

Avaliação sazonal da cobertura vegetal da microrregião da Chapada dos Veadeiros por meio de índices SAVI e NDWI

Maiara da Silva Santos

Da Universidade Estadual de Goiás – Campus Minaçu – Brasil
maiara.cvc@gmail.com

Michelly Silva Amaral

Da Universidade Estadual de Goiás – Campus Minaçu – Brasil
michelly.silva.amaral@gmail.com

José Carlos de Souza

Da Universidade Estadual de Goiás – Campus Minaçu – Brasil
jcsouza1974@gmail.com

Resumo: O trabalho tem por objetivo avaliar a influência dos índices de precipitação no vigor, densidade e umidade da cobertura vegetal da microrregião da Chapada dos Veadeiros, Goiás, por meio dos Índices SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index – Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) e NDWI (Normalized Difference Water Index – Índice de Umidade por Diferença Normalizada). Foram utilizadas cenas do sensor Landsat 8 dos meses de dezembro de 2016 e julho de 2017, contemplando assim os períodos úmido e seco para a microrregião. O clima da microrregião da Chapada dos Veadeiros é caracterizado como clima Tropical Úmido com inverno seco e chuvas máximas no verão e a cobertura do solo predominante são formações campestres e savânicas do bioma Cerrado. Os valores do SAVI variaram de -0,05 a 1,03 em dezembro de 2016 e de -0,78 a 0,95 para julho de 2017. Em dezembro o pico de frequência do SAVI se posicionou em torno de 0,50, e no mês de julho, o pico de frequência bem mais acentuado que no mês de dezembro, se posicionou entorno de 0,35. O NDWI variou entre -0,51 e 0,57 para o período úmido e -0,63 e 0,57 para o período seco. Apesar dos valores máximos de NDWI não variarem, os resultados indicaram significativa redução do índice de dezembro para julho. No período úmido somente 9% da área apresentou valores negativos, ou seja, sem registro de áreas vegetadas com umidade, no período de estiagem as áreas com valores negativos subiram para 42,55%. Os índices estimados apresentaram padrão espacial com forte relação com a sazonalidade climática, com ênfase no regime de chuvas.

Palavras-chave: Índice de vegetação. Sazonalidade climática. Cerrado. Landsat 8.

Introdução

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto com o uso de imagens orbitais tem se tornado essencial no monitoramento da superfície terrestre, com ampla aplicação em

estudos ambientais e de análise da paisagem e, em especial, na análise do comportamento espectral da vegetação com vistas à estimativa do vigor, densidade e umidade da vegetação.

Estas estimativas se dão por meio de índices de vegetação, a partir destes índices é possível quantificar a biomassa da superfície; distinguir as diferentes feições da cobertura vegetal; classificar as diferentes formas de uso do solo; indicar o crescimento, vigor e umidade da vegetação dentre outros, contribuindo na análise do comportamento espaço-temporal das coberturas vegetais (NOVO, 2008; PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Os índices de vegetação se fundamentam nos valores de refletância ou radiância apresentados pela cobertura vegetal, nas regiões espectrais do visível, do infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, regiões que indicam a quantidade de biomassa fotossinteticamente ativa e o conteúdo de água na folhagem. Estes índices são baseados na transformação de valores de refletância das imagens, gerando imagens índices com valores de densidade, produção fotossintética e umidade para cada pixel (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007; BOLFE, 2010; MENESES e ALMEIDA, 2012).

Dentre os índices aplicados nas análises ambientais temos o índice de vegetação ajustado ao solo (Soil-Adjusted Vegetation Index - SAVI), desenvolvido por Huete (1988). Este índice envolve a razão entre duas combinações lineares de bandas nas regiões espectrais do vermelho e do infravermelho próximo, assumindo uma constante de ajuste de solo na equação, reduzindo o efeito do solo de fundo e melhorando a resposta espectral da vegetação. Esta constante varia de 0 a 1, sendo que o valor 1 indica maior influência do solo na representação da cobertura vegetal e 0 influencia nula (BARET; GUYOT, 1991; BOLFE, 2010; SOUZA, 2017).

Os valores do SAVI variam entre -1,5 a 1,5, sendo que os valores negativos e próximos de zero indicam nuvens, solo exposto, rocha exposta e hidrografia e os valores positivos indicam presença de vegetação, sendo que quanto mais próximo de 1,5, maior a produção fotossinteticamente ativa, indicando assim maior vigor e densidade da cobertura vegetal (BARET; GUYOT, 1991).

Outro índice utilizado é o Índice de Água por Diferença Normalizada - NDWI (Normalized Difference Water Index), também conhecido como índice de umidade. Este índice foi proposto por Gao (1996) e está sendo aplicado nos estudos de cobertura vegetal, com potencial para mensurar o teor de água presente na estrutura da folhagem.

O NDWI é calculado a partir das bandas espectrais do infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas (GAO, 1996; CARDOZO et al., 2009). Este índice tem se destacado no monitoramento do estresse hídrico das coberturas vegetais, sejam elas de áreas naturais ou de atividades agropastoris e silvicultura. Seus resultados se apresentam no

intervalo de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior o índice de umidade (GAO, 1996; JENSEN, 2009).

Assim, o trabalho propõe avaliar temporal e espacialmente o vigor, a densidade e a umidade da cobertura vegetal da microrregião da Chapada dos Veadeiros, no estado de Goiás, por meio dos índices SAVI e NDWI. A microrregião da Chapada dos Veadeiros é onde ocorrem as maiores áreas de cobertura de Cerrado preservadas no estado de Goiás e, a análise temporal, se justifica pela pronunciada sazonalidade climática apresentada na microrregião, típica dos domínios de Cerrado (OLIVEIRA, 2007; FERREIRA, 2009; ZARDINI; SOUZA; MARTINS, 2016).

Materiais e métodos

Área de estudo

A microrregião da Chapada dos Veadeiros localiza-se entre os paralelos 14°50'00"/12°50'00" e meridianos 48°20'00'/46°10'00" (Figura 1), possui uma área aproximada de 21.333 km² e é composta pelos municípios de Alto Paraiso de Goiás, Campos Belos, Cavalcante, Colinas do Sul, Monte Alegre de Goiás, Nova Roma, São Joao d'Aliança e Teresina de Goiás.

