



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – UECE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT
MESTRADO ACADÊMICO EM GEOGRAFIA - MAG

JOÃO SÉRGIO QUEIROZ DE LIMA

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO MARANGUAPINHO - REGIÃO
METROPOLITANA DE FORTALEZA - CEARÁ - BRASIL

FORTALEZA-CE
2006

APOIO:



Fundação Cearense de Apoio ao
Desenvolvimento Científico e Tecnológico



Laboratório de Geologia e Geomorfologia
Costeira e Oceânica- UECE

JOÃO SÉRGIO QUEIROZ DE LIMA

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MARANGUAPINHO - REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA -
CEARÁ – BRASIL**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semi-áridas e Litorâneas

Orientador: Prof. Jáder Onofre de Morais,
Msc., PhD.

**FORTALEZA - CE
2006**

JOÃO SÉRGIO QUEIROZ DE LIMA

**DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
MARANGUAPINHO - REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA - CEARÁ -
BRASIL**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia pelo Mestrado Acadêmico em Geografia da Universidade Estadual do Ceará.

Área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semi-áridas e Litorâneas

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Jáder Onofre de Moraes, Msc., PhD - Orientador
Universidade Estadual do Ceará

Profª. Drª. Lidriana de Souza Pinheiro
Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. José Nilson Beserra Campos
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

Dedico à luz e às trevas, aos pobres e aos ricos,
ao fogo e à água, ao preto e ao branco, à paz e à
guerra, enfim, às diferenças que movem o mundo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, principalmente, ao povo da minha família: as crianças Geovana, Juliana, Kauã, Thalita, Nicolas; aos meus pais Menta e Wilson; aos avós maternos Antônio e Edir e avós paternos Antônio (*in memorian*) e Antônia; aos irmãos Thiago, Simone e Sueli; ao tio Carlos Henrique e às tias M^a Helena e Liduína; aos primos Aline e Alex; à Júlia e aos meus amigos Sérgio e Rilber.

E à família que eu escolhi: o povo da **UFC**: Luiz, Daniel, Márcio, Mário César, Érica, Márcia, Anna Érika, Wesley, etc.; do **LGCO**: Jorge, Neide, Felipe, Paulo Henrique (mais chegados) e Raquel, João Paulo, Valberlândia, Aluísio, Miguel, Carol, Glacianne, Tatiana, Marisa, Laldiane, Diego, etc.; do **MAG**: Sergiano, Marcelo, Eluziane, Adriana, Marília, Josi, Edilce e Jader.

Ao Davis e o Paulo Augusto que compartilharam das mesmas “coisas legais e chatas” inerentes a uma dissertação e ainda fazem parte do povo do **LGCO** e **MAG** ao mesmo tempo.

Aos professores que me orientaram nesse percurso: Prof. Jáder Onofre de Moraes (orientador), Prof.^a Lidriana Pinheiro, Prof. Marcos Nogueira, Prof^a. Lúcia Brito, Prof^a. Sandra Baptista da Cunha e Prof. Nilson Campos, responsáveis pelo aumento da minha admiração pelo ofício de professor e pela Geografia Física.

Aos meus amigos, Prof. José Levi Furtado Sampaio e Prof^a. Maria Salete de Souza, que “quase” me tornaram um geógrafo humano.

Ao Mestrado Acadêmico em Geografia e todos os professores e funcionários pela oportunidade e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (**FUNCAP**) pela bolsa de pesquisa concedida “que salvou a pátria!”.

