

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA PARA ANÁLISE DA REDUÇÃO DA MATA ATLÂNTICA NA REGIÃO COSTEIRA DO DISTRITO DE TAMOIOS – CABO FRIO/RJ

Normalization Vegetation Index for analysis from
Atlantic Forest reduction in the coastal region of
Tamoios - Cabo Frio/RJ

Resumo

O presente artigo tem como objetivo apresentar dados do monitoramento de perda e ganho de vegetação nativa na região costeira de Tamoios – Segundo Distrito de Cabo Frio – RJ – através do método do cálculo de Índice de Vegetação Normalizada (NDVI). A Floresta Atlântica, apesar dos esforços para assegurar sua preservação e das frequentes campanhas para a conscientização de sua importância, continua sendo negligenciada pelas políticas públicas no que refere a sua preservação. As causas do desmatamento são claramente evidenciadas pelas ferramentas de Sensoriamento Remoto, sendo importantes para a avaliação do uso da terra como a qualidade dos recursos hídricos e da vida na região. Para o monitoramento da vegetação na referida área de estudo, o NDVI foi calculado utilizando imagens do sensor TM/Landsat-5 dos anos de 1991, 2000 e 2010. Os valores NDVI calculados nos respectivos anos fora subtraídos (2000-1991) e (2010-2000). A média e o desvio padrão foram calculados e as diferenças de valores entre os índices permitiram um balanço de ganhos e perdas para cada classe de vegetação dentro da área estudada. Com base na observação dos resultados o NDVI mostrou ser uma boa metodologia, sendo um eficiente indicador no auxílio de estudos de monitoramento de vegetação, integrando Geotecnologias. A Região de Tamoios sofre ao longo dos anos desmatamento principalmente de mineração e crescimento urbano relacionado ao turismo nos últimos 20 anos.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, Geotecnologias.

Abstract: Normalization Vegetation Index for analysis from Atlantic Forest reduction in the coastal region of Tamoios This article presents data of monitoring losses and gains of native vegetation in the coastal region of Tamoios – second district of Cabo Frio, RJ – by calculating the

Rodrigo Lobato¹;
Juliana Menezes²;
Luana Alves de Lima¹;
José Augusto Sapienza¹

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro-
UERJ/LABGIS

² Departamento de Geografia/ Polo Campos
dos Goytacazes Universidade Federal
Fluminense – UFF

Correspondência:

Rodrigo Lobato
Universidade do Estado do Rio de Janeiro-
UERJ/LABGIS - Rua São Francisco Xavier,
524, Maracanã – Rio de Janeiro, CEP.:
20550-900 - RJ, Brasil.
Email: lobato@labgis.uerj.br

Normalization Vegetation Index (NDVI). The Atlantic Forest, despite the efforts for its preservations and the campaigns to made the population conscious about its importance, continues to be neglected by the government as regards to maintain the vegetation preserved. The reasons for deforestation are clearly evidenced by the tools of Remote Sensing, and they are important to evaluate the use of land with water resources quality and the life of the region. For the vegetation monitoring, the NDVI was calculated using images from sensor TM/Landsat-5 1991, 200 e 2010. The values NDVI calculated in the respective years were subtracted (2000-1991) and (2010-2000). The mean and standard deviation were calculated and the values differences in numbers between the index allowed a balance of losses and gains for each vegetation class within the studied area. Based on the results, the NDVI has showed that it is an efficient methodology to vegetation monitoring, integrating geotechnology. The Tamoios region suffers with the loss of vegetation by mining activities and the urban growth that was related to tourism in the last 20 years.

Keywords: Remote Sensing, Normalized Difference Vegetation Index, Geotechnology.

INTRODUÇÃO

A utilização de imagens de satélite para estudos de vegetação em ambiente urbano é uma prática muito utilizada, sobretudo em regiões onde a falta de planejamento adequado corrobora para o crescimento urbano desordenado, tornando assim o monitoramento da cobertura vegetal fundamental o desenvolvimento sustentável (Velasco *et al.*, 2007). Esses trabalhos tornam-se ainda mais relevantes em regiões costeiras, que pela vocação turística, apresentam crescente urbanização reduzindo assim os ecossistemas naturais, dentre eles a Mata Atlântica.

