



## O DESAFIO DA GESTÃO AMBIENTAL DE FLORESTAS URBANAS: ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA RESERVA DE FLORESTA URBANA MATA DO JANGA-PE ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

DOI:10.19177/rgsa.v7e32018454-469

Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva<sup>1</sup>

José Gustavo da Silva Melo<sup>2</sup>

Daniella Roberta Silva de Assis<sup>3</sup>

Sidney Henrique Campelo de Santana<sup>4</sup>

Josicleda Domiciano Galvíncio<sup>5</sup>

### RESUMO

A área de estudo está localizada na área de influência da Reserva de Floresta Urbana Mata do Janga, Paulista-PE, que é o último remanescente de Mata de Restinga em Pernambuco. Ao longo das últimas décadas o processo de urbanização da cidade do Paulista tem se intensificado ao passo que a Reserva cada vez mais tem sido degradada pela ação antrópica. Dessa forma, este estudo tem como objetivo realizar uma análise espaço-temporal, através de produtos obtidos a partir de imagens de satélite dos anos de 2005 e 2011, para identificação do nível de degradação ambiental na área. Foram utilizadas 3 variáveis biofísicas: o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), para avaliação do conteúdo de clorofila na vegetação, o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI) e o Índice de área foliar (IAF) para o entendimento da dinâmica da área. O estudo demonstrou que apesar da Reserva ter mantido sua abrangência no período, como revelou o índice que mede o conteúdo de clorofila nas plantas, os índices relacionados à estrutura da vegetação como o (SAVI) e o (IAF) demonstraram um menor adensamento vegetacional na área, tendo apresentado considerável diminuição da biomassa durante o período.

**Palavras-chave:** Índices de vegetação. Adensamento urbano. Áreas de preservação.

<sup>1</sup> Gestora Ambiental. Doutoranda pelo programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente. Professora EBTT de engenharia ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão.

<http://orcid.org/0000-0002-1504-1994> E-mail: [elisabeth.silva@ifma.edu.br](mailto:elisabeth.silva@ifma.edu.br)

<sup>2</sup> Mestre em Desenvolvimento Urbano, pelo Departamento de Urbanismo, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). E-mail: [josegustavo\\_melo@hotmail.com](mailto:josegustavo_melo@hotmail.com)

<sup>3</sup> Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA-UFPE. E-mail: [dani\\_assis@hotmail.com](mailto:dani_assis@hotmail.com)

<sup>4</sup> Doutorando em Geografia. Mestre em Tecnologías Avanzadas para el Desarrollo Agroforestal na Universidad de Valladolid, Espanha. E-mail: [sidney\\_campelo@hotmail.com](mailto:sidney_campelo@hotmail.com)

<sup>5</sup> Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Professora adjunta da UFPE. E-mail: [Josicleda\\_domiciano@hotmail.com](mailto:Josicleda_domiciano@hotmail.com)

## 1 INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal do Litoral Norte de Pernambuco, em sua composição original, corresponde à Floresta Atlântica. Os remanescentes de mata mais extensos do Litoral Norte localizam-se a oeste da BR-101 e dos núcleos urbanos que margeiam essa rodovia, concentrando-se nos municípios de Abreu e Lima, Igarassu, Itamaracá, Paulista e sudeste de Itaquitinga, e ocorrências esparsas no restante da área (CPRH, 2003; da SILVA, 2017).

Em Paulista, os remanescentes de Mata Atlântica ocorrem na porção ocidental do vale do Rio Paratibe, que está inserido na Zona Especial de Conservação Urbana e Ambiental (ZECUA) desde a ponte da BR-101 até sua foz (INFORMAÇÕES MUNICIPAIS DO PAULISTA, 2008; CARVALHO, 2011). A delimitação deste zoneamento inclui as áreas de proteção permanente, definidas na legislação federal e caracterizada por apresentar expressiva cobertura vegetal, onde um desses trechos é a Mata do Janga (OLIVEIRA, 2015).

Situada na porção sul-oriental do município de Paulista-PE, a Reserva de Floresta Urbana Mata do Janga abrange uma área de 132,24 ha, correspondentes a 1,36% da área total do Município (AMANE, 2012). Enquadrada como mata de restinga, a Mata do Janga foi criada pela Lei Estadual nº 9.987 de 1987 e elevada à categoria de Reserva Ecológica pela Lei nº 9.989 de 13 de janeiro de 1987 (PERNAMBUCO, 2011). Como último remanescente de Mata de Restinga em Pernambuco, possui uma cobertura vegetal de mata secundária com indivíduos de médio e grande porte e irregular estrato arbustivo arbóreo, tanto em densidade como em porte, o qual contribui para a qualidade ambiental urbana (MONTEIRO, 2014; OLIVEIRA, 2015).

