



## Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco

Débora Natália Oliveira de Almeida <sup>1\*</sup>, Leidjane Maria Maciel de Oliveira <sup>2</sup>, Ana Lúcia Bezerra Candeias <sup>3</sup>, Ulisses Alencar Bezerra <sup>4</sup>, Antônio Celso de Sousa Leite <sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. (\*Autor correspondente: debora.nathalia21@gmail.com)

<sup>2</sup>Professora do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

<sup>3</sup>Professora do Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

<sup>4</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

<sup>5</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido no VI Encontro de Desenvolvimento e Meio Ambiente, sendo aceito e indicado para publicação

### RESUMO

As técnicas de Sensoriamento Remoto e ferramentas de geoprocessamento vem contribuindo em diversos estudos sobre o comportamento da cobertura e uso do solo, que auxilia para gestão e monitoramento ambiental. As técnicas utilizadas em imagens orbitais permitem diagnósticos que detalham sobre o dinamismo dos recursos naturais detectados na superfície terrestre. Dentre os parâmetros biofísicos existentes, neste presente trabalho destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com finalidade de caracterizar a variabilidade espacial da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, particularmente os municípios de Caruaru e Toritama no Estado de Pernambuco, por meio de imagem do sensor TM-Landsat 5. Além disso, este trabalho utilizou-se do MAPBIOMAS versão 2.3 que é um projeto que reúne mapeamento de cobertura e uso do solo no território brasileiro. Este trabalho proporcionou avaliação da potencialidade da utilização do índice NDVI como também a operacionalização e potencialidade de ferramentas como MAPBIOMAS e suas contribuições para auxiliar em estudos de cobertura e uso do solo.

**Palavras chave:** Landsat-5, MAPBIOMAS, NDVI, Sensoriamento Remoto.

## Land use and cover using geoprocessing in municipalities of the Agreste of Pernambuco

### ABSTRACT

Remote Sensing techniques and geoprocessing tools have been contributing in several studies on the behavior of land cover and use, which assists in environmental management and monitoring. The techniques used in orbital images allow diagnoses that detail the dynamism of the natural resources detected in the terrestrial surface. Among the existing biophysical parameters, in this present work, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) stands out in order to characterize the spatial variability of the Capibaribe river basin, particularly the municipalities of Caruaru and Toritama in the State of Pernambuco, through of the TM-Landsat 5 sensor image. In addition, this work was based on MAPBIOMAS version 2.3, which is a project that brings together land cover and land use mapping in Brazilian territory. This work provided an assessment of the potentiality of the use of the NDVI index as well as the operationalization and potentiality of tools such as MAPBIOMAS and their contributions to assist in land cover and use studies.

**Keywords:** Landsat-5, MAPBIOMAS, NDVI, Remote Sensing.

## 1. Introdução

A utilização de imagens orbitais vem consolidando como ferramenta que permite importantes estudos, proporcionando dados sobre as feições da superfície terrestre, tais como: área irrigada, tipo de culturas, desenvolvimento de biomassa, necessidade da presença de água em cultivos, salinidade, escassez de água, balanço de energia, identificação de áreas em processos de degradação, desmatamento e outros (MAXWELL E SYLVESTER, 2012).

A aplicação das técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) fundamenta-se na investigação do comportamento espectral que uma porção da superfície terrestre assume em seu resultado. Esse resultado consiste no processamento de imagens de satélite que pode implicar diversos parâmetros e fatores ambientais (PONZONI, 2002).

Sendo assim, o Sensoriamento Remoto é uma ferramenta muito útil no estudo dos recursos hídricos por fornecer informações altamente atualizadas a um custo relativamente baixo facilitando diagnósticos de parâmetros biofísicos e ocupações sustentáveis em bacias hidrográficas. (NOVAIS *et al.*, 2011).

Os Índices de Vegetação (IV's) são uma das ferramentas geradas por técnicas de SR que têm sido amplamente empregados em diversos trabalhos que buscam relacionar as informações captadas pelos sensores com a vegetação existente (MARTÍNEZ-LÓPEZ *et al.*, 2014). O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um parâmetro biofísico, fornecida por SR, relevante 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 & SHIMABUKURO, 2007).