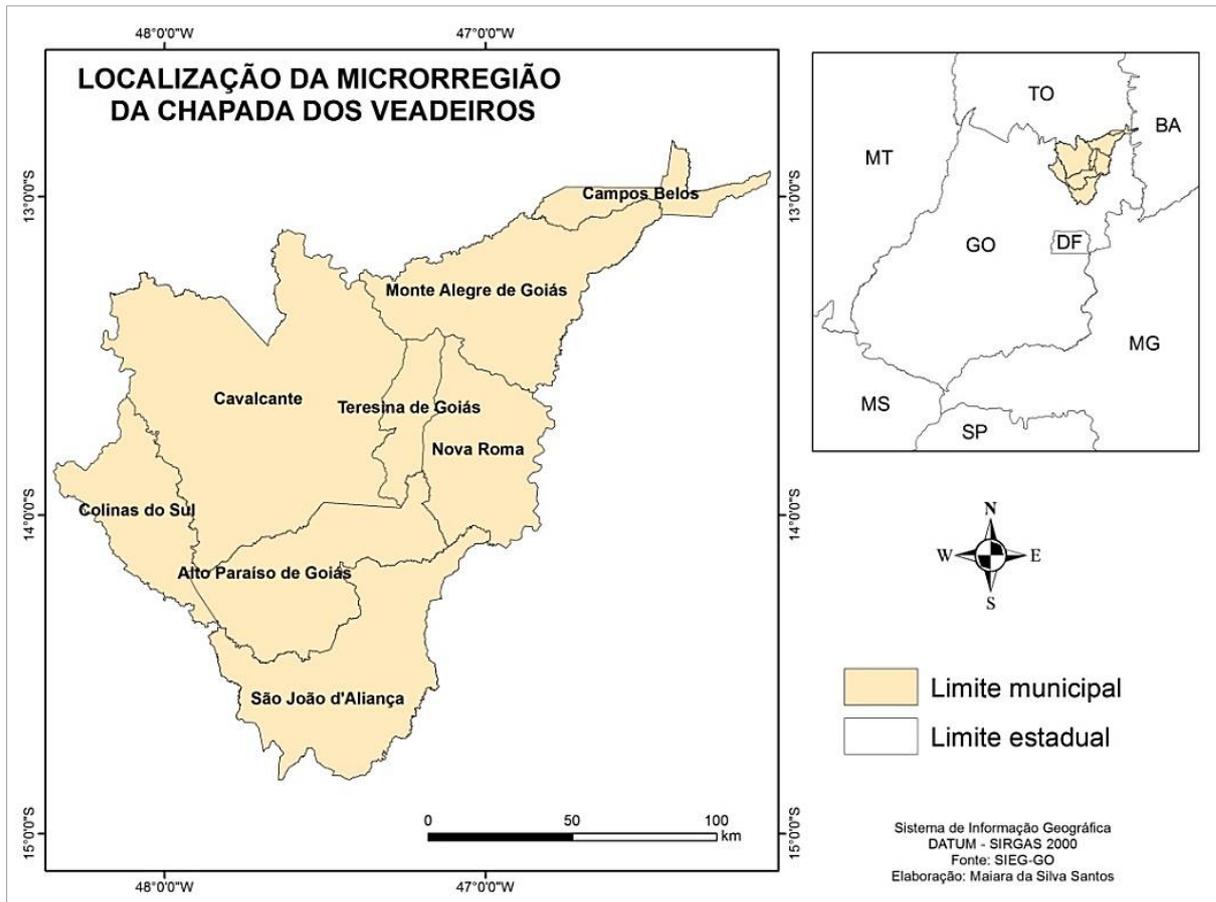


Figura 1: Mapa de localização da Microrregião da Chapada dos Veadeiros.

Materiais

A estimativa dos índices e os produtos cartográficos foram gerados no *software* ArcGis 10.3, a partir de imagens do sensor Landsat 8 do imageador OLI - *Operacional Land Imager* (USGS, 2015). Foi realizada a seleção das cenas disponíveis nos meses de dezembro de 2016 e julho de 2017, contemplando assim os períodos de maior e menor totais de chuva para a microrregião.

As cenas selecionadas foram reprojetadas para o hemisfério sul e foram elaborados mosaicos que serviram de base para o cálculo dos índices. As cenas utilizadas estão nas órbitas - pontos 221/70 e 221/69. As imagens foram adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e a descrição técnica das bandas utilizadas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Características técnicas das bandas espectrais do satélite Landsat 8.

Bandas	Comprimento de ondas (micrômetros)	Resolução (metros)	Instrumento imagiador
Band 4 – Red	0.64 – 0.67	30	OLI
Band 5 – Near Infrared (NIR)	0.85 – 0.88	30	OLI
Band 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30	OLI

Fonte: USGS (2017)

Os dados de precipitação foram coletados no Sistema de Informações Hidrológicas - Hidroweb – Séries Históricas de Estações no site da Agencia Nacional das Águas (ANA). Foram calculadas médias mensais de precipitação dos últimos dez anos de quatro estações pluviométricas monitoradas pela ANA e localizadas nos municípios de Campos Belos, Teresina de Goiás, São João d'Aliança e Alto Paraíso de Goiás.

Métodos

As imagens passaram pelo processo de conversão da radiância para refletância a partir da Equação:

$$\rho\lambda' = M\rho * Q_{cal} + A\rho$$

Em que:

Q_{cal} = Valor quantizado calibrado pelo pixel em níveis de cinza;

$\rho\lambda'$ = Refletância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar;

$M\rho$ = Fator multiplicativo reescalonado da refletância da banda;

$A\rho$ = Fator aditivo reescalonado da refletância da banda.

O SAVI foi calculado utilizando à equação a seguir:

$$SAVI = \frac{(1 + L) \cdot (NIR - R)}{(L + NIR + R)}$$

Em que:

NIR = refletância na faixa do infravermelho próximo;

R = refletância na faixa do vermelho;

SWIR = refletância na faixa do infravermelho médio;

L = fator de ajuste do solo, valor 0,5.

Para o cálculo do NDWI foi aplicado a seguinte equação:

$$\text{NDWI} = \frac{(\text{NIR} - \text{SWIR})}{(\text{NIR} + \text{SWIR})}$$

Em que:

NIR – banda na faixa do infravermelho próximo;

SWIR – banda na refletância na faixa do infravermelho de ondas curtas.

