



ÍNDICES DE VEGETAÇÃO APLICADOS SOBRE OS PADRÕES DE OCUPAÇÃO DO CERRADO NO MUNICÍPIO DE DIAMANTINO, MATO GROSSO

Poliana Sales Gonçalves ^(a), Edcassio Avelino ^(b)

^(a) Aluna do Curso Técnico em Administração do IFMT Campus A. Diamantino, Email: polianasg25@gmail.com

^(b) Docente do IFMT Campus A. Diamantino/ IFBA Campus Eunápolis, Email: ed.avelino@hotmail.com

Eixo: GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM ESPACIAL EM GEOGRAFIA FÍSICA

Resumo/

Nos últimos anos, consolidou-se a conversão de áreas do bioma Cerrado em terrenos voltados para o cultivo agrícola ligado à produção econômica. Este estudo tem o objetivo de aplicar os índices de vegetação (*NDVI*, *SAVI* e *EVI*) para identificar os padrões de ocupação do Cerrado, no contexto do município de Diamantino, estado de Mato Grosso. Esse estudo fundamentou-se nas concepções teóricas de Natureza (PORTO-GONÇALVES, 2006); Sensoriamento Remoto (NOVO, 2008); e Sensoriamento Remoto da Vegetação (PONZONI, 2012), buscando aplicar os índices de vegetação *NDVI*, *SAVI* e *EVI* sobre a imagem do satélite Landsat 8, sensor OLI, órbita 227, ponto 70, de 17/09/2016. Os resultados permitiram identificar na área de estudo áreas com: vegetação densa, vegetação moderada, vegetação rasteira e solo exposto. Ademais, os dados *NDVI*, *SAVI* e *EVI* proporcionaram a elaboração de documentos cartográficos que podem auxiliar na gestão territorial.

Palavras chave: Cerrado; Sensoriamento Remoto; *NDVI*; *SAVI*; *EVI*.

1. Introdução

Nos últimos anos, o Cerrado brasileiro consolidou-se como uma área alternativa ao desmatamento da região amazônica (BRASIL, 2007). Em função desse fato, as falhas de fiscalização e a dificuldade de cumprir das leis ambientais contribuíram para que fossem implantadas no Cerrado práticas de produção econômicas danosas. Tais práticas transformaram áreas contínuas com biota natural em terrenos fragmentados, formando ilhas, no território dominado pela ação do agronegócio (PORTO-GONÇALVES, 2006).

O Cerrado distribui-se aproximadamente sobre 25% do território brasileiro. Estimativas indicam mais de 6.000 espécies de árvores e 800 espécies de aves, além de uma grande variedade de peixes e outras formas de vida (BRASIL, 2007). Por conta dessas características, o Cerrado é considerado um dos biomas mais rico do planeta (MACHADO et al, 2004).

Apesar da importância ecológico-paisagística do Cerrado, o documento intitulado Monitoramento dos biomas brasileiro por satélite: monitoramento do Cerrado expressa que o país perdeu 6.469 km², entre



2009-2010 (BRASIL, 2010). O mesmo documento informa que no Mato Grosso, o terceiro maior estado brasileiro em área, a taxa de desmatamento foi de 769 km² (BRASIL, 2010).

Os dados citados mostram que as atividades de produção econômica geram repercussões que são desigualmente distribuídas sobre o espaço. Além disso, a conversão das áreas ocupadas pelo Cerrado em áreas voltadas para a atividade de produção econômica contribui para o desaparecimento de espécies de animais, plantas, árvores e outras formas de vida.

Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto se tornou um recurso tecnológico fundamental na identificação de cobertura das formações florestais, mapeamento de espécies vegetais e em ações ligadas à gestão ambiental (NOVO, 2008). O Sensoriamento Remoto possui um conjunto de técnicas que são direcionadas aos estudos ambientais, permitindo a sua aplicação em diferentes escalas espaciais. O uso do sensoriamento remoto no estudo da vegetação adquiriu força a partir da segunda metade dos anos de 1990, ocasião em que as pesquisas passaram priorizar os aspectos quantitativos, no que se refere a estabelecer correlação entre os parâmetros biofísicos da cobertura vegetal com os dados radiométricos extraídos das imagens de satélites (PONZONI, 2012).

