

Modelagem de áreas susceptíveis à desertificação: abordagem metodológica do processo com classificador “decision tree”

Adrielen Serafim da Costa¹
Shantala Lua¹
Geovana Freitas Paim¹
Washington Franca-Rocha¹
Charles Novaes de Santana¹

¹Universidade Estadual de Feira de Santana- GEOCIÊNCIAS/DEXA
Caixa Postal 252-294 - Feira de Santana - BA, Brasil.
{adrielen.uefs,shantala.uefs, geovanapaim, francarocha, charles.santana}@gmail.com

Abstract. Desertification is the loss of the soil capacity caused by human actions that become aggravating forward to the changes. The state of Bahia has more than 300 thousand square kilometers of area vulnerable to desertification. It was selected the municipality of Jeremoabo as area of study aimed to identify areas susceptible to desertification, taking as an instrument the decision tree classifier, a considered approach to Remote Sensing of high predictive value. Still, consider the model created the index of aridity and produce quantitative data from areas susceptible. The methodology begins with the calculation of the index of aridity and the subsequent environmental modeling. It was measuring the size and quantity of each, in addition to analyzing the disposal of them. In 2006 the index of aridity found is less than 0.20, classified as "very high susceptibility to desertification." About the structure of the landscape, 10,140 patches were detected in susceptible areas, occupying 11,435 ha, accounting for 2.39% of the city. On the landscape could observe the occurrence of 8403 patches of areas at risk of size less than 1 ha and 5 with sizes higher than 100ha. If the field of GIS research on the phenomenon of desertification in Northeast Brazil often arises, it should be noted that the methodological point of view with the decision tree classifier is innovative, since no work related them was found in the state, perhaps Northeast. Addressing the model before Indices of aridity added details still significantly expanding the approach of the process, and absolutely appropriate.

Palavras-chave: desertification, susceptibility, rate of dryness, decision tree, desertificação, susceptibilidade, índice de aridez, árvore de decisão.

1. Introdução

O processo de desertificação é um problema de âmbito mundial definido como um fenômeno capaz de criar degradações na paisagem, sendo suficientemente radical a ponto de ser irreversível (AB`SABER, 1977 *apud* SALES, 2006). No nordeste brasileiro, embora a seca seja um fator intrépido, o processo de desertificação está associado ao desmatamento, à mineração, ao sobrepastoreio, ao cultivo excessivo, à irrigação inadequada e ao latifúndio (SUERTEGARY, 2006). Ademais, as áreas afetadas cobrem uma superfície de 1.338.076,00 km² (16% do Brasil), estimando-se que as perdas econômicas com tal processo possam chegar à US\$ 800 milhões por ano e os custos de recuperação alcancem US\$ 2 bilhões para um período de vinte anos (MMA, 1998).

O bioma Caatinga que, historicamente sempre teve seus problemas ambientais negligenciados, se encontra diante de uma nova ameaça: a desertificação. Existe uma urgência em desvelar a evolução das áreas suscetíveis à desertificação e análise dos impactos ecológicos, econômicos e sociais causados por este.

Segundo a Agência Brasileira de Inteligência, o Estado da Bahia com 62% do seu território na região do semi-árido, possui mais de 300 mil km² vulneráveis ao processo de desertificação. Este processo apresenta-se mais intenso na parte do baixo rio São Francisco, no sertão de Paulo Afonso e nos tabuleiros de Euclides da Cunha e Jeremoabo (PAIVA et al.

2007). No entanto, é importante salientar que nos estudos geossistêmicos sobre o semi-árido baiano as discussões sobre a temática em questão são incipientes e as metodologias passam por ajustes. Nesta perspectiva, elegeu-se como área de estudo o município de Jeremoabo (Figura 01), considerado como área piloto para investigação sobre desertificação no semi-árido brasileiro (VASCONCELOS SOBRINHO, 2002).

