
MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DO MUNICÍPIO DE PETROLINA (PE) – MÉDIO VALE DO RIO SÃO FRANCISCO ATRAVÉS DO NDVI DE IMAGEM LANDSAT 8 (OLI)

Saulo de Oliveira **FOLHARINI**

Geógrafo, Doutor em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP,
Campinas- SP.

E-mail: sfolharini@gmail.com

Sirius Oliveira **SOUZA**

Professor Adjunto do Colegiado de Geografia da Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Senhor do Bonfim – BA.

E-mail: sirius.souza@univasf.edu.br

Resumo: O objetivo deste trabalho é analisar as principais formas de uso e ocupação da terra no município de Petrolina (PE), localizado na margem direita do submédio vale do rio São Francisco, utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) derivado de imagens LANDSAT-8 (OLI). Esse índice é amplamente utilizado na bibliografia para estudar o comportamento da vegetação. Essa imagem foi integrada e processada no *software* ENVI 5.5 e o mapeamento final organizado no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS™. Os resultados obtidos atestam a possibilidade do uso do NDVI como ferramenta de análise para a identificação de áreas agrícolas e comprovam a elevada ocupação da área em estudo pela vegetação de Caatinga, seguidos pelas áreas agrícolas e áreas urbanas próximas ao rio São Francisco. Desta forma, o mapeamento realizado pretende contribuir com os estudos de evolução da paisagem e subsidiar melhores propostas de planejamento para o uso e a ocupação da terra nessa região através da difusão de conhecimento geotecnológico enquanto ferramenta de gestão e planejamento ambiental.

Palavras-chave: Uso e Ocupação. NDVI. Classificação.

USE AND OCCUPATION MAPPING TO PETROLINA (PE) MUNICIPALITY – MEDIUM VALLEY TO SÃO FRANCISCO RIVER USING NDVI OF LANSAT 8 (OLI) IMAGE

Abstract: The objective of this work is to analyze the main forms of land use and occupation in the municipality of Petrolina (PE), located on the right bank of the middle valley of the São

Francisco river valley, using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) derived from LANDSAT-8 (OLI) images. This index is widely used in the bibliography to study vegetation behavior. This image has been integrated and processed in ENVI 5.5 software and the final map organized in the ArcGIS™ Geographic Information System. The results show the possibility of using NDVI as an analysis tool for the identification of agricultural areas and confirm the high occupation of the area under study by Caatinga vegetation, followed by farming and urban areas near the São Francisco River. Thus, the mapping carried out intends to contribute to studies of landscape evolution and to support better planning proposals for land use and occupation in this region through the diffusion of geotechnological knowledge as a tool for environmental management and planning.

Keywords: Use and Occupation. NDVI. Classification.

MAPEO DEL USO Y OCUPACIÓN DE PETROLINA (PE) - VALLE MEDIO DEL RÍO DE SAN FRANCISCO A TRAVÉS DE LANDSAT 8 IMAGEN NDVI (OLI)

Resumen: El objetivo de este trabajo es analizar las principales formas de uso y ocupación de la tierra en el municipio de Petrolina (PE), ubicado en la margen derecha del valle del río São Francisco, utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) derivado de las imágenes de LANDSAT. -8 (OLI). Este índice es ampliamente utilizado en la bibliografía para estudiar el comportamiento de la vegetación. Esta imagen ha sido integrada y procesada en el software ENVI 5.5 y el mapeo final organizado en el Sistema de Información Geográfica ArcGIS™. Los resultados muestran la posibilidad de utilizar NDVI como herramienta de análisis para la identificación de áreas agrícolas y confirmar la alta ocupación del área en estudio por la vegetación de Caatinga, seguida de áreas agrícolas y urbanas cerca del río São Francisco. Por lo tanto, el mapeo realizado tiene la intención de contribuir a los estudios de la evolución del paisaje y apoyar mejores propuestas de planificación para el uso y la ocupación de la tierra en esta región a través de la difusión del conocimiento geotecnológico como una herramienta para la gestión y planificación ambiental.

Palabras clave: Uso y ocupación. NDVI. Clasificación.

