



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## TRANSFORMAÇÕES NA PAISAGEM DA MICROBACIA DO RIACHO DO TRONCO, BOA VISTA, PB E ESTIMATIVA DA VULNERABILIDADE À DESERTIFICAÇÃO

Josandra Araújo Barreto de Melo<sup>1</sup>; Ronildo Alcântara Pereira<sup>2</sup>; Eduardo Rodrigues Viana de Lima<sup>3</sup>; José Dantas Neto<sup>4</sup>

---

### RESUMO

Tendo como matriz metodológica a abordagem sistêmica, objetivou-se analisar a evolução do comportamento espectral dos alvos da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB, no período entre 1987 e 2007, visando compreender as transformações na paisagem e estimar a vulnerabilidade à desertificação. Para tanto, utilizou-se técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, buscando compreender a dinâmica de transformação da paisagem frente à sucessão de estiagens da década de 1990 e o aumento da demanda por produtos florestais, em decorrência do agravamento das condições de vida da população, bem como da ampliação da demanda por produtos advindos da exploração da argila Bentonita. Os resultados demonstraram que, no período analisado, verificou-se uma oscilação das áreas cobertas por vegetação densa, que foram ampliadas na década de 1990, mesmo com as secas, e voltaram a decrescer na última década; a classe vegetação semi-densa vem se recuperando na última década; entretanto, apesar desse êxito, as áreas de mineração e algaroba foram ampliadas e houve redução na quantidade de água armazenada, fator preocupante, haja vista as peculiaridades climáticas locais. A partir do exposto, evidencia-se alta vulnerabilidade do meio à desertificação, desastre que compromete 29% do território paraibano.

**Palavras-chave:** Semi-Árido Brasileiro; Transformações na Paisagem; Degradação Ambiental, Desertificação.

### CHANGES IN THE LANDSCAPE OF THE WATERSHED OF RIACHO DO TRONCO, BOA VISTA, PB AND ESTIMATE OF VULNERABILITY TO DESERTIFICATION

#### ABSTRACT

With the method for systemic analysis, aimed to analyze the evolution of the spectral behavior of the targets of watershed the Riacho do Tronco, Boa Vista, PB, in the period between 1987 and 2007, aiming to understand the changes in the landscape and estimate vulnerability to desertification. Thus, it was used techniques of remote sensing and GIS, seeking to understand the dynamics of transformation of landscape during the succession of droughts of the 1990s and to the increasing demand for forest products, due to the worsening of living conditions of the population, and the expansion of demand for products derived from the operation of the Bentonite clay. The results showed that in the period examined, there was an oscillation of the areas covered by dense vegetation, which were expanded in the 1990s, even with the drought, and again declined in the last decade, the semi-dense vegetation class has been recovering in the last decade, but despite this success, the areas of mining and algaroba were extended in time and decreased the amount of water stored, worrying factor, given the specific local climate. From the foregoing is highly vulnerable to desertification of the environment, disaster that compromises 29% of Paraíba.

**Keywords:** Semi-Arid Brazil; Changes in Landscape; Environmental Degradation; Desertification.

---

Trabalho recebido em 20/07/2009 e aceito para publicação em 10/03/2010.

---

<sup>1</sup>Geógrafa, Professora do Departamento de História e Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, Doutoranda em Recursos Naturais, pela Universidade Federal de Campina Grande, PB. e-mail: ajosandra@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Geógrafo, Professor da Universidade Aberta Vida. e-mail: ronalcantara@gmail.com

<sup>3</sup>Geógrafo, Professor do Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba. e-mail: eduvianalima@gmail.com

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande. e-mail: zedantas@deag.ufcg.edu.br

## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, cada vez mais, vêm aumentando as preocupações da sociedade e das entidades ambientalistas no que se refere à necessidade de preservação/conservação do meio ambiente, tendo em vista o aumento do nível de deterioração ambiental, decorrente do modelo de desenvolvimento vigente, no qual predominam valores materialistas que não levam em consideração a capacidade de regeneração da natureza (SACHS, 2007, p. 9).

Por outro lado, sabe-se que no trato com as questões ambientais existe a necessidade de desenvolvimento de estudos que sejam abrangentes e, nesse sentido, é valiosa a adoção da microbacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento, tendo em vista que integra a complexidade do ambiente, por possibilitar analisar as conseqüências da ação social sobre o meio, de forma integrada, transformando as paisagens (TUNDISI, 2003, p. 3). Além disso, vê-se que, na maioria dos casos, a sua ocupação tem ocorrido de forma desordenada, tendo como conseqüência o aumento da vulnerabilidade do meio a alguns desastres, como a desertificação, devido a aspectos como desmatamento, ocupação inadequada, erosão e compactação do solo, assoreamento dos cursos d'água, dentre outros (BRASIL, 2006, p. 9-10).

A seca, um dos fenômenos naturais de maior ocorrência e impacto no mundo (KOBAYAMA, et al., 2006, p. 80), constitui um desastre que afeta o equilíbrio ambiental das bacias hidrográficas, principalmente nas áreas mais pobres do Planeta, a exemplo do Semi-árido brasileiro atingindo, principalmente, a população pobre da zona rural (IPCC, 2001, p. 187), que passa a procurar nos recursos naturais disponíveis, como a vegetação da Caatinga, uma forma de sobrevivência ampliando, assim, a deterioração do meio, tornando-o vulnerável à ação da desertificação que, de acordo com a definição oficial adotada na Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, deve ser entendida como 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. Esta definição tem sido explicada, discutida e ampliada em inúmeros escritos e reuniões internacionais com representantes dos países signatários, entretanto não cabe uma revisão geral no espaço resumido deste texto.

De uma forma geral, os números atuais da desertificação informam que a mesma já atinge 16% do território nacional, correspondendo a uma área de 1.338.076 km<sup>2</sup>, afetando uma população de 31.663.671 habitantes, que corresponde a 19% da população brasileira. Segundo

dados oficiais, desse total, 180.000 km<sup>2</sup> já se encontram em processo grave e muito grave de desertificação, concentrados principalmente nos Estados do Nordeste, que têm 55,25% do seu território atingido em diferentes graus de deterioração ambiental (BRASIL, 2008), sendo a Paraíba o Estado com maior grau de desertificação, segundo dados do Greenpeace. O relatório "Mudanças de clima, mudanças de vida", publicado em 2006, indica que 29% do território paraibano está intensamente comprometido, afetando diretamente mais de 653 mil pessoas.

