

Eixo Temático ET-05-007 - Recursos Hídricos

## **ÍNDICES DE VEGETAÇÃO UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA BACIA DO RIO MAMUABA, ESTADO DA PB**

Paloma Mara de Lima Ferreira, Ana Paula Campos Xavier

Universidade Federal da Paraíba – UFPB; Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UFPB.

### **RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo apresentar as condições de distribuições espaciais da vegetação usando os índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF, para a bacia hidrográfica do Rio Mamuaba, estimados a partir de dados de sensoriamento remoto e técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para estimativa dos índices de vegetação foram utilizadas imagens LANDSAT-7, especificamente as bandas 3,4 e 5, adquiridas por meio do sensor TM, com resolução espacial de 30x30m, na órbita 214 e ponto 65. Em seguida, foi realizado o processamento das imagens em ambiente SIG, por meio do software SPRING versão 5.1.8. A estimativa do índice NDVI apresentou máximo de 0,71 e mínimo de -0,23, os valores do SAVI variaram entre -0,09 a 0,49. Observou-se que as áreas com NDVI e SAVI mais altos se deram principalmente nas porções mais elevadas da bacia, caracterizada por apresentar vegetação mais densa e menores interferências da ação antrópica. O IAF variou entre -0,13 e 0,51. Os maiores valores do IAF foram observados na porção sudoeste e noroeste da bacia, sobretudo as margens do curso d'água, região caracterizada pelo cultivo de bambu e cana de açúcar. As estimativas dos índices de vegetação mostram resultados satisfatórios para o monitoramento da cobertura vegetal na bacia, podendo servir de subsídio para o monitoramento ambiental da bacia, diante da importância da bacia para o contexto dos recursos hídricos da região.

**Palavras-chave:** Índices de vegetação; NDVI; SAVI; IAF; Sensoriamento Remoto.

### **INTRODUÇÃO**

A utilização de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) e Índice de Área Foliar (IAF) facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009).

Dessa forma, a partir do uso de satélites os estudos ambientais tiveram grandes avanços e possibilitaram qualidade, agilidade e quantidade de informações. Os sensores a bordo de satélites de observação da Terra são capazes de captar informações da superfície terrestre em diferentes bandas do espectro eletromagnético (LIRA et al. 2011).

Assim, o Sensoriamento Remoto constitui em uma importante tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2011). Segundo Amiri et al., 2014, atualmente, as técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são poderosas ferramentas para investigar e prever mudanças ambientais de um modo confiável, rápido e econômico com estratégias consideráveis de tomada de decisão.

Os índices de vegetação são uma importante ferramenta gerada por técnicas de sensoriamento remoto que têm sido amplamente empregados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação presente na área imageada.

Através destes índices são obtidas informações a respeito da quantidade de biomassa verde e dos parâmetros de crescimento e desenvolvimento da vegetação (JUNGES et al. 2007).

Ponzoni (2001) menciona que a aparência da cobertura vegetal em determinado produto de Sensoriamento Remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais. O que é efetivamente medido por um sensor remotamente situado, oriundo de determinada vegetação (alvo), não pode ser explicado somente pelas características intrínsecas dessa vegetação, inclui também a interferência de vários outros parâmetros e fatores tais como: a fonte de radiação, o espalhamento atmosférico, as características tanto das folhas quanto do dossel, os teores de umidade do solo, a interferência da reflectância do solo, sombra, entre outros.

Nessa perspectiva, diversos estudos foram realizados utilizando índices de vegetação na caracterização da cobertura vegetal, dentre os quais destacam-se os estudos de Gameiro et al. (2017), que aplicaram os índices NDVI, SAVI e IAF para a Sub- Bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe no Ceará analisando os períodos secos e úmidos da região. Oliveira et al. (2013), avaliaram o desempenho de índices de vegetação para diferentes proporções de cobertura de vegetação para três tipos de solo, o estudo partiu de procedimentos experimentais em laboratório. Monteiro (2013), aplicou diferentes índices de vegetação para identificar áreas na APA das Onças, no Estado da Paraíba, que apresentem maior e menor cobertura vegetal.