Foi aplicado aos dados métodos de estatística descritiva com elaboração de histogramas, gráfico de porcentagem e cálculo de desvio padrão e coeficiente de variação.

Resultados e discussão

Caracterização climática da microrregião

O clima da microrregião da Chapada dos Veadeiros é do tipo Aw segundo a classificação Köppen, e é caracterizado como Tropical Úmido (A) com inverno seco e chuvas máximas no verão (w), típico das áreas centrais de domínio do Cerrado. Possui sazonalidade bem marcada com forte estiagem nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro e concentração das precipitações nos demais meses (FELFILI et al., 2007; SILVA; ASSAD; EVANGELISTA, 2008).

As médias mensais de precipitação para quatro estações pluviométricas localizadas na microrregião, nos últimos dez anos, são apresentadas na Figura 2 (ANA, 2018). A partir dos gráficos de precipitação, podemos perceber o padrão sazonal das chuvas com altos volumes entre outubro e abril e significativo decréscimo a partir de maio, indicando julho e agosto como os meses mais críticos em déficit de umidade.

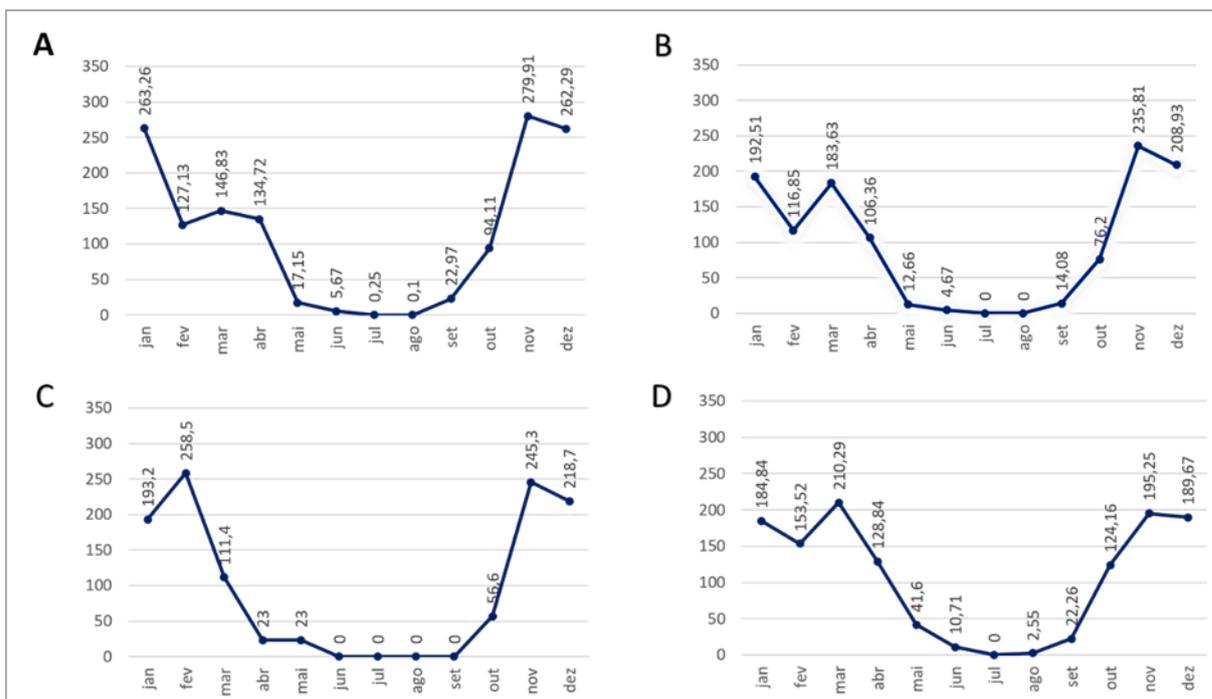


Figura 2 – Médias mensais de precipitação do período de 2008 a 2017 nas estações pluviométricas de (A) Campos Belos, (B) Teresina de Goiás, (C) São João d'Aliança e (D) Alto Paraíso de Goiás.

Fonte: Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (2018).

Avaliação sazonal e espacial da umidade, a partir do SAVI

Os valores do SAVI variaram de -0,05 a 1,03 em dezembro de 2016 e de -0,78 a 0,95 para julho de 2017. Estes resultados são perceptíveis à análise visual das imagens índices, que apresentaram variações importantes entre os períodos analisados (Figuras 3A e 3B).

