

Diferentes tipos de uso influenciam a dinâmica temporal da vegetação em duas Unidades de Conservação no estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

Leonardo Henrique Teixeira¹

Gislene Ganade¹

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN

Departamento de Ecologia

Av. Senador Salgado Filho, CEP: 59078-900, Natal/RN, Brasil

leohtp@hotmail.com; gganade@gmail.com

Abstract. This paper presents the results for temporal analysis of the vegetation cover, specifically the dynamics of expansion or retraction of vegetation patches in coastal dunes ecosystems from the Environmental Protected Area of Jenipabu (APAJ - RN) and also from the State Park Dunes of Natal (PEDN). We found a decrease in the size of the vegetation patches on the top dune in APAJ over time, due to great pressure for touristic activities, which are included as the main causes of vegetation cover reductions and losses in plant biodiversity and ecosystem services. Inversely, the size of the vegetation patches in PEDN increased over time. Images from the sensor Image© 2012 GeoEye were used to calculate the area of vegetation patches for a period ranging from 2001 to 2011. The monitored vegetation patches were randomly chosen. A vector file (shapefile) was created for each selected vegetation patch during these years (2001, 2004, 2009, 2010 and 2011) and the degree of change was verified calculating the area of vegetation, using the vector file. All analyzes were performed using the software ArcGIS 9.3. A rainfall data time series was statistically correlated with the values for vegetation patches size. Statistical analyzes showed that there is a strong influence of land use on the dynamics of vegetation. The presence of buggies was responsible for the retraction pattern presented by the vegetation patches monitored in APAJ. This work shows the importance of long term monitoring programs for the maintenance of vegetation and ecosystem functions in coastal dunes.

Palavras-chave: buggies, coastal dunes, image processing, vegetation patches, buggys, dunas costeiras, processamento de imagens, manchas de vegetação.

1. Introdução

As dunas costeiras são ecossistemas de grande valor paisagístico e estético, que desempenham funções ambientais muito importantes (Nordstrom *et al.* 2002). São ainda ecossistemas frágeis por condições naturais, porque na maioria das vezes, estão sujeitas a eventos estressantes, tais como ventos fortes, movimentos de areia, alta salinidade e disponibilidade limitada de macronutrientes (Greipsson, 2002). Aliados a essas condições naturais, muitas vezes severas, encontram-se os diversos usos aos quais as áreas costeiras estão submetidas, principalmente para fins imobiliários e turísticos (Nordstrom, 2000; Rozé & Lemauiel, 2004). De maneira que, os impactos antrópicos impostos a esses ambientes, juntamente com as condições abióticas adversas, podem desencadear eventos de degradação em níveis que, por vezes, comprometem a capacidade de regeneração da vegetação.

Lillesand & Kiefer (1994) afirmam que, atualmente, as técnicas de geoprocessamento são o método mais eficaz para a obtenção de dados na tentativa de avaliar o uso e a cobertura do solo. O método em questão é ainda mais fundamental quando se pretende realizar uma análise multitemporal das dinâmicas de uso e ocupação do solo, bem como dos padrões de distribuição da vegetação. Tanser & Palmer (2004), por sua vez, enfatizam a necessidade de uso de medidas sensíveis para avaliar as mudanças temporais da paisagem, como os índices de heterogeneidade espacial, sobretudo quando se realiza o monitoramento de áreas áridas e/ou semi-áridas. Desse modo, podemos entender que as informações obtidas a partir do geoprocessamento, são essenciais para o registro dos padrões de uso da terra ao longo do tempo, pois nos permitem avaliar as mudanças na paisagem.

Entretanto, para uma avaliação adequada das dinâmicas de uso e cobertura do solo, é necessário um estudo interdisciplinar para a caracterização de alvos na superfície terrestre com o auxílio da detecção por satélites, devido à complexidade da análise dos diversos fatores ambientais que interagem simultaneamente. Sabe-se, no entanto, que a cobertura vegetal é um dos fatores mais importantes na análise de ambientes naturais. Por isso, foram criados vários índices de vegetação, além de métricas úteis para identificar padrões de distribuição e tamanho de manchas de vegetação e solo exposto.

