



I SIMPÓSIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO
Integrando conhecimentos científicos em defesa do Velho Chico.

**ANALISE DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA
NORMALIZADA (NDVI) NA BACIA DO RIO PAJEÚ, PE**

Ana Lúgia Chaves Silva^{1} & José Roberto Gonçalves de Azevedo² & Hagen Koch³ & Fred F. Hattermann⁴*

Resumo: O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, inserida geograficamente entre as latitudes 07° 16' 20" e 08° 56' 01" sul e entre as longitudes 36°59' 00" e 38°57' 45" oeste. Este é um dos rios que afluem para o curso submédio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Neste trabalho avaliou por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) a densidade da biomassa nos anos de 1985 (ano chuvoso) e 2015 (ano seco), utilizando imagens do ano de 1985 do sensor TM Landsat 5 e do ano de 2015 do sensor OLI do Landsat 8. Aplicando ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e técnicas de sensoriamento remoto para classificação do uso e ocupação do solo, onde foi feita a identificação de cinco temas: corpos d'água, área não vegetada, vegetação muito esparsa, vegetação esparsa e vegetação densa. O NDVI apresentou menores valores no ano mais seco, e houve uma variação expressiva do índice de vegetação entre os anos. O uso do NDVI mostrou ser uma ferramenta eficaz no estudo de áreas vegetadas.

Palavras chaves: Uso do solo, NDVI, Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú

Abstract: The study was conducted in the Pajeú River Basin, set geographically between latitudes 07° 16' 20" and 08° 56' 01" South and between longitudes 36°59' 00" and 38°57' 45" West. This is one of the rivers that flock to the sub-middle course of the River Basin San Francisco. In this work through Difference Vegetation Index Normalized (NDVI) the density of biomass in 1985 (wet year) and 2015 (dry year), using 1985 year images of TM Landsat 5 and 2015 the OLI Landsat sensor 8. Applying tools of Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing techniques for classification of land use and occupation, where the identification of five themes was made: water bodies, not vegetated area, vegetation very sparse, sparse vegetation and dense vegetation. The NDVI showed lower values in the dry year, and there was a significant variation in the vegetation index between the years. The use of NDVI proved to be an effective tool in the study of vegetated areas.

Key words : Land use , NDVI , Pajeú River Basin

¹ Doutoranda do Departamento de Eng. Civil, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Brazil. Bolsista CNPQ. E-mail: analigiaifpb@hotmail.com

² Departamento de Eng. Civil, Centro de Tecnologia e Geociências - CTG, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife, Brazil, e-mail: jruga@ufpe.br

³ Potsdam Institute for Climate Impact Research – PIK, P.O. Box. 601 203, D-14412 Potsdam, Germany, e-mail: hagen.koch@pik-potsdam.de

⁴ Potsdam Institute for Climate Impact Research – PIK, P.O. Box. 601 203, D-14412 Potsdam, Germany, e-mail: fred.hattermann@pik-potsdam.de

INTRODUÇÃO

O mapeamento do uso e cobertura do solo, segundo Santos e Santos (2010), tem sido considerado por muitos autores uma importante ferramenta para um melhor conhecimento das rápidas transformações da paisagem, porque permite a obtenção de informações para construção de cenários ambientais e indicadores, que servirão de subsídios práticos à avaliação da capacidade de suporte ambiental, contribuindo para o desenvolvimento sustentável de determinada região. O uso e cobertura do solo também são informações muito importantes para modelos, destacando os aplicados para ecologia ou para hidrologia.

Um das geotecnologias utilizadas no mapeamento do uso e cobertura do solo é o sensoriamento remoto que permite obter imagens, da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (Florenzano, 2007).