A quantificação, a avaliação de risco e o monitoramento ambiental podem ser realizados a partir de parâmetros biofísicos (tais como, índices de vegetação) e físicos (albedo, temperatura, emissividade, dentre outros) obtidos por meio de imagens orbitais, para determinação de mudanças na superfície (LOPES, 2010). Nesse sentido o sensoriamento remoto se apresenta como uma importante ferramenta para análise espacial pois as imagens de satélite permitem adquirir e explorar dados e informações para a análise de qualidade ambiental, que podem subsidiar o planejamento e a gestão territorial (CARDOSO; AMORIM, 2014).

Através de sua utilização é possível analisar, dentre outras variáveis, o conteúdo de clorofila presente na vegetação através do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), as áreas de degradação presentes no perímetro estudado através do índice de vegetação ajustada ao solo (SAVI) e o índice de área foliar da área (IAF), (SILVA et al., 2015).

A utilização desses índices 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). Os índices são apontados como indicadores de crescimento e vigor da vegetação e podem ser utilizados para diagnosticar vários parâmetros biofísicos com os quais apresentam altas correlações incluindo o índice de área foliar, biomassa, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade (PONZONI, 2001; SILVA et al., 2015).

Desse modo, as características fisionômicas da vegetação possuem papel fundamental nos estudos microclimáticos de ambientes heterogêneos como a da Bacia do Paratibe em Paulista-PE, por essa razão o objetivo deste trabalho é fazer uma análise espaço-temporal da dinâmica da vegetação na área de influência da Reserva de Floresta Urbana Mata do Janga, a partir de Índices de Vegetação, identificando as áreas verdes às margens do Rio, seu vigor vegetativo e os aspectos estruturais da vegetação. O estudo poderá servir como base para uma melhor adequação dos recursos ambientais e preservação do meio ambiente.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para entendimento da dinâmica do fragmento florestal da Mata do Janga os índices de vegetação, obtidos a partir de técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens de satélite, serão utilizados para espacializar a degradação ambiental existente na área, sendo úteis para identificação de aspectos e impactos ambientais provenientes da utilização dos recursos ambientais de maneira inadequada, tendo em vista que a área correspondente à Reserva de Floresta Urbana Mata do Janga encontra-se a várias décadas ameaçada pelo crescimento econômico desordenado do município de Paulista-PE.

## 2.1 Análise Espaço Temporal

Inicialmente realizou-se a delimitação da área estudada. Foram interpretadas e analisadas imagens dos anos de 2005 e 2011 do satélite Landsat-5, baixada gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e processada no laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) da UFPE, que detém a licença dos softwares utilizados neste trabalho.

## 2.2 Processamento da imagem e montagem do layout

Para o processamento da imagem do satélite Landsat-5 foram criados modelos usando a ferramenta *Model Maker* do software ERDAS Imagine 9.3 e seguindo a metodologia proposta em trabalhos como o de Silva et al. (2015), Silva et al. (2016) e Ribeiro et al. (2016).

## 2.3 Calibração Radiométrica

O conjunto da radiância ou calibração radiométrica é obtido utilizando-se a equação utilizada por autores como Silva et al. 2015, Young et al., 2017 e Oliveira et al., 2017), (Equação 1):

$$L_{\lambda i} = at + \frac{bt - \alpha t}{255} ND \quad (1)$$

Em que a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima (112 $\mu$ m srWm), ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde às bandas do satélite Landsat 5 e 7. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003) e Oliveira et al. (2010).

## 2.4 Reflectância

A reflectância de cada banda (i) é definida como a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, obtida através da equação (ALLEN et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2010), (Equação 2):

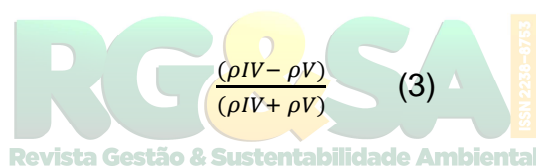
$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{K_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

Em que  $L\lambda_i$  é a radiância espectral de cada banda,  $k\lambda_i$  é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera  $12\mu\text{m}$ ,  $Z$  é o ângulo zenital solar e  $rd$  é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_0$ ) e a distância Terra-Sol ( $r$ ) em dado dia do ano (DSA), (OLIVEIRA et al., 2010; SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2015).

## 2.5 Normalized difference Vegetation index (NDVI)

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), (Equação 3), é calculado pela diferença de reflectância entre a faixa de NIR (infravermelho próximo) e a de VIS (vermelho do visível) dividida pela soma das faixas NIR e VIS (BRÜCK et al., 2017). O NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1.