## **OBJETIVO**

Este trabalho tem por objetivo apresentar as condições de distribuições espaciais da vegetação usando os índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF, para a bacia hidrográfica do Rio Mamuaba, estimados a partir de dados de sensoriamento remoto e técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

## **METODOLOGIA**

### **Localização da área de estudo**

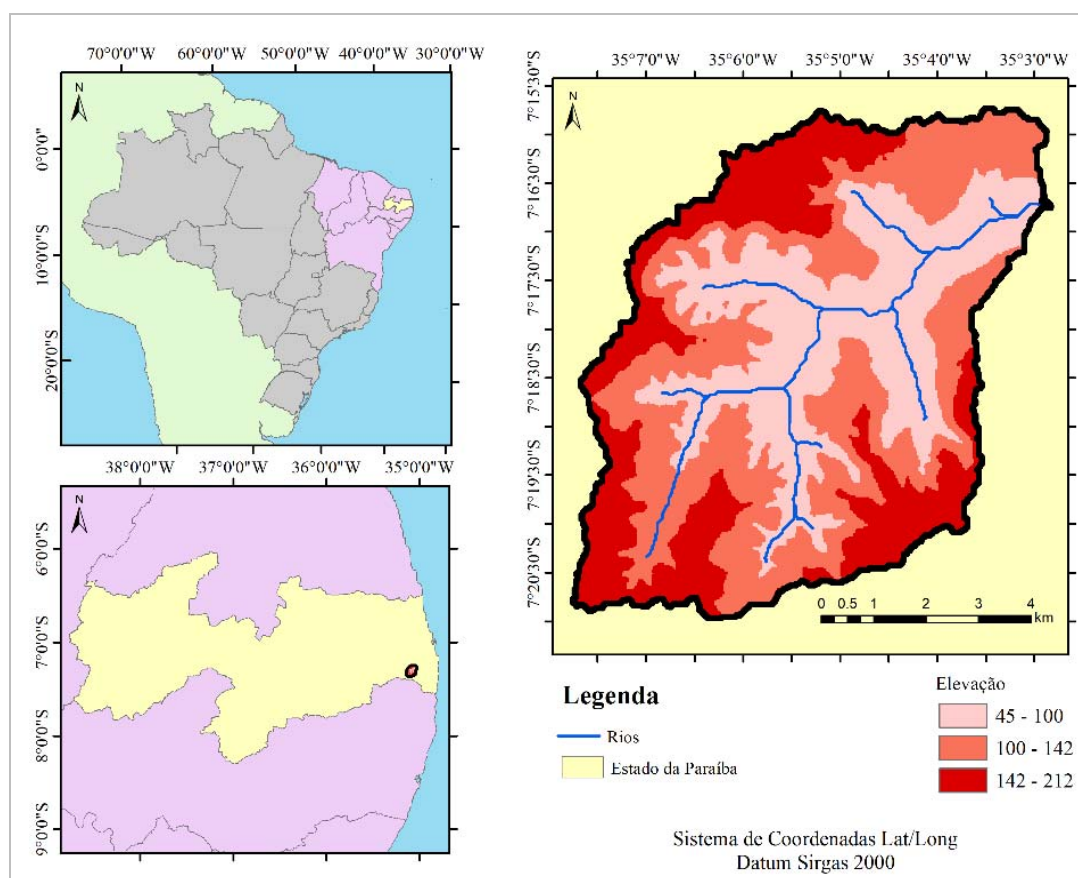
A bacia do Rio Mamuaba está localizada na porção Sul da Região Metropolitana de João Pessoa, mais precisamente entre as latitudes 7° 15' 00" e 7° 21' 00" S e as longitudes 35° 03' 00" e 35° 07' 30" O (Figura 1).