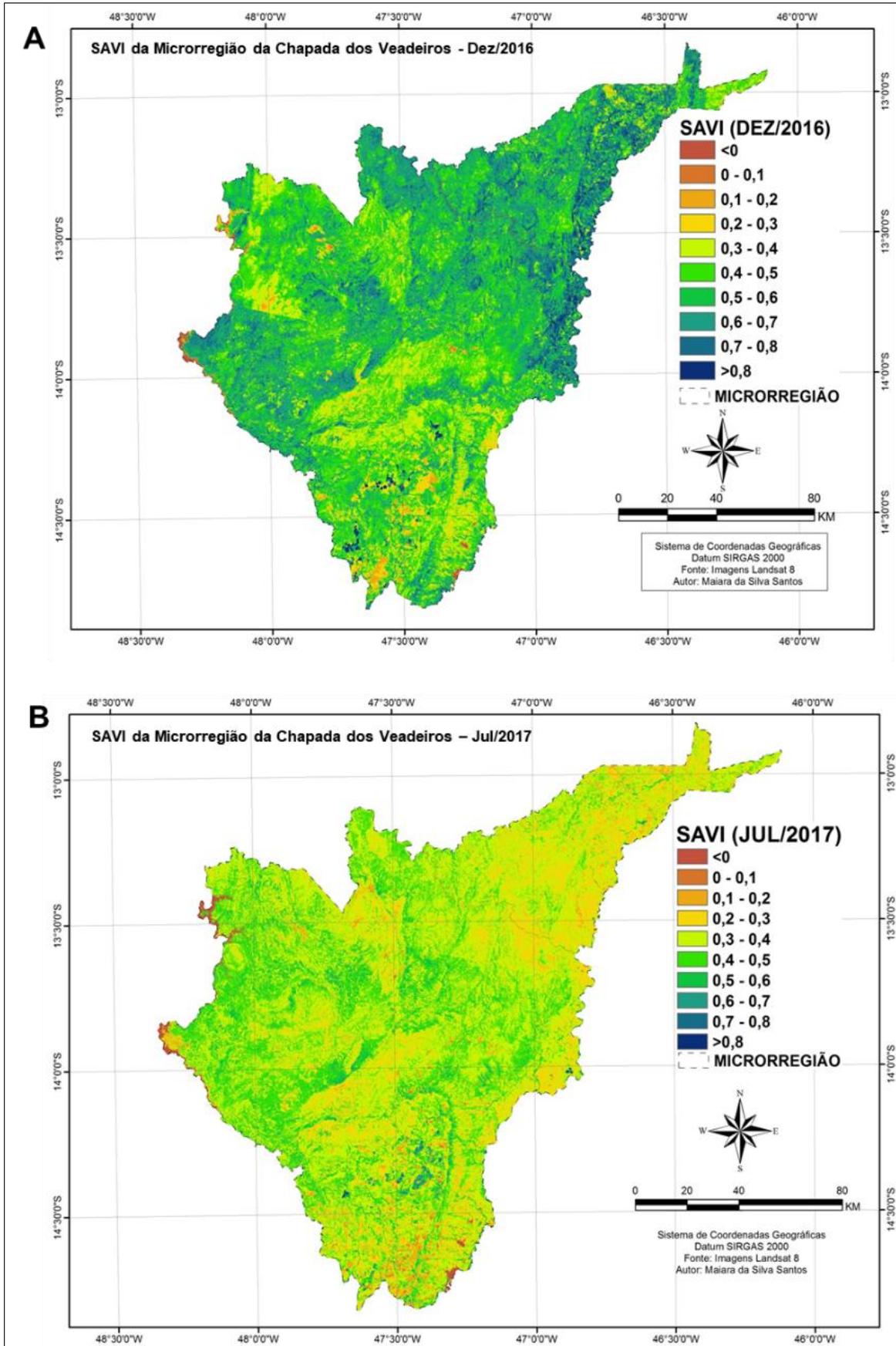


Figura 3: SAVI de dezembro, 2016 (A) e julho, 2017 (B) da Microrregião da Chapada dos Veadeiros.

É possível perceber na porção sul da microrregião (Figura 4A e 4B), nos municípios de São João d'Aliança e Alto Paraiso de Goiás, feições geométricas na paisagem que indicam a ocorrência de áreas agrícolas. Estes municípios apresentam relevos mais planos e em função disso tem possibilitado o avanço de atividades agrícolas ligadas ao agronegócio.

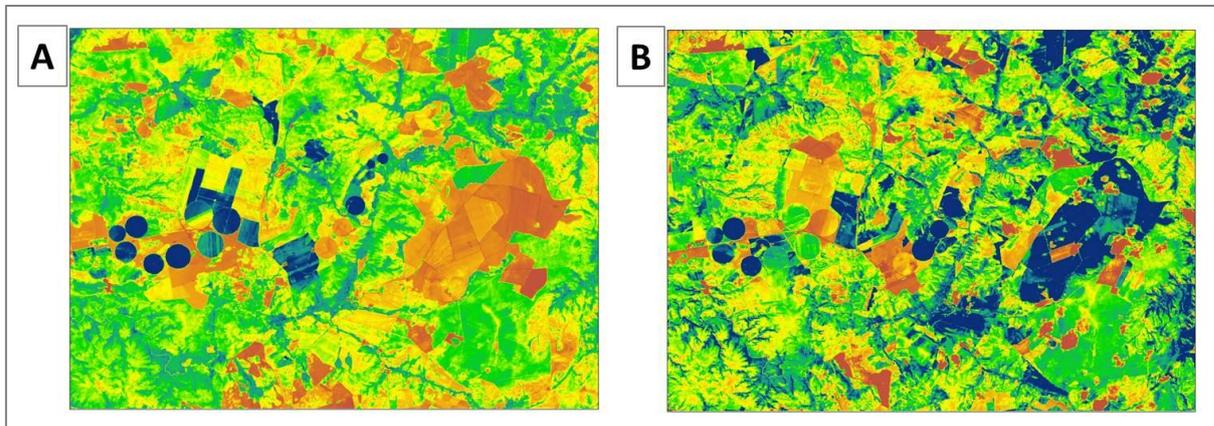


Figura 4: Trecho da porção sul da microrregião dos meses de dezembro, 2016 (A) e julho, 2017 (B).

Os tons de marrom nas imagens indicam áreas sendo preparadas para o cultivo e os tons de verde claro a azul escuro representam áreas de cultivo em diferentes estágios de desenvolvimento. Percebe-se também que na imagem de julho, período de estiagem, os valores de SAVI nas representações geométricas são mais elevados, isso se justifica pelas práticas de irrigação aplicadas ao cultivo, dentre elas os pivôs centrais de irrigação, representadas pelas formas circulares nas imagens.

Os histogramas de frequência das imagens do SAVI (Figura 5A e 5B) apresentaram distribuição assimétrica ligeiramente negativa (cauda estendida à esquerda), com frequências maiores no mês de julho. Em ambos os histogramas podem ser identificados dois pequenos picos à esquerda, em valores negativos, que representam parte dos reservatórios de água das usinas hidrelétricas de Serra da Mesa e Cana Brava.

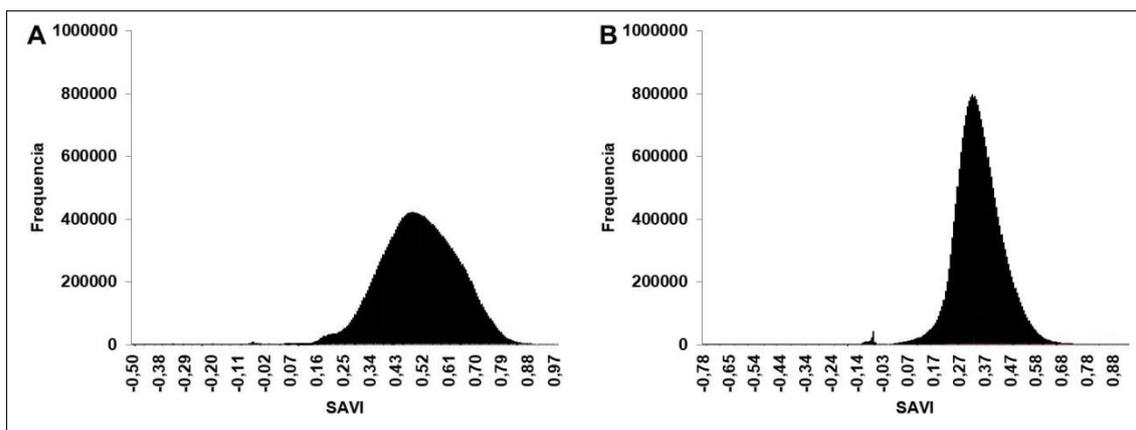


Figura 5: Histogramas do SAVI de dezembro, 2016 (A) e julho, 2017 (B).