INTRODUÇÃO

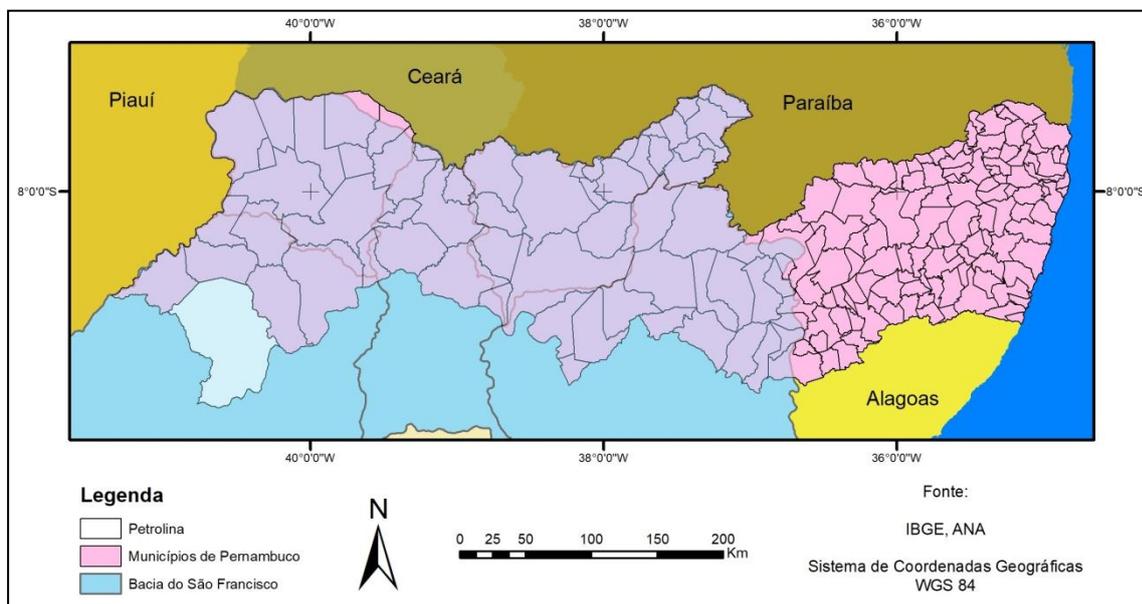
Toda sociedade se distribui em um sistema espacial que evolui ao longo do tempo. Nesse contexto, qualquer ação de incremento, avanço ou retrocesso desta se registrará no espaço. Assim, analisar a bacia hidrográfica do rio São Francisco significa observar a

complexidade sistêmica deste ambiente, sua singularidade e o seu intrincado processo de uso e ocupação.

Nesse sentido, a bacia hidrográfica do rio São Francisco, como um grande recorte regional para estudo e como base para o tratamento de políticas públicas é uma realidade, tendo em vista a elevada ocupação desta área, propiciada por fatores tais como: a disponibilidade de recursos naturais, a facilidade de acesso e o transporte de mercadorias. Nesta área, os interesses voltados à ocupação se relacionam de forma intensa na produção do espaço, ora se integrando, ora corroborando com o surgimento de conflitos.

O submédio vale do rio São Francisco (Figura 1) não diverge desta dialética, cabendo destaque para a margem esquerda, cujo processo de uso e de ocupação superpõe significativos elementos da realidade da Nação. A ocupação agrícola massiva dessa faixa, a partir da década de 1980, é marcada por intervenções de processos externos, empreendidos pelo Estado e pelo capital, que provocam a valorização do espaço e a integração ao processo internacional de renovação da acumulação capitalista.

Figura 1: Localização da área de estudo.



No que se refere às práticas econômicas desta área, a implantação dos perímetros de irrigação intensificou as atividades de uso e ocupação agrícola desta região, ocasionando uma série de problemas ambientais, tais como a utilização de insumos e defensivos agrícolas, que são carregados para o rio, ameaçando as atividades de piscicultura a jusante.