No âmbito do sensoriamento remoto voltado para o estudo da vegetação existem diferentes tipos de técnicas, entre as quais se destacam os índices de vegetação. Estes têm como princípios norteadores as diferenças de reflectâncias no vermelho e no infravermelho próximo. Neste estudo optou-se pela aplicação dos seguintes índices: (i) o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI; (ii) o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo – SAVI; e o (iii) o Índice de Vegetação Melhorado – EVI. Assim, os índices de vegetação foram criados com o intuito de ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre (PONZONI, 2012).

Diante do exposto, o presente artigo concentra a sua atenção no recorte espacial do município de Diamantino, Estado de Mato Grosso. A área de estudo possui uma extensão territorial de 8.239,10 km² (IBGE, 2010) e de acordo com o último Censo Demográfico, a população de Diamantino era composta por 20.341 habitantes (IBGE, 2010), os quais 15.895 pessoas vivem na área urbana e 4.446 habitam a área rural.

A escolha do município de Diamantino como área de estudo considerou a importância que a escala municipal exerce no contexto da gestão pública, bem como a escassez de informações ambientais que pudessem traduzir a sua realidade geográfica. Portanto, este estudo tem o objetivo de aplicar os índices de vegetação (*NDVI*, *SAVI* e *EVI*) para identificar os padrões de ocupação do Cerrado, no contexto da área de estudo (figura 1).

