

Geotecnologias aplicadas na análise temporal de índice de vegetação do Parque Estadual da Serra da Tiririca

Michelle Meirelles Ferreira Franco¹

Jovelino Muniz²

Maria Fátima Bettini Novas²

¹Especialização em Geotecnologias Aplicadas à Análise Ambiental de Bacias Hidrográficas

Universidade Federal Fluminense - UFF

Departamento de Análise Geoambiental – Instituto Geociências

Campus da Praia Vermelha – Boa Viagem – Niterói - RJ, Brasil

michameirelles@hotmail.com

²Universidade Federal Fluminense - UFF

Departamento de Análise Geoambiental – Instituto Geociências

Campus da Praia Vermelha – Boa Viagem – Niterói - RJ, Brasil

{jove999, fanovas}@hotmail.com

Abstract. The objective of this research is to estimate the index of vegetation for periods determined in the direction to verify if the reduction of the vegetal covering in the Parque Estadual Serra da Tiririca through NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) occurred throughout the time. The six years had been chosen five periods in five intervals. The images used for the calculation of the vegetation index are of the satellite Landsat 5, sensor TM (Thematic Mapper), with 30 m of space resolution and had been requested to the Brazilian Institute of Space Research (INPE). The results of this work are five images generated for the ArcGis with the indices of the NDVI to contribute for the management of the Parque Estadual da Serra da Tiririca.

Palavras-chave: vegetal covering, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), secular analysis of the vegetation index.

1. Introdução

A aplicação do sensoriamento remoto no monitoramento da cobertura vegetal tem respaldo na constante necessidade de avaliação e de acompanhamento dos recursos vegetais necessários à vida no planeta. O objetivo final pode ser o aumento da produção e da qualidade de alimentos, a obtenção de extratos vegetais para uso industrial ou farmacêutico, ou visando à preservação e o melhoramento das condições ambientais. Para isso, diversos estudos têm sido realizados no sentido de aperfeiçoar a informação sobre essa ferramenta.

Desde os estudos de Jordan (1969), citado por Tucker (1979) como sendo o precursor das pesquisas com índices de vegetação, diversos tipos de índices foram criados, com o objetivo de melhorar a caracterização da vegetação e reduzir as interferências de fatores que prejudiquem a associação entre esses índices e as características da vegetação. Nesse sentido - surgiram a partir do índice de vegetação da razão simples (RVI) diversos outros índices - cada qual com suas características peculiares. Entre eles, o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), proposto por Rouse et al. (1973), o índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI), desenvolvido por Huete (1988), e o índice de vegetação resistente à atmosfera (ARVI), sugerido por Kaufman e Tanré (1992).

O índice de vegetação da diferença normalizada representa uma técnica amplamente utilizada, na área do sensoriamento remoto, por indicarem a presença e condição da vegetação monitorada. O êxito da utilização destes índices de vegetação se fundamenta no fato de que a produção primária de uma comunidade vegetal tem estreita relação com a energia solar absorvida, o que define o crescimento e o desenvolvimento dessa comunidade (HUETE, 1988). O objetivo desta técnica é reduzir o total de dados espectrais, e realçar a resposta espectral da vegetação verde, bem como minimizar a contribuição do solo, o ângulo solar, a

vegetação senescente e a atmosfera. Os índices de vegetação são baseados em combinações lineares, razões ou transformações ortogonais de várias bandas espectrais. O índice de vegetação é um dos indicadores de desenvolvimento sustentável proposto pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (United Nations Commission on Sustainable Development - UM/CSD) e destacado pelo seu potencial de permitir a visualização da distribuição espacial do fenômeno (LANGAAS, 1997).

A área de estudo deste trabalho é um parque estadual chamado Parque Estadual da Serra da Tiririca (PESET) e é um parque que ainda pouco estudado e que praticamente não possui pesquisas em relação ao seu índice de vegetação, assim como um acompanhamento temporal deste mesmo índice. Assim, buscando contribuir para a gestão do Parque Estadual da Serra da Tiririca, o objetivo deste trabalho é verificar através do NDVI, nos períodos escolhidos se ocorreu no Parque à variabilidade da densidade da cobertura vegetal.