Por meio dos avanços tecnológicos advindos dos sensores remotos, através de imagens de satélites, é possível analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal, bem como suas possíveis modificações em diferentes períodos, possibilitando o monitoramento do ambiente. Nesse sentido, os índices de vegetação têm sido largamente utilizados na determinação e estimativa do índice de área foliar, biomassa e radiação fotossintética ativa.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), cuja sigla em inglês é NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) permite caracterizar e quantificar parâmetros biofísicos em áreas vegetadas, é um modelo resultante da combinação do nível de reflectância em imagens de satélites nas bandas do vermelho e no infravermelho próximo (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). No entanto, o NDVI pode ser diferentemente afetado pela: arquitetura do dossel, as características químicas das folhas, o substrato e a presença de água. Tais agentes interferem na assinatura espectral da vegetação modificando a reflectância dos alvos sobre a superfície (Baret e Guyot, 1991).

Diversos trabalhos destacam o uso dos índices de vegetação para analisar a cobertura do uso e ocupação da terra de uma determinada área, tais como: Anyamba *et al.* (2005); Kahrman *et al.* (2005); Barbosa *et al.* (2006); Tourre *et al.* (2008); Melo *et al.* (2011); Rêgo *et al.* (2012); Santos *et al.* (2014); Kim *et al.* (2014); Braz *et al.* (2015). Rocha *et al.* (2013) utilizaram o NDVI no intuito de identificar classes de uso do solo, e apontaram o método como otimizador no processo de identificação de classes da cobertura vegetal. Ramos *et al.* (2010), aplicaram o NDVI para analisar a degradação no interior do parque Nacional Boqueirão de Onça (PNBO), no submédio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e aponta este índice de vegetação como sendo mais sensível a vegetação esparsa, como é o caso da caatinga.

O objetivo do trabalho é analisar a cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú por meio do NDVI, buscando identificar a interferência do clima e das ações antrópicas na cobertura vegetal, comparando imagens pós-período chuvoso de um ano muito chuvoso (1985) e um ano seco (2015).

MATERIAL E MÉTODO

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú (Figura 1) localiza-se no submédio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, no estado de Pernambuco, entre as latitudes entre 07° 16' 20" e 08° 56' 01" de latitude sul, e 36°59' 00" e 38°57' 45" de longitude oeste. A bacia ocupa uma área de 16.686 km², que se estende desde o sul até o norte da área central do estado. Sua extensão

representa 17% da área do Estado de Pernambuco. O Rio Pajeú percorre 353 km até desaguar no lago formado pela Barragem de Itaparica, no Rio São Francisco.