Segundo informações do IPCC (2001), no Semi-árido brasileiro, as queimadas e a forma de trabalhar a terra têm sido os principais fatores que contribuem para a desertificação, visto que a redução da cobertura vegetal acelera o processo de erosão do solo; acarreta a evaporação das fontes de água, que secam mais facilmente; aumenta a evapotranspiração potencial e o balanço entre a captação e a perda de água fica cada vez mais negativa. Todos esses impactos ampliam a propensão à desertificação, ou seja, a vulnerabilidade que é uma categoria que congrega a dinâmica dos perigos naturais e dos recursos sociais para lidar com o perigo, numa relação entre esses condicionantes (MARANDOLA JR. e HOGAN, 2004, p.

99). No caso presente, a desertificação representa o perigo natural e a infraestrutura para lidar com os efeitos da seca e da própria desertificação representa uma forma de perigo social.

Em escala local, através das imagens de satélite e trabalho de campo desenvolvido na microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB, foi possível detectar que, apesar de ainda haver muitos remanescentes de Caatinga preservada, já é possível evidenciar a incidência de áreas com estágio avançado de desertificação, visível não apenas no solo desnudo e exposto aos processos erosivos, mas através da pouca diversidade vegetal, com predominância de espécies mais resistentes, que adquirem o *status* de plantas invasoras, a exemplo do marmeleiro (*Croton Sonderianus* Muell.Arg.), que é o principal arbusto colonizador das caatingas sucessionais do Nordeste do Brasil. Esse processo é mais visível no momento em que a Caatinga apresenta sua feição mais viçosa, ou seja, no período chuvoso.

Mediante o exposto, a presente abordagem objetiva analisar a evolução das transformações na paisagem da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB, ao longo dos últimos vinte anos, possibilitando estimar a vulnerabilidade do meio à desertificação, o que virá a subsidiar, numa etapa posterior, a

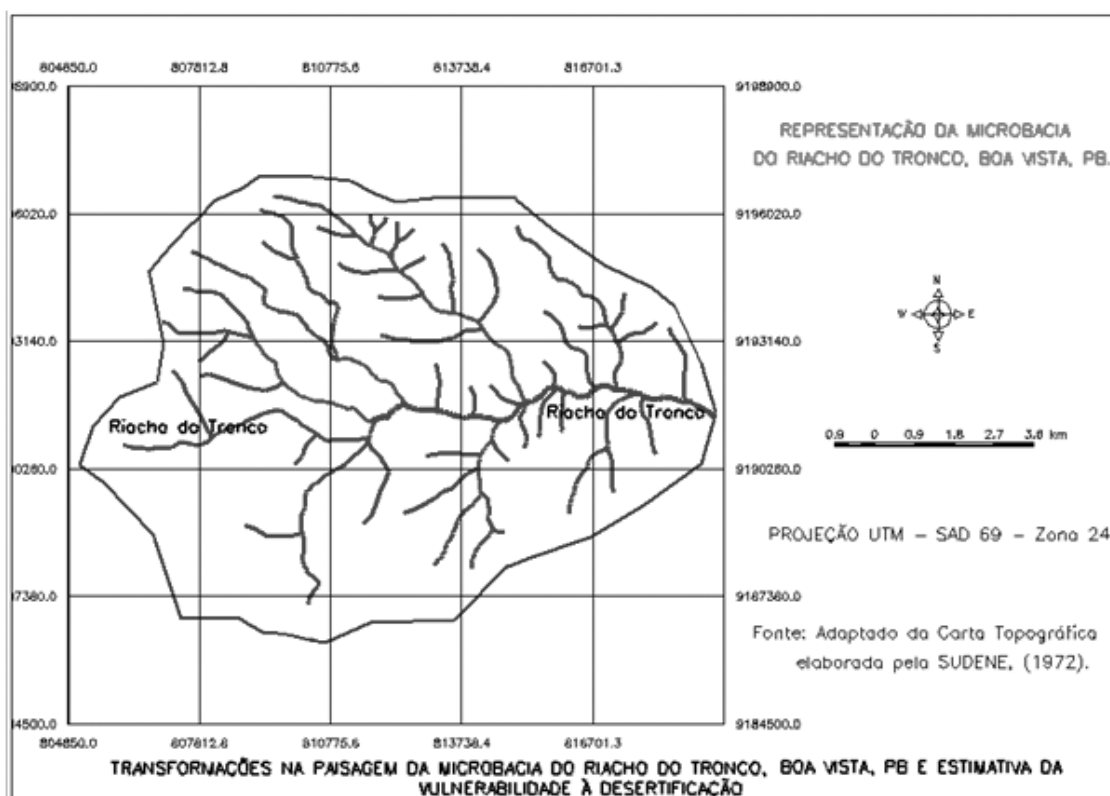
elaboração de um plano de ordenamento territorial, que possibilitará a gestão adequada do mencionado ambiente.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Localização e caracterização da área de estudo

A Microbacia do Riacho do Tronco localiza-se no município de Boa Vista, PB,

entre as coordenadas UTM 0804117 e 0820006 de longitude oeste e 9185857 e 9197073 de latitude sul, conforme Figura 1. No que concerne aos aspectos naturais, a microbacia é uma das contribuintes da Sub-bacia do Riacho São Pedro, um dos afluentes do Rio Bodocongó, PB.



**Figura 1.** Representação da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB.

**Fonte:** Adaptado da carta topográfica elaborada pela SUDENE (1972).

Trata-se de uma microbacia inserida na zona rural, com severas adversidades climáticas, o que faz com que a área seja incluída na tipologia climática BSh, segundo Köopen. As precipitações locais não ultrapassam 500 mm/ano e a

evaporação é em torno de 2.000 mm/ano, gerando um déficit hídrico (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 2006).

