

Análise de NDVI e NDWI em diferentes intensidades pluviométricas para bacia hidrográfica do rio do Cachoeirinha – Mato Grosso, Brasil

Tamires da Silva Machado¹
Charles Caioni²
Rosilainy Surubi Fernandes³
Ronaldo José Neves⁴
Sandra Mara Alves da Silva Neves⁴

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Campus Universitário de Cáceres - Curso de Agronomia
Av. Santos Dumont, s/nº. Bairro: Santos Dumont.
78200-000 – Cáceres/MT, Brasil
tamiresagronomia@gmail.com

²Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Campus Universitário de Alta Floresta – Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos
Av. Perimetral Rogério Silva, s/n-Jardim Flamboyant
78580-000 – Alta Floresta/MT, Brasil
charlescaione@hotmail.com

³Instituto Oswaldo Cruz- FIOCRUZ
Laboratório de Transmissores de Hematozoários
Av. Brasil, 4365 – Manguinhos
CEP: 21040-900 – Rio de Janeiro/RJ, Brasil
rosilainysf@gmail.com

⁴Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Campus Universitário de Cáceres - Curso de Geografia
Av. São João, s/nº. Bairro: Cavallhada. Caixa Postal 242
78200-000 – Cáceres/MT, Brasil
{rjneves ssneves}@unemat.br

Resumo. Os índices de vegetação são influenciados pela quantidade de chuvas que caem em uma determinada região, pois essas provocam mudanças no ciclo hidrológico. Em contrapartida, o avanço da fronteira agropecuária, no estado de Mato grosso, também influencia nessas questões. Considerando as mudanças espaço-temporal do uso e ocupação da terra e as alterações no ciclo hidrológico, o presente estudo objetivou avaliar o comportamento dos índices de NDVI e NDWI na bacia hidrográfica do rio Cachoeirinha/MT, frente a diferentes intensidades pluviométricas. Foram utilizadas nessa pesquisa imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, correspondendo a órbita/ponto 227/72 e dados meteorológicos fornecidos pela estação do INMET de Cáceres/MT. Os cálculos de NDVI e NDWI foram baseados em Rouse (1974) e Gao (1996). Os índices obtidos para NDVI e NDWI apresentaram forte relação com a distribuição pluviometria nos períodos estudados, constatando-se os maiores valores para o mês de março e menores para o mês de agosto. Observou-se ainda, durante o período de maior estiagem que os maiores índices de NDVI estão concentrados em áreas próximas aos cursos hídricos.

Palavras-chave: Pluviometria, índice de vegetação, Sensoriamento Remoto, Bioma Pantanal.

Abstract. The indices of vegetation are influenced by the amount of rain that falls in a given region, as these cause changes in the hydrological cycle. On the other hand, the advance of the agricultural frontier, in the state of Mato Grosso, also influence in these matters. Whereas the changes time-space of the use and occupation of the land and the changes in the hydrological cycle, the present study was to evaluate the behavior of the indices of NDVI and NDWI the basin of the river Cachoeirinha/MT, forward the different rainfall intensities. Were used in this research images of satellite Landsat 5 TM sensor, corresponding to orbit/227/72 and weather data provided by the station of INMET Cáceres/MT. The calculations of NDVI and NDWI were based on Rouse (1974) and Gao (1996). The indices obtained for NDVI and NDWI presented a strong relation with the rainfall distribution in the periods studied, by contacting the highest values for the month of march and lower for the month of august. It was also observed, during the period of greatest drought that the higher rates of NDVI are concentrated in areas close to water courses.

Key-words: Pluviometry, vegetation index, Remote Sensing, Pantanal Biome.

1. Introdução

O crescente avanço da pecuária bovina vem ocasionando significativas alterações na cobertura vegetal do estado de Mato Grosso. Nicácio (2008), afirma que tais ações antropogênicas podem ocasionar fortes mudanças no ciclo hidrológico dessas regiões.

O incentivo a ocupação e expansão da fronteira agrícola no Cerrado brasileiro, desde a década de 70, ocasionou também, a ocupação e desmatamento no Pantanal, tendo como principal forma de exploração a pecuária extensiva (Padovani et al., 2004). Essa ocupação rápida e desordenada tem provocado profundas transformações regionais (Moraes, 2008).

Shimabukuro *et al.* (1998) expuseram que o monitoramento dos recursos naturais, em regiões extensas e de difícil acesso, como o Pantanal, podem ser otimizados com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto (SR).