Este município dista 371 km da capital, possui 33.482 habitantes (IBGE, 2000) e está completamente inserido no polígono das secas. O clima é caracterizado como semi-árido predominantemente seco, temperatura média anual de 24° C, pluviosidade média anual de 654 mm. No que se refere às características fisiográficas, em seu modelado encontram-se chapadas do Raso da Catarina, Tabuleiro Dissecado do Rio Vaza-barris, Tabuleiro do Itapicuru e Pediplano do Baixo São Francisco. A vegetação marcante é a Caatinga, com manchas de florestas estacionais nas áreas mais elevadas. O município possui como destaque de biodiversidade uma porção do Raso da Catarina (Proteção Integral) onde há ocorrência da arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*), uma espécie endêmica do sertão do Nordeste da Bahia, que costumam abrigar-se nos paredões, que servem de dormitório e área de nidificação (AMARAL et al. 2005).

Neste ambiente, pretende-se com o presente trabalho identificar áreas suscetíveis à desertificação, tendo como instrumento o classificador Árvore de Decisão, considerado uma abordagem em Sensoriamento Remoto de alto valor preditivo. Além disso, analisar o modelo criado, associando-o aos cálculos de Índice de Aridez e produzir dados quantitativos das áreas suscetíveis.

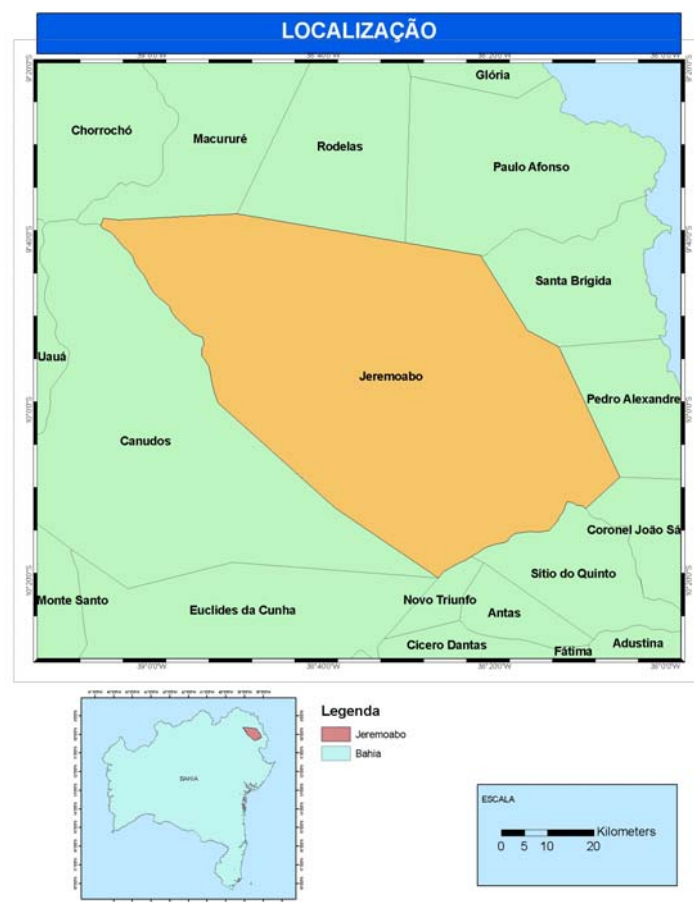


Figura 01: Localização da área de estudo.

2. Metodologia de trabalho

A metodologia desenvolvida contemplou as seguintes etapas:

2.1. Determinação do Índice de Aridez (IA)

Procurou-se inicialmente investigar o índice de aridez da região tendo como base dados de re-análise de precipitação e temperatura atmosférica disponibilizados pelo NCEP/NOAA entre 2000 e 2007. Aplicou-se a equação 01, referente ao método de Thornthwaite, para calcular a Evapotranspiração média anual, necessária ao cálculo do Índice de Aridez, conforme descrição de Aquino et al. (2006), que o define como o quociente entre a evapotranspiração e a precipitação média anual.

$$\text{Equação 1 } EP = 16,2[10.T / I]^a \quad (1)$$

onde:

EP : evapotranspiração média anual (mm/ano);

T : Temperatura média anual do ar (° C);