O Distrito de Tamoios, pertencente ao município de Cabo Frio no estado do Rio de Janeiro é um exemplo típico desse cenário apresentado. Em seus limites há importantes corredores remanescentes de Mata Atlântica, incluindo o Parque Municipal do Mico Leão Dourado, pertencente à Reserva Biológica de Poço das Antas - REBIO dentro do domínio da Área de Proteção Permanente/APA do Rio São João. Em Tamoios também encontra-se o Parque da Preguiça em vias de legalização pelo governo do Estado.

A preservação desses remanescentes florestais objetiva-se não só assegurar a fauna e flora existente, mas também os mananciais hídricos superficiais e subterrâneos a fim de garantir a sustentabilidade da região. Estudos preliminares de campo apontam que a população do local carece de água potável e saneamento básico, dependendo prioritariamente da água de poços rasos do aquífero sedimentar local.

Segundo Rosembach *et al.*, (2005) os dados obtidos por sensoriamento remoto podem ser fundamentais no estudo de diversas variáveis ambientais, incluindo a redução da vegetação, que representam análises propulsoras do processo de planejamento e gestão. Dentre as diversificadas técnicas de processamento de imagens que possibilitam a exploração dos dados de sensores remotos, destaca-se o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada IVDN - NVDI em inglês - proposto inicialmente por Rouse *et al.*, (1973). Este índice permite identificar a presença de vegetação verde e caracterizar sua distribuição espacial, como também a evolução no decorrer do tempo. Diversos autores apontam a técnica eficiente para essa aplicação como Silva *et al.*, (2008), que utilizaram o índice para a monitoramento de ganho e perda de vegetação no período de 1994 e 2007 no Município de Teresópolis. Agarez *et al.*, (2001) aplicaram o índice para identificar, quantificar e qualificar remanescentes florestais de Mata Atlântica no município de Soeretama em ES a partir de imagens Landsat-5 TM. Já Freitas e Cruz (2003) utilizam este índice para determinar fragmentos de Mata Atlântica em todo o estado do RJ.

O presente trabalho se propõe em realizar uma avaliação espaço-temporal através de uma perspectiva qualitativa da dinâmica da sociedade-natureza e a transformação da paisagem na

região costeira de Tamoios, utilizando o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, além de avaliar suas implicações no cenário ambiental atual. A presente pesquisa está vinculada ao Projeto, financiado pela CAPES, denominado “Análise Integrada de Questões Ambientais” desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geologia Aplicada da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – LABGIS/DGAP/FGEL-UERJ em parceria com o Laboratório de Geotecnologias e Monitoramento Ambiental do Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense/PUCG.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área escolhida compreende o terreno sedimentar costeiro formado prioritariamente por depósitos marinhos que constituem verdadeiros mananciais de água subterrânea que sustentam a região. Além disso, é palco de intensos conflitos de uso do solo com ação de grileiros, lagoas artificiais originadas por extração de areia e expansão urbana acelerada que justificam a escolha da área que integra o projeto.

A área de estudo (Figura 1) está inserida quase em sua totalidade na região costeira do Distrito de Tamoios pertencente ao Município de Cabo Frio, e engloba uma pequena porção do Município de Armação de Búzios ao sul. A aplicação do índice (NDVI) se deu especificamente no limite correspondente à sedimentação costeira holocênica definida por Reis (1998).