O Parque Estadual da Serra da Tiririca (PESET) possui uma área estimada em 2.260 hectares e situa-se no Estado do Rio de Janeiro entre os municípios de Niterói e Maricá (Figura 1). Estes municípios possuem alto crescimento populacional e sofrem com a especulação imobiliária e por conseqüência com uma urbanização desenfreada. As primeiras alterações ambientais na área do PESET ocorreram a partir do século XVI através de práticas extrativistas e agrícolas. Em 1779, existiam quatro engenhos na área sendo que uma fazenda passou a ser conhecida mais tarde como Fazenda Engenho do Mato, abrangendo uma grande área da Serra da Tiririca. (VALLEJO, 2005). O parque pode ser considerado relevante no que diz respeito à preservação e gestão dos mananciais da região oceânica, uma vez que esta região é quase que exclusivamente dependente de águas subterrâneas que tem sua existência devida a fragmentos florestais remanescentes e sua cobertura vegetal.

As imagens geradas pela análise temporal do índice de vegetação do Parque Estadual da Serra da Tiririca através do cálculo do NDVI serão mais uma ferramenta de gestão que contribuirá para sua conservação, preservação e monitoramento ecológico das mudanças na paisagem.

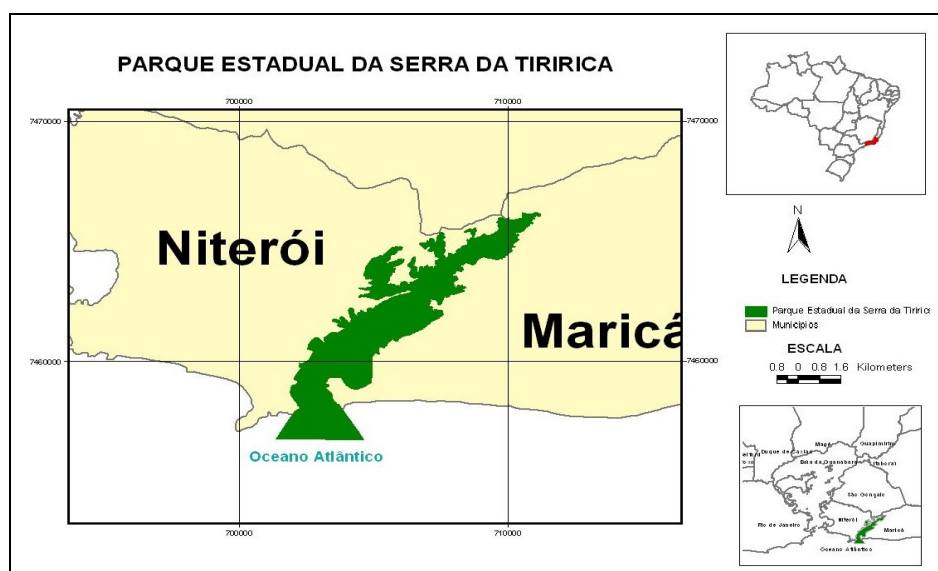


Figura 1 – Mapa da área de estudo.

2. Metodologia do Trabalho

As imagens do satélite Landsat 5 TM são amplamente utilizadas em estudos sobre a cobertura vegetal porque possuem características espectrais particulares nas faixas do vermelho e infravermelho próximo.

As imagens utilizadas para o cálculo do índice de vegetação deste trabalho são do satélite Landsat 5 sensor TM com 30 m de resolução espacial, órbita/ponto 217/76 e foram obtidas no site do INPE (Tabela 1). Os intervalos de cinco ou seis anos foram escolhidos para uma melhor visualização da cobertura vegetal da região de estudo, sempre observando datas no mesmo período do ano.

As imagens tiveram suas bandas descompactadas e depois as bandas 2, 3 e 4 foram empilhadas através do software Erdas Imagine pelo processo chamado Layer Stack que realiza a composição das bandas. A composição desloca as bandas para um único arquivo, uma única imagem, que possibilita que sejam combinadas conforme a necessidade do usuário. As bandas 1, 5, 6 e 7 não foram consideradas por não terem finalidade para a finalidade deste trabalho.

Tabela 1 – Informações das imagens Landsat usadas no estudo.