I: Índice de calor anual, resultante da soma de 12 índices mensais i , dado pela **Equação 2**

$$I = \sum i_j \quad (\text{com } j \text{ variando entre } 1 \text{ e } 12) \quad (2)$$

onde:

$$a = 6,750 \times 10^{-3} I - 7,711 \times 10^{-5} I^2 + 1,792 \times 10^{-2} I + 0,492$$

$$i_j = [t_j / 5]^{1,514}$$

Segundo MATALLO JR. (1999), o índice de aridez está correlacionado com a susceptibilidade à desertificação, sendo considerada muito alta, a susceptibilidade à desertificação para regiões com índice de aridez entre 0,05 e 0,20; alta para regiões com índice de aridez entre 0,21 e 0,50; e moderada para regiões com índice de aridez entre 0,51 e 0,65.

2.2. Modelagem ambiental

A partir dos dados obtidos de IA verificou-se que houve flutuação nos anos estudados, apresentando menor valor no ano de 2006. Desse modo, realizou-se uma modelagem ambiental com os dados obtidos neste ano para identificar-se os locais com mais chance de se instalar processos de desertificação. Para tanto, realizou-se um mosaico das cenas 215/67 e 216/67, do satélite Landsat 5/TM, sendo a primeira datada em 07/12/2006 e a segunda em 05/04/2007. Foi utilizado um recorte com base na imagem de 2006, complementado com a imagem de 2007. Para a análise da imagem utilizou-se as bandas 3/4/5. Em seguida, recortou-se a imagem, procurando-se obedecer ao limite municipal e georreferenciou-se o recorte pelo método polinomial de primeiro grau, para posteriormente produzir um mapa de uso e cobertura do solo.

O método escolhido para realizar a modelagem foi o algoritmo de classificação Árvore de Decisão, devido a sua simplicidade e capacidade de processar grande volume de dados (SHIBA et al., 2005). É considerado um método eficiente, uma vez que este fraciona recursivamente um conjunto de dados, até que cada subconjunto obtido deste fracionamento

contenha informações de uma única classe. Quinlan (1986) chama atenção que o maior ingrediente para o sucesso deste método está exatamente na escolha das variáveis, cujas classes (denominadas nós) devem ser bem conhecidas.

Para a definição das variáveis realizou-se uma ampla revisão bibliográfica, buscando-se conhecer quais aspectos deveriam ser levados em consideração para detecção de áreas de risco à desertificação. Calibrou-se o modelo organizando-se os parâmetros escolhidos com a seguinte ordem: Hipsometria, Declividade, NDVI e Uso e Ocupação do Solo, sendo os dois primeiros derivados do Modelo Digital de Terreno (SRTM/NASA). De acordo com Quinlan (1986), a ordem que as classes são dispostas tem relevante importância por auxiliar no afunilamento do problema. Os detalhes de cada nó estão descritos abaixo:

1. Hipsometria - Selecionada por representar a descrição do terreno em altitudes. Tendo a área de estudo, variação de 200m a 760m, construiu-se seis classes, com intervalo regular de 100m.

2. Declividade - Esta variável foi escolhida por possibilitar a extração de formas da paisagem, inferir sobre exposição à erosão e por direcionar atividades antrópicas. O fatiamento em classes é uma adaptação à proposta por Ribeiro, et al. (2007), no qual estabelece-se como classes: 0-7% (plano); 7-14%, (suavemente ondulado) 14-21% (Ondulado), 21-27% (fortemente ondulado) e > 34% (montanhoso).

3. NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) - Este índice leva em consideração parâmetros biofísicos de cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, além de minimizar a influência sobre os valores de reflectância da vegetação, no que diz respeito aos efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição (RUDORFF e SHIMABUKURO, 2007).

4. Mapa de uso/cobertura do solo. Com base na imagem Landsat 2006/2007 procedeu-se o reconhecimento de padrões (espaciais, espectrais e temporais) e através do algoritmo Maxima Verossimilhança gerou-se o mapa temático composto por 5 classes de uso/cobertura: Caatinga, Área Antrópica, Solo Exposto/Afloramentos Rochosos, Lâmina d'água e Área não-mapeada.