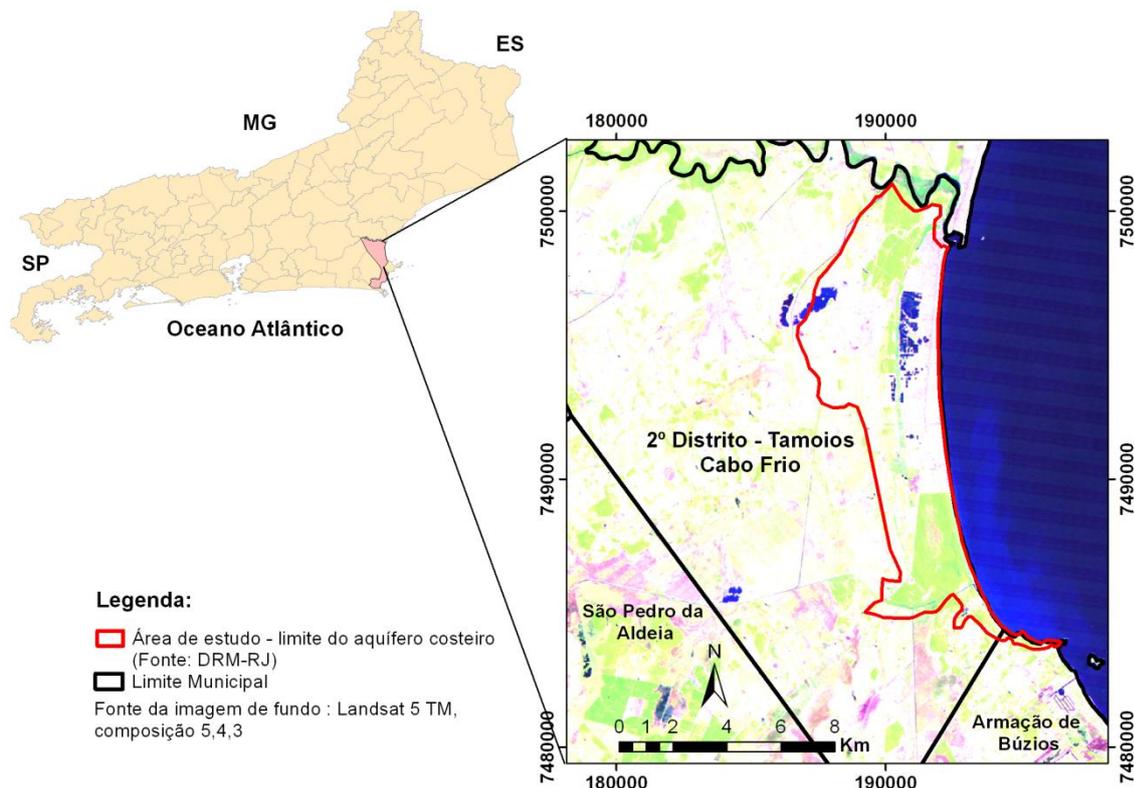


Figura 1. Área de Estudo, Tamoios - 2º Distrito de Cabo Frio – RJ.

Esta área corresponde a uma sucessão de alinhamentos de cristas praias, onde se assentam os principais fragmentos de Mata Atlântica da Região coexistindo com áreas urbanas em expansão. No seu interior apresenta lagoas artificiais resultantes da extração irregular de areias que vigorou na região nas décadas de 80 e 90. Nesta região também há corredores de mata atlântica que constituem: o Parque Municipal do Mico Leão Dourado na porção norte;

Parque da Preguiça na porção central; e a Reserva da Marinha. Estas reservas abrangem principalmente a bacia hidrológica do Rio Una.

Escolha das Imagens

Para realizar o cálculo do NDVI para os anos de 1991, 2000 e 2010, foram selecionadas imagens do sensor *TM/Landsat-5* adquiridas gratuitamente no *website* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Entre as imagens disponíveis neste catálogo online, optou-se por pelo mesmo período nos anos escolhidos. Desta forma, buscou-se comparar imagens em uma mesma estação do ano a fim que fatores determinantes à resposta espectral da imagem, logo também às análises deste trabalho, estejam em patamares equivalentes como, por exemplo, o ciclo anual da vegetação e o de chuvas.

O georreferenciamento de todas as imagens foi refinada com base na folha topográfica digital Morro de São João (Folha SF-23-Z-B-VI-2) na escala 1:50.000. Ao final, as imagens foram recortadas pelo limite da área de estudo. O Sistema de Informações Geográficas utilizado para a confecção do cálculo e dos mapas finais foi *ArcGIS Desktop 10* da empresa ESRI.

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

O NDVI, proposto por Rouse *et al.*, (1973), é frequentemente utilizado para estabelecer relações entre o padrão de evolução da cobertura vegetal ao longo do tempo (Motta *et al.*, 2003). Este índice é calculado a partir de valores de reflectância das bandas referentes ao espectro do vermelho e ao infravermelho próximo. No caso do sensor utilizado neste trabalho, o *Thematic Mapper (TM)* do satélite LANDSAT 5, estas bandas são respectivamente a de número 3 e 4.

