

Variabilidade espaço-temporal da cobertura do solo por índices de vegetação e água no Agreste Pernambucano

*Spatial and temporal variability of soil cover by vegetation and organism *Paramecium caudatum**

Resumo:

O sensoriamento remoto permite a obtenção de imagens da superfície terrestre pela detecção e respostas das radiações eletromagnéticas, contribuindo com o planejamento da utilização dos recursos naturais, monitoramento e análise ambiental. Através das técnicas de processamento digital de imagens foi analisado as alterações da cobertura da vegetação e da água no Agreste Pernambucano, por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e do Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI). O estudo objetivou observar o comportamento da vegetação frente às condições climáticas da Bacia Hidrográfica do Alto de Ipanema especificamente no município de Buíque –PE, por meio do NDVI e NDWI utilizando duas imagens do sensor TM Landsat 5 de 18/09/2006 e 29/09/2010. Nos resultados constatamos que o NDVI apresentou valores médios para os anos de 2006 e 2010 iguais a 0,1323 e 0,3953, respectivamente, configurando um crescimento da cobertura vegetal e atividade fotossintética. A variabilidade espaço-temporal da cobertura do solo foi influenciada pelos eventos chuvosos da região. Para o NDWI não houve grande variação e apresentou valores abaixo de 0, devido o baixo regime pluviométrico em dias próximos ao imageamento em setembro de 2006 e 2010, evidenciando áreas com baixo teor de presença de água. O NDWI teve como médias 0,0873 e -0,0583 para os anos de 2006 e 2010, respectivamente, evidenciando neste estudo áreas com baixo teor de presença de água.

Abstract:

Remote sensing allows the imaging of the Earth's surface by the detection and response of electromagnetic radiation, contributing to the planning of the use of natural resources, monitoring and environmental analysis. Through the digital image processing techniques, vegetation and water cover changes in Agreste Pernambucano were analyzed through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Normalized Difference Water Index (NDWI). The objective of this study was to observe the vegetation behavior against the climatic conditions of the Alto de Ipanema Hydrographic Basin specifically in the municipality of Buíque - PE, through NDVI and NDWI using two TM sensor images Landsat 5 of 09/18/2006 and 29 / 09/2010. In the results we verified that the NDVI presented average values for the years 2006 and 2010 equal to 0.1323 and 0.3953, respectively, constituting a growth of vegetation cover and photosynthetic activity. The spatial and temporal variability of the soil cover was influenced by the rainy events of the region. For the NDWI, there was not much variation and values below 0, due to the low pluviometric regime in days close to the imaging in September 2006 and 2010, evidencing areas with low water presence. The NDWI had averages of 0.0873 and -0.0583 for the years 2006 and 2010, respectively, evidencing in this study areas with low water content.evidencing in this study areas with low water presence.



Mirelly de Oliveira Farias¹, Ana Lúcia Bezerra Candeias², Leidjane Maria Maciel de Oliveira³, Débora Natália Oliveira de Almeida⁴ e João Rodrigues Tavares Junior⁵

¹ Graduanda em Engenharia Cartográfica; Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE. E-mail: mirellyofarias@gmail.com.

² Professora Associada III - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE.

³ Professora Adjunta - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE.

⁴ Bolsista de Iniciação Científica em Engenharia Cartográfica (PIBIC/CNPq/UFPE), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE.

⁵ Professor Adjunto II - Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife-PE.
Contato principal

Mirelly de Oliveira Farias¹



Palavras chave: Sensoriamento remoto, NDVI, NDWI

keywords: Remote sensing, NDVI, NDWI.



INTRODUÇÃO

Os produtos do Sensoriamento Remoto (SR) orbital vêm se tornando uma ferramenta para as mais variadas aplicações, particularmente aquelas relacionadas com a avaliação, manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais, como água, solo e vegetação (BATISTA et al., 1998).

O Agreste pernambucano caracteriza-se por longos períodos de estiagem, resultando em um grande estresse hídrico na região, além de sofrer alterações na cobertura da vegetação nativa devido a atividades antrópicas de irrigação. Atualmente, o monitoramento do comportamento hídrico associado a variação da cobertura vegetal por meio de técnicas do sensoriamento remoto encontra-se cada vez mais recorrente no cenário mundial. A principal motivação dos estudos envolvendo a aplicação das técnicas de SR fundamenta-se na compreensão do comportamento espectral que uma dada cobertura assume em um determinado produto de sensoriamento remoto. Esse produto é fruto de um processamento de imagens de satélite que pode envolver muitos parâmetros e fatores ambientais (PONZONI, 2002).

Dessa forma, utiliza-se o sensoriamento remoto para auxiliar estudos dos recursos hídricos e, com isso, fornecer informações altamente atualizadas a um custo relativamente baixo, facilitando diagnósticos de parâmetros biofísicos e ocupações sustentáveis em bacias hidrográficas.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um parâmetro, fornecido por SR, importante para o monitoramento da vegetação. Ele tem sido utilizado para construir perfis, sazonal e temporal, das atividades da vegetação, o que permite comparações interanuais desses perfis (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Diversas pesquisas foram desenvolvidas com o NDVI, como a de Silva et al. (2009) que estudaram a dinâmica espaço-temporal da vegetação no Semiárido pernambucano e Oliveira et al. (2013) na bacia do rio Tapacurá – PE.

O Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) foi proposto por Gao (1996) e permite detectar melhor a mudança da biomassa vegetal no que concerne a quantidade de água em culturas agrícolas, pela configuração do estresse hídrico no ambiente, através da relação entre as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio. Diversas pesquisas (Ferreira et al.; 2012; Gonzaga et al., 2011) foram realizadas objetivando investigações do uso do solo e detecção de corpos hídricos.

No município de Buíque em Pernambuco encontra-se uma parte da área do Parque Nacional do Catimbau, também conhecido como Vale do Catimbau, considerada de extrema importância biológica, por preservar os ecossistemas naturais existentes, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação ambiental e turismo ecológico, além de ser um rico patrimônio cultural. A área de estudo

é composta pela Bacia Alto do Ipanema e Bacia do Rio Moxotó, diante do exposto, vê-se a necessidade de desenvolver estudos relacionados ao comportamento da vegetação, tendo em vista a sua relevância para processos hidrológicos, e para o emprego de técnicas que possam contribuir com seu manejo.

O objetivo deste trabalho foi analisar as mudanças do índice de vegetação e detectar a variação da cobertura do solo por meio do NDVI e através do NDWI observar o índice de água no município de Buíque localizado entre as Bacias Hidrográficas do Alto Ipanema e do Rio Moxotó, realizando uma comparação com os anos de 2006 e 2010, devido a decorrência de longos períodos de estiagem e atividades antrópicas inadequadas presentes nessa região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo corresponde a uma porção da Bacia do Rio Ipanema e do Rio Moxotó, que abrange o município de Buíque no estado de Pernambuco (Figura 1), que está localizado na Mesorregião Agreste e na Microrregião Vale do Ipanema do Estado de Pernambuco, a sede do município de Buíque tem uma altitude aproximada de 798 metros e coordenadas geográficas de 08°37'23" de Latitude Sul e 37°09'21" de Longitude Oeste, distando 278,4 km da capital. Nessa região as chuvas características do semiárido, são mal distribuídas, ocasionando longos períodos com escassez hídrica, principalmente entre os meses de agosto até dezembro. Nos meses de janeiro a julho geralmente acontecem maiores eventos pluviométricos. Segundo dados do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), neste ano de 2017 o município de Buíque liderou o ranking das chuvas na região com 208,8mm, abastecendo a barragem do Mulungu que durante anos não acumulava água. Nos anos correspondentes do estudo (2006 e 2010), observou-se que no mês de junho de 2010 houve uma maior concentração de evento chuvoso, predominando desde do mês de janeiro até outubro.

A Bacia do Rio Ipanema e do Rio Moxotó, possui uma área de 7.884,84 km² e 9.744,01 km² respectivamente, ambas distribuídas nos estados de Pernambuco e Alagoas. A Bacia do Rio Ipanema em Pernambuco está inserida na Unidade de Planejamento Hídrico UP07, que corresponde ao grupo de bacias de pequenos rios interiores 8 – GI8 e está localizada no extremo oeste do Estado de Pernambuco entre 07° 18' 29" e 07° 40' 43" de latitude sul, e 39° 17' 56" e 39° 44' 01" de longitude oeste. A Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó, localiza-se entre 07° 52' 21" e 09° 19' 03" de latitude sul, e 36° 57' 49" e 38° 14' 41" de longitude oeste, com sua porção pernambucana constituindo a Unidade de Planejamento Hídrico UP08. (APAC,2017)