O MAPBIOMAS é um projeto de Mapeamento Anual de Cobertura e Uso do Solo do Brasil, que reúne uma rede colaborativa nas áreas de sensoriamento remoto, biomas, usos da terra, SIG e ciência da computação. Utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados, desenvolvidos e operados, a partir da plataforma *Google Earth Engine* que permite gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil (MAPBIOMAS, 2018). Gomes *et al.* (2017) e Lima *et al.* (2017) apresentam aplicações dessa ferramenta para analisar o uso e cobertura dos solos de Petrolândia e Brejinho, Pernambuco, respectivamente, no período de 2000 a 2016.

No agreste pernambucano destacam-se os municípios de Caruaru e Toritama. Conforme Pernambuco (2010), o Polo de Confeções de Pernambuco apresenta grande concentração no agreste do Estado, nas suas três sub-regiões (Agreste Setentrional, Central e Meridional), sobretudo no entorno do eixo Caruaru, Toritama, Santa Cruz do Capibaribe e Taquaritinga do Norte, com 73% da produção de vestuário do Estado.

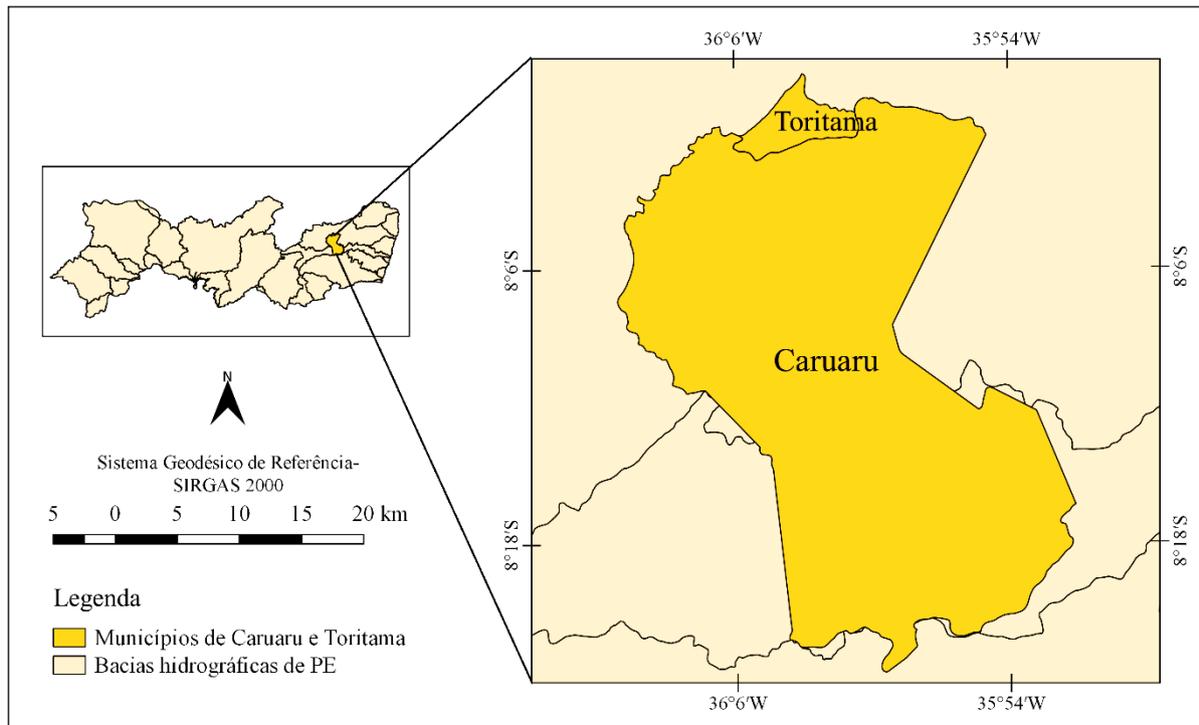
O objetivo deste estudo foi investigar a variabilidade da cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, especificamente em Caruaru e Toritama-PE, através do NDVI e a utilização de mapas de cobertura e uso do solo gerados através do MAPBIOMAS da Coleção 2.3.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo compreende uma das bacias mais importantes do estado de Pernambuco, a bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, especificamente nos municípios de Caruaru e Toritama (Figura 1).

