



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**ESTUDO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIACHO DE
BODOCONGÓ, CAMPINA GRANDE - PB**

SILVANA SILVA DE MEDEIROS

Campina Grande - Paraíba - Brasil

FEVEREIRO - 2008

SILVANA SILVA DE MEDEIROS

**ESTUDO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIACHO DE
BODOCONGÓ, CAMPINA GRANDE – PB**

Dissertação submetida ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como exigência parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agrícola.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem
Linha de Pesquisa: Sensoriamento Remoto

João Miguel de Moraes Neto, Dr.
Orientador

Campina Grande
2008



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

M488e

2008 Medeiros, Silvana Silva de.

Estudo da degradação ambiental da bacia do Riacho Bodocongó,
Campina Grande - PB / Silvana Silva de Medeiros – Campina Grande,
2008.

74f.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Referências.

Orientador : Prof. Dr. João Miguel de Moraes Neto.

1. Açude de Bodocongó. 2. Degradação ambiental. 3. Geoprocessamento.
I. Título.

CDU – 621.67(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA




PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

SILVANA SILVA DE MEDEIROS

**ESTUDO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO RIACHO DE
BODOCONGÓ, CAMPINA GRANDE – PB**


BANCA EXAMINADORA

PARECER



Dr. João Miguel de Moraes Neto - Orientador





Dra. Vera Lucia Antunes de Lima - Examinadora





Dr. Ridelson Farias de Sousa - Examinador



FEVEREIRO - 2008

AGRADECIMENTOS

A Deus sobre todas as coisas, principalmente pela vida e pela família maravilhosa e abençoada que tenho.

A meus Pais Carlos Fernandes de Medeiros Filho e Mosma Silva de Medeiros que me deram a vida e se não fosse eles eu não estaria aqui.

Aos meus irmãos Silvio e Silvia que sempre dividiram comigo todas as minhas alegrias e brigas, mas eles sabem, que junto com meus pais eles são tudo para mim!

Aos meus avós, tias e tios por todo carinho que tem por mim.

Ao professor Dr. João Miguel de Moraes Neto, pela orientação e confiança indispensável ao longo deste período.

Ao Engenheiro Cartógrafo Miguel José da Silva pela ajuda importantíssima no processamento digital.

As todas as minhas amigas em especial Aline, Joelma, Kaline e Riuzuani por sempre estarem comigo em todos os momentos bons e ruins da minha vida por me darem força em todas as minhas decisões, principalmente nesses últimos dias e por todos esses anos de estudo, companhia e amizade.

DEDICO

A meus pais Carlos Fernandes de Medeiros Filho e Mosma Silva de Medeiros e a meus irmãos Silvio e Silvia.

SUMÁRIO

RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo Geral	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	5
2.1 Localização	5
2.2 Topografia	6
2.3 Clima e hidrografia	7
2.4 Cobertura vegetal e solo	7
2.5 Geologia	8
2.6 Geomorfologia	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1 Degradação Ambiental	10
3.2 Impacto Ambiental	10
3.3 Desastre Ambiental	11
3.3.1 O desastre assoreamento	13
3.3.2 Consequências do assoreamento	13
3.3.3 O Processo de desertificação	14
3.3.3.1 Causas da desertificação	15
3.3.3.2 Conseqüências da desertificação	16
3.3.3.3 A desertificação no Brasil	16
3.4 Bacias hidrográficas	17
3.4.1 Conceito	17
3.4.1.2 A vegetação da bacia	18
3.5 Degradação das Bacias hidrográficas	19

3.5.1	Fatores de degradação e principais focos de poluição	19
3.6	Geoprocessamento	21
3.7	Processamento Digital de Imagens - PDI	22
3.8	Sistemas de Informações Geográficas - SIG	22
3.9	Sensoriamento Remoto	23
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	Materiais utilizados	25
4.2	Metodologia	25
4.2.1	Análise da degradação ambiental e cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica	25
4.2.1.1	Classificação das Imagens	26
4.2.1.2	Procedimento utilizado no processamento digital das imagens	27
4.3	Pontos analisados	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1	Análise das imagens digitais	31
5.2	Vegetação da Bacia do Açude de Bodocongó	33
5.3	Degradação Ambiental da Bacia do Açude de Bodocongó	45
5.3.1	Características físicas encontradas para cada nível de degradação	45
5.4	O assoreamento do Açude de Bodocongó	59
	CONCLUSÕES	65
	SUGESTÕES	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

LISTA DE FIGURAS**FIGURA**

1	Localização da área de estudo	5
2	Açude de Bodocongó	6
3	Mapa das estruturas, drenagens e estradas da bacia de Bodocongó	31
4.a	Composição RGB das bandas 5,4, e 3 – Ano 1989	32
4.b	Composição RGB das bandas 5,4, e 3 – Ano 1989	32
5.a	Área utilizada apenas para pastagem	33
5.b	Barragem feita ao longo do riacho	33
6	Área apresentando alguns exemplares de cactos	33
7.a	Composição Multiespectral ajustada (IVDN) – Ano 1989	34
7.b	Composição Multiespectral ajustada (IVDN) – Ano 2007	34
8	Açude Público de Puxinanã	35
9.a	Área de vegetação rasteira	36
9.b	Área abandonada com afloramento rochoso	36
10	Mapa das Classes de Cobertura vegetal da bacia de Bodocongó - 1989	36
11	Mapa das Classes de Cobertura vegetal da bacia de Bodocongó - 2007	37
12	Dentro da drenagem vegetação arbórea e arbustiva	38
13	Leito do rio seco	38
14	Área com vegetação semi-densa	39
15	Área de relevo forte com cobertura de gramíneas	40
16	Área de pastagem aproveitando a drenagem natural	41
17	Relevo ondulado com afloramento rochoso	41
18	Agricultura de subsistência e solo raso	42
19	Início da drenagem mostrando área de repouso	43
20	Solo exposto e algumas áreas abandonadas	44
21	Áreas de culturas abandonadas com vegetação rasteira	44
22	Mapa dos níveis de degradação da bacia de Bodocongó - 1989	46
23	Mapa dos níveis de degradação da bacia de Bodocongó - 2007	47
24	Casa abandonada	48
25	Açude praticamente seco e com solo salino	49
26	Retirada de material para construção civil (massame)	49

27	Solo degradado sem cobertura	50
28	Voçoroca	51
29	Área de degradação moderada à grave	52
30	Morro sem cobertura vegetal	52
31	Retirada de material para construção civil	53
32	Plantação de mandioca feita morro a baixo	54
33	Áreas agrícolas	55
34	Área de relevo fortemente ondulado com vegetação preservada	56
35	Morro com vegetação arbórea e arbustiva	56
36	Morro com cobertura vegetal de gramíneas e pouco solo exposto	57
37	Área de vegetação preservada	58
38	Área preservada	58
39	Imagem do Açude mostrando o avanço do assoreamento	59
40	Imagem RGB das bandas 5, 4 e 3 do Landsat-5 do ano de 1989	60
41	Imagem RGB das bandas 4, 3 e PC1 do CBERS do ano de 2007	60
42	Dessedentação e pastoreio praticado no açude	61
43.a	Processos erosivos (sulco e voçorocas)	61
43.b	Processos erosivos (sulco e voçorocas)	61
44	Extração mineral (areia) praticado na barragem de contenção do açude	62

LISTA DE TABELAS**TABELA**

1.	Características morfométricas do Açude de Bodocongó	6
2.	Índice de aridez	17
3.	Comparação das classes de vegetação nos últimos 18 anos	37
4	Comparação dos níveis de degradação nos últimos 18 anos	47

LISTA DE SIGLAS

AESA – Agencia Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ÁPP – Área de preservação Permanente

CBERS – China – Brazil Earth Resources

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPATSA - Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as secas

FIBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GPS – Global Positioning System

ha – Hectares

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFOCS – Inspetoria Federação de Obras Contra as secas

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IVDN – Índice de Vegetação de Diferença Normalizada

Km² - Quilometro quadrado

LANDSAT – Land Remote Sensing Satellite

LMRS – Laboratório de Meteorologia Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MT – Mapa temático

PANBRASIL – Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca

PB – Paraíba

PDI – Processamento Digital de Imagem

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

PNCD – Plano Nacional de Combate a desertificação

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PCgn – Complexo Migmatito – Granitóide

PCgr – Gnáissico Migmatítico

RADAMBRASIL – Projeto do Ministério de Minas e Energia

S – Sul

SEMARH – Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais

SEPLAN – Secretaria de Planejamento

SIG – Sistema de Informações geográficas

SPRING – Sistema para processamento de Informações Georreferenciadas

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

UTM – Universal Transverso Mercator

W - Oeste

RESUMO

O Açude de Bodocongó localizado no Município de Campina Grande – PB, no semi-árido nordestino, na mesorregião do Agreste Paraibano, zona oriental do Planalto da Borborema, na bacia do Médio Paraíba, com latitude sul de 7°13'50" e 35°52'52" longitude Oeste. Foi construído em 1917 na confluência do rio Bodocongó com o rio Caracóis, objetivando aumentar a disponibilidade de água para abastecimento do município e combater a escassez de água na região, uma vez que os açudes já existentes (Açude Novo e Açude Velho) não conseguiam mais suprir as necessidades hídricas da população. Atualmente vem sofrendo intensas transformações impulsionadas pela urbanização, desenvolvimento industrial, exploração e utilização das terras próximas ao açude de forma incorreta, o que leva a ocorrência de inúmeras agressões ao meio ambiente como: invasões de áreas de proteção permanente, poluição dos recursos hídricos, uso descomedido da água, alteração da drenagem, degradação ambiental, assoreamento e erosão, entre outros. Este trabalho teve como objetivo diagnosticar os processos de degradação ambiental praticado ao longo da área da bacia do açude, para isto utilizou-se o geoprocessamento, análise digital de imagens, registros fotográficos e visitas de campo. Os resultados obtidos através da comparação dessas imagens e dados relativos aos anos de 1989 e 2007, buscando compreender a dinâmica e a sistemática desta bacia. Os resultados demonstraram que a área ao longo da bacia se encontra altamente degradada por atividades antrópicas, com um alto índice de assoreamento comprometendo a existência futura do açude. Assim, faz-se necessário o controle dos diversos processos de degradação, através de campanhas educativas que conscientizem a população que mora próxima à área da bacia e posteriormente uma fiscalização rigorosa, uma vez que este recurso hídrico é utilizado de formas diferentes pela comunidade local.

Palavras-chave: Açude de Bodocongó, degradação ambiental, geoprocessamento.

ABSTRACT

The Bodocongó Dam is located in the city of Campina Grande (Paraíba state, Brazil), in the Brazilian Northeast semi-arid, inside the Agreste mesoregion; which is located in the east side of the Borborema Plateau, standing on Mid Paraíba Basin. Its geographical coordinates are 7 °13'50" of south latitude and 35°52'52" of west longitude. It was built in 1917 at the confluence between Bodocongó and Caracóis Rivers, with the purpose of increasing the water supply of the municipality and avoiding water scarcity in the region, since the existing reservoirs (Açude Velho and Açude Novo) could not completely supply the water needs of the population. Nowadays Bodocongó Dam is being intensely affected and changed by urbanization, industrial development, exploration and incorrect land uses on its surrounding areas, what is being source of environmental degradation like: invasions of permanently protected areas, pollution of water resources, water wasting, drainage changing, environmental degradation, erosion and silting, among others. This work had as objective to diagnose the processes of environmental degradation practiced throughout the basin area of the dam, using geoprocessing technics, digital images analysis, evaluation of photographic records and field visits. The results by comparing these images and data for the years of 1989 and 2007, seeking to have a systematic understand of the dynamics in this basin. The results showed that the area along the river is highly degraded by anthropogenic activities, with a high rate of silting, what could compromise the future existence of the dam. Thus, it is necessary to control the various processes of degradation involved, through educational campaigns to make the people who live near the area of the basin more conscientious about the Bodocongó Dam importance and subsequently a strict audit, since this water resource is being used in different ways by the local community.

Keywords: Bodocongó Dam, environmental degradation, geoprocessing.

1. INTRODUÇÃO

Nas grandes cidades brasileiras o crescimento populacional resulta principalmente das constantes migrações ocorridas a partir dos anos 50, quadro que tem aumentado a conversão de áreas naturais e terras agrícolas em áreas de expansão urbana nas suas periferias. Nessas fronteiras do espaço urbano metropolitano ocorrem os maiores graus de deterioração dos recursos hídricos, sobretudo junto a áreas de mananciais.

O uso cada vez mais indiscriminado dos recursos naturais, em especial da água e do solo, vem provocando fortes mudanças no seu ciclo natural o que acarreta novas maneiras de adequação do homem ao seu habitat.

Em incontáveis atividades a água é má utilizada pelo homem, através do consumo irracional das práticas, que promovem a poluição e as tornam inadequada ao uso humano. Esta degradação, por outro lado, é influenciada, dentre outras coisas, por atividades agrícolas e industriais, além de crescimento das áreas urbanas, explosões demográficas e sistemas de transporte.

As intervenções antrópicas (provocadas pelo homem) nas bacias hidrográficas têm provocado, dentre outros problemas, uma produção cada vez maior de sedimentos e sólidos nos rios, afetando negativamente as obras executadas em seus vales e contribuindo para o aceleração da poluição, tanto em volume quanto em periculosidade, dada às propriedades que os sedimentos finos possuem de fixar poluentes tóxicos provenientes de rejeitos industriais, domésticos e agrícolas.

Dentro do perímetro urbano da sede municipal se encontram dois açudes construídos para abastecer a cidade mas a medida em que a cidade foi crescendo, esses reservatórios se tornaram insuficientes, e devido à escassez de água, foi construído o Açude de Bodocongó (1915 – 1917), que hoje passa por um forte processo de assoreamento em sua bacia hidráulica em consequência das alterações ambientais descontroladas.

O desmatamento em grande escala, as irrigações descontroladas e o uso desordenado do solo, têm ocasionado a degradação das bacias e o comprometimento dos mananciais hidráulicos a ponto de, em alguns casos, acarretar o desaparecimento total dos volumes hidráulicos devido à grande quantidade de sedimentos arrastados para os corpos d'água, pelas águas de escoamento superficial, provenientes das águas das chuvas.

Por se tratar de uma região onde a grande maioria dos seus rios é intermitente, o semi-árido nordestino possui, durante determinadas épocas do ano, elevada escassez hídrica tornando-se necessário à acumulação das águas de escoamento superficial no período das chuvas, para suprimento das demandas na estiagem. Esta região também enfrenta diversos impactos ambientais originados de causas decorrentes de atividades antrópicas, tais como poluição das águas, degradação dos solos e desertificação, dentre outros.

O processo de desertificação pode ser considerado um problema global, haja vista a sua ocorrência em mais de 100 países. Na região Nordeste este processo se vem intensificando ao longo dos anos e, conforme VIANA (1999), abrange uma área de aproximadamente 181.000 km². De todos os estados nordestinos a Paraíba apresenta o maior índice de desertificação e estudos relatam que dos 56.372 km² da área total do estado, mais de 70% se encontram em processo de desertificação.

Neste Estado, a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado – AESA, monitora 122 reservatórios artificiais, variando de pequenos açudes a grandes barragens. Como esse monitoramento é feito para o armazenamento superficial das águas, há extrema necessidade de informações com relação ao assoreamento dos reservatórios e também, em relação à degradação ambiental de suas bacias.

Estudos recentes constataam que alguns processos de assoreamento se têm desenvolvido muito mais rapidamente que o previsto e que a vida útil média dos reservatórios existentes em todos os países do mundo decresceu de 100 para 22 anos nos últimos 50 anos, tendo sido avaliado, em 6 bilhões de dólares anuais o custo para promover a remoção dos volumes de assoreamento e ainda, que o problema se vem agravando com o aumento da erosão nas bacias hidrográficas (CARVALHO, 2000).

Para o desenvolvimento de estudos que equacionem esses problemas e promovam sugestões e demandas técnicas para soluções, têm-se utilizado pesquisas trabalhadas com técnicas de geoprocessamento.

O geoprocessamento é um sistema complexo que permite a representação do mundo ou espaço real através da leitura, armazenamento, processamento e modelagem de dados referenciados a um sistema de coordenadas geográficas ou UTM (Universal Transverso Mercator) em meio digital (TOMLIN, 1990).

Com a utilização de técnicas de geoprocessamento e com as informações obtidas pelo mesmo, como também o conhecimento topográfico da área analisada, pode-se projetar e construir obras de proteção possíveis de reduzir os efeitos danosos do assoreamento, e tomar medidas emergenciais e ações corretivas para o rápido controle em eventuais desastres naturais.

Neste contexto, o geoprocessamento se tem tornado um instrumento bastante útil para projetos de prevenção contra desastres naturais, oferecendo informações detalhadas para facilitar a elaboração de estratégias centradas em ações preventivas, para eventuais ocorrências de desastres ou calamidades públicas, que podem afetar negativamente a vida das populações rurais e urbanas.

O conhecimento dessas informações poderá subsidiar ações benéficas para o estudo da bacia hidrográfica, permitindo a continuidade das fontes hídricas superficiais e maior vida útil.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Avaliar a degradação ambiental da Bacia hidrográfica do Riacho de Bodocongó e de sua cobertura vegetal, em dois períodos distintos no trecho compreendido entre sua nascente até o vertedor do açude, no município de Campina Grande – PB, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento (dados de Sensores Remoto e SIG) para as imagens de satélite TM/Landsat 5 e CCD/CBERS 2, datadas de julho/89 e abril/07, respectivamente.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a cobertura vegetal e a degradação ambiental da bacia hidrográfica do Riacho de Bodocongó, nos períodos de 1989 e 2007
- Verificar o assoreamento na bacia hidráulica do Riacho de Bodocongó, Campina Grande – PB
- Construir mapas digitais de níveis de degradação e cobertura vegetal da bacia do Riacho de Bodocongó, para os anos de 1989 e 2007.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1. Localização

O Município de Campina Grande, pertencente ao Estado da Paraíba, possui área aproximada de 970 km² onde cerca de 42% são de áreas urbanas. Com uma população em torno de 376.132 habitantes (IBGE, 2006) é considerada a segunda cidade mais populosa no Estado, sua sede municipal se situa a uma altitude de aproximadamente 552 m, na região oriental do Planalto da Borborema, distante 120 km da capital do Estado, João Pessoa. O centro do município se situa a 7°13'50" latitude Sul e 35°52'52" longitude Oeste (Figura 1).