No histograma do mês de dezembro, o pico de frequência se posicionou em torno de 0,50 e, no mês de julho, o pico de frequência bem mais acentuado que no mês de dezembro, se posicionou em torno de 0,35. Essa redução nos valores dos picos de frequência, indica decréscimo no vigor vegetativo e redução da produção fotossintética do período úmido para o seco.

A distribuição percentual do SAVI por classes (Figura 6) nos permite perceber a dimensão da influência das chuvas no vigor e densidade da vegetação. O pico de frequência no período úmido se posiciona no intervalo 0,5 – 0,6, compreendendo 27,27% do total de pixels da imagem índice. No período de estiagem, as maiores ocorrências em valores de SAVI ficaram entre 0,3 – 0,4, totalizando 44,7%. A tendência das classes mais baixas mostrarem-se superiores no quantitativo de pixels em julho, confirmam a queda da densidade e vigor da vegetação do Cerrado.

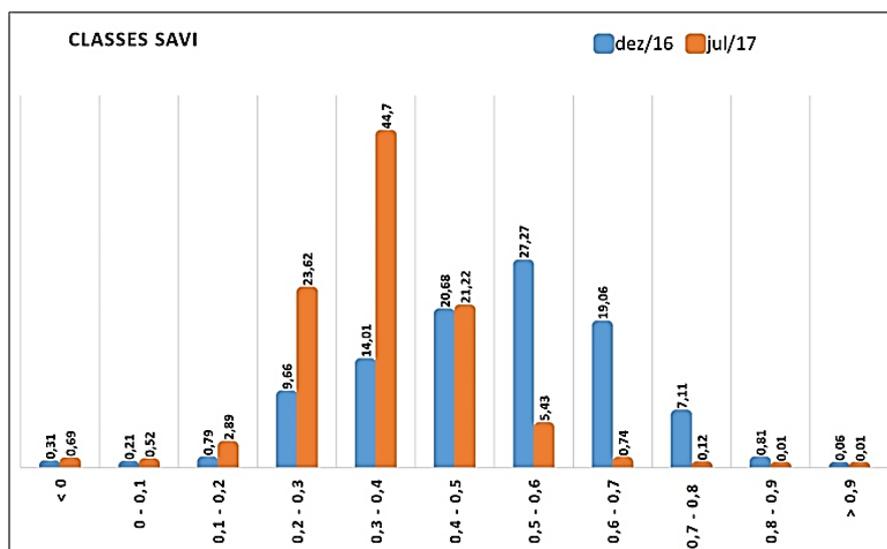


Figura 6 - Distribuição percentual do SAVI por classes para os meses de dez/ 16 e jul/ 17

Os valores resultantes da estatística descritiva do SAVI (Tabela 2) indicam que os dados apresentaram alta dispersão nos dois períodos, demonstrando através do desvio padrão que os valores variaram muito em relação às médias. O coeficiente de variação registrou valores muito próximos para os dois períodos e, nos dois casos, as amostras se apresentaram heterogêneas. Observa-se também uma variação significativa nas médias, com importante redução nos dados de julho.

Tabela 2: Estatísticas descritivas do SAVI para Microrregião

<i>Período</i>	<i>Valor Mínimo</i>	<i>Valor Máximo</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Coefficiente de variação</i>
Dezembro	-0,50	1,03	0,51	0,14	27,45%
Julho	-0,78	0,95	0,35	0,10	28,57%

Podemos inferir que os valores negativos ou próximos de zero estão relacionados aos trechos dos reservatórios das usinas hidrelétricas de Serra da Mesa e Cana Brava, áreas agrícolas sendo preparadas para o cultivo e áreas com rochas expostas em campos rupestres. Demarchi, Piroli e Zimback (2011) propõem que solo exposto registrariam valores de SAVI menores que 0,2; pastagens e agricultura de curto período entre 0,2 e 0,4; culturas perenes entre 0,4 e 0,6 e valores superiores a 0,6, áreas florestadas.

Segundo Sack e Frole et al., (2006) e Scholz et al., (2007) as perdas em densidade e vigor vegetativo no domínio do Cerrado está relacionada ao ressecamento da vegetação rasteira e arbustiva, que passa por um processo acentuado de perda de umidade e verdor no período seco e as ocorrências de caducifoliamento das espécies arbóreas decíduais e semidecíduas.

Avaliação sazonal e espacial da umidade, a partir do NDWI

Os valores do NDWI variaram de -0,51 a 0,57 para o período úmido e -0,63 a 0,57 para o período seco. Considerando os valores máximos, não houve mudanças entre os períodos, em relação aos valores mínimos, a variação foi pequena. No entanto, se observarmos as imagens índice, Figura 7A período úmido e Figura 7B período seco, a variação espacial é expressiva.