Data de Passagem	15/02/2010	30/01/2004	11/02/1997	14/02/1992	28/01/1986
Tempo Central(GMT)	12:42:54	12:30:49	12:16:53	12:16:04	12:19:06
Orientação da Imagem	8.19998	8.19998	8.19998	8.19998	8.19998
Ângulo Nadir	0	0	0	0	0
Azimuth Sol	79.345	89.0565	84.9234	83.9649	90.8649
Elevação do Sol	54.5725	53.6703	49.061	48.6378	51.1657

O georreferenciamento das imagens foi realizado pelo ArcGis 9.2 através do vetor dos Municípios do Rio de Janeiro e posteriormente recortadas em um polígono de um buffer de 1 km do limite do PESET. Os dados auxiliares vetoriais como o limite do Parque e os limites municipais e estaduais em formato shapefile foram obtidos nos sítios do IBGE (http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TERRIT) e IBAMA (<http://www.ibama.gov.br/siucweb/unidades/limites.php>). As imagens e os dados vetoriais foram georreferenciadas em sistema de projeção cartográfica Universal de Transversa de Mercator (UTM) com fuso 23 Sul (Meridiano Central 45°), sendo o datum horizontal e elipsóide do sistema geodésico regional para a América do Sul, South American Datum de 1969 (SAD-69).

O sensor TM do Landsat 5 mede a radiância espectral dos alvos e os armazena na forma de níveis de cinza, ou intensidade do pixel, ou ainda número digital (ND) e suas imagens são compostas de sete bandas espectrais e suas características estão na Tabela 2.

Tabela 2 – Bandas de imagens do Landsat TM 5 com os correspondentes coeficientes de calibração (radiância mínima – a máxima – b) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA) (CHANDER e MARKHAM, 2003).

Data de Processamento	Radiância Espectral, L_{máx} e L_{mín} (Wm⁻²sr⁻¹µm⁻¹)				Irradiância Espectral no TOA(Wm⁻²sr⁻¹µm⁻¹)
	De 1/03/1984 a 04/05/2003		A partir de 05/05/2003		
	L_{mín}=a	L_{máx}=b	L_{mín}=a	L_{máx}=b	
1 (azul)	-1,52	152,10	-1,52	193,00	1957
2 (verde)	-2,84	296,81	-2,84	365,00	1826
3 (vermelho)	-1,17	204,30	-1,17	264,00	1554
4 (IV-próximo)	-1,51	206,20	-1,51	221,00	1036
5 (IV-médio)	-0,37	27,19	-0,37	30,20	215
6 (IV-termal)	1,2378	15,303	1,2378	15,303	-
7 (IV-médio)	-0,15	14,38	-0,15	16,50	80,67

Na primeira etapa do processamento das imagens foi feita a efetivação da calibração radiométrica, em que o número digital (ND) de cada pixel é convertido em radiância espectral

monocromática. As bandas utilizadas foram as 2, 3, 4 que representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda medida pelo satélite Landsat 5 TM, segundo a equação:

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

Onde: a e b são as radiâncias espectrais mínimas e máximas (Tabela 2).

A segunda etapa representa o cálculo da refletância monocromática de cada banda (ρ_{λ_i}), definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, pela equação:

$$\rho_{\lambda_i} = \frac{\pi L_{\lambda_i}}{k_{\lambda_i} \cos Z \cdot E_0} \quad (2)$$

Onde: L_{λ_i} = radiância espectral de cada banda, k_{λ_i} = irradiância solar espectral de cada banda no topo da ATM (TOA) ($W m^{-2} \mu m^{-1}$, Tabela 2), Z = ângulo zenital solar ($90 - \text{ângulo solar}$) e E_0 = é razão entre a distância média Terra-Sol e a distância Terra-Sol para os dias em estudo (Dia Juliano), conforme Iqbal (1983).

A terceira etapa diz respeito ao Índice de Vegetação da Diferença Normalizada e é obtido através da razão entre a diferença das refletividades do IV-próximo (ρ_{IV}) e do Vermelho (ρ_V) pela soma das mesmas (ALLEN et al., 2002) conforme equação:

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (3)$$

Onde: ρ_{IV} e ρ_V correspondem, respectivamente, reflectância na faixa do infravermelho próximo e refletância na faixa do visível vermelho, as bandas 4 e 3 do Landsat 5 -TM.