Outra problemática ocasionada pela agricultura intensiva é a retirada da cobertura vegetal de caatinga, fato que tende a ocasionar a perda de solo por erosão e aumentar a carga de sedimentos percolados, contribuindo para o aumento do assoreamento na bacia hidrográfica (SETTI, 2001).

Nessa perspectiva, o desafio atual é equacionar a atividade produtiva com a geração de renda e o desenvolvimento sustentável, compatibilizando interesses econômicos, sociais e ambientais. Para isso, o diagnóstico do uso e ocupação com o uso de geotecnologias torna-se fundamental, uma vez que possibilita a identificação das potencialidades e fragilidades dos sistemas ambientais presentes e gera conhecimento necessário para o ordenamento e planejamento racional destas áreas (CALDERANO FILHO, 2003).

Diante disto, este trabalho tem como objetivo analisar as principais formas de uso e ocupação da terra no município de Petrolina (PE), localizado na margem direita do submédio vale do rio São Francisco, a partir da classificação do NDVI de imagens orbitais.

Nessa perspectiva, o conhecimento das formas de uso e ocupação do espaço é de grande importância aos planejadores e legisladores para que sejam tomadas as melhores medidas, caso necessário, em relação ao uso da terra, e também para que essas medidas possam ser revisadas, buscando promover a adequação dos usos às suas diversas características. Reconhecer os ambientes, com o uso de geotecnologias, garante ao homem a sua sobrevivência, seja como protagonista, ao extrair recursos do meio, seja como figurante, ao possibilitar a conservação do princípio socioeconômico vigente (BERNARDES e FERREIRA, 2003).

No que se refere às geotecnologias, o avanço dos instrumentos computacionais e dos métodos automatizados de análise das informações espaciais tem contribuído consideravelmente com uma ampliação das categorias de estudo do espaço geográfico, gerando novos conhecimentos do ambiente e das variáveis atuantes na dinâmica de transformação do espaço produzido pelo homem.

O próprio termo geotecnologias apresenta várias definições dentro da comunidade científica, até mesmo por se tratar de uma temática recente e por trazer em sua base aspectos integrantes de várias áreas do conhecimento, como a associação de aparatos computacionais às variáveis espaciais. Neste texto, entende-se geotecnologias como

[...] o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações como referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. (ROSA, 2005, p. 5)

Frequentemente o termo é utilizado para designar um conjunto de aparatos tecnológicos relacionados à computação (*hardware, software, peopleware*, arquitetura de banco de dados, metodologias de análise), aliados aos conhecimentos científicos que lhes são necessários para realizar a aquisição, o tratamento e a produção de informações de forma georreferenciada, agregando, portanto, o Sensoriamento Remoto, a Cartografia Digital, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informações Geográficas (GIS) (MATIAS, 2001).

O seu uso dentro da ciência geográfica permite um avanço metodológico na análise de uso e ocupação da terra, visto que, ao agregar estas novas técnicas à pesquisa científica, amplia as possibilidades de inferência sobre o ambiente, o que acentua a importância da reflexão sobre os resultados, e demonstra a fundamental relevância para se unir o que as novas tecnologias da informação têm a acrescentar à construção do conhecimento científico.

Nesta construção de conhecimento e obtenção de informações sobre a superfície terrestre, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto tornam-se imprescindíveis, constituindo hoje um conjunto de ferramentas indispensáveis em planejamentos e zoneamentos. A confiabilidade e a rapidez no processo de sensoriamento permitem uma maior facilidade na aquisição dos dados que é de grande importância para o mapeamento de uso e ocupação do solo numa determinada região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, este foi dividido em três principais etapas: a primeira é composta de revisão bibliográfica acerca do mapeamento de uso e ocupação em regiões semiáridas tropicais; a segunda, composta pela elaboração da cartografia básica e aquisição das imagens. A terceira etapa é caracterizada pela integração dos dados e aplicação do Índice de Vegetação Normalizada (NDVI), com uso dos softwares ENVI® e ArcGIS™ 10.4 e pela redação final da pesquisa. Apresenta-se a seguir, o detalhamento dos principais procedimentos relativos à segunda e à terceira etapa.