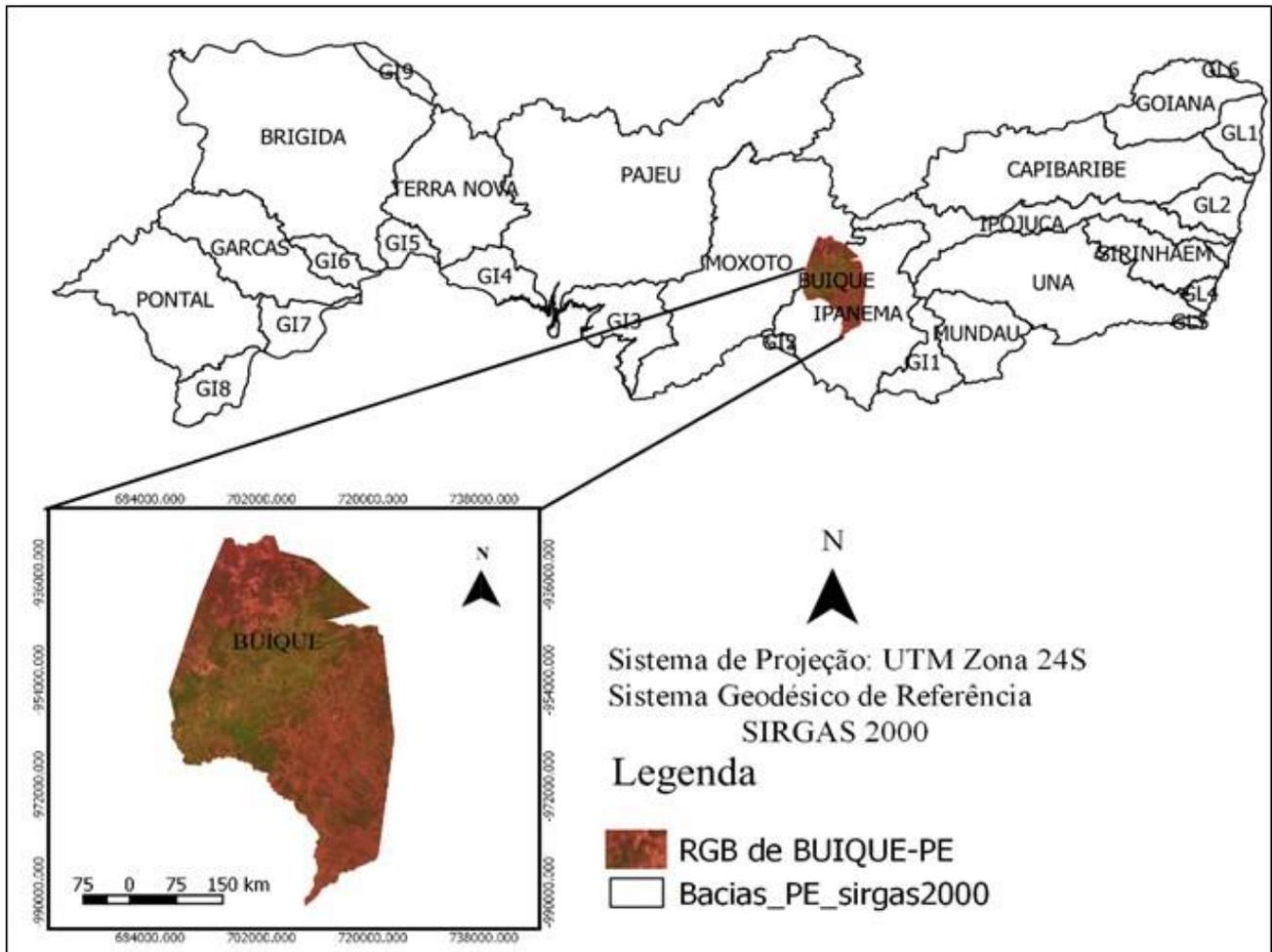


Figura 1. Localização do Município de Buíque -PE

Processamento digital das imagens

Pré-processamentos

O primeiro procedimento foi a escolha das imagens utilizadas, observando a resolução espectral propícia para as técnicas de processamentos digital. Segundo Chaves e MacKinnon (1994), é de extrema importância a utilização das bandas espectrais com as informações adequadas para o estudo de mudança da paisagem.

As cenas foram adquiridas gratuitamente na USGS – *United States Geological Survey* através do sítio (<https://earthexplorer.usgs.usgs.gov>), com imagens georreferenciadas no sistema de coordenadas UTM – *Universal Transverse Mercator* e o Datum SIRGAS 2000. Foram utilizadas imagens do satélite *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat 5), sensor *Thematic Mapper* (TM), órbita 215 e ponto 66, composta por sete bandas espectrais, referentes aos dias 18 de setembro de 2006 e 29 de setembro de 2010. A Tabela 1 detalha as características das imagens para processamento dos

índices de vegetação utilizando-se o software livre QGIS versão 2.8.7.

Tabela 1. Características das imagens para o processamento de dados:

Data	Hora	Ângulo de Elevação do sol	Cos	dr
18.09.2006	12:29:27	62,9814	0,8767	0,9990
29.09.2010	12:36:43	61,2355	0,8910	0,9928

Índices pluviométricos

Para o reconhecimento dos índices pluviométricos na área de estudo, utilizaram-se dados de precipitação obtidos através do site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). Foram coletados dados mensais de precipitação dos anos referentes as imagens TM Landsat 5 (Figura 2).

