



O ESPAÇO GEOGRÁFICO EM ANÁLISE

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR  
DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) PARA ANÁLISE DA  
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA MICROBACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIACHO DOS CAVALOS,  
CRATEÚS-CE.

*APPLICATION OF THE NORMALIZED DIFFERENCE  
VEGETATION INDEX (NDVI) IN THE ANALYSIS OF THE  
ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF THE MICROBASIN  
OF RIACHO DOS CAVALOS, CRATEÚS – CE.*

Ewerton Torres MELO <sup>1</sup>

Marta Celina Linhares SALES <sup>2</sup>

José Gerardo Bezerra de OLIVEIRA <sup>3</sup>

**RESUMO**

Situada no município de Crateús-CE, interior do Estado Ceará, a microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos apresenta sérios problemas ambientais decorrentes do uso intensivo dos recursos naturais através de técnicas rudimentares e manejo incorreto do solo. O desmatamento constitui como principal impacto verificado nesta área, provocando assim a degradação das terras pelos processos erosivos, e apresentando, em alguns setores, cenários de desertificação. O objetivo do presente artigo é apresentar uma metodologia de análise da cobertura fitogeográfica da microbacia do Riacho dos Cavalos através Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). E dessa

<sup>1</sup> Geógrafo, Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente pelo PRODEMA/UFC. [etmsertao@yahoo.com.br](mailto:etmsertao@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Departamento de Geografia da UFC, doutora em geografia e professora da UFC. [mclsales@uol.com.br](mailto:mclsales@uol.com.br)

<sup>3</sup> Departamento de Biologia da UFC, doutor em ecologia e professor da UFC [jgboliv@gmail.com](mailto:jgboliv@gmail.com)

forma, avaliar o estado geral de degradação ambiental, por meio da análise dos índices de cobertura vegetal que classificam diretamente os níveis de proteção do solo através da densidade da vegetação. Este trabalho resultou ainda na elaboração dos mapas de índice de cobertura vegetal da microbacia dos anos de 1979 e 2006, que serviram acima de tudo, para uma avaliação das transformações ocorridas, em termos de cobertura, ocupação e uso do território da microbacia entre esses anos.

**Palavras-chave:** degradação ambiental; cobertura vegetal; NDVI; Crateús-CE.

## ABSTRACT

Located in the municipality of Crateús – CE, in the countryside of the state of Ceará, the microbasin of Riacho dos Cavalos presents serious environmental problems deriving from the intense use of natural resources through primitive techniques and incorrect management of the soil. The deforestation constitutes the main impact that is verified in the area, provoking the degradation of the lands by erosive processes, and presents, in some sectors, scenarios of desertification. The objective of this article is to present a methodology for the analysis of the phytogeographical cover of the microbasin of Riacho dos Cavalos through the *normalized difference vegetation index* (NDVI). This way we can evaluate the general state of environmental degradation, through the analysis of vegetal cover indexes that classify directly the levels of soil protection through the density of vegetation. This work resulted still, in the elaboration of maps of vegetal cover indexes of the microbasin for the years of 1979 and 2006, which were useful, above all, for the evaluation of the transformation that occurred, in terms of cover, occupation and use of the microbasin's territory between these years.

**Key-words:** environmental degradation; vegetation cover; NDVI; Crateús/CE.

## INTRODUÇÃO

A microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, no município de Crateús-CE, está inserida em uma região dotada de melhores condições de umidade e solos propícios à agricultura. Essas condições são características dos chamados pés-de-serra, que de acordo com Andrade (2005), correspondem aos lugares onde fluem os materiais transportados das encostas pelas enxurradas e apresentam quase sempre um manto de solo mais espesso, o que permite a conservação, por um espaço de tempo maior, da umidade fornecida na estação chuvosa.

Para Souza (2006), os “brejos” ou “pés-de-serra”, concentram elevados contingentes demográficos. Em decorrência disso, o uso da terra é intenso, implicando forte pressão sobre os recursos naturais renováveis. Por essa

mesma razão, a microbacia do Riacho dos Cavalos foi intensamente povoada e conseqüentemente explorada de forma demasiada com técnicas tradicionais e rudimentares que culminaram em um alarmante processo de degradação ambiental, levando inclusive à desertificação.

