

## Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó

Neison Cabral Ferreira Freire<sup>1</sup>  
Admilson da Penha Pacheco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco  
Depto. de Ciências Geográficas  
R. Acad. Hélio Ramos, s/n – CFCH/6o. Andar  
Cidade Universitária – Recife / PE  
neisonfreire@ibest.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco  
Depto. de Engenharia Cartográfica  
R. Acad. Hélio Ramos, s/n – CTG/2o. Andar  
Cidade Universitária – Recife / PE  
admilpp@ufpe.br

**Abstract.** This research aims to map and analyse the desertification process of part of the Brazilian semi-arid region called Xingó, using technologies of Remote Sensing and Geoinformation Systems. Historically, the Brazilian semi-arid region is inserted in a development model whose economical basis was not linked to the region's social, cultural and environmental contingents. The current challenge consists of conciliating an efficient and recyclable exploration of the limited natural resources of the North-eastern semi-arid region – the “natural capital” – and the urgent necessity for some material development in the rural communities – the “man-made capital”. Through the combination of the seasonal series of satellite images and current demographic data, a methodology was established to detect areas, which are degraded or prone to desertification in the six areas surrounding the Xingó Hydroelectric power station, situated between the States of Alagoas and Sergipe. Field research validates the laboratory results, supported by extensive literature regarding the indicators of desertification and geoinformation technologies. After mapping, evaluating and analysing the deserted areas and manipulating the georeferenced data, using a variety of digital processing techniques and developing a Geographic Information System (GIS), the picture of growing human poverty as well as the environment degradation in the large study area analysed became evident. In the period between 1989 and 2003 there was also significant devastation of the natural vegetation called “Caatinga”, an increase in exposed soil and decrease in the farming and pasturing land.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, desertification, semi-arid, caatinga, Xingó.

### 1. Introdução

O desmatamento para as práticas agrícolas e pecuárias, de forma intensiva ou extensiva, é problema que afeta os ecossistemas e tem repercussões a nível global. No caso brasileiro, uma das regiões mais afetadas pela crise do modelo de consumo extensivo dos recursos naturais é o semi-árido nordestino, cuja degradação ambiental crescente vem ocasionando processos de desertificação cada vez mais significativos, trazendo como conseqüências imediatas, dentre outras, a perda da fertilidade do solo e da biodiversidade, a destruição de *habitats* naturais e o êxodo rural. Segundo o Censo Demográfico de 2000 (IBGE, 2003), cerca de 18 milhões de pessoas (ou 42% da população nordestina, ou, ainda, 11% da população brasileira) vivem em regiões de clima semi-árido. Uma discussão conceitual sobre o tema da desertificação evoluiu desde a década de 60 do século passado e se consolidou através do documento intitulado *Agenda 21*, elaborado durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na cidade do Rio de

