e posteriormente cai, diminuindo o IAF (DANELICHEN et al., 2014). Na estação chuvosa, há maior disponibilidade hídrica no solo. Conseqüentemente, a vegetação tende a crescer numa taxa mais elevada e a produzir mais folhagem (BIUDES et al., 2014).

Como não foi registrada nenhuma atividade de desmatamento, colheita ou queimada na área de estudo durante o período analisado, os resultados sugerem que a redução no IAF foi devido à resposta da vegetação quanto a sazonalidade das variáveis climáticas na região, em especial à diminuição da precipitação.

O IAF variou de acordo com o tipo de vegetação analisada, trazendo informações de seu arranjo espacial, do seu vigor e do seu comportamento fenológico (DANELICHEN et al., 2014). Jordão et al. (2015) encontraram padrão semelhante na variação espacial do IAF em uma região de floresta de transição Cerrado-Amazônia e uma pastagem no sul do estado do Amazonas, com menores valores de IAF na pastagem ($1,27 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) e o maiores na floresta ($5,88 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). Zanchi et al. (2009) obtiveram IAF de $2,0 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ em pastagem no estado de Rondônia, e Heiffig et al. (2006) obtiveram IAF entre $1,7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e $3,2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ na soja. Os baixos valores de IAF na CA foram devido à coincidência do período de pós-colheita da cana-de-açúcar do período seco na região.

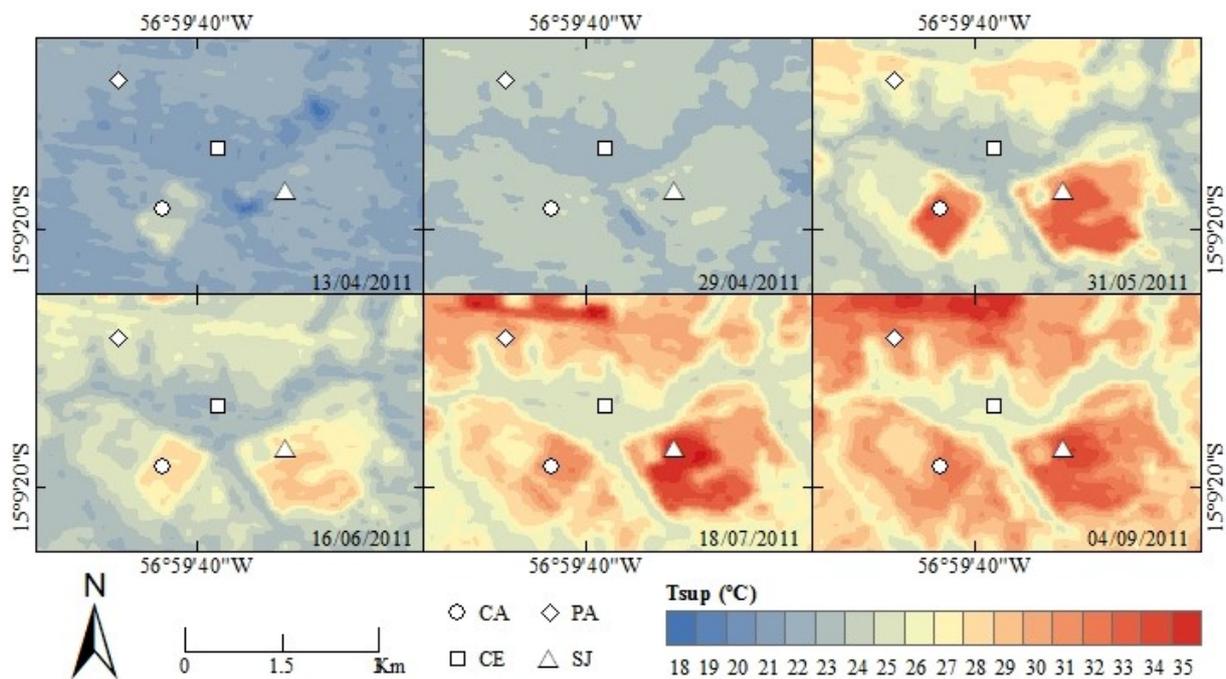


Figura 5. Distribuição espacial da Temperatura da Superfície (Tsup) da Pastagem (PA), Cerrado (CE), Cana-de-açúcar (CA) e na Soja (SJ) na Fazenda Arco-íris em 2011.