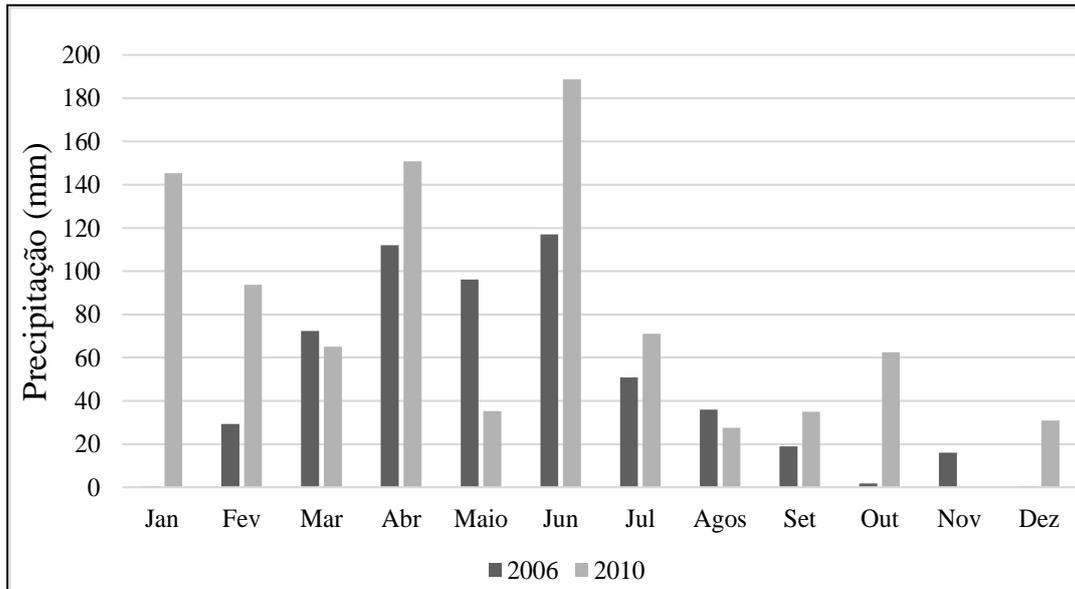


Figura 2. Precipitação mensal (mm) na região do município de Buíque-PE. Fonte: APAC (2017)

Constatou-se que os meses de janeiro a dezembro dos anos de 2006 e 2010 totalizaram 551,1 mm e 905,9 mm, respectivamente, sendo a precipitação mínima de 0,3 mm, ocorrida em janeiro de 2006 e, a maior precipitação foi observada em junho de 2010, com valor de 188,7 mm. Nos meses de janeiro a julho apresentaram os maiores eventos pluviométricos, o que já era esperado de acordo com as características do local.

Processamentos dos índices de vegetação NDVI E NDWI

Para o processamento do NDVI, inicialmente realiza-se o recorte da área de estudo utilizando a malha municipal digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para então ser realizada a retificação radiométrica das bandas 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio) por meio da conversão dos números digitais em radiância utilizando a equação 1 proposta por Markham e Baker (1987), obtendo como resultado, as imagens multitemporais em modo radiância.

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Onde: $L_{\lambda i}$ = radiância espectral de cada banda ($Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$); "a" e "b" = radiâncias espectrais mínimas e máximas; ND = número digital (valor entre 0 e 255); i = cada banda do TM Landsat 5; os valores de "a" correspondem: banda 3 (vermelho) e 4 (IV - próximo), respectivamente a -1,17 e -1,51. Já para os valores de "b" correspondem: banda 3 e 4, respectivamente a 264,0 e 221,0. Os valores da irradiância espectral no Topo da Atmosfera ($k\lambda i$) das bandas 3 e 4, respectivamente a

1.536,0 e 1.031,0. Todas as três variáveis são expressas em $Wm^{-2}\mu m^{-1}$ conforme Chander *et al.* (2009).

Posteriormente, determinou-se a reflectância espectral monocromática para cada banda ($\rho_{\lambda i}$), que é fornecida em função da radiância espectral ($L_{\lambda i}$), irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($k\lambda i$), do ângulo zenital solar (Z), do quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA) e, E é o ângulo de elevação do Sol nos metadados da imagem.

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cos Z d_r} \quad (2)$$

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (3)$$

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DSA 2\pi}{365}\right) \quad (4)$$

A obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) conforme a equação proposta por Rouse *et al.* (1973), apresenta uma variação entre -1 e 1. Os valores positivos e mais próximos de 1 constituem superfícies verdes com maior vigor, enquanto que os valores negativos equivalem a água ou nuvens. Solos descobertos e rochas refletem na faixa do vermelho e infravermelho próximo quase na mesma proporção,

consequentemente o NDVI se aproxima de 0.

O NDVI é o indicador que detecta a taxa de umidade na vegetação e que foi avaliado pixel a pixel através da razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo (ρ_{IV}) e vermelho (ρ_V) com a soma das mesmas, bandas 4 e 3 do TM Landsat 5, respectivamente.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad (5)$$

O Índice de Água por Diferença Normalizada (NDWI) foi proposto por Gao (1996) e permite detectar melhor a mudança da biomassa vegetal no que concerne a quantidade de água em culturas agrícolas, pela configuração do estresse hídrico no ambiente, através da relação entre as bandas do infravermelho próximo e do infravermelho médio, conforme a equação 6:

$$NDWI = \frac{\rho_{IV} - \rho_{IVM}}{\rho_{IV} + \rho_{IVM}} \quad (6)$$

Onde ρ_{IV} , ρ_{IVM} referem-se a reflectância no infravermelho próximo e no infravermelho médio, respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos anos 2006 e 2010, os valores do NDVI da bacia hidrográfica de Alto Ipanema e do Rio Moxotó, na área do município de Buíque, apresentaram-se valores de 0,02 até 0,60 (Figuras 3 e 4).

De acordo com Huete & Tucker (1991), os valores de NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa de 0,05 a 0,30, entretanto devido as propriedades óticas do solo, não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação.

No ano de 2006 e 2010 a região demarcada com NDVI com valores menores que 0,15 até 0,25 representam regiões com vegetação estressada ou área degradada pela ação antrópicas, enquanto que as áreas com NDVI maior que 0,35, em sua maioria são regiões de alto vigor vegetativo.