O mapa de uso e ocupação da terra no município de Petrolina (PE) foi confeccionado a partir da aplicação do Índice de Vegetação Normalizada (NDVI um índice espectral sensível a presença de pigmentos que captam a radiação solar, por exemplo, a clorofila.

Neste estudo foi utilizada uma imagem de satélite LANDSAT 8 (OLI) órbita/ponto: 217/66 e data 10/06/2017 adquirida gratuitamente na homepage do Serviço Geológico dos Estados Unidos (disponível no link <https://earthexplorer.usgs.gov/>) já convertida para

reflectância de superfície. Cabe observar que a escolha da imagem orbital teve como critério a busca por imagens com menor excesso de brilho, menor quantidade de nuvens e maior normalidade espectral. Cabe ressaltar também, que esse nível de correção é necessário para o cálculo do NDVI visto que este processamento converte os números digitais (ND) das imagens em reflectância de superfície, permitindo a caracterização espectral de objetos. Esta conversão é necessária porque ao comparar imagens de datas diferentes não necessariamente os NDs das imagens estarão na mesma escala, impossibilitando o uso do ND em análises de mudanças em duas imagens (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Posteriormente a etapa seguinte foi calcular o NDVI no software ENVI. O NDVI é um índice espectral que se relaciona a condição da vegetação, variando de -1 a 1, quanto mais próximos a 1, maior a densidade de vegetação. Já quando os valores diminuem é um indicativo que a cobertura vegetal está ficando menos densa, valores próximos a 0 indicam solo exposto e/ou áreas urbanas e valores negativos a presença de água (ROUSE et al., 1974; MOREIRA, 2007; PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

O cálculo do NDVI é realizado utilizando dados de reflectância do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED). Em imagens LANDSAT 8 (OLI) esses dados são das bandas 4 (RED) e 5 (NIR) inseridos na seguinte fórmula (JENSEN, 2009):

$$\text{NDVI} = \text{NIR} - \text{RED} / \text{NIR} + \text{RED}$$

Posteriormente, a imagem NDVI foi classificada através de interpretação visual, segmentando com base na ferramenta Density Slice do ENVI®, em classes que representam usos da terra predominantes de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1: Classes de NDVI definidas para o uso da terra.

Classe definida	Intervalo de NDVI
Água	< 0
Área urbana / Solo Exposto	0 a 0.151000
Vegetação de Caatinga	0.151001 a 0.290000
Agricultura	0.290001 a 0.612829

Essas classes foram definidas devido a melhor divisão apresentada entre elas no momento da interpretação visual. Os valores de intervalo de NDVI apresentados na tabela I foram adequados para determinar a separação entre as classes.

Em seguida, foi calculado o índice Kappa que mede a concordância entre a classificação e os dados de validação (Tabela 2).

Tabela 2: Classificação do índice Kappa.

Índice Kappa	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < k \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