O NDVI é indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde. Seus valores variam de -1 a +1, o NDVI negativo representa nuvens, água e neve. Solos, rochas, asfalto e concreto possuem valores de NDVI próximos de zero. A vegetação apresenta valores entre 0,1 e 0,6, variando conforme o tipo, densidade e umidade (NOVO, 2002).

Estes procedimentos foram efetuados pela extensão do ArcGIS, *Spatial Analyst* e pelo comando *Raster Calculator*. Para entendimento desse processo é importante saber que a vegetação é caracterizada por uma intensa absorção na região do vermelho por causa da clorofila e por uma intensa energia refletida na região do Infravermelho próximo, o que ocasiona isso é a estrutura celular da folha assim como a distribuição angular delas e o fator de refletância bidirecional, assim como outros fatores externos.

3. Resultados e Discussões

A Tabela 3 apresenta valores mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação do NDVI da área do parque. As Figuras 2 apresentam as imagens classificadas do NDVI estimado da área em estudo dos dias 28/01/1986 (a), 14/02/1992 (b), 11/02/1997 (c), 30/01/2004 (d) e 15/02/2010 (e). Observando-se estes valores e as Figuras 2 pode-se visualizar que o valor médio do NDVI estimado cresceu de 1986 até 1997, e decresceu de 1997 até 2004 e teve uma elevação de 2004 a 2010. De 1986 para 1992 ocorreu uma elevação nos valores médios estimados do NDVI na faixa de 5,9%, e de 1992 a 1997 o crescimento foi de 12,9%. Isto comprova que a cobertura vegetal teve um ganho de 1986 para 1992 (valores na faixa de 0,6 a 0,8, verde médio, mais freqüente na de 1992, figura 2b) e ocorrendo o mesmo na de 1992 para 1997 (aparecimento de maior área com valores acima de 0,8, verde escuro, na imagem de 1997, figura 2c). No período de 1997 até 2004 a diminuição foi 17,4% (área maior com valores na faixa de 0,6 a 0,8, verde médio, na imagem de 2004, figura 2d) e de 2004 até 2010 o aumento foi de 5,8% (área maior com valores na faixa de 0,6 a 0,8, verde médio, na imagem de 2010, figura 2e). Observa-se também na imagem de 2010 (figura 2e), um aumento de áreas em amarelo (faixa de 0,2 a 0,4), principalmente nas bordas do Parque, possivelmente por ocupação urbana.

Tabela 3 – Valores estatísticos do NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação) do parque em estudo, para os dias estudados.

NDVI	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	CV (%)
28/01/1986	-0,17	0,75	0,51	0,22	43,1
14/02/1992	-0,29	0,78	0,54	0,24	44,4
11/02/1997	-1,85	0,88	0,61	0,33	54,1
30/01/2004	-0,95	0,81	0,52	0,32	58,2
15/02/2010	-0,61	0,85	0,55	0,31	56,4