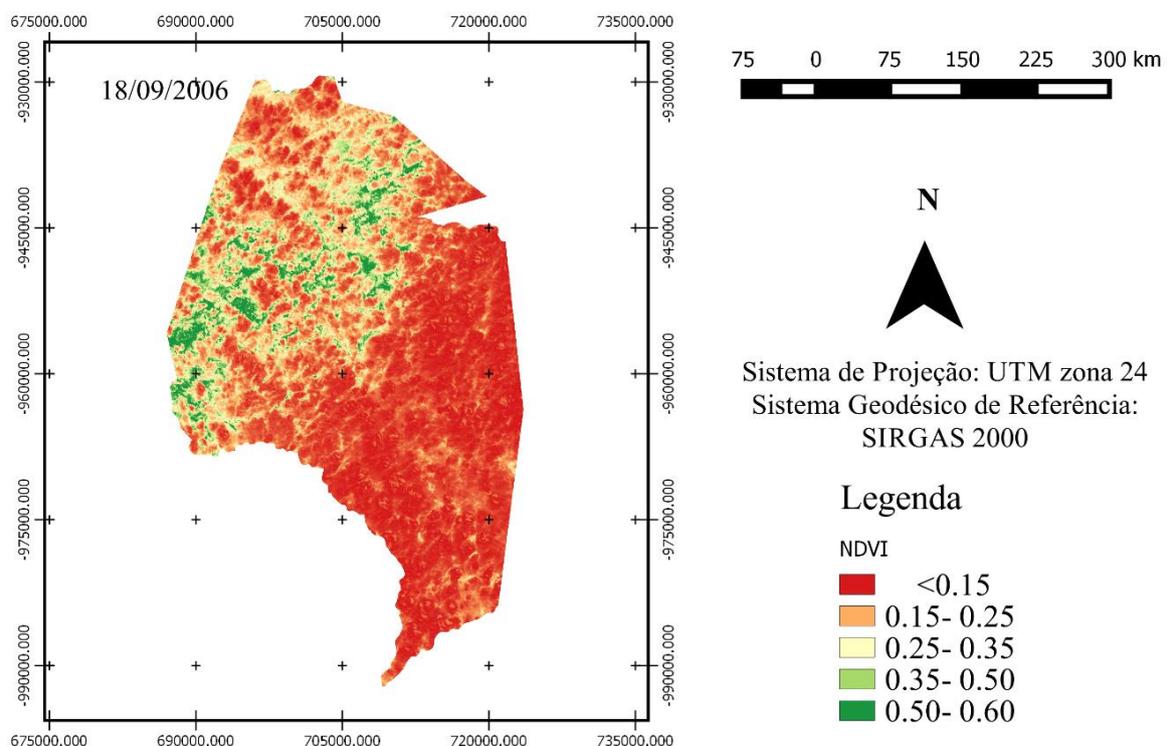


Figura 3. NDVI na área do município de Buíque em 18/09/2006 do TM Landsat 5

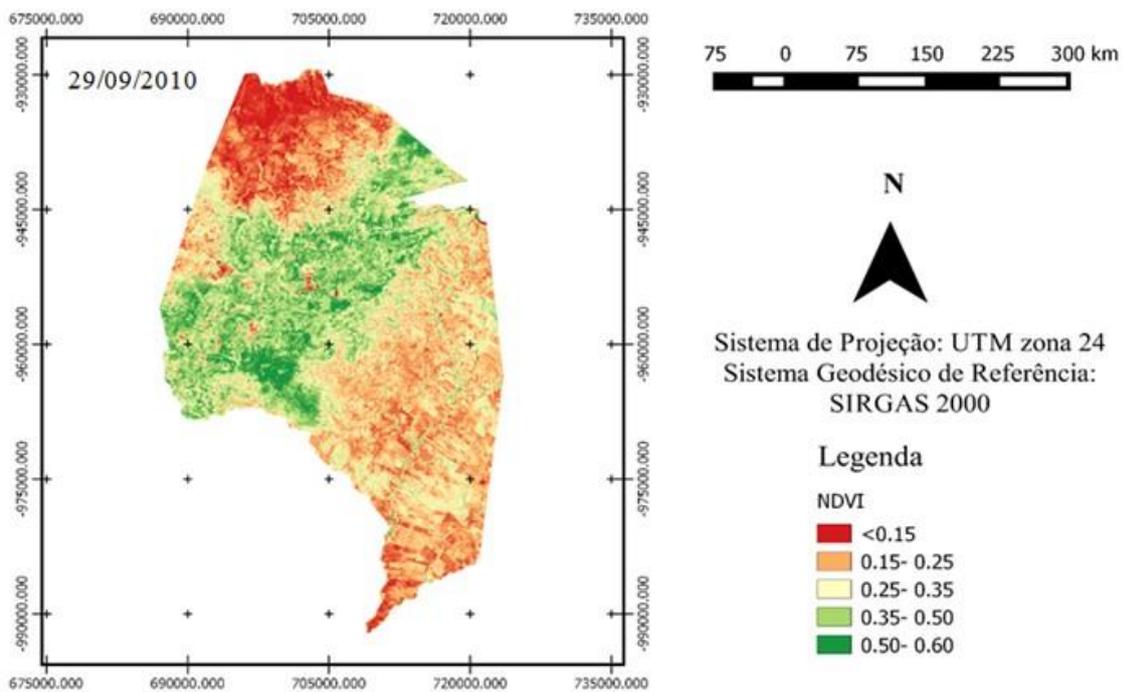


Figura 4. NDVI na área do município de Buíque em 29/09/2010 do TM Landsat 5

Os resultados estatísticos com os valores mínimos, máximos e médios e desvio padrão podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores estatísticos do NDVI

Imagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
18.09.2006	-0,0263	0,6927	0,1323	0,1196
29.09.2010	-0,1495	0,7239	0,3953	0,1147

Pela Tabela 2, evidencia-se o valor médio (0,1323) para o dia 18/09/2006 e o valor médio (0,3953) para o dia 29/09/2010, com isso, observou-se que aumentou na média do NDVI.

No ano de 2010 evidenciou-se uma maior intensidade pluviométrica comparado com o ano de 2006, observou-se que no mês das imagens de satélite (setembro), a precipitação diminuiu (Figura 2). Provavelmente a ocorrência de longos períodos de estiagem e atividades antrópicas inadequadas resultaram em menores classes (NDVI < 0,15) neste referido ano.

Nos histogramas (Figuras 5 (a) e 5 (b)) apresenta a frequência dos resultados do NDVI nos anos 2006 e 2010, correspondendo a uma representação gráfica, observado na Tabela 2, percebe-se que no ano de 2010 apresenta maior quantidade de pixels com valores superiores a 0,2.

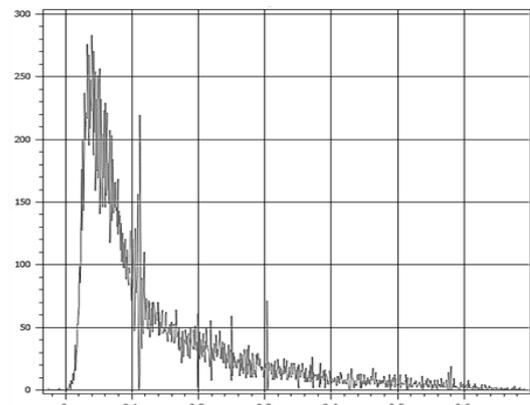


Figura 5. (a) Ano 2006

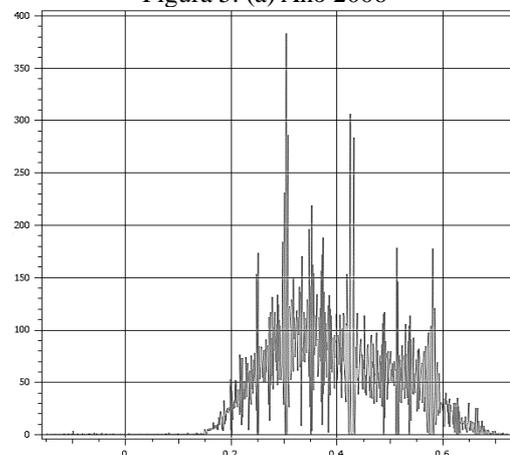


Figura 5. (b) Ano 2010

Para o mesmo período, nota-se que a área analisada apresenta uma diminuição nos valores do NDVI entre -0,20 e 0,30

(Figura 6 e 7).