O Rio Mamuaba é um dos principais rios que compõe a bacia hidrográfica do Rio Gramame, que é responsável pelo abastecimento de água para os municípios da Região Metropolitana de João Pessoa, no Estado da Paraíba. Essa bacia possui uma área de drenagem de aproximadamente 62 km<sup>2</sup> e apresenta evaporação média anual em torno de 1.300 mm (Silva et al. 2011).

De acordo com a classificação climática de Köppen, adaptada para a região por Varejão-Silva et al. (1987), a região da bacia Mamuaba é do tipo Aw'i, que indica um clima tropical chuvoso, com estação seca na primavera. Segundo Lima e Curi (2006), essa região apresenta temperatura média anual de 26°C, com as temperaturas mais elevadas ocorrendo no mês de janeiro (32°C), e as mais baixas no mês de julho (20°C).

A área de abrangência da bacia hidrográfica do Rio Mamuaba é caracterizada por conflitos, motivados principalmente pela questão da degradação ambiental, em função da extensa área de plantio de cana de açúcar e os elevados índices de assoreamento dos rios, devido às atividades industriais presentes na região (FONSECA, 2008).

Segundo Cabral da Silva et al. (2002), as principais características da bacia são: bacia hidrográfica peri-urbana com exportação expressiva de água para o aglomerado urbano denominado Grande João Pessoa; bacia hidrográfica litorânea com rios perenes e bacia hidrográfica fortemente antropizada. O desmatamento excessivo é uma prática recorrente na bacia, favorecendo a perda de solos e nutrientes pelo escoamento superficial, destacam-se ainda o crescimento demográfico não planejado em áreas urbanas com vocações turísticas e a diminuição da biodiversidade aquática.



**Figura 1.** Localização da área de estudo.

Quanto à velocidade do vento, apresenta os menores valores durante os meses de fevereiro a junho, correspondendo ao fim do verão, outono e início do inverno, esse período condiz com os maiores registros de umidade do ar, nebulosidade e precipitação, enquanto que os meses com maiores velocidades do vento são: agosto, setembro e outubro, estes correspondem ao fim do inverno e parte da primavera, sendo portanto, o início do período seco para o município de João Pessoa, que apresenta os maiores valores de evaporação e insolação. A normal mensal é de 2,77 m/s (PEREIRA, 2014).

#### **Processamento das imagens de satélite**

Para realização da pesquisa foi utilizada uma imagem de satélite do Landsat-7/TM (*Thematic Mapper*) nas bandas 3 e 4, com órbita e ponto 214/65 para o ano de 2001 referente ao mês de agosto, obtida junto ao catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em formato TIFF e com resolução espacial de 30 m. Também foi obtido o *shapefile* do limite da bacia hidrográfica em formato vetorial, através do banco de dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs).

Em seguida, foi necessário realizar o recorte e registro ou georreferenciamento da imagem, utilizando o software SPRING versão 5.1.8 que é um SIG livre, desenvolvido pelo Departamento de Processamento de Imagens do INPE e de aquisição gratuita por meios eletrônicos. Para o recorte da imagem foram inseridas as coordenadas:  $X_1= 1314$ ,  $Y_1= 2349$ ;  $X_2= 6366$ ,  $Y_2= 5943$  como parâmetros de saída da imagem. Posteriormente, foi realizado o registro da imagem que consiste em ajustar as coordenadas da imagem num dado sistema de projeção e de coordenadas. Para isto, foram escolhidos dez pontos de controle a partir do

Google Earth. Em seguida foram feitos os procedimentos necessários para aplicação dos índices de vegetação nas imagens correspondentes às bandas 3 e 4 do Landsat.

### Índices de Vegetação

Para o cálculo dos índices de vegetação primeiramente foi necessário converter os números digitais (DN) de cada pixel em radiância espectral ( $L_\lambda$ ) através da seguinte equação:

$$L_\lambda = (\text{gain}_\lambda \times \text{DN7}) + \text{bias}_\lambda \quad (1)$$

onde  $L_\lambda$ = radiância espectral para banda (Watts /  $\text{sq} \times \text{m} \times \mu\text{m}$ ); DN7= dados do Landsat 7 ETM + DN;  $\text{gain}_\lambda$  e  $\text{bias}_\lambda$ = são números específicos por banda, baseado na Tabela 1. Foi realizado esse cálculo utilizando as bandas 3 e 4.