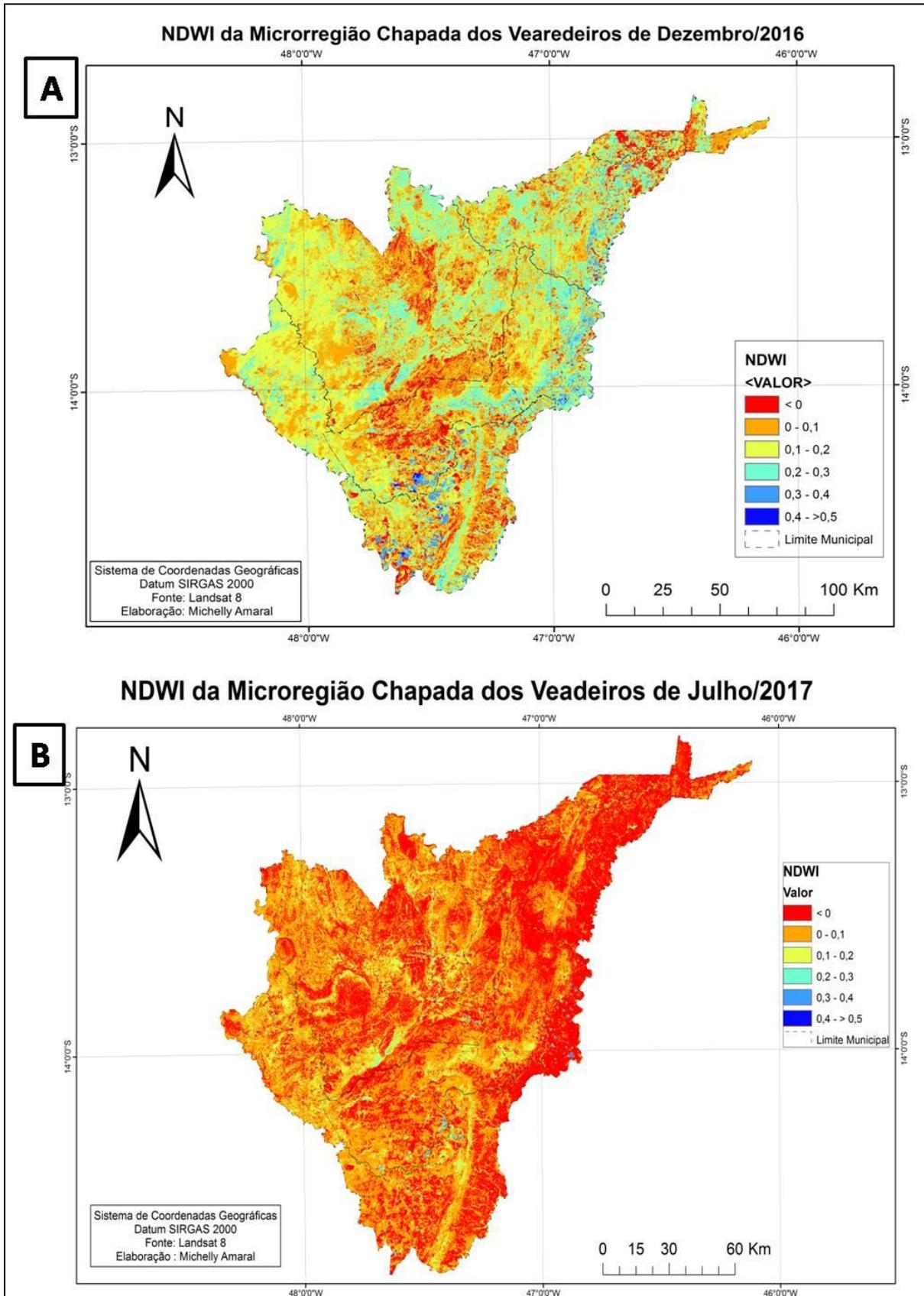


Figura 7: NDWI dos meses de dezembro de 2016 (A) e julho de 2017 (B) da Microrregião da Chapada dos Veadeiros

A Figura 8 apresenta o percentual dos valores da imagem índice de NDWI por classes, para os dois períodos. Podemos perceber que em dezembro 91% da área, ou da totalidade dos pixels, apresentou índices positivos de umidade, já no período de estiagem o quantitativo de pixels com registro de vegetação, com conteúdo de água na folhagem reduz para 57,45%. No período úmido os valores de NDWI que registraram a maior quantidade de pixels foi o intervalo 0,1 - 0,2 e, no período seco, predominou pixels com valores entre 0,0 e 0,1, comprovando a perda de água em função da queda dos totais de chuva para o período.

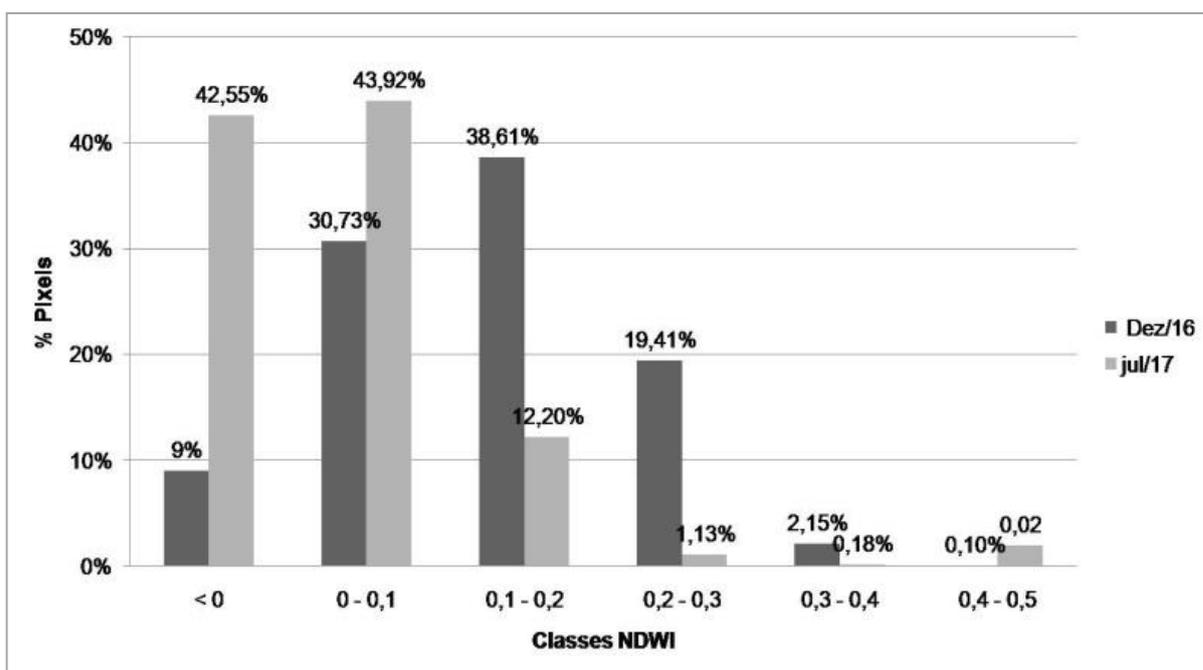


Figura 8 - Distribuição percentual do NDWI por classes para os meses de dezembro e julho.