De acordo com Sales (1997), o cultivo intensivo, superpastoreio e retirada de madeira, assim como o uso de tecnologias inadequadas (principalmente na irrigação de terras), têm sido citados como principais causas da desertificação nas regiões áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas. “Associado a isto, há o problema da existência de uma estrutura fundiária extremamente rígida onde se desenvolvem atividades agropecuárias de baixo nível tecnológico, que inevitavelmente leva a práticas agrícolas predatórias e, conseqüentemente, à degradação ambiental” (SALES, 2002).

Diante desse cenário, a cobertura vegetal se apresenta como um fator extremamente importante na manutenção dos recursos naturais renováveis. “Além de exercer papel essencial na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica” (BELTRAME, 1994, p.14). A vegetação funciona como um manto protetor dos recursos naturais, e por essa razão, sua distribuição e densidade definem o estado de conservação do ambiente.

Compreende-se, portanto, que analisar a densidade da cobertura vegetal, assim como, sua espacialidade, torna-se um importante mecanismo para estudos voltados para análise da degradação ambiental, gestão e planejamento dos recursos naturais, compreensão dos processos hidrológicos, diagnóstico do dinamismo no espaço agrário e entre outras finalidades, principalmente quando se utiliza a microbacia hidrográfica como unidade espacial de análise (MELO 2008).

Sob esta perspectiva, o presente trabalho consistiu na análise da cobertura vegetal da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos por meio do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ou índice de vegetação por diferença normalizada. Gerando assim, uma ferramenta indispensável para a

compreensão do processo de degradação ambiental desta área, e acima de tudo, uma contribuição valiosa para os trabalhos de planejamento ambiental.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Características gerais da área de trabalho

A microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos está localizada na porção oeste do município de Crateús-CE, possui aproximadamente 457 km<sup>2</sup> e faz parte da bacia de drenagem do Rio Poti, que por sua vez integra a grande bacia hidrográfica do Parnaíba (FIGURA 01). Esta microbacia possui ainda características marcantes no que diz respeito às condições geoecológicas, pois está inserida entre dois domínios geológico-geomorfológicos: a Depressão Sertaneja (Embasamento Cristalino Pré-Cambriano) e o Planalto Sedimentar da Ibiapaba (Formação Serra Grande, período Siluro-Devoniano). Estas características foram determinantes para os padrões de ocupação e uso do território, assim como suas implicações com relação à degradação dos recursos naturais no contexto da microbacia hidrográfica (MELO, 2008).

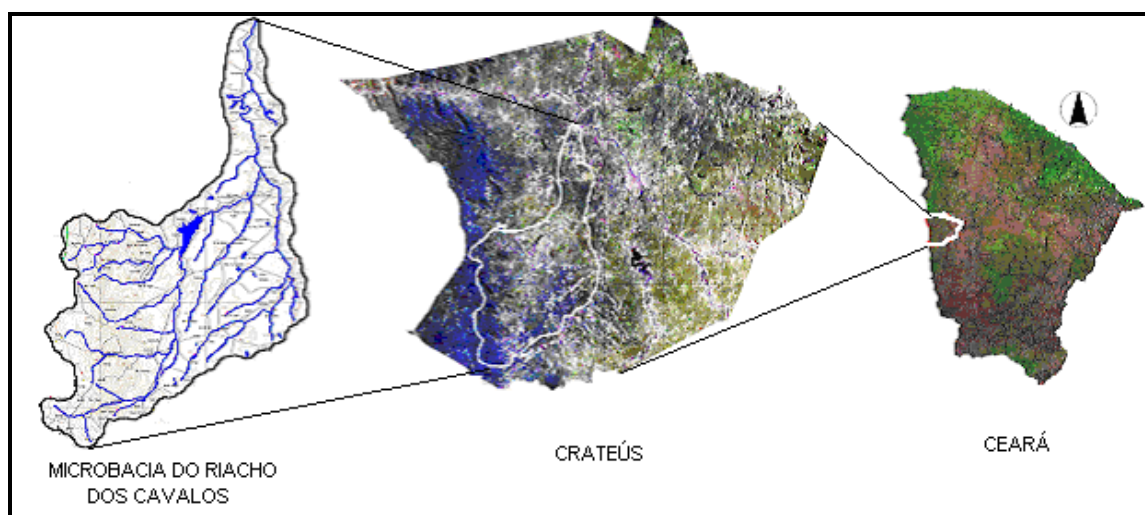


FIGURA 01 – Localização geográfica da microbacia do Riacho dos Cavalos.