Janeiro em 1992 – a Eco'92 -, onde, no seu Capítulo 12, definiu-se a desertificação como sendo “a degradação da terra nas zonas áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas ” (SACHS, 1993). A preocupação com o tema é de tal ordem que a Organização das Nações Unidas aprovou em 26 de dezembro de 1996 a Convenção Internacional de Combate a Desertificação, sendo ratificada pelo Congresso Nacional Brasileiro no dia 12 de junho de 1997. Desde então, diversas instituições de pesquisa e organizações não-governamentais brasileiras têm se dedicado ao assunto, destacando os esforços desenvolvidos pela Oficina de Trabalho sobre Ciência e Tecnologia para a Sustentabilidade do Semi-árido do Nordeste do Brasil, realizada em novembro de 1999 na cidade do Recife. Historicamente, a região do semi-árido brasileiro inseriu-se dentro de um modelo de desenvolvimento cuja base econômica não estava atrelada às condicionantes sociais, culturais e ambientais da região. As populações sertanejas atingidas pelo problema da desertificação, por exemplo, estão entre as mais pobres do país, com índices de desenvolvimento humano muito abaixo da média nacional. O desafio atual consiste em propor instrumentos tecnológicos que possibilitem análises alternativas e adequadas para a melhoria da qualidade de vida e bem-estar social das populações que habitam essas áreas do semi-árido do Nordeste, visando estabelecer um ponto focal de desenvolvimento regional auto-sustentável de forma multidisciplinar e a partir da compreensão de que o dinamismo da região virá em função do nível de conhecimento, aliado à pesquisa aplicada e às inovadoras técnicas de produção em consonância com as vocações sócio-econômicas da área, escolhendo formas de desenvolvimento sensíveis à questão ambiental e buscando conciliar a exploração eficiente e reciclável dos limitados recursos naturais do semi-árido nordestino - o “capital natural” - e a necessidade urgente de crescimento material das comunidades sertanejas - o “capital construído pelo homem”. Nos ambientes áridos e semi-áridos a situação é mais grave, pois a escassez de chuvas acarreta na desproteção do solo, erosão superficial, perda de fertilidade, redução da biodiversidade, culminando com a desertificação. No Nordeste do Brasil, a área correspondente ao bioma Caatinga enquadra-se na situação referida, onde já são detectados inúmeros núcleos de desertificação (Andrade, 1988, Sampaio *et al* 2002). Caatinga é uma mata tropical seca, que apresenta características relacionadas à deficiência hídrica como plantas herbáceas anuais, suculência, acúleos e espinhos, constituída de vegetais lenhosos, com uma composição florística não uniforme (Andrade-Lima, 1981). Na área delimitada para o entorno da Usina Hidrelétrica de Xingó-UHE, na divisa entre os Estado de Alagoas e Sergipe, são observadas áreas de caatinga com diferentes níveis de degradação, em função de diversas atividades antrópicas.

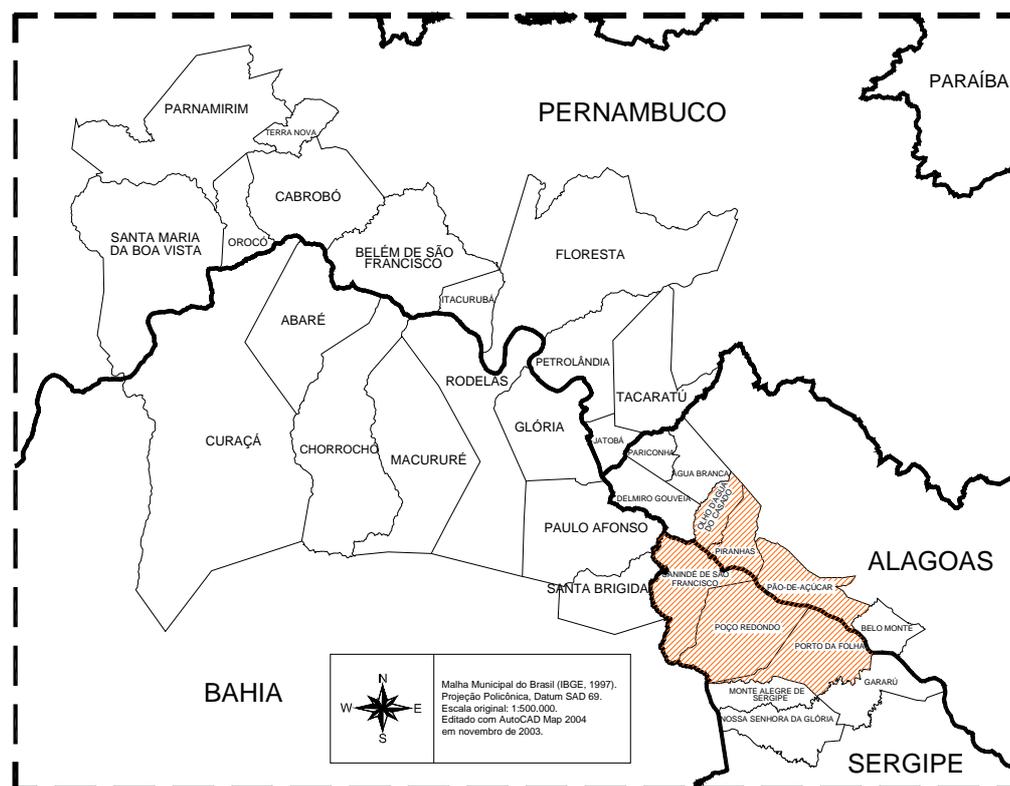
Desta forma, foi objetivo deste trabalho mapear e analisar as áreas de risco passíveis de desertificação numa porção do semi-árido brasileiro denominada de Região de Xingó, utilizando-se das tecnologias proporcionadas pelo Sensoriamento Remoto e pelos Sistemas de Geoinformação.