Figure 5. Spatial distribution of surface temperature (Tsup) in the pasture (PA), cerrado (CE), sugar cane (CA), and soybeans (SJ) in the Arco-íris Farm in 2011.

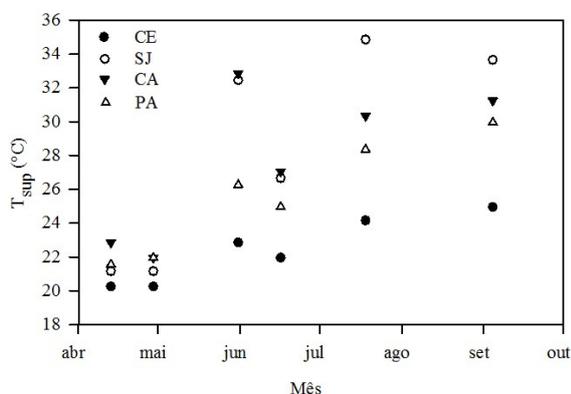


Figura 6. Média da Temperatura da Superfície (Tsup) no Cerrado (CE), Soja (SJ), na Pastagem (PA) e na Cana-de-açúcar (CA), na Fazenda Arco-íris de abril a setembro de 2011.

Figure 6. Mean of Surface Temperature (Tsup) in the pasture (PA), Cerrado (CE), sugar cane (CA), and soybeans in the Arco-íris Farm from April to September of 2011.

O IAF e a Tsup tiveram correlação negativa ($r = -0,91$, valor- $p < 0,01$). Esses resultados são corroborados por Martins et al. (2015), que estudaram uma área de Cerrado em Campo Novo do Parecis, e observaram que a Tsup em uma área desmatada foi em média 40% maior que numa área de mata nativa, evidenciando a dependência da Tsup à quantidade de biomassa.

O IAF e a Tsup são função da disponibilidade hídrica do solo e influenciam na distribuição do balanço de energia no sistema solo-planta-atmosfera (OLIVEIRA et al., 2012). O dossel da vegetação arbórea nativa atua como termo-hidro-regulador da superfície (BIUDES et al. 2009). A redução da disponibilidade hídrica do solo durante o período seco, induz à diminuição do IAF, e conseqüentemente o aumento da Tsup. Isso ocorre, pois, superfícies mais secas e menos vegetadas propiciam o predomínio do calor sensível sobre o calor latente (BIUDES et al., 2009; BIUDES et al., 2015).

5. CONCLUSÕES

O IAF e a Tsup variaram ao longo do período de estudo e entre os diferentes tipos de cobertura do solo. Os maiores valores do IAF e menores valores da Tsup ocorreram no início do período seco e os menores valores do IAF e maiores valores da Tsup ocorreram no final do período seco.

O IAF foi maior na área de vegetação nativa e menor nas áreas antropizadas. Enquanto que a Tsup foi maior na área de vegetação nativa e menor nas áreas antropizadas.

6. AGRADECIMENTOS

Essa pesquisa foi parcialmente financiada pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelos processos 303625/2015-5; 310879/2017-5; Edital Universal/CNPq - 407463/2016-0 e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso, pelo processo FAPEMAT – PRONEM - 561397/2014.

7. REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, A. A.; SAITO, C. H. O perfil dos desmatamentos em Mato Grosso, após implementação do licenciamento ambiental em propriedades rurais. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 111-122, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000100014>
- BIUDES, M. S.; CAMPELO JUNIOR, J. H.; NOGUEIRA, J. S.; SANCHES, L. Estimativa do balanço de energia em Cambarazal e pastagem no Norte do Pantanal pelo Método da Razão de Bowen. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 24, p. 135-143, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862009000200003>
- BIUDES, M. S.; SOUZA, M. C.; MACHADO, N. G.; DANELICHEN, V. H. M.; VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. S. Modelling gross primary production of a tropical semi-deciduous forest in the southern Amazon Basin. **International Journal of Remote Sensing**, v. 35, n. 4, p. 1540-1562, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.878059>
- BIUDES, M. S.; VOURLITIS, G. L.; MACHADO, N. G.; ARRUDA, P. H. Z.; NEVES, G. A. R.; LOBO, F. A. et al. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 202, p. 112–124, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.12.008>
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Indicadores da Agropecuária, fevereiro 2018. Brasília, DF, 2018. 114p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_02_27_09_35_29_revista_indicadores_da_agropecuaria_-_fevereiro_2018_-_versao_final_internet.pdf. Acesso em: 20 mar 2018.
- CUNHA, N. R. da S.; LIMA, J. E. de; GOMES, M. F. de M.; BRAGA, M. J. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Sociologia e Economia Rural**, Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032008000200002>
- DANELICHEN, V. H. M.; MACHADO, N. G.; SOUZA, M. C.; BIUDES, M. S. TRMM Satellite performance in estimating rainfall over the Midwest region of Brazil.

- Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 9, p. 22-31, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v12i1.31203>
- DANELICHEN, V. H. M.; VELASQUE, M. C. S.; MUSIS, C. R., MACHADO, N. G.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S. Estimativas de índice de área foliar de uma pastagem por sensoriamento remoto no Pantanal Mato-grossense. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 373-384, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X13168>
- FAUSTO, M. A.; ANGELINI, L. P.; MARQUES, H. O.; FILHO, A. S.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Impacto da alteração do uso do solo no saldo de radiação no Cerrado do sul de Mato Grosso. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 350-361, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993X>
- FAUSTO, M. A.; MACHADO, N. G.; NOGUEIRA, J. S.; BIUDES, M. S. Net radiation estimated by remote sensing in Cerrado areas in the Upper Paraguay River Basin. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 8, p. 083541, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.083541>
- FEARNSIDE, P. M. Deforestation control in Mato Grosso: a new model for slowing the loss of Brazil's Amazon forest. **Ambio**, v. 32, n. 5, p. 343–345, 2003. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.5.343>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, dezembro 2017. Brasília, DF, 2017. 112p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/1spa_pesq_2017_dez.pdf. Acesso em: 20 mar 2018.
- JORDÃO, W. H. C.; ZANCHI, F. B.; FERREIRA, D. M. M.; PAGANI, C. H. P.; LUIZÃO, F. J.; NEVES, J. R. D.; DUARTE, M. L. Variabilidade do índice de área foliar em campos naturais e floresta de transição na região Sul do Amazonas. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 2, p. 363-375, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambiente.1490>
- MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S.; QUERINO, C. A. S.; DANELICHEN, V. H. M.; VELASQUE, M. C. S. Seasonal and interannual pattern of meteorological variables in Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 3, p. 477-488, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.22564/rbge.v33i3.949>
- MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 157-167, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v16n4.p157-167>
- MARTINS, A. L.; CUNHA, C. R.; PEREIRA, V. M. R.; DANELICHEN, V. H. de M.; MACHADO, N. G.; LOBO, F. de A.; MUSIS, C. R.; BIUDES, M. S. Mudanças em índices biofísicos devido à alteração da cobertura do solo em área nativa de Cerrado em Mato Grosso, **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 152-159, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/105902/2179460X16145>
- OLIVEIRA, L. M. M. de; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANTONINO, A. C. D.; SILVA, B. B. da; MACHADO, C. C. C.; GALVÍNCIO, J. D. Análise quantitativa de

- parâmetros biofísicos de bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1209-1217, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012000900005>
- SILVA, L. C.; CUNHA, J. M.; MACHADO, N. G.; CAMPOS, M. C. C.; BIUDES, M. S. Estimativa do balanço de radiação por sensoriamento remoto de diferentes usos de solo no sudoeste da Amazônia brasileira. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 341-356, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320160109>
- ZANCHI, F. B.; WATERLOO, M. J.; AGUIAR, L. J.; RANDOW, C. von; KRUIJT, B.; CARDOSO, F. L.; MANZI, A. O. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) e Biomassa em pastagem no estado de Rondônia, Brasil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 335-347, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672009000200012>