

AVALIAÇÃO SAZONAL DO VIGOR VEGETATIVO DO MUNICÍPIO DE MINAÇU POR MEIO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO AJUSTADO AO SOLO (SAVI)

SEASONAL VALUATION OF THE VEGETATIVE VIGOR OF THE MUNICIPALITY OF MINAÇU (BRAZIL), THROUGH THE SOIL ADJUSTED VEGETATION INDEX (SAVI)

EVALUACIÓN ESTACIONAL DEL VIGOR VEGETATIVO DEL MUNICÍPIO DE MINAÇU (BRASIL), A TRAVÉS DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN AJUSTADO AL SUELO (SAVI)

1

Andreiza Ribeiro Vieira

Graduada em Geografia pela Universidade Estadual de Goiás
andreizaribeiro@hotmail.com

José Carlos de Souza

Doutor em Ciências Ambientais, UNESP.
Docente da Universidade Estadual de Goiás
jose.souza@ueg.br

RESUMO: Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da sazonalidade climática no vigor e densidade da cobertura vegetal do município de Minaçu, Goiás, por meio do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI – *Soil Adjusted Vegetation Index*). O SAVI mensura o vigor vegetativo, a densidade e a atividade fotossintética. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 datadas de dezembro de 2016 (período úmido) e julho de 2017 (período seco). O processamento digital das imagens, o cálculo do índice e os produtos cartográficos foram desenvolvidos em softwares de geoprocessamento. Os resultados apresentaram decréscimo do SAVI do período úmido para o seco, indicando forte influência da sazonalidade climática, típica das regiões tropicais úmidas. No período úmido os valores do índice variaram de -0,26 a 0,92 e no período seco ficou entre -0,48 a 0,83. No mês de dezembro, período úmido, aproximadamente 60% da área apresentou valores de SAVI entre 0,5 a 0,7. No período de estiagem, em torno de 70% da área registrou valores entre 0,3 e 0,5. As áreas de Savana Florestada foram as que apresentaram as maiores perdas em vigor e densidade vegetacional e a Savana Parque registraram as menores perdas.

Palavras-chaves: Imagem índice, Paisagem, Cerrado, Uso do solo.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the influence of climatic seasonality on the vigor and density of vegetation cover in the municipality of Minaçu, Goiás state, through the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI). The SAVI measures vegetative vigor, density and photosynthetic activity. Landsat 8 satellite images were used, dated December 2016 (wet period) and July 2017 (dry period) were used. Digital image processing, the index calculation and the cartographic products were developed in geoprocessing software. The results showed a reduction in SAVI from the wet to the dry period, indicating strong influence of climatic seasonality, typical of tropical wet regions. In the wet period the index values ranged from -0.26 to 0.92 and in the dry period it was between -0.48 to 0.83. In December, wet period, approximately 60% of the area presented SAVI values between 0.5 to 0.7. In the dry season, around 70% of the area recorded values between 0.3 and 0.5. The areas of Woodland Savanna had the highest losses in force and vegetation density and Park Savanna recorded the lowest losses.

Keywords: Index image, Landscape, Cerrado, Land use.

RESUMEN: Este estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de la estacionalidad climática en el vigor y la densidad de la cubierta vegetal en el municipio de Minaçu, Brasil, a través del Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI). SAVI mide el vigor vegetativo, la densidad y la actividad fotosintética. Se utilizaron imágenes del satélite Landsat 8 con fecha de diciembre de 2016 (período húmedo) y julio de 2017 (período seco). El procesamiento digital de imágenes, el cálculo del índice y los productos cartográficos se desarrollaron utilizando un software de geoprosesamiento. Los resultados mostraron una reducción en el SAVI del período húmedo al seco, lo que indica una fuerte influencia de la estacionalidad climática, típica de las regiones húmedas tropicales. En el período húmedo, los valores del índice oscilaron entre -0,26 y 0,92 y en el período seco fue entre -0,48 y 0,83. En el mes húmedo de diciembre, aproximadamente el 60% del área presentó valores SAVI entre 0.5 y 0.7. En la estación seca, alrededor del 70% del área registró valores entre 0.3 y 0.5. Las áreas de Sabana Bosque tuvieron las mayores pérdidas en fuerza y densidad de vegetación y Sabana Parque registró las menores pérdidas.