Oliveira *et al.* (2013) descreveram que o SR vem sendo utilizado como importante ferramenta para obtenção de informações ambientais e climáticas, tendo em vista a análise sinóptica ou detalhada do objeto em estudo. A aplicação do SR tem como recorrência a utilização dos Índices de Vegetação (IV's); medidas radiométricas que indicam a quantidade e atividade da vegetação verde (Jensen, 2009), tais como: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação ajustado ao efeito do Solo (IVAS) e mais recentemente o Índice de Umidade (NDWI) (Rouse et al., 1974; Huete, 1988; Oliveira et al., 2010). Índices estes, que buscam estimar as variáveis biofísicas da vegetação.

Rouse *et al.* (1974) propuseram o primeiro índice de vegetação (NDVI), no qual normalizou a razão simples para o intervalo de -1 a +1. A utilização deste IV tem sido amplamente explorada, principalmente, em estudo do vigor, do coeficiente de culturas agrícolas, mapeamento do uso e cobertura do solo, desmatamentos florestais e mudanças climáticas (Albuquerque *et al.*, 2014).

O NDWI, apresentado por Gao (1996) é outro IV que vem ganhando importância nos estudos de cobertura vegetal, tendo como parâmetro o conteúdo de água presente na cobertura vegetal.

Em meio a este contexto, encontra-se a bacia hidrográfica do rio Cachoeirinha, que devido a criação extensiva de gado vem sofrendo fortes ações antropogênicas, necessitando assim, de estudos dessa natureza. Segundo Pissarra (1998) a adoção de bacias hidrográficas como objeto de estudo é de aceitação internacional, por serem uma unidade física bem caracterizada.

2. Objetivo

O presente estudo objetivou avaliar o comportamento dos índices de NDVI e NDWI da bacia hidrográfica do rio Cachoeirinha/MT, frente a diferentes intensidades pluviométricas.

3. Material e Métodos

A bacia hidrográfica do rio Cachoeirinha (BHRC) pertencente aos municípios de Cáceres (72,82%) e Porto Estrela (27,18%). Com 952,6 Km² de extensão, encontra-se localizada entre as coordenadas geográficas de 57°9'0" a 57°37'0" de longitude W e 15°40'0" a 16°10'0" de latitude S (**Figura 1**). Os municípios abrangentes da BHRC têm como principal atividade econômica a pecuária bovina.

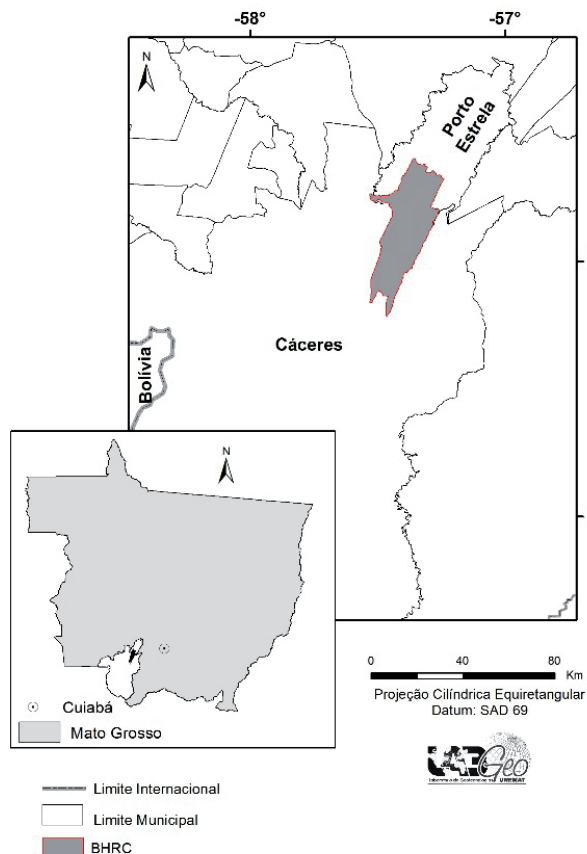


Figura 1. Localização da área de estudo.

A população atual do município de Cáceres é de 87.942 habitantes, sendo 24 vezes maior que a população de Porto Estrela, com 3.649 habitantes. O Índice de desenvolvimento humano dos municípios foram de 0,708 e 0,599, para Cáceres e Porto Estrela, respectivamente (IBGE, 2013).

