

## **CAPÍTULO 4**

# **VARIAÇÃO TEMPORAL DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NO PARQUE NATURAL MUNICIPAL DO PEDROSO, SANTO ANDRÉ – SP**

DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/planar04>

*Andréa Martins*

*Daniel Vicente Batista*

*Angela Terumi Fushita*

*Eliane Alves de Souza*

*Fernanda Longhini Ferreira*

**VOLTAR AO SUMÁRIO**

## INTRODUÇÃO

Atributos relacionados às áreas verdes, à vegetação nativa e às suas funções e serviços ambientais podem fornecer importantes indicadores ao planejamento ambiental das cidades, como ferramenta para estabelecer valores mínimos para cobertura vegetal, bem como outros indicadores associados à qualidade ambiental ou de vida e depende da dinâmica de sistemas ecológicos e que em escalas temporais recebem influências de diversas mudanças e distúrbios, que são determinados pelo tempo de resposta socioeconômica ou organizacional. Essas mudanças ocorrem em escalas de tempo (rápidas ou lentas) e espaço (locais, regionais ou globais), determinadas entre si de forma combinada, cumulativa ou sistemática (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 1999).

O sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas utilizadas, dentre outras finalidades, para obtenção de informações sobre a superfície terrestre, com base em imagens obtidas por sensores como satélites, radares e/ou câmeras fotográficas. Os dados obtidos a partir dessas imagens são muito úteis para análises de áreas vegetadas, pois permitem a visualização de grandes extensões, além de permitir a análise em diferentes estações do ano, e sua evolução ao longo dos anos (SAUSEN, 2018).

Diversas análises podem ser obtidas com a utilização do Sensoriamento Remoto, sendo o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), desenvolvido por Rouse *et al.* (1974), um dos que mais se destaca para análise de áreas vegetadas. O NDVI é calculado com base na reflectância da clorofila, pigmento que realiza fotossíntese nos vegetais, nos intervalos da radiação do vermelho e do infravermelho próximo que são captados por determinado sensor (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012) e é utilizado em estudos que pretendem avaliar as condições da vegetação de um determinado local, seja uma plantação, um parque ou uma área de reflorestamento.

Neste estudo, o NDVI foi utilizado para avaliar a variação temporal da vegetação no parque Natural Municipal do Pedroso em relação ao município de Santo André.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Área de Estudo

O município de Santo André, localizado no ABC Paulista, possui aproximadamente 62% do seu território coberto por remanescentes de vegetação nativa, sendo que 55% do território municipal encontra-se na Macrozona de Proteção Ambiental, conforme o Plano Diretor de Santo André (lei n. 8.696/04, alterada pela lei 9.394/12).

O município possui duas Unidades de Conservação de Proteção Integral e dez parques urbanos, que somam mais de 600 mil de metros quadrados de área verde inseridos na área urbana. O marco zero do município está localizado nas coordenadas planas 7.382.736m S e 343.756m O (UTM), *datum* SIRGAS 2000, fuso 23S.

O parque Natural Municipal do Pedroso (PNMP) é uma Unidade de Conservação Municipal, criada pela lei municipal n. 7.733/98 que, em 2006, recebeu a classificação de parque Natural Municipal de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000), pela lei municipal n. 8.881/2006.

O PNMP se localiza no município de Santo André, e faz divisa com os municípios de São Bernardo do Campo e Mauá, e ainda no limite norte do parque há interface com a área urbana de Santo André.

Com 8,42 km<sup>2</sup> de área e 15,6 km de perímetro de Mata Atlântica, o parque serve de refúgio para a vida silvestre e de proteção para a represa Billings.

Possui rica biodiversidade de fauna com a ocorrência de espécies como veados, macacos, pacas e gatos-do-mato (*Leopardus spp*), além de

animais em risco de extinção como a suçuarana (*Puma concolor*). O parque possui ainda mais de 70 espécies de aves identificadas, incluindo 3 espécies ameaçadas de extinção: gavião-pomba (*Leucopternis lacernulata*), jacuaçu ou jacupemba (*Penelope obscura*) e pavão-do-mato (*Pyroderus scutatus*) (SANTO ANDRÉ, 2007).