Palabras clave: Imagen de índice, Paisaje, Cerrado, Uso del suelo.

INTRODUÇÃO

Os produtos de sensoriamento remoto, a partir das imagens orbitais, têm contribuído substancialmente nos estudos aplicados à análise da paisagem, em especial na avaliação dos padrões biofísicos da vegetação. Através dos índices de vegetação tem se tornado possível o monitoramento da densidade, vigor vegetativo, produção fotossintética, estresse hídrico e demais características biofísicas das coberturas da superfície (NAVEH, 2010; JENSEN, 2009; BLASCHKE; LANG, 2009).

O emprego das geotecnologias tem subsidiado diagnósticos mais amplos e com maior celeridade na análise da paisagem, como por exemplo, a aplicação de técnicas e métodos de sensoriamento remoto, na estimativa de índices de vegetação para monitoramento da cobertura do solo. O uso de imagens orbitais tem permitido um número maior de informações quanto a descrição e mudança das paisagens, possibilitando um melhor monitoramento da superfície com vistas ao planejamento, gestão e conservação (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007; BOLFE, 2010; SOUZA, 2017).

Os índices de vegetação têm sido utilizados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada, indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde (JENSEN, 2009). O SAVI (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) foi desenvolvido por Huete (1988), e consisti numa adaptação do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), considerando um fator de ajuste no cálculo para minimizar a influência da refletância do solo (HUETE, 1988; SILVA; MELO; GALVÍNCIO, 2011).

O município de Minaçu, assim como o norte goiano, possui as maiores áreas de Cerrado ainda preservadas no estado, em um contexto de expansão do agronegócio e substituição das paisagens de Cerrado por pastagens e monoculturas. Estas condições têm colocado o Cerrado no rol dos *hotspots* mundiais, com necessidade emergente de proteção, com risco de perdas irreparáveis da biodiversidade (MYERS, 2000; SANO et al., 2008; ZARDINI; SOUZA; MARTINS, 2016).

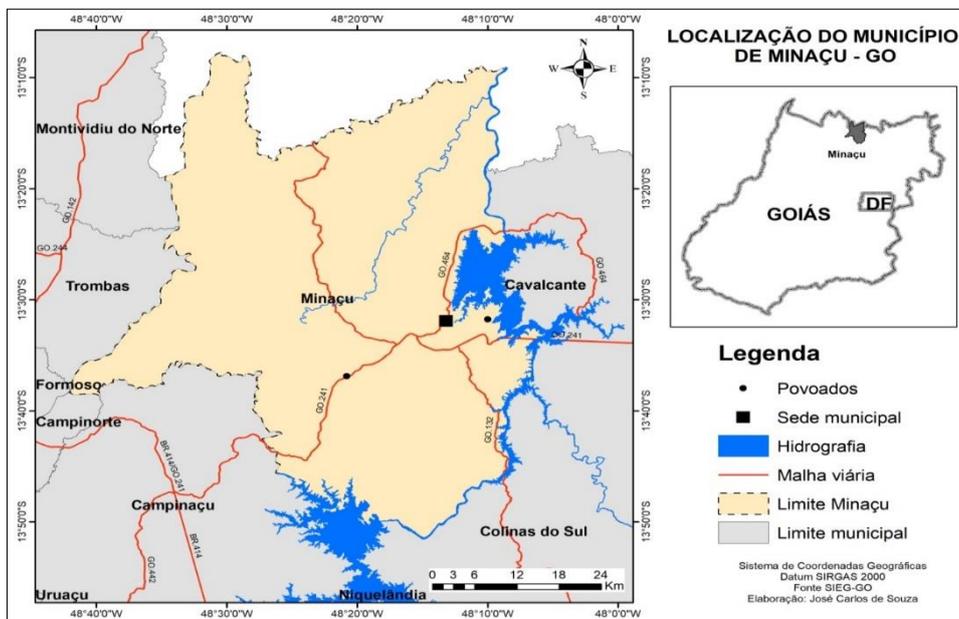
Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo avaliar a influência da sazonalidade climática, no vigor e densidade da cobertura vegetal do município de Minaçu, Goiás, por meio do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo. Foram utilizadas imagens do sensor Landsat 8 dos períodos úmido (2016) e seco (2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo.