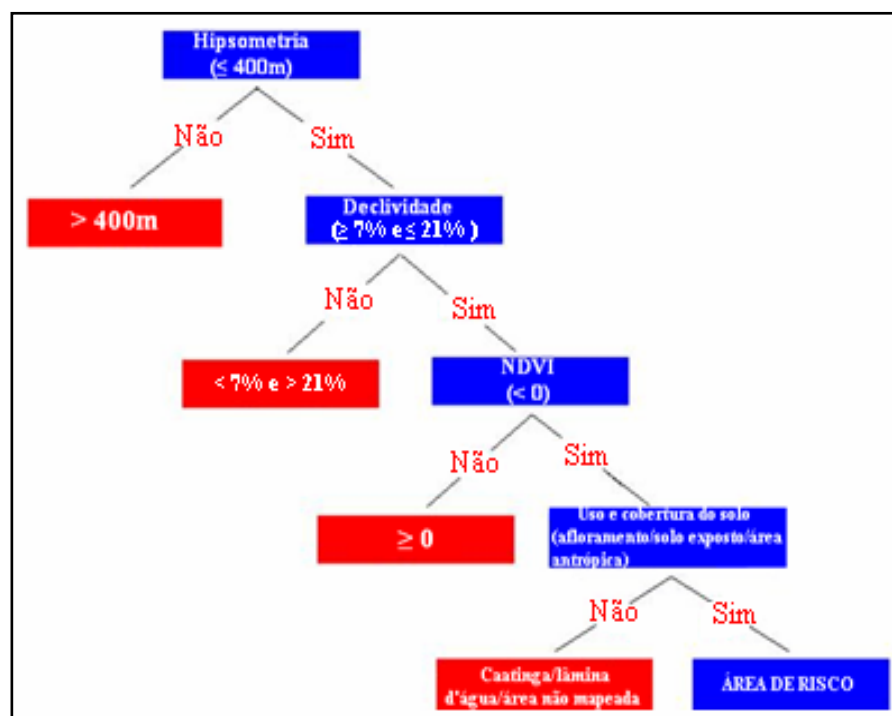


Figura 02: Árvore de Decisão empregada na detecção de áreas de risco de desertificação.

Decidida a hierarquia a ser seguida no modelo, iniciou-se os procedimentos de ramificações, onde a cada nó de decisão os produtos foram analisados minuciosamente. A Árvore de Decisão elaborada pode ser visualizada na Figura 02. Com os resultados obtidos a partir do método supracitado, quantificou-se as manchas de áreas de risco, mensurando-se o tamanho de cada uma e observando como estas estão espacializadas em toda a região. Tais informações foram comparadas com dados de campo os quais foram úteis para a confirmação dos padrões observados nas variáveis espaciais.

4. Resultados e Discussão

Os produtos alcançados neste estudo foram frutos de uma reflexão sobre parâmetros já empregados em modelagens ambientais no Semi-Árido, mostrando que existe forte influência destas variáveis na exploração da paisagem (CANDIDO et al. 2002; NASCIMENTO et al. 2007).

Analisou-se o índice de aridez do município de Jeremoabo assim como está apresentado no gráfico 01. Este último, gerado a partir dos cálculos descritos na seção 3. O índice de aridez do ano 2006 é menor que 0,20 o que, de acordo com MATALLO JR (1999), significa que a região possui “muito alta susceptibilidade à desertificação”.