O local é um remanescente de Mata Atlântica composta por Floresta Ombrófila Densa em estágio secundário, com elevada diversidade florística e têm conexão com toda a diversidade de espécies do parque Estadual da Serra do Mar. (SANTO ANDRÉ, 2007).

Com relação a hidrografia, o PNMP está inserido na Bacia do Alto Tietê, na Bacia da Billings, Sub Bacia do Rio Grande, e possui 15 lagos, 37 nascentes e 1 cachoeira, o que reforça sua importância para a conservação desse corpo hídrico (figura 1) (SANTO ANDRÉ, 2007).

Figura 1. Localização do parque Natural Municipal do Pedroso dentro do município de Santo André, estado de São Paulo.



Fonte: SANTO ANDRÉ (2007)

## 2. Métodos

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi calculado com base em Imagens Landsat, Órbita 219/76, Resolução espacial de 30m, obtidas no *site* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), nas seguintes datas de passagem e sensores (quadro 1):

Quadro 1: Informação das imagens

Data de passagem	Satélite-Sensor
27/04/1990	Landsat 5-TM
20/04/2005	Landsat 5-TM
29/04/2020	Landsat 8-OLI

Fonte: Autores (2020)

A escolha das datas de passagem das imagens foi feita de modo a avaliar a variação temporal nos últimos 30 anos, permitindo analisar o período anterior ao estabelecimento do parque como Unidade de Conservação, um período pouco tempo após e a situação atual.

O processamento das imagens foi realizado no *software* QGIS versão 3.10. Para o cálculo do NDVI, seguiu-se as etapas básicas do processamento:

- 1) Aquisição de imagens;
- 2) Georreferenciamento;
- 3) Corte para a área de interesse;
- 4) Classificação Supervisionada;
- 5) Cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI);
- 6) Plotagem dos mapas.

A classificação supervisionada tem como objetivo descrever classes de cobertura do solo. A classificação se deu por meio do módulo “dzetsaka” instalado no *software* QGIS. O referido módulo aplica um algoritmo de classificação sobre uma imagem, resultando em um arquivo *raster* que indica os usos estabelecidos no processo de criação do vetor de treino.

As áreas de tipos de cobertura de solo foram obtidas pela transformação das imagens *raster* classificadas em polígonos foram dissolvidos por classe e em seguida novas colunas foram inseridas na tabela de atributos, para indicar as respectivas áreas de cada classe, e o procedimento repetido para cada ano analisado.

O cálculo do NDVI foi realizado pela “diferença entre a reflectância das bandas infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (*Red*), dividida pela soma das duas reflectâncias (CEREDA, 2020), sendo expresso matematicamente como:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)_{(Eq.1)}$$

onde: NDVI = Índice de Diferença Normalizada da Vegetação

NIR = banda da imagem de satélite no intervalo do infravermelho próximo

RED = banda da imagem de satélite no intervalo do vermelho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens de satélite obtidas para o município de Santo André (incluindo o PNMP), para as três datas, passaram por uma classificação supervisionada, e foi possível identificar as áreas urbanas, áreas vegetadas e corpos hídricos. O resultado da classificação é apresentado na figura 3 e na tabela 1:

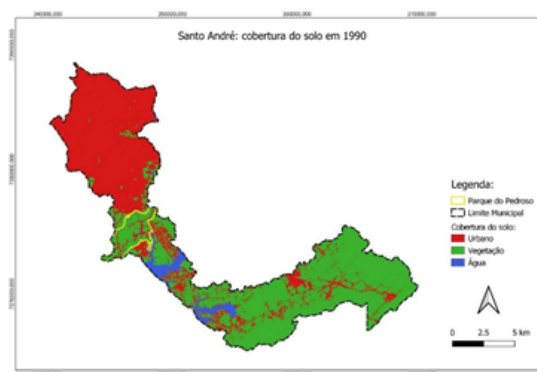
**Tabela 1.** Cálculo da Porcentagem de território para cada uma das Classes para o parque Natural Municipal do Pedroso (PNMP) e para o município de Santo André (MSA)