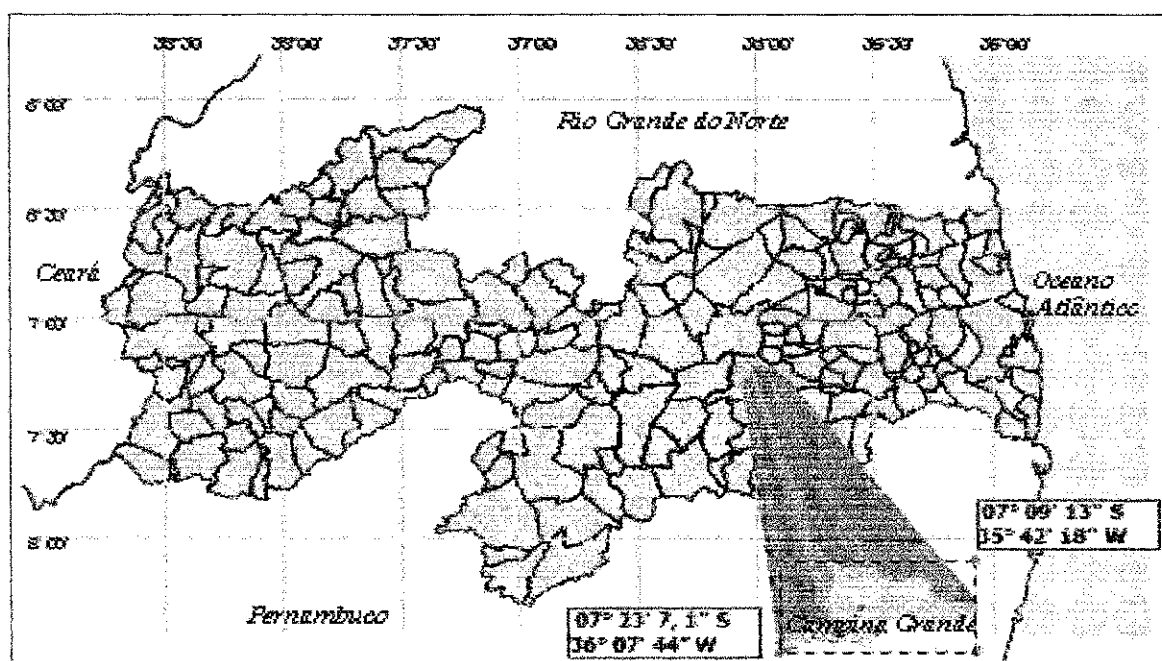


Figura 1: Localização da área de estudo

Fonte: Adaptada de AESA (2007)

O Açude de Bodocongó está situado na região oeste do Brejo paraibano, no município de Campina Grande, contribuinte da bacia do médio Rio Paraíba, foi construído nas confluências do rio Bodocongó e riacho Caracóis, no período de 1915 a 1917, pela Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS) para suprir, inicialmente as necessidades causadas pela escassez de água na região e a carência da população, além do mais, o Açude de Bodocongó ficava a cerca de 5 km de distância dos açudes Novo e Velho

(reservatórios de acumulação que abasteciam a cidade inicialmente) podendo abastecer gente que morava mais afastada do centro da cidade (Figura 2).

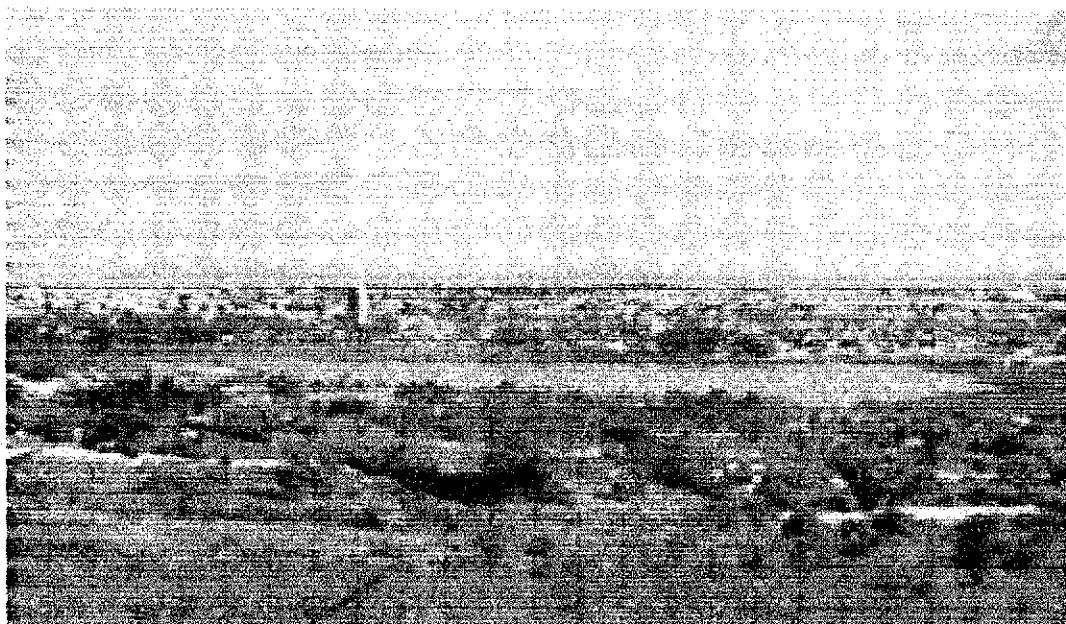


Figura 2. Açude de Bodocongó
Fonte: Imagem wikipedia (2007)

As características do açude de Bodocongó estão descritas na Tabela 1, segundo levantamento realizado pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) e Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto (LMRS) do Estado da Paraíba.

Tabela 1. Características morfométricas do Açude de Bodocongó

Características morfométricas	2002
Área da bacia hidráulica	37,2 ha
Capacidade máxima	1.020.000 m ³
Profundidade média	2,4 m
Profundidade máxima	5,6 m
Altitude	548 m

Fonte: SEMARH/LMRS apud Diniz (2005)

2.2. Topografia

Suavemente ondulada, a topografia do Município apresenta um relevo com curvas em torno de 552 m acima do nível médio de mar. O relevo mais acidentado se acha a

Nordeste, no limite com o município de Lagoa Seca. A Serra do Monte (alinhamento de Inselbergs), ao Sudoeste, separa o município de Campina Grande do de Boqueirão. Ao Sudeste, dois alinhamentos, as Serras de Catuama e de Bodopitá, o separam dos municípios de Fagundes e Queimadas.

2.3. Clima e Hidrografia

Campina Grande, por se situar no agreste paraibano, entre o litoral e o sertão, é de clima menos árido que o predominante no interior do Estado classificado, de acordo com Kofen, como AS' (quente e úmido com chuvas de outono/ inverno) com 3 a 4 meses secos e 700 a 900 mm de precipitação anual, além disso, a altitude de 552 m garante temperaturas mais amenas durante o ano, enquanto a temperatura máxima pode atingir 31-32 °C nos dias mais quentes do verão e em torno de 25-28 °C no inverno, a temperatura mínima gira em torno de 23 °C nos dias mais quentes de verão ou 15 °C nas noites mais frias do ano. A umidade relativa média do ar está entre 75 a 80%. O inverno começa em maio e termina em agosto (RODRIGUEZ, 2002).

Apesar de Campina Grande não possuir rios de proporções significativas, conta atualmente, com dois açudes: o Açude Velho e o Açude de Bodocongó. Antigamente, existia um outro açude, o Açude Novo que foi evacuado para no seu espaço ser construído um parque público drenado. Por sua vez, o Rio Bodocongó nasce e tem seu curso nas áreas dos municípios de Puxinanã, Montadas e Pocinhos, chegando ao município de Campina Grande pelo setor norte vizinho ao distrito de São José da Mata, atravessa a cidade de Campina Grande escoando no sentido norte-sul, alcançando o município de Queimadas para esta desaguar no Rio Paraíba (PDCG, 1994).

2.4. Cobertura Vegetal e Solo

Sua paisagem florística é bastante diversificada, haja vista que apresenta formações de palmáceas e cactáceas em geral legumináceas e bromeliáceas, além de rarefeitas associações de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), umbuzeiros (*Spondias tuberosa*) etc.

Campina Grande se encontra próxima às fronteiras de várias microrregiões de climas e vegetações distintas. Ao nordeste do município, a vegetação é mais verde e

arborizada, como no Brejo Paraibano, a sudeste se encontra uma paisagem típica do agreste, com árvores e pastagens.

Os Luvisolos e Neossolos litólicos (rasos, pedregosos e pouco intemperizados) constituem a principal classe de solo encontrado na Bacia do Bodocongó, esses solos, apresentam um horizonte A fraco, de textura arenosa e/ou média, estrutura fracamente desenvolvida, baixo teor de matéria orgânica, ácido a moderadamente ácido (pH = 4,5 – 6,1) considerados eutróficos por apresentarem saturação de bases acima de 50%, estando geralmente associados a afloramentos de rocha.

2.5. Geologia

Particularmente, a área do Açude de Bodocongó é geologicamente constituída de rochas cristalinas diversas, de idade Pré-Cambriana Indivisivo, que posteriormente foram deformadas por ação tectônica e estão representadas pelos Complexos Migmatítico-Granitóide (pCgn) e Gnáissico-Migmatítico (pCgr), esta mineralogia controla fortemente as características do solo que, sob as condições climáticas vigentes, resulta em solos arenosos, de baixa coesão, favorecendo os processos erosivos na área.

2.6. Geomorfologia

De acordo com BRASIL (1981) o Planalto da Borborema se limita por uma encosta oriental, na qual se identifica a microrregião de Campina Grande e, para o sul até o vale do Capibaribe no Estado de Pernambuco, com altitudes que variam de cerca de 400 metros e alcançam cotas próximas a 800 metros, com superfície inclinada, de modo suave, para leste. Ao norte da cidade de Campina Grande a morfologia ainda é intensamente dissecada, verificando-se a ocorrência de alinhamentos de cristas inseridas nos setores colinosos ao lado de espigões que se projetam para leste, também se observam restos de superfície conservada com topos planos limitadas por escarpas (Et) e, eventualmente, capeados por rochas sedimentares da Formação Serra dos Martins, a exemplo da serra de Cuité.

Ainda conforme BRASIL (1972) a área de estudo está totalmente inserida no Planalto da Borborema e apresenta as seguintes unidades morfológicas: Superfície do

Planalto ou Superfície dos Cariris (domínio de relevo suave ondulado e ondulado) e pequenas partes na frente do Planalto (domínio de relevo forte ondulado e montanhoso).

O conjunto geomorfológico, formado pela superfície elevada aplainada da Borborema, configura uma ampla área planáltica, englobando as regiões conhecidas como Agreste, Cariri e Seridó (RODRIGUEZ, 1997).

Na Paraíba, o Maciço da Borborema ocorre na forma de escarpas abruptas (frente oriental), de extensa superfície elevada aplainada (Planalto da Borborema) que se estende desde a retaguarda da frente escarpada de leste até os limites de suas encostas ocidentais com o Pediplano Sertanejo e, ainda, na forma de maciços residuais pouco extensos (serras e inselbergs). A Superfície Elevada Aplainada da Borborema é interrompida ao norte, no vale tectônico do Curimataú e ao sul, no prolongamento até a fronteira com o Estado de Pernambuco, onde vai encontrar os alinhamentos de cristais que se elevam a mais de 800 metros (Serra das Umburanas).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Degradação ambiental

A degradação ambiental é um termo usado para qualificar os processos resultantes dos danos ao meio ambiente e pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais, ou seja, são todas as ações e atividades desenvolvidas em num local, que propiciam ou poderão trazer malefícios ao ecossistema local, contribuindo para o declínio da qualidade e quantidade dos recursos naturais de uma região, incluindo as atividades desenvolvidas em locais restritos, definidas pela legislação ambiental pertinente.

O Nordeste brasileiro possui uma área de 393.897 km² enquadrada no nível de degradação ambiental moderado, 81.870 km² no nível grave e 98.595 km² no nível muito grave. No Brasil existem quatro áreas chamadas núcleos, que somam 18,7 mil km² e se localizam nos municípios de Gilbués, no Piauí, Seridó, no Rio Grande do Norte, Irauçuba, no Ceará e Cabrobó, em Pernambuco (Projeto BRA/93/036, 1997).

Segundo CANDIDO (2000), o desmatamento nas grandes áreas tem provocado sérios problemas de erosão eólica, laminar e hídrica, o autor também classificou a degradação ambiental em cinco níveis, que são: **degradação baixa, baixo-moderado, moderado, grave e muito grave.**

3.2. Impacto ambiental

Impacto ambiental é o conjunto de fatores ambientais, sociais e econômicos que resultam em uma alteração da forma natural do ecossistema, isto é, são as reações da natureza perante a introdução de elementos “estranhos” ao meio ambiente, resultando em modificações na estrutura preexistente. Os impactos podem ser caracterizados segundo diversos atributos, tais como natureza, forma de interferência, área de incidência, probabilidade de ocorrência, prazo de ocorrência, temporalidade e reversibilidade.

Conforme a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama 001/86, impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante da atividade humana que, direta ou indiretamente, afetem:

- A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;
- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- A qualidade dos recursos naturais.

A análise de um impacto ambiental tem sido definida como o processo de reconhecimento de causas e efeitos, sendo a causa qualquer ação do projeto que tenha efeito sobre o meio ambiente, e os efeitos, os impactos ambientais desta ação (SHOPLEY e FUGGLE, 1984).

3.3. Desastre ambiental

Pode-se classificar um evento como desastroso, um acontecimento prejudicial, na maioria dos casos, de forma repentina e inesperada causando, sobre os elementos submetidos, alterações intensas, representadas pela perda de vidas e da saúde da população, a destruição ou perda dos bens de uma coletividade e/ou danos severos sobre o meio ambiente (CARDONA, 1993).

Esses acontecimentos podem ser desde aqueles cuja ocorrência é considerada de fenômenos exclusivamente físicos, como terremotos, por exemplo, como também os de origem humana, tais como as guerras e os acidentes industriais. Um impacto ambiental considerado “desastre” pode ter uma amplitude variável, em termos de volume, tempo e espaço.

O desastre natural é a coincidência entre um fenômeno natural perigoso (inundação, terremoto, seca, ciclone etc.) e determinadas condições vulneráveis. Existe o risco de ocorrer um desastre quando um ou mais perigos naturais se manifestam em um contexto vulnerável (MASKREY, 1989).

A duração de um desastre não é definida com muita facilidade e esse tempo pode ser classificado, na escala dos desastres, da seguinte maneira:

a) Impactos instantâneos: desastres provocados por eventos como terremotos, erupções vulcânicas ou acidentes aéreos;

b) Impactos prolongados: fenômenos naturais, como a desertificação, e as secas, ou a fome e as guerras, eventos que, usualmente, são mais severos em termos demográficos (CARDONA, 1993).

A área de influência de um acidente aéreo ou de uma erupção vulcânica, por exemplo, é considerada, geralmente, pequena e discreta, enquanto uma seca, uma fome ou uma epidemia, pode chegar a ser de grandes dimensões, inclusive de ordem continental, transcendendo em algumas situações, fronteiras políticas (CARDONA, 1993).

Levando-se em consideração as condições climáticas, o interior nordestino é classificado como área de risco, onde há necessidade de se desenvolver uma política de prevenção e mitigação dos impactos da seca sobre a população carente. Desta maneira, pode-se compreender a vulnerabilidade desta grande população frente aos problemas da seca que, embora seja um fenômeno natural, aqui ele se converte em um verdadeiro desastre (BARBOSA & SANTOS, 1998).

Os desastres devem ser entendidos como fenômenos de caráter eminentemente social, não apenas em termos do impacto que os caracteriza mas também em termos de suas origens (LAVELL, 1993).

A degradação do meio-ambiente está intimamente relacionada ao modelo de desenvolvimento econômico adotado, logo, este também pode ser considerado fator causal de desastres, pois contribui na formação de situações vulneráveis (ADAS & ADAS, 1998).

Conforme HEWITT (1996), a probabilidade global e a forma do desastre são, usualmente, vistas como dependentes de três grupos de fatores que não podem ser discriminados, em virtude de constituírem os ingredientes essenciais do risco, são eles: **ameaça, vulnerabilidade e mitigação de desastre e medidas de respostas.**

Por ameaça se entende que são as condições ou processos que tendem a iniciar episódios de danos excepcionais. Vulnerabilidade são as condições do estado de uma comunidade, que aumentam ou diminuem a probabilidade e a severidade dos danos em uma situação de stress. Mitigação de desastres e medidas de respostas, são planos e ações pensadas diretamente para modificar os riscos ou respostas frente aos desastres.

A análise da vulnerabilidade local deve ser o ponto de partida para identificação de uma mitigação sustentada da organização social, na qual tanto o conhecimento científico como o tecnológico, pode levar a um novo rol (MEDINA & ROMERO, 1992).

3.3.1. O Desastre Assoreamento

O processo de assoreamento nos rios e açudes se encontra intimamente relacionado aos processos erosivos, uma vez que fornece os materiais que darão origem ao assoreamento. Quando não há energia suficiente para transportar o material erodido, este material é depositado (GUERRA, 1995).

O assoreamento é o acúmulo de areia e solo desprendido pelas erosões e outros materiais levados até rios e lagos pelas águas de escoamento superficial, quando isto ocorre, cabe às matas ciliares servirem de escudo e filtro para que este volume de material a ser depositado sob a água, seja minimizado, quando as matas são indevidamente removidas, rios e lagos perdem sua proteção natural ficando vulneráveis ao assoreamento mais agressivo e ao desbarrancamento de suas margens, o que agrava ainda mais o problema.

O assoreamento reduz o volume de água, torna-a turva e impossibilita a entrada de luz, dificultando a fotossíntese e impedindo a renovação do oxigênio para algas e peixes, conduzindo rios e lagos à morte macroscópica ou até mesmo ao seu desaparecimento. Por isso, para evitar e controlar erosão e degradação do solo e da água, é imprescindível uma análise periódica dos níveis de assoreamento dos reservatórios, pois a taxa de assoreamento dos corpos d'água depende das ações preventivas e corretivas aplicadas nas bacias hidrográficas (CAMPAGNOLI, 1998).

A medida em que o assoreamento cresce, a capacidade de armazenamento do reservatório diminui, a influência do remanso aumenta para montante, as velocidades no lago aumentam no período chuvoso e uma quantidade maior de sedimentos passa a escoar para jusante, diminuindo a eficiência de retenção das partículas e ampliando a ação do assoreamento. Durante os períodos de depleção os cursos de água se meandram no interior do reservatório, enquanto os sedimentos que se depositam devido à influência do reservatório, se estendem para montante e no interior do reservatório, não se distribuindo uniformemente, mesmo dentro do lago (MAHMOOD, 1987; CARVALHO et al. 2000).

3.3.2. Conseqüências do Assoreamento

O acúmulo de sedimentos no reservatório tem conseqüências graves não só a montante da barragem mas também a jusante. A água limpa escoada para jusante da

barragem tem maior poder de erodir margens e leitos do canal de escoamento (CARVALHO, 1994).

Segundo BORGES (2004), os sedimentos que cobrem o fundo do lago produzirão modificações da fauna e flora do leito. A água limpa que escoar para a jusante da barragem, já sem os nutrientes que os sedimentos transportam, provocará modificações na flora e na fauna, com reflexos ambientais em todo o curso de água, especificamente na foz.