Antes do cálculo do NDVI, é necessário a transformação dos números digitais das bandas 3 e 4 de cada cena em reflectância. Todavia, o primeiro passo é calcular a radiância espectral. Para isto, foi utilizada a equação (Eq. 1) proposta por Chander *et al.*, (2007):

$$L_i = L_{i,\min} + \left[\frac{(L_{i,\max} - L_{i,\min})}{255} \right] \times NC_i \quad (1)$$

Onde: L_i é a radiância espectral na banda i em $W.m^{-2}.sr^{-1}.\mu m^{-1}$; $L_{i,\max}$ e $L_{i,\min}$ os valores de radiância máxima e mínima na banda i , respectivamente; NC_i o nível de cinza na banda i .

Para mais detalhes sobre a fórmula, veja os trabalhos de Folhes (2003) e Chander *et al.* (2007). O cálculo da radiância espectral é um passo fundamental para comparar os dados de diferentes sensores ou sensores em diferentes calibrações, que é o caso deste trabalho. Em maio de 2003, o sensor TM do satélite LANDSAT 5 sofreu mudanças na sua calibração (Chander *et al.*, 2007; Chander e Markham, 2003). Sendo assim, o cálculo da radiância espectral provê uma escala radiométrica comum entre as imagens das cenas adotadas neste trabalho. A partir da radiância espectral, calcula-se a reflectância aparente da superfície. Foi utilizada equação (Eq. 2) adaptada de Chander e Markham (2003) em Folhes (2005):

$$r_{o,i} = \frac{\pi \times L_i}{E_{o,i} \times \cos \theta \times d_r} \quad (2)$$

Onde: $r_{o,i}$ é a reflectância espectral na banda i ; d_r o inverso do quadrado da distância Terra-Sol em unidade astronômica; $E_{o,i}$ o valor médio da irradiância solar exoatmosférica na banda i

em $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$ (constante solar); θ o ângulo solar zenital; L_i é a radiância espectral na banda i em $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$. Com os valores de reflectância aparente, calcula-se o NDVI por meio da fórmula (Eq. 3):

$$NDVI = \frac{r_{ivp} - r_v}{r_{ivp} + r_v} \quad (3)$$

Onde: r = reflectância; ivp = espectro eletromagnético do canal infravermelho; v = espectro eletromagnético do canal vermelho;

O índice assume valores entre -1 e 1, sendo que a vegetação possui valores positivos. Para corpos d'água e áreas úmidas o NDVI tem uma resposta negativa. A partir da obtenção dos índices dos três anos das cenas, subtraiu-se *pixel a pixel* os índices dos anos de 2010 com 2000 e 2000 com 1991.

É importante destacar que a imagem resultante do cálculo desta diferença detecta diferentes alterações na vegetação, desde as mais sutis às mais intensas. Desta forma, é pertinente destacar as alterações relevantes, como por exemplo, desmatamentos ou queimadas, das alterações do ambiente como um todo, como por exemplo, um ano com o período mais seco ou mais chuvoso.

Como a disposição de valores de NDVI segue uma distribuição estatística normal (Baptista *et al.*, 2005), a subtração destes valores também segue. Podemos então utilizar o desvio padrão e a média para estabelecer limiares de importância a estas diferenças de índice entre os anos.

As variações ambientais como um ano mais seco tendem a afetar o NDVI de toda a área, influenciando na média dos valores. Devido às dimensões da área de estudo, outras variáveis não foram consideradas na metodologia. A absorção da radiação eletromagnética pela atmosfera também afeta o valor da média da diferença. Já alterações como desmatamento ou regeneração da vegetação ocorrem localmente e tendem a fornecer valores distantes da média, onde podemos medir esta distância à média em função do desvio padrão.