O município de Minaçu (Figura 1), se localiza no norte do estado de Goiás, situa-se a cerca de 505 Km da capital Goiânia e está entre às coordenadas de latitude 13° 33' 49" Sul e na longitude 48° 13' 20" Oeste, possuindo uma área territorial de 2.860,73 Km².

Figura 1: localização do município de Minaçu-GO



Fonte: Elaborado pelos autores.

Métodos

O SAVI foi gerado a partir das imagens multiespectrais do satélite Landsat 8 (OLI), obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Foram selecionadas cenas que apresentavam baixa nebulosidade para os meses de julho (31/07/2017) e dezembro (03/12/2016), compreendendo o período úmido e seco para a área do município de Minaçu. Utilizou-se as bandas espectrais 4 (vermelho) e 5 (Infravermelho Próximo) com resolução espacial de 30 metros.

As imagens foram reprojatadas para o Hemisfério Sul e foram realizadas a conversão de números digitais para radiância espectral no topo da atmosfera (Equação 1) e conversão da radiância do topo da atmosfera para refletância planetária no topo da atmosfera (Equação 2):

$$\text{Equação 1} - L_{\lambda} = ML * Q_{cal} + AL$$

$$\text{Equação 2} - \rho_{\lambda}' = M\rho * Q_{cal} + A\rho$$

Em que: L_{λ} = Radiância espectral do sensor de abertura ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$); ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda; Q_{cal} = Valor quantizado calibrado pelo pixel em níveis de cinza; AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda; ρ_{λ}' = Refletância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar; $M\rho$ = Fator multiplicativo reescalado da refletância da banda; $A\rho$ = Fator aditivo reescalado da refletância da banda.

O cálculo do índice e a confecção dos mapas temáticos foram realizados no software ArcGis 10.3 (ESRI, 2014), utilizando a equação proposta por Huete (1988):

$$SAVI = (1 + L) * (NIR - R) / (L + NIR + R)$$

Em que: R - banda 4 é a refletância da banda na faixa do vermelho; NIR - banda 5 que é a refletância da banda do infravermelho próximo e L é o fator de ajuste para o substrato do dossel, onde consideramos o valor 0,5.

O mapa de uso do solo e cobertura vegetal foi elaborado a partir da base cartográfica disponibilizada pelo Sistema de Geoinformação do Estado de Goiás (SIEG-GO).

Na análise dos resultados foram aplicados métodos de estatísticas descritivas a partir de elaboração de histogramas, gráfico de porcentagem e cálculo de média, desvio padrão e coeficiente de variação.

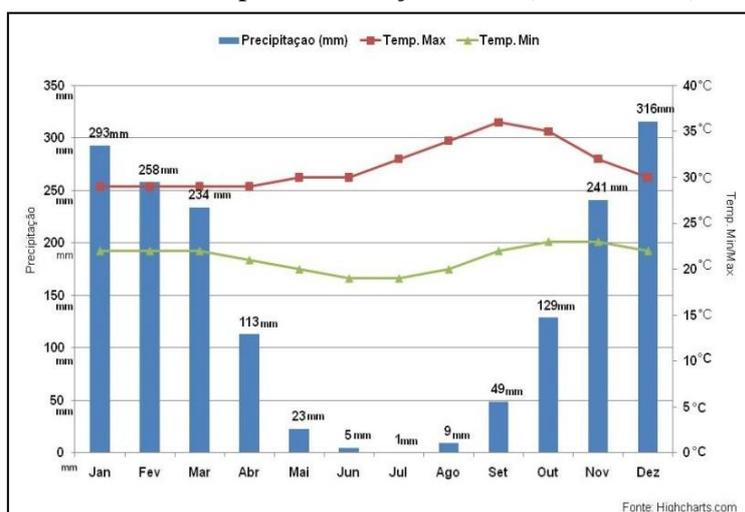
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização climática

O clima do município de Minaçu é do tipo tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco. Possui pronunciada sazonalidade, apresentando duas estações distintas, período seco, de maio a setembro e período chuvoso, de outubro a abril (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014).