A perda média anual de volume dos reservatórios devido ao depósito de sedimentos era de 1% variável, portanto, de um país para outro e de uma região para outra. Através disto, pode-se concluir que a perda anual de capacidade de armazenamento dos reservatórios do Brasil é de aproximadamente 0,5% ou um pouco mais (CARVALHO, 1994).

3.3.3. O Processo de Desertificação

Segundo a Agenda 21, a desertificação é entendida como “a degradação da terra” nas regiões semi-áridas e sub-úmidas secas, resultando de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas. A idéia de “degradação da terra” está relacionada a diferentes componentes, como degradação de solos, degradação da vegetação, degradação de recursos hídricos e a conseqüente redução da qualidade de vida da população. Do ponto de vista espacial, são consideradas fenômenos específicos as regiões áridas e semi-áridas em condições naturais mas que ameaçam as regiões sub-úmidas marginais, em que se expandem com alarmante velocidade (SBCS, 2000).

O processo de desertificação pode ser conceituado, de forma genérica, como “uma série de mudanças ecológicas da vegetação, do solo ou do regime hídrico, que reduzem a produtividade, diminuindo a capacidade da terra e tornando-as mais vulneráveis à erosão”, sendo este processo desencadeado pela ação antrópica ou pelas próprias condições climáticas da área (MATALLO JUNIOR, 2001).

Uma análise do conceito de “desertificação” aponta algumas fragilidades teóricas ou metodológicas, tais como:

- Ausência de métodos de estudo aceito: devido ao fato da desertificação estar relacionada a várias áreas de conhecimento, como físicos, biológicos, hídricos e socioeconômicos;

- Ausência de métodos confiáveis para identificação do processo de desertificação: o método de identificação de processos deve ter características diferentes dos métodos de estudo, pois os objetivos também são diferentes;

- Falta de clareza das diferenças entre desertificação e seca: a desertificação ocorre durante lapsos de tempo relativamente grandes (10 ou mais anos), enquanto a seca é um evento marcado claramente no tempo;

- Ausência de uma metodologia de avaliação econômica: na metodologia não se sabe quanto pode ser atribuído à perda de solos, vegetação, recursos hídricos etc (MATALLO JUNIOR, 2001).

3.3.3.1. Causas da desertificação

As causas mais frequentes da desertificação estão associadas ao uso inadequado do solo e da água, no desenvolvimento de atividades agropecuárias, na mineração, na irrigação mal planejada e no desmatamento indiscriminado, dentre elas, as principais causas são:

1) Desmatamento: além de comprometer a biodiversidade deixa os solos descobertos e expostos à erosão como resultado das atividades econômicas, seja para fins de agricultura de sequeiro ou irrigada, seja para a pecuária, quando a vegetação nativa é substituída por pasto, ou diretamente, para o uso da madeira como fonte de energia (lenha e carvão);

2) Uso intensivo do solo: sem descanso e sem técnicas de conservação, provoca erosão, compromete a produtividade e repercute diretamente na situação econômica do agricultor. A cada ano, a colheita diminui e, também, a possibilidade de se ter reservas de alimento para o período de estiagem. É comum verificar-se, no semi-árido, o desenvolvimento da atividade da pecuária sem se considerar a capacidade de suporte da região, o que pressiona tanto o pasto nativo como o plantado, além de tornar os solos endurecidos e compactos;

3) Irrigação: a irrigação mal conduzida provoca salinização dos solos, inviabilizando algumas áreas e perímetros irrigados do semi-árido, sendo que o problema tem sido ocasionado tanto pelo tipo de sistema de irrigação, muitas vezes inadequado às características do solo quanto, principalmente, pela maneira como a atividade é executada, fazendo mais uma “molhação” do que irrigando (MMA, 2004).

3.3.3.2. Conseqüências da desertificação

Segundo a Convenção das Nações Unidas (1997), os impactos provocados pela desertificação podem ser: **ambientais, sociais e econômicos**.

Os impactos ambientais ocorrem através da perda de biodiversidade (flora e fauna), dos solos por erosão, da diminuição da disponibilidade de recursos hídricos através do assoreamento de rios e reservatórios, da perda da capacidade produtiva dos solos em razão da baixa umidade provocada pelo manejo inadequado da cobertura vegetal.

Os prejuízos sociais e a falta de perspectivas levam a população a migrar para os centros urbanos, favorecendo a desorganização das cidades, a desestruturação das famílias, o aumento da poluição e os problemas ambientais urbanos.

As perdas econômicas, destacando-se a queda na produtividade, a produção agrícola e a diminuição da renda do consumo das populações, aumentam a dificuldade de se manter uma oferta de produtos agrícolas de maneira constante, de modo a atender aos mercados regional e nacional, sobretudo a agricultura de sequeiro, que é mais dependente dos fatores climáticos.

Os fenômenos meteorológicos que contribuem para a desertificação são, por ordem de importância, as secas, as avalanches, a erosão do vento e a variabilidade climática. A desertificação ocorre como conseqüência de processos naturais e antrópicos. Uma gestão inadequada dos agroecossistemas, junto com fenômenos climáticos graves, essencialmente as secas freqüentes, tem feito com que as terras áridas sejam cada vez mais vulneráveis e propensas a uma rápida degradação (NICHOLSON, 1985).

3.3.3.3. A desertificação no Brasil

As áreas de risco à desertificação e enquadradas no escopo de aplicação da Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação, são aquelas de clima árido, semi-árido e sub-úmido seco. Conforme a definição aceita internacionalmente, o Índice de Aridez (Tabela 2), definido como a razão entre a Precipitação e a Evapotranspiração Potencial, estabelece as seguintes classes climáticas:

Tabela 2. Índice de aridez para as classes climáticas

Área	Índice de aridez
Hiper-árido	< 0,03
Árido	0,03 - 0,20
Semi-árido	0,21 - 0,50
Sub-Umido seco	0,51 - 0,65

Fonte: PNUMA (2006)

Este índice foi utilizado para o estabelecimento das áreas de risco e para a elaboração do Atlas Mundial da Desertificação, que serve como parâmetro em todo o mundo. No Brasil, as áreas mais susceptíveis estão localizadas na região Nordeste e no Norte de Minas Gerais.

O mapa da susceptibilidade do Brasil, elaborado pelo MMA a partir de trabalho realizado pelo Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA, determinou três categorias de susceptibilidade: **Alta, Muito Alta e Moderada**, em que as duas primeiras se referem, respectivamente, às áreas áridas e semi-áridas definidas pelo índice de aridez e a terceira é resultado da diferença entre a área do Polígono das Secas e as demais categorias.

O processo de desertificação se manifesta de duas maneiras diferentes:

a) difusa no território, abrangendo diferentes níveis de degradação dos solos, da vegetação e dos recursos hídricos;

b) concentrada em pequenas porções do território, porém com intensa degradação dos recursos da terra.

O desenvolvimento das atividades de preparação do Plano Nacional de Combate à Desertificação – PNCD, levou em consideração esses dois níveis de ocorrência do fenômeno, sendo que as ações requeridas para cada um deles serão de natureza diferente, e da inadequação dos sistemas produtivos. Formas inadequadas de manejo da terra vêm provocando degradação dos solos, da vegetação e da biodiversidade (MMA, 1998).

3.4. Bacias hidrográficas

3.4.1. Conceito

A bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou um sistema conectado de cursos d'água, tal que toda vazão efluente seja descarregada através de uma simples saída (VIESSMAN, HARBAUGH, KNAPP, 1972), em outras palavras, pode-se dizer que a bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas

por um rio principal e seus afluentes. A noção de bacia hidrográfica inclui, naturalmente, a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores d'água, cursos d'água principais, afluentes, subafluentes etc, ou seja, é a área geográfica na qual toda água de chuva precipitada escoar pela superfície do solo e atinge a seção considerada.

Uma bacia hidrográfica é um sistema que integra as conformações de relevo e drenagem. A parcela da chuva que se precipita sobre a área da bacia e que irá transformar-se em escoamento superficial, é chamada precipitação efetiva e escoar a partir dos pontos mais elevados do terreno, formando enxurradas em direção aos vales (VILLELA, 1975).

A bacia hidrográfica como unidade geoambiental de estudo, pode ser definida, do ponto de vista hidrológico, como território que apresenta uma rede de drenagem comum e delimitada pelos divisores de águas superficiais e subterrâneas, neste caso, a rede de drenagem se constitui em um importante indicador das alterações ocorridas na composição da paisagem das bacias hidrográficas, seja por mudanças na sua estruturação, forma, ganho ou perda de canais, decorrentes da intensificação do processo erosivo (ROCHA, 1997).

O Estado da Paraíba tem baixa disponibilidade hídrica, uma vez que em 70% do seu território o clima é do tipo semi-árido, com baixas e irregulares precipitações. Suas maiores bacias hidrográficas estão nas áreas secas, tal é o caso da bacia do Rio Piranhas, mesorregião do sertão, que abrange quase a metade do Estado e deságua para o Estado do Rio Grande do Norte (CHAVES, 1977).

3.4.1.2. A vegetação das bacias

Em regiões semi-áridas a vegetação, como um todo, precisa apresentar características que assegurem sua sobrevivência. De acordo com BRANCO (2003), “as variações da vegetação da Caatinga dependem das condições do solo e tipografia. Ele ainda aborda “que todas essas variantes apresentam características em comum, representadas por adaptações ao calor e a falta de água”. Neste sentido, DUQUE (1980), afirma que, de forma geral, “as espécies que compõem a Caatinga variam conforme esteja ela em altitude alta ou baixa, em solo arenoso sedimentar ou de origem arqueana”. Desse modo, a referida vegetação realiza a fotossíntese neste ambiente praticamente inóspito, conseguindo vencer

os obstáculos e exercer diversas funções importantes, especialmente nas cidades encontradas na região.

3.5. Degradação das Bacias Hidrográficas

A degradação ambiental das regiões semi-áridas está relacionada a uma série de fatores intrínsecos, entre os quais se pode citar a ação antrópica como consequência direta da falta de sustentabilidade, as altas taxas de evapotranspiração, os baixos índices pluviométricos e o mau uso da terra.

Estudos realizados pela CPATSA e FIBGE no semi-árido nordestino, foram sintetizados em um diagnóstico de caráter regional, que serviram de base ao MMA na formulação e definição de uma legenda dos diferentes níveis de degradação que vêm comprometendo o semi-árido brasileiro. Esta legenda compreende desde as áreas de Atenção Especial, que são áreas não compreendidas pelo semi-árido, até os denominados Núcleos de Desertificação, que são considerados áreas onde os efeitos do processo estão concentrados em pequena e delimitada parte do território, porém com danos de profunda gravidade. Ainda conforme os dados adotados pelo MMA, pode-se destacar as seguintes categorias do processo de desertificação do semi-árido: **muito grave, grave a moderada, com processos de antropismo.**

3.5.1. Fatores de degradação e principais focos de poluição

A degradação e os focos de poluição das águas superficiais e subterrâneas de todas as bacias do Estado resultam de fatores naturais e de ações antrópicas. Os fatores naturais estão relacionados à constituição geológica, aos elementos do clima, vegetação, solo e relevo e, naturalmente, aos recursos hídricos. Os efeitos do antropismo resultam das atividades sobre esses recursos naturais, sendo as mais significativas a urbanização, a industrialização, a pecuária e a irrigação (AESAs, 2006).

Os principais fatores que contribuem para a degradação (impactos) e focos de poluição observados na maioria das bacias do Estado da Paraíba e que afetam aos recursos hídricos, nos seus aspectos qualitativos e quantitativos, são:

1) Desmatamento: verificado em todas as bacias do Estado, acarretando desertificação em algumas áreas (Seridó, Jacu, Curimataú, Cariris) e na perda de amplas

áreas de atenuação das descargas poluidoras nas águas superficiais. A vegetação retém poluentes e diminui o fluxo da água escoada, além de ser fator fundamental para a retenção da água no solo, contribuindo com a recarga dos aquíferos. Outras conseqüências do desmatamento podem ser citadas: a) os materiais escoados das bacias hidrográficas chegam, de forma mais brutal, aos corpos d'água das áreas desmatadas, arrastando maiores fragmentos de solo e causando assoreamento mais intenso; b) o desmatamento causa a perda de florestas ripárias e, com isto, a perda de biodiversidade de aves e outros seres vivos que ali habitam; c) há um aumento da insolação com o desmatamento, deixando mais acentuada a evaporação e, conseqüentemente, acarretando maior concentração de sais na água; d) a água fica mais turva devido à ausência de atenuação do escoamento superficial, com maior concentração de materiais em suspensão, alterando-se a cor, o odor, o sabor e o conteúdo de íons; e) aumenta também a contaminação fecal.

2) Agricultura irrigada: um dos fatores que mais contribuem com a degradação da qualidade da água de rios e açudes. As práticas agrícolas são antiquadas, o que permitiria uma penetração maior da água no solo e provocaria menor arrasto de solo com o escoamento superficial favorecendo a salinização dos solos e a desertificação, além do assoreamento dos corpos d'água. Outro fator é o desmatamento de grandes áreas para a agricultura irrigada que, no geral, são destinadas à monocultura, dessas áreas, escoam águas carregadas de agrotóxicos e nutrientes que aceleram a eutrofização dos corpos d'água e causam seu assoreamento, a perda de oxigênio dissolvido e a mortalidade de peixes, cujos efeitos, no seu conjunto, alteram a qualidade e impedem seu uso para consumo humano e industrial.

3) Mineração: a atividade mineradora está presente em várias bacias do Estado, destacando-se as Microrregiões do Curimataú Ocidental, Cariri Oriental, Cariri Ocidental e do Seridó. O acúmulo de minérios nos solos e nas águas superficiais próximas, juntamente a perda da estrutura dos solos e o aumento da erosão e do assoreamento dos corpos aquáticos, são as principais conseqüências desta atividade, considerada fator de degradação.

4) Despejos de resíduos líquidos domésticos: provenientes de áreas intensamente povoadas, esses despejos ocorrem em todas as bacias prejudicando, de forma mais intensa, os açudes e rios que se localizam à jusante das sedes municipais, para onde estes resíduos escoam. Os esgotos domésticos são os principais focos de poluição orgânica nas águas

nordestinas devido à falta de estações de tratamento de esgotos, além disso, concentrações significativas de fósforo e nitrogênio, transportados por este riacho, atingem o Rio Paraíba no seu Médio Curso, também impactado, a jusante, por resíduos líquidos de outras cidades (Ingá, Pedro Velho etc) atingindo, na seqüência, o açude Acauã. Os esgotos de João Pessoa, Bayeux e Santa Rita, entre muitos outros, atingem os estuários de rios do litoral, comprometendo a pesca e a aquicultura. Os efluentes de todas as ETES do Estado deságuam em rios menores que atingem, em geral, os principais. O Rio Jaguaribe (em João Pessoa), o Riacho Bodocongó (em Campina Grande) e o Riacho Ingá, esses dois últimos tributários do Médio Paraíba, são exemplos de corpos aquáticos que atravessam centros urbanos e são usados para o descarte e o afastamento de dejetos domésticos líquidos, sólidos e até industriais (AESAs, 2006)

5) Esgotos industriais: os esgotos industriais deveriam ser tratados nas próprias indústrias pois nem sempre atingem níveis qualitativos de lançamento, assim, há a necessidade de uma fiscalização maior da atividade industrial, para que as ETES das indústrias despejem nos cursos d'água efluentes de acordo com a legislação vigente.

6) Resíduos sólidos: os resíduos sólidos não têm coleta nem destino adequado na maioria dos municípios paraibanos, no Estado, o acúmulo desses resíduos fica em terrenos baldios e seu despejo em riachos e córregos (AESAs, 2006)

3.6. Geoprocessamento

É o conjunto de técnicas voltadas para a captura, tratamento e análise de dados georreferenciados. A relação técnica e conceitual do desenvolvimento das ferramentas do geoprocessamento, resultou no desenvolvimento de uma enorme variedade de métodos de processamento de dados geográficos. Essas técnicas são chamadas, no Brasil, de Geoprocessamento (CAMARA & MEDEIROS, 1996).

Os instrumentos computacionais do geoprocessamento são denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e permitem a realização de análises complexas ao integrarem dados tabulares e geográficos de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados, também automatizam a produção de documentos cartográficos (CAMARA, 1998).

Carvalho Junior et al (2003) descrevem que os avanços da tecnologia da cartografia automatizada dos sistemas de gerenciamento de banco de dados e do processamento digital de imagens, aliados ao desenvolvimento da computação, permitiram produzir um conjunto de ferramentas para a captura automática dos dados relacionados à superfície terrestre, principalmente com relação ao gerenciamento e análise de informações geradas.

3.7. Processamento Digital de Imagem - PDI

O processamento digital de imagens é um recurso viável e indispensável na utilização desses produtos no planejamento de bacias hidrográficas além de bastante adequado para o planejamento ambiental, pois possibilita estudos de monitoramento de áreas, com periodicidade constante (DUARTE, 2003; FREITAS et al., 2005).

O processamento digital de imagens compreende o tratamento de imagens de satélite e o uso de “scanners” que, com o advento de satélites de alta resolução e de técnicas de fotogrametria digital, transformam as imagens de satélite e aerotransportadoras em elementos cada vez mais úteis para estudos ambientais e cadastrais (CAMARA et al.;1996).

O método de mapeamento automatizado fornece subsídios tanto ao mapeamento de uso do solo quanto ao de vegetação diminuindo, assim, o tempo despendido para o mapeamento, e ainda direciona para padrões mais significativos espacialmente (ASSAD & SANO, 1998).

As técnicas do processamento de imagens digitais podem ser classificadas em três conjuntos: técnicas de pré-processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação (NOVO, 1988).

3.8. Sistema de Informação Geográfica – SIG

Sistema de informações geográficas – SIG, consiste em um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise de dados georreferenciados, e a produção de informações derivadas de sua aplicação (TOSI, 1999).

No SIG, o principal objetivo é o suporte à tomada de decisões para gerenciamento de uso do solo, recursos hídricos, ecossistemas aquáticos e terrestres, ou qualquer entidade distribuída espacialmente.

Em geral o SIG permite inserir e integrar, em uma única base de dados, informações de diversas fontes e oferece mecanismos para combinar várias informações, através de manipulação e análise, sendo possível também a automatização da produção de documentos cartográficos (ASSAD & SANO, 1998).

Desta forma, vários SIGs foram desenvolvidos no Brasil e no mundo, esses aplicativos vêm sendo utilizados em conjunto através do aproveitamento de suas peculiaridades, potencialidades e facilidades (CARVALHO JUNIOR et al; 2003).

3.9. Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permitem a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos, essas atividades envolvem a detecção, aquisição e análise da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres e registradas por sensores remotos (MOREIRA, 2001).

A observação da Terra por meio de satélites, é a maneira, mais efetiva e econômica de se coletar os dados necessários para monitorar e modelar esses fenômenos, especialmente em países de grande extensão territorial. Os satélites empregados para tais propósitos, são complexos, dispendiosos e de alto conteúdo tecnológico. Muitos países dependem das imagens obtidas através dos poucos satélites de observação da Terra disponíveis atualmente e em muitos casos, não inteiramente adequados às peculiaridades do território ou dos recursos naturais investigados. Para maior eficácia, é conveniente que os sensores do satélite tenham sido projetados para a aplicação específica desejada, além do mais, existem as óbvias implicações estratégicas e políticas de se utilizar um satélite que pode não estar disponível ao país, sempre que requerido (INPE, 2002).