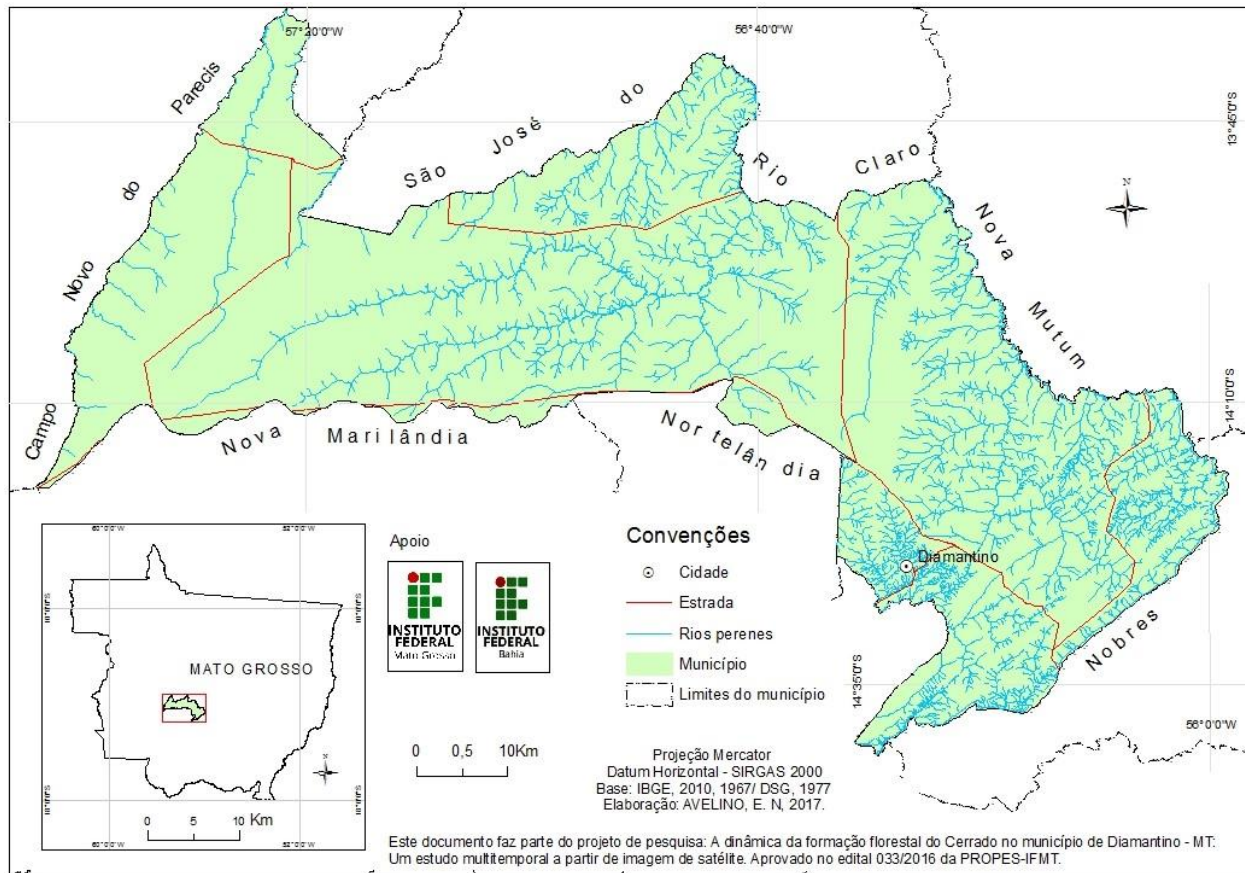


Figura 1: Localização da área de estudo.

Elaboração: Avelino, 2017.

2. Materiais e métodos

O presente estudo fundamentou-se nas concepções teóricas de Natureza (PORTO-GONÇALVES, 2006); Sensoriamento Remoto (NOVO, 2008); e Sensoriamento Remoto da Vegetação (PONZONI, 2012). Ademais, utilizou a base cartográfica do Estado de Mato Grosso, com os limites territoriais do município de Diamantino, em formato vetorial, escala 1:100.000 cedida pelo IBGE (2010); a carta topográfica da área de estudo, em formato vetorial, escala de 1:100.000 disponibilizada pela Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso. Além disso, foram usadas as bandas 2, 4 e 5 do satélite Landsat 8, sensor OLI, resolução de 30 m, órbita 227, ponto 70, de 17/09/2016 adquiridas por meio do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais – INPE, bem como os dados sobre a produção agrícola municipal (IBGE, 2015) de Diamantino, Mato Grosso .



Em seguida foi realizada a correção atmosférica das bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo) do satélite Landsat 8 por meio do método *Dark Object Subtraction* – DOS, proposto por Chávez (1998). A aplicação do método DOS requer a conversão dos valores de números digitais (ND) das imagens para valores de parâmetros físicos como radiância e reflectância (PONZONI, 2012). Sendo assim, a transformação de ND em radiância bidirecional aparente considerou a equação (1) proposta por Markham & Baker (1986 apud PONZONI, 2012).

$$L_0(\lambda) = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} \cdot DN \quad (1)$$

Sendo que a e b constituem as radiâncias máximas e mínimas ($\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{m}^{-1}$) identificado pelo sensor OLI; os números digitais (ND) variam de 0 até 255; i diz respeito às bandas (4 e 5) das imagens do Landsat 8. Na sequência, os valores de radiância bidirecional aparente são usados para se calcular a reflectância bidirecional aparente, por meio da seguinte equação (2)

$$\rho_i = \frac{\pi \cdot L_0(\lambda) \cdot d^2}{E_{sun}(\lambda) \cdot \cos \theta} \quad (2)$$

onde ρ_i é a reflectância bidirecional aparente de cada banda; $L_0(\lambda)$ consiste na radiância bidirecional aparente ($\text{mW cm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$), d se relaciona com a distância Sol-Terra em unidades astronômicas; $E_{sun}(\lambda)$ é a irradiância média do sol no topo da atmosfera ($\text{mW cm}^{-2}\text{sr}^{-1}\mu\text{m}^{-1}$) e θ consiste no ângulo zenital solar.

Os procedimentos apresentados foram operacionalizados por meio da metodologia sistematizada em planilha Excel conforme proposta de Gurtler *et al* (2005). Sendo necessário também o uso de dados complementares tais como: histograma de frequência da banda 2, o tipo de sensor, a data da imagem e o ângulo de elevação solar; estes constituem os metadados que acompanham as cenas do satélite Landsat 8.

Quanto aos índices de vegetação, priorizou-se por aplicar no presente estudo os seguintes: (i) o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – *NDVI*; (ii) o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo – *SAVI*; e o (iii) o Índice de Vegetação Melhorado – *EVI*.