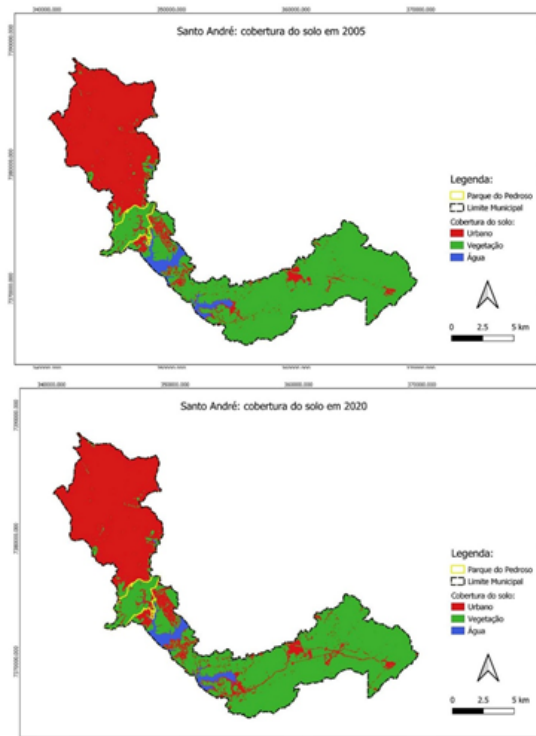
Classes	1990		2005		2020	
	PNMP	MSA	PNMP	MSA	PNMP	MSA
Urbano	18%	44,64 %	9,31%	41,2%	14,15%	44,87%
<b>Vegetação</b>	81,51%	51,74%	90,39%	55,62%	85,59%	52,18%
<b>Água</b>	0,50%	3,62%	0,30%	3,18%	0,26%	2,95%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

O cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para o município nos mesmos períodos está espacializado na figura 4, e para o PNMP é apresentado na figura 5:

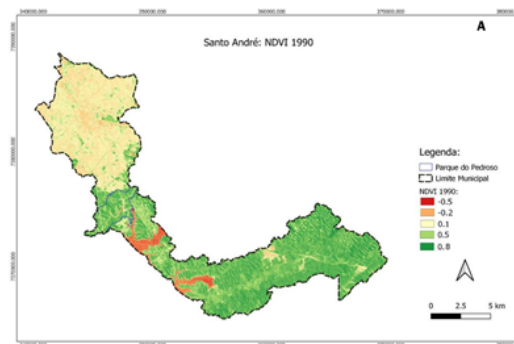
Figura 3. Mapa de uso e cobertura do solo do município de Santo André, obtido pela classificação supervisionada de imagens de satélite *LandSat*, para os anos de a) 1990, b) 2005 e c) 2020.



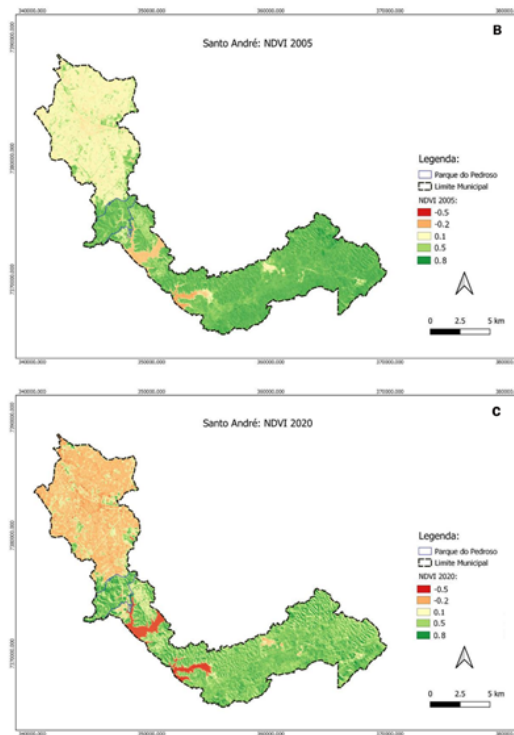


Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Figura 4. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no município de Santo André em a) 1990, b) 2005 e c) 2020