RESUMO

O presente trabalho tratou da degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho (área de 214,8km²) localizada na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil. A bacia é ocupada pelos municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza e Caucaia com população de 1.156.010 habitantes em 279.138 domicílios (99,38% urbanos e 0,62% rurais). O meio urbano possui alta densidade residencial, comercial e industrial e o meio rural uso agropecuário. As intervenções técnicas da sociedade alteram substancialmente o meio natural desde pelo menos três décadas, causando uma série de impactos ambientais. Em função disso o objetivo do trabalho foi identificar os principais processos de degradação ambiental que repercutem no curso principal. O referencial teórico priorizou a bacia hidrográfica como unidade de estudo e a relação entre riscos e impactos ambientais. Utilizaram-se métodos integrados com análises das condições climáticas, geoambientais, hidrográficas, hidrológicas, vulnerabilidade à erosão dos solos; identificação de fontes de riscos e estimativas de produção de esgoto e resíduos sólidos. Como resultado obteve-se o mosaico geoambiental composto por cinco sistemas ambientais principais: Vertente Oriental da Serra de Maranguape, Superfície Sertaneja, Tabuleiros Pré-litorâneos, Planície Flúvio-marinha e Planícies Fluviais. O clima da bacia destaca pluviometria média anual de 1391,4 mm concentrados 88% no primeiro semestre. A dinâmica hidrológica e os aspectos hidrográficos propiciam a intensificação das enchentes no curso principal e a rápida concentração de esgoto e outros materiais com potencial poluidor. As principais fontes pontuais de risco são as lagoas de estabilização, estação de tratamento de esgoto, aterro sanitário, focos de lixo, indústrias em APP, equipamentos de pecuária e sítios de extração mineral próximos aos corpos hídricos. As principais fontes difusas de risco são: atividade agropecuária, lançamento de esgoto domiciliar e deposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares. O lançamento de esgoto domiciliar contribuiu com grande carga orgânica aos corpos hídricos da **BRM** em 2000 com 1,15m³/s. No período chuvoso poluição orgânica é atenuada pela diluição do esgoto pelas águas naturais. No período de estiagem ocorre grande risco de poluição orgânica pela predominância de esgoto nos corpos hídricos. A deposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares na **BRM** em 2000 contribuiu com 39.191,87kg/dia. As principais alterações físicas com influência no curso principal da **BRM** foram: a retirada da vegetação, assoreamento, impermeabilização das vertentes, erosão das margens, barramentos, ocupação urbana em APP e aterros das planícies fluviais e flúvio-marinhas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Degradação ambiental. Risco ambiental

ABSTRACT

This study deals with environmental degradation of the Maranguapinho River hydrographic basin, involving 214 Km² in the Fortaleza metropolitan region, Ceará State, Northeast Brazil. The basin runs through Fortaleza, Caucaia, Maracanaú and Maranguape municipalities, encompassing 1,156,010 inhabitants, of whom 99.38 % live in urban areas, the remainder inhabiting rural dwellings. The urban environment has a high residential, commercial and industrial density, and agriculture and cattle farming predominate in rural areas. Ever since technical intervention commenced three decades ago, the natural environment has been substantially altered. Considering these facts, this paper aims to identify the principal environmental degradation processes taking place in the main waterway. The theoretical framework prioritized the hydrographic basin as a unit for study of environmental impact and risk relationships. This comprises integrated methods for assessment of climatic, hydrographic, hydrologic and geoenvironmental conditions, as well as soil erosion vulnerability and estimation of sewerage and solid waste. Five key environmental systems have been determined, forming a geoenvironmental grid named Maranguape Hills Eastern Slope, Inland Plain, Pre – Coastal Plains, Fluvial - Marine Plains and River Plains. The basin climate displays average rainfall of 1301.4 mm, mostly concentrated in the first semester of the year (88%). Hydrodynamics, hydrology and hydrographic aspects lead to flood intensification in the main waterway, concentration of sewerage and other potentially-pollutant materials. The main sources of pollution are landfills, stabilization lakes for sewage treatment, waste dumps, industry located in permanent preservation areas, cattle farming facilities and mineral extraction, near river margins. The presence of domestic sewers gave rise to 1.15m³ /s high organic load concentration in the BRM waterways in the year 2000. During the rainy period, organic pollution receded due to natural fresh water, but on the other hand in this period there is a high risk of organic pollution as waterways are widely reached by sewers. Solid waste in 2000 was about 39,191.87 kg/day. The main physical changes affecting the BRM main waterway were vegetation degradation, silting up, slope impermeability, margin erosion, urban settling in area of permanent preservation, and land fills in fluvial and fluvial – marine plains.