**Figura 1** - Localização dos municípios de Caruaru e Toritama-PE.



**Fonte:** Autores (2018)

Caruaru tem 57% inserido na bacia, enquanto Toritama compreende 100% de sua área na bacia do Rio Capibaribe. Os municípios desta pesquisa estão inseridos no Arranjo Produtivo Local de Tecido e Confecção existente nas Regiões de Desenvolvimento (RDs) na bacia do Rio Capibaribe, este é considerado o principal APL da região, onde a atividade econômica que destaca está vinculada ao Polo de Confecções (PERNAMBUCO, 2010).

## 2.2 Aquisição de imagem de satélite para determinação do NDVI

Foi utilizada imagem do satélite Landsat 5 TM (Mapeador Temático), através do catálogo de imagens do *United States Geological Survey* (USGS). A imagem do satélite utilizada para o projeto foi referente a data 29/08/2007, Ponto 66 e Órbita 216, que corresponde a área da Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe (USGS,2018). Para a realização das etapas para geração das cartas georreferenciadas do NDVI utilizou-se o software gratuito QGIS versão 2.18.16.

## 2.3 Processamento de dados

A primeira etapa realizada no QGIS foi processamento da calibração radiométrica, onde tem-se a seguinte equação:

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

em que: “a” e “b” são radiâncias espectrais mínimas e máximas ( $\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ) obtidos em Chander e Markham (2009); ND é a intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) e; “i” cada banda do satélite Landsat 5.

Com a radiância de cada banda calculada, efetivou-se a determinação das reflectâncias citadas acima. A reflectância corresponde a seguinte equação:

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

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 ( $\text{Wm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$ ) obtidos em Allen et al. (2007); Z é o ângulo zenital solar e  $d_r$  é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_o$ ) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

O quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_o$ ) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA), ou seja, o  $d_r$  é definido por:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{DSA 2\pi}{365}\right) \quad (3)$$

em que o argumento em função do cosseno está em radianos. O valor médio anual de  $d_r$  é igual a 1 e o mesmo varia entre 0,97 e 1,03, aproximadamente.

Quando a área de estudo tem declividade pequena ou nula, o cosseno do ângulo de incidência da radiação solar é obtido a partir do Ângulo de elevação do Sol (E), que se encontra no cabeçalho da imagem, sendo em radianos e definido por:

$$\cos Z = \cos\left(\frac{\pi}{2} - E\right) \quad (4)$$

A obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) proposto 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, e o NDVI se aproxima de 0.

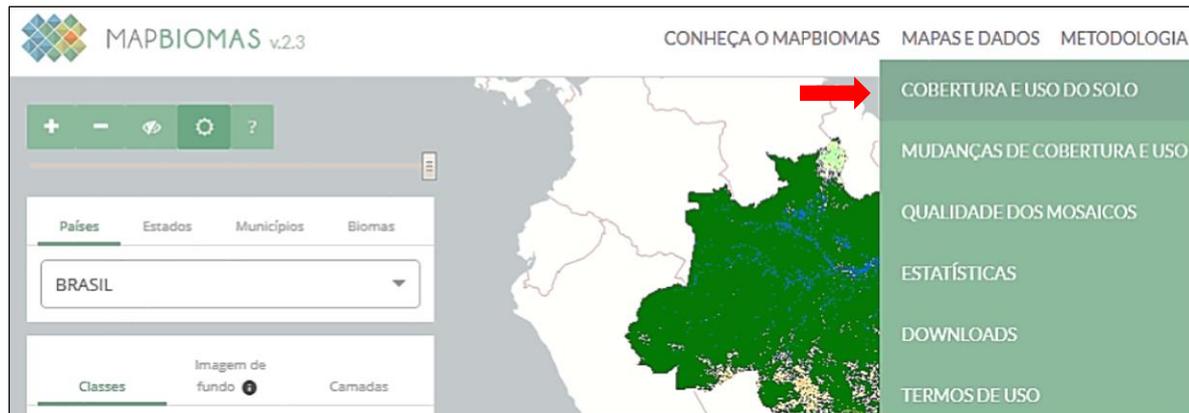
O NDVI é o indicador que foi avaliado pixel a pixel através da razão entre a diferença das reflectâncias das faixas do infravermelho próximo ( $\rho_{IV}$ ) e vermelho ( $\rho_V$ ) com a soma das mesmas, bandas 4 e 3 do TM Landsat 5, respectivamente.