**Tabela 1.** Números específicos por banda de  $\text{gain}_\lambda$  e  $\text{bias}_\lambda$ . Fonte: Chander et al. (2009).

Banda	Gain	Bias
1	0,778740	-6,98
2	0,798819	-7,20
3	0,621654	-5,62
4	0,639764	-5,74
5	0,126220	-1,13
7	0,043898	-0,39

A partir do cálculo da radiância espectral das bandas 3 e 4, os dados de radiância foram convertidos para dados de reflectância através da Equação 2.

$$R = \frac{\pi \times L_\lambda \times d^2}{E_{\text{sun}\lambda} \times \cos(\theta_{\text{SE}})} \quad (2)$$

onde: R= reflectância (adimensional);  $L_\lambda$  = radiância calculada anteriormente (Watts /  $\text{sq} \times \text{m} \times \mu\text{m}$ ); d= distância Terra-Sol (em unidades astronômicas),  $E_{\text{sun}\lambda}$ = radiância de banda específica emitida pelo sol proposto por Chander et al. (2009) e  $\theta_{\text{SE}}$ = ângulo de elevação solar. Para este estudo a distância Terra- Sol foi de 1,01458 em dados astronômicos, obtido a partir da data da imagem de satélite e o respectivo dia Juliano. Para a banda 3, o  $\theta_{\text{SE}}$  foi de 43,5056, obtido a partir das informações fornecidas pelo INPE e o  $E_{\text{sun}\lambda}$  de 1533 (Watts / ( $\text{sq} \times \text{m} \times \mu\text{m}$ )). Com relação a banda 4, o  $\theta_{\text{SE}}$  foi de 43,5101 e o  $E_{\text{sun}\lambda}$  de 1039. Em seguida, os resultados da reflectância foram forçados para valores positivos, utilizando a função condicional “Con” contida na calculadora raster do ArcGis 10.1.

O índice de vegetação NDVI foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do Infravermelho próximo (IVP) e do Vermelho (V) pela soma das mesmas (ALLEN et al., 2002) (Equação 3), em que no Landsat 7 a variável IVP = Banda 4, e V = Banda 3.

$$\text{NDVI} = \frac{\text{IVP} - \text{V}}{\text{IVP} + \text{V}} \quad (3)$$

Segundo Boratto; Gomide (2013), o NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1 (quanto mais próximo de 1, maior a densidade de cobertura vegetal).

O índice NDVI foi proposto visando a eliminar diferenças sazonais do ângulo do Sol e minimizar os efeitos da atenuação atmosférica observados para dados multitemporais (ZANZARIN et al., 2013).

O índice de vegetação SAVI foi calculado por meio da Equação 4 (HUETE, 1988), sendo esta uma adaptação do NDVI e possui a propriedade de minimizar os efeitos do solo de fundo no sinal da vegetação ao incorporar uma constante de ajuste de solo, o fator L na equação do NDVI:

$$SAVI = \frac{(1+L)(NIR-V)}{(L+NIR-V)} \quad (4)$$

onde: SAVI é o Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo; L = uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI; NIR = reflectância do Infravermelho próximo; V = reflectância do vermelho.

Um valor para Ls de 0,25 é indicado para vegetação densa e de 0,5 para vegetação com densidade intermediária, quando o valor de Ls for 1 para vegetação com baixa densidade. Se o valor do SAVI for igual a 0, seus valores tornam-se igual aos valores do NDVI. Portanto, o valor de Ls mais utilizado é 0,5 (HUETE, 1988).