O clima local é caracterizado como Tropical Quente Semi-árido Brando e Tropical Quente Semi-árido, com temperatura média de 26° a 28°C e pluviosidade média de 730 mm. Os solos são representados pelas Areias Quartzosas Distróficas, Bruno Não Cálcico, Latossolo Vermelho Amarelo, Planossolo Solódico e Podzólico Vermelho-Amarelo. A vegetação é constituída pela Caatinga Arbustiva Aberta, Carrasco, Floresta Caducifólia Espinhosa e Florestas Subcaducifólia Tropical Pluvial (IPECE, 2005).

As principais atividades econômicas residem na agricultura de subsistência de feijão, milho e mandioca, além de monoculturas de algodão, cana-de-açúcar, castanha de caju e frutas diversas. Na pecuária extensiva destaca-se a criação de bovinos, ovinos, caprinos e suínos. O extrativismo vegetal baseia-se na fabricação de carvão vegetal, extração de madeiras diversas para lenha e construção de cercas, além de extração de óleo da oiticica e cera da carnaúba.

## **2.2 Procedimentos metodológicos**

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores satelitários. Segundo Shimabukuro (1998), o NDVI é muito utilizado na estimativa de biomassa, na estimativa de cobertura vegetal e na detecção de mudanças de padrão de uso e cobertura da terra.

O uso do NDVI para a região semiárida surgiu como alternativa para modelar e monitorar o estágio de degradação desses ambientes. Em 1998, Kazmierczak com base no trabalho de Mouat (1994) indica o uso do NDVI para estudos das áreas degradadas do sertão nordestino, com o desenvolvimento de um algoritmo para indicar a suscetibilidade a desertificação. Barbosa (1998) associa o uso do NDVI com a precipitação no nordeste para os anos de 1982-85.

A partir de então diversos trabalhos foram desenvolvidos nessa perspectiva. Accioly *et al* (2002) discutem o papel do sensoriamento remoto na avaliação e no monitoramento dos processos de desertificação, Teotia *et al* (2003) utilizam o NDVI para classificação da cobertura vegetal como forma de

subsídio para definir a capacidade de uso da terra. Perez et al (2003) apresentam os resultados preliminares de uma análise, por meio das componentes principais, do uso NDVI no Nordeste Brasileiro.

Trabalhos mais recentes direcionadas para regiões semiáridas associam a determinação do NDVI com uso de outras ferramentas do geoprocessamento, em especial o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land), BRANDÃO et al (2007); RODRIGUES et al.(2009); BEZERRA et al (2011).

Especificamente neste trabalho o uso do NDVI permitiu comparar a cobertura vegetal atual com a cobertura vegetal pretérita em uma análise de evolução temporal.

A partir do NDVI é possível determinar a densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área (quanto maior este índice de vegetação, mais densa é a fitomassa verde). De acordo com Novo (1989), à medida que aumenta a quantidade de vegetação verde, aumenta a reflexão na banda do infravermelho próximo e diminui a reflexão na banda do vermelho fazendo com que o aumento da razão seja potencializado, realçando assim a vegetação.

Dessa forma, Jensen (1996) descreve para o cálculo do NDVI a seguinte equação:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

Em que:

**NDVI** é o índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

**NIR** é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Infravermelho Próximo (0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$ );

**R** é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69 $\mu\text{m}$ ).

A vegetação é caracterizada, assim, por uma intensa absorção devido à clorofila na região do vermelho (0,63 – 0,69  $\mu\text{m}$ ) e por uma intensa energia refletida na região do infravermelho próximo (0,76 – 0,90  $\mu\text{m}$ ) causada pela estrutura celular das folhas. Se o objetivo central é gerar o NDVI da imagem selecionada, só é necessário utilizar as bandas 3 e 4 da imagem, as quais

atuam no comprimento de onda que correspondente a região do visível-vermelho e ao infravermelho próximo.