Estudos indicam que os índices de vegetação possuem grande utilidade quando se pretende realizar uma análise temporal do ambiente (Weiss *et al.* 2004; Prasad *et al.* 2007). Entretanto, o uso desses índices seria mais indicado para monitoramento de extensas áreas de cobertura vegetal, uma vez que ainda possuem limitações decorrentes de sua estreita ligação com parâmetros biofísicos da vegetação (Peters & Eve, 1995; Pozoni, 2007), bem como por suas respostas muito associadas à cobertura de nuvens, variações climáticas e disponibilidade de água no ambiente que, muitas vezes, podem refletir padrões macroregionais (Li *et al.* 2004; Anyamba & Tucker, 2005; Barbosa *et al.* 2006) apresentando resultados com baixa acurácia quando se pretende fazer uma análise mais pontual das dinâmicas em uma área restrita, como a avaliação da expansão e/ou retração de manchas de vegetação com pequena extensão.

Nesse sentido, o presente trabalho possui uma abordagem espacial do ecossistema de dunas, fazendo uma análise da distribuição e tamanho das manchas de vegetação. Portanto, este estudo visa avaliar o grau de degradação dos ecossistemas de dunas costeiras da APA Jenipabu (APAJ) localizada entre os municípios de Natal e Extremoz, RN, Brasil em comparação com o Parque Estadual das Dunas de Natal (PEDN) em função dos tipos e intensidade de uso do solo de tais áreas, onde na APAJ temos uma pressão excessiva para uso turístico (tráfego de buggys), inexistente no PEDN. Para tanto, foi realizada uma avaliação da dinâmica de distribuição da vegetação através da análise de imagens de satélite em uma escala temporal do período compreendido entre os anos de 2001 e 2011.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

Segundo Trindade (1991) as dunas costeiras do Rio Grande do Norte, incluindo aquelas encontradas em Jenipabu, ocorrem como forma de acumulação, compreendendo diversos campos dunares resultantes da areia transportada pelo vento, cuja formação não ocorreu em um só período, mas originou-se do remanejamento em conjunto formando sucessivos acúmulos de areia durante períodos distintos. As dunas podem ser móveis ou fixas em função da presença ou ausência de vegetação (Zuo *et al.* 2008). A Área de Proteção Ambiental Jenipabu (APAJ - RN), por sua vez, apresenta regiões de ocorrência de dunas fixas, assim como de dunas móveis.

A Área de Proteção Ambiental Jenipabu (APAJ - Figura 1) está localizada no Estado do Rio Grande do Norte, entre os municípios de Natal e Extremoz ($5^{\circ}40'40''S$ e $35^{\circ}12'56''W$), apresenta uma superfície total de 1881 ha, e foi instituída pelo Decreto Estadual n.º 12620 de 17/05/95. É composta de vários ecossistemas e a sua criação tem como objetivo ordenar o uso, proteger e preservar os ecossistemas litorâneos de Mata Atlântica, manguezal, lagoas, dunas, rios e demais recursos hídricos (Torres *et al.* 2009).

O Parque Estadual das Dunas de Natal (PEDN - Figura 1), por sua vez, é a primeira Unidade de Conservação Ambiental criada no estado do Rio Grande do Norte, pelo Decreto Estadual de n.º 7237 de 22/11/1977, possuindo uma área total de 1172 ha e dunas que podem atingir uma altitude de até 120 m (IDEMA, 2002).