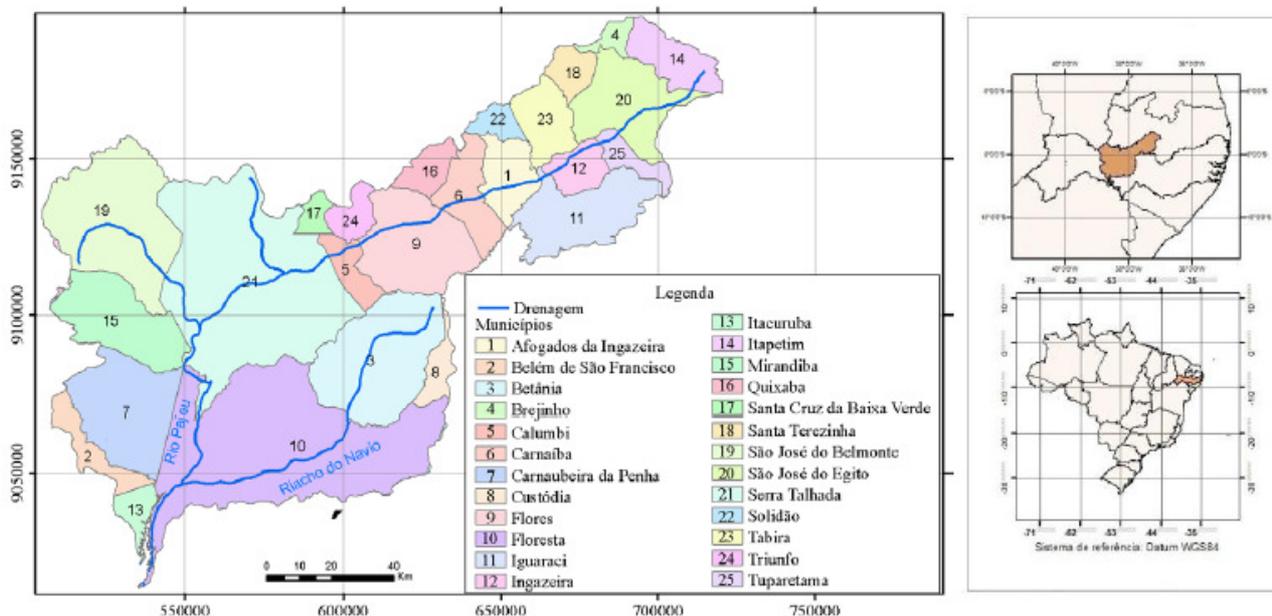


Figura 01: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú

A rede hidrográfica da bacia apresenta um regime sazonal intermitente, com a interrupção do curso no período de estiagem (Andrade, 1999). A área da bacia do Pajeú é caracterizada pela grande irregularidade das precipitações, apresentado um período chuvoso de fevereiro a maio (PERNAMBUCO, 1994 => não é na lista das Referências), condicionado pelo deslocamento anual da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema atmosférico que atua nessa área. Os totais pluviométricos anuais oscilam entre 500 e 800 mm por ano, à exceção do município de Triunfo, o qual apresenta uma média histórica anual de precipitação de 1228 mm (SUDENE, 1990), em função de sua altitude, cerca de 1000 m. Para o ano de 1985 a precipitação anual na bacia foi de 1556 mm, já para o ano de 2015 a precipitação anual foi de 431 mm.

Metodologia

O NDVI foi determinado em dois anos distintos, priorizando uma imagem de satélite mais antiga e uma mais recente, na expectativa de verificar as mudanças ocorridas em termos de cobertura vegetal entre o período analisado. É importante salientar que na Caatinga deve-se ter o cuidado com as datas, períodos, das imagens de satélite a serem utilizadas para o NDVI, pois a mesma sofre variação considerável na fitomassa durante o ano, especialmente quando se compara a vegetação no período chuvoso com o de estiagem. Dessa forma, para esta pesquisa, utilizou-se de imagens de satélite do fim da estação chuvosa, pois neste período a quantidade de água no sistema se encontra relativamente estável com melhor realce da vegetação pelo NDVI.

Para realização deste trabalho foi adotada a sequência metodológica exposta na figura 2. As imagens do Landsat 5 e 8, órbitas 215 e 216 e pontos 65 e 66, foram adquiridas no sítio de catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>) para as datas de 22/07/1985 e 14/08/1985 (Bandas 3, 4 e 5 do Landsat 5) e de 28/04/2015 e 12/05/2015 (4, 5 e 6 Landsat 8). Para georeferenciá-las utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas SPRING, versão 5.2.3, disponibilizado gratuitamente pelo INPE.



Figura 2: Metodologia da pesquisa

Na geração do NDVI no software Spring 5.2.3, adotou-se à metodologia proposta por Moreira (2011), para realizar operações aritméticas, conforme equação 1:

$$C = \text{Ganho} * ((A - B) / (A + B)) + \text{Offset} \quad (1)$$

Onde A representa a banda do infravermelho próximo e B a banda do vermelho. No sensor LANDSAT 5 estas bandas são 4 e 3, respectivamente. Já no LANDSAT 8 as bandas são 4 e 5, respectivamente. Foi atribuído o valores 100 para “ganho” e 0 para “off-set”. Gerando assim uma imagem NDVI em tons de cinza. Após a geração da imagem de NDVI foi realizada a classificação do uso e ocupação do solo, identificando cinco temas: corpos d’água, área não vegetada, vegetação muito esparsa, vegetação esparsa e vegetação densa.

RESULTADOS

Após a aquisição das imagens foi realizado o georreferenciamento a partir de pontos conhecidos da área, e em seguida realizada a composição colorida das imagens para as duas datas distintas, para a imagem de 1985 a composição adotada foi 5R, 4G, e 3B. Já para a imagem de 2015 a composição utilizada foi 6R, 5G e 4B, conforme ilustra a figura 3.