Sendo assim, com base na quantidade de vezes que o valor de diferença de NDVI de um *pixel* está distante da média das diferenças, podemos destacar as variações mais significativas. Este trabalho considerou as seguintes distâncias em relação à M (média) e DP (desvio padrão):

- De $(M - DP)$ até $(M + DP)$: "Pouca Variação";
- Maior do que $(M + DP)$ e menor do que $(M + 2DP)$: "Variação Positiva";
- Maior do que $(M + 2DP)$: "Alta Variação Positiva";
- Menor do que $(M - DP)$ e menor do que $(M - 2DP)$: "Variação Negativa";
- Menor do que $(M - 2DP)$: "Alta Variação Negativa" e
- Na curva normal padrão, 68,26% dos valores pertencem a faixa $(M \pm DP)$.

RESULTADOS

Primeiramente foram obtidos: média, desvio padrão e o coeficiente de variação das diferenças dos índices, expostos na Tabela 1. Através do produto final do NDVI e pela análise qualitativa realizada nas imagens, percebemos que a área de estudo teve alterações significativas no espaço/tempo de estudo.

Tabela 1. Estatísticas do NDVI.

Anos da Subtração	Média	Desvio Padrão	Coef. de Variação
2010-2000	-0,0219	0,1222	0,1249
2000-1991	-0,0054	0,1353	0,1360

O cálculo da variação do NDVI entre os anos 2000-1991 e 2010-2000 podem ser observados nas figuras 2 e 3, onde pode ser observado a categorização escolhida para interpretar a diferença do cálculo do NDVI, a saber: alta variação negativa (sendo a maior perda da vegetação); variação negativa (perda baixa da vegetação); a pouca variação representada (com estabilidade, nem perda, nem ganho da vegetação); a variação positiva (com ganho baixo da vegetação); e a alta variação positiva (com ganho alto da vegetação).

A Figura 2 apresenta o mapa temático da variação do NDVI com a diferença entre os anos 2000-1991. Percebe-se que a área A, que compreende a área do Parque Municipal do Mico-Leão-Dourado (PMMLD) criada através da legislação municipal de Cabo Frio, Decreto 2.401 do ano de 1997, apresenta fragmentos de desmatamento. A região B correspondente ao Condomínio Califórnia, em 1991, estava ainda no início da ocupação, conforme foi constatado na análise espaço-temporal das cenas de satélite *Landsat 5* nos anos de 1991 e 2000.

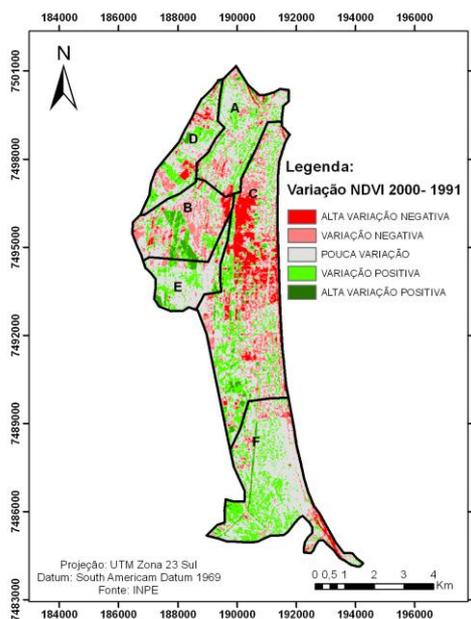


Figura 2: Variação do NDVI 2000-1991.

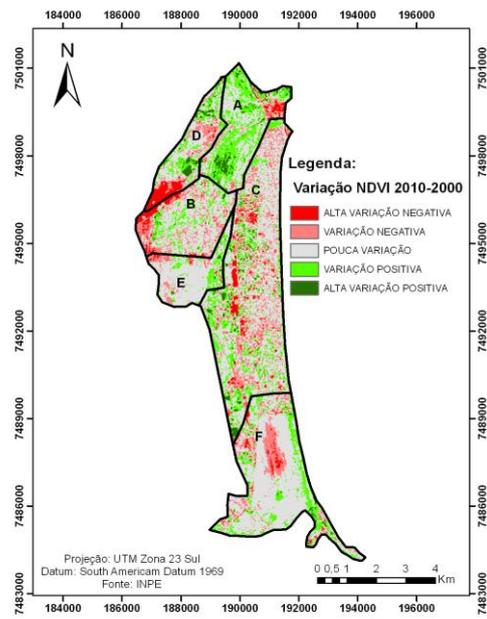


Figura 3: Variação do NDVI 2010-2000.