Para o cálculo do IAF foi utilizada a equação empírica obtida por Allen et al. (2002) (Equação 5), sendo este um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, obtido através da razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação:

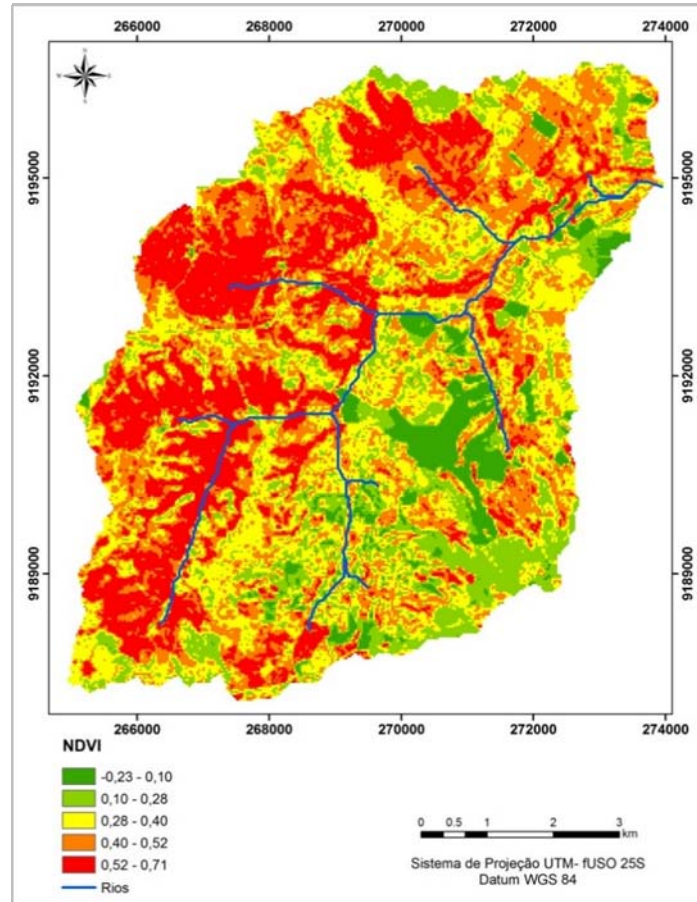
$$IAF = - \frac{\ln\left(\frac{0,52-SAVI}{0,52}\right)}{0,91} \quad (5)$$

onde: IAF= Índice de área foliar e SAVI = Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo. Os valores de NDVI, SAVI e IAF foram gerados a partir do software ArcGis 10.1 e da imagem do satélite da série Landsat do ano de 2001 para a bacia do Rio Mamuaba.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra o mapa referente a estimativa do NDVI, para o ano de 2001 na bacia do Rio Mamuaba. Observa-se que os menores valores de NDVI (-0,23- 0,10) foram encontrados na porção sudeste da bacia, indicando que esta região apresenta superfície com vegetação rala ou mesmo superfície com solo exposto, uma vez que apresentou valores muito próximos a zero. Os maiores valores (0,52- 0,71) foram encontrados na porção sudoeste e noroeste da bacia, sendo essa região da bacia a que apresenta uma vegetação mais densa. Segundo Boratto e Gomide (2013), os maiores valores de NDVI correspondem aos Números Digitais (ND) mais elevados, que se relacionam às áreas de vegetação com maior vigor. Enquanto os menores valores equivalem aos ND baixos, representando as áreas de vegetação estressada, bem menos densas ou até mesmo áreas desnudas.

Observa-se que as áreas com NDVI mais altos se deram principalmente, nas porções mais elevadas da bacia, caracterizada por apresentar vegetação mais densa e menores interferências da ação antrópica. Em contrapartida próximo ao exutório da bacia foram encontrados valores variando entre 0,10 e 0,52 indicando uma vegetação menos densa, típica de áreas de cultivo, caracterizada por maiores interferências antrópicas devido as menores declividades da bacia.