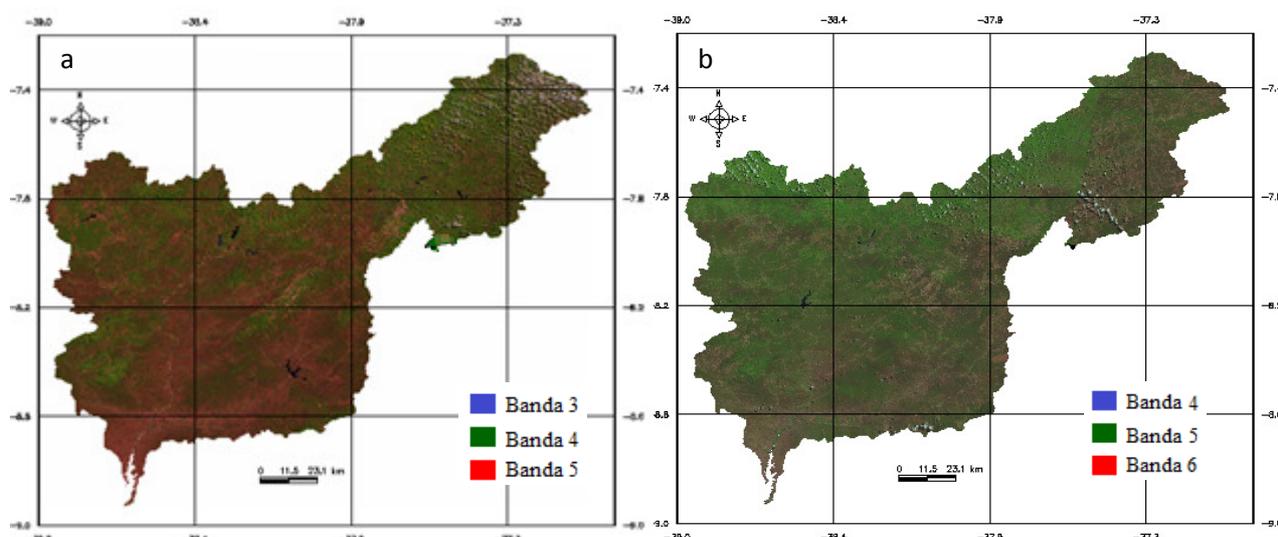


Figura 3: Composição colorida: a) 5R4G3B - 1985 e b) 6R5G4B - 2015

O próximo passo foi a criação do NDVI aplicando a equação 1, utilizando as bandas do vermelho e infravermelho próximo. E em seguida foi gerado o mapa temático com as classes, apresentado na figura 4.