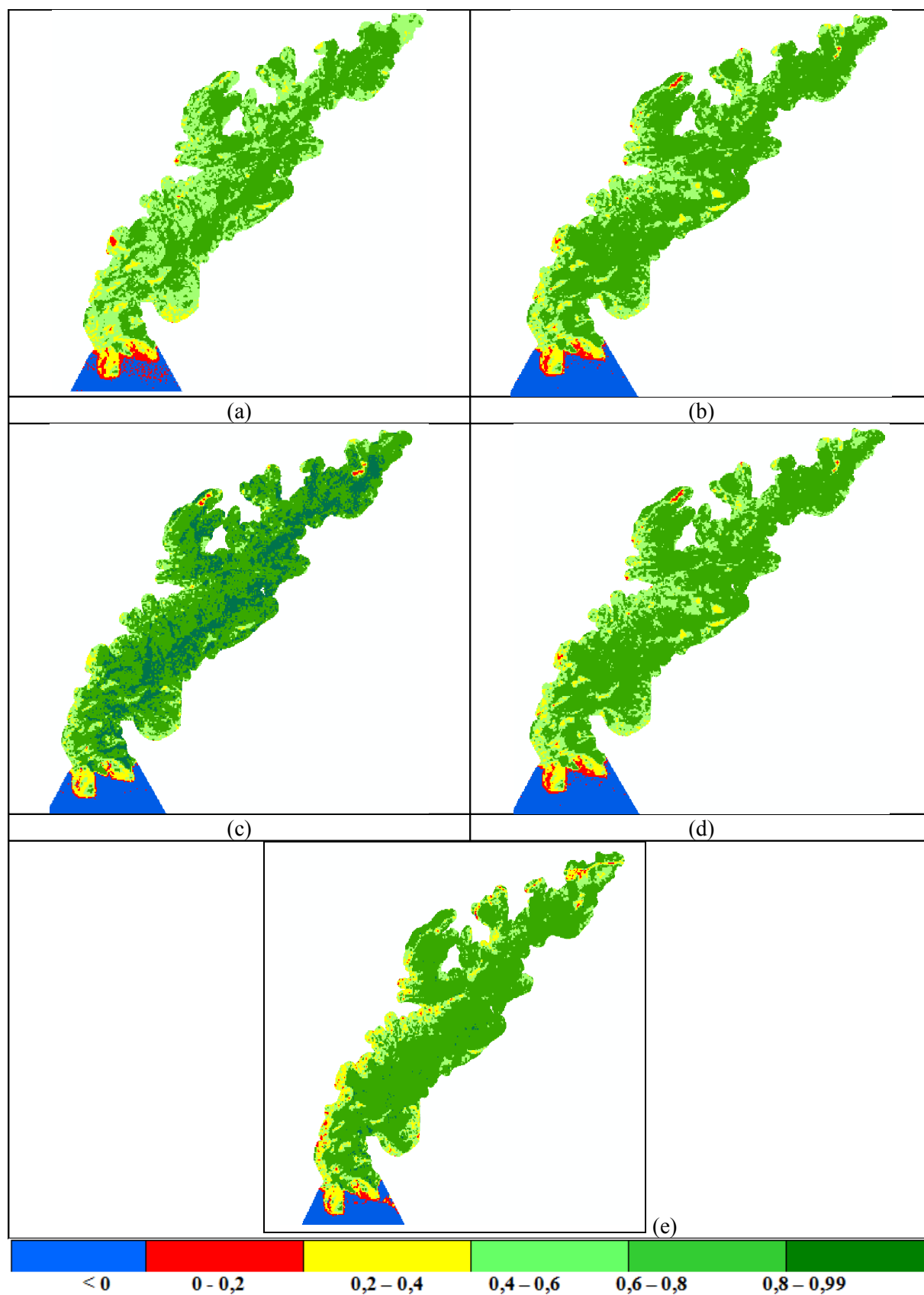
Logo ocorreu uma perda de cobertura vegetal de 1997 para 2004 e uma recuperação de 2004 para 2010, pois diminuição de NDVI demonstra que ocorreu perda de biomassa e o contrário, ganho.

Analisando os coeficientes de variação (CV) para todos os dias estudados verificam-se valores maiores que 25% mostrando que a amostragem não foi muito homogênea (a mais heterogênea foi a 2010, com CV igual 56,4%), isto mostra que ocorreu uma grande variabilidade no tipo de cobertura vegetal, assim os valores do NDVI foram heterogêneos nos cinco períodos.

Analisando as cinco imagens classificadas do índice de vegetação NDVI em relação a sua espacialização, foi possível notar ao longo dos anos de 1986 a 2010 a área em estudo ocorreu alteração, mais não muito significativa. Estas regiões estão representadas em verde mais escuro informando que o dossel da vegetação nesta área está sadio e que a mata pode ser considerada regenerada. As regiões em verdes mais claros indicam que provavelmente a vegetação está em recuperação ou em processo de rebrota. As áreas que sofreram mais alterações nestas imagens estão representadas em cores que variam do vermelho ao amarelo e podem ser consideradas áreas com solo exposto ou construções, ou seja, essas cores nas imagens estão associadas a alterações mais representativas ao ambiente natural seja pela influencia direta ou indireta dos processos de ocupação antrópica ou erosivo e seus impactos ambientais. As áreas em amarelo próximas ao mar em apresentadas nas imagens resultados (Figuras 2) demonstram a existência de rochedos.

Foi observado o “Efeito de borda” considerando que a área do PESET é pequena e estreita, sendo que a ocupação em seus limites aumenta os riscos de deterioração e contaminação biológica, extrativismo mineral, animal e vegetal, Turismo descontrolado (saturação de trilhas, erosão, destruição da vegetação) e Queimadas.