Word keys: Hydrographic basin. Environmental degradation. Environmental risk

LISTA DE FIGURAS

01: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho.....	18
02: Esboço da definição teórica do geossistema.....	20
03: Perfis transversais: a) Riacho Sapupara. b) Rio Maranguapinho (RM – 01). c) Rio Maranguapinho (RM – 02). d) Rio Maranguapinho (RM – 03).....	36
04: a) (esquerda) Medição de velocidade da corrente fluvial com correntômetro. b) (direita) Perfilagem transversal do leito fluvial.....	38
05: Canal das lagoas de estabilização do SIDI.....	39
06: ZCIT - Satélite METEOSAT – 7.....	58
07: Médias mensais de precipitação dos municípios drenados pela BRM (1974 a 2003).....	60
08: BRM : Precipitação média mensal (1974 a 2003).....	61
09: Estação Fortaleza: Umidade relativa do ar (%) (1961 a 1990).....	62
10: Estação Fortaleza: Temperaturas médias mensais (1961 a 1990).....	63
11: Estação Fortaleza: Insolação (horas e décimos) e evaporação total (mm) (1961 a 1990).....	64
12: Estação Fortaleza: Balanço hídrico (mm).....	65
13: a) (esquerda) Serra de Maranguape; b) (direita) Vertente oriental à retaguarda.....	68
14: a) (esquerda) Atividades agrícolas na SS em Maranguape; b) (direita) Vista da SS pela Serra de Maranguape.....	72
15: Planícies Fluviais do Rio Maranguapinho: a) (esquerda) embutida no TPL (Fortaleza); b) (direita) embutida na SS (Maracanaú).....	75
16: a) (esquerda) Planície Flúvio-marinha do Rio Maranguapinho; b) (direita) Expansão urbana.....	77
17: BRM : Distritos em Maranguape – população e domicílios (2000).....	82
18: BRM : Distritos em Fortaleza – percentual da população (2000).....	86
19: BRM : Distribuição da população nos municípios (2000).....	87
20: BRM : Densidade demográfica nos municípios (2000).....	88
21: Riacho Sapupara (Maranguape) – estiagem e inverno.....	91
22: a) (esquerda) Riachos Gavião e Pirapora (Maranguape); b) (direita) Riacho Cachoeirinha (Fortaleza).....	91
23: a) (esquerda) Canal entre uma ETE e o Rio Maranguapinho (Genibaú); b) (direita) Canal entre a LEE do Conj. São Francisco e o Rio Maranguapinho (Quintino Cunha).....	102
24: Lagoas de estabilização do SIDI (Maracanaú)	103
25: a) (esquerda) Efluentes do aterro sanitário de Maracanaú (chorume) extravasando o canal; b) (direita) características do efluente.....	105
26: Focos de lixo: a) (esquerda) Margens do Rio Maranguapinho próximo a Av. Emílio de Menezes (Fortaleza: bairro Granja Portugal); b) (direita) Margens do Rch da Tangueira (meio rural de Maranguape).....	106
27: a) (esquerda) Agroindústria na APP do Rch Sapupara (meio rural de Maranguape); b) (direita) Chaminé e galpões da empresa Empesca à retaguarda (Fortaleza: bairro Antônio Bezerra).....	108
28: Lançamento de efluentes das Empresas Empesca e Schincariol no Rio Maranguapinho (Fortaleza).....	108
29: a) (esquerda) Curral da TokMilk (meio rural de Maranguape); b) (direita) Lançamento de efluentes do curral.....	111
30: Fazenda CIALNE (meio rural de Maranguape).....	112
31: “Anfiteatro” formado para extração mineral (mina a céu aberto em meia encosta) (setor norte da VOSM).....	115
32: Lavra de extração de areia na aluvião do Rio Maranguapinho (Maracanaú: bairro Acaracuzinho).....	116
33: a) (esquerda) Vertente desmatada para pasto; b) (direita) Pecuária semi-extensiva a menos de 50m do Rch da Tangueira (meio rural de Maranguape).....	118
34: a) (esquerda) Roça de feijão a menos de 30m do Rch da Tangueira (meio rural de Maranguape); b) (direita) Cultivo em relevo colinoso na SS	121
35: a) (esquerda) Bananicultura na VOSM ; b) (direita) Agricultura na várzea do Rch da Tangueira (meio	

rural de Maranguape).....	121
36: a) (esquerda) Lenha da mata ciliar do Rch da Tangureira; b) (direita) Troncos de árvores cortadas da mata ciliar do Rch Sapupara.....	121
37: Relação vazão natural X vazão artificial – Período de estiagem.....	133
38: Relação vazão natural X vazão artificial – Período chuvoso.....	133
39: Ravina na margem esquerda (montante-jusante) do Rio Maranguapinho (Fortaleza: bairro Genibaú).....	141
40: Barragens no meio rural de Maranguape: a) (esquerda) Barragem de sacos de areia no Rch Sapupara; b) (direita) Barragem de concreto no Rch da Tangureira.....	142
41: Erosão marginal no Rch da Tangureira, imediatamente à jusante de uma barragem (meio rural de Maranguape).....	143
42: Ocupação da APP do Rio Maranguapinho (Fortaleza: bairro Genibaú)	144