Fornelos e Neves (2007) descreveram que a BHRC tem como principal rio o Cachoeirinha, e como principais afluentes os córregos do Desperdício, Mato Grande, Pindeívar, Formiga, Fundo e Barreiro Grande (na margem direita) e, Anhumas e Figueirinha (na margem esquerda). Os solos encontrados na região são do tipo: Cambissolo, Gleí Pouco húmico, Latossolo Vermelho Escuro, Planossolo Vermelho Escuro e Solos Litólicos, com vegetação predominantemente de Savana. A bacia está situada em duas unidades geomorfológicas, sendo elas a Província Serrana e a Depressão do Rio Paraguai.

De acordo com Neves *et al.* (2011) na bacia o clima é Tropical (Aw), com temperatura média anual de 26,24° C, cuja temperatura média mensal mais alta ocorre no mês de outubro (28,01° C) e as médias mensais mais baixas nos meses de junho e julho, 23,39 e 23,36° C, re-

spectivamente. A precipitação total anual é de 1.335 mm, com ocorrência do período de maior concentração pluvial média de dezembro a março e o período de maior estiagem de junho a agosto. A evapotranspiração potencial média é de 1.650,55 mm.

3.1. Procedimentos metodológicos

Foram utilizadas para essa pesquisa imagens do sensor TM (*Thematic Mapper*) do satélite Landsat 5, correspondentes a órbita/ponto 227/72. As datas das imagens foram: 19/03, 22/05 e 26/08, referentes ao ano de 2008 (**Tabela 1**). As imagens escolhidas foram as que menos apresentaram interferência por nuvens e que representassem diferentes intensidades pluviométricas.

Tabela 1. Classificação dos períodos

Datas	Períodos
19/03/2008	Chuvoso
22/05/2008	Moderado
26/08/2008	Seco

Para análise da precipitação foram utilizados dados mensais, obtidos através da estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no município de Cáceres. Os dados utilizados consistiram em uma série temporal de 50 anos (1962-2012). Optou-se por trabalhar com os meses de março, maio e agosto em decorrência destes apresentarem maiores discrepâncias em seus índices pluviométricos (**Tabela 2**).

Tabela 2. Média pluviométrica mensal de Cáceres/MT

Meses	Precipitação (mm/mês)
Março	149,30
Maio	98,40
Agosto	56,80

O mês de março foi escolhido devido a imagem apresentar maior nitidez, dentre os meses chuvosos. Para a escolha das demais datas foram utilizadas as imagens que apresentassem índices pluviométricos classificados em moderado e baixo, referentes aos meses de maio e agosto, respectivamente (**Figura 2**).

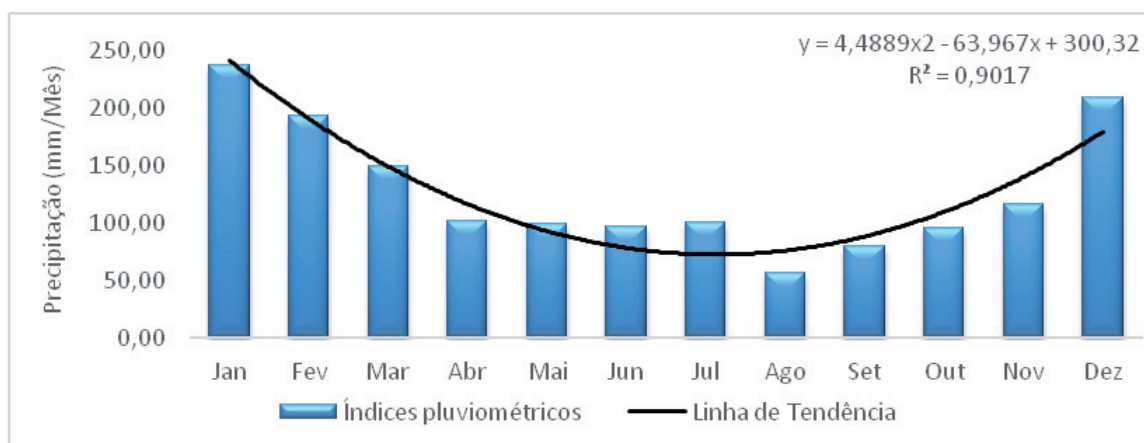


Figura 2. Média pluviométrica para o município de Cáceres dos últimos 50 anos.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizada a correção geométrica das imagens, método tela-a-tela, utilizando-se como referência a imagem ortorretificada *GeoCover de 2008*, disponibilizada no sítio da Nasa. Foram tomados 10 pontos de controle, distribuídos sobre toda a imagem e, considerando pontos que se sobressaíam na imagem, tais como interseção de ruas e/ou rodovias. O erro médio quadrático do processo de correção geométrica foi, em média, 0,5 pixels, para as três imagens utilizadas.