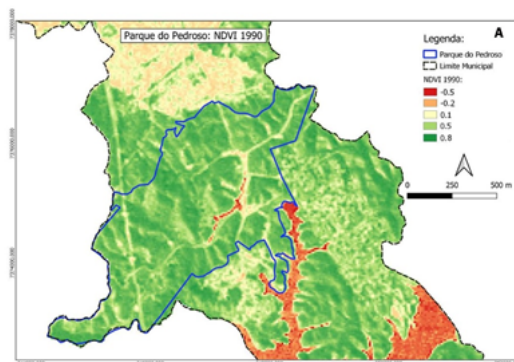


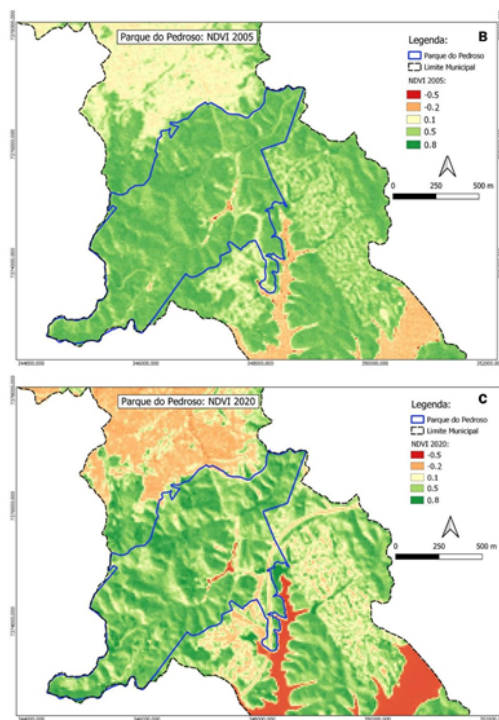




Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Figura 5. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada no parque Natural Municipal do Pedroso em a) 1990, b) 2005 e c) 2020.





Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A análise das imagens de satélite, dos mapas de uso e cobertura do solo e as informações do NDVI permitiram apurar que entre 1990 e 2005 houve um acréscimo de áreas verdes na cidade, e um decréscimo entre 2005 e 2020.

É possível observar também um decréscimo de área nos corpos d'água, o que sugere um aumento na pressão próximo a esses locais, que são majoritariamente áreas de mananciais.

O período inicial do estudo coincide com a criação dos órgãos municipais responsáveis pelas ações de Planejamento, Controle e Educação Ambiental realizadas na Área Urbana. Essas ações podem ter sido responsáveis pelo aumento de áreas vegetadas no período analisado.

Porém nos últimos anos é possível notar uma diminuição das áreas vegetadas que podem ser explicadas pelo maior grau de urbanização e adensamento populacional na área urbana do município de Santo André.

Essa diminuição é percebida também quando se aplica o NDVI, sendo que os tons mais avermelhados ficam mais visíveis na imagem de 2020, o que indica áreas menos vegetadas e solo exposto ou maior impermeabilização do solo como nas ruas e avenidas.

A área urbana dentro do PNMP se refere aos equipamentos públicos, como quadras, parquinho, banheiros etc., e também áreas de solo exposto. A análise do PNMP demonstra um aumento das áreas vegetadas no período de 90 a 2005, da mesma forma que o demonstrado para o município no período analisado, pois áreas de solo exposto dentro do PNMP foram restauradas. O aumento de áreas vegetadas também explica a diminuição dos valores referentes aos corpos hídricos neste período pois uma maior cobertura vegetal sobre a represa será mais bem visualizada pelo sensoramento do que as áreas que estão abaixo do dossel.

No período seguinte houve uma diminuição da vegetação e aumento da área urbana, pois o PNMP perdeu uma pequena parte de sua extensão em função das obras do Rodoanel trecho Sul que atravessa o município de Santo André.