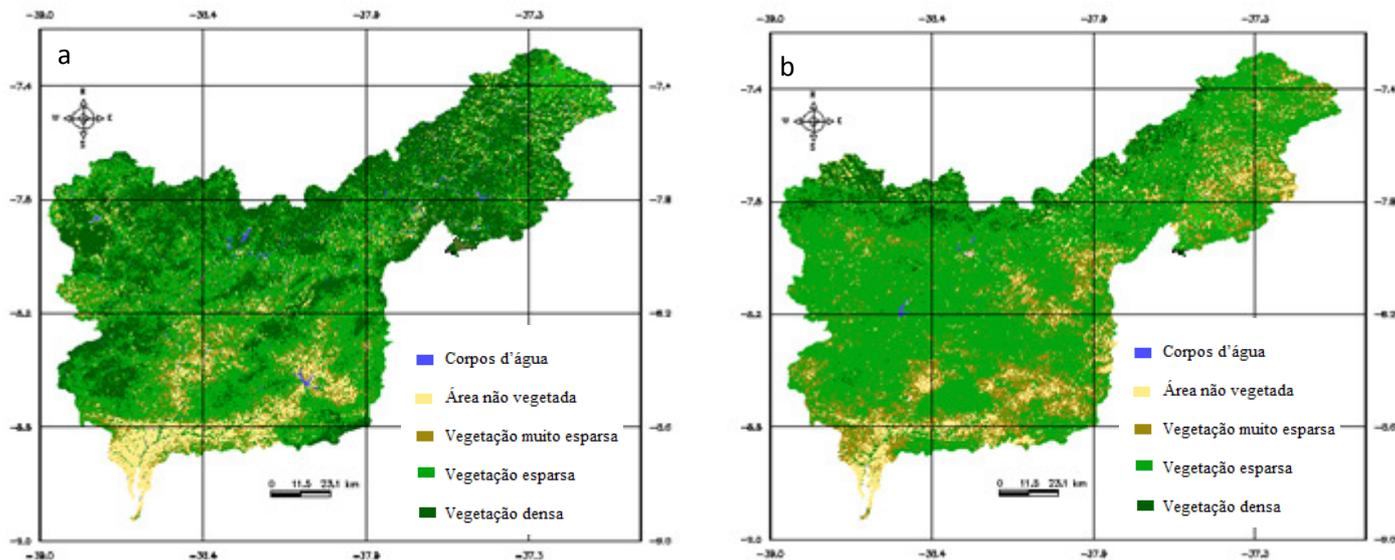


Figura 4: Imagem classificada: a) 5R4G3B - 1985 e b) 6R5G4B - 2015

Ao longo do período estudado, de 30 anos, a Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú sofreu várias alterações no uso e ocupação do solo, apresentando diferentes causas de sua variação espaço-temporal, incluindo mudanças na vegetação, nos recursos hídricos e na área urbana da região. A Tabela 1 apresenta a quantificação e percentagem das classes de uso e cobertura do solo na área estudada.

Tabela 1: Distribuição das classes de cobertura do solo obtidas pelo NDVI

| Uso e cobertura do solo | 1985 | | 2015 | | Alterações | |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| | Área (Km ²) | Porcentagem (%) | Área (Km ²) | Porcentagem (%) | Área (Km ²) | Porcentagem (%) |
| Água | 144 | 0,9 | 21 | 0,1 | 123 | -85,4 |
| Áreas não vegetadas | 1416 | 8,4 | 1484 | 8,8 | -68 | 4,8 |
| Vegetação muito esparsa | 1590 | 9,4 | 2868 | 17,0 | -1278 | 80,4 |
| Vegetação esparsa | 7636 | 45,3 | 11555 | 68,5 | -3919 | 51,3 |
| Vegetação densa | 6080 | 36,0 | 938 | 5,6 | 5142 | -84,6 |

A forma de uso predominante na bacia é a vegetação rasteira, tanto no ano de 1985 quanto no ano de 2015. Essa vegetação rasteira pode ser entendida também como fragmentos florestais. De acordo com Calegari *et al.* (2010), os fragmentos florestais são área de vegetação natural interrompidas por ações antrópicas, capazes de reduzir significativamente o fluxo de animais, pólen ou sementes. Ainda de acordo com o mesmo autor, este aumento na fragmentação das florestas com o passar dos anos é um efeito das atividades como madeireiras, pecuárias, industriais, agricultura.

Analisando as áreas sem vegetação, classe que contempla o solo exposto e as áreas urbanizadas, podemos observar um crescimento destas áreas comparando os anos estudados, o que pode ser atribuído ao crescimento das cidades, desmatamento e processos erosivos, principalmente

na parte sudeste da bacia. O solo exposto corresponde a áreas onde a cobertura vegetal foi retirada em sua totalidade e onde há incidência de processos erosivos.

Uma das consequências é a salinização do solo, onde o solo raso e pedregoso da Caatinga e o clima muito quente colaboram para o processo de salinização. As ações humanas também influenciam negativamente com as práticas de manejo inadequado da água, desmatamento da vegetação original que deixa o solo exposto a altas temperaturas da região forçando a ocorrência da salinização. De acordo com Silva *et al.* (2005), em Pernambuco, o problema da salinização atinge as áreas irrigadas às margens do Rio São Francisco.