## **2. Metodologia**

### **2.1 Área de Estudo**

A área de estudo está localizada na Região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas S 09° 17' 32" e W 38° 02' 38", S 10° 03' 40" e W 37° 13' 36". No Sistema Geodésico Brasileiro (IBGE, 2003), utilizando o sistema de projeção UTM, a área está localizada no Fuso Meridiano 24. Apresenta clima semi-árido, marcado pela precipitação pluviométrica escassa e mal distribuída durante todo o ano, com períodos secos de aproximadamente 10 meses (Assis,

2000). O período chuvoso vai de maio a junho, com maior precipitação em maio. As precipitações anuais ficam entre 500mm e 750mm. A temperatura oscila pouco, com médias anuais de 25° C, ultrapassando 27°C nos meses mais quentes, e caindo para 20°C, nos meses mais frios (INPE, 2001). A Região de Xingó está situada numa extensa área do trópico semi-árido brasileiro no encontro dos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco e Sergipe. A região compreende 32 municípios, correspondendo a uma área de 40.293 km<sup>2</sup> (IBGE, 1997), que, ao ser cortada pelo rio São Francisco, confere-lhe uma unidade geográfica, ambiental, econômica e sócio-cultural ímpar no Brasil. Esta área de abrangência abriga uma população de 584.883 habitantes (IBGE, 2003), onde se situa o complexo de hidroelétricas de Paulo Afonso, Itaparica e, mais recentemente, Xingó (1994) – todas pertencentes a CHESF – Cia. Hidroelétrica do São Francisco. Devido à extensa área de abrangência, uma área piloto foi escolhida para esta pesquisa (**Figura 1**), representada pelos seis municípios mais próximos ao lago de Xingó (AL: Piranhas, Pão-de-Açúcar e Olho D’Água do Casado; SE: Canindé de S. Francisco, Poço Redondo e Porto da Folha), pois além de possuírem uma mesma realidade socioeconômica e ambiental, são essencialmente representativos de toda a região e, teoricamente, os maiores beneficiários da instalação da Usina Hidrelétrica de Xingó, em 1996.



**Figura 1** – Área de estudo (em vermelho) com relação à área de abrangência de Xingó.

## 2.2 Materiais e Métodos

Uma vez identificada, caracterizada e localizada espacialmente a área de estudo, foi solicitado ao CPTEC/INPE os dados referentes às médias mensais pluviométricas da área de estudo, no período de 1978 a 2003, considerando que as imagens digitais dos sistemas LandsAT 5 TM e LandsAT 7 ETM+ só estavam disponíveis no INPE a partir de 1982. Para datas anteriores, havia disponibilidade de imagens apenas em papel fotográfico. Esta possibilidade foi descartada devido às precárias condições de recuperação dos dados

espectrais quando em papel. Os dados pluviométricos são imprescindíveis para uma escolha correta das imagens de satélite a serem posteriormente solicitadas, pois a resposta espectral da vegetação de caatinga tem grande variabilidade com a presença de água, devido às suas características fisiológicas de adaptação às secas. Após pesquisa junto ao banco de imagens LandsAT do INPE, verificou-se a disponibilidade de datas para a cena/órbita 215/067, com cobertura de nuvens <10% para toda a cena escolhida (**Quadro 1**).