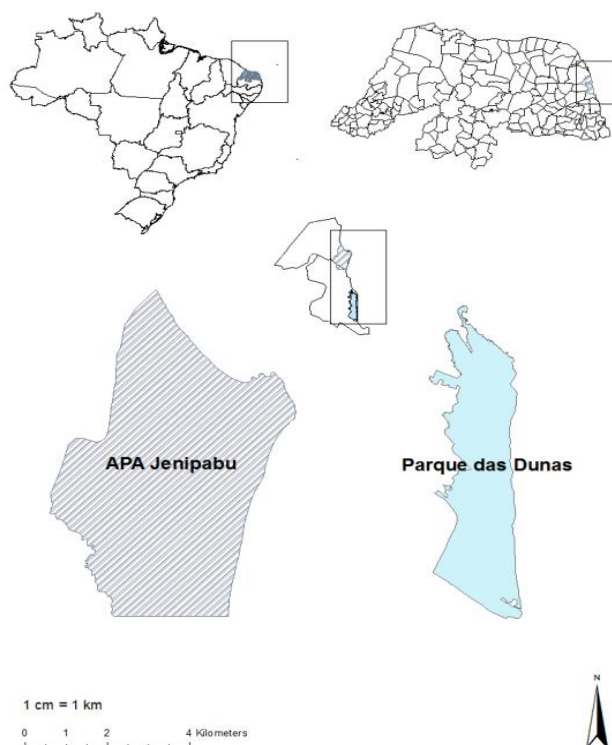


Figura 1: Mapa de localização das Unidades de Conservação em estudo - Área de Proteção Ambiental Jenipabu (APAJ) e Parque Estadual das Dunas de Natal (PEDN), no estado do Rio Grande do Norte, Brasil.

2.2 Análise temporal das dinâmicas da vegetação

Para este estudo adquiriu-se, gratuitamente, por meio do *software Google Earth*, imagens de satélite de alta resolução espacial do sensor *Image© 2012 GeoEye* correspondentes ao período de análise (2001 a 2011), com composição colorida pré-definida (RGB). Todas as

imagens utilizadas correspondem à órbita 214 e ao ponto 64 de imageamento por satélites e foram escolhidas com base na sua cobertura de nuvens e disponibilidade para realizar uma análise temporal por um período de dez anos. As datas de passagem do satélite correspondem aos meses de dezembro de 2001 e 2004, abril e julho de 2009, maio e junho de 2010; e agosto e janeiro de 2011 para o Parque das Dunas e para a APA Jenipabu, respectivamente.

Para o monitoramento temporal das dinâmicas das manchas de vegetação foi adotado o método amostral apresentado na Figura 2. Onde, foram delimitadas parcelas de, aproximadamente, 150000 m² para duas localidades dos ambientes de dunas em estudo (alta & baixa), tanto para APA Jenipabu (presença de buggys) como para o Parque das Dunas (ausência de buggys). Posteriormente, foram criados (no *software* ArcGIS 9.3) 50 pontos aleatórios dentro do polígono, com uma distância de 20 m entre cada um. Por fim, foram sorteados seis pontos dentre os 50 pré-existentes e a mancha de vegetação mais próxima de cada um foi selecionada para o monitoramento. A partir daí, foi realizada a técnica de georreferenciamento por pontos coletados e utilizada a técnica de vetorização (criando polígonos ao redor de cada mancha; em uma escala espacial aproximada de 1:5000) para o cálculo de área das manchas de vegetação. O *software* de SIG utilizado para a realização das análises e para a confecção dos mapas foi o ArcGIS 9.3 Desktop (ESRI, 2005).

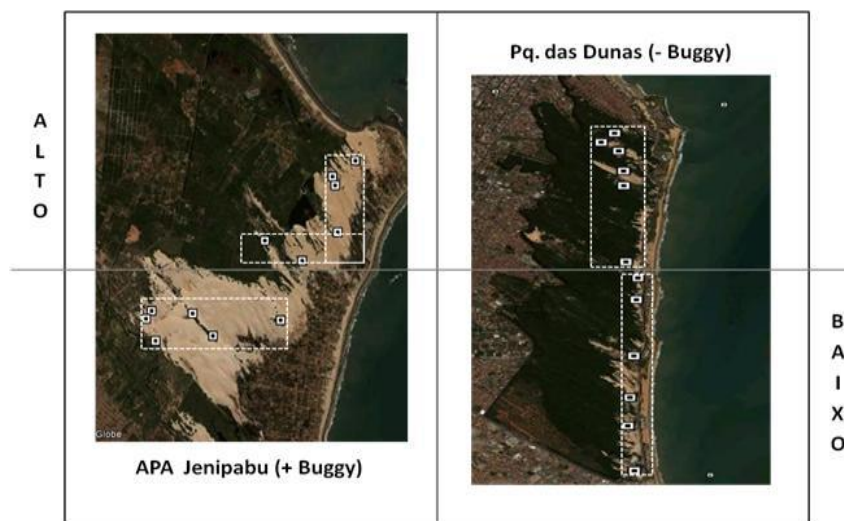


Figura 2: Delineamento do método de análise das dinâmicas da vegetação nas áreas altas e baixas das dunas da APA Jenipabu e do Parque das Dunas, com presença (+) e ausência (-) de tráfego de buggys.