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

## 2.4 Operacionalização na plataforma MAPBIOMAS versão 2.3

No ambiente da plataforma MAPBIOMAS, conforme a Figura 2, por meio da ferramenta de pesquisa, foram selecionados os dois municípios do trabalho (Caruaru e Toritama).

**Figura 2** - Menu Principal da Plataforma.



Fonte: MAPBIOMAS (2018)

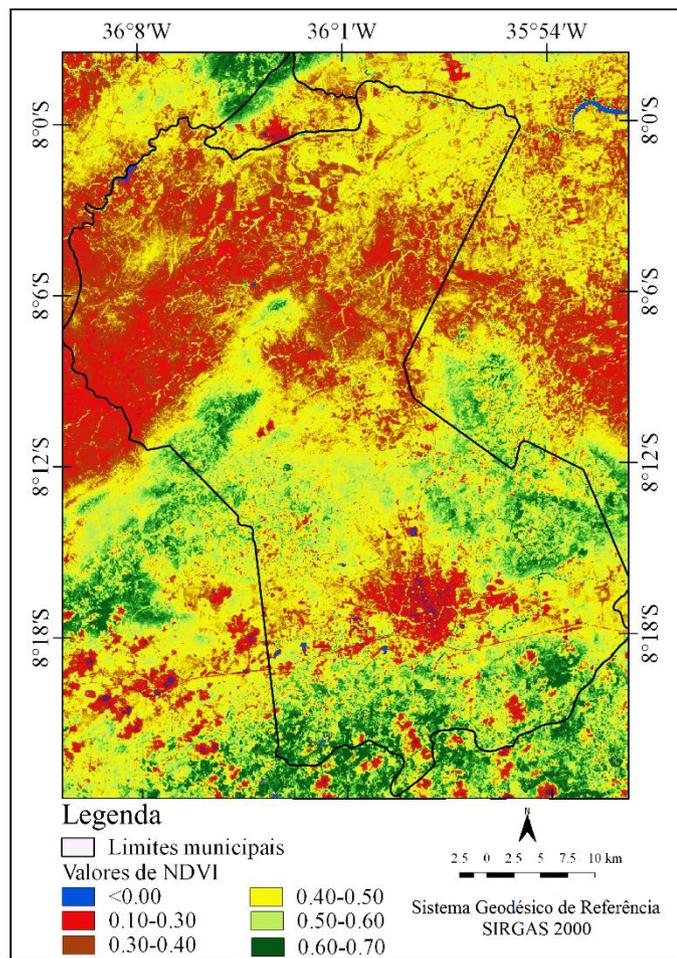
Posteriormente foi realizado a exportação dos dados de cobertura do solo referente ao ano 2007, mesmo ano da imagem de satélite para o NDVI, afim de analisar o comportamento da classificação automatizada pelo MAPBIOMAS e comparar com os resultados do mapa de NDVI processado no QGIS. Depois do mapeamento realizado para a região escolhida, foi obtido os dados estatísticos em forma de gráficos e valores das áreas para cada classe existente na área de estudo.

## 3. Resultados e Discussão

Conforme a Figura 3, detalhou-se a variabilidade espacial dos municípios de Caruaru e Toritama para o ano 2007, onde os valores de NDVI variaram de valor mínimo (-0,145), valor máximo (0,723), valor médio (0,495) e desvio padrão (0,045). Sendo que perímetros com ausência de folhas verdes em vigor, notou-se valores próximos de 0, valores negativos foram analisados para áreas com presença de água e valores próximos a 1 indicaram áreas com maior densidade de vegetação.

Observou-se que no município de Toritama, a região na cor vermelha representa os menores valores de NDVI que constata o centro urbano do município. Nesta região situa-se um dos mais importantes polos comerciais do Agreste pernambucano, o Parque das Feiras. Em Caruaru, destaca-se a parte sul da região que condiz com a área urbana do município. Nesta área encontra-se o Polo Comercial de Caruaru que concentra cerca de 87% do complexo para vestuário (POLOS DE MODA DO AGRESTE,2018).