**Quadro 1** – Imagens LandsAT disponíveis para a área de estudo (Cena/Órbita: 215/067) com cobertura de nuvens <10% (em vermelho as datas escolhidas).

DATA	PRECIPITAÇÃO (mm)	SENSOR
<b>11/03/89</b>	<b>141,172</b>	<b>TM</b>
<b>06/10/95</b>	<b>2,354</b>	<b>TM</b>
22/10/95	2,354	TM
07/05/01	17,965	ETM+
06/10/01	47,374	TM
22/10/01	47,374	TM
<b>05/01/03</b>	<b>9,200</b>	<b>ETM+</b>

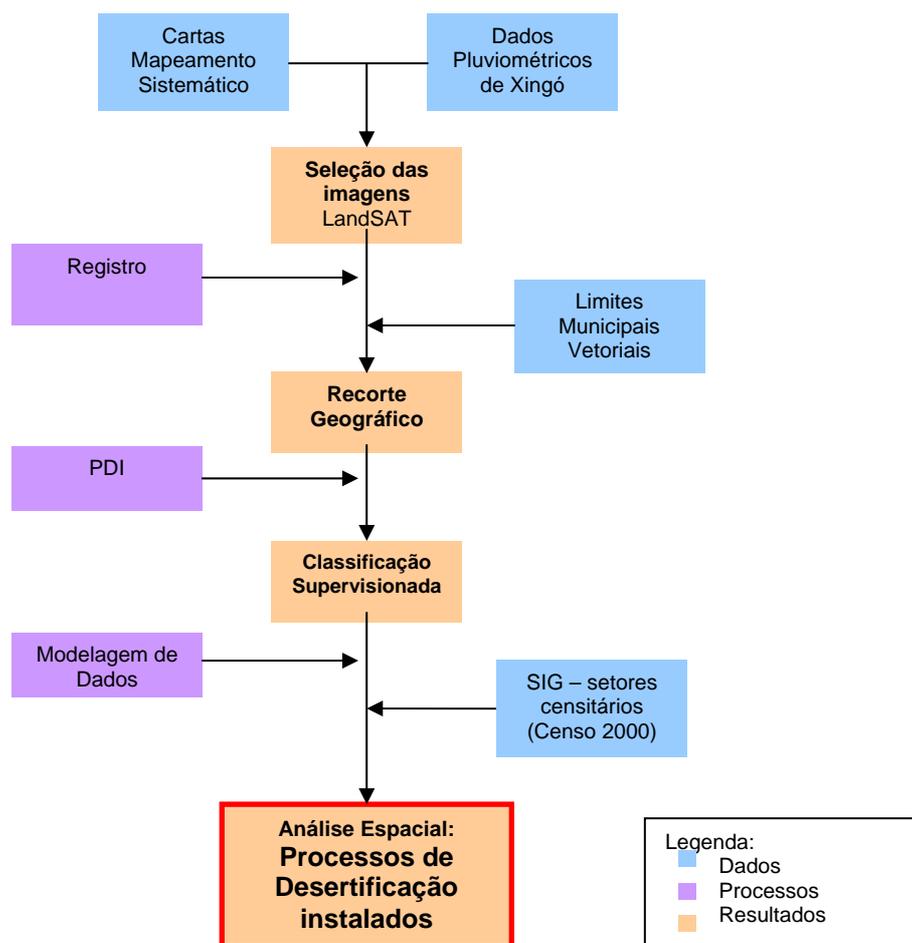
Fonte: Adaptado de INPE, 2003.