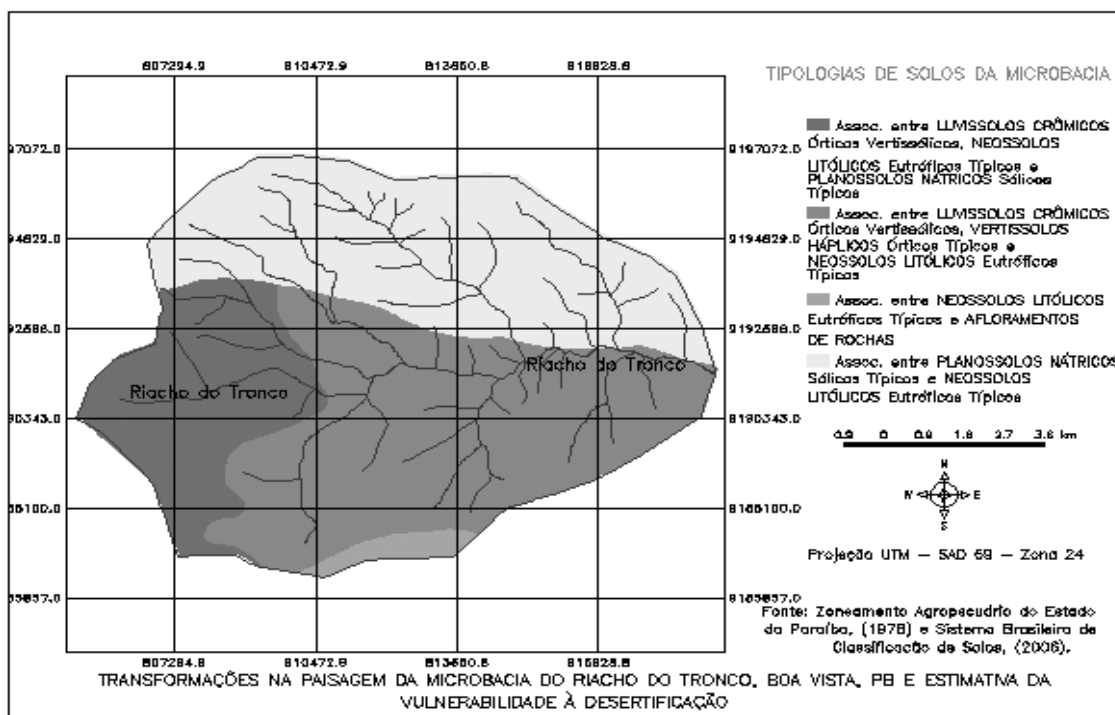
Do ponto de vista geológico, a microbacia encontra-se sobre o Sistema Pajeú-Paraíba, cujo embasamento

constitui-se de rochas gnáissicas de composição granítica e granodiorítica e por complexos migmatíticos, entretanto o aspecto diferencial em relação ao entorno é o fato de, na porção sul, encontrar-se rochas da Formação Campos Novos, que têm características de material sedimentar argiloso e fossilífero. Segundo Dantas & Caúla (1982, p. 38), tendo em vista o caráter argiloso e a impossibilidade de correlacioná-lo com qualquer outra formação sedimentar da região Nordeste, tal minério foi denominado de Argila de Boa Vista.

No que concerne aos aspectos geomorfológicos, tomando-se por base os

pressupostos de De Biasi (1992), pode-se classificar a maior proporção do relevo da microbacia (54,54%) como sendo de várzea, cujas declividades variam entre 0 e 3%, 37, 11% varia entre plano a suave ondulado, com declives entre 3 e 6%; entretanto, nas partes mais altas da Serra do Monte, elemento geomorfológico que se distingue na área, a declividade é superior a 40%, entretanto isso só corresponde a 0,13% da área da microbacia.

Os solos são bastante variados, podendo ser enquadrados em quatro Associações que formam as tipologias presentes na Figura 2.



**Figura 2:** Classes de solos presentes na Microbacia do Riacho do Tronco.

**Fonte:** Zoneamento Agropecuário da Paraíba (1978) atualizado pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2006).

Com relação à vegetação, a partir do levantamento das classes de solo que

ocorrem no local, realizado por BRASIL (1972), pelo Zoneamento Agropecuário do

Estado da Paraíba (1978) e trabalho de campo, foi possível classificá-la como sendo uma Caatinga hiperxerófila, representativa do maior grau de xerofitismo possível, aproximando-se da vegetação subdesértica. As fases de xerofitismo variam entre arbóreo-arbustiva e arbustiva aberta, típicas de áreas muito secas e/ou bastante degradadas.

As espécies mais comuns, encontradas concomitantemente em todas as classes de solo, são jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poiret.), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), ocorrendo também vestígios de espécies que se encontram na iminência de extinção, como angico (*Anadenanthera columbrina* Vell. Brenan), aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), baraúna (*Shinopsis brasiliensis* Engl.) e juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). Também existe uma variedade de cactáceas como facheiro (*Pilocereus* sp), xique-xique (*Pilocereus gounellei* K. Schum), mandacaru (*Cereus jamacaru* D. C.) e palmatória (*Opuntia palmadora* Britton & Rose); também é freqüente a presença da bromélia macambira (*Bromelia laciniosa* Mart. Ex Schult), típica de áreas com déficit.

Os recursos hídricos locais são representados pelo Riacho do Tronco, rio

de 4ª. ordem e seus afluentes e subafluentes, todos de caráter intermitente, só representando algum perigo de cheia na ocorrência de fortes chuvas e concentradas num curto período, comuns na região entre os meses de março e abril.

## 2.2. Procedimentos metodológicos

O presente trabalho fundamenta-se nos princípios da abordagem sistêmica, haja vista a compreensão de que a organização espacial é trabalhada como fruto da complexidade das interações dos elementos da paisagem, que é compreendida como resultante da ação conjunta entre os elementos geográficos que se articulam uns em relação aos outros e qualquer alteração em um implicará em mudança em toda estrutura do sistema (CAPRA, 2006, p. 17).

O trabalho foi iniciado com a escolha da área de estudo, delimitada em função do conhecimento do meio físico local, da hipótese de alta vulnerabilidade socioeconômica da população e da possibilidade de analisar as interações sociedade-natureza no local. Logo após, foi realizado trabalho de campo. De posse das informações, em laboratório, foi desenvolvida a análise da evolução das transformações na paisagem e a estimativa da vulnerabilidade à desertificação, a partir da realização das seguintes etapas:

- Delimitação da área da microbacia, a partir das linhas dos divisores de água presentes na carta topográfica do Município de Boqueirão, PB (SB-24-Z-D-III), elaborada pela SUDENE (1972), em escala de 1:100.000:

- Criação do Banco de Dados no *software* SPRING, versão 4.3.3, seguindo metodologia prescrita por Câmara *et al.* (1996), para a construção do banco de dados geográficos e para a integração de

todas as informações disponíveis da paisagem da área de estudo. Foram utilizadas imagens dos satélites CBERS-2/CCD, órbita 147, ponto 108, com resolução espacial de 20 metros, com data de 06 de abril de 2007 e Landsat-7/TM, com resolução de 30 m, órbita 215, ponto 065, datadas de 09 de maio de 1987 e 25 de julho de 1996. As especificações das imagens encontram-se no Quadro 1.