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo ( $\rho_{IV}$ ) e do vermelho ( $\rho_V$ ) e a soma entre elas (KARKAUSKAITE et al., 2017):


$$\frac{(\rho_{IV} - \rho_V)}{(\rho_{IV} + \rho_V)} \quad (3)$$

## 2.6 Índice de Vegetação - Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) é um índice que leva em consideração os efeitos do solo exposto nas imagens analisadas, servindo como ajuste do NDVI quando a superfície não se encontra completamente coberta pela vegetação. É uma técnica de transformação para minimizar a influência da reflectância do solo nos índices de vegetação espectrais que envolvem os comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo, além de modelar, com mais precisão, a radiância infravermelha próxima nas copas mais abertas (SILVA et al., 2011).

Embora o índice NDVI tenha sido bastante utilizado ele apresenta algumas limitações, as quais implicam nos resultados alcançados, tais como interferência devido a cor do solo e nos efeitos de umidade. Desenvolveu-se, então, um índice que pudesse melhorar os valores de NDVI sem necessidades de medições em campo para cada área de análise (JENSEN, 2009). Para tanto, foi elaborado um índice melhorado a partir de uma constante,  $L$ , enquanto fator de ajuste para o

substrato do dossel. Desta forma, o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) se expressa a partir da Equação 4:

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

Em que: L = é uma constante denominada de fator de ajuste do índice NDVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1, dependendo da cobertura do solo.

De acordo com Huete (1988) um valor para L de 0,25 é indicado para vegetação densa e de 0,5 para vegetação com densidade intermediária, quando o valor de L 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 L mais utilizado é 0,5, considerando no cômputo apenas a densidade vegetada (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009).

## 2.7 Índice de área foliar (IAF)

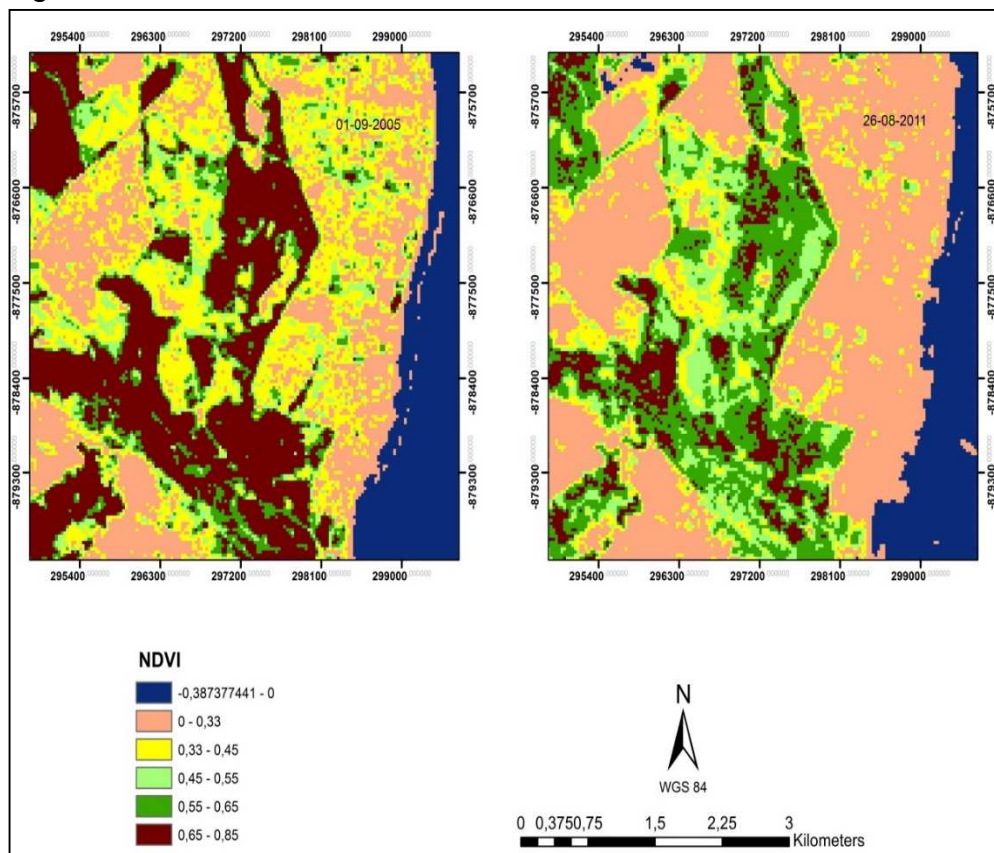
A área foliar é um fator que depende do número e tamanho das folhas e de estágio fenológico. Para estimar a produtividade e a evapotranspiração, a partir de modelos de interface floresta-solo-atmosfera o IAF tem sido considerado como a principal variável descritora do dossel vegetal em inúmeros trabalhos (XAVIER et al., 2002). O cômputo do IAF, que representa a razão entre a área total de todas as folhas contidas em dado pixel, pela área do pixel, foi feito por equação empírica obtida por Allen et al. (2002):

$$IAF = -(\ln(0,69 - IVAS/0,59))/0,91) \quad (5)$$

## 3 RESULTADOS

Primeiramente, foi estimado o NDVI, que está relacionado ao conteúdo de clorofila na vegetação da área do entorno do Rio Paratibe. Nota-se que ao longo dos 6 anos de período amostral, a área urbana se adensou e a área da Mata do Janga perdeu vigor vegetativo de 2005 a 2011 (Figura 1).