LISTA DE MAPAS

01: Sistemas geoambientais.....	80
02: Divisão político-administrativa.....	89
03: Hierarquia fluvial.....	100
04: Fontes de risco ambiental.....	146

LISTA DE QUADROS

01: Síntese dos trabalhos de campo realizados na BRM no período de janeiro a novembro de 2005.....	32
02: Síntese das visitas técnicas realizadas nos órgãos públicos dos Municípios da BRM no período de junho de 2004 a maio de 2005.....	33
03: Seções fluviais de monitoramento.....	34
04: Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem.....	44
05: Valores do coeficiente K.....	46
06: Valores do coeficiente de m.....	46
07: Valores atribuídos às classes litológicas.....	49
08: Valores atribuídos às classes de declividade.....	49
09: Valores atribuídos às classes de solos.....	50
10: Valores atribuídos às classes de intensidade pluviométrica.....	50
11: Valores atribuídos às classes de vegetação/ uso da terra.....	51
12: Populações abastecidas com ligações domiciliares.....	54
13: Populações abastecidas sem ligações domiciliares.....	54
14: Média nacional de produção de resíduos sólidos domiciliares.....	54
15: Zoneamento pluviométrico da BRM	57
16: BRM: Precipitação média mensal (1974 a 2003)	57
17: BRM: Gráficos da distribuição mensal, quadrimestral e semestral da precipitação média (%) (1974 a 2003)	59
18: Estação Fortaleza: Umidade relativa do ar (%) (1961 a 1990)	60
19: Estação Fortaleza: Temperaturas médias mensais (°C) (1961 a 1990)	61
20: Estação Fortaleza: Insolação (horas e décimos) e evaporação total (mm) (1961 a 1990).....	62

21: Valores atribuídos às classes litológicas dos sistemas geoambientais.....	74
22: Valores atribuídos às classes declividade dos sistemas geoambientais.....	74
23: Valores atribuídos às classes de solos dos sistemas geoambientais.....	74
24: Valores atribuídos às classes de intensidade pluviométrica nos sistemas geoambientais.....	75
25: Valores atribuídos às classes de vegetação/ uso da terra dos sistemas geoambientais.....	75
26: Classificação dos sistemas geoambientais quanto à vulnerabilidade à erosão dos solos.....	75
27: BRM : Distritos em Maranguape - população e domicílios (2000)	78
28: BRM : Bairros em Maranguape - população e domicílios (2000)	79
29: Município de Maranguape - PIB (2002)	79
30: BRM : Bairros em Maracanaú - população e domicílios (2000).....	80
31: Município de Maracanaú – PIB (2002).....	80
32: BRM : Distritos e bairros em Fortaleza - população e domicílios (2000).....	81
33: Município de Fortaleza - PIB (2002).....	82
34: BRM : População e domicílios totais (2000).....	83
35: Quantidade de canais fluviais na BRM	88
36: Comprimento e número de canais de cada ordem da BRM	89
37: Gradiente altimétrico dos principais cursos fluviais da BRM	90
38: Valores do comprimento e largura da BRM	91
39: Vazão média anual da BRM e dos ambientes.....	93
40: Vazões médias mensais e oferta média anual da BRM	93
41: Informações sobre vazão por km ² da BRM	94
42: BRM : Valores da velocidade da corrente fluvial.....	95
43: BRM : Valores da vazão fluvial (amostragem).....	95
44: VOSM : Abastecimento d'água (2000).....	119
45: VOSM : Consumo de água (m ³).....	119
46: SS : Meio urbano - Abastecimento d'água (2000).....	120
47: SS : Meio rural - Abastecimento d'água (2000).....	120
48: SS : Consumo de água (m ³).....	121
49: TPL : Abastecimento d'água (2000).....	121
50: TPL : Consumo de água (m ³).....	122
51: Principais tipos de esgotos.....	122
52: Principais características do esgoto doméstico.....	123
53: VOSM : Esgotamento sanitário (2000).....	124
54: VOSM : Produção de esgoto (m ³).....	125
55: SS : Meio urbano - Esgotamento sanitário (2000).....	126
56: SS : Meio rural - Esgotamento sanitário (2000).....	126
57: SS : Produção de esgoto (m ³).....	127
58: TPL : Esgotamento sanitário (2000).....	127
59: TPL : Produção de esgoto (m ³).....	128
60: BRM : Seção RM-02 - Produção de esgoto (m ³) - Lançamento de efluentes nos corpos hídricos.....	128
61: BRM : Seção RM-03 - Produção de esgoto (m ³) - Lançamento de efluentes nos corpos hídricos.....	128
62: BRM : Relação vazão natural X vazão artificial.....	129
63: VOSM : Destino do lixo (2000).....	131
64: VOSM : Produção de resíduos sólidos (kg).....	131
65: SS : Meio urbano - Destino do lixo (2000).....	132
66: SS : Meio urbano - Produção de resíduos sólidos (kg).....	132
67: SS : Meio rural - Destino do lixo (2000).....	132
68: SS : Meio rural - Produção de resíduos sólidos (kg).....	133
69: TPL : Destino do lixo (2000).....	133
70: TPL : Produção de resíduos sólidos (kg).....	133