O utilitário *Vegindex* do *software* IDRISI 32, dispõe de dezenove diferentes tipos de cálculo do índice de vegetação, e por meio dele, calculou-se o NDVI através do processamento das bandas 3 e 4. Os valores do NDVI oscilam de -1 a +1. Quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal, ou seja, ela apresenta-se em seu estágio denso, úmida e bem desenvolvida. A água tem reflectância na banda 3 maior do que na banda 4, portanto, apresenta valores negativos, próximos a -1, no NDVI. As nuvens refletem de forma semelhante no visível e no infravermelho próximo, portanto, espera-se que o valor do pixel seja bem próximo de zero. O solo nu sem vegetação, ou com vegetação rala e esparsa, apresenta valores positivos, mas não muito elevados. A Figura 02 expõe a escala de valores e suas cores correspondentes ao NDVI.

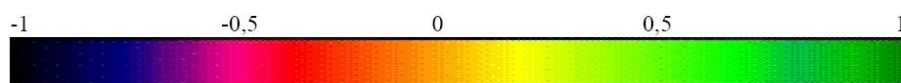


Figura 02 - valores da razão entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo.

### 2.2.1 Índice de Cobertura Vegetal da Microbacia do Riacho dos Cavalos

O estabelecimento das classes de vegetação da microbacia do Riacho dos Cavalos resultou das variações identificadas pelo NDVI, permitindo assim, a formulação de um Índice de Cobertura Vegetal. Este índice foi determinado em dois anos distintos, dando prioridade à imagem de satélite mais antiga e uma mais recente, na expectativa de verificar as mudanças ocorridas em termos de cobertura vegetal entre o período analisado. Diante das dificuldades de encontrar imagens sem interferência de nuvens na escala proposta, somente foram selecionadas imagens de 1979 e 2006, ou seja, uma diferença de 27 anos, bastante significativo para análise das mudanças na cobertura vegetal.

É importante salientar que na Caatinga deve-se ter o cuidado com as datas, períodos, das imagens de satélite a serem utilizadas para o NDVI, pois a

Caatinga sofre considerável variação na fitomassa durante o ano, especialmente quando se compara a vegetação no período chuvoso com o de estiagem. Dessa forma, para esta pesquisa, utilizou-se de produtos satelitários imageados basicamente no fim da estação chuvosa no Estado do Ceará, pois neste período a quantidade de água no sistema se encontra relativamente estável com melhor realce da vegetação pelo NDVI.

Dessa forma, foram obtidas, mediante o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), imagens geradas pelo sensor *Multi-Spectral Scanner Imagens* (MSS) acoplado ao satélite Landsat 2 na órbita 234 e ponto 064 datada em 19/08/1979, e imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) acoplado ao satélite Landsat 5 na órbita 218 e ponto 064, datada em 06/08/2006. São duas imagens com resoluções espaciais diferentes devido ao fato de que para os anos de 1979 e 2006 não se gerou imagens que tivessem ambas, a mesma resolução. Em seguida foram selecionadas as bandas correspondentes aos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo para gerar as imagens NDVI por meio do *Vegindex* do *software* IDRISI 32.

Para uma melhor representação dos índices de vegetação, as imagens NDVI dos anos de 1979 e 2006 foram reclassificadas, utilizando o *Reclass* do IDRISI 32, para cinco classes, onde todos os valores negativos foram convertidos para o nível [1] e todos os valores positivos condensados até ao nível máximo de [5]. Com isso, as imagens ficaram representadas por níveis que variam de 1 para as piores condições do índice de cobertura vegetal e 5 para as melhores condições encontradas na área de estudo. Este processo resultou na elaboração dos mapas de Índice de Cobertura Vegetal da microbacia para os anos de 1979 e 2006, conforme apresentado na Figura 03.