(i) Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*NDVI*) – método proposto Rouse *et al* (1973) que normalizaram a razão para o intervalo de -1 a +1, sendo que as áreas com vegetação mais densa aproximam-se de +1, por sua vez, áreas sem vegetação aproximam-se de -1. Trata-se de um índice bastante utilizado nos estudos agrícolas, florestais, climáticos e entre outros. A normalização é feita a partir da seguinte equação (3)

$$NDVI = \frac{\rho_{NVP} - \rho_V}{\rho_{NVP} + \rho_V} \quad (3)$$



Em que ρ_{IVP} diz respeito à reflectância no infravermelho próximo; por sua vez, o ρ_v consiste na absorptância no vermelho.

(ii) Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (*SAVI*) – As características do solo exercem uma influência considerável na radiação dos dosséis vegetais esparsos, com repercussões sobre o cálculo do índice de vegetação (PONZONI, 2012). De acordo com Huete *et al* (1988) insere-se no *SAVI* uma constante *L* que tem a função de minimizar o efeito solo sobre o resultado final do índice. Os valores da constante *L* são: 1 para densidade baixa de vegetação; 0,5 para densidade média e 0,25 para densidades altas. A equação (4) do *SAVI* é a seguinte:

$$SAVI = \left[\frac{\rho_{IVP} - \rho_v}{\rho_{IVP} + \rho_v + L} \right] \cdot (1 + L) \quad (4)$$

(iii) O Índice de Vegetação Melhorado (*EVI*) - De acordo com Justice *et al* (1998) este índice foi desenvolvido para diminuir o efeito da influência do solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel, melhorando a detecção em regiões com maiores densidade de biomassa. O *EVI* é obtido a partir da seguinte equação (5):

$$EVI = G \cdot \left[\frac{\rho_{IVP} - \rho_v}{L + \rho_{IVP} + C1 \cdot \rho_v - C2 \cdot \rho_A} \right] \quad (5)$$

Onde *L* é o fator de ajuste para o solo (1,0); *G* é o fator de ganho (2,5); *C1* e *C2* são coeficientes de ajuste para o efeito de aerossóis da atmosfera (6,0 e 7,5).

3. Resultados e discussões

Os índices de vegetação aplicados nesse estudo têm como principal fundamento a relação quantitativa entre a banda que, no caso da vegetação, mais absorve (vermelho) e a banda que mais reflete (infravermelho próximo) energia eletromagnética. No caso da imagem de satélite Landsat 8, senso OLI, o vermelho corresponde a banda 4 (0,64-0,67 μm) e o infravermelho próximo diz respeito à banda 5 (0,85-0,88 μm).

Os dados dos índices de vegetação (figura 2) expressaram que o *NDVI* variou de -1 a +1, o *SAVI* de -0,2 a +1 e *EVI* de -0,3 a +1,3. Nesse contexto, faz-se necessário destacar que os valores próximos a -1 estão associados aos corpos d'água; os valores próximos de 0 correspondem às áreas com solo exposto (desnudo) e, por fim, os valores próximos a +1 constituem as áreas com maior vigor de biomassa (cobertura vegetal mais densa). Além disso, os produtos dos índices de vegetação ajudaram a constatar



que os tons escuros estão relacionados às áreas com menores densidades de biomassa, por sua vez, os tons claros estão associados às áreas com maiores densidades de biomassa.