Figura 1. Caracterização do NDVI na Reserva de Floresta Urbana Mata do Janga, em 2005 e 2011.

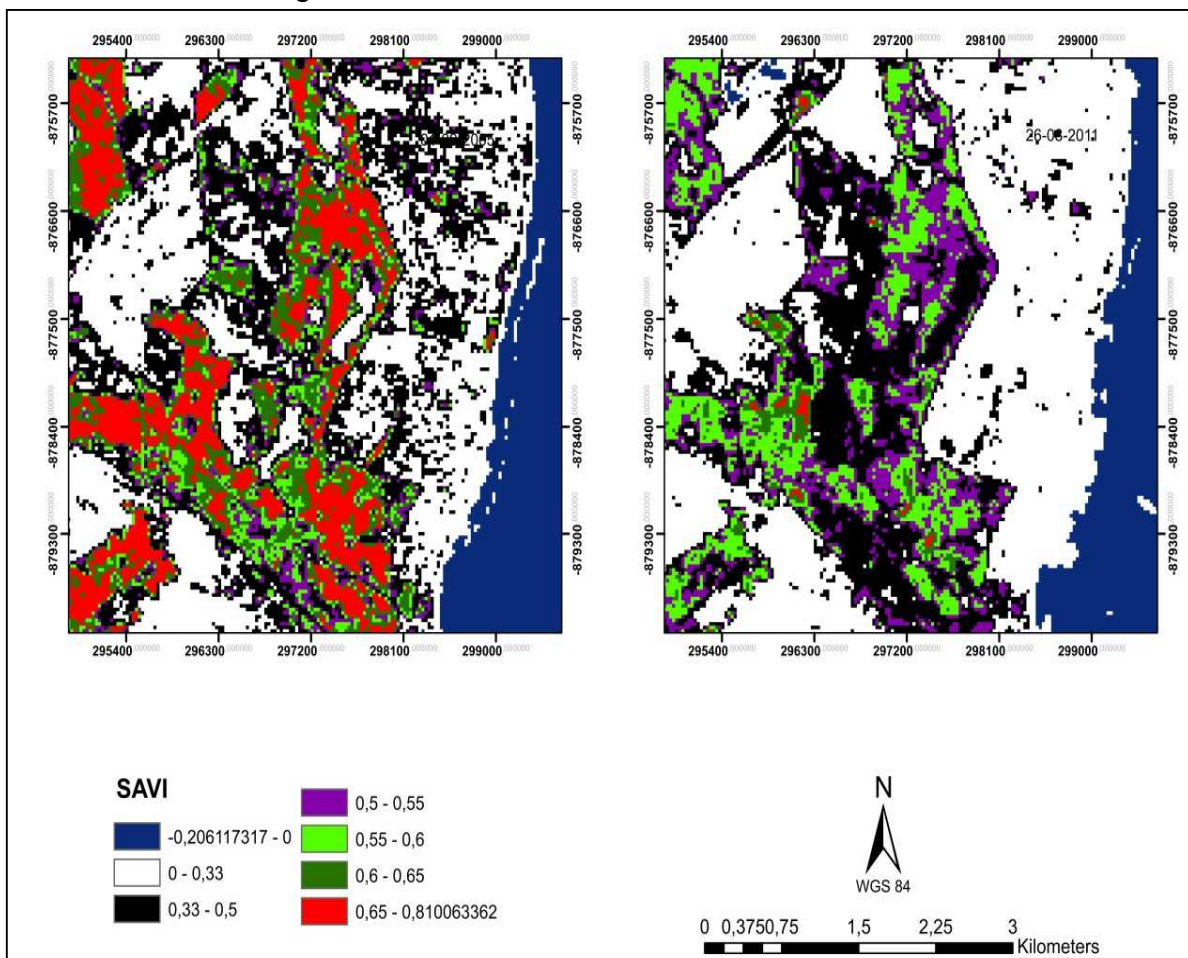


Fonte: Elaborado pelos autores.

Observou-se que o NDVI com valores abaixo de 0 correspondia à corpos hídricos. De 0 a 0,33 correspondia a áreas de solo expostos/área urbana e os demais valores à presença de vegetação (de 0,33 a 0,85).