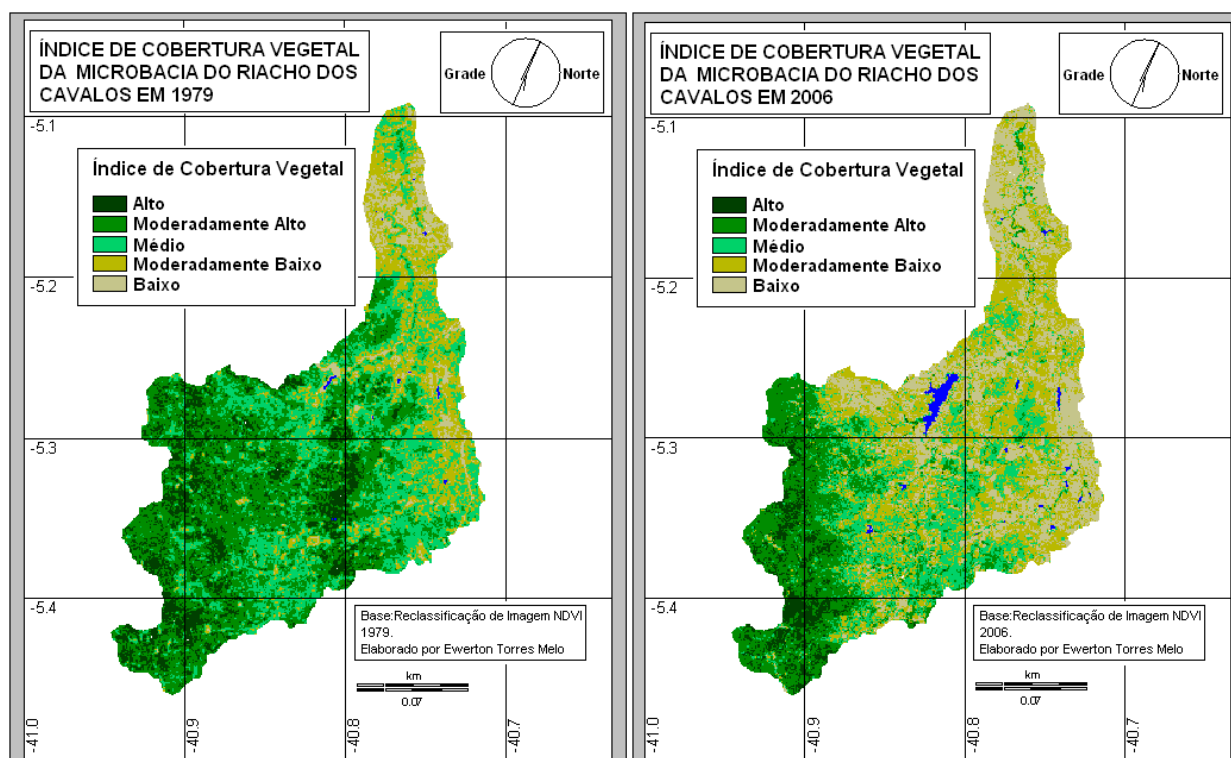


Figura 03 – Mapas do Índice de Cobertura Vegetal dos anos de 1979 e 2006.

Através do uso do mapa de 2006 foi possível verificar em campo quais os tipos de cobertura vegetal representavam cada índice configurado nos mapas. De imediato, constatou-se que o índice “Alto” corresponde às áreas cobertas pela Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (ou Mata seca). O índice “Moderadamente Alto” está representado pela Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea). O “Médio” apresenta uma Caatinga arbustiva aberta, já o “Moderadamente baixo” foi identificado como lavouras e pastagens, enquanto que o índice “Baixo” apresentou-se como áreas desprovidas de vegetação (solo nu). Os fragmentos de cor azul, que aparecem principalmente no mapa de 2006, correspondem aos corpos hídricos superficiais, identificados em campo como açudes.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os mapas elaborados a partir do NDVI mostram claramente uma considerável variação da cobertura vegetal e, sem dúvida, dos padrões de uso da terra entre os anos de 1979 e 2006. É rapidamente perceptível, na análise dos mapas, a constatação de uma enorme perda de Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial e Floresta Caducifólia Espinhosa. Trata-se de unidades vegetacionais com altos níveis de proteção dos solos, ou seja, possuem índice alto e Moderadamente alto de cobertura vegetal na microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos. Significa dizer, portanto, que houve significativas reduções de áreas conservadas em detrimento da expansão das atividades agropecuárias, evidentemente representadas pelo aumento substancial de áreas desmatadas, como mostram os gráficos abaixo (FIGURA 04).