3. Resultados e Discussão

A Tabela 1 mostra que há um efeito bastante significativo da presença do tráfego de buggys ($F(1:20) = 23.96$; $p > 0.001$) sobre o tamanho das manchas de vegetação, e também uma interação significativa com o fator tempo ($F(4:80) = 11.795$; $p > 0.001$). Não houve efeito significativo da altitude sobre o tamanho das manchas de vegetação (Tabela 1). Os dados de análise da tabela 1 estão representados na Figura 3 que apresenta os valores médios de tamanho das manchas de vegetação monitoradas e nos mostra a intensidade do efeito da presença de buggys em interação com o tempo sobre tais medidas. Na presença de buggys há uma retração das manchas de vegetação mudando de < 60000 m² em 2001 para > 40000 m² em 2011. Já na área onde não há tráfego de veículos, as manchas de vegetação apresentam uma expansão média de cerca de 10000 m². Nesse sentido, mais importante do que identificar quais fatores têm influência mais marcante sobre a dinâmica de expansão da vegetação, é a compreensão de que nas dunas da APA Jenipabu a pressão pelo uso turístico constante,

evidenciado pelo tráfego de buggys, pareceu ser fundamental para o padrão de retração das manchas de vegetação observado ao longo do período de análise.

Tabela 1: Valores da ANOVA de medidas repetidas para o tamanho das manchas de vegetação monitoradas por uma série temporal de dez anos (2001 - 2011) na APAJ e Parque das Dunas (Análise referente aos dados da Figura 5).

Fonte da Variação	Df	SS	MS	F-ratio	P
BUGGY (B)	1	2.41E+10	2.41E+10	23.96	0.000
ALTITUDE (A)	1	7.50E+08	7.50E+08	0.747	0.398
B x A	1	3.00E+08	3.00E+08	0.299	0.591
Erro	20	2.01E+10	1.00E+09		
TEMPO (T)	4	1.24E+09	3.10E+08	1.684	0.162
T x B	4	8.69E+09	2.17E+09	11.795	0.000
T x A	4	4.60E+08	1.15E+08	0.625	0.646
T x B x A	4	1.72E+08	42,866,306.77	0.233	0.919
Erro	80	1.47E+10	1.84E+08		

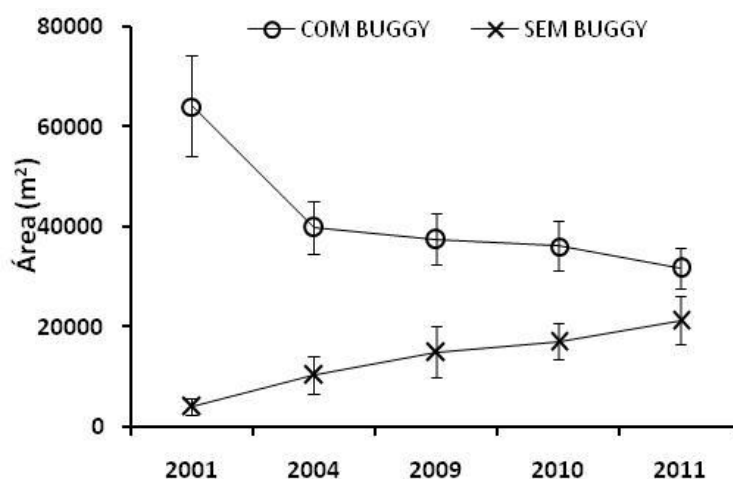


Figura 3: Valores médios (± 1 erro padrão) do tamanho de manchas de vegetação ao longo do tempo em áreas com Buggy e sem Buggy (Análise de medidas repetidas na Tabela 1).