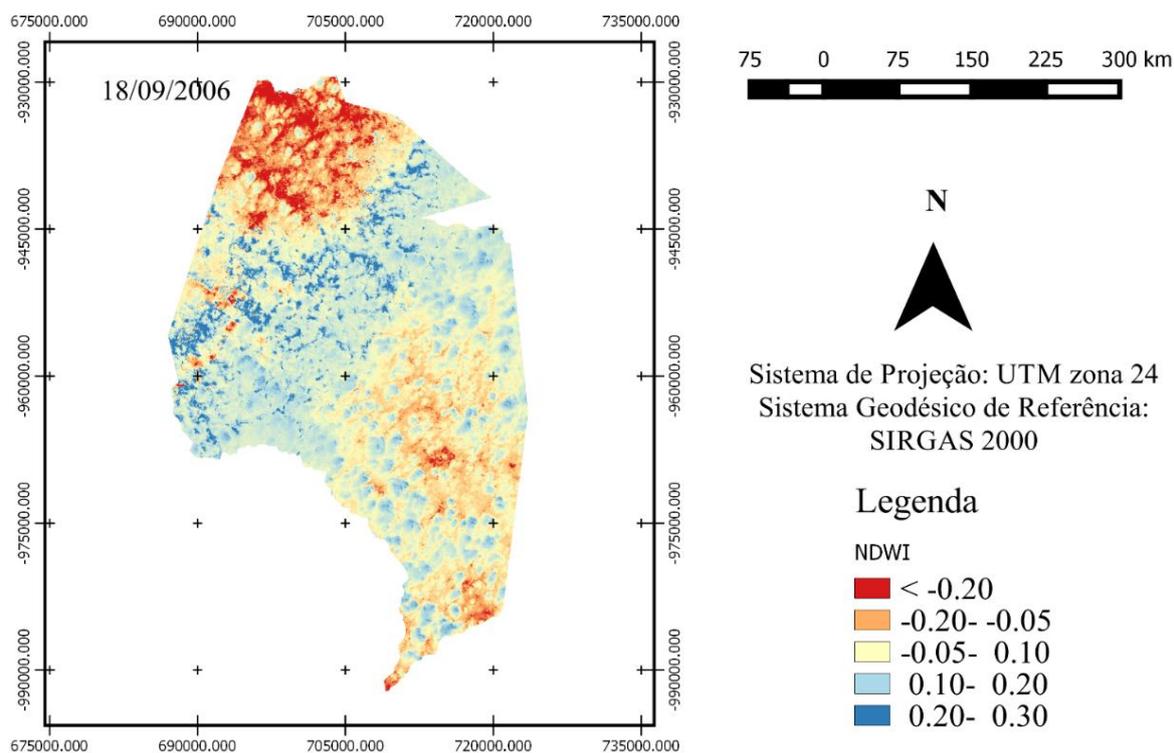


Figura 6. NDWI na área do município de Buíque em 18/09/2006 do TM Landsat 5

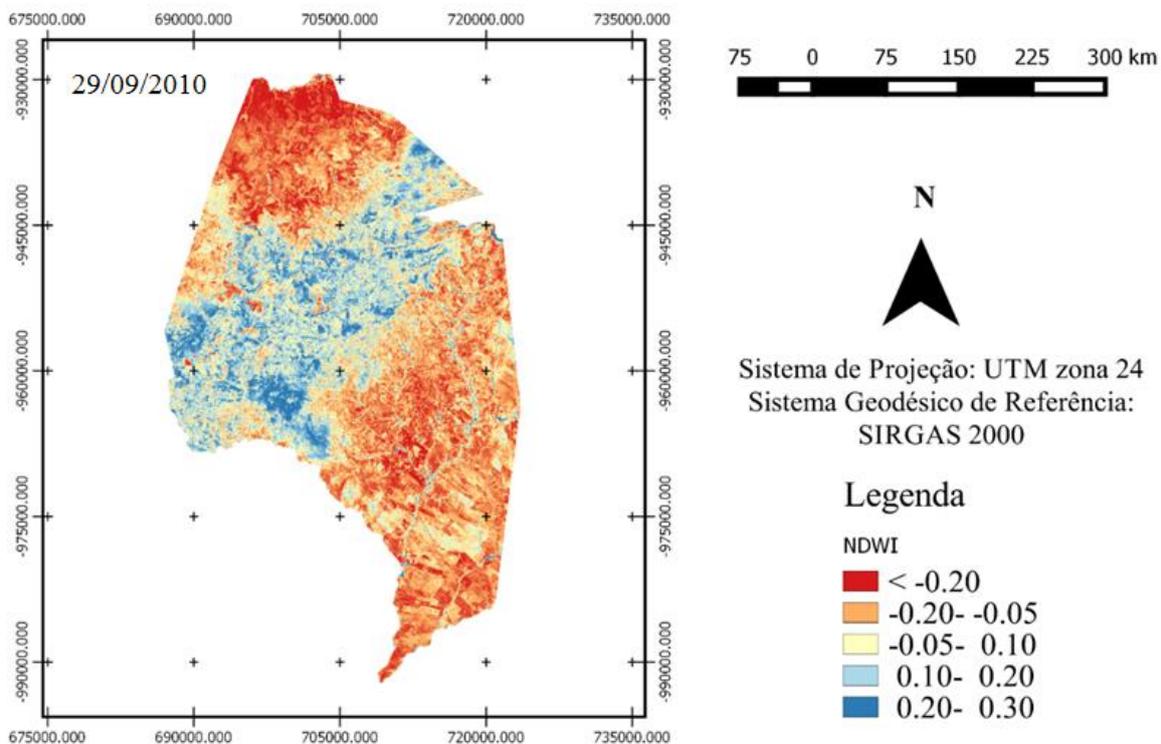


Figura 7. NDWI na área do município de Buíque em 29/09/2010 do TM Landsat 5

De acordo com os dados ocorre uma presença prioritária de números negativos, correspondendo a um baixo valor de umidade, representada prioritariamente pelas áreas em vermelho na Figura 6 e 7. Nos estudos de Gonzaga *et al.* (2011) também se destacaram valores prioritariamente negativos, o que valida os resultados desta presente análise.

Ferreira *et al.* (2012) observaram que para valores de NDWI negativo existe uma correspondência com vegetação seca, solo exposto e áreas urbanas, enquanto que valores superiores a 0,1 foram identificadas como áreas com agricultura irrigada e cursos hídricos. Observamos que o NDWI apresentou valores abaixo de 0, o que se conclui o baixo regime pluviométrico no mês de setembro nos anos de 2006 e 2010, evidenciando neste estudo áreas com baixo teor de presença de água.