**Figura 3** - Carta georreferenciada de NDVI.

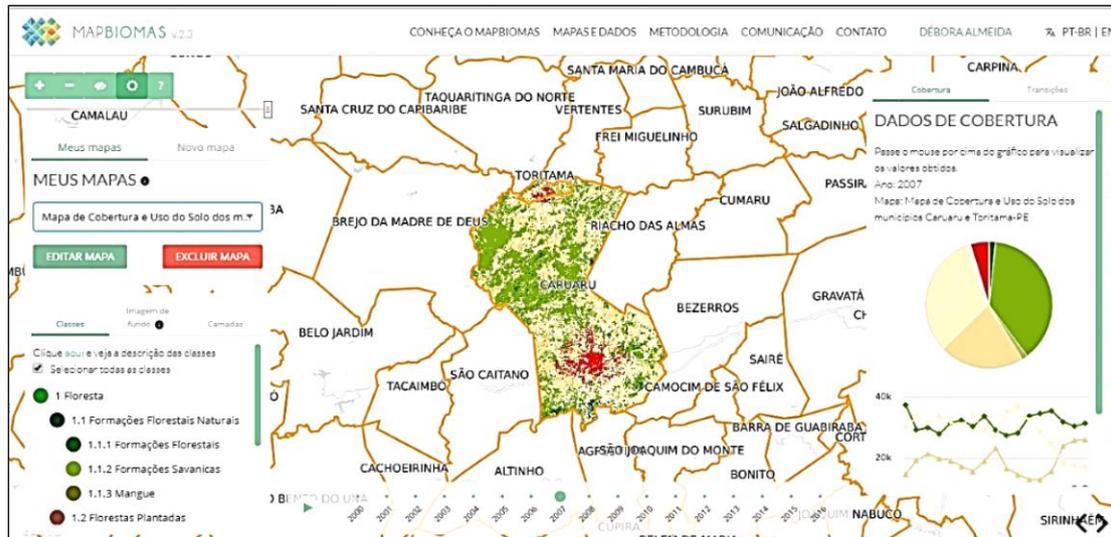


**Fonte:** Autores (2018)

De acordo com Huete & Tucker (1991), os valores de NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa de 0,05 a 0,30, apesar de que as propriedades óticas do solo, não permite definir um intervalo rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação. Como observado na Figura 3, a área que compreende parte norte de Caruaru revela esta característica atribuída ao solo. O espaço geográfico representado com valores de NDVI entre 0,24 a 0,30 representam regiões com vegetação estressada ou área degradada pela ação antrópica, enquanto as áreas com NDVI maior que 0,44, são regiões de vegetação em vigor.

Este resultado foi também encontrado por Siqueira *et al.* (2017) quando pesquisaram sobre caracterização da expansão urbana de Caruaru-PE e através de parâmetros biofísicos constataram diminuição de áreas com cobertura vegetal no município. Outra ferramenta utilizada foi a plataforma MAPBIOMAS versão 2.3, Figura 4, que permitiu auxiliar na análise do mapa de cobertura e uso do solo dos municípios (Caruaru e Toritama) referente a 2007.