**Quadro 1:** Descrição das imagens de satélite utilizadas.

| <b>Bandas espectrais</b> | <b>Descrição dos canais</b> | <b>Comprimento de ondas - <math>\mu\text{m}</math></b> |
|--------------------------|-----------------------------|--|
| Banda 2                  | Verde                       | 0,53 – 0,61  |
| Banda 3                  | Vermelho                    | 0,62 – 0,69  |
| Banda 4                  | Infra-vermelho próximo      | 0,79 – 0,90  |

- Utilização do modelo digital de elevação (MDE) do SRTM, com 3 segundos de arco (aproximadamente 90 metros de resolução espacial), distribuído gratuitamente pelo governo norte-americano, para a elaboração de curvas de nível, equidistantes 5 metros, no *software Global Mapper*; Em seguida, tais curvas foram exportadas para o SPRING 4.3.3, possibilitando a construção do Modelo Numérico do Terreno;

- Importação para o SPRING dos pontos coletados em campo (coordenadas UTM, *datum* SAD-69) com GPS, marca Garmim, modelo Venture;

- Os procedimentos para a interpretação visual de imagens digitais, descritos a seguir, foram realizados

tomando-se como parâmetros os elementos texturais do relevo, drenagem e outros alvos, de acordo com sua densidade e orientação (tropia), conforme metodologia desenvolvida por Soares e Fiori (1976) para fotografias aéreas, adaptada por Veneziani & Anjos (1982) para imagens orbitais e, posteriormente, utilizadas para a determinação de uso da terra e evolução do processo de cobertura vegetal em municípios do Semi-árido brasileiro.

*i) Georreferenciamento ou registro das Imagens*

Após a obtenção das imagens brutas disponibilizadas pelo INPE (2008), as mesmas passaram pelo módulo IMPIMA, integrante do SPRING para o recorte da área de interesse, sendo salvas no banco de

dados, para posterior registro, a partir dos dados planialtimétricos retirados da carta topográfica da SUDENE (1972), já especificada.

O registro das imagens foi realizado através de pontos de controle extraídos da carta topográfica, como rede de drenagem, estradas e relevo da microbacia. Em seguida, a primeira imagem (1987) serviu como parâmetro para registrar as outras.

*ii) Divisão ou razão entre bandas/NDVI*

É uma operação não-linear utilizada para realçar as diferenças espectrais de um par de bandas. De acordo com Câmara et. al. (1996), para aumentar o contraste entre solo e vegetação pode-se utilizar a razão entre bandas referentes ao vermelho e ao infravermelho próximo, constituindo, assim, os chamados índices de vegetação. Desta forma, obteve-se um índice de vegetação através da equação:

$$NDVI = \text{ganho} \times \frac{(\text{banda4} - \text{banda3})}{(\text{banda4} + \text{banda3})} + \text{offset}$$

*iii) Composição multispectral ajustada (b3 + NDVI + b1)*

Este procedimento diz respeito a uma transformação RGB, onde a luz

vermelha estará posicionada na banda 3, a luz verde na imagem NDVI e a luz azul na banda 1. O resultado desta composição é que as áreas de alto valor de NDVI são representadas pelo verde (ocorrência de vegetação), ao passo que as áreas de baixa ocorrência de NDVI são representadas pelo vermelho ou azul, indicando a presença de solos expostos.

*iv) Segmentação*

Constitui-se num processo de análise de *pixels* de forma isolada. Este procedimento apresenta a limitação da análise pontual, pois se baseia unicamente em atributos espectrais. Como forma de superação, Câmara et al. (1996), propõem a segmentação da imagem previamente à fase de classificação, quando são extraídos os atributos desejados.

*v) Classificação de padrões*

Consiste no estabelecimento de um processo de decisão no qual um grupo de *pixels* é definido como pertencente a uma determinada classe. É constituída pelas fases de segmentação, classificação e mapeamento. Para realizar a classificação, no que concerne a este estudo, utilizou-se os parâmetros constantes no Quadro 2.

**Quadro 2:** Parâmetros para a classificação das imagens CCD/CBERS e TM/Landsat.

|                      |                             |                           |
|----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| <b>NDVI</b>          | Ganho: 200                  | Offset: 100               |
| <b>Segmentação</b>   | Similaridade: 15            | Área pixel: 20            |
| <b>Classificação</b> | Classificador: Bhattacharya | Limiar de aceitação: 99.9 |



A vetorização das imagens classificadas foi realizada através da função Mapeamento. Esta função permite a quantificação das classes de uso/ocupação do solo, por meio da opção do menu temático Medidas de Classes, do SPRING 4.3.3.

*vi) Edição dos mapas temáticos*

Os mapas temáticos, resultantes da evolução das classes de cobertura vegetal, da dinâmica de utilização das terras e dos níveis de degradação, foram criados no módulo SCARTA, software complementar que acompanha o SPRING 4.3.3.

*vii) Análises de parâmetros físicos do solo*

Para fins de conhecimento da natureza dos atributos físicos do solo, visto que os mesmos estão diretamente relacionados ao potencial de erosão e, portanto, mais ou menos vulneráveis à desertificação, foram coletadas 12 amostras, cada uma contendo aproximadamente 10 kg de solo, originadas de 10 amostras simples, numa profundidade de 0-20 cm das distintas unidades de paisagem da Microbacia estabelecidas pelos distintos usos do solo. As amostras foram submetidas à análise de caracterização (granulométrica, limites de liquidez e plasticidade, densidade máxima, umidade ótima), além da determinação da porosidade total.