A análise de covariância dos valores médios de tamanho da vegetação com relação ao número de dias sem chuva durante a estação seca está representada na Figura 4. Os resultados evidenciam que a área das manchas tende a diminuir com o aumento do número de dias sem chuva na presença de buggys, no entanto na ausência desses veículos a vegetação tende a se expandir. A Tabela 2 nos mostra os valores de F e p para a interação entre presença/ausência de buggys com os dias sem chuva da estação seca ($F(1:16) = 23.011$; $p > 0.001$).

Ao considerarmos o número de dias sem chuva durante a estação seca, correlacionando-os com os valores de tamanho das manchas de vegetação, se pode compreender que a estação seca de cada ano é um momento crítico para a dinâmica da vegetação do ano seguinte, uma vez que essa estação coincide com o período de alta temporada turística, onde o tráfego de buggys torna-se mais intenso. Nesse sentido, a expansão da vegetação que poderia ser esperada em função da pluviosidade na estação chuvosa de cada ano parece ser freada pelo constante efeito de atropelamento da vegetação, ocasionado pela presença dos buggys. Outros estudos mostraram que os efeitos de atropelamento da vegetação podem ser bastante deletérios para a qualidade ambiental de ecossistemas (Charman & Pollard, 1995; Kutiel *et al.* 2001; Lemauiel & Rozé, 2003) e, assim, precisam ser mais bem monitorados e controlados,

sobretudo em um ambiente de extrema importância ecológica e econômica como as dunas costeiras (Nordstrom *et al.* 2002). Nesse estudo, não foi observado efeito modelador da pluviosidade sobre as dinâmicas da vegetação de dunas. Entretanto, observamos um efeito marcante do tráfego de buggys sobre as dinâmicas da vegetação. Tal padrão deixa claro que, para a conservação dos ecossistemas de dunas, parece ser mais importante controlar os tipos de uso e ocupação do solo, de modo que se possibilite o tempo necessário para desenvolvimento e expansão da vegetação quando há disponibilidade de água para as plantas.

Tabela 2: Valores da ANCOVA para os tamanhos médios das manchas de vegetação em relação ao número de dias sem chuva durante a estação seca anterior e em relação à presença/ausência de buggies (análises relacionadas à Figura 6).

Fonte da Variação	df	SS	MS	F-ratio	P
BUGGY	1	1.24E+09	1.24E+09	26.774	0.000
BUGGY x DIAS SEM CHUVA	1	1.07E+09	1.07E+09	23.011	0.000
LOCAL x DIAS SEM CHUVA	1	1.30E+08	1.30E+08	2.814	0.113
ERRO	16	7.40E+08	46,273,487.85		

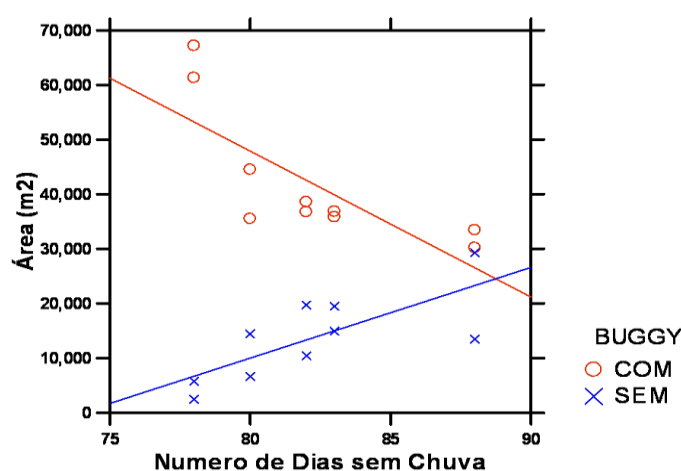


Figura 4: Valores médios de tamanho das manchas de vegetação, em áreas com ou sem buggies, em comparação com o número de dias sem chuva durante a estação seca do ano anterior para cada ano de análise.

