



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À ANÁLISE DAS MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO GURGUÉIA (PIAUÍ)

Reurysson Chagas de Sousa Morais ^(a), Marta Celina Linhares Sales ^(b)

^(a) Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia, Instituto Federal do Piauí, reurysson@ifpi.edu.br

^(b) Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, mclsales@uol.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar o grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e pretérita da bacia hidrográfica do Alto Gurguéia com uso de imagens da satélite Landsat. Para tanto, calculou-se o Índice de Cobertura Vegetal através do cálculo da diferença entre os valores do Índice de Vegetação Ajustada ao Solo (Soil Adjusted Vegetation Index - SAVI) referente aos anos de 1984 e 2016. Os resultados apontaram que 77,9% da área da bacia apresenta nível muito alto de semelhança da vegetação entre as datas analisadas. As maiores discrepâncias ocorreram nas regiões de planaltos e chapadas devido a presença da agricultura comercial. A metodologia, apesar de eficiente, necessita de adequações para sua plena efetividade em regiões de cerrado e caatinga, dada a característica decidual e variabilidade dos ciclos fenológicos das espécies. Sugere-se o uso do balanço hídrico como critério adicional para a escolha das imagens de satélites.

Palavras chave: Geoprocessamento. Índice de vegetação. Monitoramento ambiental.

1. Introdução

O avanço da agricultura comercial e pecuária na região dos cerrados brasileiro tem sido responsável por transformações sócioeconômicas e mudanças na estrutura da paisagem. Do ponto de vista ambiental, a substituição da vegetação natural por espécies comerciais e pastagens tem implicações diretas sobre a estabilidade do ambiente, podendo resultar no



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

empobrecimento dos solos, desencadeamento de processos erosivos e o consequente assoreamento dos corpos hídricos.

A identificação do grau de semelhança da cobertura vegetal atual de uma determinada bacia hidrográfica em relação a seu estado clímax fornece subsídios para avaliação do risco de degradação física a que está submetida, conforme sugerido por Beltrame (1996).

Com o advento do sensoriamento remoto e o desenvolvimento de técnicas de processamento digital de imagens de satélites, a mensuração das mudanças impostas à cobertura vegetal passou a ser realizada de modo mais preciso, facilitando o trabalho de monitoramento da cobertura vegetal e identificação de áreas submetidas a pressão antrópica.

Frente ao exposto, este trabalho teve como objetivo analisar o grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e pretérita da bacia hidrográfica do Alto Gurguéia a partir de imagens de satélite. Parte-se do pressuposto de que as atividades socioeconômicas desenvolvidas ao longo das últimas décadas têm provocado alterações na cobertura vegetal.

2. Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Alto Gurguéia refere-se a área de drenagem do seguimento de 203 km do rio Gurguéia, compreendido entre suas nascentes e a confluência com o rio Paraim. Esta bacia localiza-se entre as coordenadas 9°15' e 10°25' de latitude sul e 44°30' e 45°40' de longitude oeste. Ocupando uma área de aproximadamente 4.791 km², abrange áreas de sete municípios no estado do Piauí, e uma pequena parte do norte do município de Formosa do Rio Preto, no estado da Bahia (Figura 1).

Do ponto de vista de ocupação a BHAG é tipicamente rural visto que apenas três sedes municipais estão parcial ou totalmente inseridas na bacia: Gilbués, São Gonçalo do Gurguéia e Monte Alegre do Piauí. Apresenta diversos problemas ambientais decorrentes da ocupação desordenada como o desmatamento, erosão e, conseqüentemente, perda de solos produtivos e assoreamento dos corpos hídricos.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

