

## MAPEAMENTO DO USO DA TERRA COM NDVI DO MONUMENTO NATURAL DO RIO SÃO FRANCISCO

Alexandre Herculano de Souza Lima<sup>1</sup>, Lucas Marcone dos Santos<sup>1</sup>, Lilian de Lins Wanderley<sup>1</sup>, Lilian de Lins Wanderley<sup>1</sup>, Milton Marques Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe, alexandre.lima.contato@gmail.com; lcsmarcone@gmail.com; lilianwanderley@uol.com.br; miltonmf@gmail.com

### RESUMO

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação estabelecido em 2000 é um marco regulamentário na proteção ambiental no país. Dentre várias unidades criadas desde então, o Monumento Natural do Rio São Francisco, ganha destaque no cenário nacional devido a sua paisagem natural rara e beleza cênica, sendo um também palco para o desenvolvimento da pesquisa científica, educação ambiental e o turismo ecológico. Para garantir a proteção ambiental estas unidades carecem de gestão e planejamento, sendo possível a otimização destes aspectos com a utilização de geotecnologias, com destaque para o geoprocessamento e sensoriamento remoto. Neste contexto o presente estudo objetivou fazer uma correlação do NDVI com o mapeamento de uso e cobertura da terra no Monumento Natural do Rio São Francisco e sua respectiva zona de amortecimento. O NDVI demonstrou bem sua capacidade de distinção entre os 6 diferentes usos e coberturas mapeados.

**Palavras-chave**— Caatinga, sensoriamento remoto, geoprocessamento, índice de vegetação, unidade de conservação.

### ABSTRACT

*The National System of Conservation Units established in 2000 is a regulatory framework in environmental protection in the country. Among several units created since then, the Natural Monument of the São Francisco River, has gained prominence in the national scene due to its rare natural landscape and scenic beauty, being also a stage for the development of scientific research, environmental education and ecological tourism. To guarantee environmental protection, these units lack management and planning, and it is possible to optimize these aspects with the use of geotechnologies, with emphasis on geoprocessing and remote sensing. In this context, the present study aimed to correlate the NDVI with the mapping of land use and coverage in the São Francisco River Natural Monument and its respective buffer zone. The NDVI demonstrated its ability to distinguish between the 6 different uses and mapped coverage.*

**Key words**— Caatinga, remote sensing, geoprocessing, vegetation index, conservation unit.

### 1. INTRODUÇÃO

O Brasil em sua vasta extensão territorial se destaca pela sua biodiversidade, seja na variedade de espécies da fauna ou da flora, formando assim um mosaico de ecossistemas. Visando a proteção ambiental destes ecossistemas, no âmbito nacional são instituídos um conjunto de leis, das quais destacam-se aqui a Constituição Federal de 1988 em seu capítulo VI, a Política Nacional do Meio Ambiental (Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981) e SNUC (Sistemas Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000).

O termo Unidade de Conservação (UC) é então definido pelo SNUC como “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

Estas unidades contam com uma zona de amortecimento, as quais se configuram seu o entorno, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, no intuito de minimizar impactos negativos.

Ainda de acordo com o SNUC, no contexto das unidades de proteção integração engloba-se o Monumento Natural (MONA) no qual busca-se por preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. Através do Decreto Federal de 5 de junho de 2009, o MONA do Rio São Francisco foi a primeira UC desta categoria a ser estabelecida no país, tendo como instância responsável a federação.

A gestão do espaço territorial e recursos naturais da UC perpassa pela integração de um série características, pois suas características ambientais sofre continuamente mudanças podendo ser oriundas de fatores naturais ou antrópicos[6]. As geotecnologias surgem então como um conjunto de ferramentas relevantes para a gestão das UC, pois permitem uma análise multicriterial a georreferenciada das informações.

Dentre as análises mais primordiais para gestão territorial tem-se o mapeamento de uso e cobertura da terra. No que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, o mapeamento de uso e cobertura da terra permite a

caracterização dos processos de utilização da terra; e as referências aos fatores que levam a mudanças e a expectativa da justiça ambiental devido aos diferentes interesses, direitos civis e conflitos distributivos sobre os recursos naturais [7].

Aliado ao mapeamento de uso e cobertura da terra como produto do processamento digital de imagens de sensores remotos têm-se os índices de vegetação, dos quais o mais consagrado é o NDVI (índice de vegetal por diferença normalizada).