O cálculo do NDVI foi baseado em Rouse *et al.* (1974) e Turcker (1979), sendo este um indicador sensível a vegetação, e é calculado através da refletância do infravermelho próximo e do visível; para tal foram utilizadas as bandas 4 e 3 do sensor TM, respectivamente. O NDVI foi calculado conforme a equação 3.

Segundo Gao (1996), o NDWI mede o teor de umidade na vegetação, e é calculado através da refletância do infravermelho próximo e infravermelho médio, que correspondem as bandas 4 e 5 do sensor TM (equação 4), respectivamente.

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

$$(4) \quad NDWI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_{IVM}}{\rho_{IVP} + \rho_{IVM}}$$

Onde: *IVP*, *V* e *IVM* referem-se a refletância no infravermelho próximo, no visível e no infravermelho médio, respectivamente.

Para análise estatística, realizou-se o teste de Shapiro-Wilk, em que se verificou a normalidade dos dados, e, não sendo necessária sua transformação, aplicou-se o teste de correlação de Pearson para avaliar a relação entre as classes NDVI e NDWI nos meses estudados. Posteriormente foi observada a associação entre estas classes com a variável precipitação. Considerou-se como estatisticamente significantes, os valores de *p* menores que 0,05. Estas análises foram realizadas no programa R, versão 2.12.2.

4. Resultados e Discussão

Na região da BHRC pode-se constatar que os índices pluviométricos encontrados durante o período em estudo apresentaram forte relação com os valores de NDVI e NDWI encontrados, influenciando na vegetação e umidade.

Os índices de NDVI que apresentaram valores significativos para o mês de março (**Figura 3**) concentraram-se na classe 0,6 até 0,8, correspondendo a 31,17% da área com vegetação fotossinteticamente ativa (**Tabela 3**). Ressalta-se que esses valores configuram a relação entre a biomassa existente e o teor de clorofila presente. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira *et al.* (2013) na bacia do rio Taparurá/PE.

O NDVI para o mês de maio demonstrou um decréscimo significativo de vegetação fotossinteticamente ativa, representando 25,57% da área de estudo concentrada entre 0 a 0,2. Valores semelhantes foram encontrados por Novais *et al.* (2011) em pesquisa na área de preservação ambiental de São Desidério – BA, cujos valores são decorrentes da vegetação sofrer constante pressão antropogênica.

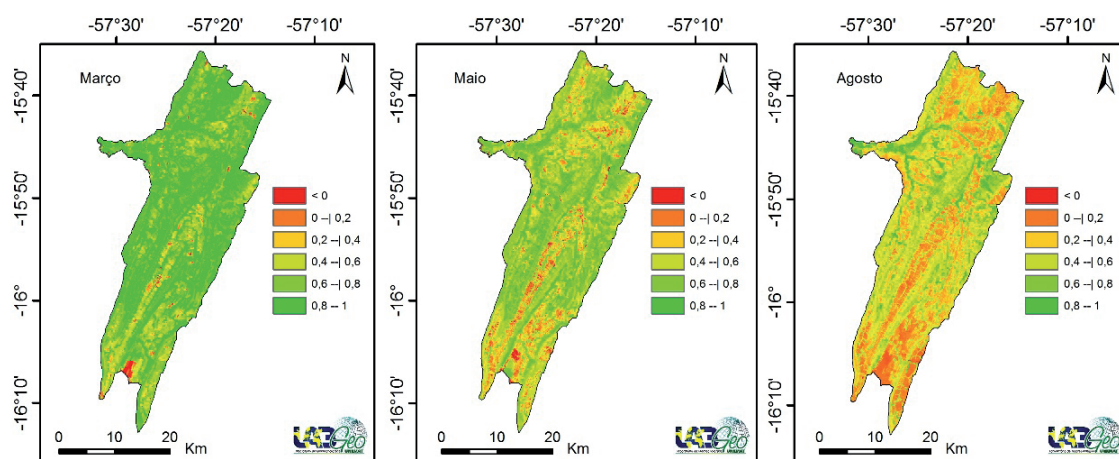


Figura 3. Variação de NDVI para o período chuvoso, moderado e seco.