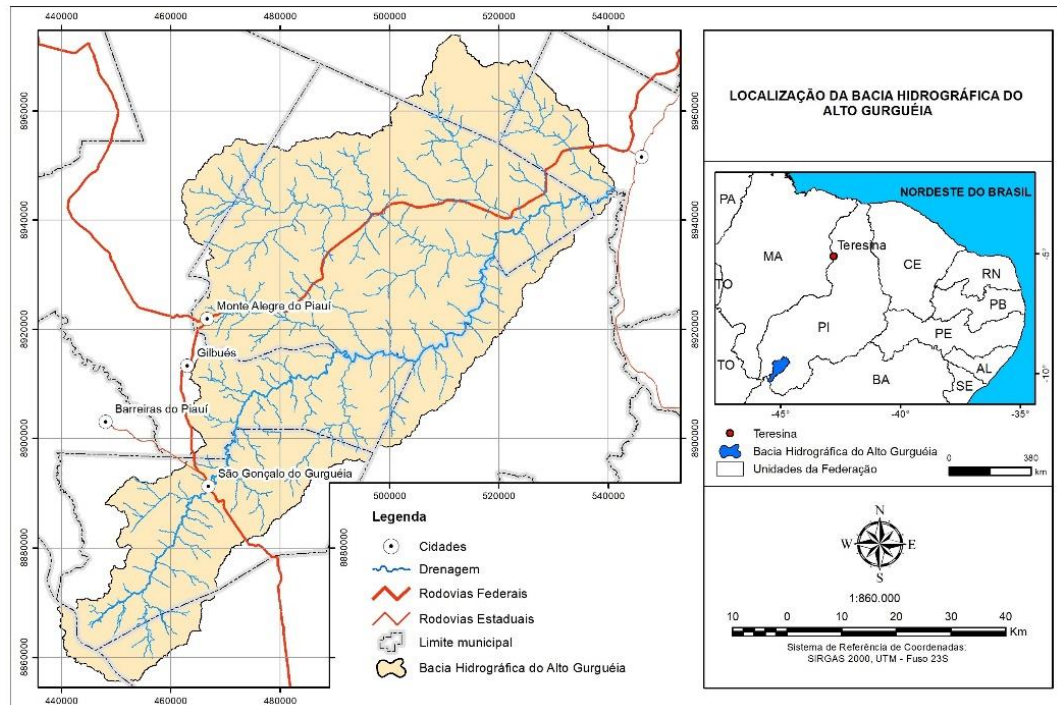


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Gurgueia.

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Trata-se de uma região ambientalmente frágil que exhibe associações de solos com forte predisposição à erosão que, associadas às características de chuva e declividade, apresenta grandes extensões de áreas sob domínio de processos erosivos (CREPANI, 2009; SALES, 2003).

A BHAG localiza-se na zona de transição entre o Cerrado e Caatinga e apresenta clima do tipo subúmido seco, com período chuvoso entre os meses de dezembro a abril, mesotérmico, com pequena amplitude térmica anual (24 a 26°C) e precipitação média anual da ordem de 1000 a 1200 mm (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2004).

3. Material e métodos

A análise do grau de semelhança entre a vegetação atual e pretérita da BHAG foi realizada com base no Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (*Soil Adjusted Vegetation*



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Index - SAVI) resultante do processamento de imagens de satélite. Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite da série Landsat obtidas por meio da página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), que atendessem a dois critérios. O primeiro critério diz respeito a data de imageamento, onde deu-se preferência às imagens capturadas após o término do período chuvoso, quando a vegetação se apresenta mais exuberante (maio a julho). Este critério torna-se importante em virtude de a região apresentar vegetação caducifólia, típica de áreas de cerrado e caatinga. Essa característica implica que nos períodos de estiagem a ausência de massa foliar pode mascarar a real expressão espacial da vegetação.

O segundo critério diz respeito a baixa cobertura de nuvem na área a ser mapeada. Com isso, definiu-se as imagens do satélite Landsat 5 datadas de 20 de junho de 1984 como representantes das condições originais de cobertura vegetal, e as imagens do satélite Landsat 8, datada de 28 de junho de 2016, como representantes das condições de cobertura vegetal atual da BHAG. As especificações técnicas para identificação das imagens utilizadas encontram-se descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Imagens de satélite utilizadas na obtenção do Índice de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia.

Satélite	Sensor ¹	Órbita/Ponto	Data	Bandas	Faixa espectral
Landsat 5	TM	220/66 e 67	20/06/1984	3 (Vermelho)	0,63 – 0,69
Landsat 5	TM	220/66 e 67	20/06/1984	4 (IV Próximo)	0,76 – 0,90
Landsat 8	OLI	220/66	14/07/2016	4 (Vermelho)	0,64 – 0,67
Landsat 8	OLI	220/67	14/07/2016	5(IV Próximo)	0,85 – 0,88

Fonte: Dados da pesquisa. ¹Tm = *Thematic Mapper*; OLI = *Operational Land Imager*.

Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2009), para a geração correta de imagens de índices de vegetação, os números digitais (ND) das imagens de satélites devem ser transformados em valores físicos, preferencialmente em Reflectância de Superfície, visto que os ND das diferentes bandas não estão na mesma escala radiométrica.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

No processo de conversão de ND para valores de Reflectância de Superfície foi utilizado o *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), versão 5.3.6.1, a partir do *software* QGIS (versão 2.18). O SCP é uma plugin gratuito de código aberto para QGIS que permite a classificação semiautomática de imagens de sensoriamento remoto, além de fornecer ferramentas para o pré-processamento de imagens, pós-processamento de classificações e cálculos envolvendo arquivos *raster*. O processo utiliza duas etapas: conversão do ND para Reflectância no Topo da Atmosfera (TOA), seguido da correção dos efeitos da atmosfera com uso do método *Dark Object Subtraction 1* (DOS1) (CONGEDO, 2017).

A normalização radiométrica das imagens *Landsat* foi realizada por meio do Método de Uniformização das Médias e Variâncias (UMV), conforme descrito por Leonardi, Souza e Fonseca (2003), adotando-se como referência a imagem do ano de 2016 (Equação 1). Para isto, foram calculados os parâmetros (*ganho* e *offset*) da função (Equação 2 e 3) que quando aplicada à imagem de ajuste, resultou em uma imagem com a mesma média e variância da imagem de referência.

$$S' = S \cdot \text{ganho} + \text{offset} \quad (1)$$

$$\text{ganho} = \sqrt{\frac{\sigma_R^2}{\sigma_S^2}} \quad (2)$$

$$\text{offset} = \mu_R - \sqrt{\frac{\sigma_R^2}{\sigma_S^2}} \cdot \mu_S \quad (3)$$

Onde, S' é a imagem normalizada; S é a imagem de ajuste; σ_R^2 é a variância da imagem de referência; σ_S^2 é a variância da imagem de ajuste; μ_R é a média da imagem de referência; e μ_S a média da imagem de ajuste.

Posteriormente procedeu-se ao cálculo do SAVI para os anos de 1984 e 2016. A escolha do SAVI deu-se devido a região de estudo apresentar vegetação esparsa, típica de cerrado e caatinga, com extensas áreas de solo exposto. Nessas condições os solos exercem forte influência no espectro de radiação proveniente de dosséis vegetais esparsos e interferem no cálculo dos índices de vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009). O SAVI, expresso



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

pela Equação 4, apresenta uma constante “L” que tem a função de minimizar o efeito do solo no resultado do índice.

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

Onde: L é a constante que minimiza o efeito do solo e pode variar de 0 a 1; ρ_{nir} é a banda correspondente ao infravermelho próximo e ρ_r é banda correspondente ao vermelho.

Segundo Huete (1988) os valores ótimos de L são: L=1 (para densidade baixas de vegetação); L = 0,5 (para densidade médias) e L = 0,25 (para densidades altas). Huete e Liu (1994) afirmam que um valor de L igual a 0,5 no espaço de reflectância (Vermelho x Infravermelho Próximo), reduz as variações de brilho dos solos, eliminando a necessidade de calibrações adicionais para diferentes tipos de solos. Este foi, portanto, o valor de L adotado neste estudo.

O SAVI apresenta valores entre -1 e 1, e é exibido na forma de imagens em níveis de cinza. Deste modo, os valores positivos estão relacionados aos valores mais elevado SAVI, e indicam presença de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto os valores negativos estão relacionados a valores SAVI mais baixos e indicam áreas com ausência de vegetação na superfície, tais como corpos d’águas, solo exposto, nuvens e sombras (EHSAN; KAZEM, 2013).

O grau de semelhança entre a vegetação original e atual da BHAG foi definido com base nas diferenças entre os valores das imagens SAVI dos anos de 1984 e 2016. Assim sendo, procedeu-se a subtração dos valores da imagem SAVI de 2016 dos valores da imagem SAVI de 1984, que resultou em uma imagem residual, aqui denominada de Índice de Cobertura Vegetal (ICV) que expressa a magnitude das mudanças ocorridas na cobertura vegetal. Assim, quanto mais distante de zero (para mais e para menos) for o valor de ICV, maior a diferença entre as duas imagens SAVI. Logo, valores próximos de zero indicam alto grau de semelhança



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

entres as duas imagens. O limite das classes foi definido em função do valor do desvio-padrão dos números digitais da imagem ICV.

3. Resultados e discussão

A Figura 2 apresenta as imagens SAVI referentes aos anos 1984 e 2016 utilizadas para o cálculo do ICV. Para o ano 1984, a maior densidade de cobertura vegetal (valores próximos a 0,66) foi registrada nas áreas marginais dos rios e cabeceiras de drenagem, seguido das áreas no topo das chapadas e planaltos. Na porção central da bacia, assim como nas bordas das escarpas verifica-se a ocorrência de amplas áreas de solo exposto, evidenciadas pelos valores de SAVI próximos a zero. Nas demais porções da bacia verifica-se uma associação de áreas com média a baixa densidade de cobertura vegetal.