Neste sentido, buscando por auxiliar no planejamento e gestão ambiental, este trabalho objetivou fazer uma correlação do NDVI com o mapeamento de uso e cobertura da terra no Monumento Natural do Rio São Francisco e sua respectiva zona de amortecimento.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Localização e caracterização da área de estudo

O MONA do Rio São Francisco está situado entre os limites territoriais dos estados de Alagoas, Bahia e Sergipe, abrangendo parcialmente os municípios de Canindé de São Francisco, Delmiro Gouveia, Olho D'água do Casado e Piranhas, ocupando uma área de 267,23 Km<sup>2</sup> e sua zona de amortecimento 813,47 Km<sup>2</sup>. Seus pontos extremos são 9° 22' 24,251" S de latitude ao norte, 9° 35' 16,296" S de latitude ao sul, 37° 47' 38,512" W de longitude ao leste e 38° 12' 23,245" W de longitude ao oeste (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo.

A área englobada pelo MONA do Rio São Francisco apresenta o tipo climático semiárido, sendo caracterizado por precipitação escassa e mal distribuída ao longo do ano e, com períodos secos, de aproximadamente dos 10 meses [1]. O período chuvoso estende-se de maio a junho, sendo maio o mês de ocorrências de precipitação. As precipitações

anuais oscilam entre 500 mm e 700 mm [11]. A temperatura local não apresenta grandes variações, tendo médias anuais de 25°C, ultrapassando 27°C nos meses mais quentes, e atenuando-se para 20°C, nos meses mais frios [8].

### 2.2. Banco de dados

O banco de dados inicial contou com o vetor dos limites territoriais do MONA do Rio São Francisco e o decreto de criação da UC pelo qual foi possível gerar a delimitação vetorial da zona de amortecimento, ambos disponibilizados pelo ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade).

Através do sítio do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) foram adquiridas os vetores dos limites territoriais das unidades da federação bem como de suas respectivos municípios.

Por meio do sítio *earth explorer* pertencentes ao Serviço Geológico do Estados Unidos (USGS) foram adquiridas imagens do satélite Sentinel-2 em duas cenas, ambas datadas de março de 2018, utilizando-se como critério a menor cobertura de nuvens possível, sendo a aceito um máximo de 35 % [10].

Para realização de todos os procedimentos de geoprocessamento e processamento digital de imagens optou-se pela utilização do SIG (sistemas de informações geográficas) QGIS 2.18 e seus plugins.

### 2.3. Processamento digital das imagens

Para realização de todos os procedimentos de geoprocessamento e processamento digital de imagens foi utilizado o datum SIRGAS 2000, projeção UTM Zona 24S e o SIG (Sistemas de Informações Geográficas) QGIS 2.18 e SAGA 2.3, bem como de seus respectivos plugins.

Inicialmente foi feita a reprojeção das imagens originalmente no datum WGS 84 e projeção UTM Zona 24N para o datum e projeção citados no parágrafo anterior.

Feitas as reprojeções, através do plugin *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP) as imagens foram submetidas ao processo de conversão de números digitais (ND) para refletância, além correção atmosférica pelo método de Subtração de Objeto Escuro (DOS1).

Por conseguinte, foi feita composição de bandas para as duas cenas que englobam a área de estudo, sendo assim feita o empilhamento na ordem 4(R)3(G)2(B), conhecida como "cores naturais". De posse das composições foi realizada a equalização das imagens por meio de realce e contraste, seguindo para um mosaico e recorte em conformidade com a zona de amortecimento.

Para geração das informações de uso e cobertura da terra foi realizada uma classificação supervisionada através do SCP pelo método de máxima verossimilhança, por meio do qual o uso e cobertura foi agrupado em 6 classes (Caatinga, Solo exposto/Área Urbana, Pastagem, Corpos

D'água, Cultivo Agrícola e Nuvens), baseadas em 60 amostras para cada classe.

A classificação resultante foi pós-processada pelo filtro Majority do SAGA 2.3, no intuito de eliminar grupos de células com áreas dispersas na imagem classificada, possibilitando melhor qualidade visual da imagem final e eliminação de pequenas células ou pixels isolados, definidos como aspecto ruidoso [9].

#### 2.4. Avaliação de qualidade da classificação supervisionada

Para a avaliação da classificação de uso e cobertura da terra, foi utilizando o plugin AcATaMa, o qual permitiu a geração de 202 pontos aleatórios distribuídas na imagem pelo método estatístico de amostragem aleatória estratificada. Cada um dos 202 pontos aleatórios foi verificado visualmente por um fotointérprete com conhecimento da área de estudo, possibilitando gerar uma matriz de erros, pela qual foram calculadas a Acurácia Global e Índice de Kappa da classificação.