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP: Área de proteção permanente
AUMEF: Autarquia municipal de Fortaleza
BNH: Banco nacional de habitação
BRM: Bacia do Rio Maranguapinho
CE: Ceará
CEASA: Companhia de abastecimento do Ceará
CAGECE: Companhia de água e esgoto do Ceará
COHAB: Companhia nacional de habitação
CONAMA: Conselho nacional de meio ambiente
CPRM: Companhia de pesquisa em recursos minerais
DBO: Demanda bioquímica de oxigênio
DI: Distrito industrial
DIF: Distrito industrial de Fortaleza
DSG: Departamento de serviços geográficos
E: Este
EBTU: Empresa brasileira de trens urbanos
ETE: Estação de tratamento de esgoto
ETM: *Enhanced thematic mapper*
FEARO: Federal environmental assessment review office
FUNCEME: Fundação cearense de meteorologia e recursos hídricos
GPS: *Global position system*
IBGE: Instituto brasileiro de geografia e estatística
INMET: Instituto nacional de meteorologia
INPE: Instituto nacional de pesquisas espaciais
IPECE: Instituto cearense de pesquisas econômicas
IPT: Instituto de pesquisas tecnológicas
Km²: Quilômetros quadrados
LEE: Lagoa de estabilização de efluentes
m/s: Metros por segundo
m²: Metros quadrados
m³/s: Metros cúbicos por segundo
MAG: Mestrado acadêmico em Geografia
METROFOR: Companhia de Metrô de Fortaleza
mm: milímetro
N: Norte
NA: Nível da água
NE: Nordeste
OD: Oxigênio dissolvido
ONG: Organização não governamental
PDDU: Plano diretor de desenvolvimento urbano
PF: Planície fluvial
PFM: Planície flúvio-marinha
pH: Potencial hidrogeniônico
PIB: Produto interno bruto
PRODETUR: Programa de desenvolvimento do turismo
RM: Rio Maranguapinho
SEMACE: Superintendência estadual do meio ambiente
SIDI: Sistema de esgoto do Distrito industrial de Fortaleza
SIG: Sistema de informação geográfica
SS: Superfície sertaneja

SUDENE: Superintendência de desenvolvimento do Nordeste
SW: Sudoeste
TPL: Tabuleiro pré-litorâneo
UECE: Universidade estadual do Ceará
UFC: Universidade federal do Ceará
UTM: *Universal transverse mercator*
VE: Vulnerabilidade à erosão
VOSA: Vertente oriental da Serra da Aratanha
VOSM: Vertente oriental da Serra de Maranguape
ZCIT: Zona de convergência intertropical
ZEE: Zoneamento econômico-ecológico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Localização da área.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Bacia hidrográfica.....	20
2.2 Degradação ambiental.....	23
2.2.2 Impactos Ambientais.....	24
2.2.2 Riscos Ambientais.....	26
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 Atividades de reconhecimento básico.....	29
3.1.1 Levantamento bibliográfico de informações teóricas e de dados técnicos e estatísticos.....	29
3.1.2 Interpretação de imagens orbitais (sensoriamento remoto) e confecção do material geocartográfico.....	31
3.2 Atividades de campo.....	32
3.2.1 Procedimentos de campo.....	33
3.3 Atividades de gabinete.....	38
3.3.1 Análise das condições climáticas.....	38
3.3.2 Análise hidrográfica e hidrológica.....	39
3.3.2.1 Análise hidrográfica.....	39
3.3.2.2 Análise hidrológica.....	45
3.3.3 Análise de vulnerabilidade à erosão dos solos.....	48
3.3.4 Identificação de fontes de riscos de impactos ambientais.....	52
3.3.5 Estimativa de produção de esgoto e resíduos sólidos domiciliares.....	53
4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANGUAPINHO	55
4.1 Principais sistemas atmosféricos atuantes.....	55
4.2 Fatores geográficos.....	56
4.3 Elementos climáticos.....	57
4.3.1 Pluviometria.....	57
4.3.2 Umidade relativa do ar.....	60
4.3.3 Temperatura.....	61
4.3.4 Insolação e evaporação.....	62
4.3.5 Balanço hídrico.....	63
5 SISTEMAS GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANGUAPINHO	64
5.1 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais na Vertente Oriental da Serra de Maranguape (VOSM).....	64
5.2 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais na Superfície Sertaneja de Maranguape e Maracanaú (SS).....	66
5.3 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais nos Tabuleiros Pré-Litorâneos da Zona Oeste de Fortaleza (TPL).....	69
5.4 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais nas	