Para a determinação de tais parâmetros, as mesmas foram encaminhadas aos Laboratórios de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande, que utilizou as recomendações contidas no Método de Ensaio 082/94, do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, bem como de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba, onde foi realizado o ensaio de porosidade total, seguindo os procedimentos recomendados no Manual de Física de Suelos, de Forsythe (1975).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Uso/ocupação do solo e evolução das transformações na paisagem**

A microbacia do Riacho do Tronco apresenta uma área de 10.516,8 hectares, composta quanto aos usos por vegetação densa, semi-densa e rala, algaroba, áreas de plantio e pastagens, mineração, água e solo exposto, conforme visualização através da Figura 3 A-C que representa o uso/ocupação do solo nos três períodos analisados. A Tabela 1 quantifica as classes de uso/ocupação do solo presentes.

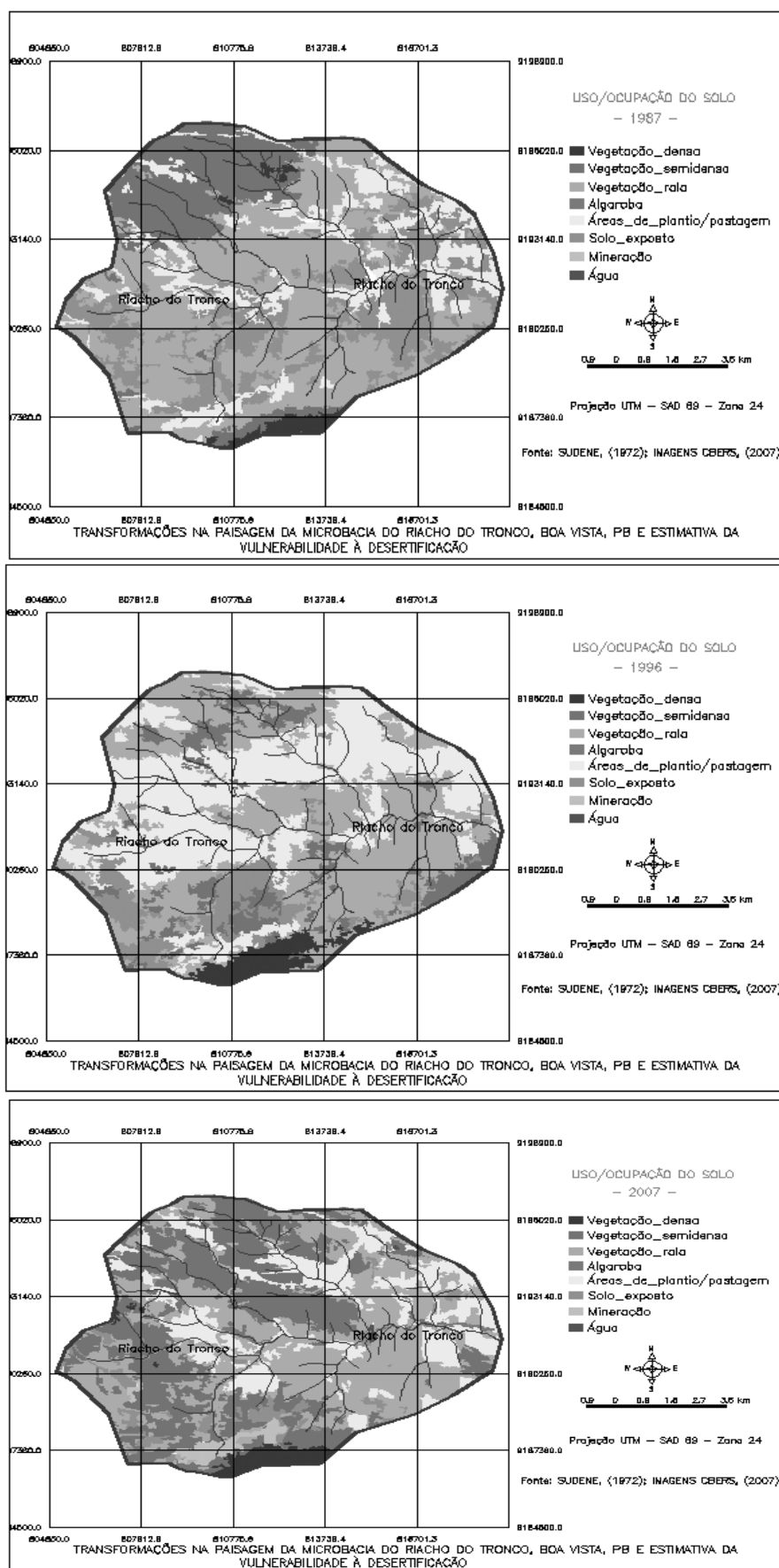


Figura 3 A-C: Uso do solo da microbacia do Riacho do Tronco – 1987, 1996, 2007.

**Tabela 1:** Uso/ocupação do solo (em hectares) na Microbacia do Riacho do Tronco, PB.

| Ano  | Vegetação Densa (ha) | Vegetação Semi-Densa (ha) | Vegetação Rala (ha) | Algaroba (ha) | Áreas de plantio e pastagem (ha) | Mineração (ha) | Água (ha) | Solo exposto (ha) |
|------|----------------------|---------------------------|---------------------|---------------|----------------------------------|----------------|-----------|-------------------|
| 1987 | 192,42               | 1.702,71                  | 4.643,10            | 31,86         | 2.977,03                         | 153,39         | 41,88     | 774,41            |
| 1996 | 362,07               | 1.052,48                  | 4.243,07            | 52,81         | 3.984,19                         | 193,70         | 4,61      | 623,87            |
| 2007 | 257,60               | 3.569,17                  | 3.637,97            | 76,01         | 2.210,96                         | 314,25         | 26,01     | 424,83            |

Pode-se perceber que a vegetação mais preservada teve sua área ampliada na cena de 1996 em relação à imagem anterior, voltando a decrescer em 2007, possivelmente, devido à expansão das áreas de mineração no entorno da Serra do Monte, uma das poucas áreas de vegetação ainda preservada na microbacia; além disso, também é possível observar uma substituição dessas formações por vegetação rala em algumas porções do sul da microbacia, o que pode ser atribuído à pecuária, tendo em vista que nesses locais existem propriedades ocupadas extensivamente por gado de corte; em contrapartida, observa-se uma implementação na quantidade de vegetação semi-densa em 2007, em relação aos dois períodos anteriores, podendo estar relacionada a desativação da exploração agropecuária da fazenda Juá – que ocupa 1.000 hectares; a esse fato somam-se os efeitos das chuvas ocorridas a partir do ano 2000, sucedendo a década de 1990, cuja seca de 1997/1998, uma das maiores do século XX (CPTEC, 2006) desestabilizou economias e destruiu famílias em toda a região.