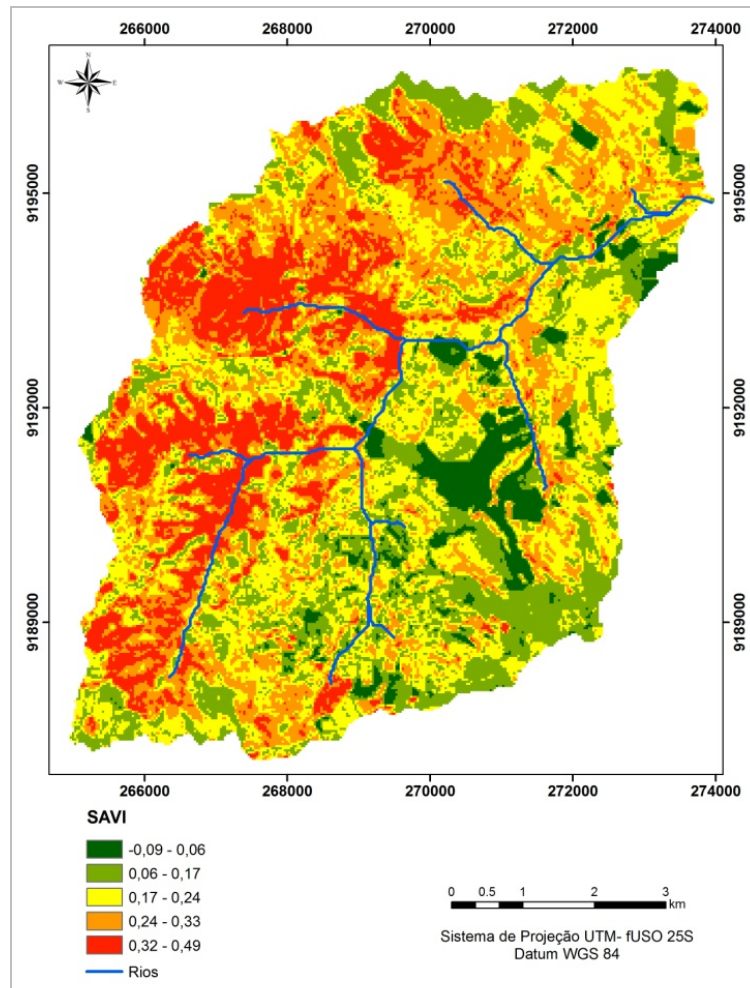
**Figura 2.** Mapa do NDVI para o ano de 2001 na bacia do Rio Mamuaba.

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial do índice de vegetação SAVI para o ano de 2001 na bacia do Rio Mamuaba. O valor do fator de ajuste usado no SAVI no processamento das imagens foi igual a 0,5, valor esse frequentemente usado e satisfatório na avaliação de cobertura vegetal em bacias hidrográficas. Os resultados do SAVI variaram entre -0,09 e 0,49. Verifica-se que os menores valores entre -0,09 e 0,06 foram encontrados na região sudeste da bacia, em que os valores negativos mostram áreas descobertas. Os maiores valores foram encontrados, sobretudo na região sudoeste e noroeste da bacia.

De maneira geral, a diferença visual entre os índices NDVI e SAVI é quase imperceptível, todavia houve variação entre os valores em que para o NDVI foi entre -0,23 e 0,71 e para o índice SAVI entre -0,09 e 0,49. Segundo Rego et al. (2012), a diferença existente entre ambos está no fato do índice SAVI apresentar um fator de ajuste para o brilho do solo, o que modifica a escala de valores que acompanha cada índice, apesar da utilização das mesmas bandas no algoritmo.

Na Figura 3, os valores mais baixos do índice SAVI são áreas com uma vegetação mais rala/rasteira ou solo desnudo (verde e amarelo) e os maiores valores do SAVI são áreas com uma vegetação mais densa (vermelho), resultado esse coerente ao índice NDVI.

Segundo Santana et al. (2018), o índice SAVI responde bem a áreas com solo exposto, o que demonstra o potencial desse índice para estudos de áreas degradadas e fragmentadas, sobretudo de reservas de Mata Atlântica.