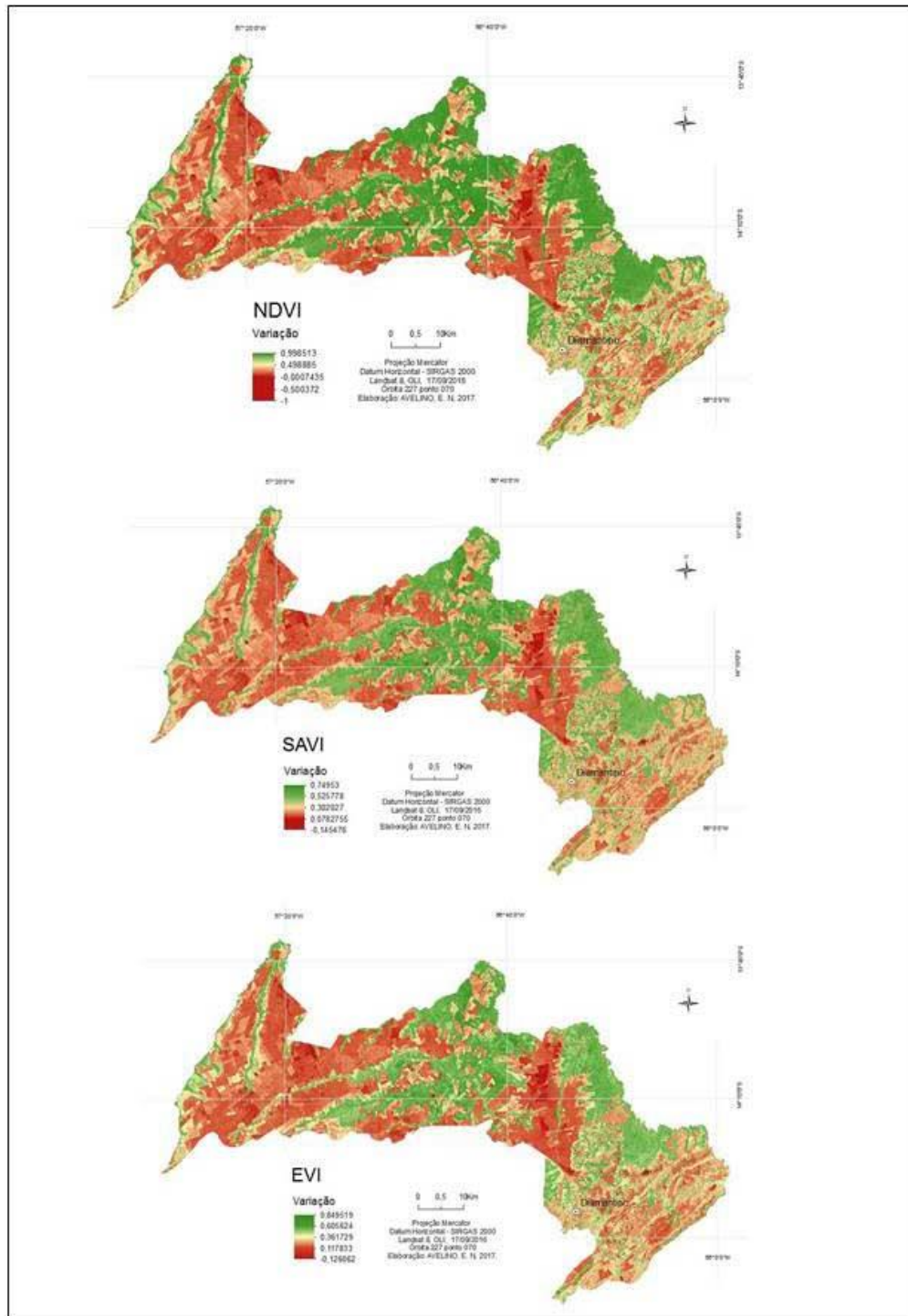


Figura 2: Produtos cartográficos elaborados a partir dos dados do *NDVI*, *SAVI* e *EVI*.

Elaboração: Avelino, 2017.



Os resultados obtidos com a aplicação do *NDVI*, *SAVI* e *EVI* sobre a cena orbital da área de estudo possibilitou aquisição de parâmetros estatísticos (tabela 1) ligados à assinatura espectral de cada técnica, tais como mínimo, máximo, média e desvio padrão.

Tabela 1: Parâmetros estatísticos da assinatura espectral do *NDVI*, *SAVI* e *EVI*.

Índices	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
<i>NDVI</i>	-1	1	0,2	0,3
<i>SAVI</i>	-0,2	1	0,1	0,2
<i>EVI</i>	-0,3	1,3	0,1	0,2

Elaboração: Avelino, 2017.