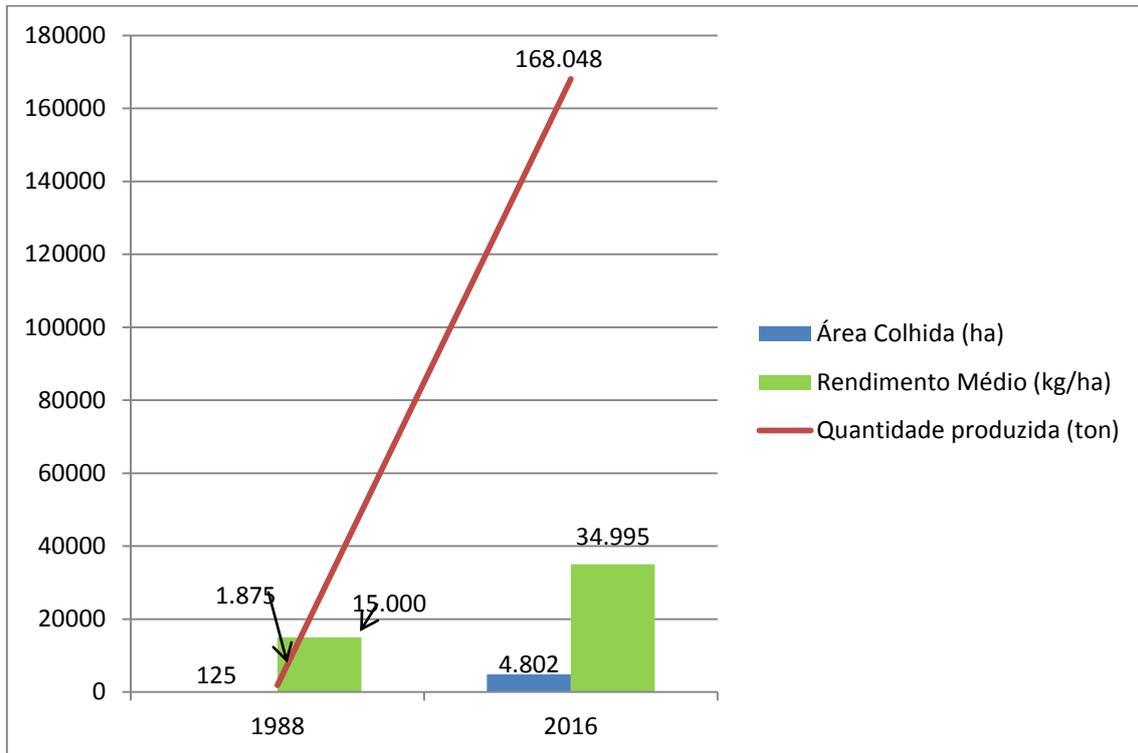
O índice Kappa se baseia na matriz de confusão, que identifica o número e amostras relativas do classificador e as compara com as amostras de validação (FIGUEIREDO e VIEIRA, 2007). Por fim, para corroborar os dados de classificação da imagem apresentados anteriormente e quantificar a importância da agricultura para o município de Petrolina-PE foram levantados dados de área colhida e quantidade produzida da base de dados Produção Agropecuária Municipal (PAM) do IBGE, disponível no link: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mediante a análise do comportamento espectral dos alvos tornou-se possível observar que a agricultura assume forte relevância espacial e econômica no submédio vale do rio São Francisco. Tal preponderância, explica-se pela proximidade da área em estudo com os recursos hídricos, utilizados amplamente no desenvolvimento da vinicultura na região e demais cultivos irrigados, que possibilitam a existência de lavouras permanentes em meio ao ambiente semiárido tropical.

Os dados de Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2016) em relação à área colhida e quantidade produzida indicam um crescimento fundamental para o desenvolvimento da agricultura do município. A Figura 2 evidencia essa mudança:

Figura 2: Gráfico de produção de uva em Petrolina.