As médias históricas mensais de precipitação para o município, período de 1987 de 2017, bem como as temperaturas mínimas e máximas estão apresentadas na Figura 2. Os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram médias de totais de chuva acima de 220 mm. Entre maio e setembro temos uma redução significativa das precipitações e, a partir de outubro, os índices voltam a subir atingindo 316 mm de média para o mês de dezembro. Com base nesta caracterização, foram definidos os períodos para estimativa dos índices, considerando o mês de dezembro e julho com os períodos ideais para a compreensão da influência da sazonalidade na análise da cobertura vegetal.

Figura 2 - Médias mensais de precipitação, temperaturas máxima e mínima do município de Minaçu, Goiás (1987 - 2017).



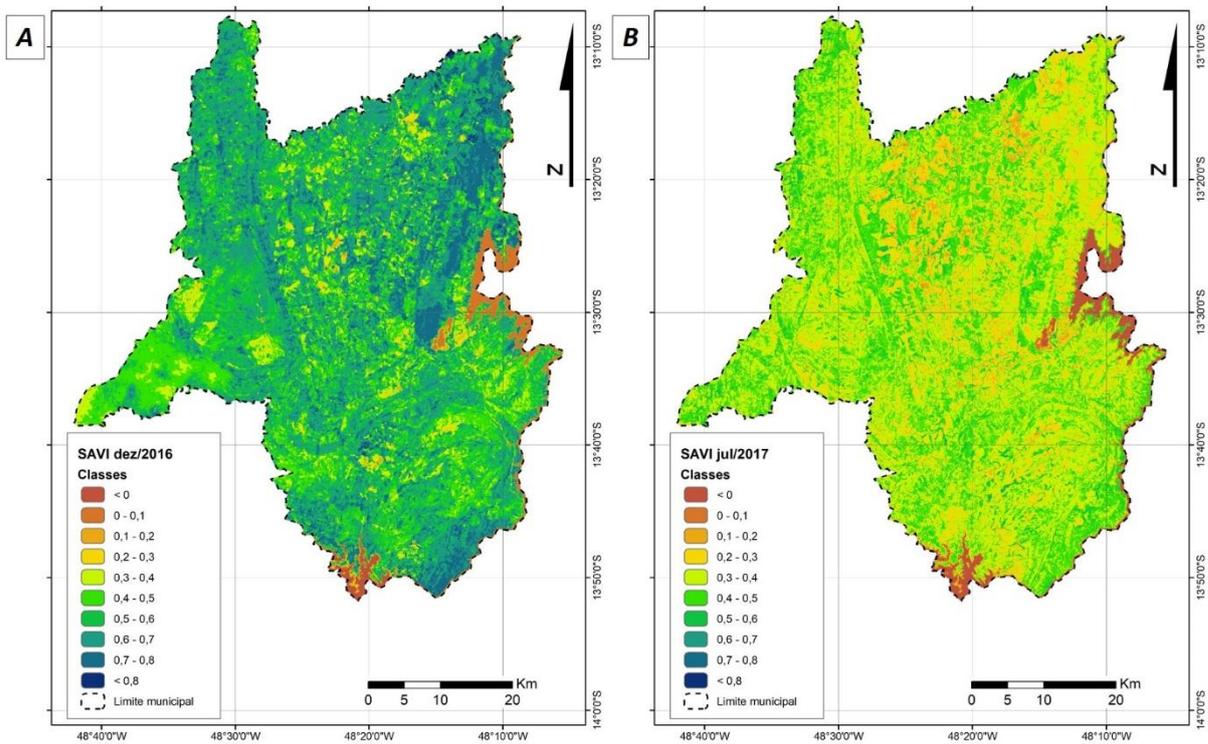
Fonte: www.climatempo.com.