### Índice de Cobertura Vegetal da Microbacia do Riacho dos Cavalos

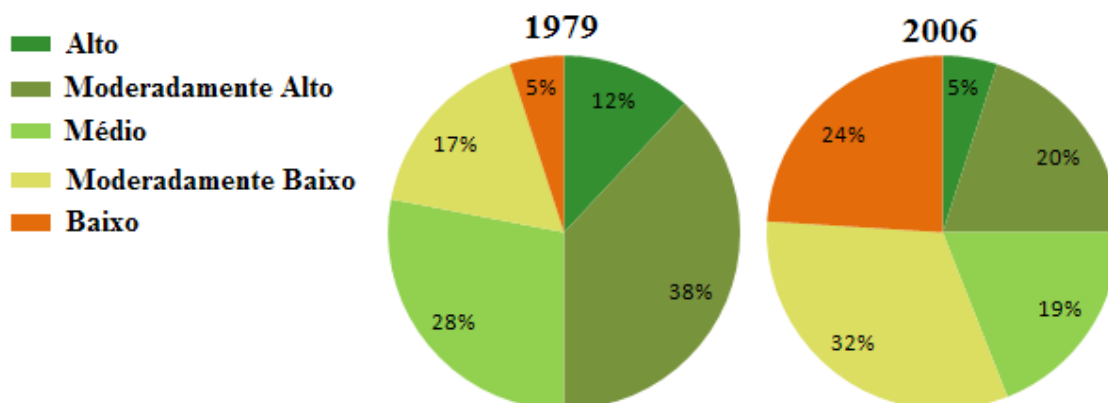


Figura 04 – Representação percentual das áreas classificadas pelo índice de cobertura vegetal.

Em 1979, o setor que corresponde ao índice de cobertura vegetal “Baixo” era de aproximadamente 22 km<sup>2</sup>, ou 0,5% da área da microbacia, já no ano de 2006 essa área expandiu para 108 km<sup>2</sup>, denotando assim a maior variação ocorrida dentre os índices analisados. Da mesma forma, nota-se uma larga expansão das áreas identificadas pelo índice “Moderadamente Baixo”, cuja análise de campo descreveu como áreas agrícolas e pastos.

Essa expansão ocorreu principalmente nas direções centro e nordeste da microbacia, áreas devidamente próximas à sede municipal de Crateús. No entanto, as áreas próximas aos açudes certamente sofreram maior impacto com a supressão da cobertura vegetal, uma vez que os açudes contribuem para o adensamento populacional e exploração dos recursos naturais, seja através da agricultura irrigada ou pecuária. Foi verificado em campo que grande parte dessas áreas apresentam sérios problemas de erosão dos solos, principalmente nas áreas irrigadas, favorecendo o surgimento de sulcos de erosão avançados, como as voçorocas visualizadas na imagem de satélite abaixo e pelo detalhe da foto ao lado (FIGURA 05).



Figura 05 – Imagem de uma área de irrigação totalmente degradada, mostrando as inúmeras voçorocas, onde uma delas é vista com mais detalhe na foto ao lado. Local: Distrito de Realejo. Fonte: Imagem do Google Earth 2004 e foto dos autores.