**Figura 3.** Mapa do SAVI para o ano de 2001 na bacia do Rio Mamuaba.

A Figura 4 mostra a distribuição espacial do índice IAF para a bacia do Rio Mamuaba. A partir do índice NDVI, calculou-se o IAF, caracterizado por ser um indicador da biomassa, um índice biofísico. Os resultados obtidos do IAF apresentaram semelhanças com os índices do NDVI e SAVI, uma vez que o IAF é um subproduto do NDVI e do SAVI. Os menores valores do IAF foram encontrados na região sudeste da bacia, sendo esta porção a que apresenta a menor biomassa, e a presença da classe temática de uso do solo denominada vegetação rasteira e solo exposto.

Os maiores valores do IAF foram observados na porção sudoeste e noroeste da bacia, sobretudo as margens do curso d'água, região caracterizada pelo cultivo de bambu e cana de açúcar e conseqüentemente maior biomassa quando comparado com o uso do solo vegetação rasteira e solo exposto. Esse resultado também pode estar relacionado ao período da imagem Landsat utilizada no estudo, referente ao início do mês de agosto, período ainda chuvoso na região apresentando assim melhor disponibilidade hídrica no perfil do solo e o favorecimento do vigor da vegetação.

Para o índice IAF foi obtido uma estimativa de máximo e mínimo de 0,51 e -0,13, respectivamente. Apresentou predominância de valores entre a faixa de -0,13 a 0,16 observados, sobretudo nas regiões menos elevadas da bacia.

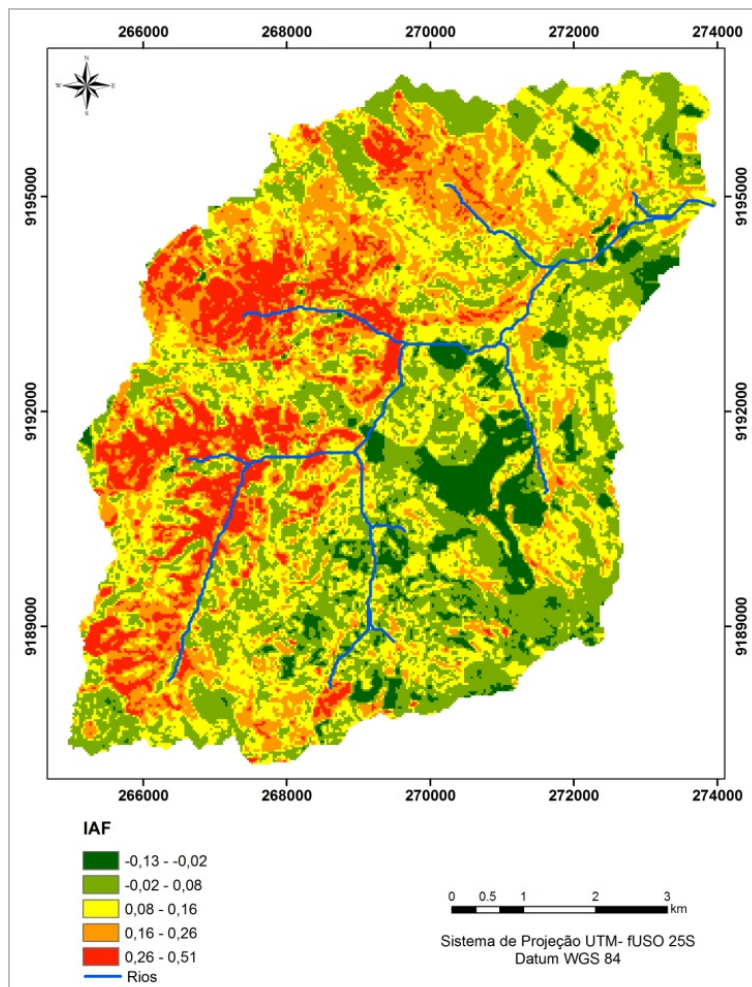


Figura 4. Mapa do IAF para o ano de 2001 na bacia do Rio Mamuaba.