Avaliação sazonal e espacial do SAVI

Os valores do SAVI variaram de -0,26 a 0,92 para o mês de dezembro e -0,48 e 0,82 para o mês de julho. Estes resultados são perceptíveis na análise visual das imagens índice (Figura 3) e nos valores de porcentagem por classes que apresentam variações importantes entre os períodos analisados (Figuras 4).

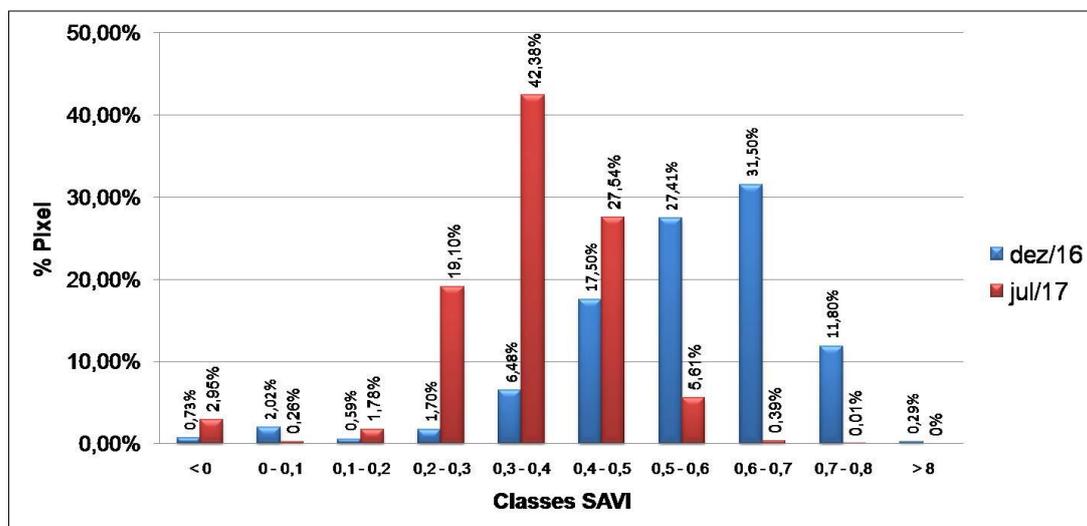
A distribuição percentual do SAVI mostra que no mês de dezembro as classes com as maiores ocorrências estão nos intervalos 0,4 - 0,5; 0,5 - 0,6 e 0,6 - 0,7, englobando 17%, 27,41% e 31,50% da área, respectivamente. No mês de julho predominaram as classes 0,2 - 0,3 (19%), 0,3 - 0,4 (42,38%) e 0,4 - 0,5 (27,54%). A tendência das classes mais baixas mostrarem-se superiores no quantitativo de pixels em julho, também confirma a queda da densidade vegetativa em períodos mais secos e ratifica a influência da precipitação no vigor e produção fotossintética da vegetação.

Figura 3 - SAVI de dezembro 2016 (A) e Julho 2017 (B).



Fonte: Imagens Landsat 8.

Figura 4 - Distribuição percentual do SAVI por classes para os meses de dezembro e julho.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores de desvio padrão indicaram que os dados apresentam alta dispersão dos valores em relação à média, para os dois períodos, sendo maior a dispersão para o mês de julho. Os valores de coeficiente de variação demonstraram que o conjunto de dados são mais heterogêneos no período seco. Observa-se também uma variação significativa das médias, nos dois períodos, com decréscimo no mês de julho (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatísticas descritivas do SAVI