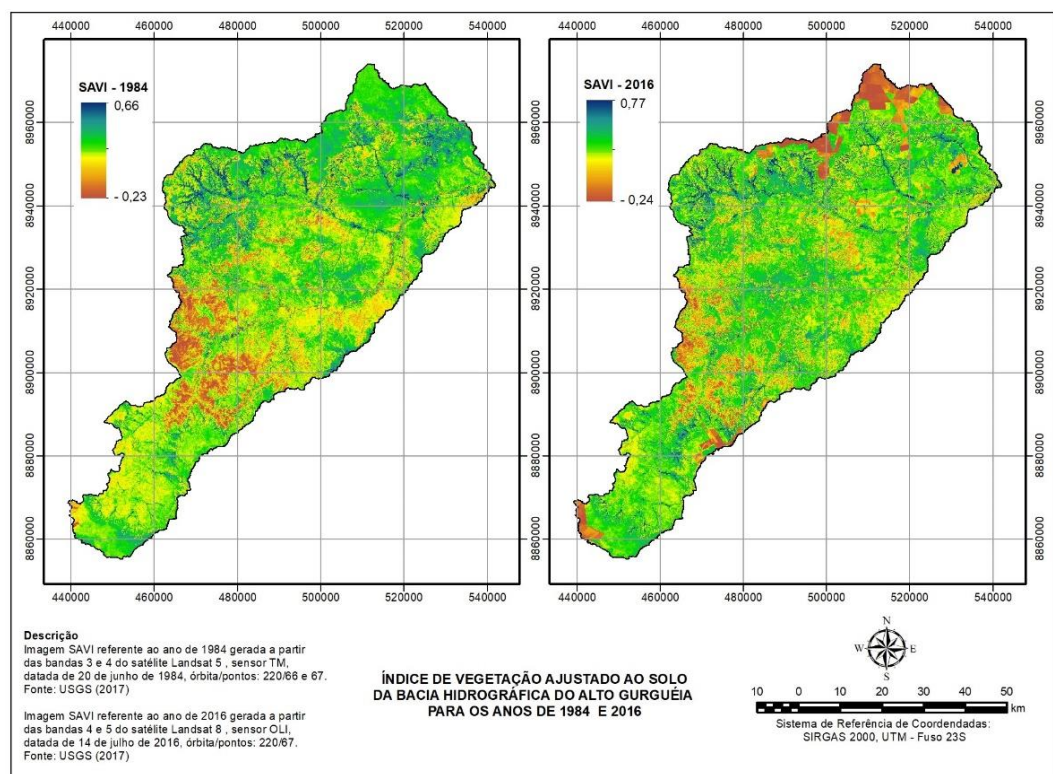


Figura 2 – Imagens SAVI da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia referentes aos anos 1984 e 2016.

Fonte: Moraes (2018). Adaptada.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Por meio da análise do padrão irregular e fragmentação das densidades de cobertura vegetal expressas pelos valores SAVI é possível observar que em 1984 não havia ocupação expressiva, salvo às áreas de entorno dos pequenos aglomerados populacionais. Portanto, acredita-se que as variações de densidade da cobertura vegetal observadas em 1984 (Figura 2) decorre de processos ligados à dinâmica natural do ambiente.

Na imagem SAVI referente ao ano de 2016 é possível verificar uma mudança significativa na distribuição das áreas indicativas de solo exposto (valores SAVI próximos a zero). A análise do padrão geométrico dessas áreas indica a ocupação dos planaltos e chapadas para produção agrícola comercial. Nestes casos, a condição de solo exposto indica a fase de pós-colheita e ou preparação do solo para plantio.

De modo análogo ao ocorrido em 1984, no ano de 2016 as áreas marginais dos rios e cabeceiras de drenagem apresentaram as maiores densidades de cobertura vegetal. Neste ano a introdução de agricultura irrigada próximo ao exutório da bacia resultou num incremento do valor máximo ($SAVI \cong 0,77$). Nas demais áreas da BHAG foram identificadas pequenas variações nos valores SAVI que resultou numa aparente redução das áreas de solo exposto no centro da bacia, bem como a ampliação das áreas com média a alta densidade de cobertura vegetal, representada por tons de verde na imagem.