Estes dados evidenciam que não houve variação exagerada em torno da média entre os diferentes índices de vegetação. Assim, as assinaturas espectrais do *NDVI*, *SAVI* e *EVI* apresentaram ondulações muito próximas, apesar de percebe-se uma maior variação dos dados do *NDVI* em relação ao *SAVI* e *EVI*.

A correlação entre os dados do *NDVI*, *SAVI* e *EVI* permitiu a elaboração do perfil horizontal (figura 3) que expressa o comportamento da assinatura espectral sobre as áreas com: (a) vegetação densa; (b) vegetação moderada; (c) vegetação rasteira; e d) solo exposto (adaptado de GOODLAND; FERRI, 1979; COUTINHO, 1978).

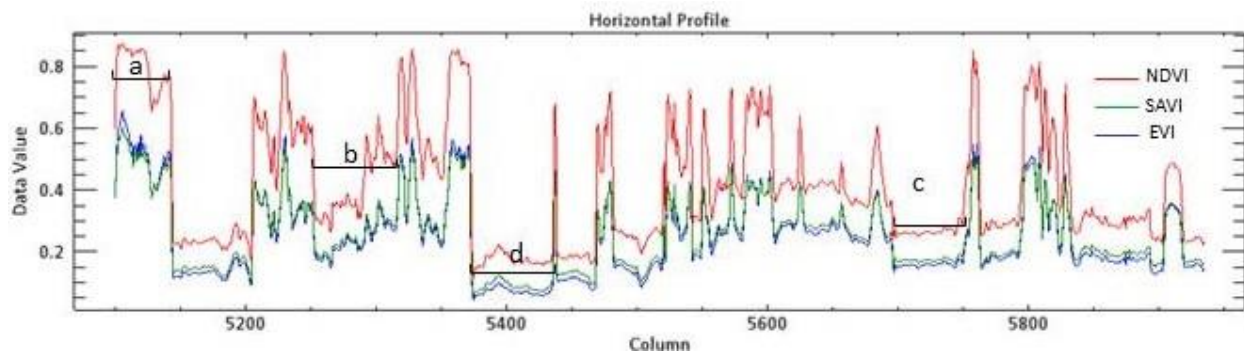


Figura 3: Perfil horizontal da área de estudo.

Elaboração: Avelino, 2017.

A leitura da figura 3 expressa uma maior ondulação (variação) do *NDVI* quando comparado com o *SAVI* e *EVI*. Sendo assim, os dados citados no perfil horizontal evidenciam que nas áreas com vegetação mais densa, ocorrem os valores mais elevados nos índices de vegetação; por outro lado, os valores mais baixos nos índices de vegetação expressam cobertura vegetal com pouca e ou sem densidade de biomassa.

No caso da área de estudo, a vegetação densa (figura 3-a) está relacionada à formação com fisionomia florestal. Esta se caracteriza pela formação de dossel e pelo predomínio de espécies arbóreas (Brasil,



2007), nesse sentido, faz-se necessário ressaltar que abrange as seguintes fitofisionomias: Cerradão, Mata Ciliar, Mata de Galeria e Mata Seca.

A vegetação moderada (figura 3-b) corresponde às formações savânicas do bioma Cerrado, estas possuem estrato arbóreo e arbustivo-herbáceo definidos, com as árvores distribuídas de maneira aleatória sobre o terreno em diferentes densidades (Brasil, 2007). As fitofisionomias da formação savânica são: o Cerrado *sensu stricto* (figura 4), o Parque Cerrado, o Palmeiral e a Vereda.



Figura 4: Relevo com Cerrado *sensu stricto*, município de Diamantino- MT.

Foto: Avelino, 2016.

A vegetação rasteira (figura 3-c) diz respeito aos gêneros agrícolas que são cultivados nos terrenos voltados para a produção econômica (figura 5). Os principais gêneros foram: o algodão (1.047,622 hectares plantados); o milho (15.846,517 hectares plantados); a soja (32.206,387 hectares plantados); e o sorgo (740,622 hectares plantados) segundo o IBGE (2015). O tamanho da área (76.797, 976 hectares) usada para a produção desses gêneros evidencia a força que o agronegócio exerce sobre a área do município de Diamantino.