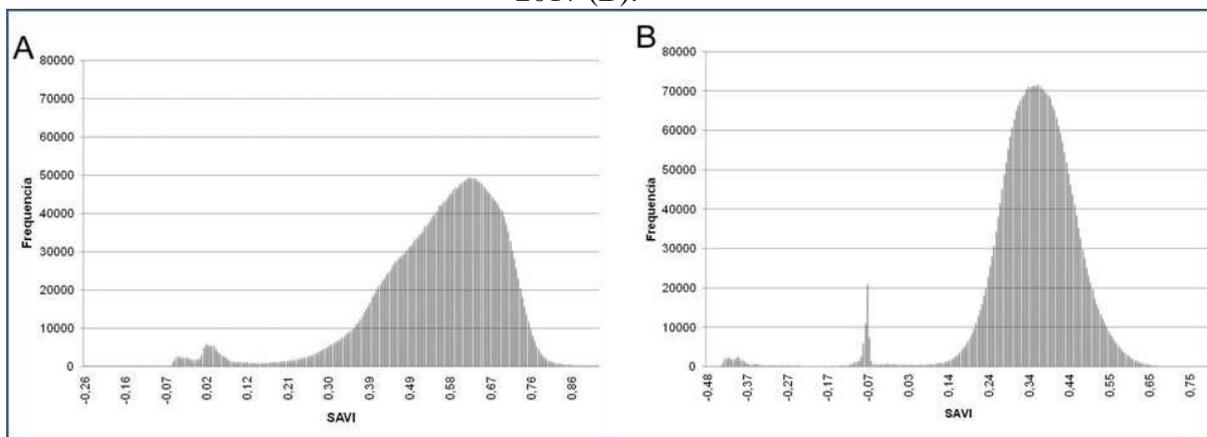
Períodos	Valor máximo	Valor mínimo	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de variação
SAVI julho	0,83	-0,48	0,35	0,13	37,14
SAVI dezembro	0,92	-0,26	0,55	0,15	27,30

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os histogramas de frequência das imagens índice (Figura 5A e 5B), apresentaram distribuição assimétrica negativa, nos dois períodos, ou seja, com cauda estendida a esquerda, onde se posicionam os valores mais baixos ou negativos do índice. O pico de frequência mais acentuado no mês de dezembro evidencia maiores ocorrências numa faixa de valores mais elevados do SAVI, em relação ao histograma de

julho. Em dezembro o pico de frequência posiciona-se em torno do valor 0,60 e, em julho, em torno de 0,40, indicando redução no verdor da vegetação.

Figura 5- Histogramas do SAVI para o mês de dezembro de 2016 (A) e mês de julho de 2017 (B).



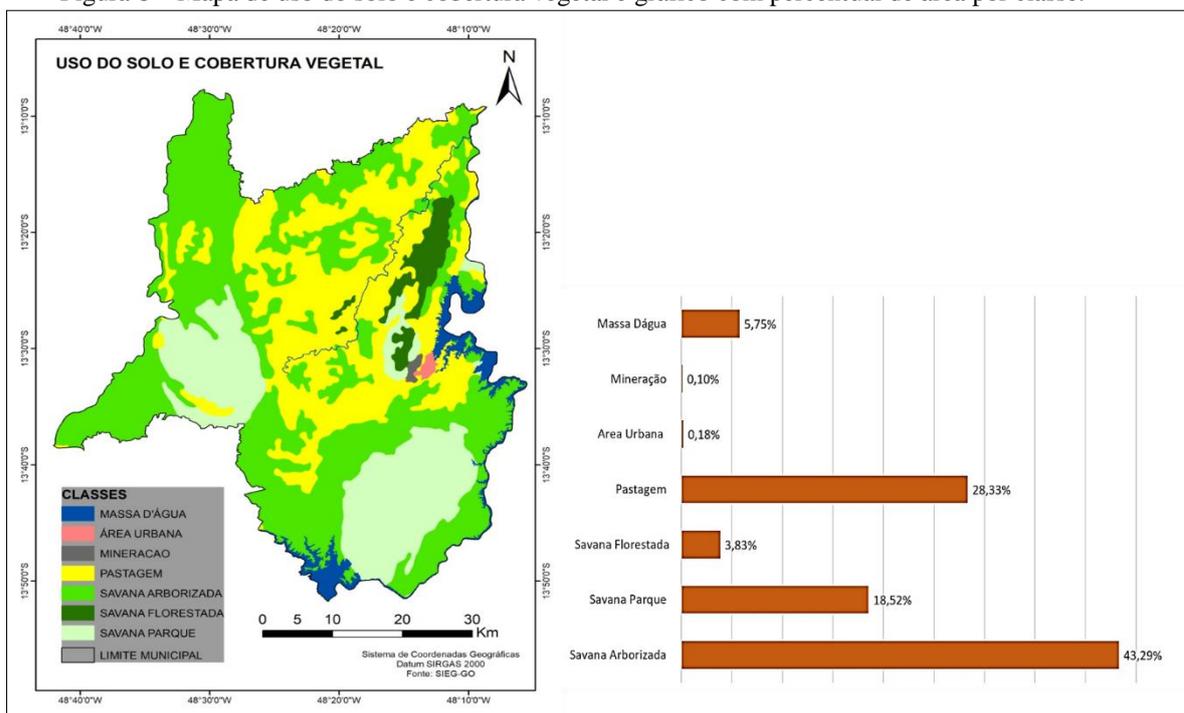
Fonte: Elaborado pelos autores.