O passo seguinte deste trabalho foi estimar o SAVI, que é um índice ajustado ao solo, portanto mostra melhor a presença de solo exposto. Este índice serve de base para a estimativa do IAF. Conforme ilustrado na Figura 2, fica evidente a modificação da vegetação ao redor da Mata do Janga-PE em apenas 6 anos de período amostral (Figura 2).

Figura 2. Análise do índice de vegetação à altura do solo na Reserva de Floresta Urbana Mata do Janga em 2005 e 2011.

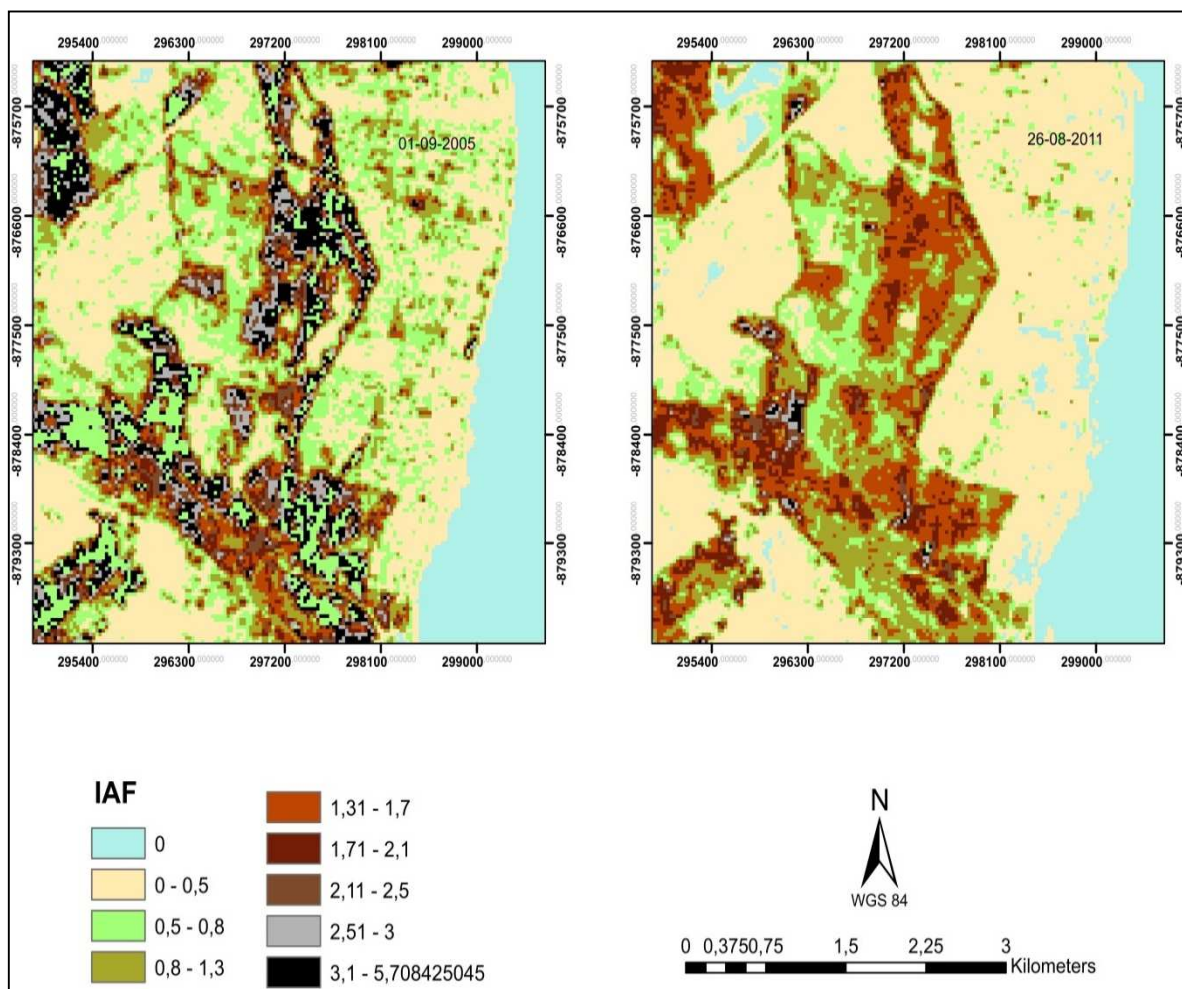


Fonte: Elaborado pelos autores.

Na figura 3 apresenta-se o IAF, que está relacionado ao conteúdo de biomassa presente na área, ou seja, reflete a dinâmica do dossel florestal e tem a ver com a frondosidade da vegetação (Figura 3).



Figura 3. Comparação do IAF.



Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4 DISCUSSÃO

Um dos grandes problemas enfrentados no território nacional e estadual nos últimos tempos é expansão urbana desordenada, esta atividade prejudica não somente a qualidade de vida de todos os indivíduos como também impacta diretamente o meio ambiente deixando a fauna e flora dos mais diversos biomas, e suas respectivas áreas de abrangência, reduzidos. Este acelerado processo de urbanização das cidades brasileiras trouxe como consequência a ocupação de diversas áreas sem um planejamento adequado que minimizasse ou evitasse a degradação das áreas ocupadas (NOVAES, 2010).

Nota-se que o NDVI (Figura 1) apresentava uma vegetação ainda preservada até no ano de 2005, sendo corroborado pelo Diagnóstico Socioambiental do Litoral Norte de Pernambuco (2001) que classificou a Reserva Ecológica da Mata do Janga como estando em regular estado de conservação, devido à ocorrência, no interior ou na borda de trechos degradados em consequência da retirada excessiva de madeira e da deposição de lixo. Entre as décadas de 1960 e 1980, o município do Paulista foi um dos maiores produtores têxteis da América do Sul.

O índice apresentava um valor maior que 0,65 na maioria das áreas ao redor da Mata, entretanto, na parte central da Mata aparece um intervalo de NDVI de 0,33-0,45 em 2005. Já em 2011, na mesma área, no centro dessa Mata, encontrou-se um valor entre 0,45-0,55, o que indica que a área passou por um processo de recuperação e adensamento vegetal. Podemos Visualizar também que houve um processo de intensificação da área urbana ao redor da mata onde os valores predominantes ao redor giraram entre o intervalo de 0-0,33.

No ano de 2011 o NDVI predominante na área da Mata do Janga deixou de estar acima de 0,65 e a maioria dos pixels na área apresentou valores entorno de 0,55-0,65, o que significa que aquela área tem passado por algum estresse, o que pode estar relacionado ao aumento do processo de adensamento urbano ocorrido na área ao redor da Mata do Janga, Figura 01.

Como fica evidenciado, havia no ano de 2005 áreas degradadas dentro da Mata do Janga (valores entre 0 a 0,33), essas áreas de solo exposto diminuíram em 2011, entretanto os valores gerais do SAVI apresentaram diminuição (Figura 02). Em 2011 predominou na área um SAVI de 0,33 a 0,5, já no ano de 2005 os valores do SAVI estavam muito altos (maiores que 0,65). No ano de 2011 os valores predominantes oscilavam na mata entre 0,33 a 0,6. Já no ano de 2005 os valores predominantes eram maiores que 0,55.

Nota-se pelos resultados do IAF (Figura 03) que a área urbana/solo exposto apresentou um rápido crescimento de 2005 a 2011 (0-0,5), no ano de 2005 o IAF, apesar de apresentar valores mais baixos (0,5-0,8) apresentava também uma quantidade de áreas verdes maiores que em 2011. As áreas que resistiram ao processo de urbanização foram justamente nas áreas protegidas pela legislação ambiental, como a Mata do Janga, por essa razão, o Índice de Área Foliar (IAF) apresenta-se como uma variável biofísica que expressa a taxa de crescimento de

uma determinada comunidade vegetal, apresentando estreita relação com a produtividade em que esta se encontra (LANG; MCMURTRIE, 1992; XAVIER et al., 2004; PAIVA et al., 2009; SILVA, 2015).

Percebe-se também que em algumas áreas da mata o IAF de 2011 apresentou uma recuperação (oscilando entre 1,31 e 2,1) em relação ao IAF de 2005 (com valores predominantes de 0,5 a 1,71). Como vimos, o NDVI predominante na Mata do Janga diminuiu de 2005 para 2011, entretanto os valores do IAF de 2011 apresentou aumento. Isso se explica porque nem sempre um alto teor de clorofila na vegetação significa também um alto conteúdo de biomassa (muitas vezes áreas agrícolas, dependendo do estágio sucessional da vegetação, apresenta valores de NDVI até maiores do que áreas de Mata, pois o NDVI é influenciado pelo conteúdo de clorofila na vegetação). É importante salientar que o IAF é considerado como a mais importante variável biofísica diretamente relacionada com a evapotranspiração (LANG; MCMURTRIE, 1992; SELLERS et al., 1997; XAVIER; VETTORAZZI, 2003) e com a capacidade de interceptação da chuva pelo dossel (KERGOAT, 1998; DIJK; BRUIJNZEEL, 2001).

É certo também que o IAF de 2005 atingiu maiores picos do que a imagem de 2011 do satélite Landsat 5 (apresentando valores maiores que 2,51 até picos maiores que 5), já no ano de 2011 esses picos maiores que 2,51 aconteceram com raridade, o que leva a crer que houve impactos ambientais dentro da área da Reserva.