Entretanto, um elemento marcante, danoso e em ascendência na microbacia é a espécie algaroba [*Prosopis juliflora* (LW)]. Em todo o percurso realizado ao longo das margens do Riacho do Tronco e de seus afluentes foi possível verificar a forte antropização e a incidência da espécie em substituição à mata ciliar, já degradada em períodos anteriores, fato que trás preocupações, tendo em vista o forte potencial de competição oferecido pela espécie, o que reduz a diversidade vegetal da Caatinga, bem como o potencial de regeneração das espécies em seu entorno (PEGADO et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2006).

As imagens também demonstraram um decréscimo, na última década, das áreas de plantio (agricultura) e pastagem; no que concerne à agricultura, o fato é uma realidade, tendo em vista que os baixos preços oferecidos pela produção, aliados à instabilidade climática e os custos com mão de obra não estimulam a produção, além disso, os auxílios do governo federal, na forma de bolsas, desestimulam os trabalhadores a continuarem enfrentando as árduas condições de trabalho, nas

modalidades em que são praticadas no local – informalidade, baixos salários e péssimas condições de trabalho, segurança e alimentação (PEREIRA, 2008, p.76). Quanto à pecuária, a atividade vem se mantendo estável, apesar dos baixos preços no mercado e das dificuldades de escoamento da produção; o que ficou evidente, a partir do trabalho de campo efetuado e das conversas estabelecidas com a população local. Outro aspecto a considerar é que a classe vegetação rala está inserida nessas áreas, entretanto pelo fato da resolução da imagem não permitir uma melhor distinção entre áreas de agricultura e de pastagens, visto que ambas apresentam um comportamento espectral semelhante, as mesmas foram analisadas conjuntamente.

Considerável também é a ampliação das áreas de mineração. A exploração da argila bentonita é responsável pela elevação do PIB do município de Boa Vista, que supera o de todos os demais municípios paraibanos emancipados em 1994, pois o mesmo, além das áreas de exploração mineral, conta com um parque industrial onde operam algumas empresas que lidam com o processamento do minério, como é o caso da BENTONIT UNIÃO NORDESTE S/A, BENTONISA, Bentonita do Nordeste S/A, DRESCON S/A, todas instaladas a partir da década de 1980. Segundo Soares (2003), Boa Vista

detém 62% das reservas de bentonita do Brasil. Uma das principais áreas de ocorrência desse minério é a mina do Juá, inserida na Microbacia em análise, detendo cerca de 900.000 toneladas da mencionada argila.

Entretanto, devem ser mencionados os impactos ambientais, tendo em vista que a exploração vem deixando crateras com dezenas de metros de profundidade, não havendo mais capacidade de auto-regeneração, além disso, essa exploração vem devastando as áreas ocupadas por vegetação densa e pondo em risco o ecossistema da Serra do Monte.

O armazenamento de água é um dos maiores problemas da microbacia e, de acordo com as imagens, decresceu ao longo do período analisado. No que concerne aos açudes, na atualidade, só existem dois de maior porte, situados nas maiores propriedades: o açude de Lages e do Juá. Tais reservatórios são os únicos que resistem ao período da estiagem, se a mesma não ultrapassar dois anos consecutivos, pois se assim ocorrer, a evaporação juntamente com o assoreamento, inevitavelmente, provocarão o esvaziamento dos mesmos. Outros dois reservatórios importantes na microbacia (açude da Malhada e São Pedro) foram carregados pelas chuvas ocorridas no ano 2000. O restante dos corpos hídricos é de menor porte, como barreiros e pequenas

barragens, não constituindo reservatórios que tenham condições de perpassar os períodos de estiagem sem secar, fato que deixa a população da área dependente de água obtida por caminhões pipas ou mesmo de cacimbas e poços construídos emergencialmente, sem maiores preocupações com estruturação geológica, segurança ou até mesmo higiene. Baracuhy (2001), ao realizar diagnóstico do meio físico na microbacia de Paus Brancos, PB, que possui características climáticas e ambientais semelhantes à esta unidade de análise, encontrou resultados semelhantes no que concerne a carência de fontes de abastecimento hídrico, o que acaba sendo um problema em comum na maior parte do território do Semi-árido brasileiro.

Quanto ao percentual de solo exposto, na imagem de 1996 os números

foram mais elevados. Como se tratou da década mais seca do século XX (CPTEC, 2006), talvez esteja aí uma das explicações, pois relaciona-se a morte de parte da cobertura vegetal, entretanto, como é na porção sul da microbacia, área de mineração, onde se encontram os percentuais mais elevados, a explicação está centrada em causas antrópicas, pois são realizados estudos de prospecção constantes e existem inúmeras estradas com desmatamento no seu entorno, com conseqüentes incrementos de solo exposto. Entretanto, na imagem de 2007 esses percentuais decresceram devido a incorporação dessas áreas à mineração, o que vem ampliar as preocupações ao invés de diminuir, conforme pode ser visualizado na Figura 4 A-B.



**Figura 4A:** Imediações da mineração; **B:** Área explorada, ao fundo, a Serra do Monte.

**Fonte:** Trabalho de campo, realizado em 18 de janeiro de 2009

As figuras são apenas uma representação pontual de um impacto que já atinge dezenas de km<sup>2</sup> no local; além

desses danos, ainda devem ser considerados os impactos advindos da deposição dos rejeitos, que não são

reaproveitados para nenhum fim. A partir da fiscalização dos órgãos ambientais, o material vem sendo recoberto por uma camada de solo e vêm sendo introduzidas espécies nativas como forma de

florestamento, entretanto o êxito é mínimo, tendo em vista se tratar apenas de uma tentativa de remediação para cumprir exigências legais. A Figura 5 A-B apresenta os aspectos mencionados.