#### 2.5. NDVI

O NDVI foi proposto por Rouse et al. (1973), e é calculado pela diferença de reflectância entre a faixa de NIR (infravermelho próximo) e a de VIS (vermelho dividida pela soma das faixas NIR e VIS, logo para o cálculo deste índice foi utilizada a seguinte equação:

$$NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$$

Após ser gerada a camada raster com os valores NDVI, a mesma foi reclassificada manualmente por meio de tentativa e erro em três classes que possibilitaram o agrupamento da cobertura vegetal e os demais usos da terra.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação supervisionada obteve um índice de concordância Kappa de 0,83 que de acordo com a abordagem de Landis & Koch (1977) expressa uma qualidade de classificação excelente. Quanto a Acurácia Global chegou-se ao valor de 81,17% para classificação em sua totalidade, 90,74 % para Caatinga, 84,62% para Solo exposto/Área urbana, 93,67% para Pastagem, 100% para Corpos d'água, 68% para cultivo e 50% para Nuvem (Figura 2).

Verificou-se que as pastagens ocupam as maiores porções territoriais da área de estudo, sendo 320,01 Km<sup>2</sup>, um total de 39,3% do total, expressando assim um provável avanço de atividades agropecuárias locais já evidenciados no estudo de Fundação Joaquim Nabuco (FUNDAJ, 2015) ao abordarem a respeito do desmatamento para pastagem no dentre os conflitos socioambientais.

A segunda classe mais abrangente foi a Caatinga, ocorrendo em maiores expressões na porção central da área de estudo ao sul do Rio São Francisco, bem como porção sudeste ao norte do rio. As formações de Caatinga ocupam uma área de 221,47 Km<sup>2</sup>, ou seja, 27,2% do total da área de estudo.

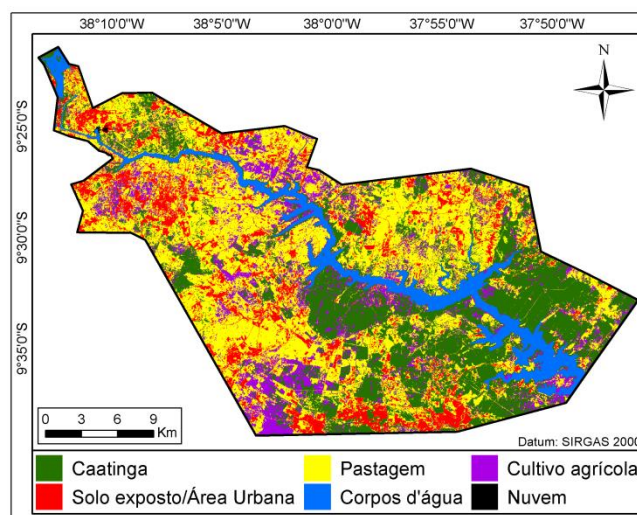


Figura 2. Uso e Cobertura da Terra do Monumento Natural do Rio São Francisco – 2018.

Os resultados do NDVI na área de estudo demonstraram uma extensa amplitude, variando de -0,35 a 0,91. Os valores mais altos estão relacionados a áreas com formações de Caatinga mais densas em relação ao contexto local, os valores mais baixos captaram principalmente o curso do Rio São Francisco (Figura 3).