Tabela 3: Análise de ANCOVA para a alteração entre os tamanhos das manchas de vegetação em um período de dez anos (Y), área inicialmente aferida para cada mancha de vegetação (covariante X) entre os locais com presença e ausência de buggies (Padrões apresentados na Figura 7).

Fonte da Variação	df	SS	MS	F-ratio	P
BUGGY	1	5.70E+08	5.70E+08	3.081	0.094
BUGGY x AREA INICIAL	1	1.30E+10	1.30E+10	70.458	0.000
ERRO	21	3.88E+09	1.85E+08		

Finalmente, a Figura 5 representa a análise de covariância para taxa de alteração no tamanho das manchas de vegetação em relação à área inicial da mancha nos locais com e sem

buggys, durante toda a série temporal monitorada. Desse modo, para efeito de análise, são consideradas as diferenças de tamanho das manchas de vegetação de 2011 para 2001. O efeito significativo da interação entre tamanho inicial da mancha e a presença/ausência de buggys sobre a taxa de expansão e/ou retração das manchas de vegetação pode ser observado na Tabela 3. Os dados indicam que na presença de buggys manchas apresentaram uma grande redução em seu tamanho original sendo que, na ausência de buggys, essa redução não ocorreu.

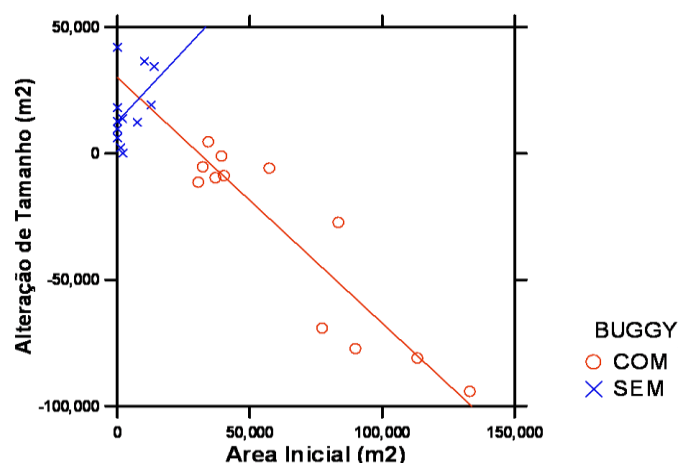


Figura 5: ANCOVA para a alteração no tamanho das manchas de vegetação durante a série temporal em análise (2001 - 2011) em comparação com a área inicial de cada mancha de vegetação em áreas com e sem buggys.

4. Conclusão

O uso de imagens de satélite, especificamente para o monitoramento das dinâmicas da vegetação, é um instrumento útil para a análise ambiental dos ecossistemas de dunas costeiras. Além disso, os valores obtidos para o tamanho das manchas de vegetação associados a fatores ambientais e relacionados com variáveis climáticas podem oferecer uma interpretação mais completa acerca do comportamento da vegetação nos ambientes de dunas costeiras e, também, servir como um sinal preliminar que indique a tendência para ocorrência de eventos catastróficos de degradação (Maestre & Escudero, 2009). Espera-se, assim, que os resultados aqui divulgados possam auxiliar no manejo e uso adequado da área de dunas da APA Jenipabu.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe de trabalho do Laboratório de Ecologia da Restauração (LER-UFRN) ao qual estão vinculados e, também, à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado fornecida durante a realização desse trabalho e ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA), que permitiu o desenvolvimento deste estudo na Área de Proteção Ambiental Jenipabu (APAJ) e contribuiu com o fornecimento de dados pluviométricos e geográficos.

Referências

- Anyamba, A.; Tucker, C. J. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-A VHRR NDVI data from 1981–2003. *Journal of Arid Environments*, v. 63, p. 596-614, 2005.
- Barbosa, H. A.; Hueti, A. R.; Baethgen, W. E. A. 20 – year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 67, p. 288-307, 2006.