Segundo LILLESAND & KIEFER (1995) sensoriamento remoto é a ciência e a arte de se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno, por meio de análise de dados adquiridos por um sistema que não está em contato com este objeto, área ou fenômeno sob investigações.

A partir da década de setenta, com o lançamento dos satélites Landsat tem-se utilizado em muitas pesquisas, informações sobre os diferentes alvos da superfície terrestre,

coletados a nível orbital, que são de grande importância no estudo dos recursos naturais (MOREIRA & ASSUNÇÃO, 1984).

O Brasil recebe as imagens dos satélites de sensoriamento remoto para todo o território brasileiro e boa parte da América do Sul, através de uma antena de recepção localizada no centro geométrico da América do Sul, em Cuiabá-MT (INPE, 2002)

As características espectrais da vegetação, solo e água, são de grande interesse e constituem elementos fundamentais e essenciais para análise e interpretação de dados de Sensoriamento Remoto (QUEIROZ, 1996).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MATERIAIS UTILIZADOS

- Imagens de satélite TM/Landsat-5 Ano 1989 e CCD/CBERS 2 Ano 2007
- Fotografias obtidas durante as visitas de campo para identificar a degradação ambiental e avaliar as possíveis mudanças ocorridas na área da bacia estudada.
- Software SPRING 4.3 para o processamento das imagens de satélite.
- GPS (Global Positioning System).

4.2 METODOLOGIA

A metodologia do Projeto consistiu em produzir informações sistemáticas sobre os diferentes tipos das possibilidades de desastres associados ao desdobramento, à distribuição geográfica desses riscos (domínio espacial), à evolução de situações semelhantes através do tempo (domínio temporal) e à análise de todas as fontes de dados disponíveis sobre ocorrência de degradação na região. Usou-se, neste, projeto um enfoque dedutivo e comparativo na análise dos riscos a desastres (MASKREY, 1989) que usa dados da ocorrência de desastres e danos para deduzir a existência de riscos em um lugar. Os dados obtidos foram georreferenciados para as unidades da região, permitindo uma análise espacial, temporal e semântica de alta resolução.

Foi usado ainda, no projeto, um enfoque dedutivo e comparativo na análise dos usos e da degradação ambiental, criou-se um banco de dados que permitiu a identificação dos padrões espaciais, temporais e semânticos da degradação ambiental, gerando informações detalhadas sobre os impactos ambientais praticados ao longo da bacia hidrográfica do açude de Bodocongó.

4.2.1. Análise da degradação ambiental e cobertura vegetal da bacia hidrográfica

A análise da degradação ambiental e da cobertura vegetal foi realizada por meio da análise de imagens digitais de satélites (foto interpretação) e de pesquisa de campo.

Para a análise das imagens digitais de satélites foi utilizado o Método Sistemático, desenvolvido por VENEZIANI & ANJOS (1992). As regras que conceituam este

procedimento são a análise dos elementos da textura e da estrutura fotográfica e das tonalidades de cinza, definição das propriedades que caracterizam as formas e individualização de zonas imageadas que possuem características semelhantes (zonas homólogas) e o procedimento dedutivo e indutivo, estabelecimento do significado das zonas homólogas. A estratégia de ação foi a utilização de produtos fotográficos, branco e preto, recentes do TM/Landsat 5 na escala de 1:100.000, para mapear as vulnerabilidades atuais do meio ambiente. Os resultados da fotointerpretação e do processamento digital, são apresentados em forma de mapas, com informações sobre degradação das terras, no formato digital.

Para facilitar e possibilitar uma análise comparativa melhor entre as classes, adotou-se uma legenda para a confecção dos mapas da vegetação e degradação ambiental na bacia, nos 2 anos analisados, com definição de 5 níveis da variável degradação do solo (muito baixo, baixo, moderado, moderado a grave e muito grave) e 5 classes para cobertura vegetal (densa, semi-densa, semi-rala, rala e solo exposto) adaptado de SOUSA (2007).

Este detalhamento dos níveis de degradação e das classes de vegetação, possibilitou um efeito comparativo, sem generalizar tantas situações de degradação e vegetação, e tampouco, sacrificar informações importantes.

O trabalho de campo foi realizado em duas etapas: na primeira etapa se fez o reconhecimento da área de estudo, com descrição geral de seus elementos, para subsidiar a fotointerpretação e a segunda etapa foi dedicada à verificação dos mapas fotointerpretados, todos os pontos visitados em campo foram georreferenciados usando-se GPS.

Utilizou-se, no laboratório de Sensoriamento Remoto, o software SPRING 4.3 para gerar toda a base de dados georreferenciados do projeto, cuja estratégia de ação foi o uso dos dados da fotointerpretação, do processamento digital de imagens, do trabalho de campo e dados bibliográficos, como dados de entrada nos sistemas, pela transferência eletrônica ou digitalização, para a criação de uma base de dados georreferenciados para a área estudada.

4.2.1.1. Classificação das imagens

O método utilizado para a classificação das imagens foi o de organização supervisionada, em que o classificador orienta a busca de classes a partir de amostras de treinamento feitas anteriormente com as classes de interesse da cena. O classificador

utilizado foi o Bhattacharyya, que utiliza amostras do treinamento para estimar a função densidade de probabilidade para essas classes apontadas, ao término, todas ficarão associadas a uma classe definida pelo algoritmo devendo o usuário associar essas classes ou temas, às classes por ele definidas no banco de dados.

O processo de classificação das imagens seguiu, basicamente, o roteiro recomendado por INPE (2000)

- Criou-se um arquivo de contexto (armazena as bandas que farão parte do processo de classificação) e se utilizou o método de crescimento de região;
- Executou-se o treinamento (amostragens sobre a imagem de áreas conhecidas);
- Executou-se também a classificação (de posse das amostras e bandas selecionadas a imagem foi classificada).

Para validar o processo de classificação tornou-se oportuna a aquisição de dados de campo, que é imprescindível em sensoriamento remoto visto que consiste na obtenção de informações "in loco", para corrigir os dados produzidos no mapa.

4.2.1.2. Procedimento utilizado no processamento digital das imagens

Este procedimento teve como finalidade avaliar as condições ambientais da bacia e promover uma análise comparativa, qualitativa e quantitativa, além de possibilitar a confecção dos mapas de degradação ambiental e cobertura vegetal. No processamento digital foram utilizadas as imagens TM/Landsat bandas 5, 4 e 3, de 1989, e CCD/CBERS, ano 2007, no total 6 procedimentos básicos do processamento digital de imagens foram aplicados, conforme descritos a seguir:

1) Manipulação de contraste das bandas 5, 4 e 3

A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios. A manipulação do contraste consiste em uma transferência radiométrica em cada "pixel", com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem. Realiza-se a operação ponto a ponto, independentemente da vizinhança. Esta transferência radiométrica é realizada com a

ajuda de histogramas, que são manipulados para se obter o realce desejado (CÂMARA,1996).

2) Principais componentes das bandas 5, 4 e 3 + manipulação de contraste

As bandas individuais de uma imagem multiespectral freqüentemente são altamente correlacionadas, ou seja, as bandas são similares, visual e numericamente. Esta correlação advém do efeito de sombras resultantes da topografia, da sobreposição das janelas espectrais entre bandas adjacentes e do próprio comportamento espectral dos objetos. A análise das bandas espectrais individuais pode ser, então, ineficiente, devido à informação redundante presente em cada uma dessas bandas. A geração de componentes principais é uma técnica de realce que reduz ou remove esta redundância espectral e gera um novo conjunto de imagens cujas bandas individuais apresentam informações não-disponíveis em outras bandas, pois nelas cada valor de "*pixel*" é uma combinação linear dos valores originais. O número de componentes principais é igual ao número de bandas espectrais utilizadas e ordenadas de acordo com o decréscimo da variância de nível de cinza. A primeira componente principal tem a maior variância (maior contraste) e a última, a menor variância. Neste processo se utiliza o coeficiente de correlação ou da co-variância, para se determinar um conjunto de quantidades chamadas autovalores. Os autovalores representam o comprimento dos eixos das componentes principais de uma imagem e são medidos em unidade de variância. Associado a cada autovalor existe um vetor de módulo unitário chamado autovetor. Os autovetores representam as direções dos eixos das componentes principais, são fatores de ponderação que definem a contribuição de cada banda original para uma componente principal, em uma combinação aditiva e linear. Para facilitar a percepção dessas contribuições, deve-se transformar os autovetores em porcentagens (CÂMARA,1996).

3) Operações aritméticas - razão entre bandas – IVDN das bandas 4 e 3

Nessas operações se utiliza uma ou duas bandas de uma mesma área geográfica, previamente georreferenciada(s), a operação é realizada "*pixel*" a "*pixel*", através de uma regra matemática definida em que o resultado é uma banda representando a combinação das bandas originais. Essas operações podem requerer um fator de ganho (multiplicativo) ou "*off-set*" (aditivo), para melhorar a qualidade de contraste da imagem, enquanto a operação de divisão de imagens consiste em uma operação não-linear, utilizada para realçar as

diferenças espectrais de um par de bandas, caracterizando determinadas feições da curva de assinatura espectral de alguns alvos, enfim, a operação de razão entre bandas, pode:

- remover efeitos de ganho provenientes de variações espaciais ou temporais, quando ocorrem em bandas de uma mesma imagem;
- diminuir variações de radiância da imagem, provenientes de efeito de topografia, declividade e aspecto;
- aumentar diferenças de radiância entre solo e vegetação.

Para aumentar o contraste entre solo e vegetação, pode-se utilizar a razão entre bandas referentes ao vermelho e infravermelho próximo constituindo, assim, os chamados índices de vegetação (IVDN).

A opção $C = G * ((A-B)/(A + B)) + O$, do SPRING, quando aplicada para:

A = banda infravermelho próximo

B = banda vermelho

constitui o índice de vegetação de diferença normalizada (IVDN) que, além de aumentar o contraste espectral entre a vegetação e o solo, tem os efeitos de iluminação, declividade da superfície e geometria de "visada" parcialmente compensados pelo índice (CÂMARA,1996).

4) Composição multiespectral ajustada das bandas 3 + IVDN + banda 1

Consiste de uma transformação RGB em que, no canal vermelho, estará a banda 3, no verde a imagem IVDN e no azul, a banda 1. Nesta combinação as áreas de altos valores de IVDN aparecerão em verde (ocorrência de vegetação) e as áreas de baixos valores de IVDN surgirão em magenta ou azul (ocorrência de solos expostos).

5) Segmentação das imagens IVDN por crescimento de regiões

É uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas, de início, este processo de segmentação rotula cada "pixel" como região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de região adjacente espacialmente, enquanto o critério de similaridade se baseia em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. Divide-se, a imagem, em um conjunto de sub-imagens e então se realiza a união entre elas, conforme um limiar de agregação definido (CAMARA, 1996).

4.3. PONTOS ANALISADOS

Foram feitos primeiros, para definição dos pontos analisados, estudos da área, através de mapas cartográficos e depois visitas “in loco”.

Obteve-se a base cartográfica a partir da compilação das informações contidas nas imagens de satélite TM/Landsat-5, bandas 3, 4 e 5, de julho de 1989, na escala de 1:100.000 e imagens de satélite CCD/CBERS 2, de abril de 2007.

Obtiveram-se o SPRING e o trabalho de campo por meio do georrefenciamento dos pontos, em visitas de campo.

Usou-se, para a análise do assoreamento, imagem do Google Earth de 2007 além de visitas “in loco”, para obtenção de alguns pontos para o mapeamento digital.

A elaboração do mapa final com as plotagens das coordenadas geográficas foi realizada no Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ANÁLISE DAS IMAGENS DIGITAIS

O processamento digital das imagens Landsat possibilitou a análise comparativa das condições da degradação ambiental e da vegetação da bacia do Riacho de Bodocongó. Com a análise visual e se utilizando imagens dos anos de 1989 e de 2007, disponíveis no acervo da Área de Sensoriamento Remoto do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG, processadas no SPRING, fez-se a atualização dos dados cartográficos da degradação ambiental da bacia, sendo possível, também, confeccionar o mapa de estruturas, drenagens e estradas da bacia de Bodocongó, que facilitou um estudo mais amplo e satisfatório de toda a área (Figura 3).

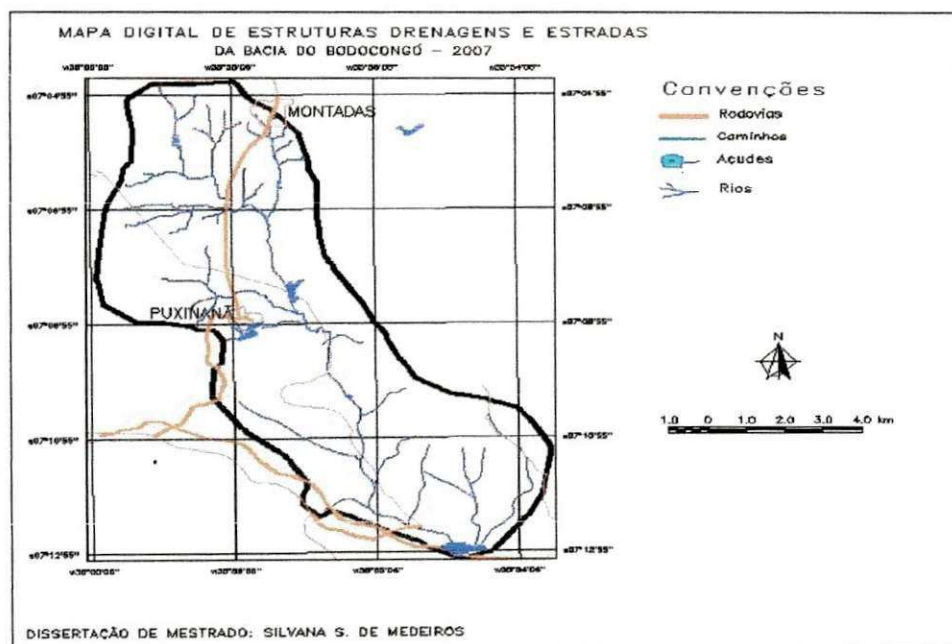


Figura 3. Mapa das estruturas, drenagens e estradas da bacia do Açude de Bodocongó – Ano 2007

Com a utilização deste mapa pode-se encontrar os melhores caminhos para se analisar mais claramente as atuais condições da Bacia de Bodocongó, tanto no aspecto de degradação quanto de vegetação e processo considerado, atualmente, o mais agravante em torno da bacia, que é o assoreamento.

A Figura 4 mostra uma composição RGB das bandas 5, 4 e 3 das imagens Landsat dos anos de 1989 (a) e 2007 (b), submetidas a manipulação de contraste.

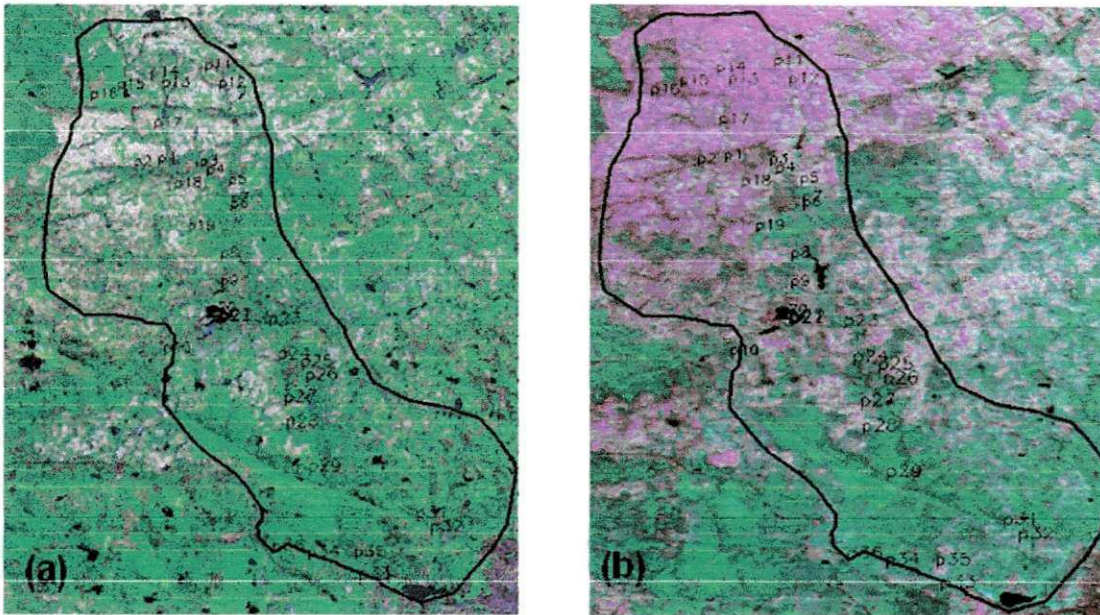


Figura 4. (a) Imagem de 10 de julho de 1989

(b) Imagem de 06 de abril de 2007

Nota-se, na figura 4(a), que grande parte da área da bacia apresenta bastante cobertura vegetal (verde escuro) e algumas áreas indicando cobertura vegetal mais densa (tom verde mais claro), pouco solo exposto (tom cinza claro) e a existência de vários reservatórios de água (açudes) de tamanhos variados espalhados pela área da bacia (tons mais escuros). Percebe-se, na figura 4(b), que em apenas 18 anos ocorreram muitas alterações na área. Existe grande quantidade de solo exposto (tom magenta), a cobertura vegetal diminuiu, áreas onde existia uma vegetação mais densa praticamente desapareceram (tons de verde claro), predominância de vegetação mais rala ao longo da bacia (verde escuro) e diminuição no número de reservatórios de água devido ao uso inadequado do solo e a falta de chuvas na região. A Figura 5(a) mostra claramente a situação no ponto 3 da imagem da Figura 4(b), o solo apresenta cobertura vegetal rala sem utilização e destinada exclusivamente à pastagem, com alguns exemplares de vegetação arbórea e arbustiva ao fundo, na Figura 5(b) se pode observar uma barragem feita ao longo do riacho, comprometendo o aporte hídrico dos açudes a jusante e, ao seu redor, a presença de vários afloramentos rochosos, vegetação rala e alguns exemplares de vegetação arbustiva.



Figura 5. Em (a) área utilizada apenas para pastagem e em (b) barragem feita ao longo do riacho comprometendo o aporte hídrico dos açudes. Coordenadas (a) 7° 06'48,2" S; 35° 57'53,5" W e (b) 7°06'55" S; 35° 57'48,2" W

5.2. VEGETAÇÃO DA BACIA DO AÇUDE DE BODOCONGÓ

Na bacia do Açude de Bodocongó a vegetação encontrada é do tipo caatinga hiperxerófila. De acordo com o reconhecimento de campo realizado na área, as espécies mais encontradas, são: jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poiret.), jatobá (*Hymenaea courbaril*), o angico (*Anadenanthera columbrina* Vell. Brenan), o juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), umbuzeiros (*Spondias tuberosa*), mulungu (*Erythrina crista-galli*), algarobas, cactos e outros (Figura 6).