A área C mostrou indicativos de perda de vegetação. Esta área é a que encontra-se atualmente a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) da Preguiça. Entre os anos de 1991 a 2000 houve uma ocupação desordenada e atuação de mineradoras com extração de areia de forma irregular, deixando como herança enormes lagoas artificiais. A imagem registrada (Figura 4) no campo em Agosto/2010 mostra uma lagoa artificial, ainda inexistente em 1991 e surgiu como fruto da exploração ilegal de areia, com afloramento do lençol freático. Através do NDVI foi detectada uma extensa área com alta variação negativa.

Observa-se igualmente que o adensamento populacional foi mais intenso nesta parte de Tamoios, tanto na orla marítima quanto em direção ao interior. Neste período, o Censo de 1991 do Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE), registrou o número de 5.835 mil habitantes em Tamoios. Já o Censo no ano de 2000 contou com 21.237 mil habitantes, ou seja, um crescimento de 363,95%. Tudo indica que o crescimento demográfico colaborou com o desmatamento da Mata Atlântica para construção de moradias, fato visto através do NDVI com a perda de vegetação e também com as observações das imagens de satélite e dos trabalhos de campo.

A área D compreende uma área particular que faz fronteira com o PMMLD e o Condomínio Califórnia, apresentando no ano de 2010 grande perda de vegetação devido à atividade de extração de areia da fazenda Tozana com licença ambiental. Na área E verifica-se como o espaço menos alterado segundo a interpretação do NDVI. Finalmente a área F onde se insere a Reserva da Marinha pouco sofreu com o crescimento demográfico e suas alterações no entorno, uma vez que é uma área de uso exclusiva das forças armadas.

A Figura 3 apresenta o mapa da variação do NDVI entre os anos 2010 e 2000. Na área A, com o PMMLD já criado, observa-se alta variação positiva do índice indicando regeneração e adensamento da cobertura vegetação no seu interior e no seu limite com o Condomínio Califórnia. Entretanto também é possível observar uma área com variação norte/nordeste, junto ao Rio São João, onde houve um adensamento populacional ilegal, uma vez que está dentro dos limites do parque. A ocupação foi observada em visita de campo em Agosto/2010.

Na área B é possível verificar que as alterações apresentam alguns fragmentos, com umas pequenas regiões de ganho, predominando as de estabilidade.

A área C, descrita anteriormente, continuou apresentando perda no NDVI, porém mais acentuada na parte norte, junto ao Rio de São João. Observa-se também que as lagoas artificiais nesta área devido à exploração de área na década de 90 não apresentaram crescimento exorbitante. Em 1996, houve um embargo judicial dessas explorações mineradoras irregulares, conforme exposto por Galiotto (2008). A expansão urbana, por outro lado, continuou no entorno das lagoas e se adensando cada vez mais.

As atividades mineradoras ilegais na área C se findaram no período de 2000-2010 e atualmente corresponde a propriedade particular que passou pelo processo de licenciamento ambiental no Instituto Estadual do Ambiente (INEA). A mancha de alta variação de perda do índice nesta região se dá principalmente por conta dos lagos artificiais criados, deixando aflorar o aquífero subterrâneo. O ocorrido foi verificado em campo, conforme a Figura 5.



Figura 4. Lagoa artificial com residências no entorno.



Figura 5. Extração de areia em propriedade particular.

A área E mostrou-se estável. Observou-se na área F que o entorno da Reserva da Marinha teve perdas significativas do índice de vegetação com a ocupação urbana, comparando ao Mapa de NDVI anterior do período anterior.

A Reserva da Marinha, área F, apresenta uma mancha vermelha no seu interior, sugerindo a interpretação de desmatamento. O mesmo não pode ser comprovado com a visita a campo, por ser uma área de acesso restrito. Todavia, as imagens recentes de satélite LANDSAT e do acervo do *Google Earth* recentes indicam que nesta região encontra-se grande extensão de solo exposto.

CONCLUSÕES

Tamoios apresenta crescimento urbano da rodovia/orla com expansão para as áreas no interior a oeste do sítio urbano, onde existe ocorrência de vegetação remanescente de Mata Atlântica, habitat da espécie endêmica da região - mico-leão-dourado - com risco de extinção.