Ressalta-se que os valores positivos apresentam níveis distintos de umidade, no caso da microrregião os níveis variaram de 0,01 a 0,57. Esta variação está relacionada também as diferentes condições de disponibilidade de água na cobertura vegetal e ao processo de perda por evapotranspiração. Oliveira et al. (2010) identificaram valores negativos de NDWI em áreas com alto grau de intervenção antrópica e valores acima de 0,30 para vegetação arbustiva arbórea fechada e áreas de cultura irrigada. Silva, Melo e Galvíncio, (2011) consideraram valores de NDWI em torno de 0,07 para vegetação com baixo teor de água; valores em torno de 0,26 para vegetação com moderado teor de água e em torno de 0,64 vegetação com alto teor de água.

O histograma de frequência da imagem de NDWI do mês de dezembro (Figuras 9A) apresenta assimetria negativa, com ligeiro alongamento à esquerda e pico de frequência em

torno de 0,10. O histograma da imagem de julho apresenta uma simetria aproximada, assim o pico de frequência tem valor próximo à média (0,03) (Tabela 3).

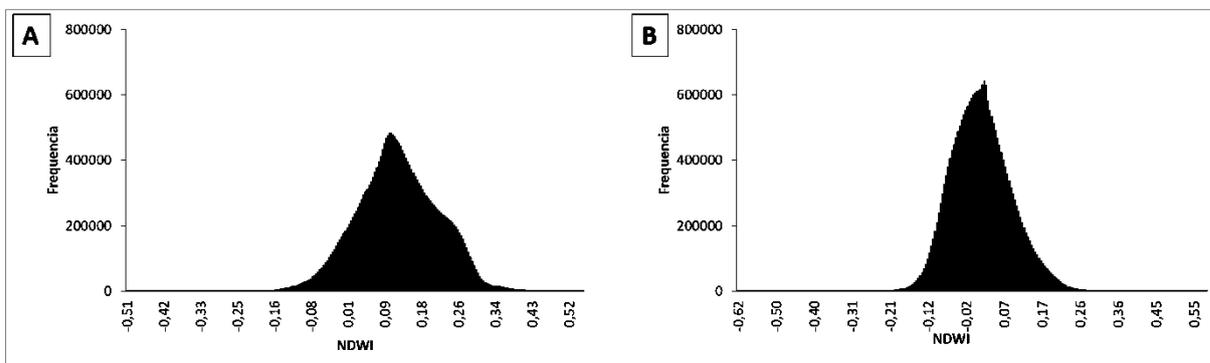


Figura 9: Histogramas do NDWI de dezembro, 2016 (A) e julho, 2017 (B)

A Tabela 3 apresenta os resultados da estatística descritiva para os dados de NDWI. Em relação as médias, a redução se apresentou bem acentuada do período úmido para o seco. Os valores do desvio padrão que foram próximos para os dois períodos, indicaram em ambas as imagens índices alta dispersão dos dados em relação média. Os valores do coeficiente de variação apresentaram resultados bem distintos, no qual para o mês de dezembro a dispersão mostrou-se muito alta (75%), indicando que os dados são extremamente heterogêneos.

Tabela 3: Estáticas descritivas do NDWI para Microrregião.

<i>Período</i>	<i>Valor Mínimo</i>	<i>Valor Máximo</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Coefficiente de variação</i>
Dezembro	-0,51	0,57	0,12	0,09	75%
Julho	-0,63	0,57	0,02	0,08	40%

Considerações finais

Os índices apresentaram aplicabilidade satisfatória na estimativa do vigor, densidade e umidade da vegetação, bem como na avaliação da influência da variabilidade climática no comportamento espectral da cobertura vegetal. As imagens Landsat 8 apresentaram resolução espacial e temporal aplicáveis a este tipo de estudo.

Os resultados do SAVI e NDWI para a microrregião apresentaram padrão espacial com forte relação com a sazonalidade das chuvas. O SAVI evidenciou variações importantes da cobertura de Cerrado que estão relacionadas as diversas fitofisionomias que podem ser identificadas na região. A partir do índice também é possível identificar as áreas antropizadas,

especialmente áreas agrícolas de ciclo curto. O NDWI apresentou aplicabilidade satisfatória na estimativa da umidade da vegetação de Cerrado, possibilitando a quantificação das perdas de teor de água na folhagem do período úmido para o de estiagem.

É importante o aprofundamento dos estudos do comportamento espectral do vegetal na microrregião da Chapada dos Veadeiros, para servir de subsídio às análises da paisagem para esta região que ainda há extensas áreas de Cerrado preservadas e a disponibilidade gratuita de imagens do sensor Landsat 8 podem contribuir para estes estudos, pois sua resolução espacial é aplicável à estudos regionais.

Agradecimentos

À Universidade Estadual de Goiás pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica (PBIC) ao primeiro autor. Agradecemos também ao Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento (LABCGEO) da UEG Campus Minaçu pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa.

Seasonal evaluation of vegetation cover of Chapada dos Veadeiros microregion through SAVI and NDWI indexes

Abstract: The objective of this study was to evaluate the influence of precipitation indexes on strength, density and humidity of the vegetation cover of the Chapada dos Veadeiros microregion, Goiás State, through the indexes SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) and NDWI (Normalized Difference Water Index) We used scenes from the Landsat 8 sensor from December 2016 to July 2017, thus contemplating the wet and dry periods for the microrégion. The climate of the Chapada dos Veadeiros microregion is characterized as Tropical Humid with dry winter and maximum rains in the summer and the predominant land cover is the savanna and grassy formations of the Cerrado biome. SAVI ranged from -0.05 to 1.03 in December 2016 and from -0.78 to 0.95 in July 2017. In December, the SAVI frequency peak was around 0.50, and in the month of July, the peak of frequency much more pronounced than in the month of December, was positioned around 0.35. The NDWI varied between -0.51 and 0.57 for the wet period and -0.63 and 0.57 for the dry period. Although the maximum NDWI values do not vary, the results indicated a significant reduction of the index from December to July. In the wet period only 9% of the area presented negative values, that is, without registration of vegetated areas with humidity, in the dry season the areas with negative values rose to 42.55%. The estimated indices presented a spatial pattern with strong relation with climatic seasonality, with emphasis on the rainfall regime.