Pode se constatar para o mês de agosto, um aumento da área para o intervalo de 0 até 0,2, representando 34,64% da área com os mais baixos índices de vegetação encontrados no presente estudo, possivelmente relacionados a baixa pluviometria deste período. Oliveira *et al.* (2013) corroboraram o exposto ao afirmar que em determinadas regiões os baixos índices de vegetação estão intimamente relacionados com o alto stress hídrico sofrido pela vegetação.

Tabela 3. Distribuição da área para as classes de NDVI e NDWI.

Classes	NDVI (km ²)			NDWI (km ²)		
	Março	Maio	Agosto	Março	Maio	Agosto
< 0	33,31	112,5	105,54	50,2	79,41	114,51
0 -- 0,2	50,52	243,62	330,02	47,82	355,67	448,42
0,2 -- 0,4	206,01	235,7	293,51	198,89	118,79	269,48
0,4 -- 0,6	230,07	221,46	153,57	224,34	311,91	57,63
0,6 -- 0,8	296,95	98,11	68,97	343,41	49,23	52,07
0,8 – 1	135,74	41,21	0,98	87,94	37,58	10,49
Total						952,6

Para o cálculo de NDWI, a BHRC apresenta 36,05% da área com valores de umidade para março (**Figura 4**), concentrados no intervalo de 0,6 até 0,8 (**Tabela 3**). Esta variação pode ser explicada devido a vegetação expressar maior vigor neste período; como visto na **Figura 2**, a pluviosidade no primeiro período foi maior ocasionando uma distribuição vegetal mais homogênea na bacia em estudo (Holanda *et al.*, 2010).

Constatou-se que o mês de maio se caracterizou como um período de transição entre março e agosto, concentrando-se predominantemente entre 0 até 0,2; para este intervalo a área com vegetação fotossinteticamente ativa corresponde 37,34% da bacia. Este resultado é possivelmente decorrente da média pluviométrica mensal de 98,40 mm e a ação antropogênica na bacia.

Para o mês de agosto, 47,07% da área está contemplada entre o intervalo de 0 até 0,2, evidenciando uma expressiva ausência de umidade no solo, sendo mais significativa devido baixa precipitação mensal deste período. Paula *et al.* (2013) relataram que a utilização de IV's nos períodos pós chuva pode gerar resultados mais eficientes para análise de pastagem.

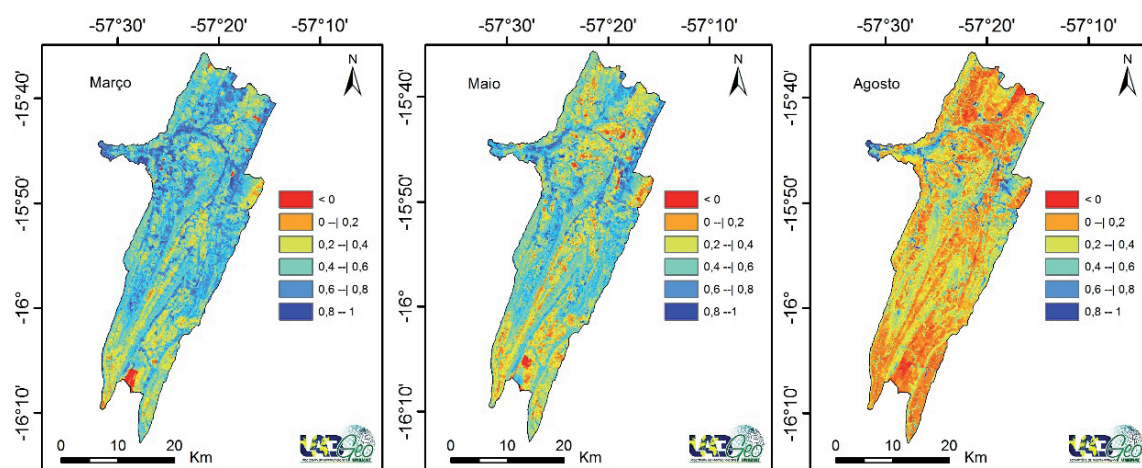


Figura 4. Variação de NDWI para o período chuvoso, moderado e seco.