Tabela 3. Valores estatísticos do NDWI

Imagem	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
18.09.2006	-0,3035	0,4150	0,0873	0,0777
29.09.2010	-0,3293	0,4827	-0,0583	0,1294

Nos histogramas (Figuras 8(a) e 8 (b)) apresenta a frequência dos resultados do NDWI nos anos 2006 e 2010, correspondendo a uma representação gráfica, observado na Tabela 3, percebe-se que no ano de 2010 apresenta maior quantidade de pixels com valores superiores entre -0,2 e 0,0.

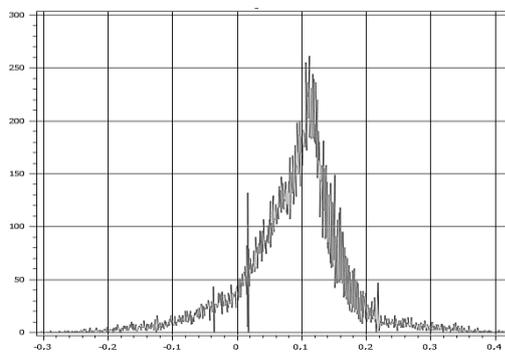


Figura 8. (a) Ano 2006

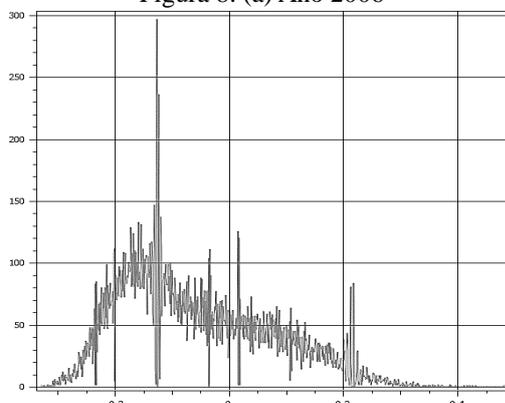


Figura 8. (b) Ano 2010

O NDWI não obteve grande variação nos seus valores e apresentou valores abaixo de 0, o que pode ser atribuído ao baixo regime pluviométrico em dias próximos ao imageamento no mês de setembro nos anos de 2006 e 2010, evidenciando neste estudo áreas com baixo teor de presença de água.

CONCLUSÕES

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Água por diferença Normalizada (NDWI) apresentaram variabilidade espaço-temporal da cobertura do solo influenciada pelos eventos chuvosos da região. Os valores de cada pixel representaram a real configuração da superfície terrestre, evidenciando a sensibilidade de estudos com índices de vegetação pelo sensor TM Landsat 5 em áreas do Agreste Pernambucano. Para o NDWI não houve grande variação e apresentou valores abaixo de 0, e isso pode ser atribuído ao baixo regime pluviométrico em dias próximos ao imageamento em setembro de 2006 e 2010, evidenciando áreas com baixo teor de presença de água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) pelos dados pluviométricos e ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) pela disponibilidade das imagens orbitais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas. Sistema de Informação Geográfica. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/sighepe/>>. Acesso: Junho de 2017.

BATISTA, G. T.; ALMEIDA, S. E. Índice de vegetação versus precipitação na Amazônia. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos- SP. Setembro, 1998. In Anais do **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, INPE, (CD-ROM).

CHAVEZ, P. S.; MACKINNON, D. J. Automatic detection of vegetation changes in Southwest United States using remotely sensed images. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Bethesda, v. 60, n. 5, p. 571-583, 1994.

CHANDER. G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p. 893-903, 2009

FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. dos S.; SILVA, H. A. da; SANTOS, A. M. dos; GALVÍNCIO, J. D. Análise

- Espaço-Temporal da Dinâmica da Vegetação da Caatinga no Município de Petrolina- PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, pp. 904-922, 2012.
- USGS – United States Geological Survey através do sítio <<https://earthexplorer.usgs.gov> > USGS Acesso: Junho de 2017.
- GAO, B. C. NDWI-A Normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. **Remote Sensing of Environment**, p.257- 266, 1996.
- GONZAGA, E.P.; SANTOS, V.V.; NICÁCIO, R.M. Análise do comportamento do NDVI e NDWI em períodos de diferentes intensidades pluviométricas no Sertão alagoano. In Anais do **XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, maio de 2011, pp.1736-1743, 2011
- HUETE, A.R.; TUCKER, C.J. Investigation of soil influence in AVHRR red and near infrared vegetation index imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.12, p. 1223 – 1242, 1991.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 92 p. (IBGE. Série Manuais Técnicos em Geociências, 1). 1992.
- MARKHAM, B.L.; BARKER, L.L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, n.3,pp.517-523, 1987.
- OLIVEIRA, L. M. M. DE; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B. DA; MOURA, A. E. S. S. DE; GUSMÃO, A. C. V. E L.; SALGUEIRO, J. H. P. DE. B. Índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Tapacurá – PE, in Anais do **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, RS, nov. 2013
- PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a mata atlântica**. São José dos Campos: INPE, 2002 8-8p, 2002.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: A Silva Vieira Ed. 127 p., 2007
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Prog. Rep. RSC 1978-1. **Remote Sensing Cent.**, Texas A&M Univ., College Station, 1974.
- SILVA, A. P. N da; MOURA, G. B. de A.; GIONGO, P. R.; SILVA, A. O da. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semiárido de PE. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p. 195 – 205, 2009.