Comparando os resultados obtidos com a precipitação ocorrida nestes anos, ilustrado na figura 5, podemos identificar que além das ações antrópicas existe influencia das variações climáticas no uso e ocupação do solo, pois no ano de 1985, ano mais chuvoso, mesmo as imagens sendo dos meses de julho e agosto, após período chuvoso, a cobertura vegetal era composta de 36,0% de vegetação densa e 45,3% de vegetação esparsa.

O mesmo não pode ser observado no ano de 2015 com apenas 5,6% da área da bacia coberta por vegetação densa e 68,5% de vegetação esparsa, estes resultados podem ter sofrido a influencia de estiagens severas nos quatro anos que antecederam 2015, o que comprometeu o volume de armazenada de água na bacia.

Esta afirmação pode ser observada ao analisar a área que representa os corpos de água, em 1985 representava 0,9% da área da bacia e em 2015 este valor caiu para 0,1%, mesmo as imagens de 2015 sendo dos meses de abril e maio, período considerado chuvoso. Vale ressaltar ainda que em 1985 ainda não existia a barragem de Serrinha, localizado no centro oeste da bacia.

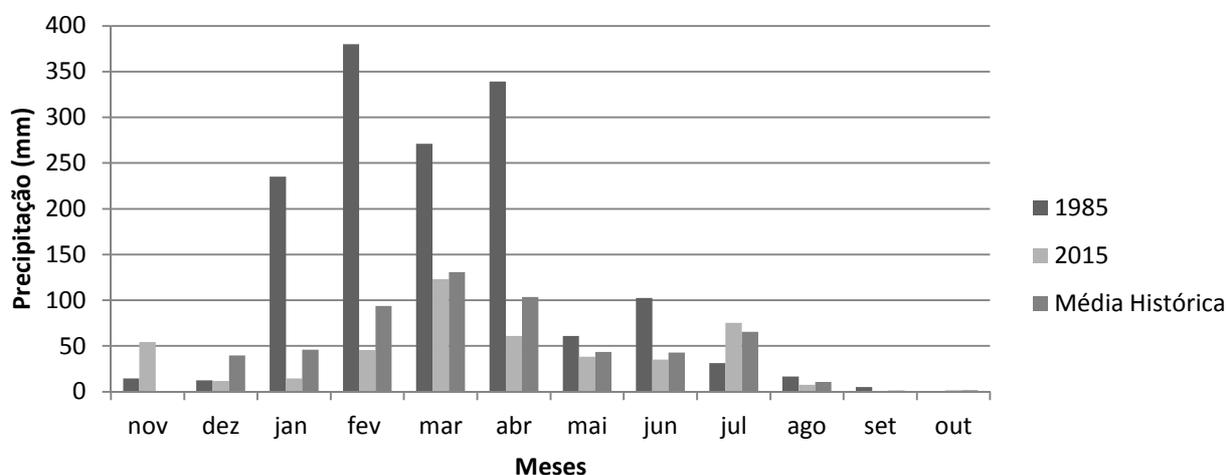


Figura 5: Precipitação nos anos hidrológicos de 1985 e 2015 na Bacia do Pajeú

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou que ocorreram modificações no uso e ocupação do solo, ao longo dos 30 anos, tanto em relação à vegetação, quanto em relação à ocupação urbana e recursos hídricos.

O monitoramento com o sensoriamento remoto, por meio dos seus índices como o NDVI, que tem sido aperfeiçoado e constantemente aplicado na avaliação da vegetação e mostrou adequado neste estudo.

A partir da análise dos índices de vegetação modelados neste estudo para aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, observa-se que a bacia encontra-se mais preservada nos seus limites norte e com maior interferência antrópica próximo às margens do curso d'água principal, e principalmente na região sudeste da bacia.

Para solo exposto foram encontrados os menores índices de NDVI e para vegetação densa os maiores, evidenciando um gradiente de acordo com a cobertura e uso do solo, podendo usar esses índices para modelagem de interceptação florestal em bacias hidrográficas servindo de entrada nos diversos modelos de modelagem de deflúvio.