## CONCLUSÕES

Os resultados dos cálculos dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF mostraram resultados satisfatórios para o monitoramento da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Rio Mamuaba. Foram encontrados resultados muito aproximados entre os índices, sobretudo na representação visual dos produtos, sendo que a maior diferença ocorreu entre os valores máximos e mínimos dos índices. Os resultados obtidos são importantes produtos que poderão servir de subsídio para gestão pública e ambiental, auxiliando gestores na tomada de decisão, sobretudo por a bacia servir para abastecimento humano, em que estudos dessa natureza são importantes para um melhor monitoramento da bacia.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL - Surface Energy Balance Algorithm for Land**. Advanced Training and Users Manual. Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- AMIRI, F.; RAHDARI, V.; NAJAFABADI, S. M.; PRADHAN, B.; TABATABAEI, T. Multitemporal LANDSAT images based on eco-environmental change analysis in andaround Chah Nimeh reservoir, Balochestan (Iran). *Environ. Earth Sci.*, v. 72, n. 3, p. 801-809, 2014.
- BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. Anais XVI Simpósio



Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

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.

FLORENZANO, T. C. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

FONSECA, F. **Efeitos do turismo na demanda d'água da bacia do Rio Gramame**: estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

GAMEIRO, S.; TEIXEIRA, C. P. B.; SILVA NETO, T. A.; LOPES, M. F. L.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; ZIMBACK, C. R. L. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. **Terra**, v. 13, n. 1/2, p. 15-22, 2017.

HUETE, A. R. **A soil-adjusted vegetation index**. Remote Sensing of Environment, Elsevier Science Publishing Co., New York, USA. 25:295-309, 1988.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres São José dos Campos, 2009.

JUNGES, A. H.; ALVES, G.; FONTANA, D. C. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 241-248, 2007.

LIMA, C. A. G. L.; CURTI, W. F. Determinação de políticas operacionais ótimas para o Sistema Gramame-Mamuaba, com uso de um modelo de Transferência mútua de água. Anais VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Gravatá. Porto Alegre, 2006.

LIRA, V. M.; SILVA, B. B.; NETO, J. D.; AZEVEDO, C. A. V.; FRANCO, E. S. Variação sazonal da cobertura vegetal em áreas do submédio São Francisco a partir de dados NDVI e imagens TM-LANDSAT 5. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

MONTEIRO, T. R. R. **Uso dos solos, índices de vegetação e degradação na APA das Onças-PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Federal da Paraíba, 2013.

OLIVEIRA, B. S.; SCHULTZ, B.; MATAVELI, G.; MACEDO, C. R. Avaliação de índices de vegetação para três tipos de solos em diferentes condições de cobertura vegetal. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, 2013.

PEREIRA, M. D. B. **As chuvas na cidade de João Pessoa**: uma abordagem genética. Monografia (Curso em Geografia), Universidade Federal da Paraíba, 2014.

PONZONI, F. J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: MENESES, P. R.; NETTO, J. S. M. (Org.). **Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais**. Brasília: Editora UNB, Embrapa Cerrados, 2001. p. 157-199.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no Município de São Domingos do Cariri-PB. **Revista Geonorte**, ed. especial, v. 2, n. 4, p. 1217-1229, 2012.

SANTANA, S. H. C.; SILVA, E. R. A. C.; LAURENTINO, M. L. S.; MELO, J. G. S.; GALVÍNCIO, J. D. Identificação dos índices de vegetação com melhores respostas espectrais para a Mata Atlântica na cidade de São Paulo-SP. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n 2, p. 200-209, 2018.

SILVA, C. R.; CHAVES, H. M. L.; CAMELO, A. P. Calibração e validação da equação universal de perda de solos modificada (MUSLE) utilizando dados hidrossedimentológicos locais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1431-1439, 2011.

SILVA, T. C.; SILANS, A. P.; PEDROSA FILHO, L. A.; PAIVA, A. E. D.; BILLIB, M.; BOOCHS, P. Planejamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame, Uma Bacia Litorânea do Nordeste Brasileiro. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 121-134, 2002.

VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR, M. J. N.; NIETZCHE, M. H.; SILVA, B. B. **Atlas Climatológico do Estado da Paraíba**. Campina Grande: UFPB, 1984.

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 608-614, 2013.