Os picos de frequência identificados à esquerda dos histogramas, com valores negativos ou próximos de zero, são valores de pixels relacionados aos reservatórios das usinas hidráulicas de Serra da Mesa e Cana Brava, e sua variação está relacionada à variação do nível desses reservatórios, que oscilam influenciados pelos períodos seco e chuvoso na região.

Caracterização do uso do solo e cobertura vegetal e relação com o SAVI

As coberturas e uso do solo predominantes no município são a Savana Arborizada (43,29%), pastagem (28,33%) e Savana Parque (18,52%) e, em menores proporções, ocorre massa de água, Savana Florestada, área urbana e área de mineração (Figura 6).

Figura 6 – Mapa de uso do solo e cobertura vegetal e gráfico com percentual de área por classe.



O alto percentual de cobertura natural de Cerrado, aproximadamente 65% da área do município, é uma característica típica dos municípios do norte-nordeste goiano. Segundo Zardini, Souza e Martins (2016) essa região não experimentou o processo acelerado de transformação das paisagens de Cerrado em monoculturas e/ou áreas metropolitanas, apresentando extensas áreas deste bioma ainda preservadas.

A tabela 2 apresenta as médias dos valores de SAVI das principais coberturas e uso do solo, nos dois períodos. Em todas as coberturas e uso é possível perceber a redução dos valores do período úmido para o seco. Percebe-se também um escalonamento dos valores das áreas de savana, que está relacionada a densidade variável da vegetação em cada fitofisionomia de Cerrado.

Tabela 2 – Médias dos valores SAVI das principais coberturas e uso do solo.

<i>Uso e cobertura do solo</i>	<i>Média SAVI dezembro/2017</i>	<i>Média SAVI julho/2017</i>
<i>Savana Florestada</i>	0,75	0,40
<i>Savana Arborizada</i>	0,65	0,39
<i>Savana Parque</i>	0,47	0,32
<i>Pastagem</i>	0,43	0,22

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores de SAVI para a pastagem, em relação à média, indicou perda de 50% do vigor vegetativo do período úmido para o seco, passando de 0,43 para 0,22. A pastagem, destinada à criação de gado de corte, apresentou um percentual de ocupação do município de 28,33% (Figura 6). A pecuária é uma das principais atividades econômicas do norte goiano assim como no município de Minaçu. Segundo o Instituto Mauro Borges (IMB, 2017) em 2016 foram contabilizados 138.000 cabeças de gado no município.

A Savana Arborizada é a cobertura do solo com maior extensão, 43,29%, de acordo com o (IBGE, 2012) este tipo de Cerrado faz parte do subgrupo de formação natural que se diferencia por apresentar uma fisionomia com vegetação arbórea que não supera a dois metros, com ocorrência espaçada e presença de vegetação rasteira. Em relação ao SAVI, a Savana Arborizada apresentou valores muito próximos da Savana Florestada, especialmente no período de estiagem (Tabela 2).

A Savana Florestada registrou um percentual de ocupação de 3,83%. Este tipo de Cerrado ocorre em solos mais profundos, em um clima tropical eminentemente estacional, apresentando vegetação mais densa, tipo mata fechada (IBGE, 2012). Esta fitofisionomia foi a cobertura que apresentou os mais altos valores de SAVI para os dois períodos, indicando vegetação mais densa com maior produção fotossintética (Tabela 2). No entanto, em relação à média, foi a cobertura que registrou a maior perda em vigor vegetativo no período de estiagem, isto pode estar relacionado à característica decidual da vegetação, com perda da folhagem no período de estiagem.