Gonzaga *et al.* (2011) obtiveram resultados semelhantes para interação de NDVI e NDWI com a intensidade pluviométrica para a região de Piranhas/AL, onde a relação de vegetação e umidade decresciam conforme diminuía a precipitação na região. Albuquerque *et al.* (2014) também afirmaram que a alta umidade está relacionada diretamente com o vigor vegetativo.

Pode se observar para o mês de março que os índices de NDVI e NDWI (**Tabela 4**) apresentaram uma correlação muito forte. Tais resultados, possivelmente são decorrentes das classes de maior vigor possuírem alta concentração de água em sua estrutura fisiológica.

Tabela 4. Estatística descritiva e correlação de Pearson para as classes NDVI e NDWI.

Variáveis	Análise Descritiva			Correlação de Pearson		
	Média± Desvio Padrão	Variância	Máximo/Mínimo	Março	Maio	Agosto
				NDWI	NDWI	NDWI
				r (p)	r (p)	r (p)
Março	158,71±	10895,10	296,95/	0,968*	-0,202	-0,445
NDVI	104,37		33,00	(0,002)	(0,701)	(0,376)
Maio	158,74±	7340,40	243,62/	-0,001	0,802*	0,731
NDVI	85,67		41,21	(0,998)	(0,055)	(0,099)
Agosto	158,76±	16660,72	330,02/	-0,179	0,676	0,924*
NDVI	129,07		0,98	(0,735)	(0,140)	(0,008)

* Correlação significativa a nível de 0,05.

Referente ao período de maio pode se verificar uma forte correlação entre os índices estudados, tal decréscimo na correlação possivelmente é resultante da diminuição da umidade relativa do ar, provocado pela redução da pluviometria neste período.

Observou se para o mês de agosto uma correlação forte entre os índices encontrados. Segundo Vibrans (2009), esse resultado é decorrente da redução/perca da biomassa verde da área, ocasionada pelo elevado déficit hídrico neste período, que no caso da bacia de estudo é de 79,37mm (Neves *et al.*, 2011).

Contatou-se em todos os períodos uma relação diretamente proporcional entre os valores de NDVI e NDWI com a pluviometria (**Tabela 5**), levando a um progressivo aumento da relação entre os índices com a elevação dos totais pluviométricos.

Tabela 5. Estatística descritiva e correlação de Pearson para as classes NDVI, NDWI e precipitação.

Variáveis	Análise Descritiva			Correlação de Pearson		
	Média± Desvio Pa- drão	Variância	Máximo/ Mínimo	NDVI r (p)	NDWI r (p)	Precipitação r (p)
NDVI	415,68± 224,70	50494,00	662,76/ 223,52	1	0,972 (0,151)	0,988* (0,099)
NDWI	391,53± 267,82	71728,87	655,69/ 120,19	0,972 (0,151)	1	0,997* (0,052)
Precipita- ção	101,50 ± 46,32	2146,27	149,30/ 56,80	0,988* 0,099	0,997* (0,052)	1

* Correlação significativa a nível de 0,05

5. Conclusão

As variações obtidas pelos índices de NDVI e NDWI foram expressivas, respondendo as modificações na intensidade da precipitação pluviométrica na BHRC. Essa variação existente demonstra influência significativa dos IV's com a intensidade pluviométrica da bacia.

Observou-se ainda, durante o período de maior estiagem que os maiores índices de NDVI estão concentrados em áreas próximas aos cursos hídricos.

Verificou-se os maiores índices de NDVI e NDWI no período que corresponde ao mês mais chuvoso (Março), uma vez que a vegetação apresenta-se mais fortemente ativa, recorrente aos eventos pluviométricos existentes.

O uso de imagens Landsat 5 configura-se como uma eficiente ferramenta de análise de correlação entre os índices de NDVI e NDWI.

6. Agradecimentos

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão das bolsas de Mestrado e Iniciação Científica, respectivamente.

À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de Doutorado.