Figura 5: Principais cultivos econômicos no Município de Diamantino – MT.

Fonte: IBGE, 2017.



O solo exposto (figura 3-d) também chamado de solo desnudo, diz respeito ao solo desprotegido de qualquer tipo de cobertura vegetal. As áreas com solo exposto constitui uma prática recorrente no contexto da paisagem do município de Diamantino. Este fato tem correlações diretas com as entressafras dos cultivos de gêneros agrícolas ligados à produção econômica. Os solos desprotegidos (figura 6) de cobertura vegetal tornam-se susceptíveis à ação da dinâmica do sistema atmosférico (ventos e chuvas), desencadeando a perda dos seus nutrientes, bem como a sua degradação por meio de processos erosivos relacionados com as aberturas de incisões no terreno, a formação de ravinas e ou voçorocas.



Figura 6: Solo exposto (desnudo) após a colheita do algodão, município de Diamantino- MT.

Foto: Avelino, 2016.

4. Conclusões

As concepções de Natureza (PORTO-GONÇALVES, 2006); Sensoriamento Remoto (NOVO, 2008); e Sensoriamento Remoto da Vegetação (PONZONI, 2012) ajudaram a compreender os pressupostos teóricos que existem na relação entre a cobertura vegetal e o sensoriamento remoto, permitindo a operacionalização dessa tecnologia no contexto da dilapidação do bioma Cerrado pelas atividades de produção econômica.

A aplicação dos índices de vegetação *NDVI*, *SAVI* e *EVI* ajudou entender o comportamento espectral da cobertura vegetal, no contexto do município de Diamantino. Assim, constatou-se que as áreas com vegetação mais densa possuem os valores mais elevados nos índices de vegetação; por outro lado, os valores mais baixos nos índices de vegetação expressam cobertura vegetal com pouca e ou sem densidade de biomassa.

Por fim, os índices de vegetação *NDVI*, *SAVI* e *EVI* contribuíram para identificação dos padrões de ocupação do Cerrado, servindo de apoio para a identificação de áreas com: vegetação densa, vegetação moderada, vegetação rasteira e solo exposto (desnudo). Os índices de vegetação geraram produtos cartográficos que evidenciam a distribuição espacial da cobertura vegetal ligada ao bioma Cerrado, bem como dos terrenos usados para os cultivos agrícolas voltados para a produção econômica, no âmbito do



município de Diamantino, no Mato Grosso. Os resultados desse estudo podem subsidiar ações relacionadas à gestão do território.

5. Agradecimentos

Este estudo constitui parte dos resultados preliminares obtidos por meio da execução do projeto de pesquisa intitulado A dinâmica da formação florestal do Cerrado no município de Diamantino- MT: Um estudo multitemporal a partir de imagem de satélite, aprovado no edital 033/2016, da Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Ademais agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia Campus Eunápolis por viabilizar a participação no XVII SBGFA.

6. Bibliografia

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento dos biomas brasileiro por satélite: monitoramento do Cerrado**. São Paulo: Arclan, 2011.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA, 2007.

COUTINHO, L. M. **O conceito de cerrado**. Revista Brasileira de Botânica, v. 1, p. 17–23, 1978.

GOODLAND, R. J. A.; FERRI, M. G. **Ecologia do Cerrado**. [S.l.]: Edusp/Itatiaia, 1979.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

_____. **Produção Agrícola Municipal 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

MACHADO, R. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. <http://www.ci.com> (last accessed Janeiro 11, 2008): *Conservation International*, 2004.

NOVO, E. M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 3ed. São Paulo: Blucher, 2008.

PONZONI, F. J.; Shimabukuro, Yosio Edemir. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2012.



XVII Simpósio Brasileiro
de Geografia Física Aplicada
I Congresso Nacional
de Geografia Física

OS DESAFIOS DA GEOGRAFIA FÍSICA NA FRONTEIRA DO CONHECIMENTO

Instituto de Geociências - Unicamp
Campinas - SP
28 de Junho à 02 de Julho de 2017

PORTO-GONÇALVES, C.V. **Os (des) caminhos do meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 2006.