Ramos et al. (2010), em estudo no Parque Nacional Boqueirão da Onça (PNBO), localizado no sub-médio da Bacia hidrográfica do rio São Francisco, no estado da Bahia, usaram também imagens Landsat e aplicaram também o índice NDVI. O estudo retratou a condição e o grau de degradação sofrido pelo parque nos últimos nove anos, através da retirada da cobertura vegetal principalmente nas bordas e ocorrência de processos erosivos no interior nesses locais e espacialização das áreas de maior conservação, também observado no presente estudo.



Figuras 2 – Imagens classificadas do NDVI estimado para os dias 28/01/1986 (a), 14/02/1992 (b), 11/02/1997 (c), 30/01/2004 (d) e 15/02/2010 (e).

Segundo Huete e Tucker (1991), os valores do NDVI para solo exposto estão geralmente entre 0,05 e 0,30 e devido à grande variabilidade das propriedades óticas do solo, não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouco ou nenhuma cobertura vegetal.

A diminuição dos valores do NDVI para regiões com água, ficando próximos a -0,5 são esperados para este tipo de superfície considerando-se os baixos valores de sua refletância. O aumento do NDVI para as áreas de mata é perfeitamente lógico, considerando-se que são vegetações densas e saudáveis. De modo geral, a variação percentual entre os valores do NDVI foi sempre elevada. Observa-se, a partir de Tucker (1979), que uma variação da ordem de 0,2 no valor do NDVI é significativa no que se refere à estimativa da biomassa, podendo causar diferenças superiores a 140%.

4. Conclusões

Assim, conclui-se que a metodologia utilizada permite notar rapidamente os tipos de mudanças ocorridas pelo apelo visual, representadas pelas variações nas cores, assim como sua intensidade, apresentada nas matizes de cada cor. O NDVI foi eficiente na identificação do contraste entre as áreas mais vegetadas, as menos vegetadas e não vegetadas. As mudanças ocorridas pelas imagens temporais relacionam-se com as variações ocorridas na estrutura dos alvos, de forma simples e direta, pois são mais facilmente assimiladas pelo usuário das imagens e seus objetivos que no caso deste trabalho é contribuir para a gestão do Parque Estadual da Serra da Tiririca.

5. Referências Bibliográficas

- Allen, R.G., Tasumi, M., Trezza, R., Waters, R. e Bastiaanssen, W. Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) – **Advanced training and users Manual**. Idaho, p. 98, agosto de 2002, pág. 18-19.
- Chander, G. e Markhan, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, Vol. 41, No. 11, November 2003, pág. 2674-2677.
- Huete, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p. 295-309, 1988.
- Huete, A. R.; Tucker, C. J. Investigation of soil influences in AVHRR red and near - infrared vegetation index Imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v.12, n.6, p.1223-1242, 1991.
- Iqbal, M. An Introduction to Solar Radiation. **Library of Congress Cataloging in Publication data, Academic Press Canadian**. 1983.
- Jordan, C. F. Derivation of leaf area index from quality of light on the forest floor. **Ecology**. 50:663-666, 1969.
- Kaufman, Y.J.; Tanré, D. Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS. **IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing**, GE-30(2), p.261-270. 1992.
- Langaas, S. The spatial dimension of indicators of sustainable development: The role of Geographic Information Systems (GIS) and cartography. **In: Sustainability Indicators: A Report on the Project on Indicators of Sustainable Development**. SCOPE 58, B. Moldan, B. and S. Billharz (Eds.), John Wiley & Sons: Chichester, pages 33 - 39, 1997.
- Novo, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. Editora Edgard Blucher, 2a Edição, 4a Impressão, São Paulo, São Paulo, 2002.
- Ramos, R. R. D. , Lopes, H. L. Lopes, Melo Junior, J. C. F. , Candeias, A. L. B. Candeias, Siqueira-Filho, J. A. Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. **Anais...** Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010, p. 002 – 006.
- Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, D. C., 1973. **Proceedings**. Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, 1973. v. 1, p. 309- 317. (NASA SP-351).
- Tucker, C.J. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation, **Remote Sensing of Environment**, N.8, 1979, pp.127-150.
- Vallejo, L. R. Conflitos Territoriais em Parques Estaduais no Rio de Janeiro: Uma Avaliação à Luz das Políticas de Governo. **Revista Geo-Paisagem**, v. 4, n. 7, 2005.