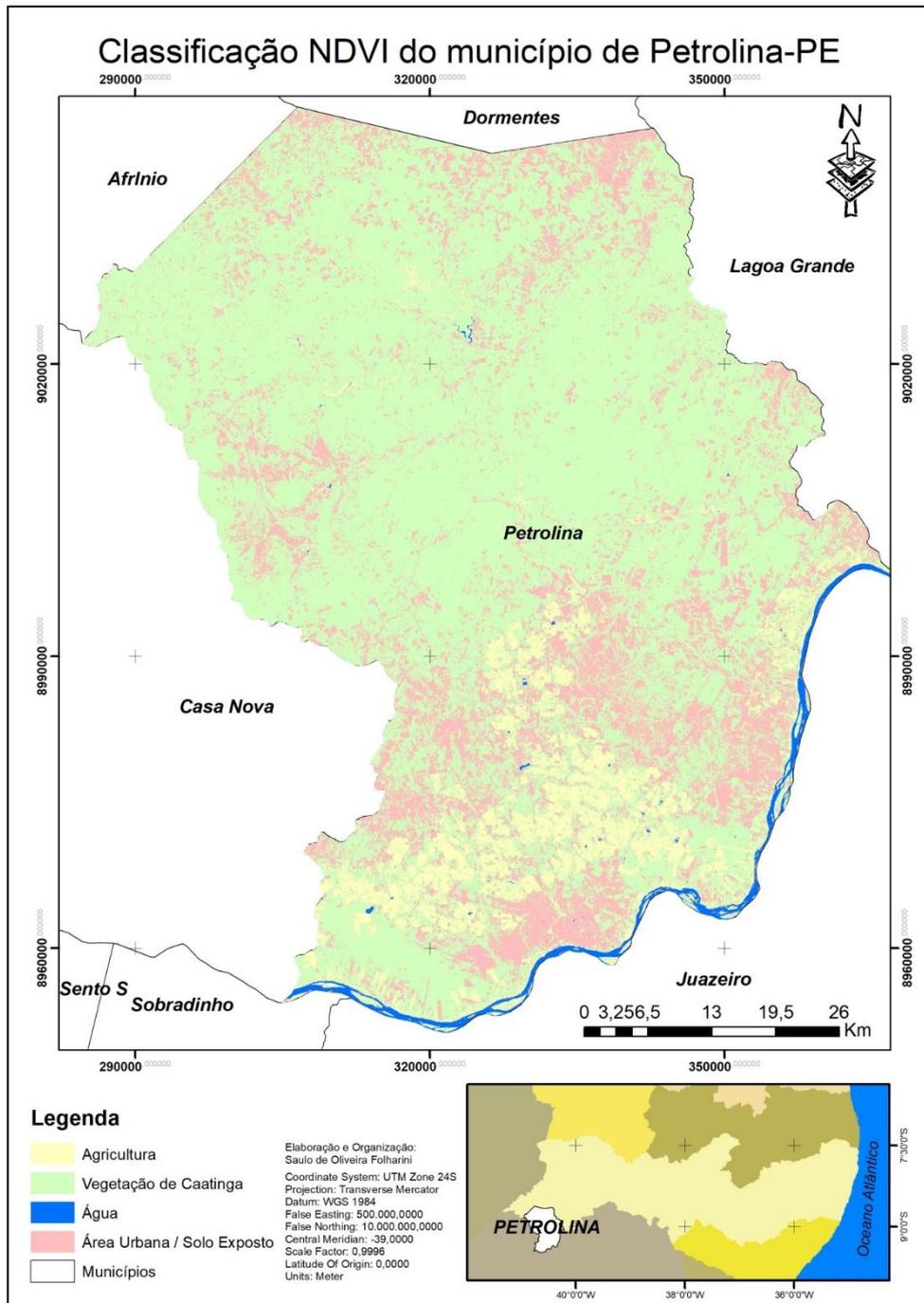
Fonte: PAM/IBGE, 2016.

Houve um aumento de 19.995 quilos por hectares ou duas vezes mais produção em uma mesma área. Esse dado indica que foram utilizadas medidas tecnológicas para aumentar a produção por área, como o controle de pragas e melhoramentos genéticos (IBGE, 2016).

Os dados da PAM/IBGE reafirmam a importância da viticultura para o município de Petrolina-PE como tratado por Sobel e Ortega (2007) que consideram os investimentos públicos nas últimas décadas, voltados a agricultura irrigada no sub médio do rio São Francisco, o principal motivador do desenvolvimento agrícola da região e seu aumento da produção. Entre os dados expostos o rendimento médio de produção por hectares é o que demonstra a importância do uso de tecnologias para o desenvolvimento adaptativo da cultura, nesse campo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária tem papel fundamental para encontrar novas tecnologias que possibilitem a melhora da produção agrícola.

É também no campo da tecnologia que se desenvolve maneiras de monitoramento das plantações agrícolas e uma alternativa, proposta nesse estudo, é a utilização do NDVI para gerar classificações derivadas de imagens LANDSAT 8 (OLI), como o apresentado na Figura 3.

Figura 3: Uso e Ocupação no município de Petrolina (PE) em 2017.



A proposta de classificação do uso da terra pela interpretação do NDVI obteve um índice Kappa de 0.9674, enquadrando-se como excelente de acordo com a Tabela II e a matriz de confusão apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Matriz de confusão.