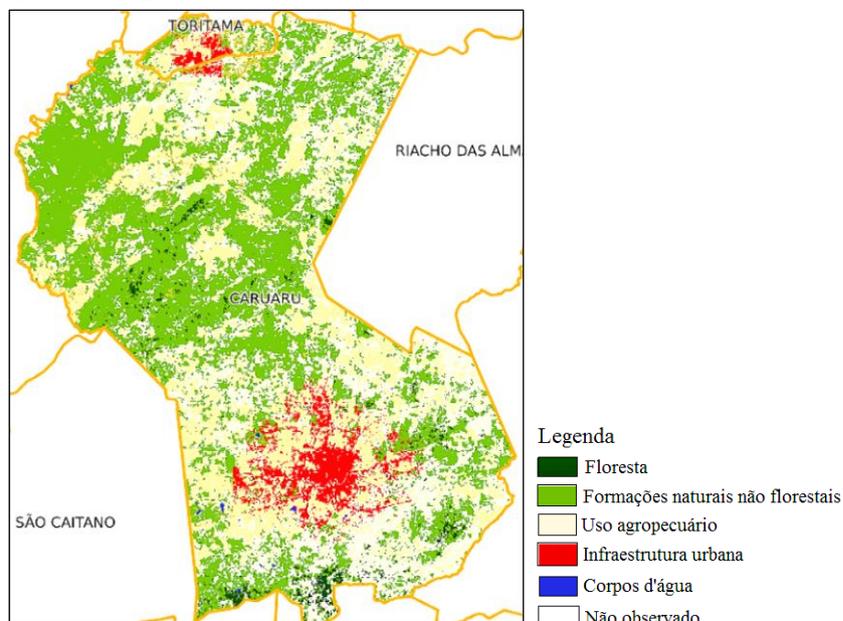
**Figura 4** - Janela principal da etapa do processamento na plataforma.



Fonte: MAPBIOMAS (2018)

No ambiente do MAPBIOMAS foi possível avaliar os diversos tipos de classes da cobertura do solo tais como: floresta, formações não vegetadas, uso agropecuário, corpos hídricos e infraestrutura urbana como detalha a Figura 5. Vale salientar que a área denominada como infraestrutura urbana coincide com a área urbana detectada na carta georreferenciada do NDVI tanto para Caruaru como Toritama.

**Figura 5** - Mapa de Caruaru e Toritama de uso e cobertura do solo do ano 2007.



Fonte: MAPBIOMAS (2018)

Na Tabela 1 estão descritas as áreas do solo dos municípios de Caruaru e Toritama em hectares conforme as classes automatizadas geradas no MAPBIOMAS. Em Caruaru, a maior área concentra no uso agropecuário com 46.623,10 ha. A classe floresta determinou 34.729,42 ha de área ocupando a segunda classe mais dominante, enquanto corpos d'água representou a classe com menor área revelando 70,92 ha. Em Toritama foi possível observar que o uso agropecuário também sobressaiu em relação as outras classes no município atingindo 1.255,25 ha de área. Para a classe floresta, a área correspondeu 496,09 ha e a classe corpos d'água constatou 0,00 ha.

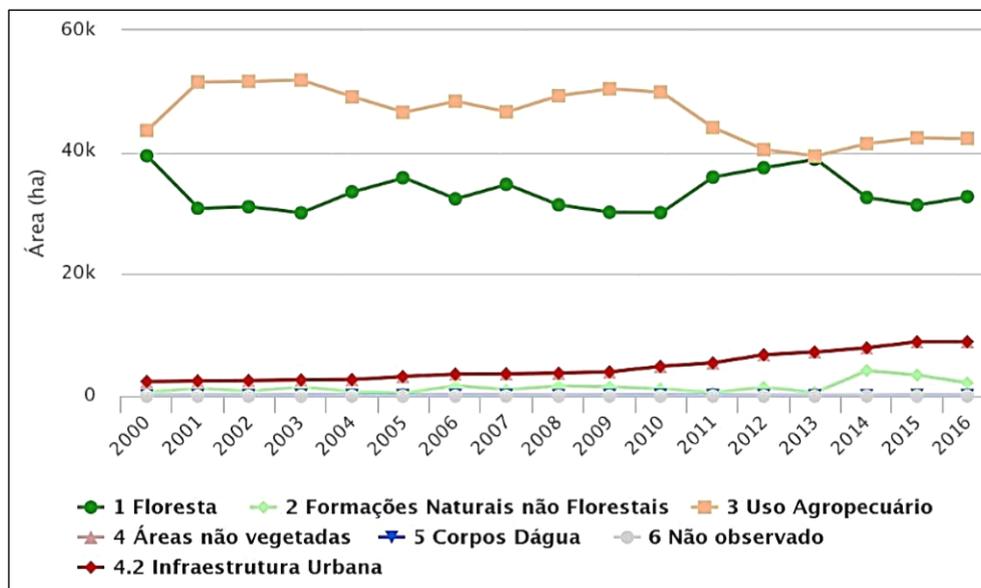
**Tabela 1** –Área do solo dos municípios de Caruaru e Toritama em ha conforme as classes automatizadas no MAPBIOMAS