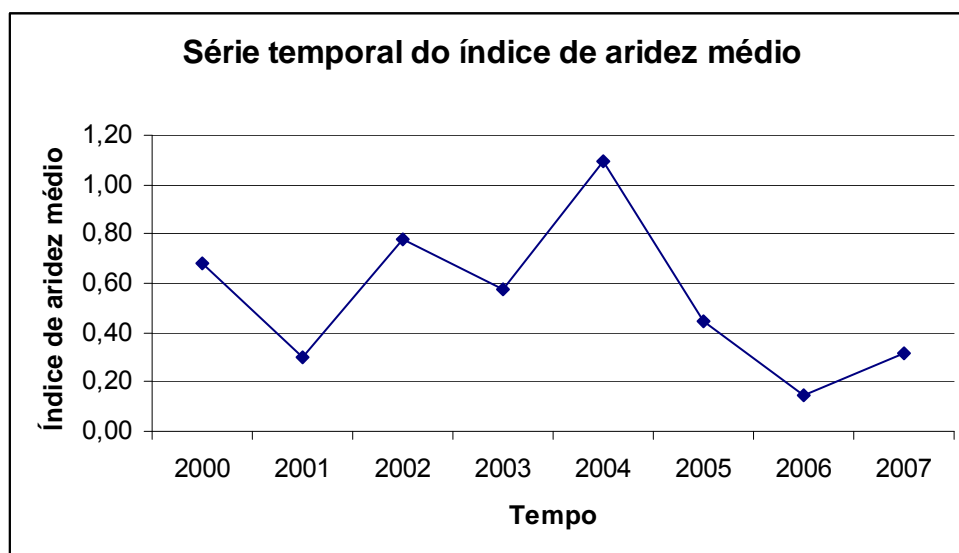


Gráfico 01: Variação do índice de aridez médio da região de Jeremoabo.

Na avaliação Hipsométrica foram consideradas representativas as altitudes inferiores ou iguais a 400 m por serem favoráveis à exploração antrópica, sendo esta última maximizada pela proximidade com o rio Vaza Barris que percorre todo o município de Jeremoabo. Com relação à declividade, foram selecionadas as áreas entre 7% e 21% por estarem mais suscetíveis à lixiviação e aos processos erosivos. Quanto ao NDVI os valores oscilam entre -1 e +1, que correspondem respectivamente às características de estresse hídrico e de uma vegetação viçosa. Portanto, a escolha de valores menores que zero, é justificada pelo fato do índice classificar solo exposto, afloramentos rochosos e áreas antrópicas nesse intervalo de valores. Seguindo esta lógica, as classes de uso/cobertura do solo elegidas coincidem com o intervalo apontado pelo NDVI. O produto final obtido através da Árvore de Decisão foi um mapa de áreas possíveis de sofrer desertificação (Figura 03), o qual foi validado com os índices de aridez.

Distribuição das áreas suscetíveis à desertificação no município de Jeremoabo- BA