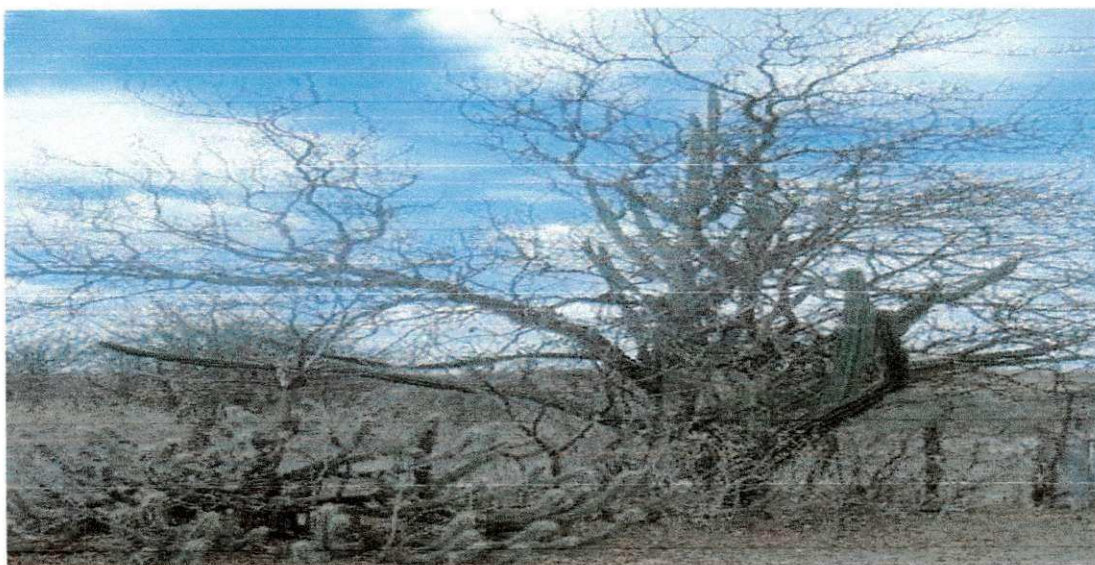


Figura 6. Área apresentando alguns exemplares de cactos. Coordenadas 7° 11' 9,5" S, 35° 56'27,2" W

A Figura 7 mostra a composição multiespectral ajustada das bandas 3, 4 e IVDN, da distribuição de vegetação, solo exposto e reservatórios de água para os anos de 1989 e 2007.

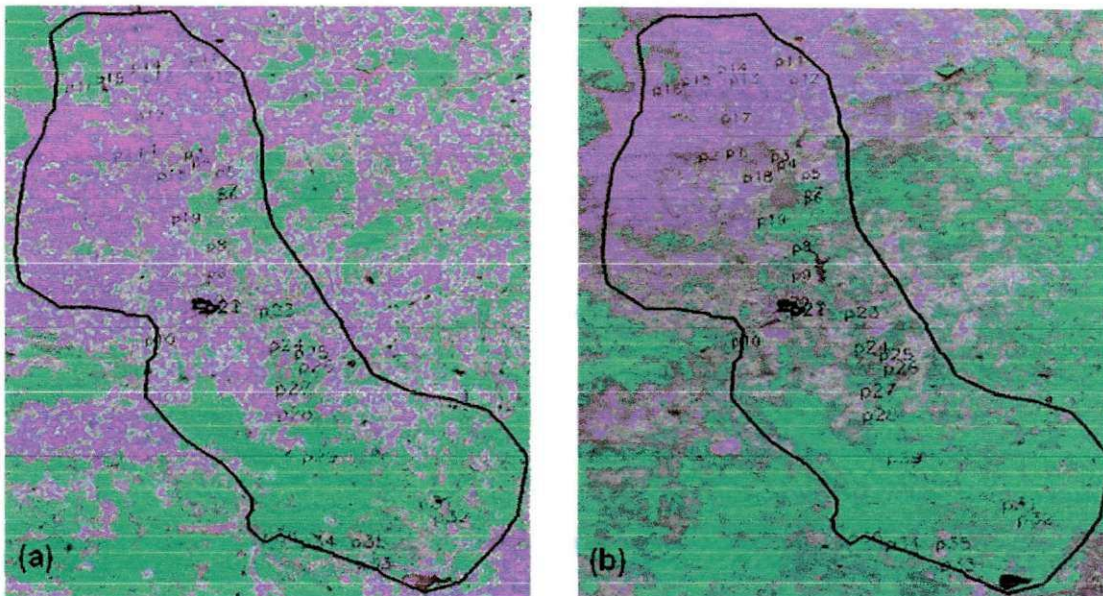


Figura 7. (a) composição multiespectral ano de 1989 (b) composição multiespectral ano de 2007.

Comparando as duas imagens, é possível afirmar que a de 1989 apresenta um quadro bem menor de cobertura vegetal que a de 2007 apresentando, porém, áreas nas quais existia uma cobertura vegetal mais intensa composta, provavelmente, de uma vegetação mais arbórea e exuberante, típica de floresta e menos estressada em termos hídricos (verde claro) que, ao longo do tempo, foram desaparecendo em virtude desmatamento, plantações de culturas de subsistência e criação de animais em sistema extensivo provocando o aparecimento de uma vegetação mais rala (verde escuro) mas ainda verde e sofrendo com o estresse hídrico (Figura 7(b)). Áreas que surgem com tons magento, indicam presença de solo exposto ou uma vegetação seca e estressada hidricamente, no entanto essas áreas, que têm uma vegetação aparentemente seca e sem a ocorrência de precipitações pluviais, apresentam também solos muito pouco espessos e com diversos afloramentos rochosos. Por se tratar de uma região do semi-árido paraibano, caracterizado pelas baixas médias pluviométricas e altos índices de evapotranspiração, a distribuição pluviométrica se dá, geralmente, em um período muito curto do ano e com distribuição temporal e espacial bastante irregular, observa-se esta situação claramente, nas imagens acima, e se percebe a

diminuição dos pontos com existência de água (tom escuro), porém se encontra na (Figura 7(b)) o surgimento de uma bacia (Açude de Puxinanã) tom escuro, que serve para abastecer esta área. Deferida observação, pode ser associada ao fato de que, no ano de 1989, as chuvas foram melhor distribuídas espacialmente, embora as médias mensais tenham sido baixas, já na imagem de 2007, os açudes que receberam mais água estão relacionados, aparentemente, com áreas de desenvolvimento de uma vegetação de “várzea” ao longo da drenagem, e também de abastecimento urbano, tal é o caso do surgimento do Açude de Puxinanã (Figura 8).



Figura 8. Açude público do Município de Puxinanã. Açude inserido dentro de rochas e maior açude a montante

Na Figura 9 (a) e (b) se observam algumas dessas situações encontradas nas imagens e, na Figura 9 (a) uma drenagem com relevo suavemente ondulado a ondulado, com plantio de sequeiro feito de morro a baixo (o que aumenta ainda mais a degradação) e algumas áreas de solo exposto com degradação média, já na Figura 9 (b), se constatou uma área abandonada com solo ondulado e bastante exaurido, retratando práticas de agricultura de sequeiro sem conservacionismo.



Foto 9 (a) Área de vegetação rasteira intercalada com agricultura e (b) área abandonada com afloramento rochoso. Coordenadas (a) $7^{\circ} 06' 44,7''$ S; $35^{\circ} 58' 27,2''$ W e (b) $7^{\circ} 06' 48,2''$ S; $35^{\circ} 57' 53,5''$ W

A partir das informações obtidas do tratamento digital das imagens de satélite da área estudada e do trabalho de campo, confeccionaram-se os mapas da cobertura vegetal para a bacia do Açude de Bodocongó e se calcularam suas áreas por classe de vegetação (Figuras 10 e 11).

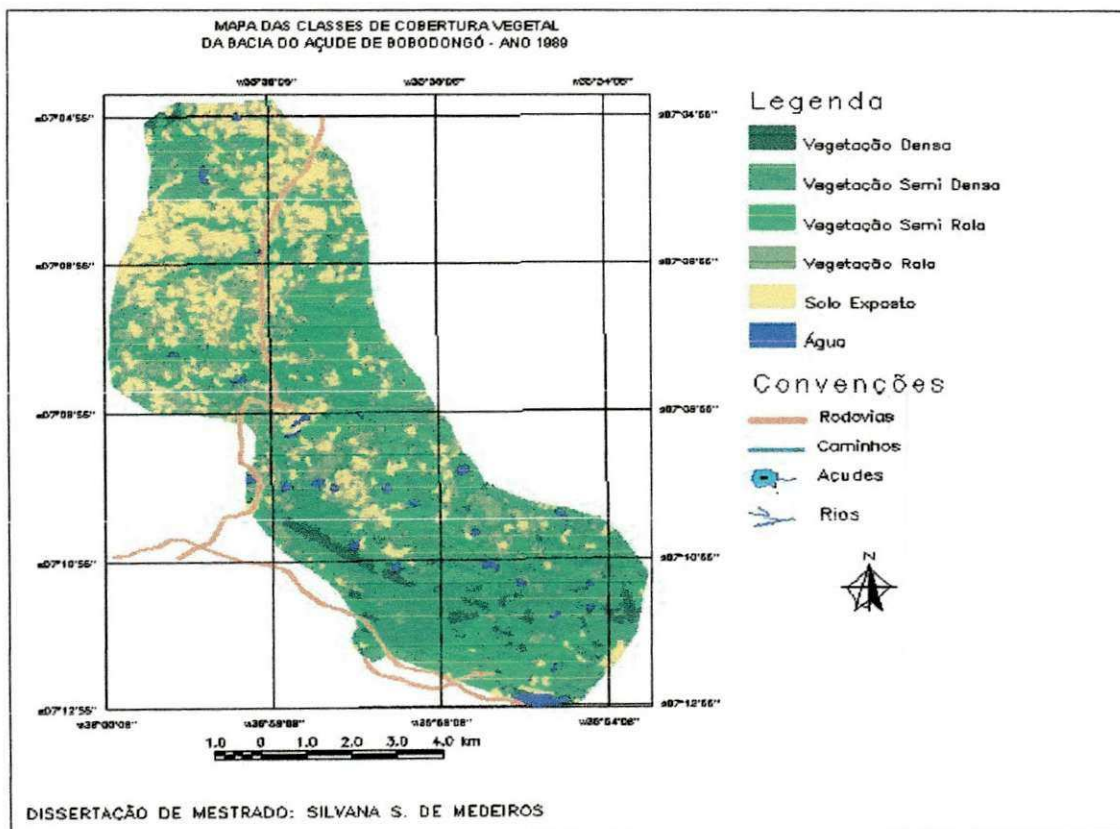


Figura 10. Mapa das classes da cobertura vegetal da bacia do Açude de Bodocongó – Ano 1989

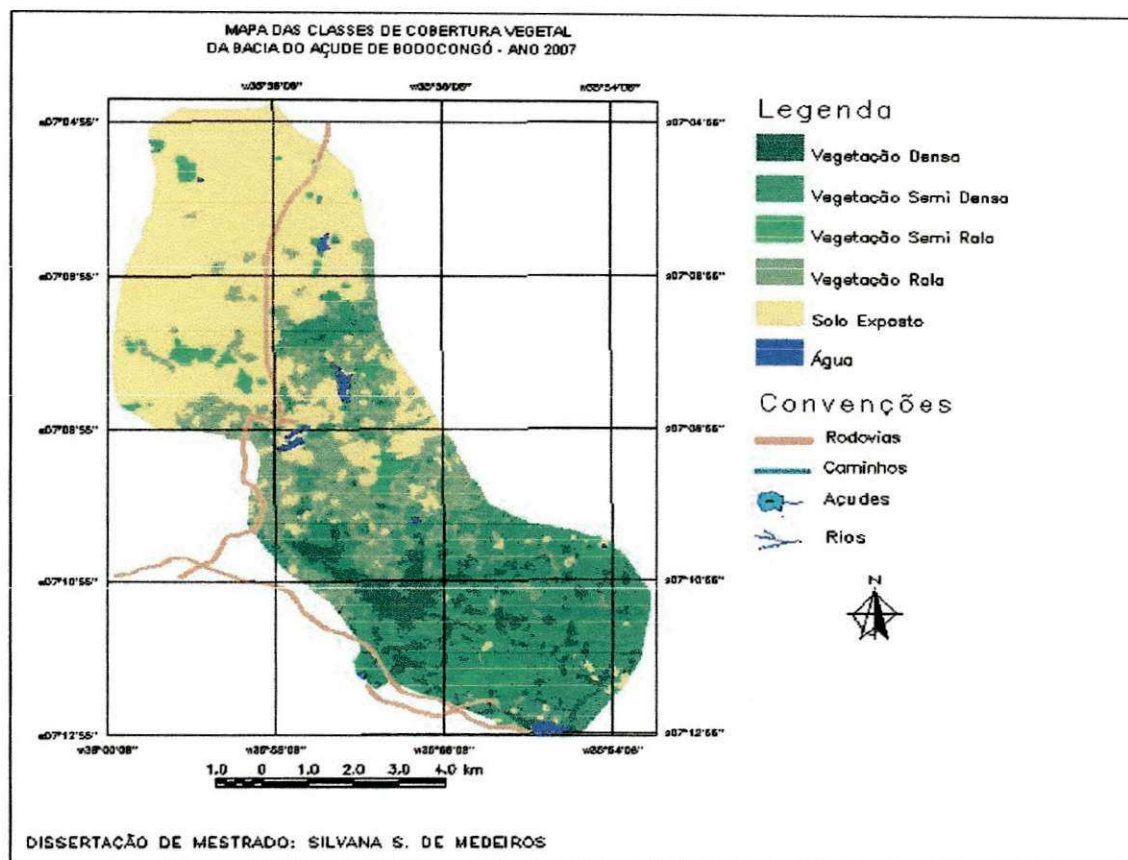


Figura 11. Mapa das classes da cobertura vegetal da bacia do Açude de Bodocongó - Ano 2007

Apresentam-se, na Tabela 3, os valores de cada classe de vegetação da área da bacia do Açude de Bodocongó, para os anos de 1989 e 2007.

Tabela 3. Comparação das classes de vegetação nos últimos 18 anos

VEGETAÇÃO	ÁREA			
	1989		2007	
	km ²	%	km ²	%
Vegetação densa	2.94	3.62	5.93	7.3
Vegetação semi-densa	19.50	24.0	19.19	23.6
Vegetação semi-rala	22.98	28.3	2.61	3.22
Vegetação rala	22.64	27.9	20.52	25.3
Solo exposto	12.36	15.2	32.35	39.9
Área total	81.26	99.02	81.13	99.32

Classe de vegetação densa

Atualmente, esta classe de vegetação indica uma área de 5.93 km², o que corresponde a 7.3 % da área total da bacia. Este tipo de classe é caracterizado por apresentar vegetação do tipo floresta, com muitos exemplares de vegetação nativa, como juazeiro e cumaru, com pouco estresse hídrico em solo com muito afloramento rochoso. O aumento dessa área de vegetação, aponta uma degradação baixa e tal recuperação ambiental natural pode estar relacionada ao difícil acesso à área da bacia (Figuras 12 e 13).



Figura 12. Dentro da drenagem do rio vegetação arbustiva e densidade de vegetação alta. Coordenadas 7° 07'19,9" S; 35° 57'28,5" W



Figura 13. Leito do rio seco com capim de forrageira e muito afloramento de rocha. Coordenadas 7° 07'19,9" S; 35° 57'28,5" W

Classe de vegetação semi-densa

A vegetação semi-densa é caracterizada por apresentar cultura de subsistência, na sua maioria de milho e feijão, áreas de forrageiras, uma vegetação arbórea e arbustiva bastante esparsa e solo com cobertura vegetal de gramíneas. Esta classe não sofreu praticamente qualquer alteração ao longo desses anos e representa cerca de 23.6% da área atual da bacia. Outra característica marcante dessa classe é o relevo fortemente ondulado, solo exposto em pouca quantidade, em virtude da agricultura de sequeiro, que propicia a existência de uma degradação moderada. A densidade populacional nessa área é de baixa a média, agricultura de sequeiro e pecuária semi-extensiva (Figuras 14 e 15).



Figura 14. Área com vegetação semi-densa em relevo ondulado. Coordenadas 7° 09'34" S, 35° 56'51,7" W



Figura 15. Área de relevo forte ondulado e propriedades rurais ao longo da área. Coordenadas 7° 11'9,5" S, 35° 56'27,2" W

Classe de vegetação semi-rala

Esta classe de vegetação apresenta, ao longo da sua área, uma vegetação com bastante cobertura rasteira de gramíneas, agricultura de subsistência e áreas de pastagem, aproveitando a drenagem natural, pecuária extensiva, pouca vegetação arbórea e arbustiva e alguns exemplares de fruticultura esparsa. Esta classe sofreu grande diminuição na sua área, em 1989 a área representava 22.98 km², ou seja, cerca de 28.3%, atualmente, possui 2.61 km², o equivalente a 3.22% da área total da bacia. Um dos motivos que podem ter levado a esse estágio de vegetação semi-rala, pode estar relacionado à densidade populacional, que é relativamente alta. Esta classe também apresenta relevo ondulado com afloramentos rochosos em toda a sua extensão e degradação moderada (Figuras 16 e 17).