Key-words: Index vegetation. Climatic Seasonality. Cerrado. Landsat 8.

Evaluación estacional de la cubierta vegetal de la microrregión de la chapada de los veadeiros por medio de índices SAVI y NDWI

Resumen: El trabajo tiene por objetivo evaluar la influencia de los índices de precipitación en el vigor, densidad y humedad de la cobertura vegetal de la microrregión de la Chapada dos Veadeiros, Goiás, por medio de los Índices SAVI (Normalized Difference Water Index - Índice de Vegetación Ajustado al suelo) y NDWI (Normalizado Difference Water Index - Índice de Humedad por Diferencia Normalizada). Se utilizaron escenas del sensor Landsat 8 de los meses de diciembre de 2016 y julio de 2017, contemplando así los períodos húmedo y seco para la microrregión. El clima de la microrregión de la Chapada de los Veadeiros se caracteriza como clima Tropical Húmedo con invierno seco y lluvias máximas en el verano y la cobertura del suelo predominante son formaciones campestres y sabánicas del bioma Cerrado. Los valores del SAVI variaron de -0,05 a 1,03 en diciembre de 2016 y de -0,78 a 0,95 para julio de 2017. En diciembre el pico de frecuencia del SAVI se posicionó en torno a 0,50, y en el mes de julio, el pico de frecuencia mucho más acentuado que en el mes de diciembre, se posicionó alrededor de 0,35. El NDWI varió entre -0,51 y 0,57 para el período húmedo y -0,63 y 0,57 para el período seco. Aunque los valores máximos de NDWI no varían, los resultados indican una significativa reducción del índice de diciembre a julio. En el período húmedo sólo el 9% del área presentó valores negativos, es decir, sin registro de áreas vegetadas con humedad, en el período de sequía las áreas con valores negativos subieron al

42,55%. Los índices estimados presentaron patrón espacial con fuerte relación con la estacionalidad climática, con énfasis en el régimen de lluvias.

Palabras clave: Índice de vegetación. Estacionalidad climática. Cerrado. Landsat 8.

Referências

ANA – Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas. Hidroweb – Séries Históricas de Estações <
http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf> Acesso em: jul/2018.

BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. *Remote Sensing Of Environmental*, New York, v. 3, n. 2, p.161-173, 1991.

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.

CARDOZO, F. S.; PEREIRA, G.; SILVA, G. B. S. S.; SILVA, F. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; MORAES, E. C. *Discriminação de áreas alagadas no Pantanal sul matogrossense a partir de imagens orbitais*. In: 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, **Anais**, Corumbá, 7-11 novembro, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, pp. 99-106. 2009.

DEMARCHI J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat-5. *RAT GA*, v. 21, p. 234-271, 2011.

FERREIRA, M. E. *Modelagem da dinâmica da paisagem do Cerrado*. 2009. 116 p. tese (doutorado em Ciências Ambientais) – Programa Multidisciplinar de Doutorado em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

FELFILI, J. M., REZENDE, A. V., SILVA, M. C. *Biogeografia do Bioma Cerrado: Vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros*. Editora UnB: Brasília, 2007.

GAO, B. C. NDWI: A Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, v. 58, p.257- 266, 1996.

GOEDERT, W. *Estratégias de manejo das savanas*. In: G. Sarmiento (ed.). *Las sabanas americanas: aspectos de su biogeografía, ecología y utilización*. Acta Científica Venezolana. pp. 191-218. 1990.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, New York, v. 25, p. 295-309, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos*. (Manuais Técnicos de Geociências, 1). Rio de janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, 2012. 271p.

JENSEN, J. R. *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Tradução da 2ª ed. por (pesquisadores do INPE): José Carlos N. Epiphany (coord) [et al.]; São José dos Campos: Parêntese. 2009. 672 p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Aritmética de bandas. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. (Orgs) *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: UnB/CNPq, 2012, 276p.

MÜLLER, C. 2003. *Expansion and modernization of agriculture in the Cerrado – the case of soybeans in Brazil's center-West*. Department of Economics Working Paper 306, Universidade de Brasília, Brasília.

NOVO, E. M. L. de M. *Sensoriamento remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Blucher, 2008. 387p.

OLIVEIRA, I. J. *Cartografia turística para a fruição do patrimônio natural da Chapada dos Veadeiros (GO)*. 2007. 201 p. tese (doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, T. H. et al. Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*. Recife. n. 03 p. 55-69, 2010.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. *Sensoriamento Remoto da Vegetação*. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160 p.

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

RODRIGUES, W. 2002. *Tecnologias agrícolas sustentáveis no Cerrado. Coleção Centro-Oeste de Estudos e Pesquisas*. 13. Ministério da Integração Nacional & Universidade Estadual de Goiás, Brasília.

SACK, L.; FROLE, K. Leaf structural diversity is related to hydraulic capacity in tropical rain forest trees. *Ecology*, North Caroline, v. 87, p. 483-491, 2006.

SCHOLZ, F. G. et al. Biophysical properties and functional significance of stem water storage tissues in neotropical savanna trees. *Plant Cell Environment*, Logan, v. 30, p. 236-248, 2007.

SOUZA, J. C. *Metodologia para avaliação ambiental em bacias hidrográficas utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Instituto de Ciência e tecnologia (Campus de Sorocaba), 2017.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, B. A. Caracterização climática do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (EDI.). *Cerrado: ecologia e flora*. Brasília: EMBRAPA, 2008.

SILVA, E. R. A. C.; MELO, J. G. S., GALVÍNCIO, J. D. Identificação das Áreas Susceptíveis 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, p. 629-649, 2011.

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.

Sobre os autores

Maiara da Silva Santos – Licenciada em Geografia pela Universidade Estadual de Goiás, campus Minaçu.

Michelly Silva Amaral - Licenciada em Geografia pela Universidade Estadual de Goiás, campus Minaçu.

José Carlos de Souza – Mestre em Geografia e Doutor em Ciências Ambientais pelo ICT/Unesp - Sorocaba. Professor da Universidade Estadual de Goiás.

Recebido para avaliação em novembro de 2018

Aceito para publicação em fevereiro de 2019