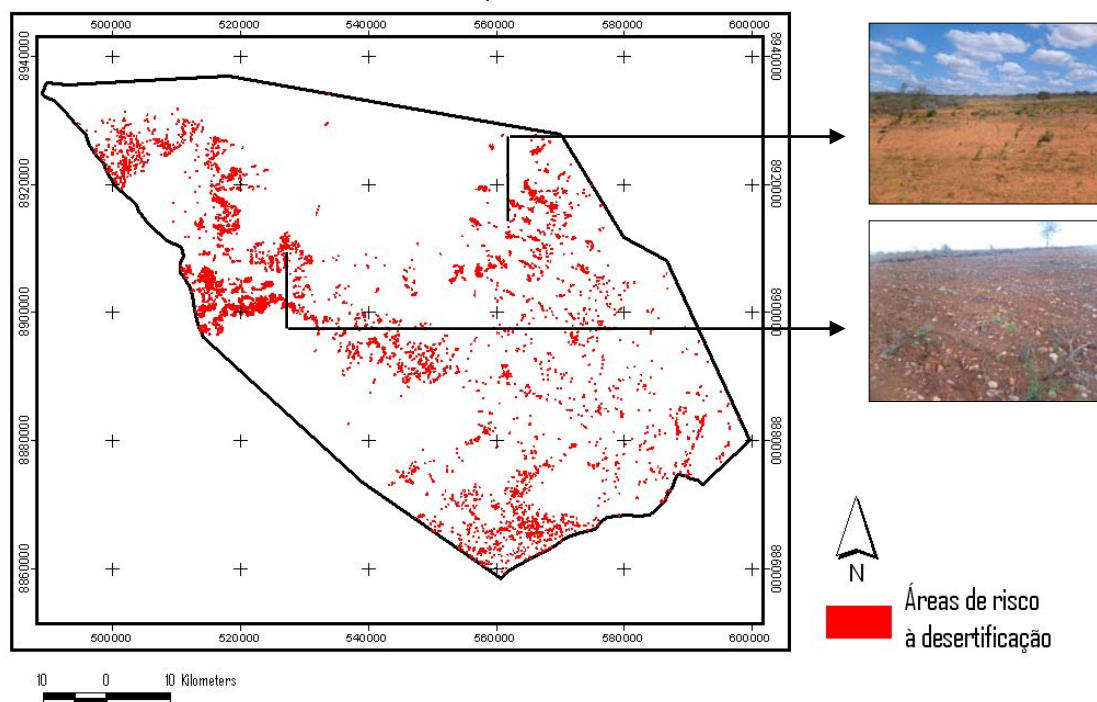


Figura 03: Localização das áreas de risco à desertificação.

Sobre a estrutura da paisagem, foram detectadas 10140 manchas de áreas suscetíveis à desertificação, ocupando uma área de 11435 ha, correspondendo a 2,39% do município. Um aspecto significativo é a presença de uma Área de Proteção Ambiental (APA) que não cumpre o seu papel de preservar os recursos naturais, uma vez que o modelo aponta várias áreas suscetíveis imersas nessa demarcação. Reconhecendo-se *in loco* que essas manchas encontram-se em um estágio inicial, acredita-se na reversão do processo, caso haja medidas rápidas e seguras. Existe um conhecimento limitado sobre recuperação de áreas áridas e semi-áridas degradadas, mas segundo Suertegaray (2006), é absolutamente possível recuperá-las efetuando o reflorestamento.

Ao contrário da APA, felizmente as áreas protegidas integralmente, onde estende-se a porção do Raso da Catarina, com relevo montanhoso, neossolo quartzênico, não apresentam esses focos de desertificação. Isto é um aspecto positivo, pois estimula os gestores a preservarem este suporte de vida, exemplo da Arara Azul de Lear, e recompor as demais.

Sobre a quantificação dos padrões da paisagem pode-se observar a ocorrência de 8403 manchas de áreas de risco de tamanho inferior a 1 ha espalhadas em todas as porções da região. Isso significa a perfuração da paisagem, que do ponto de vista biológico, implica na diminuição da capacidade de percolação, uma vez que, limita a mobilidade das espécies de um ponto a outro (METZGER, 1999). Com a possibilidade de interromper a troca genética, este fator pode ocasionar extinções e especiações, bem como a fragilidade do ecossistema. As manchas com tamanho superior a 100 ha apesar da pequena quantidade, são de difícil recuperação, a curto prazo. Pode ser observado na tabela 01 que à medida que aumenta-se o tamanho das manchas, a quantidade das mesmas reduz.

Fica exposto que o modelo obtido aproxima da realidade, fornecendo em detalhes a complexidade da paisagem, sendo relevante na construção do conhecimento sobre a dimensão do problema. Porém, é insuficiente apenas combinar fatores geográficos e ecológicos para traçar soluções posteriores. É válido incorporar em outras modelagens dados sócio-econômicos para a compreensão das relações sociedade-natureza a fim de se ter propostas de sustentabilidade mais eficazes.

Tabela 01: Padrão estrutural das áreas de risco de desertificação.

1 - 10	1584
10 - 20	92
20 - 30	17
30 - 40	10
40 - 50	14
50 - 60	8
60 - 70	2
70 - 80	3
80 - 90	1
90 - 100	1
> 100	5

5. Conclusões

Apesar de Jeremoabo ter 2,39% do seu território enquadrado em áreas suscetíveis a processo de desertificação, não diminui a gravidade do problema e a urgência por soluções. Ainda se pode considerar que estas áreas estão espalhadas por todo o município, ou seja, não se concentram em um só espaço, o que perfura a paisagem, causando modificações na biota e consequentemente no ecossistema o que por sua vez agrava o processo de desertificação.

Se no campo do geoprocessamento a investigação sobre o fenômeno da desertificação no Nordeste Brasileiro surge amiúde, cabe ressaltar que do ponto de vista metodológico com o classificador Árvore de Decisão tem caráter inovador, uma vez que nenhum trabalho relacionando-os foi encontrado no Estado, quiçá Nordeste. Abordar o modelo diante de Índices de Aridez agregou ainda informações ampliando significativamente a abordagem do processo, sendo absolutamente adequado.