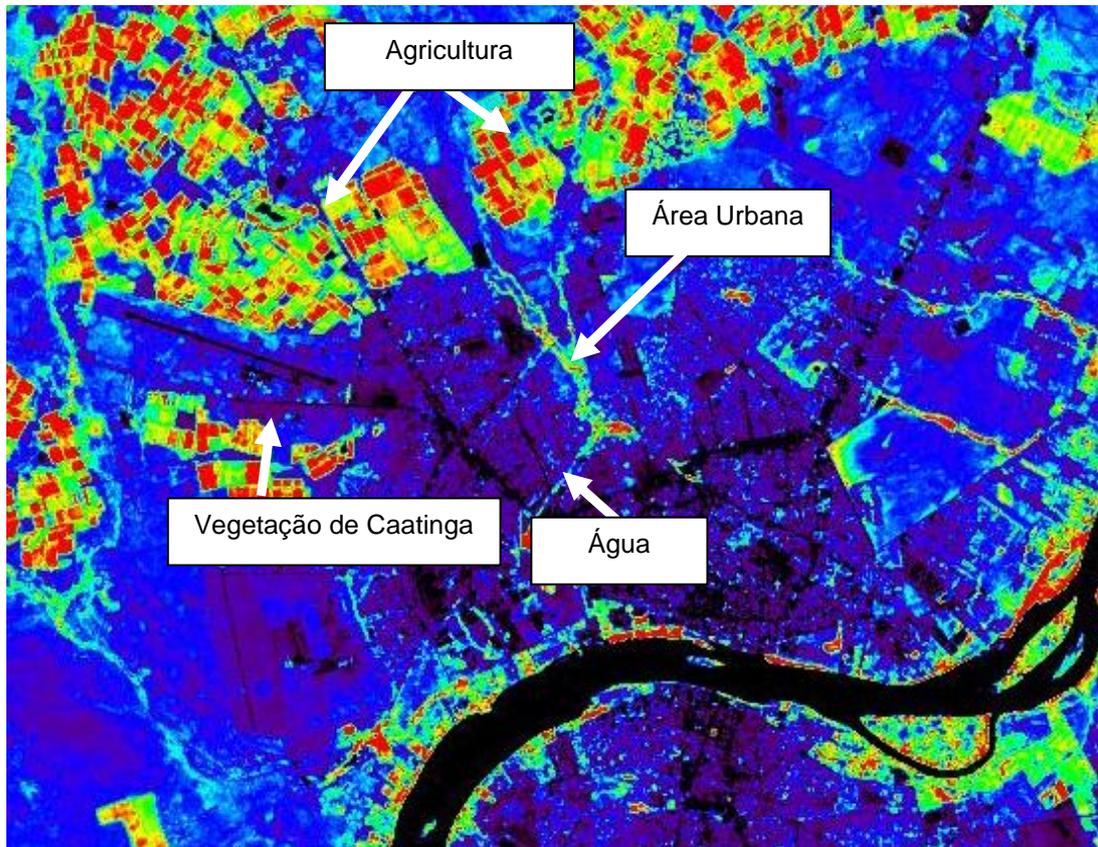
	Área Urbana / Solo Exposto	Água	Vegetação de Caatinga	de Agricultura
Área Urbana / Solo Exposto	9590	68	113	1
Água	4	10072	0	0
Vegetação de Caatinga	491	15	10193	259
Agricultura	2	4	33	9876
Total	10087	10159	10339	10136
Legenda			Quantidade de pixel com classificação correta	

De acordo com a tabela anterior, onde foram utilizados 40.721 pixels como validadores o maior erro de classificação ocorreu entre área urbana/solo exposto e vegetação de caatinga, onde 491 pixels foram classificados erroneamente como vegetação de caatinga. Já entre agricultura e vegetação de caatinga o erro foi de 259 pixels. Outro ponto importante a ser destacado é a dificuldade de separar área urbana de solo exposto devido a sua assinatura espectral serem muito próximas e as vezes coincidirem.