Os dados do uso e cobertura do solo serão utilizados no modelo eco-hidrologico SWIM (Soil and Water Integrated Model), em um trabalho futuro de modelagem hidrológica da Bacia hidrográfica do Rio São Francisco.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, T. L. C. (1999). “*Hidrografia*”, in *Atlas Escolar de Pernambuco*. Org. por ANDRADE, M. C. O. ed. GRAFSET, João Pessoa – PB, pp. 40-42.
- ANYAMBA, A., TUCKER, C. J. 2005. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAAVHRR NDVI data from 1981–2003. *Journal of Arid Environments* 63, 596–614. doi:10.1016/j.jaridenv.2005.03.007.
- BARBOSA, H. A., HUETE, A. R., BAETHGEN, W. E. A. 2006. 20-years study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 67, n. 2, p. 288-307. doi:10.1016/j.jaridenv.2006.02.022.
- BARET, F.; GUYOT, G. (1991), Potential and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment, *Remote Sensing of Environment*, 35:161-173.
- BRAZ, A. M.; ÁGUAS, T. A., GARCIA, P. H. M. 2015. Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e Índice de Área Foliar (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do córrego ribeirãozinho, município de Selvíria–MS. *Revista Percorso* 7, 5-22. doi: 10.4025/revpercurso.v7i2.28758.
- CALEGARI, L.; MARTINS, S. V.; GLERIANI, J. M.; SILVA, E.; BUSATO, L. C. 2010. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.34, n.5, p.871-880.
- FLORENZANO, T. G. *Iniciação em Sensoriamento Remoto*. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 101.
- KAHRIMAN, A., GÜNLÜ, A., KARAHALIL, U. 2005. Estimation of Crown Closure and Tree Density Using Landsat TM Satellite Images in Mixed Forest Stands. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 42, 559–567. doi: 10.1007/s12524-013-0355-3.
- KIM, M., DAIGLE, J. J., GOODING, A. 2014. Vegetation Cover Change Detection by Satellite Imagery on Cadillac Mountain, Acadia National Park, Maine, USA: Does it Have Potential for Hiking Trail Management? *Natural Areas Journal* 34, 281-289. doi: http://dx.doi.org/10.3375/043.034.0304.
- MELO, E. T., SALES, M. C. L., OLIVEIRA, J. G. B. 2011. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús CE. *RA'EGA*. v.23, p. 520-533.
- MOREIRA, M. A. *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação*. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011.
- PONZONI, F. J. SHIMABUKURO, Yosio, E. (2007), *Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação*. São José dos Campos-SP.

- RAMOS, R. R. D. *et al.* Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010 p. 001 – 006 Disponível em: <http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/FotoeSR/SR_e_PDI/A_157.pdf>
- SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F. 2010. Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Vaza-Barris, Sergipe. *Revista Multidisciplinar da Uniesp: Saber Acadêmico*, n.º10 - Dez.
- SANTOS, J. Y. G., SILVA, R. M., CARVALHO NETO, J. G.; MONTENEGRO, S. M. G. L., SANTOS, C. A. G., SILVA, A. M., 2014. Assessment of land-use change on streamflow using GIS, remote sensing and a physically-based model, SWAT. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences* 364, 38-43. doi 10.5194/piahs-364-38-2014.
- SILVA, B. C. G.; MACIEL, L. N. Q.; ARAÚJO, M. S. B. 2005. Limitações ao cultivo em áreas irrigadas de Belém de São Francisco, Estado de Pernambuco, Brasil. *Acta Sci. Agron. Maringá*, v. 27, n. 2, p.343-347.
- SUDENE (1990). “*Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Pernambuco*”. SUDENE, Recife – PE, 363 p.
- TOURRE, Y., JARLAN, L., LACAUX, J., ROTELA, C., LAFAYE, M. 2008. Spatio-temporal variability of NDVIprecipitation over southernmost south America: possible linkages between climate signals and epidemics. *Environmental Research Letters*. v. 3, n. 4, p. 1-9. doi: 10.1088/1748-9326/3/4/044008.
- RÊGO, S. C. A., LIMA, P. P. S.,LIMA, M. N. S., MONTEIRO, T. R. R., 2012. Análise Comparativa dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. *Revista Geonordeste*. v.2, n. 4, p. 1217-1229.