Esta pesquisa conduz ao estabelecimento de ações dentro do Projeto que a pesquisa encontra-se inserida: “Mandacaru quando fulora...: Estudo multidisciplinar sobre processos de desertificação, estratégias adaptativas e empoderamento das comunidades que habitam os sertões do Estado da Bahia”.

Agradecimentos

Dados de Reanalysis do NCEP, disponível pelo NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, em seu Web site em <http://www.cdc.noaa.gov>.

Referências Bibliográficas

- ABIN-Agência Brasileira de Inteligência. Disponível em: <<http://www.abin.gov.br/modules/articles/article>>. Acesso em: 01. nov.2008.
- AMARAL, A. C. A.do; HERNÁNDEZ, M.I.M.; XAVIER, B. de F.; & BELLA, S. D. Dinâmica de ninho de Arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari* Bonaparte, 1856) em Jeremoabo, Bahia. **Ornithologia**, v.1, p. 59-64, 2005.
- AQUINO, C. M. S. de; OLIVEIRA, J. G. B. de; SALES, M. C. L. Suscetibilidade das terras secas do estado Piauí à desertificação: avaliação a partir de índices. **Revista de Geografia da UFC**, v.9, p. 49-60, 2006.
- BRASIL; MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Diretrizes para a política nacional de controle da desertificação**. Brasília, DF: [s.n.], 1998. 40 p.
- CANDIDO, H. G.; BARBOSA, M.P.; SILVA, M.J.da. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 6, n.2, p.368-371, 2002.
- CUNHA, S.B. da (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**.Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2006. cap. 5, p. 249-290.
- Earth System Research Laboratory. Disponível em: < <http://www.cdc.noaa.gov/>>. Acesso em: 15 out.2008.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2000. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/censo>>. Acesso em: 30 out. 2008.
- MATALLO JR., H. **A desertificação no mundo e no Brasil**. In: SCHENKEL, C. S. e MATALLO JR, H. Desertificação. Brasília: UNESCO, 1999.
- METZGER, J.P.; Estrutura da paisagem e fragmentação: Análise Bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 71, p. 445-463, 1999.
- National Aeronautics and Space Administration. SRTM/NASA. Disponível em: < <http://www.seanless.usgs.gov>>. Acesso em: 8 set. 2008.
- NASCIMENTO, F.R.do; SOUZA, M. J. N. de ; CRUZ, M.L.B. da. Enfoque geoambiental para o tratamento da degradação/desertificação no município de Sobral-Nordeste do Brasil/CE. *Ateliê geográfico*, v. 1, n.2, p.80-101, 2007.
- PAIVA, A.de Q.; ARAÚJO, Q.R.; GROSS, E.; COSTA, L.M. da. O deserto de Surubabel na Bahia. **Bahia Agrícola**, v.8, n. 1, p.21-23, 2007.
- QUINLAN J. R. Induction of Decision Trees. **Machine Learning** , v. 1, p. 81-106, 1986.
- RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, J. **O sensor modis e suas aplicações ambientais no Brasil**. São José dos Campos, SP: A. Silva e Vieira Ed., 2007. 422 p.
- SALES, M. C. L. Panorama da desertificação no Brasil. In: Emília Moreira. (Org.). **Agricultura familiar e desertificação**. João Pessoa: Editora Universitária da Paraíba, 2006, v. 1, p. 1-300.
- SHIBA, M. H.; SANTOS, R. L.; QUINTANILHA, J.A.; KIM, H.Y. Classificação de imagens de sensoriamento remoto pela aprendizagem por árvore de decisão: uma avaliação de desempenho. **Anais...Goiânia: INPE**, 2005. Artigos, p. 4319-4326. Disponível em: < <http://www.marte.dpi.inpe.br>>. Acesso em: 28 out.2008.
- SUERTGARY, D.M.A. Desertificação: recuperação e desenvolvimento sustentável. In: GUERRA, A.J. T; VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Desertificação no Nordeste do Brasil**. Recife: Fundação Apolônio Sales de Desenvolvimento Educacional - FADURPE. Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, 2002.