Por outro lado, nota-se que as florestas remanescentes, cujos índices de cobertura vegetal são altos ou moderadamente altos, estão concentradas na porção oeste da microbacia, região identificada pelo Planalto sedimentar da Ibiapaba, ou Serra Grande. As condições do relevo contribuíram de certa forma para preservar a floresta que está situada no topo e nas encostas do Planalto,

pois a inclinação do terreno, a falta de recursos hídricos superficiais e a dificuldade de acesso ao topo da serra, serviram de obstáculos ao desenvolvimento das atividades agropecuárias neste setor. O resultado preliminar sugere que caso não haja um trabalho de proteção dessas áreas, o destino será o mesmo de todo o restante da área da microbacia, visto que a degradação das terras que as transformaram em improdutivas promove a busca de novas áreas para explorar com os mesmos padrões de ocupação e uso.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de ferramentas para o processamento de imagens de satélite, especificamente o NDVI, mostrou-se bastante eficiente e preciso para a identificação da cobertura vegetal da microbacia do Riacho dos Cavalos. Dessa maneira, foi possível elaborar um material indispensável para análise ambiental da área estudada, onde os níveis, ou índices de cobertura vegetal representam as reais condições de conservação e de degradação ambiental dessa área.

Finalmente, espera-se que este trabalho sirva de subsídio para o estabelecimento de medidas de preservação, conservação e recuperação das áreas degradadas, assim como, subsídio indispensável para o planejamento ambiental da microbacia do Riacho dos Cavalos, apregoada nos preceitos da sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, L. J. de O.; COSTA T. C. C .da; OLIVEIRA M. A. J. de; SILVA, F. H. B. B. da; BURGOS, N. O papel do sensoriamento remoto na avaliação e no monitoramento dos processos de desertificação do semi-árido brasileiro. **I SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO. 10. 2002 Anais...** Aracaju/SE, 2002. p. 1-4. AGRITEMPO.

ANDRADE, M. C de. **A terra e homem no Nordeste:** contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste. 7ª ed. Cortez, São Paulo, 2005. 334p.

BARBOSA, H. A. **Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região Nordeste do Brasil em 1982-85.**

Dissertação de Mestrado. Divisão de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, Brasil. 1998.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BEZERRA, M. V. C.; SILVA B. B. da; BEZERRA, B. G. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.7, p.709–717, 2011. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG.

BRANDÃO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. da. Uso do NDVI para determinação da biomassa na chapada do Araripe. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 75-81.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal: Crateús.** Fortaleza: IPLANCE, 2005.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective.** 2ª. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.

KAZMIERCZAK M. L. Desenvolvimento de um algoritmo para Modelar a Susceptibilidade de Desertificação no Nordeste do Brasil: Algoritmo Isd[Neb]. **Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE, p. 133-143.

MELO, E. T. **Diagnóstico Físico Conservacionista da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos – Crateús/CE.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Fortaleza, 2008.

MOUAT, D. A. Use of time-series AVHRR satellite greenness indices in the assessment of desertification. In: **International Symposium and Workshop on Desertification in Developed Countries: Why can't we control it ?** Proceedings. Tucson, Arizona, 1994.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** Edgar Blucher, São Paulo, 1989.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G.; ARRAES, F. D. D. Avaliação da dinâmica da cobertura vegetal na bacia Forquilha, Ceará, Brasil pelo uso do NDVI. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6125-16132.

SALES, M. C. L. **Estudo da Degradação Ambiental em Gilbués – PI. Reavaliando o “Núcleo de Desertificação”.** Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 1997.

SALES, M. C. L. Evolução dos estudos de desertificação no nordeste brasileiro. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 11, pp.115–126, 2002.

SHIMABUKURO, Y. E. **Índice de Vegetação e Modelo Linear de Mistura Espectral no Monitoramento da região do Pantanal**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. (33): 1729-1737, 1998.

SOUZA, M. J. N. **Contexto geoambiental do semi-árido do Ceará: problemas e perspectivas**. In: SOBRINHO & FALCÃO (orgs.). Semi-árido: diversidades, fragilidades e potencialidades. Sobral Gráfica, Sobral, 2006. 213p.

TEOTIA, H. S.; SILVA, I. F.da; SANTOS, J. R. dos ; VELOSO JUNIOR, J.F.; GONÇALVES, J. L. G. Classificação da cobertura vegetal e capacidade de uso da terra na região do Cariri Velho (Paraíba), através de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 abril 2003, INPE, p. 1969 - 1976.