A partir de uma verificação de campo, foi visto que estes valores encontrados no índice estão associados a algumas características das áreas estudadas, como a diferenciação entre as faciações da vegetação. Em trabalho anterior realizado por outros autores em áreas distintas autores como Melo et al. (2014), e Silva et al. (2015) já observavam esse tipo de comportamento em áreas de Mata Atlântica e algumas consequências dos impactos decorrentes da ocupação urbana nas áreas de Mata Pernambucana são elencadas tais como: a diminuição da produtividade primária estuarina e costeira; a desestruturação das áreas vegetadas; a desestabilização do solo com assoreamento dos rios e o aumento dos alagamentos das cidades.

## 5 CONCLUSÕES

A delimitação da Mata do Janga, como área de proteção ambiental, apresentou resultados efetivos para conservação da área, já que até o ano de 2005 os índices de vegetação utilizados demonstraram haver focos de degradação ambiental dentro da Mata. Entretanto, a vegetação não tem apresentado aumento em termos estruturais ao longo dos anos, o que indica que, apesar da delimitação do espaço de proteção da Mata, ainda ocorre estresse ambiental na área.

Por fim, os índices de vegetação também demonstraram que houve um maior adensamento urbano entre os anos de 2005 e 2011, o que acarretou na perda de áreas verdes no município de Paulista, o que é um fator de risco para as áreas protegidas ao redor do Rio Paratibe-PE, dentre elas a Mata do Janga.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão (FAPEMA) pelo incentivo à produção científica. Ao laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) pela licença dos softwares e apoio técnico.



## THE CHALLENGE OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT OF URBAN FORESTS: ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF THE URBAN FOREST RESERVE MATA DO JANGA-PE THROUGH REMOTE SENSING TECHNIQUES

### ABSTRACT

The study area is located in the area of influence of the Mata do Janga Urban Forest Reserve, Paulista-PE, which is the last remnant of Mata de Restinga in Pernambuco. Over the last decades the urbanization process of the city of Paulista has intensified while the Reserve has been increasingly degraded by anthropic action. Thus, this study aims to perform a space-time analysis, through products obtained through remote sensing from the years 2005 and 2011, to identify the level of environmental degradation in the area. Three biophysical variables were used: the normalized difference vegetation index (NDVI), to evaluate the chlorophyll content in the vegetation, the soil vegetation index (SAVI) and the leaf area index (LAI) to understand the dynamics Of the area. The study showed that although the Reserve maintained its coverage in the period, as the index measuring the chlorophyll content

in the plants revealed, the vegetation structure indexes (SAVI) and the (LAI) showed a lower vegetative density in the Biomass during the period.

**Key words:** Vegetation indexes. Urban densification. Preservation areas.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. *SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Advance Training and Users Manual* – Idaho Implem. version 1.0, 2002. 97p.

AMANE. ASSOCIAÇÃO PARA PROTEÇÃO DA MATA ATLÂNTICA DO NORDESTE. **Saberes e fazeres da Mata Atlântica no Nordeste: tecendo uma rede de gestores**. 2012. 166 p,

CARVALHO, L. E. P. **Os descaminhos das águas na metrópole**: a socionatureza dos rios urbanos. 2011. 176p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2006.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, [s.l.], v, 41, n. 11, 2003.

CPRH. COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. **Diagnóstico Socioambiental Litoral Norte**. Recife, 2003. 214p.

DIJK, A. I. J. M.; BRUIJNZEEL, L. A. Modelling rainfall interception by vegetation of variable density using an adapted analytical model. Part 2 - Model validation for a tropical upland mixed cropping system. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 247, p.239-262, 2001.

INFORMAÇÕES MUNICIPAIS. **Aspectos físicos, históricos e naturais**. Prefeitura Municipal do Paulista. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente, Diretoria de Planos e Projetos, 2008.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres / tradução José Carlos Neves Epiphanyo et al. São José dos Campos. SP. 2009.

KARKAUSKAITE, P.; TAGESSON, T.; FENSHOLT, R. Evaluation of the Plant Phenology Index (PPI), NDVI and EVI for Start-of-Season Trend Analysis of the

Northern Hemisphere Boreal Zone. **Remote Sens.** [s.l.], v. 9, p. 485. 2017. DOI:10.3390/rs9050485. 2017.

KERGOAT, L. A model for hydrological equilibrium of leaf area index on a global scale. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 212. n. 13, p.268–86. 1998.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, [s.l.], v.4. n.4. p.367-376, 1988.

LANG, A.R.G; MCMURTRIE, R.E. Total leaf areas of single trees of *Eucalyptus grandis* estimated from transmittances of the sun's beam. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 58. p.79-92, 1992.

LOPES, H. L.; CANDEIAS, A. L. B.; ACCIOLY, L. J. O.; SOBRAL, M. DO C. M.; PACHECO, A. P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. Campina Grande, v. 14. n.11. Nov. 2010.