Figura 16. Área de pastagem aproveitando a drenagem natural e solo quase exposto. Coordenadas 7°06'15" S, 35° 58'30,2" W

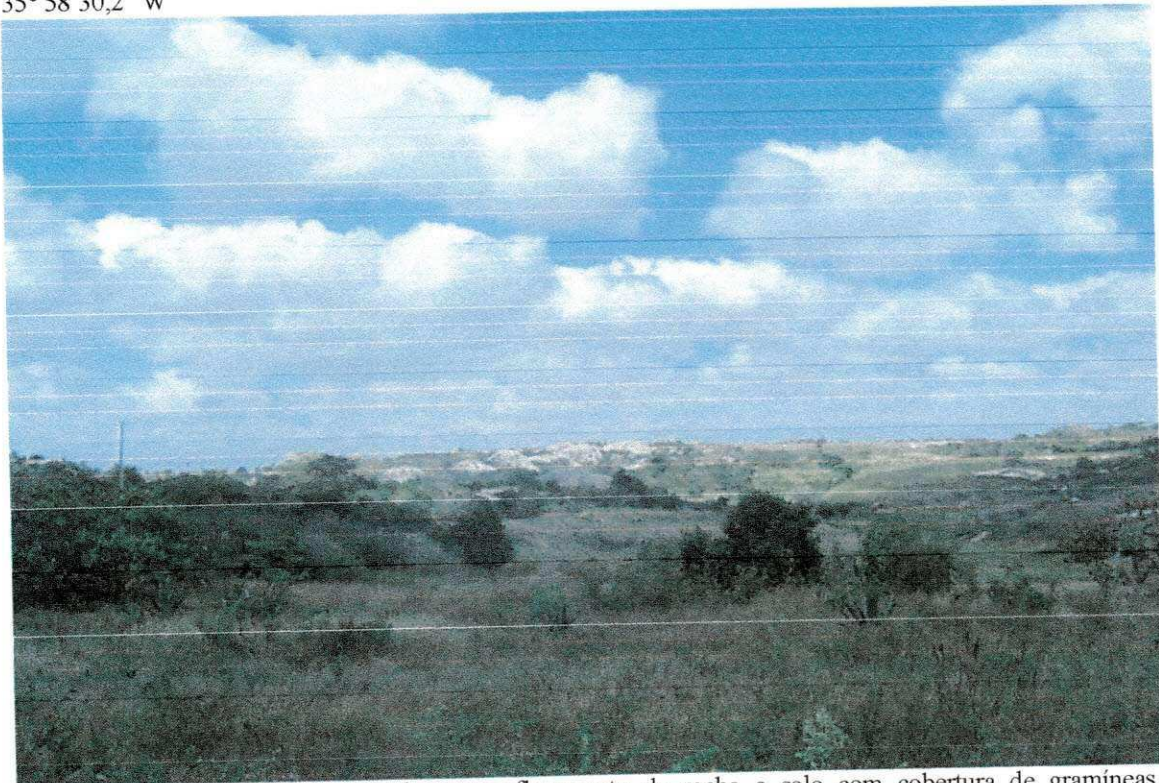


Figura 17. Relevo ondulado com bastante afloramento de rocha e solo com cobertura de gramíneas. Coordenadas 7° 07'25" S; 35° 57'28,4" W

Classe de vegetação rala

Esta classe corresponde a cerca de 20.52 km², ou seja, 25.3% da área da bacia atual em 1989, esta mesma área correspondia a 22.64 km² (27.9%), indicando que houve diminuição nessa classe de vegetação. Apresenta área com vegetação arbórea e arbustiva com exemplares de vegetação nativa como angicos, juremas e mulungus, dentre outras, áreas de culturas abandonadas com vegetação rasteira, cobertura vegetal de mata nativa. Possui, também, uma agricultura de subsistência com algumas áreas consorciadas, aproveitando a drenagem natural, solo arenoso, raso e com afloramento de rochas, outra característica dessa classe é a densidade demográfica populacional na área, que é relativamente alta, e degradação alta (Figuras 18 e 19).

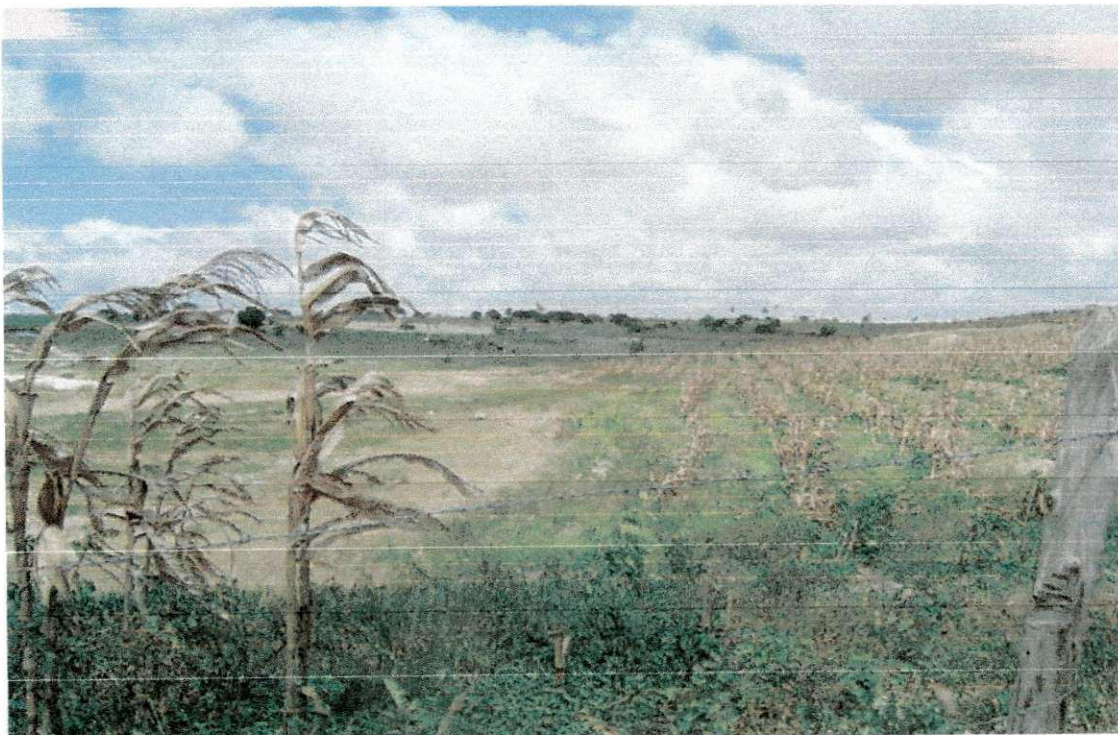


Figura 18. Agricultura de subsistência e solo raso com afloramento de rochas. Coordenadas 7°06'15"S, 35°58'30,2" W

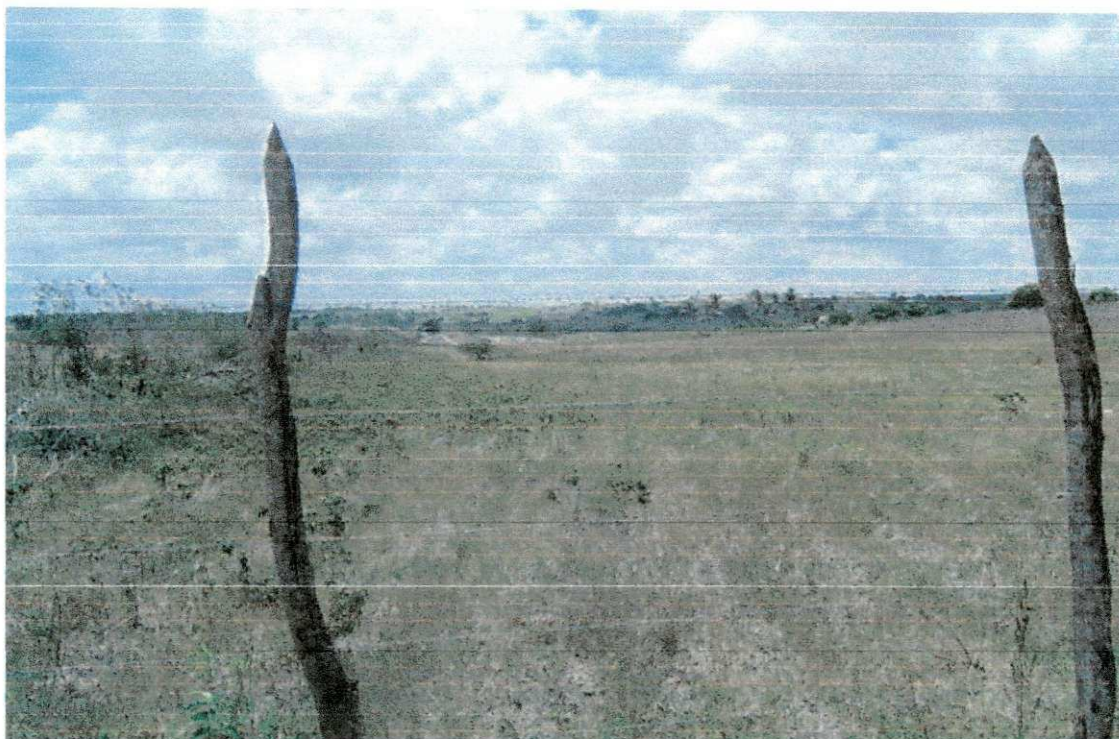


Figura 19. Início da drenagem mostrando área em repouso com cobertura de mata nativa. Coordenadas 7° 05'50,7"S, 35°59'21,7" W

Classe de vegetação com solo exposto

Esta área da bacia é a que apresenta uma maior preocupação razão por que é a mais grave de todas, haja vista que houve uma evolução negativa na cobertura vegetal. Esta classe apresentava, inicialmente, uma área de 12.36 km² (15.2%) mas hoje sua área é de 32.13 km² (39.9%), isto é, 14.4% de aumento nessa classe de vegetação, devido a grande quantidade de solo exposto na região e a facilidade para ocorrência de degradação. As principais características dessa classe são solos arenosos e expostos, alguma presença de vegetação arbórea e arbustiva com alguns exemplares de fruteiras (mangueiras, coqueiros e cajueiro), agricultura de subsistência (milho e palma forrageira) e áreas abandonadas com vegetação rasteira e alta degradação, sua densidade populacional é de média a baixa (Figuras 20 e 21).



Figura 20. Solo exposto e algumas áreas abandonadas. Coordenadas 7° 05'32,3" S, 35° 58'32,6" W



Figura 21. Áreas de culturas abandonadas com vegetação rasteira. Coordenadas 7° 07'3,8" S, 35° 57'30" W

5.3. DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA BACIA DO AÇUDE DE BODOCONGÓ

A partir das informações obtidas do tratamento digital das imagens de satélite da área estudada e do trabalho de campo, foi possível confeccionar os mapas de degradação ambiental para a bacia do Açude de Bodocongó e calcular suas áreas por nível de degradação.

5.3.1. Características físicas encontradas para cada nível de degradação

1. Nível de degradação muito baixa
 - ✓ Vegetação: densidade muito alta ou densa, porte predominante arbóreo
 - ✓ Uso da terra: praticamente nulo
 - ✓ Erosão: não observada
 - ✓ Matéria orgânica: presente em alta quantidade
 - ✓ Densidade populacional: muito baixa/ nula
2. Nível de degradação baixo
 - ✓ Vegetação: densidade alta ou semi-densa, porte arbóreo e arbustivo
 - ✓ Uso da terra: vegetação nativa, pecuária e aviários em pequena escala
 - ✓ Erosão: muito baixa/ nula
 - ✓ Matéria orgânica: presente em alta/ média quantidade
 - ✓ Densidade populacional: média/ baixa
3. Nível de degradação moderado
 - ✓ Vegetação: densidade média ou semi-rala, porte arbustivo com alguns exemplares arbóreos
 - ✓ Uso da terra: vegetação nativa, agricultura de sequeiro, pecuária em pequena escala
 - ✓ Erosão: moderada (laminar)
 - ✓ Matéria orgânica: presente em razoável quantidade
 - ✓ Densidade populacional: média/ alta
4. Nível de degradação moderado a grave
 - ✓ Vegetação: rala, com pouca cobertura vegetal e alguns exemplares arbóreos
 - ✓ Uso da terra: vegetação nativa, pecuária, agricultura de sequeiro
 - ✓ Erosão: média/ alta (laminar/ sulcos evoluindo para voçorocas)

- ✓ Matéria orgânica: pouca
 - ✓ Densidade populacional: média/ alta
5. Nível de degradação grave
- ✓ Vegetação: muito rala e solo exposto
 - ✓ Uso da terra: abandonada
 - ✓ Erosão: alta (laminar, sulcos e voçorocas), áreas salinas
 - ✓ Matéria orgânica: ausente
 - ✓ Densidade populacional: média/ baixa

Observa-se, nas Figuras 22 e 23 a situação atual dos níveis de degradação da bacia

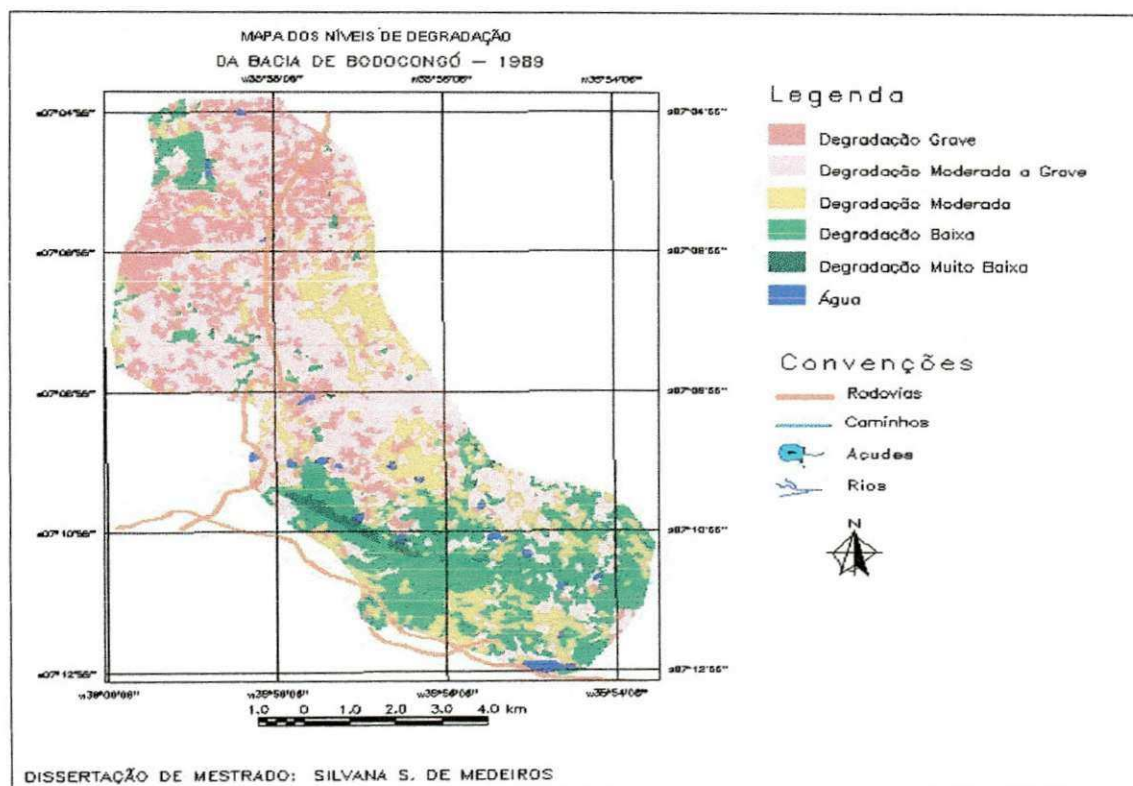


Figura 22: Mapa dos níveis de degradação ambiental da Bacia de Bodocongó, Ano 1989

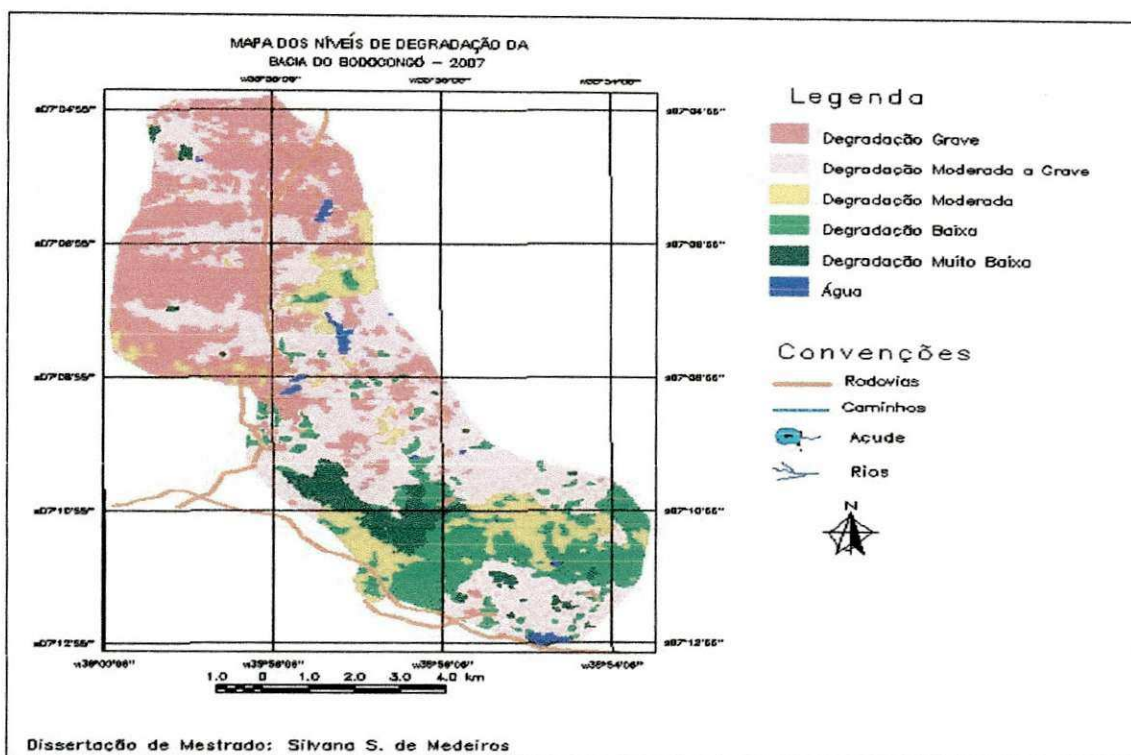


Figura 23: Mapa dos níveis de degradação ambiental da Bacia de Bodocongó, Ano 2007

A Tabela 4 apresenta os valores para cada nível de degradação da área da Bacia do Açude de Bodocongó, para os anos de 1989 e 2007.

Tabela 4. Comparação dos níveis de degradação nos últimos 18 anos

DEGRADAÇÃO	ÁREA			
	1989		2007	
	km ²	%	km ²	%
Degradação muito baixa	1.17	1.44	4.17	5.15
Degradação baixa	19.29	23.7	11.17	13.8
Degradação moderada	14.34	17.65	8.31	10.24
Degradação moderada grave	32.97	40.6	32.65	40.24
Degradação grave	12.81	15.8	24.19	29.81
Área total	81.26	99.19	81.13	99.24
Água*	0.67	0.80	0.62	0.76

* A água não é um nível de degradação das terras mas indica a situação atual hídrica da área

Nível de degradação grave

Observa-se que em 18 anos o nível de degradação grave na área estudada passou de 15,8 % (12.81 km²) em 1989 para 29,8 % (24.19 km²) em 2007, representando um aumento em torno de 14,0 % da área atual da bacia, este aumento pode estar relacionado aos fatores antrópicos, como a pecuária extensiva e atividades realizadas pelo homem, o nível de degradação é caracterizado por apresentar vegetação rala e/ou inexistente, erosão muito alta, favorecendo a degradação em virtude do solo exposto e terras abandonadas, nota-se, também que, mesmo com uma densidade populacional relativamente média a forma de abastecimento de água para os moradores da região é feita, basicamente, por cisternas, não existindo saneamento básico em nenhuma parte da área. Essas condições de vulnerabilidade também proporcionam o êxodo rural da área sendo comum encontrar-se, ali, casas abandonadas (Figura 24).