Todas as datas escolhidas refletem períodos de carência hídrica, onde a vegetação está mais vulnerável à degradação. Outro fator decisivo para a escolha destas datas específicas se refere à quase ausência de cobertura de nuvens nas imagens – condição essencial para um melhor resultado na identificação dos alvos de interesse da pesquisa. Isto permitiu o estabelecimento de parâmetros climáticos muito similares para as respostas espectrais dos diversos alvos nas cenas escolhidas para o estudo. Foram selecionadas as bandas espectrais que registram o espectro da energia refletida, indo da região do visível ao infravermelho próximo, pois os alvos de interesse da pesquisa têm grande resposta espectral nesta faixa. Assim, foram processadas as bandas de 1 a 5, além da banda 7, para ambos os sensores TM e ETM+.

O sistema operacional utilizado em todas as fases da pesquisa foi o *MS-Windows 2000 Professional*, com *Service Pack 5.0*. Também foi utilizado o banco de dados *MS-Acess*, Versão 2000, e a planilha eletrônica *MS-Excel*. Para o processamento das imagens de satélite foi utilizado o programa computacional *Spring* (Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas), Versão 6.3 (INPE, 2002). Para a digitalização das cartas do Ministério do Exército/DSG, na escala de 1:100.000, criação e edição de toponímias e conversão de formatos vetoriais foram utilizados os programas computacionais *AutoCAD Map*, Versão 2000i, e *CAD Overlay*, Versão 2000i.

## 2.3 Processamento dos Dados

A **Figura 2** ilustra um fluxograma geral utilizado para a metodologia de processamento dos dados, processos e sucessivos resultados obtidos. Após a seleção das imagens LandsAT e conversão dos arquivos digitais para o formato GRIB, o primeiro passo foi definir um esquema conceitual no *Spring*, estabelecendo-se, adequadamente, um *Banco*, um *Projeto*, as *Categorias* e os *Planos de Informações* adequadamente.



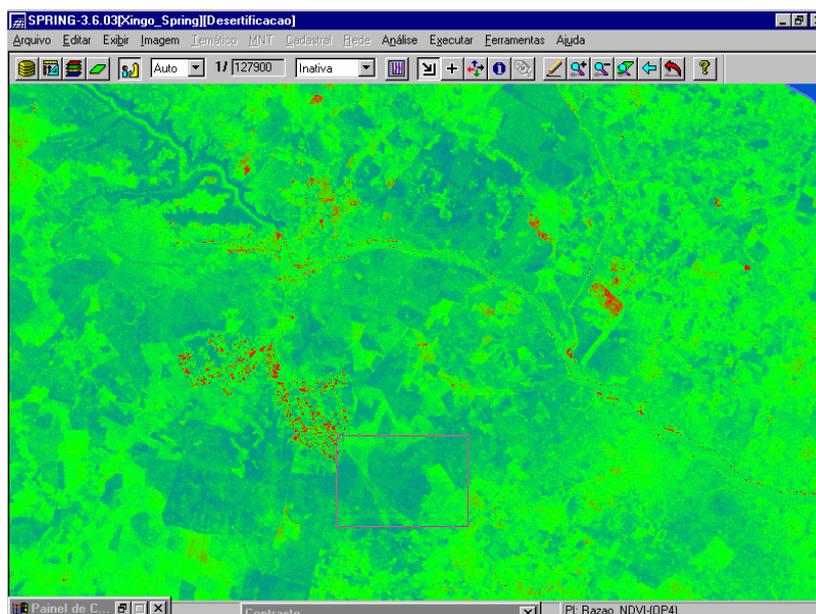
**Figura 2** – Fluxograma geral da metodologia utilizada no trabalho.