Esses erros não atrapalham o objetivo do estudo de analisar a possibilidade de utilização de imagens LANDSAT 8 (OLI) para o mapeamento agrícola, visto que os valores de NDVI de áreas agrícolas, variaram entre 0.290001 a 0.612829. A análise visual indica que a concentração dos valores de NDVI da classe agricultura se concentram em valores próximos a 0.470000 (cores vermelhas) e formato padrão de talhões de áreas agrícolas, como mostrado na Figura 4.

Desta forma, as etapas desenvolvidas nesse estudo demonstraram a possibilidade de utilização de imagens LANDSAT 8 (OLI) para a identificação de culturas agrícolas em ambiente semiárido. Os estudos desenvolvidos por Schaparini (2016) e Pithan et al. (2015) consideram adequado o uso de imagens LANDSAT 8 (OLI) para a construção de perfis temporais de NDVI, caracterizando adequadamente o ciclo das videiras e estágios fenológicos na campanha gaúcha.

Figura 4: Exemplo das classes interpretadas.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processamento elaborado nesse estudo indica a possibilidade do uso do NDVI como ferramenta de análise para identificação de culturas agrícolas devido a boa resposta espectral das imagens LANDSAT 8 (OLI) que possibilitaram separar de forma satisfatória as classes empregadas no estudo. Cabe ressaltar que o emprego de outras classes, por exemplo, a diferenciação da vegetação nativa em esparsa e densa pode ser um limitador para a classificação devido a confusões que o algoritmo pode fazer nesse processamento.

Percebe-se a necessidade do desenvolvimento de pesquisas nesta área, visando à valorização e preservação tanto do ambiente natural quanto das relações socioeconômicas vigentes, embasadas em instrumentos que contribuam com a minimização dos efeitos negativos da ação antrópica. Esperasse que esse trabalho contribua para a elaboração de novos estudos sobre o monitoramento da cultura vinícola no semiárido nordestino.

Um estudo como este se torna importante na medida em que pode ser utilizado como um norteador das políticas de gestão agrícola para ambientes semiáridos, de forma que as

novas ocupações e o desenvolvimento econômico e social sejam compatibilizados com a preservação ambiental. Fica clara a necessidade de estudos mais detalhados, com imagens de satélite com melhor resolução espacial, para se obter uma delimitação de uso mais precisa, que vise atender às necessidades do homem e à manutenção dos recursos naturais.

Trabalho enviado em março de 2019

Trabalho aceito em agosto de 2019

REFERÊNCIAS

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e natureza. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

CALDERANO FILHO, B. **Visão sistêmica como subsídios para o planejamento ambiental da microbacia do Córrego Fonseca**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003.

FIGUEIREDO, G. C; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, INPE, 2007. Disponível em <<http://mart.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.17.35/doc/5755-5762.pdf>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Centro Brasileiro de Estatísticas Agropecuárias. Rio de Janeiro - IBGE, 2016.

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

MATIAS, L. F. **Sistema de Informações Geográficas (SIG): teoria e método para representação do espaço geográfico**. Tese (Doutorado) – FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2007.

PITHAN, P. A.; JUNGES, A. H.; FARIAS, A. R.; ANZANELLO, R.; HOFF, R. Monitoramento do ciclo de videiras pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada obtido de imagens Landsat 8 no município de Veranópolis ? RS, Brasil. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015**, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4AHE>>.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, Uberlândia, n. 16, 2005.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: FREDEN, S. C.; MERCANTI, E. P.; BECKER, M. (Eds.). Third Earth Resources Technology Satellite – 1 Symposium. Volume I: **Technical Presentations**, NASA SP-351. Washington, D.C.: [s.n.]. 1974.

SCHAPARINI, L. P. **Sensoriamento remoto como apoio à tomada de decisão na viticultura**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2016.

SETTI, A. A. Recursos Hídricos. In: Setti, A.A.; Werneck Lima, J. E. F.; Miranda Chaves, A. G.; Castro Pereira, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Agência Nacional de Águas (ANA). Brasília, DF, 2001.

SOBEL, T. F.; ORTEGA, A. C. Estratégias de Desenvolvimento Territorial: o caso do Pólo Petrolina-Juazeiro. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), 2007, Londrina. **Anais do XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. 2007.