Classes	Caruaru	Toritama
Floresta	34.729,42 ha	496,09 ha
Formações naturais não florestais	1.024,07 ha	254,99 ha
Uso agropecuário	46.623,10 ha	1.255,25 ha
Áreas não vegetadas	3.651,43 ha	459,93 ha
Corpos d'água	70,92 ha	0,00 ha
Infraestrutura urbana	3.651,43 ha	459,93 ha

Fonte: MAPBIOMAS (2018)

Posteriormente, através do MAPBIOMAS foi obtido a representação gráfica do comportamento da cobertura e uso do solo, em termos de área, ao longo dos anos. Na Figura 6 que corresponde a Caruaru, mostrou o desenvolvimento que as classes tiveram em função do tempo, este intervalo corresponde de 2000 até 2016.

**Figura 6** - Dados de área em ha de Caruaru-PE.

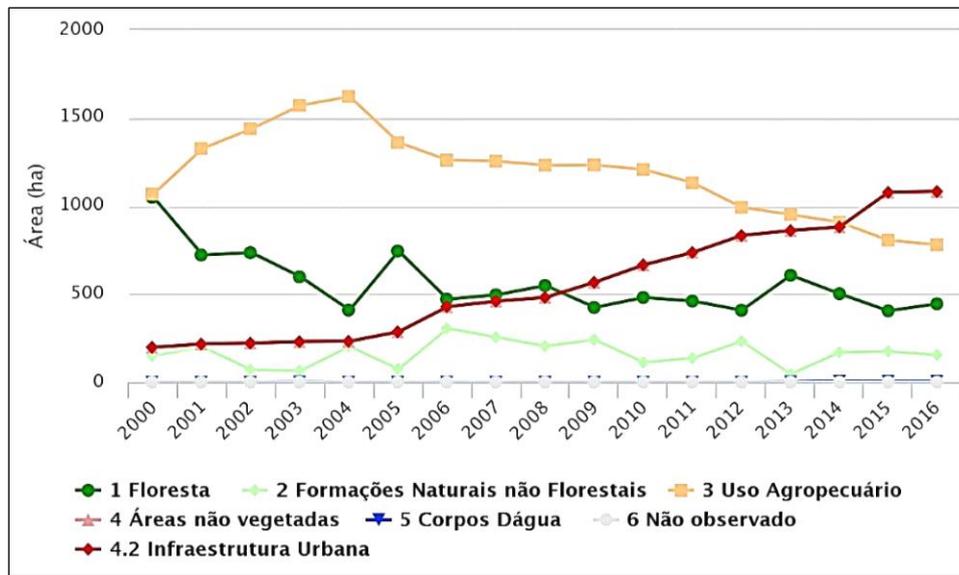


Fonte: MAPBIOMAS (2018)

Destaca-se a classe uso agropecuário por suas oscilações em alguns anos descritos no gráfico, como também o crescimento de infraestrutura urbana constatando a evolução da urbanização existente na região.

Em Toritama, conforme o Figura 7, observou-se que o uso agropecuário sofreu um decréscimo em área ao longo dos anos, enquanto a classe infraestrutura urbana aumentou expressivamente no município, comprovando a influência das atividades econômicas existentes na região.

**Figura 7 -** Dados de área em ha de Toritama-PE.



Fonte: MAPBIOMAS (2018)

A geoespacialização das áreas urbanas utilizando o NDVI é ferramenta importante no uso e ocupação do solo e, pode ser subsídio para gestão ambiental. Especificamente em relação à taxa de urbanização, que define o percentual da população que vive na zona urbana, 19 municípios da área da bacia apresentam valores superiores a 75%, sendo que Santa Cruz do Capibaribe e Toritama a mais de 95%, resultante da atração exercida pelo polo de confecções (BRAGA *et al.*, 2015).

Dados do Censo 2000 e 2010 revelaram que a taxa de crescimento populacional entre esses dois anos é positiva para quase a totalidade dos municípios, sendo superior da média do Estado, que foi de 1,06%. No caso de Santa Cruz do Capibaribe essa taxa foi de 4,04% e de Toritama foi de 5,01%, ambas em função da influência exercida pelo polo de confecções (IBGE, 2000, 2010).