Após georreferenciar e recortar as imagens para a área de estudo, iniciaram-se as técnicas de PDI, visando a melhoria da qualidade visual das imagens e a extração de informações específicas de interesse da pesquisa. Foram testadas diversas técnicas com o intuito de avaliar a aplicabilidade na identificação das áreas degradadas e passíveis de desertificação. As técnicas que apresentaram melhores resultados foram selecionadas para compor uma análise espacial realizada numa linguagem de programação de álgebra espacial que, junto com os dados censitários, pudesse caracterizar cientificamente e localizar espacialmente a ocorrência dos processos de desertificação em Xingó. As técnicas de realce testadas foram: Manipulação de Histograma (Linear e Equalização) e Filtragem Linear (Realce de Imagem TM e Filtro de Passa-Alta). Também foram testadas e avaliadas as técnicas de PDI referentes às Transformações Multiespectrais, objetivando-se uma avaliação espectro-temporal de imagens co-registradas<sup>1</sup> (Razão entre bandas, Componentes Principais e Transformação RGB → IHS).

Uma das mais importantes técnicas de transformações multiespectrais para detecção de mudança de vegetação é o NDVI. Trata-se de uma razão entre bandas espectrais de alta correlação entre si, uma operação aritmética que realça os alvos de interesse, no caso, a vegetação (KASMIERCZAK, 1996; OLIVEIRA *et alli*, 2003). Com a aplicação desta técnica, tem-se um aumento de contraste entre solo e vegetação, além dos efeitos de iluminação, declividade da superfície e geometria de visada do sensor serem parcialmente compensados.

<sup>1</sup> De uma mesma localização geográfica, porém de épocas distintas.

Segundo KASMIERCZAK (1996), a equação do NDVI é:  $NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$ , onde TM representa uma determinada banda espectral do sistema LandSAT. Para a banda TM 3 (região do vermelho), a vegetação verde, densa e uniforme fica escura. Por outro lado, para a banda TM 4, os corpos d'água ficam escuros e a vegetação verde, densa e uniforme fica clara. Disto resulta uma nova banda espectral, representando a razão entre as bandas originais, onde as áreas claras indicam a presença de vegetação e as áreas escuras, sua ausência numa mesma data. As bandas NDVI de 1989 e 2003 foram, então, utilizadas com o objetivo de detectar mudanças de padrão da cobertura do solo no período (**Figura 3**).



**Figura 3** – Detecção no padrão de cobertura vegetal a partir de NDVI: áreas escuras indicam perda de vegetação entre 1989 e 2003 (observe-se a área escura referente ao enchimento do lago da UHE Xingó no canto superior esquerdo da imagem).

Para, então, compor este conjunto de dados a ser utilizado na análise espacial dos processos de desertificação em Xingó, utilizou-se a técnica de **Classificação Supervisionada** que, segundo CRÓSTA (1993), trata-se do processo de extração de informações em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos, utilizando-se o método de classificação “*pixel-a-pixel*” que identifica regiões homogêneas a partir da informação espectral isolada de cada *pixel*, fazendo, ainda, uso da teoria de probabilidade por métodos estatísticos, tendo-se como resultado final de um processo de classificação uma única imagem digital composta por um mapa de *pixels* classificados, representados, neste caso, por cores. Foram definidas seis classes temáticas: Área urbana, Corpos d’Água, Caatinga Arbórea, Caatinga Arbustiva, Pasto/cultivo e Solo exposto. O classificador utilizado foi o de MAXVER (Máximo Verossimilhança). Para compreender com maior precisão e acurácia a localização espacial dos processos de desertificação, foi elaborada uma Análise Espacial, a partir do desenvolvimento de um aplicativo em LEGAL, implementado no *Spring* (**Figura 4**).



**Figura 4** – Diagrama da Análise Espacial para o período 1989 – 1995 – 2003: dados de entrada com as imagens classificadas, a programação em LEGAL e a saída gráfica como uma imagem-síntese da Análise Espacial.