Apesar da diminuição dessa área em função das obras do Rodoanel, a análise das imagens calculadas pelo NDVI demonstrou um alto grau de qualidade na Vegetação, com o NDVI entre 0,5 e 1,0, representado pela cor verde nas figuras 8, 9 e 10, na maior parte da extensão do PNMP. A vegetação do PNMP é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa (SANTO ANDRÉ, 2007) e a densidade e qualidade da vegetação reflete diretamente na manutenção das nascentes do PNMP.

Nas imagens é possível visualizar uma mancha vermelha no meio do PNMP que indica a localização da represa. É possível observar também que o PNMP vem sofrendo uma grande pressão do entorno. A área urbana que faz limite com o PNMP apresenta maior adensamento e é possível notar a

diminuição das áreas arborizadas pela diferença de coloração que se apresenta mais avermelhada no ano de 2020, indicando um aumento de áreas com solo exposto ou impermeabilizado na área de amortização do PNMP.

Apesar disso, ao longo do período analisado é possível observar que não houve diminuição das áreas vegetadas do PNMP, o que demonstra que as medidas de fiscalização, controle e educação ambiental do local, têm sido efetivas.

## CONCLUSÃO

A classificação das imagens, bem como o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada para as datas selecionadas, permitiu uma análise visual bastante clara da variação das áreas verdes nos últimos 30 anos, tanto na Macrozona Urbana do município de Santo André, quanto no PNMP.

Com a análise, foi possível observar que o PNMP se mantém preservado, apesar da forte pressão das áreas do entorno. Com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento como esta, é possível obter subsídios para futuros estudos e projetos de preservação de áreas verdes urbanas.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000.

CEREDA JUNIOR, A. (org. e trad.). **Tudo o que você precisa saber sobre o NDVI: Perguntas & Respostas para a Agricultura 4.0** - parte 1, maio 2020. Disponível em: <<https://geografiadascoisas.com.br/NDVI>>. Acesso em: 25 maio 2020.

FOLHARINI, S. DE O.; FURTADO, A. L. dos S.; OLIVEIRA, R. C. DE. Variação temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no parque Nacional da Restinga de Jurubatiba. *In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 17. Congresso Nacional de Geografia Física, 1., 2017, Campinas. Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168700/1/4876.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Catálogo de Imagens DGI/INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>>. Acesso em: 25 maio 2020.

LIAW, A.; WIENER, M. Classification and Regression by Random Forest. *R News* 2(3), p. 18-22, 2020.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-Being**: Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.

OLIVEIRA, C. H.; SANTOS, J. E. e PIRES, J. S. Indicadores de arborização urbana da cidade de São Carlos (SP) com o uso do SIG-IDRISI. **Rev Brazilian Journal of Ecology**. ano 3, n. 1, 1999.

PREFEITURA DE SANTO ANDRÉ. **parque Natural do Pedroso**: patrimônio da vida; Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André; Instituto Ecoar para a Cidadania. São Paulo: Via Imprensa edições de arte, 2007.

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

SANTO ANDRÉ. Lei n. 7.733. Dispõe sobre a política Municipal de Gestão e Saneamento Ambiental e dá outras providências. Santo André, SP, 1998.

SANTO ANDRÉ. Lei municipal n. 8.881. Altera a denominação do parque regional e Jardim Botânico do Pedroso para “parque Natural do Pedroso”. Santo André, SP, 2006.

SANTO ANDRÉ. Lei n. 8.696/04 alterada pela lei n. 9.394/12, institui o Plano Diretor do município de Santo André; Diário do Grande ABC; Santo André-SP, n. 14.925:1; 6 dez. 2011.

SANTO ANDRÉ. Prefeitura Municipal. Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho; Departamento de Indicadores Sociais e Econômicos. **Anuário de Dados de Santo André 2010, ano Base 2009, parte I.** Anuário de dados, Santo André, SP, 2010.

QGIS.ORG. Qgis Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. 2020. Disponível em: <<http://qgis.org>>.

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. (ed.). **Third Earth Resources Technology Satellite – 1 Symposium.** v. I: Technical Presentations, NASA SP-351. Washington, DC: 1974. p. 309-317.

SAUSEN, Tania Maria. **Sensoriamento remoto e suas aplicações para recursos naturais.** Programa Educa SeRe, 2008. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 12 fev. 2020.