A Savana Parque teve um percentual de ocupação de 18,52%, de acordo com o (IBGE, 2012) essa fitofisionomia é uma formação constituída essencialmente por um estrato graminóide, entremeado por arbustos que não superam dois metros de altura, com ocorrência isolada. Os valores de SAVI para a Savana Parque se assemelharam aos valores da pastagem, no período úmido, no entanto, no período estiagem a Savana Parque apresentou uma menor redução no vigor vegetativo, indicando maior adaptabilidade à sazonalidade climática.

Considerações finais

Como esperado, os valores do SAVI para a cobertura vegetal do município de Minaçu apresentaram redução do período úmido para o seco. Entretanto, neste estudo foi possível quantificar percentualmente as perdas em vigor e densidade da vegetação entre os dois períodos, com destaque para a pastagem e a Savana Florestada, que foram as coberturas vegetais que mais perderam em densidade, vigor vegetativo e produção fotossintética do período úmido para o seco. Também foi possível comparar o comportamento espectral das diferentes coberturas do solo, em especial as fitofisionomias de Cerrado identificados na região.

O SAVI se apresentou como um importante instrumento de monitoramento da cobertura vegetal, com possibilidades de se avaliar a influência da dinâmica climática na cobertura vegetal, com geração de produtos cartográficos que podem subsidiar as práticas gestão e planejamento de áreas, em especial do Cerrado que vem apresentando perdas aceleradas de sua cobertura e conseqüentemente de sua biodiversidade.

Referências

BOLFE, É. L. **Desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa de biomassa e de carbono em sistemas agroflorestais por meio de imagens orbitais**. 2010. 319 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Blucher, 1999.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.8, n.16, p. 40-55, jan./mar. 2014.

CLIMA TEMPO. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/2020/>

Environmental Systems Research Institute (ESRI), **GIS Mapping Software, Spatial Data Analytics & Location Platform**: Estados Unidos. Nova York. Disponível em <https://www.esri.com/en-us/home>, 2014.

HUETE, A. R. Adjusting **vegetation indices for soil influences**. International Agrophysics, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

IBM – Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos do Estado de Goiás. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento – SEGPLAN-GO, disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/>, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), **Censo demográfico**: Brasil. Rio de Janeiro. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br>, 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Manuais técnicos em geociências: **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012.

JENSEN, J.R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente – Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009.

LANG, S; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de textos, 2009. minacu-go >. Acesso em 15 de outubro de 2017.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403, p. 853-858, 2000.

NAVEH, Z. Ecosystem and landscapes: A critical comparative appraisal. **Journal of Landscape Ecology**, v.3 (1), p. 64-81, 2010.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**. 1. ed. São José dos Campos: Parêntese, 135 p, 2007.

PANZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E; KUPLICH, T. M; **Sensoriamento remoto da vegetação**. Oficina de texto, São Paulo, 2º Ed, 2012.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) **Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais**. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

SAKAMOTO, T. et al. **A crop phenology detection method using time-series MODIS data**. *Remote Sensing of Environment*, 96, 366–374, 2005.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 60p, 2008.

SILVA, E. R. A. C.; MELO, J. G. S., GALVÍNCIO, J. D. Identificação das Áreas Suscetíveis a Processos de Desertificação no Médio Trecho da Bacia do Ipojuca - PE Através do Mapeamento do Estresse Hídrico da Vegetação e da Estimativa do Índice de Aridez. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, PE, n. 03.

Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG). <http://www.sieg.go.gov.br>, 2011.

SOUZA, J. C. Metodologia para avaliação ambiental em bacias hidrográficas, utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. 2014. 95 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2017.

ZARDINI, F. P. F.; SOUZA, J. C.; MARTINS, P. T. A. Meio físico e patrimonialização de áreas: elementos para a conservação do bioma Cerrado no Norte Goiano? **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.10, n.22, jan./abr. de 2016.