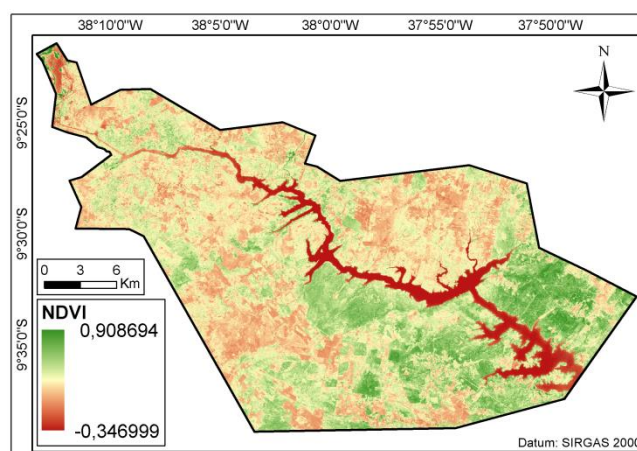


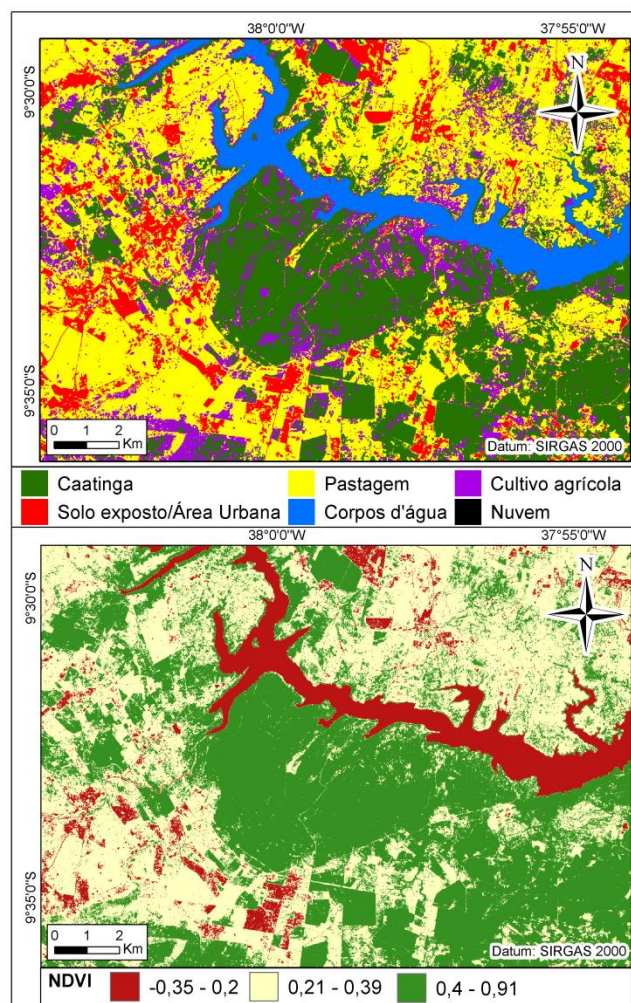
Figura 3. NDVI do Monumento Natural do Rio São Francisco.

O processo de reclassificação dos valores de NDVI permitiu o agrupamento do uso e cobertura em três classes. A classe de -0,35 a 0,2 captou bem o trecho do Rio São Francisco no MONA, além de solos mais severamente expostos e áreas urbanizadas.



A classe de 0,21 a 0,39 concentrou principalmente as áreas de pastagem, no entanto havendo algumas interferências de solos expostos, refletindo assim uma cobertura de gramíneas mais espaçadas.

A classe de 0,4 a 0,91 foi estabelecida no intuito de englobar a Caatinga e os cultivos agrícolas locais, e o foi a que demonstrou os melhores resultados, havendo apenas algumas poucas ausências de áreas cultivadas.



**Figura 4. Trecho representativo da relação entre Uso e Cobertura da Terra (figura superior) e NDVI reclassificado (figura inferior) no Monumento Natural do Rio São Francisco.**

## 5. CONCLUSÕES

O NDVI aplicado ao mapeamento de uso e cobertura da terra serviu como uma ferramenta eficiente, sendo, portanto um bom indicativo para distinção e agrupamento de classes, respondendo principalmente a coberturas vegetais mais densas e cultivos agrícolas.

Para o avanço de estudos desta natureza admite-se ainda a utilização de outros índices de vegetação, no intuito de atenuar as interferências nos agrupamentos, ou mesmo discriminar classes específicas.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da FAPITEC/SE e da CAPES através do projeto PGPSE – Sistemas Ambientais Costeiros e Ocupação Econômica do Nordeste, edital nº 04/2014 (UFS/UFC/UFRN).

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] ASSIS, J. S. Biogeografia e conservação da biodiversidade. Projeções para Alagoas. Maceió: Ed. Catavento. 200 p. 2000.
- [2] BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.
- [3] BRASIL. Lei nº 6.938 de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. 1981.
- [4] BRASIL. Lei nº 9.985 de 2000: Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- [5] FUNDAJ. Relatório parcial da pesquisa de Mapeamento e Análise Espectro-Temporal das unidades de conservação de Proteção Integral da Administração Federal no Bioma Caatinga: Monumento Natural do Rio São Francisco. Recife, 2015.
- [6] GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. 3 ed. São Paulo: Edusp, 2008.
- [7] IBGE. Manual Técnico de Uso da Terra. 3ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2013.
- [8] INPE, Boletim Meteorológico. 3: 25. 2001.
- [9] LILLESAND T, M.; KIEFER R, W. Remote sensing and image interpretation. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons; 1994.
- [10] PRADO R, B.; NOVO, E, M, L, M.; PEREIRA, M, N. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita SP. Revista Brasileira de Cartografia 2007; 59(2): 127-135.
- [11] RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais (anexo); folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife. Vol. 30. Rio de Janeiro, Brasil. 1983.
- [12] ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W., 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third Symposium of ERTS, Greenbelt, Maryland, USA. NASA SP-351, V1:309-317.