**Figura 5 A:** Área de florestamento com espécies nativas; **B:** Discurso formal.

**Fonte:** Trabalho de campo, realizado em 18 de janeiro de 2009.

Na microbacia como um todo, o quadro de degradação encontra explicação tanto nas condições climáticas adversas quanto, principalmente, nas práticas seculares, sem que haja preocupações com a conservação da natureza. No que concerne aos aspectos climáticos, apesar de haver uma forte adaptabilidade a tais condições, a escassez de chuvas possibilita uma série de ações degradantes, pois a demanda sobre o meio tende a se intensificar, sob as mais diversas formas de exploração. A questão de manter os rebanhos em época de estiagem, por exemplo, é extremamente difícil, tanto para os animais, pela falta de água e forragem, quanto para o proprietário, que necessita salvar seus efetivos sem dispor da infraestrutura necessária. Para isso, o produtor

tem de buscar na Caatinga as mais diversas formas de alimento para os animais, inclusive queimando cactos, os quais servem não apenas de alimento, como também para a dessedentação, haja vista a escassez de água. Este tipo de atividade tem um grande poder destrutivo, pois os cactos têm seu desenvolvimento bastante lento, o que acaba por refletir negativamente nos índices de cobertura vegetal.

Ademais, as condições encontradas, apesar da recuperação que vem ocorrendo nos percentuais de vegetação semi-densa, na última década, classificam a área como altamente vulnerável à desertificação, que é um dos problemas mais graves da atualidade, haja vista sua ampliação representar perdas irreversíveis ao

ambiente que afetam toda a população presente no meio afetado, desestruturando toda a estrutura produtiva e até mesmo familiar, visto que na impossibilidade de continuar vivendo da possibilidade de cultivo e usufruto da terra, alguns membros da família não vão encontrar outra saída, senão a migração. O estudo da desertificação vem se revestindo de grande interesse para os estudos relacionados às questões ambientais, constituindo-se em um dos mais sérios problemas das regiões áridas do mundo e, em particular, do semi-árido brasileiro (BRASIL, 2006).

### 3.2 Caracterização dos parâmetros físicos do solo da microbacia

**Tabela 2:** Resumo dos resultados dos ensaios de caracterização das amostras de solo da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB.

| Amostras   |                                     |             | 01   | 02   | 03   | 04   | 05   | 06   | 07   | 08   | 09   | 10   | 11   | 12   |
|--|-------------------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Profundidade/cm                                    |                                     |             | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   | 20   |
| Granulometria                                      | Peneiras                            | 3/8         | -    | 99,4 | 99,8 | 96,6 | 93,2 | -    | 99,1 | -    | 94,0 | -    | 94,9 | 99   |
|  |                                     | 4           | -    | 98,8 | 99,0 | 94,3 | 88,2 | -    | 98,5 | 98,7 | 88,8 | -    | 91,6 | 98   |
|  | % que passa                         | 10          | 99,5 | 98,0 | 96,0 | 91,4 | 87,1 | 99,3 | 98,2 | 95,0 | 84,3 | 99   | 89,6 | 95   |
|  |                                     | 40          | 94,0 | 90,0 | 82,4 | 77,9 | 84,1 | 88,9 | 87,9 | 77,5 | 69,3 | 95   | 75,9 | 78   |
|  | 200                                 | 40,5        | 47,6 | 44,6 | 34,1 | 42,8 | 30,9 | 53,7 | 49,0 | 33,3 | 54   | 66,5 | 39   |      |
| Limites  | Liquidez                            |             | NL*  | NL   | NL   | NL   | 38   | NL   | 31   | NL   | NL   | 30   | 74   | NL   |
|  | Plasticidade                        |             | NP*  | NP   | NP   | NP   | 14   | NP   | 12   | NP   | NP   | 11   | 24   | NP   |
|  | Densidade max. (g/cm <sup>3</sup> ) |             | 1,58 | 1,68 | 1,49 | 1,62 | 1,83 | 1,62 | 1,79 | 1,46 | 1,64 | 1,55 | 1,61 | 1,52 |
| Golpes por camada                                  | 25                                  | Umidade (%) | 12,0 | 10,0 | 10,4 | 10,0 | 17,0 | 13,2 | 14,3 | 12,5 | 15,6 | 10,8 | 28,6 | 12,0 |
| Porosidade total (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) |                                     |             | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,40 | 0,32 | 0,40 | 0,34 | 0,44 | 0,39 | 0,40 | 0,38 | 0,43 |

NL\* - Não líquido; NP\* - Não plástico

Em decorrência dos ensaios de caracterização realizados, pode-se afirmar que as 12 amostras analisadas podem ser classificadas em dois grupos, sendo um enquadrado em solos minerais, representados pelas amostras de 01 a 04,

A Tabela 2 apresenta as características determinadas. As amostras 01, 02, 04, 05, 06, 09 e 12 foram retiradas de áreas com uma vegetação de Caatinga em fase sucessional, com indícios de uso, durante muito tempo, com a pecuária, enquanto que as de número 03, 04, 07 e 08 foram coletadas em áreas de plantio de palma, milho e feijão e, por fim, a amostra 11 foi retirada de uma camada de solo disposta sobre rejeitos minerais efetuada pela BENTONIT União Nordeste S/A, em cumprimento às exigências dos órgãos de fiscalização ambiental.

juntadas a 06, 08, 09 e 12, que possuem pouca coesão em virtude da falta de partículas argilosas, aspecto que em muito compromete a integridade destas áreas por ele recobertas, representando um potencial significativo à erosão; Também é

característica inerente a este tipo de solo, a baixa produtividade na agricultura e o fraco desempenho para a atividade pecuária dada a baixa quantidade de matéria orgânica e, por conseguinte, pouca fertilidade, o que só tende a aumentar a sobrecarga de animais no pastoreio, contribuindo para o aparecimento de ravinas e voçorocas, células embrionárias do processo de desertificação.

O outro grupo, minoritário, com teores de argila bastante elevados, é representado pelas amostras 5, 7 e 10 e pela camada de solo sobre rejeito, representada pela amostra 11. Em que pese serem estes solos bem resistentes à deformação e, por conseguinte representarem um potencial menor à erodibilidade, além de deterem um poder muito maior de retenção de água, propriedades como a porosidade ficam prejudicadas. Dessa particularidade decorre um aumento considerável no escoamento superficial, já que compromete os níveis de absorção, resultando em carregamento de material para os corpos e cursos d'água, alimentando o processo de assoreamento de sua área de ocorrência.