Figura 24. Casa abandonada devido o empobrecimento do solo e déficit hídrico da região. Coordenadas: 7° 07'3,8" S; 35° 57'30" W

Ainda se observam áreas com problemas de salinidade decorrentes do mau uso do solo e da utilização de técnicas de irrigação inadequadas (Figura 25), outro tipo de

degradação notado foi a extração mineral para construção civil ao longo dos taludes do açude (Figura 26).

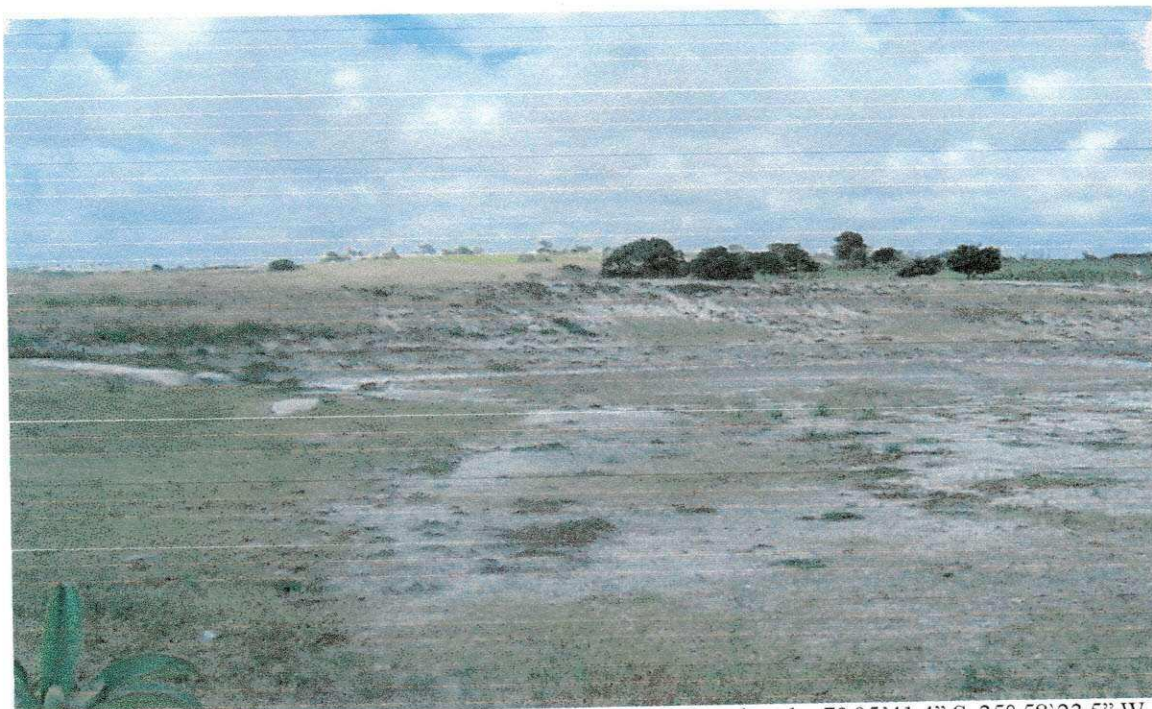


Figura 25. Açude praticamente seco e apresentando solo salino. Coordenadas $7^{\circ} 05' 41,4''$ S, $35^{\circ} 58' 23,5''$ W



Figura 26. Retirada de material para construção civil (massame). Coordenadas $7^{\circ} 07' 43,9''$ S, $35^{\circ} 58' 3,8''$ W

Apesar desse nível apresentar, na sua maioria, solo exposto, a área possui relevo suavemente ondulado com algumas áreas de cobertura vegetal compostas de gramíneas e capim nativo, outra característica marcante desse nível de degradação é a existência de erosões em um nível bastante alto, o que favorece ainda mais a degradação ambiental na área (Figura 27).

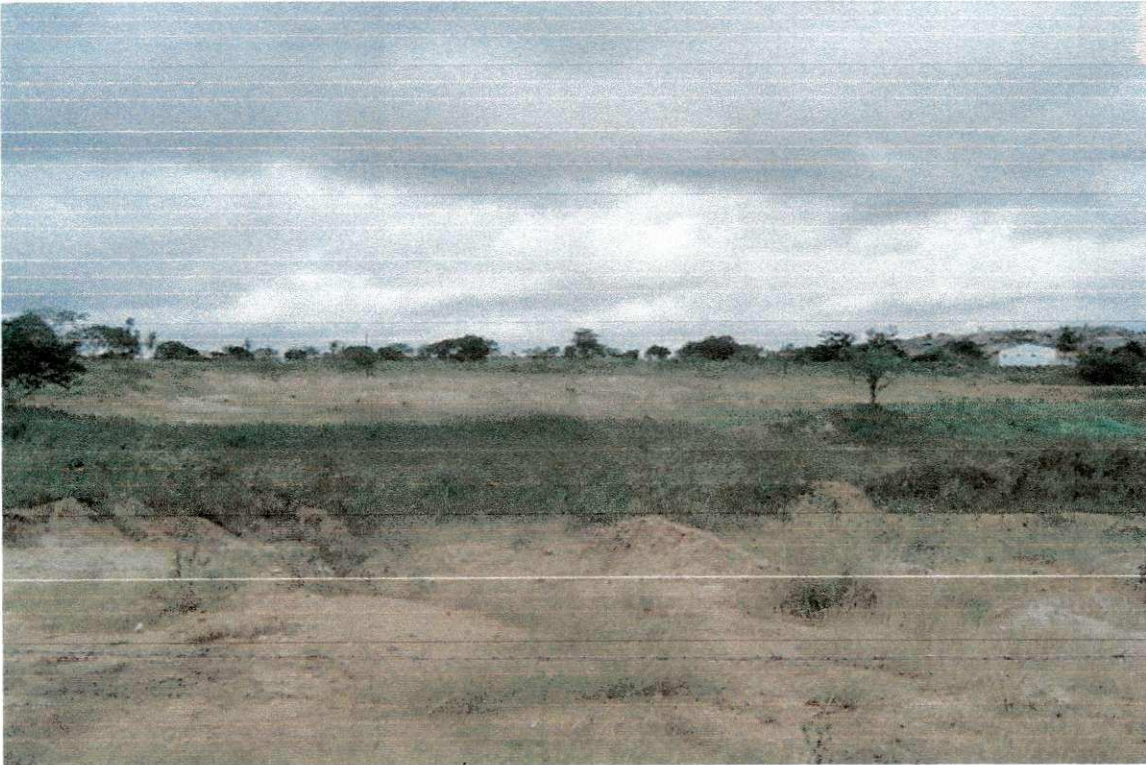


Figura 27. Solo degradado, sem cobertura vegetal e com retirada da camada superficial do solo, deixando-o exposto e favorecendo a erosão laminar. Coordenadas 7° 08'59,9" S, 35° 57'38,9" W

Na Figura 28 se encontra uma área apresentando voçorocas relativamente grandes, resultado do desmatamento e da falta de cobertura vegetal nessa parte da área da bacia.



Figura 28. Voçoroca com vegetação, em uma área de relevo fortemente ondulado. Coordenadas 7°12'23,6" S, 35° 56'29,1" W

Nível de degradação moderado a grave

Este nível de degradação corresponde, atualmente a 32.65 km², isto é, cerca de 40.2 % da área da bacia e é caracterizado por apresentar vegetação rala, com pouca cobertura de gramíneas, favorecendo a erosão laminar, solo exposto, poucos exemplares arbóreos, muito afloramento de rochas, uma pecuária semi-extensiva e densidade populacional de média a alta. Em 1989, esta mesma área representava cerca de 32.97 km² (40.6 %) percebe-se, então, que, praticamente não ocorreu aumento significativo nesse nível de degradação, mesmo se tratando de uma área com densidade populacional significativa e propícia a fatores antrópicos. A Figura 29 mostra bem uma área de drenagem natural em relevo suave ondulado, utilizada com culturas de subsistência, gramíneas e algumas fruteiras esparsas.



Figura 29. Área de degradação moderada a grave com relevo suave ondulado. Coordenadas 7°05'41,4" S, 35°58'23,5" W

Constata-se, na Figura 30, uma área de morro com bastante solo exposto, afloramento rochoso e relativa densidade demográfica, características desse nível de degradação.



Figura 30. Morro sem cobertura vegetal e muito afloramento rochoso. Coordenadas 7°12'24,1" S, 35°55'51,1" W

Esta área da bacia também sofre grande pressão demográfica, influenciando diretamente na degradação ambiental, seus solos são predominantemente de textura arenosa, o que facilita na exploração e venda do solo para fins comerciais (Figura 31).



Figura 31. Retirada de material para construção civil. Coordenadas 7° 12' 24,1" S, 35° 55' 51,1" W

Nível de degradação moderado

Este nível de degradação representa, atualmente cerca de 8.31 km², ou seja, 10.24 % da área total da bacia, sendo caracterizado por apresentar densidade populacional média a alta, com vegetação arbórea e arbustiva, relevo suave e grande quantidade de áreas utilizadas para agricultura de subsistência. A atividade agrícola presente em quase toda a área, está misturada à atividade de pecuária existente em pouca escala. Nesta região se observa que a maioria dos cultivos é feita morro a baixo, o que propicia a degradação em torno da bacia (Figura 32).



Figura 32. Plantação de mandioca feita de morro a baixo. Coordenadas 7° 07'25" S; 35°57'28,4" W

Esta área também apresenta agricultura de sequeiro, sobretudo milho, feijão, batata doce, erva-doce e mandioca, em pequenas áreas mais baixas e úmidas do vale. A atividade agrícola é bastante intensa e a agricultura intercala com áreas de vegetação rasteira, predominando gramíneas e pequenas parcelas de palma forrageira, algumas fruteiras (cajueiro e coqueiro) e várias espécies de vegetação nativa (jurema, juazeiro, angico e outros). A erosão do solo é baixa em virtude de apresentar uma cobertura vegetal favorável e com áreas de pasto, o que dificulta, assim, a erosão laminar e, conseqüentemente, a formação de sulcos (Figura 33).



Figura 33. Áreas agrícolas (plantação de erva-doce) intercalando com pecuária e algumas áreas restritas de vegetação arbustiva. Coordenadas 7° 09' 52,1" S, 35° 56' 29,4" W

Nível de degradação baixo

A degradação baixa representa atualmente, cerca de 13.8 % (11.17 km²) da área da bacia, em 1989, esta mesma área mostrava uma porcentagem de 23.7 %, ou seja, 19.29 km², percebe-se que nesses 18 anos este nível de degradação piorou, provavelmente por haver uma densidade demográfica baixa, ocasionada pelo êxodo rural, cujas características principais estão relacionadas a uma vegetação nativa, arbórea e arbustiva de alta densidade, o nível de erosão é muito baixo, com pouco uso do solo. O solo por sua vez, apresenta cobertura vegetal por gramíneas e cobertura de matéria orgânica, dificultando a erosão, pouco solo exposto e relevo fortemente ondulado com vegetação nativa preservada, como juremas e catingueiras dentre outras (Figura 34).



Figura 34. Área de relevo fortemente ondulado com vegetação preservada arbórea e arbustiva. Coordenadas 7°11'49,9" S, 35°57'20,6" W

Este nível indica, na sua maioria, plantio de capim e forrageira além de algumas áreas com agricultura de subsistência (Figuras 35 e 36).



Figura 35. Morro com vegetação arbórea, agricultura de subsistência, capim de corte e roça de milho, mandioca e feijão. Coordenadas 7°12'2,8" S, 35°54'48,9" W



Figura 36. Morro com cobertura vegetal de gramíneas, pouco solo exposto com plantação de capim de forrageira e agricultura de subsistência. Coordenadas 7° 11'50,1" S,35°55'0,4" W

Nível de degradação muito baixo

No ano de 1989 este nível representava cerca de 1.17 km² (1.44 %) da área, hoje (ano 2007) esta mesma área mostra cerca de 4.17 km² ou 5.15 % de degradação, ou seja, praticamente não houve mais degradação nesta área, mas, sim, um aumento da classe, em torno de 3.7 % em 2007, com relação ao ano de 1989, e este aumento pode estar relacionado às características desta região, que possui vegetação densa, de porte predominantemente arbóreo e arbustivo preservado, solo bem coberto por gramíneas, matéria orgânica e baixíssima densidade demográfica. Os principais exemplares arbóreos encontrados nesta área são angicos, juremas e mulungu (Figuras 37 e 38)



Figura 37. Área de vegetação preservada e arbórea e arbustiva, de densidade média/ alta. Coordenadas 7° 11'49,9" S, 35°57'20,6" W



Figura 38. Área preservada. Coordenadas 7°11'9,5" S, 35°56'27,2" W

5.4. O ASSOREAMENTO DO AÇUDE DE BODOCONGÓ

O assoreamento é uma das conseqüências mais agravantes da degradação, devido às más condições de conservação, e a falta de fiscalização dos órgãos públicos e do controle das atividades encontradas ao longo de toda bacia. Nos últimos anos, o Açude de Bodocongó não só vem apresentando aumento considerável de assoreamento, mas também causando bastante preocupação uma vez que, com o assoreamento, o nível de água da bacia diminui, comprometendo o seu volume hídrico, tal situação pode ser observada na figura abaixo (Figura 39), na qual se nota claramente o assoreamento, ao redor de toda a área da bacia.

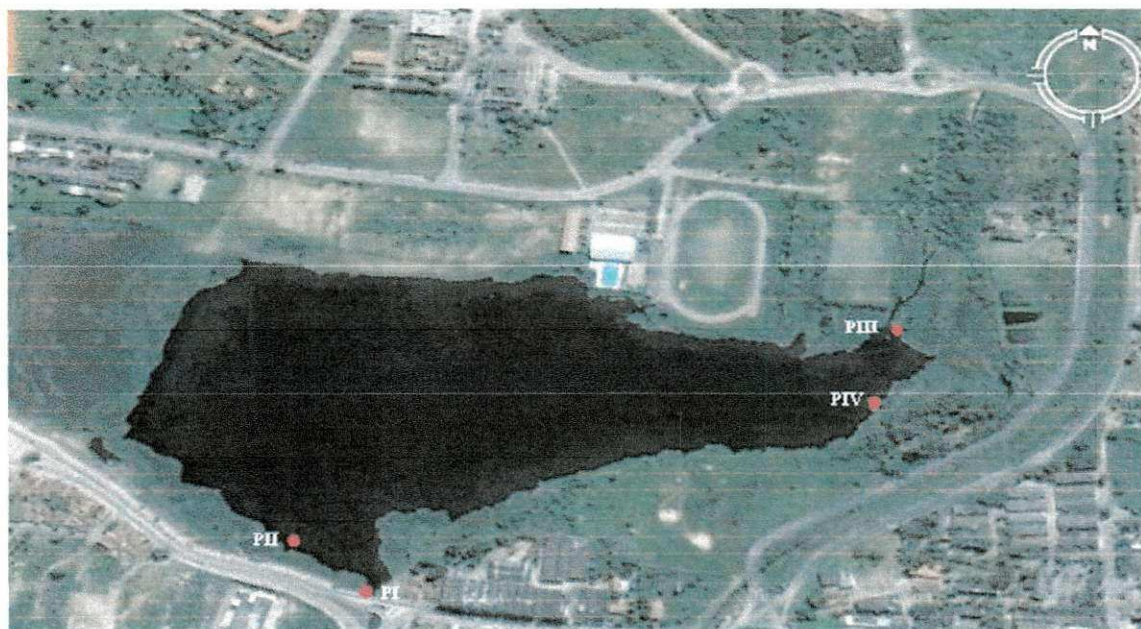


Figura 39: Imagem do Açude de Bodocongó mostrando o avanço do assoreamento ao longo da bacia

Fonte: Google/2007 (adaptado de Carvalho, 2007)

Através do estudo temporal realizado através do software SPRING 4.3 e conforme demonstrado nas Figuras 40 e 41, observou-se nitidamente a redução do espelho d'água do açude, em torno de 19% ao longo de 18 anos. Comparando-se as imagens do Landsat de 1989 com a do CBERS de 2007 e de acordo com os dados obtidos das imagens do Landsat em julho de 1989, este açude tinha 27,28 ha de espelho d'água, já em abril de 2007, segundo informações das imagens CBERS, esta área foi reduzida para 22,17 ha (CARVALHO, 2007).



Figura 40. Imagem RGB das bandas 5, 4 e 3 do Landsat-5 do ano de 1989 (Açude Bodocongó)

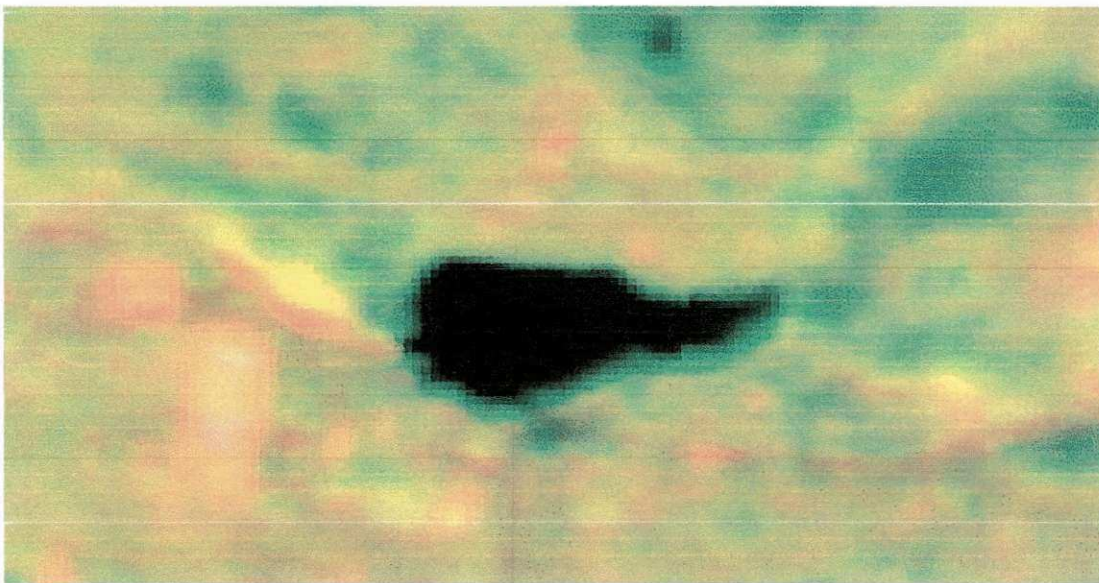


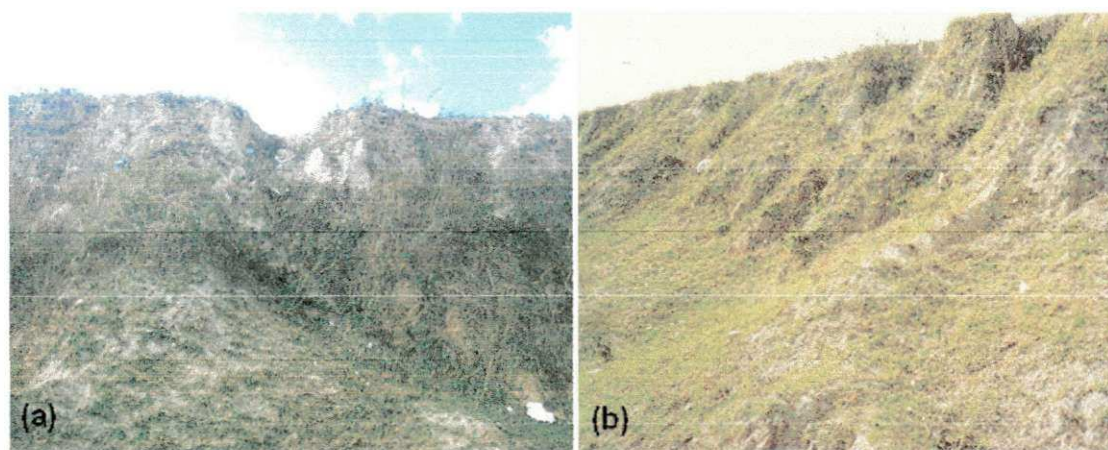
Figura 41. Imagem RGB das bandas 4, 3 e PC1 do CBERS do ano de 2007 (Açude Bodocongó)

Esta diminuição espaço-temporal bastante significativa observada nessas imagens pode ser uma das conseqüências causadas pelo assoreamento e a eutrofização (invasão de macrofitas) da bacia, a dessedentação e pastoreiro de bovinos e eqüinos, mesmo em perímetro urbano, conforme a Figura 42.