Duas hipóteses podem ser levantadas para explicar tais variações. A primeira é um possível esvaziamento do campo, visto que o censo demográfico de 2000 e 2010 indicam uma tendência de urbanização dos municípios que integram a bacia, conforme demonstrado por Moraes (2018). A segunda hipótese baseia-se em aspectos físico-ambientais, pois é provável que as variações apresentadas nas imagens SAVI de 1984 e 2016 estejam relacionadas a diferentes estágios de desenvolvimento do ciclo fenológico das espécies da região.

Uma análise comparativa das estatísticas referente as imagens SAVI de 1984 e 2016, demonstrou não haver diferenças nos valores mínimos, média e desvio-padrão, ao passo que o valor máximo registrado na imagem de 2016 foi ligeiramente superior àquele identificado em



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1984 (Tabela 1), fato decorrente da introdução da agricultura irrigada numa pequena área no setor nordeste da bacia.

Tabela 1 – Estatística das imagens SAVI referente aos anos de 1984 e 2016.

Variáveis	SAVI ₁₉₈₄	SAVI ₂₀₁₆
Mínimo	-0,22	-0,24
Máximo	0,66	0,77
Média	0,29	0,29
Desvio-padrão	0,064	0,064

Fonte: Dados da pesquisa.

A imagem ICV foi fatiada em nove classes tendo como referência para o limite das classes o valor do desvio-padrão dos números digitais da camada *raster*, conforme sugerido por Ferrari, Santos, Garcia (2011). Como a cálculo das diferenças entre as imagens SAVI resulta em números positivos e negativos, procedeu-se a codificação das classes de modo a expressar, por meio de um índice, seu afastamento em relação ao valor zero, indicativo de imutabilidade da densidade de cobertura vegetal no decorrer do período analisado, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Níveis categóricos do Índice de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia.

Intervalo de classe	Índice	Nível de semelhança
ICV > 0,256	5	Muito baixo
0,192 a 0,256	4	Baixo
0,128 a 0,192	3	Médio
0,064 a 0,128	2	Alto
0,064 a -0,064	1	Muito alto
-0,128 a -0,064	2	Alto
-0,192 a -0,128	3	Médio
-0,256 a -0,192	4	Baixo
ICV < -0,256	5	Muito baixo

Fonte: Dados da pesquisa.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Com base no ICV apresentado na Figura 3 é possível observar que a Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia apresentou pouca alteração em sua cobertura vegetal ao longo dos últimos 32 anos (1984 a 2016), pelo menos no que diz respeito a densidade de vegetação expressa por meio do SAVI. De acordo com o critério adotado, cerca de 77,9% da área da bacia apresenta nível muito alto de semelhança entre a cobertura vegetal original e atual. Uma análise da distribuição espacial desta classe indica que a mesma se refere a áreas localizadas ao longo de toda a extensão do vale do Alto Gurguéia, sem influências expressivas da atividade antrópica.