- Charman, D. J. & Pollard, A. J. Long-term vegetation recovery after vehicle track abandonment on Dartmoor, SW England, UK. **Journal of Environmental Management**. V. 45, p. 73-85, 1995.
- ESRI, 2005. ARCGIS versão 9.3. ESRI Software.
- Greipsson, S. Coastal Dunes. In: Perow MR & Davy A. **Handbook of Ecological Restoration: Restoration in Practice**, vol.2. Cambridge University Press, 2002. p. 214-237.
- IDEMA (2002). **Perfil do Estado do Rio Grande do Norte: Aspectos Físicos**. Instituto de Defesa do Meio Ambiente www.m.gov.br/secretarias/idema/perfilm/Aspectos-fisicos.pdf. Cons. 09/06/2010.
- Kutiel, P.; Eden, Z. & Zhevelev, H. The impact of motorcycle traffic on soil and vegetation of stabilized coastal dunes, Israel. **Journal of Coastal Conservation**, v. 7, p. 81-90, 2001.
- Lemauviel, S.; Rozé, F. Response of three plant communities to trampling in a sand dune system in Brittany (France). **Environmental Management**, vol. 31, n. 02, p. 227-235, 2003.
- Li, J.; Lewis, J.; Rowland, J.; Tappan, G.; Tieszen, L. L. Evolution of land performance in Senegal using multi-temporal NDVI and rainfall series. **Journal of Arid Environments**, v. 59, p. 463-480, 2004.
- Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation** (3rd Edn). New York: John Wiley & Sons Inc., 1994. 750 p.
- Maestre, F. T.; Escudero, A. Is the patch size distribution of vegetation a suitable indicator of desertification processes? **Ecology**, v. 90, n. 07, p. 1729-1735, 2009.
- Nordstrom, K. F.; Lampe, R. & Vandemark, L. M. Reestablishing Naturally Functioning Dunes on Developed Coasts. **Environmental Management**, vol. 25, n. 01, p. 37-51, 2000.
- Nordstrom, K.F.; Jackson, N.L.; Bruno, M.S. & de Butts, H.A. Municipal initiatives for managing dunes in coastal residential areas: a case study of Avalon, New Jersey, USA. **Geomorphology**, v. 47, p. 137-152, 2002.
- Peters, A J.; Eve, M. D. Satellite monitoring of desert plant community response to moisture availability. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 37, p. 273-287, 1995.
- Prasad, A. K.; Sarkar, S.; Singh, R. P.; Kafafos, M. Inter- annual variability of vegetation cover an rainfall over India. **Advances in Space Research**, v. 39, p. 79-87, 2007.
- Pozoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**, São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed. p.111-118, 2007.
- Rozé, F.; Lemauviel, F. Sand Dune Restoration in North Brittany, France: A 10-Year Monitoring Study. **Restoration Ecology**, v. 12, n. 1, p. 29-35, 2004.
- Tanser, F. C. & Palmer, A. R. The application of a remotely-sensed diversity index to monitor degradation patterns in a semi-arid, heterogeneous, South African landscape. **Journal of Arid Environments**, v. 43, p. 477-484, 2004.
- Torres, D. F.; Oliveira E. S.; Alves, R. R. N.; Vasconcellos, A. Etnobotânica e Etnoecologia em Unidades de conservação: Uso da biodiversidade na APA-Genipabu, Rio Grande do Norte, Brasil. **Interciência**, v.34, n.9, p.623-629, 2009.
- Trindade, A. 1991. **Estudo florístico e fitossociológico do estrato arbustivo-arbóreo de um trecho da floresta arenícola costeira do Parque Estadual das Dunas, Natal (RN)**. 128 p. Dissertação (Mestrado em Botânica). Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife 1991.
- Weiss, J. L.; Gutzler, D. S.; Coonrod, J. E. A. & Dahm, C. N. Long-term vegetation monitoring with NDVI in a diverse semi-arid setting, central New Mexico, USA. **Journal of Arid Environments**, v. 58, p.249-272, 2004.
- Zuo, X., Zhao, X., Zhao, H., Zhang, T., Guo, Y., Li, Y., Huang, Y. Spatial heterogeneity of soil properties and vegetation-soil relationships following vegetation restoration of mobile dunes in Horqin Sandy Land, Northern China. **Plant and Soil**. v. 318, n. 1-2, p. 153-167, 2008.