MARKHAM, B. L.; BARKER, L. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**. [s.l.], v.8, n.3, p.517-523, 1987.

MONTEIRO, J. J. F. **Degradação da Reserva de Floresta Urbana Mata do Janga (Mata de Restinga) – Paulista - PE**. Universidade Candido Mendes. Monografia de Especialização. 2014.

NOVAES, J. A. M. **Análise do processo de evolução da expansão urbana no entorno da rodovia PE-15**. 2010. 210f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010.

OLIVEIRA, P. C. de. **Degradação ambiental em fragmento de Mata Atlântica: Floresta Urbana Mata do Janga em Paulista/PE**. 2015. 189f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2015.

OLIVEIRA, T. H.; PIMENTEL, R. M. M.; GALVÍNCIO, J. D. Vegetation fragment influence over urban climate. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. [s.l.], v. 02. n. 01. p. 72-86. 2017. <http://dx.doi.org/10.24221/jeap.2.1.2017.1116.72-86>. 2017.

OLIVEIRA, T. H.; SILVA, J. S.; MACHADO C. C. C.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. 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**. Recife, 2010.

PAIVA, Y. G.; RIBEIRO, A.; ALMEIDA, A. Q.; GLERIANE, J. M.; PEZZOPANE, J. E. M. Estimativa do Índice de Área Foliar (IAF) através de Fotografias Hemisféricas e Índices de Vegetação em plantios clonais de Eucalipto. **Anais... Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE. Natal, Brasil, 25-30 abril, 2009. p. 2873-2880.

PERNAMBUCO. **Lei Estadual do Estado de Pernambuco** - Nº 14.324, DE 03 DE JUNHO DE 2011. Categoriza as Reservas Ecológicas da Região Metropolitana do Recife, e dá outras providências. 2011.

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

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Rio de Janeiro: Parênteses, 2009.

SELLERS, P. J.; DICKINSON, R. E.; RANDALL, D. A.; BETTS, A. K.; HALL, F. G.; BERRY, J. A.; COLLATZ, G. J.; DENNING, A. S.; MOONEY, H. A.; NOBRE, C. A.; SATO, N.; FIELD, C. B.; HENDERSON-SELLERS, A. Modeling the exchanges of energy, water, and carbon between continents and the atmosphere. **Science**, [s.l.], v. 275, p.502-509, 1997.

SILVA, E. R. A. C.; MELO, J. G. S. da, GALVÍNCIO, J. D. Identificação das Áreas Susceptíveis a Processos de Desertificação no Médio Trecho da Bacia do Ipojuca - PE Através do Mapeamento do Estresse Hídrico da Vegetação e da Estimativa do Índice de Aridez. **Revista Brasileira de Geografia Física**. [s.l.], v. 3. p. 629-649. 2011.

SILVA, E. R. A. C., GALVÍNCIO, J. D., BRANDÃO NETO, J. L., MORAIS, Y. C. B. Space-Time Analysis of Environmental Changes and your Reflection on the Development of Phenological of Vegetation of Mangrove. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**. [s.l.], v. 4, p. 245-253. 2015. DOI: 10.15640/jaes.v4n1a30. 2015.

DA SILVA, J. M. Revisão histórica da diversidade vegetal da Zona da Mata Norte de Pernambuco com ênfase no município de goiana. **Revista Espaço Acadêmico**, [s.l.], n. 191 abril, 2017.

TASUMI, M. **Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery**. Idaho: University of Idaho, 2003. 378f.

TUCKER, C. J.; TOWNSHEND, J. R. G.; GOFF, T. E. African land-cover classification using satellite data. **Science**, [s.l.], v. 227, p. 369–375. 1985.

XAVIER, A. C.; SOARES, J. V.; Almeida, A. C. de. Variação do índice de área foliar em clones de eucalipto ao longo de seu ciclo de crescimento. **Revista Árvore**. [s.l.], v.26, p.421-427, 2002.

XAVIER, A. C.; VETTORAZZI, C. A. Leaf area index of ground covers in a subtropical watershed. **Scientia Agricola**, [s.l.], v.60, p.425- 431, 2003.

XAVIER, A. C.; VETTORAZZI, C. A.; MACHADO, R. E. Relação entre Índice de Área Foliar e frações de componentes puros do Modelo Linear de Mistura Espectral, usando imagens ETM+/LANDSAT. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**. [s.l.], v.24, n.2, p.421-430, maio/ago. 2004

YOUNG, N. E.; ANDERSON, R. S.; CHIGNELL, S. M.; VORSTER, A. G.; LAWRENCE, R.; EVANGELISTA, P. H. A survival guide to Landsat preprocessing. **Ecology**. [s.l.], v. 98. n. 4. pp. 920–932. 2017.