Todas as amostras analisadas através do proctor normal (menor energia aplicada) apresentaram um valor de densidade significativo, o que implica em susceptibilidade por pisoteio, alterando a estrutura física, e reduzindo a porosidade

total e, conseqüentemente, acarretando maiores restrições ao crescimento e desenvolvimento radicular das plantas. Por correlação, isso implica em pequenos teores de matéria orgânica presentes no solo e, conseqüentemente, restrição da fertilidade. Sem cobertura vegetal as gotas de chuva incidem sobre o solo nu e, privado da absorção a água se desloca mais rapidamente, o que é um agravante a mais nos processos erosivos, passando os vazios do solo a serem ocupados pelo ar (KIEHL, 1979, p. 105).

#### 4. CONCLUSÕES

Os fatores que originam a desertificação são múltiplos e complexos, com inúmeros mecanismos de retro-alimentação, tornando sua análise extremamente difícil, entretanto os resultados deste trabalho permitem verificar que a Microbacia do Riacho do Tronco já congrega, concomitantemente, vários aspectos que a tornam vulnerável à ampliação do processo, que vão se ampliando a partir das transformações da paisagem, a saber:

- Decréscimo nos percentuais de vegetação densa, dando lugar a uma vegetação rala e aos incrementos de solo exposto, na última década;
- Apesar da classe vegetação semi-densa mostrar sinais de



recuperação, de acordo com a imagem de 2007, as áreas de mineração e plantio de algaroba foram ampliadas; a mineração, por sua natureza, de forma direta já acarreta a desertificação, visto que as crateras e rejeitos não são reabsorvidos pela natureza; quanto a algaroba, a mesma vem substituindo as matas ciliares e desprotegendo os cursos d'água, que se tornarão ainda mais escassos, prejudicando toda a dinâmica natural e social local;

- As tipologias de solo analisadas apresentam propensão à erosão e/ou compactação, fatores que integram os indicadores de desertificação.

A partir do exposto, das práticas em curso e das propriedades do solo da microbacia, evidencia-se alta vulnerabilidade do meio à desertificação, o que embasa a certeza de que é premente a necessidade de ações que primem pela sustentabilidade, venham estas dos governos ou da sociedade organizada.

## 5. REFERÊNCIAS

BARACUHY, J. G. V. **Manejo integrado de microbacias hidrográficas no semi-árido nordestino: estudo de um caso.** 2001. 221 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais)

- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento Exploratório de reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II - Interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba.** Rio de Janeiro: M.A./CONTAP/USAID/BRASIL, 1972.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conhecendo o PAN-BRASIL: Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** Brasília: MMA/Secretaria de Recursos Hídricos/Coordenação Técnica de Combate à desertificação, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação.** Disponível em: <<http://www.desertificacao.cnrh.srh.gov.br/>>. Acesso em: 28 abr. 2008.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO JR., F. SPRING: integrating remote sensing and gis by objectoriented data modelling. **Computers & graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, mai./jun. 1996.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos.** São Paulo: Editora Cultrix, 2006.

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **El Niño e La Niña.** 2006. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 17 jul. 2008.

DANTAS, J. R. A.; CAÚLA, J. A. L. Estratigrafia e Geotectônica. In: DANTAS, J. R. A. et. al. **Mapa Geológico da Paraíba: texto explicativo.** Campina Grande: CDRM, 1982, p. 17-54.

DE BIASI, M. A. Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua

- confeção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, nº 6, p. 45-60, jan./mar. 1992.
- FORSYTHE W. M., **Física de Suelos**: manual de laboratório. São José: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1975.
- GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba**. João Pessoa: Secretaria da Agricultura e Abastecimento/UFPB/FUNAPE, 1978.
- GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Brasília: Consórcio TC/BR, 2006.
- GREENPEACE. **Mudanças de clima, mudança de vida**: como o aquecimento global já afeta o Brasil. Greenpeace Brasil: 2006. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org.br/clima>>. Acesso em: 30 mai. 2008.
- HOGAN, D. J; MARANDOLA JR. E. Para uma conceituação interdisciplinar da vulnerabilidade. In: CUNHA, J. M. P. (Org.) **Novas Metrópoles Paulistas**: população, vulnerabilidade e segregação. Campinas: Núcleo de Estudos de População -NEPO/UNICAMP, 2006, p. 23-50.
- INPE. Instituto de Pesquisas Espaciais. **Downloads de imagens de satélite**. São José dos Campos – SP: 2008. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br>> Acesso em: 12 mar. 2008.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change**, Chapter 19, p. 779-810. 2001. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 15 ago. 2008.
- KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia**: relações solo-planta. São Paulo: Ed. Agrônômica CERES, 1979.
- KOBIYAMA, M. et alli. **Prevenção de Desastres Naturais**: conceitos básicos. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.
- OLIVEIRA, F. X. de. **Impactos da invasão da Algaroba - *Prosopis juliflora* (sw.) DC. – sobre o componente arbustivo-arbóreo da Caatinga nas microrregiões do Curimataú e do Seridó, nos estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 2006.
- PEGADO, C. M. A.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L. P.; PEREIRA, I. M. Efeitos da invasão biológica de algaroba (*Prosopis juliflora* [Sw] DC.), sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da Caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Revista Acta Botânica Brasileira**, São Paulo, v. 20, n. 4, São Paulo, out./dez. 2006.
- PEREIRA, R. A. **Impactos ambientais decorrentes das condições antropogênicas no município de São João do Cariri-PB**. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) - Campina Grande, PB: CTRN/UFCG, 2008.
- SACHS, I. **Rumo à ecossocioeconomia**: teoria e prática do desenvolvimento. São Paulo: Cortez Editora, 2007.
- SOARES, F. A. O. **Boa Vista de Sancta Roza**: de fazenda à municipalidade. Campina Grande: EPGRAF, 2003.
- SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em Geologia. **Revista Notícias Geomorfológicas**, v.16, n.32, p.71-104, 1976.
- SUDENE, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Carta Topográfica do Município de Boqueirão, PB (SB-24-Z-D-III)**, 1972. Escala 1:100.000.

TUNDISI, J. G. A bacia hidrográfica como laboratório experimental para o Ensino de Ciências, Geografia e Educação Ambiental. In: SCHIEL, D.; MASCARENHAS, S.; VALEIRAS, N.; SANTOS, S. A. M. dos. (Org.). **O estudo de bacias hidrográficas**: uma estratégia para

educação ambiental. 2<sup>a</sup>. ed. São Carlos: RiMa, 2002, p. 3-8.

VENEZIANI, P.; ANJOS, C. E. dos. Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia. São José dos Campos: INPE, 1982.