O objetivo do presente projeto foi alcançado, sendo o método empregado de avaliação das diferenças de NDVI um indicativo, apontando onde houve variações superiores ao comportamento padrão na distribuição normal. Todavia vale ressaltar que o método NDVI não pode ser considerado determinístico e muito menos o único parâmetro a ser utilizado para estudos sobre alterações ocorridas em áreas de cobertura vegetal, conforme esclarecido por Silva (2009). O método pode ser utilizado como parâmetro indicador de tais mudanças, porém estas devem ser detalhadas e observadas em seus estudos, por meio de trabalhos de campo e imagens de alta resolução. Através dos dados censitários foi possível sugerir a relação entre crescimento demográfico anômalo e diminuição da cobertura vegetal em Tamoios.

Mapas temáticos gerados com os resultados do NDVI podem ser utilizados para subsidiar um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e realizar análises espaciais que viabilizem monitoramento, diagnósticos e planejamento ambiental para os gestores públicos.

O NDVI mostrou-se uma técnica possível de sistematização computacional e barata em relação a outros métodos. Pois apesar das imagens *Landsat 5* do sensor TM não serem de alta resolução elas são cedidas gratuitamente pela NASA e disponibilizadas pelo INPE em seu site.

A metodologia adotada corrobora o Sensoriamento Remoto como ferramenta para gerar informações para análise das alterações do uso e cobertura da terra e da relação sociedade-natureza da área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGAREZ, F.V.; VICENS, R.S.; CRUZ, C.M.; NOGUEIRA, C.R.; GARAY, I.; Utilização de Índice de Vegetação na classificação integrada de fragmentos florestais em Mata Atlântica de Tabuleiros no Município de Sooretama, ES. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 10, 2001, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2001. p. 955-958. CD-ROM.
- BAPTISTA, G. M. M. ; CARVALHO, J. M.; CAMACHO, R. G. V.; RIBEIRO, R. J. C.; BIAS, E. S.; ZARA, L. F. Comportamento sazonal da vegetação da caatinga na região de Lucrecia, RN, em 2003 e 2004, por meio dos dados do sensor CCD do CBERS-2. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 797-804. CD-ROM.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Trans. Geosc. And Remote Sens.*, v. 41, n. 11, p. 2674-2677, 2003.

- CHANDER, G., MARKHAM, B. L.; BARSÍ, J. A. Revised Landsat 5 Thematic Mapper radiometric calibration. *IEEE Trans. Geosc. And Remote Sens.*, v.,44, p.490-494,2007
- FOLHES, M. T. Uma aplicação da banda termal do TM/Landsat 5 no gerenciamento dos recursos hídricos. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3009-3016. CD-ROM.
- FREITAS, S.R.; CRUZ, C.M.; Índices de Vegetação na Caracterização de Fragmentos de Mata Atlântica no Estado do RJ. . In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11, 2003, Belo Horizonte. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003. p. 2737-2744. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.13.17.41/doc/19_148.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2010.
- GALIOTTO, E. Natureza Intacta & Agredida: 30 anos de luta ambiental. RJ. 2008.
- MOTTA, J.L.; FONTANA, D. C.; WEBER, E. Evolução temporal do NDVI/NOAA em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja, *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.2, p.353-369, 2003.
- REIS, A.P. Projeto Carta Geológica do Estado do Rio de Janeiro. Folhas: Morro De São João e Barra De São João. Escala: 1:50.000. Niterói: DRM, 1998.
- ROSEMBACK, R.; FRANÇA, A.A.S.; FLORENZANO, T.G. Análise Comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS e TM/ Landsat 5 em uma área urbana. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2005. p.1075-1082. On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.16.17.49/doc/1075.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2010.
- ROUSE, J.W., HAAS; R.H., SCHELL, J.A.;DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I, 309- 317,1973
- VELASCO, G.D.N.; POLIZEL, J.L.; COLTRI, P.P.; LIMA, A.M.; SILVA FILHO, D.F.; Aplicação do índice de Vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) em imagens de alta resolução no município de São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*. v.2, n.3, 2007.