### 3. Discussão

Tem-se como objetivo avaliar o comportamento espacial dos alvos ao longo do período observado, especialmente com relação aos indicadores de desertificação, neste caso, a diminuição da cobertura vegetal de caatinga e o avanço de solo exposto. De fato, para efeito desta análise-síntese da grave situação ambiental em Xingó, considerou-se para a programação em LEGAL: como “Em processo de desertificação” foram aquelas áreas que sempre permaneceram como “Solo exposto” nas três datas foram definidas; como “Áreas degradadas”, as áreas que eram cobertas por vegetação de caatinga em 1989 e/ou 1995 e em 2003 tornou-se “Solo exposto”, ou áreas que em 1989 e/ou 1995 eram cobertas por “Caatinga arbórea” e em 2003 tornaram-se “Caatinga Arbustiva”, pois isto indica perda de biomassa, certamente por atividades ilegais de extração de madeira, ou áreas que em 1989 e/ou 1995 eram urbanas, pasto ou cultivo e em 2003 transformaram-se em “Solo Exposto”. Houve algumas poucas recuperações de caatinga no período, sendo todas essas áreas enquadradas na respectiva classificação identificada em 2003. Algumas áreas permaneceram com as mesmas classes no período em estudo, sem alterações em seu padrão de cobertura.

Para complementar a análise, foi desenvolvido um **SIG** a partir dos dados da malha de setores censitários rurais (IBGE, 2003), associados aos dados dos Censos de 1991 e 2001. Objetivou-se, assim, associar mais um importante indicador de desertificação ao processo de análise, neste caso, os dados demográficos, especificamente a Densidade Populacional por Setor censitário Rural (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978; MATALLO, 1999; SAMPAIO & SAMPAIO, 2002).

A verdade terrestre foi avaliada a partir de seis expedições ao campo, onde 52 pontos pré-determinados em gabinete foram atingidos com o uso de receptor GPS, no processo de validação deste trabalho.

### 4. Conclusões

Após o processamento e análise dos dados, constatou-se, no período 1989 - 2003: Aumento de 91,3% de solo exposto; Diminuição de áreas agropastoris de 21,2%; Diminuição de caatinga arbórea de 9,7%; Diminuição de caatinga arbustiva de 68,7%; Aumento de áreas urbanas ou antropizadas de 70%. Das classes naturais, a caatinga arbustiva foi a que mais regrediu em termos de área. Isso se explica, principalmente, pelo seu porte lenhoso e conseqüente disponibilidade energética para as populações rurais, além da necessidade de novas áreas agrícolas em substituição àquelas já exauridas por técnicas de cultivo inadequadas ao semi-árido ou mesmo pela expansão das fronteiras de pastagens extensivas. Numa visão geral, o estudo concluiu que no período observado, 1989 a 2003, a Região de Xingó sofreu uma contínua, sistemática e devastadora degradação ambiental. De fato, sob todos os aspectos, o ecossistema Caatinga foi bastante atingido pelo desmatamento, especialmente onde apresentava espécies comercialmente mais rentáveis, ora para compor a matriz energética das populações sertanejas, ora para a construção civil ou para a conquista de novas áreas de pastagem extensiva.

A **desertização** tem causas naturais, elaboradas ao longo de séculos pelas forças da natureza. Mas a **desertificação** tem causas eminentemente antrópicas, em ritmo crescente, como foi constatado neste estudo. Isto ficou muito evidente nestes 13 anos estudados – um período muito curto para os desígnios da natureza provocarem tamanho desastre ambiental.

Considerando os 4.405,29 km<sup>2</sup> da área de estudo, a análise-síntese mostrou que cerca de 215 km<sup>2</sup> nos seis municípios mais próximos à UHE Xingó apresentam problemas muito graves com relação à desertificação em janeiro de 2003. No total, cerca de 985,44 km<sup>2</sup> têm

problemas ambientais significativos relacionados à desertificação, ou seja, 22,37% da área de estudo estão relacionados com algum processo de desertificação, necessitando de atenção urgente por parte do Governo e da sociedade.