Figura 42. Dessedentação e pastoreiro praticado no açude. Coordenadas $7^{\circ}12'52,9''$ S, $35^{\circ}54'69,6''$ W.

Na Figura 43 (a) e (b) pode-se observar com nitidez, as condições atuais do meio físico na região sudeste do açude, no qual se identificaram sérios problemas de degradação, como processos erosivos e assoreamento. Incursões realizadas, nos taludes, ao longo do açude, revelaram a fragilidade de tais estruturas e mostram, também, a formação de sulcos e a existência de voçorocas, causadas possivelmente por intenso escoamento superficial, aliado a elevada declividade, a alta erodibilidade dos solos dos taludes e à inexistência de uma política de conservação.



Figuras 43. Processos erosivos ativos (sulcos e voçorocas) comprometendo a infra-estrutura ao longo de todo o açude. Coordenadas: $7^{\circ}12'51,7''$ S e $35^{\circ}54'39,7''$ W

Processos como esses, além de comprometerem a infra-estrutura do açude, geram diversos impactos negativos para as águas deste recurso hídrico, como o assoreamento, contribuindo com redução do volume acumulado e, conseqüentemente, redução da vazão, elevação dos valores de turbidez, danos à biodiversidade com arraste e aterramento de microrganismos que servem de alimento para os peixes.

Outra característica marcante para o aumento dessa degradação e assoreamento, é a exploração mineral para a utilização na construção civil próxima ao açude, feita de forma incorreta e sem acompanhamento de um órgão fiscalizador. Este tipo de atividade é bastante freqüente na área próxima à bacia hidráulica e, em alguns casos, com áreas já abandonadas pela exploração. Essa exploração acaba prejudicando o solo, de forma muito significativa, haja visto que, os efeitos negativos provenientes desta atividade, além de comprometerem a infra-estrutura do açude pela extração de areia e pela supressão dos vegetais que protegem os taludes, eles se traduzem em processos erosivos (sulcos, ravinas), escoamentos superficiais do solo até o leito da bacia, assoreamento do açude e aumento da turbidez, dentre outros (Figura 44).



Figura 44: Extração mineral praticado na barragem de contenção do açude. Coordenadas: 7°12'47,8"S e 35°54'41,1"W

A presença constante ao longo de toda a bacia de um relevo fortemente ondulado, além de plantações realizadas morro a baixo e algumas áreas abandonadas por já terem sido exploradas constantemente com plantio de agricultura de subsistência e sequeiro, também contribuem para a degradação e o assoreamento do açude. Esta situação, observada em toda a área ao redor da bacia, contribui ainda mais para o assoreamento, pois o uso incorreto do solo, as plantações feitas no sentido morro a baixo, as técnicas de irrigação inadequadas, a falta de cobertura vegetal decorrente da exploração mineral e do desgaste do solo em razão das constantes plantações, sem um preparo do solo entre uma e outra plantação, acabam facilitando o deslocamento do solo através do lixiviamento e escoamento superficial do solo, por ocasião das chuvas, para as proximidades do açude, comprometendo a parte hídrica.

A densidade populacional considerada alta nas proximidades do açude e a falta de uma rede de esgoto e, em consequência um sistema de saneamento adequado, também são responsáveis pela degradação da área. Muitos dos resíduos sólidos produzidos pelos moradores dessa área e de Bodocongó, são lançados indiscriminadamente em encostas e terrenos baldios que, com o decorrer dos tempos, passam a constituir sérios problemas ambientais uma vez que, por ocasião das chuvas, podem atingir o açude. Práticas como essas podem desequilibrar um ecossistema de diversas formas e gerar conseqüências sociais, econômicas e ambientais desastrosas como, por exemplo, poluição do solo e do açude; exposição da população a riscos; poluição visual (desfiguração da paisagem); proliferação de vetores (insetos, roedores); problemas socioeconômicos; desvalorização de imóveis e emissão de odores (MOTA, 1997).

Além das degradações provocadas pela disposição inadequada e pelo lançamento direto de resíduos sólidos no açude em diversos pontos da bacia hidráulica, também se constatou que o sistema de captação de águas pluviais sofre inúmeras agressões, contribuindo para elevar o nível de degradação, que já se encontra em estágio avançado.

A distribuição espacial e a forma de apropriação dos recursos naturais refletem o modelo de desenvolvimento adotado por um país, uma região. Campina Grande, não fugindo a este modelo de apropriação dos recursos naturais, apresenta crescimento desordenado e se observa uma ocupação irregular da área de preservação permanente

(APP) ao longo do açude de Bodocongó. Este tipo de ocupação, além de submeter a população a riscos diversos também degrada e compromete a sustentabilidade do recurso hídrico das condições mínimas necessárias à sua proteção.

6. CONCLUSÕES

1. O tratamento digital de imagens utilizado, possibilitou o estudo dos recursos naturais, mostrando-se bastante eficiente na identificação dos alvos terrestres (solo, vegetação e água), tal como na avaliação dos níveis de degradação e nas classes de vegetação da bacia analisada.
2. A metodologia utilizada de cinco níveis de degradação ambiental e as cinco classes de vegetação, mostraram-se bastante eficazes ao estudo comparativo dos anos analisados da bacia hidrográfica, possibilitando um refinamento maior de detalhes nas áreas da bacia em estudo.
3. Toda a bacia estudada está com alto índice de degradação ambiental, sendo que em algumas áreas este índice diminuiu consideravelmente mas, mesmo assim, necessita de cuidados.
4. O aumento do solo exposto teve quase 50% de evolução na cobertura vegetal da área total da bacia do açude, passando de 12.36 km² para 32.23 km².
5. Na degradação ambiental os índices mais preocupantes estão na degradação grave que, praticamente, se ampliaram nesses últimos 18 anos, passando de 12.81 km² para 24.19 km², porém, ocorreu diminuição na degradação baixa, em torno de 10% da sua área total.
6. Atividades antrópicas aliadas à falta de consciência e informação por parte da população, a ausência de fiscalização e a omissão dos Poderes Públicos, são fatores que contribuem significativamente para a intensificação dos processos de degradação do Açude de Bodocongó.
7. Ao longo do período estudado ocorreu redução considerável do espelho d'água do Riacho de Bodocongó, em torno de 19%, passando de 27.28 ha para 22.17 ha e, se não houver uma ação intervencionista através dos órgãos públicos responsáveis pelo

meio ambiente e em curto espaço de tempo, a poluição da bacia atingirá índices insustentáveis, provocando grandes problemas para a bacia e para os cofres públicos.

8. O uso incorreto do solo, as atividades agrícolas existentes nas proximidades da bacia hidráulica, a exploração mineral e o lançamento de esgotos doméstico e industrial sem tratamento, são as principais fontes de poluição das águas do açude, da degradação e do assoreamento.

7. SUGESTÕES

1. A implantação de um sistema de gestão e planejamento ambiental na bacia hidráulica, como forma de prevenir a degradação ambiental, a falta de cobertura vegetal, o assoreamento e a poluição, com definição dos diversos usos, compatíveis com a infra-estrutura e com a capacidade do açude.
2. O monitoramento periódico da qualidade do açude e do espelho d'água, visando manter a qualidade, quantidade e sustentabilidade desse ecossistema e o controle dos níveis de poluição.
3. O monitoramento periódico do uso do solo na área da bacia, visando manter suas características e tentando diminuir a degradação do solo e da cobertura vegetal.
4. A definição de Áreas Especiais de Proteção, nas quais serão estabelecidas restrições quanto à sua ocupação e utilização das áreas próximas à bacia.
5. A implantação de subestações de Tratamento de Esgotos Domésticos, de modo a dispor, no açude, o efluente tratado, sem comprometer a qualidade e o volume de sua água.
6. Coibir a extração de areia nos taludes do açude, através de rigorosa fiscalização e punição aos infratores.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAS, M & ADAS. S. **Panorama geográfica do Brasil: contradições, impasses e desafios sócio-espaciais**. 3 ed. São Paulo: Moderna, 1998. 596p.

Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA. Disponível em: <www.aesa.pb.gov.br>. Acesso em: maio 2008

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2ª ed. Brasília: Embrapa -SPI/ Embrapa- CPAD, 1998, 434p.

BARBOSA, M. P.; SANTOS, M. J dos. SIG e dos desastres naturais. Uma experiência na região de Sumé, Estado da Paraíba, Brasil. In: Maskrey, A. (ed). **Navegando entre brumas - la aplicacion de los Sistemas de Información Geográfica al analisis de riesgo em América Latina**. Lima: LA LA RED/ITDG, 1998. 21p.

BRANCO, S. M. **Caatinga. A paisagem e o homem sertanejo**. 2 ed. São Paulo: Moderna, 2003. 72p.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA - Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folhas SB-24/25, Jaguaribe/Natal; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 1981. 744p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA; **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. II - Interpretação Para Uso Agrícola dos Solos do Estado da Paraíba**. M.A./CONTAP/USAID/BRASIL. (Boletim DPFS. EPE-MA, 15 - Pedologia, 8). Rio de Janeiro. 1972. 683p.

BORGES, F. S. P. **Estimativa de batimetria utilizando sensoriamento remoto e Krigagem Bayesiana. Estudo de Caso: Reservatório Morro Grande, Rio de Janeiro**, Tese de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2004

CAMPAGNOLI, F. **O Assoreamento como um Geoindicador Ambiental em áreas urbanas: O Exemplo da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)**, In: Anais do III Encontro de Engenharia de Sedimentos, v. 1, Belo Horizonte, MG, setembro de 1998, 135-143p.

CAMARA, G. **Sistemas de informações geográficas – Aplicações na Agricultura**. Serviço de produção de informação – SPI, Brasília, 1998.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. **“SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling”**. Computers & Graphics, 20:(3), May-June, 1996. 395-403p

CAMARA G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. São Jose dos Campos: INPE, 1996, 36p. (Relatório do INPE)

CANDIDO, H. G. **Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano**. Campina Grande, UFPB, 2000.105p (Dissertação de Mestrado)

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 372 p

CARVALHO, A. de P.; **Diagnostico da Degradação Ambiental do Açude de Bodocongó em Campina Grande – PB**. Tese (Mestrado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande. 2007.96p.

CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. S.; PEREIRA, N. R.; STRACH, J.C.M. **Elaboração de Zoneamentos agropedoclimaticos por geoprocessamento: soja em municípios do Rio Grande do Sul**. Rev. Brás. Cienc. Solo, vol. 27, nº 2. Viçosa: Mar/Abril, 2003.

CARVALHO, N.O.; JUNIOR, N.P.F.; SANTOS, P.M.C. e LIMA, J.E.F.W. **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**, Brasília, DF, ANEEL – 2000.

CARDONA, O. D. Evaluación de la amenaza. La vulnerabilidad y el riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. In: Maskrey, A. (ed). **Los desastres no son naturales**- Colombia: LA RED/ITDG, 1993. 51-74p.

CHAVES, I.B. **Erosividade das chuvas na micro-região homogênea brasileira nº 98 (Estado da Paraíba)**. Piracicaba- SP, ESALQ-USP, 1977. 99p (Tese de Mestrado).

CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS DE COMBATE A DESERTIFICAÇÃO. MMA. 1997.95p.

Departamento Nacional de Obras contra as Secas - **DNOCS**, 1996

DANTAS, J.R.A. **Mapa geológico do Estado da Paraíba. Companhia de Desenvolvimento do Estado da Paraíba – CDRM**. Campina Grande, 1982, 134p.

DUARTE, S. M. A. **Diagnóstico Ambiental e Planejamento da Microbacia Hidrográfica Timbaúba no Brejo Paraibano, através de Técnicas de fotointerpretação e Sistema de Informações Geográficas**. Areia-PB. PPGMSA/UFPB, 2003.

DUQUE, J. G. **O Nordeste e as Lavouras Xerófitas**. Vol. CXLIII. 3 ed. Coleção Mossoroense. Escola Superior de Agricultura de Mossoró – Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1980.

FREITAS, S. R.; MELLO, M. C. S.; CRUZ, C. B. M. **Relações entre maturidade estrutural da floresta e índices de vegetação na Mata Atlântica**. Anais XII, Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16 -21 de abril de 2005, INPE, 1537-1544p.

GOOGLE EARTH. Campina Grande. Disponível em: <[http:// earth.google.com](http://earth.google.com)>. Acesso em: 05 de Fev.2007

GUERRA, A.J.T. **Processos Erosivos nas Encostas**. Cap. 4. GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1995. 472 p.

HEWITT, K. **Daños ocultos y Riesgos Encubiertos: Haciendo Visible el Espacio Social de los desastres**. In: MANSILLA, E. **Desastre Modelo para Armar “Colección de Piezas de un Rompecabezas Social”**. Ed. Lima: LA RED, 1996. 23-45p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados Estatísticos do Município de Campina Grande –PB**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: Jul 2007

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Geoprocessamento e Imagens Landsat**. 2002. Disponível em: <www.dgi.inpe.br>. Acesso em: maio 2007

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Tutorial SPRING**. 2000.

LAVELL. T. A. **Ciências sociales y desastres em América Latina: Um encuentro incluso**. In: Maskrey, A. (ed). **Los desastres no son naturales**. Colombia: LA RED/ITDG. 1993. 135-136p.

LISSESAND, T.M; KIEFER, R.W. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John wiley & sons, New York.1995

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília, DF, UNESCO – 2001.

MAHMOOD, K., **Reservoir Sedimentation – Impact, Extent and Mitigation**, Washington, DC, **World Bank Tech, Paper No. 71**, 1987.

- MMA. Ministério do Meio ambiente. **Mapa de susceptibilidade à desertificação**, 1998.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca: PAN-Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2004. 213 p.
- MASKREY, A. **El manejo popular de los desastres naturales: estudios de vulnerabilidad y mitigación**. Lima: ITDG, 1989. 135-136p.
- MEDINA, J.; ROMERO, R. **Los desastres si avisan: estudios de vulnerabilidad y mitigación II**. Lima: ITDG, 1992. 13 – 25p.
- MOREIRA, M.A. e ASSUNÇÃO, G.V. **Princípios Básicos, metodológicos e aplicação do Sensoriamento remoto na agricultura**. INPE. 3199 – MD/027.1984.70p
- MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. São Jose dos Campos. INPE.2001.208p
- MOTA, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**. 1ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.
- NICHOLSON, S. E. **Progress Physical geography. In: Sistemas de alerta temprana para casos de sequía y desertificación**. OMM-n. 906, Genebra, Suíça.1985.
- NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo. Ed. Edgard Blücher Ltda, 1998, 308p.
- PDCG. **PLANO DIRETOR DO MUNICIPIO DE CAMPINA GRANDE - Campina Grande – Paraíba**. 1989.

PROJETO BRA/93/036 (1997). **Convenções das Nações Unidas de combate a Desertificação nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, principalmente na África.** Ed. Inconfidência, Brasília, 89p.

QUEIROZ, J.E.R. de, BARROS, M.A. de. **Técnicas e análise digital de imagem multiespectrais.** Programa de Suporte técnico à gestão de recursos hídricos – ABEAS. Curso de sensoriamento Remoto e SIG. Modulo 8. Brasília – DF.1996.

ROCHA, J.S.M. **Manual de Projetos Ambientais.** Santa Maria. Imprensa Universitária/UFSM, 1997. 423p

RODRIGUEZ, J. L. **Atlas escolar da Paraíba.** Espaço Geo-histórico e cultural. João Pessoa – PB, 3 ed. Grafset, 2002. 112p.

RODRIGUEZ, J. L. ; SOUSA, D. M. de; BARRETO, V. T.; BORGES, F. F.; FILHO LINO, J. A. **Atlas Escolar Paraibano.** João Pessoa: Grafset, 1997. 96p.

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Desertificação, o Brasil em busca de soluções, **Boletim Informativo.** Vol. 25, nº 1, Janeiro/Março/2000, Viçosa – MG.

SEMARH/ LMRS. Volume dos principais açudes. <www.lmrs.pb.gov.br>. Acesso em: maio 2007

SENADO FEDERAL, 1996, **Agenda 21**, Conferencia das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 1992, Subsecretaria de Edições Técnicas, Senado Federal, Brasília.

SOUSA, R. F. de. **Terras agrícolas e o processo de desertificação em municípios do semi-árido paraibano.**il. Tese (Doutorado Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande. 2007.180p.

SHOPLEY, J.B. e FUGGLE, R.F. A comprehensive review of current environmental impact assessment methods and techniques. **Journal of Environmental Management**, 1984, 18: 25-47p.

TOMLIN, C.D.; **Geographic information systems and cartographic modeling**. Pentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1990, 249p.

TOSI, F. A. Tecnologia SIG chega ao setor sucroalcooleiro. **Jornal Cana**. Ribeirão Preto – SP. Serie II, ano Vi, nº 6, 1999, 25p.

VENEZIANI, P. e ANJOS, C. E. dos. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações em Geologia**. INPE. São Jose dos Campos. 1992. 61p.

VIANA, M. O. Um índice interdisciplinar de propensão à desertificação (IPD): instrumento de planejamento. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza. v.30 n. 3, jul./set. 1999.

VISSMAN, J. W.; HARBAUGT, T. E. e KNAPP, J. W. **Introduction to hydrology**, New York, Intext educational, 1972.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A., **Hidrologia Aplicada**. Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda. São Paulo, 1975. 6 – 27p

WIKIPEDIA, A enciclopédia livre. Disponível em: <www.wikipedia.org>. Acesso em: maio 2007