#### 4. Conclusão

As ferramentas utilizadas para este trabalho, o índice NDVI e a plataforma MAPBIOMAS permitiram resultados semelhantes para estudos da cobertura e uso do solo realizado na área de estudo.

Estes resultados contribuíram na compreensão na variabilidade espacial analisada na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, particularmente nos municípios de Caruaru e Toritama que atestaram a eficácia das técnicas do Sensoriamento Remoto.

Analisou-se o período de 2000 a 2016, para Caruaru, observou-se a predominância da classe uso agropecuário e floresta, mas também se observa um crescimento de infraestrutura urbana. Já em Toritama, tem-se que o uso agropecuário sofreu um decréscimo em área ao longo dos anos, enquanto a classe

infraestrutura urbana aumentou expressivamente no município, comprovando a influência das atividades econômicas existentes na região.

## 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor (PIBIC/CNPq/UFPE/2017-2018), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo a pesquisa e concessão de bolsa de Pós-Graduação do quarto autor e ao *United States Geological Survey (USGS)* pela aquisição da imagem de satélite.

## 6. Referências

ALLEN, R.G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) - Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133 (4), pp.380-394, 2007.

BRAGA, R.A.P; FARIAS, C.R.O; SILVA, S.R; CAVALCANTI, E.R. **Gestão e Educação Socioambiental na Bacia do Rio Capibaribe**. Recife: Clã, 2015.

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.

GOMES, S. O., LIMA, V. N., CANDEIAS, A. L. B., SILVA, R. R. Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS. **Anais In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 805-808, nov. 2017.**

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. Censo demográfico 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: fevereiro, 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: fevereiro, 2018.

LIMA, V. N., GOMES, S. O., CANDEIAS, A. L. B., SILVA, R. R. MAPBIOMAS e uso e cobertura dos solos do município de Brejinho, Pernambuco. **Anais In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 947-951, nov. 2017.**

MAPBIOMAS. Disponível em < <http://mapbiomas.org>>. Acesso em: Março, 2018.

MARKHAM, B.L.; BARKER, L. L. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, v.8, n.3, p. 517 – 523, (1987).

MARTÍNEZ-LÓPEZ, J.; CARREÑO, M.F; PALAZÓN-FERRANDO ,J.A.; MARTÍNEZ FERNÁNDEZ,J.; ESTEVE, M.A. Remote sensing of plant communities as a tool for assessing the condition of semiarid Mediterranean saline wetlands in agricultural catchments. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 26, p. 193–204, Feb. 2014.

MAXWELL, SUSAN K E SYLVESTER, KENNETH M. Identification of “ever-cropped” land (1984-2010) using Landsat annual maximum NDVI image composites: Southwestern Kansas case study. *Remote sensing of environment*, v. 121, p. 186–195, 1 jun. 2012.

NOVAIS, L. R.; LIMA, A. DA C.; RODRIGUES, J. A.; COSTA, A. M. DOS S.; BORGES, E. F.; ANJOS, C. S. (2011). Análise da vegetação da Área de Preservação Ambiental de São Desidério - BA, a partir do NDVI e NDWI. *Anais In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*, INPE, pp. 1888 – 1894.

PERNAMBUCO. **Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Capibaribe: Tomo I - diagnóstico hidroambiental**. Volume 03/03 / Projetos Técnicos. Recife: PROJETEC – BRLI, 2010.

POLO DE MODA DO AGRESTE. Disponível em: <<http://toritama-jeans.com/polo-caruaru>>. Acesso em: março, 2018.

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. 135 p., 2010.

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, 1973.

SIQUEIRA, A.E.C; OLIVEIRA, L.M.M.; GONÇALVES, E.A.P.; BEZERRA, S.T.M; GUSMÃO, A.C.V.L (2017). Caracterização da expansão urbana de Caruaru-PE utilizando sensoriamento remoto. *Anais In: 9º Encontro Internacional das Águas*, UNICAP.

USGS - Instituto Geológico dos Estados Unidos. Aquisição de Imagens, Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: janeiro, 2018.