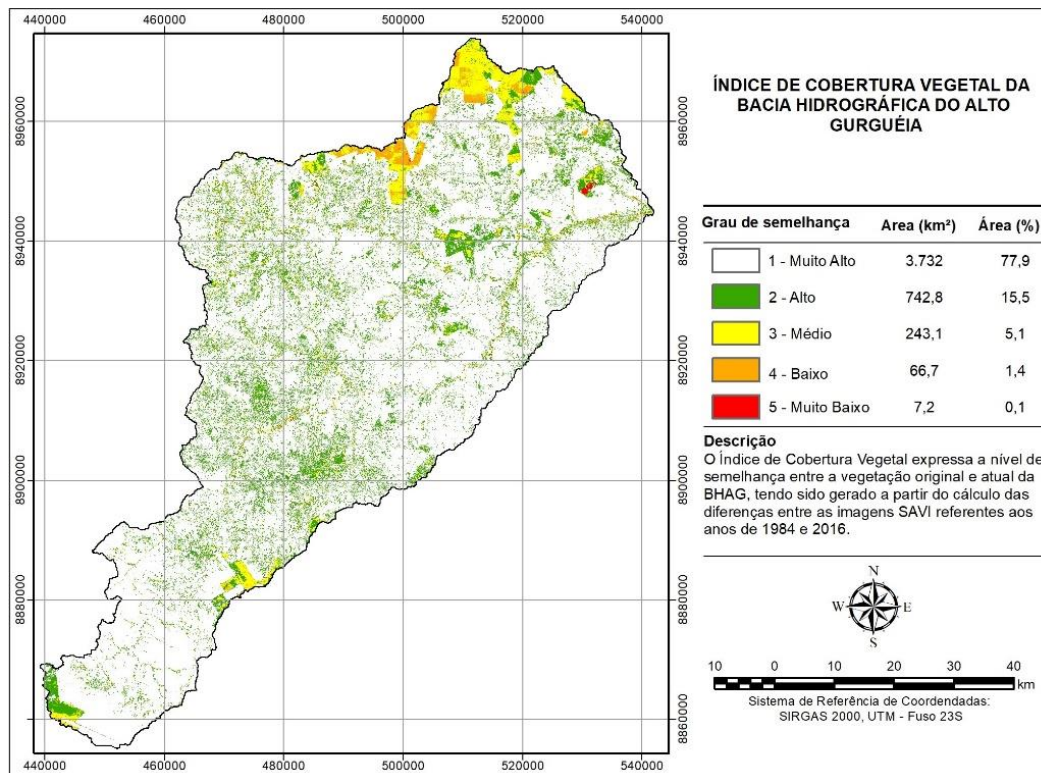


Figura 3 – Índice de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia.

Fonte: Morais (2018). Adaptada.

Embora 15,5% da área da bacia tenha apresentado alto grau de semelhança entre a vegetação original e atual, é possível observar que parte dessa área está inserida em locais



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ocupados por agricultura mecanizada que inexistia no ano de 1984. O mesmo ocorre com as classes 3 e 4 (médio e baixo grau de semelhança, respectivamente).

4. Conclusões

A metodologia utilizada possibilitou a avaliação do grau de semelhança espectral entre a cobertura vegetal atual e pretérita da BHAG, onde 77,9% da área estudada apresenta grau de semelhança muito alto. A distribuição espacial das classes de ICV demonstrou que as maiores mudanças de cobertura vegetal ocorreram nas regiões de planaltos e chapadas, embora se reconheça que tais mudanças também vêm ocorrendo ao longo do vale.

Isso demonstra que a definição de datas equivalentes para seleção de imagens de satélites para fins de detecção de mudanças na cobertura vegetal por meio de índices de vegetação é pouco eficiente para região com predomínio de vegetação típica de cerrado e caatinga, dada sua característica decidual e variabilidade dos ciclos fenológicos.

Como forma de contornar esta situação propõe-se o desenvolvimento de pesquisas que possam estabelecer critérios mais consistentes para seleção de imagens de satélites para regiões do cerrado e caatinga. Acredita-se que a análise do balanço hídrico possa balizar a escolha de imagens de satélites minorando os problemas causados pelos diferentes estágios dos ciclos fenológicos na estimativa de índices de vegetação quando se leva em consideração apenas as datas no processo de seleção das imagens de satélite.

3. Referências Bibliográficas

ANDRADE JÚNIOR, A. S. *et al.* **Atlas Climatológico do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 151 p. (Documentos, 101). Disponível em: <<https://goo.gl/vTC8BF>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994. 111 p.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. Release 5.3.6.1, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/pBqp99>>. Acesso em: 27 maio 2017.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CREPANI, E. *et al.* **Banco de dados geográficos dos municípios de Gilbués e Monte Alegre do Piauí (PI) (Municípios pertencentes ao Núcleo de Desertificação de Gilbués).** São José dos Campos: INPE, 2008a. Disponível em: <<https://goo.gl/FpsNDs>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

EHSAN, S.; KAZEM, D. Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 8, n. 37, p. 4614–4622, 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/vn1no1>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

FERRARI, J. L.; SANTOS, A. R. Dos; GARCIA, R. F. Análise da vegetação por meio da subtração de imagem NDVI na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Horizonte, Alegre, ES. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 3–18, 2011. Disponível em: <<https://goo.gl/58J7iL>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

HUETE, A. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 295–309, 1988. Disponível em: <<https://goo.gl/HijYf9>>. Acesso em: 12 fev. 2019.

MORAIS, R. C. S. **Contribuição metodológica para elaboração do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) em bacias hidrográficas: aplicação na bacia do alto Gurguéia, Piauí (Brasil).** 2018. 151 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PINTO, M. S. C.; CAVALCANTE, M. A. B.; ANDRADE, M. V. M. avaliação da área foliar e o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de plantas. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET**, [s. l.], v. VII, n. 4, p. 1–11, 2006. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040406.html%0APotencial>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. 135 p.

SALES, V. D. C. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. **Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 16, p. 125–141, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/kb4KAa>>. Acesso em: 10 fev. 2019.