## Referências

- ACCIOLY, L.; OLIVEIRA, M.; DA SILVA, F.; BURGOS, N. **Avaliação de Mudanças no Albedo do Núcleo de Desertificação do Seridó através de Imagens do Landsat TM**. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz do Iguaçu, 2001, p. 549-556. Anais.
- ANDRADE, M.C. **A Problemática da Seca**. Recife, PE: Líber Gráfica e Editora, 1999. 94p.
- ANDRADE-LIMA, D. **Um pouco de ecologia para o Nordeste**. Recife, PE: UFPE, 1972.
- \_\_\_\_\_. **The caatingas dominium**. In: Revista Brasileira de Botânica, n. 4, p. 149-153, 1981.
- ARONOF, S. **Geographic information system: a Management Perspective**. Canadá: WDL Publications, 1989.
- ASSIS, J. S. **Biogeografia e Conservação da Biodiversidade**. Maceió, AL: Catavento, 2000. 199 p.
- \_\_\_\_\_. **Desertificação em Alagoas (Análise Físico-Ambiental Preliminar)**. Maceió, AL: UFAL, 2002. Apostila.
- BAUTISTA, H. P. **Espécies Arbóreas da Caatinga: sua importância econômica**. In: Simpósio sobre a Caatinga e sua Exploração Racional. Feira de Santana, BA: 1988. 215 p.
- BONHAM-CARTER, G.F. **Geographic information system for geoscientists: modelling with GIS**. Ottawa: Pergamon. 398 p. (Computer Methods in the Geosciences, 13).
- BRASIL, GOVERNO DO. **Desertificação – III Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Prática Gráfica e Editora, 1999. 23 p.
- CÂMARA, G. **Geoprocessamento: Teoria e Aplicações**. São José dos Campos, SP: INPE, 2000. Disponível em <<http://dpi.inpe.br/gilberto/livro>>. (Apostila).
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 1ª. Ed. São Paulo, SP: Edgard Blücher, 1999. 215 p.
- CRÓSTA, A. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: IG/UNICAMP, 1993. 170 p.
- HAZELTON, N. W. **Temporal Aspects of Map and Mapping: Some Implications**. In: Surveying and Land Information Systems, Vol. 57, N° 1, 1997, pp. 42 a 54.
- IBAMA. **Desertificação no Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em 22/09/03.
- INPE. **Tutorial do Spring**. São José dos Campos, SP: INPE, 2001. 305 p. (Apostila).
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 1991 Agregado por Setores Censitários – Vol. 2 e 3 Região Nordeste**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1 CD-ROM
- JENSEN, J.R. **Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective**. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, 1999.
- KAZMIERCZAK, M. **Uso de Dados AVHRR/NOAA GAC para Análise da Sazonalidade da Caatinga**. Fortaleza, CE: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 1996.
- LANDSAT 5 TM e 7 ETM+. Cena 215; Órbita: 067; Datas de passagem: 11/03/1989, 06/10/95 e 05/01/03. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002. Imagem de Satélite. Bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.
- MENESES, P.; MADEIRA NETTO, J. (Organizadores). **Sensoriamento Remoto – Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília: Editora UnB, 2001. 262 p.
- MOREIRA, M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2ª. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. 307 p.
- NOVO, E. **Sensoriamento Remoto – Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 293 p.
- PONZONI, F.J. Comportamento Espectral da Vegetação. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. **SENSORIAMENTO REMOTO – REFLECTÂNCIA DOS ALVOS NATURAIS**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 262p.
- REIS, J. **Desertificação no Nordeste**. Recife, PE: SUDENE, 1988. 40 p.
- SACHS, I. **Estratégias de Transição para o Século XXI**. São Paulo: Studio Nobel, 1993.
- SAMPAIO, E.; SAMPAIO, Y. **Desertificação**. Recife, PE: Editora Universitária UFPE, 2002. 85 p.
- STAR, J.; ESTES, J. **Geographic Information Systems: An Introduction**. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, 1990.
- SUITS, G.H. **Manual of Remote Sensing**. Falls Church, Virginia : American Society of Photogrammetry, 1983.
- VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para Identificação de Processos de Desertificação – Manual de Indicadores**. Recife, PE: SUDENE, 1978. 18 p.