Ao projeto de pesquisa “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT”, vinculado à sub-rede de estudos sociais, ambientais e de tecnologias para o sistema produtivo na região sudoeste mato-grossense – REDE ASA, financiada no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

7. Referências

- Albuquerque, E. M.; Andrade, S. C. P.; Moraes, H. F.; Diniz, J. M. T.; Santos, C. A. C. dos. Análise do comportamento do NDVI e NDWI sob diferentes intensidades pluviométricas no município de Sousa-PB. **Revista Estudos Geoambientais**, v. 01, n. 01, 2014.
- Fornelos, L. F.; Neves, S. M. A. S. Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométrico (SRTM) na estimativa de perdas de solo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 13, p. 25-33, 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.
- Gonzaga, E. P.; Santos, V. V.; Niácio, R. M. Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano. In XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, **Anais...** Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1736. Disponível na biblioteca digital URLib:< <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1193.pdf>>. Acesso em: 25 de jun. 2014.
- Holanda, A. S. S.; Guerra, C.E. Monitoramento da vegetação da região do eixo-forte no município de Santarém-PA utilizando imagens dos índices de vegetação NDVI e NDWI. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2010. Recife – PE. **Anais...** p. 001-005. 2010.Disponível na biblioteca digital URLib:<http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/Todos_Artigos/A_92.pdf>. Acesso em: 28 de jun. 2014
- Huete, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v. 4, n. 4, p. 367-376, 1988.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do desenvolvimento. Humano no Brasil**, 2013. Disponível em:<http://portal.cnm.org.br/sites/670/6745/AtlasIDHM2013_Perfil_Caceres_mt.pdf>. Acesso em: 29 Jul. 2014.
- Jensen, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese. p. 376-395, 2009
- Moraes, A. S. **Pecuária e conservação do Pantanal: análise econômica de alternativas sustentáveis – o dilema entre benefícios privados e sociais**. 2008. 265 f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- Neves, S. A. S. M.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT/Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.
- Niácio, R. M. **Evapotranspiração real e umidade do solo usando dados de sensores orbitais e a metodologia SEBAL na bacia do rio São Francisco**. 2008. 320 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- Novais, L. R.; Lima, A. C.; Rodrigues, J. A.; Costa, A. M. S.; Borges, E. F.; Anjos, C. S. Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério - BA, a partir do DVI e DWI. In XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, **Anais...**, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1888. Disponível na biblioteca digital URLib:< <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1077.pdf>> . Acesso em: 22 de julho de 2014.
- Oliveira, L. M. M.; Montenegro, S. M. G. L.; Silva, B. B.; Moura, A. E. S. S.; Villar, A. C.; Gusmão, L.; Salgueiro, J. H. P. B. Índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Tapacurá - PE. XX Simpósio brasileiro de recurso hídrico. Bento Gonçalves – RS. **Anais...** nov. 2013. Disponível na biblioteca digital URLib: < https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/8696393698d1a49fbfff2d84a027f4f8_cd36650024905565289ae8bb0c20bd91.pdf>. Acesso em: 26 de jun. 2014.
- Oliveira, T. H.; Machado, C. C. C.; Silva, J. S. E; Galvêncio, J. D.; Pimentel, R. M. DE M.; Silva, B. B. Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 2, p. 55-69, 2010.
- Padovani, C. R.; Cruz, M. L. L.; Padovani, S. L. A. G. Desmatamento do Pantanal brasileiro para o ano 2000. In IV Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal - Sustentabilidade Regional. Corumbá.

Anais...2004, 4, 1-7 Corumbá: Embrapa Pantanal. Disponível no site da Embrapa Pantanal:><http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/bioticos.htm>>. Acesso em: 07 de maio 2014.

Paula, S. C.; Silva, G. B. S.; Vicente, L. E.; L Gomes, D.; Nogueira, S. F.; Andrade, R.G. Avaliação de índices espectrais aplicados a série multitemporal TM/Landsat-5 para o mapeamento de fitofisionomias e pastagem em ambiente de cerrado. In XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Brasil, INPE, abril de 2013. Disponível na biblioteca digital URLib:< <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0988.pdf>>. Acesso em: 15 de maio 2014.

Pissarra, T. C. T. **Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem**. 1998. 124 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

Rouse Jr, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Texas: College Station. 1974. 371 p.

Shimabukuro V. E.; Novo, E. M.; Ponzoni, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral o monitoramento da região do Pantanal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 33, n, 13, p.1729-1739, 1998.

Tucker, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, p. 127– 150, 1979.

Vibrans, A. C.; Shramm, V. F. Perfil temporal de EVI/NDVI na bacia hidrográfica do rio Itajaí em Santa Catarina. In XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Natal. **Anais...** Brasil. INPE. Abril de 2009, p. 1581-1588. Disponível na biblioteca digital URLib:< <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/10.17.15.49/doc/1581-1588.pdf>>. Acesso em: 22 de agosto 2014.