Planícies Fluviais embutidas (PF).....	70
5.5 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais na Planície Flúvio-Marinha do Rio Maranguapinho (PFM).....	72
5.6 Vulnerabilidade dos sistemas geoambientais à erosão.....	73
6 CONTEXTO SÓCIO-ECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS DRENADOS PELA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO.....	77
6.1 Território do município de Maranguape drenado pela BRM	77
6.2 Território do município de Maracanaú drenado pela BRM	79
6.3 Território do município de Fortaleza drenado pela BRM	81
6.4 Síntese demográfica.....	83
7. HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO.....	86
7.1 Hidrografia.....	86
7.1.1 Hierarquia fluvial.....	88
7.1.2 Análise linear da rede hidrográfica.....	88
7.1.3 Análise areal da rede hidrográfica.....	90
7.2 Hidrologia.....	92
8 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANGUAPINHO.....	97
8.1 Principais fontes pontuais de risco de impactos ambientais.....	97
8.1.1 Lagoas de estabilização de efluentes (LEE) e estações isoladas de tratamento de esgoto (ETE).....	97
8.1.2 Aterros sanitários e depósitos inadequados de resíduos sólidos (focos de lixo).....	100
8.1.3 Indústrias com proximidade aos corpos hídricos inseridas em APP.....	103
8.1.4 Atividades de pecuária intensiva	105
8.1.5 Cemitérios.....	109
8.1.6 Extração mineral: pedreiras para extração de granito; portos de areia e lavras de argila.....	110
8.2 Principais fontes difusas de risco de impactos ambientais.....	113
8.2.1 Atividade agropecuária: pecuária semi-extensiva; agricultura e solos expostos.....	113
8.2.2 Lançamento múltiplo de esgoto domiciliar.....	118
8.2.3 Deposição inadequada múltipla de resíduos sólidos domiciliares.....	130
8.3 Principais alterações físicas com influência no ambiente fluvial do curso principal da BRM	134
8.3.1 Retirada da cobertura vegetal das vertentes e da mata ciliar.....	134
8.3.2 Assoreamento dos canais fluviais.....	135
8.3.3 Impermeabilização generalizada das vertentes.....	136
8.3.4 Erosão das margens pelo escoamento superficial.....	137
8.3.5 Barramentos.....	138
8.3.6 Ocupação urbana em APP.....	139
8.3.7 Aterro da planície fluvial e flúvio-marinha para construção urbana.....	140
9 CONCLUSÕES.....	143
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150

1 INTRODUÇÃO

O estudo da degradação ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho (**BRM**) parte da percepção histórica dos impactos ambientais a partir da consolidação da ocupação do meio físico-natural pelos grupos sociais dos municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza e Caucaia.

A percepção dos impactos ambientais primários suscita uma aceitabilidade na medida em que vários são praticamente irreversíveis face ao avançado estágio de desenvolvimento das atividades socioeconômicas. Impactos ambientais de grande amplitude participam da dinâmica do meio ambiente compondo um histórico de degradação de interesse no presente trabalho, mas não como objeto fundamental.

Destacam-se entre os macro-impactos ambientais a devastação generalizada da cobertura vegetal em função da ocupação urbana e das atividades agropecuárias; a intensificação dos processos erosivos desencadeados pelo desmatamento e impermeabilização artificial do solo; o assoreamento generalizado das calhas fluviais e bacias lacustres, etc.

Os impactos ambientais se processam nos sistemas ambientais da **BRM**: Vertente Oriental da Serra de Maranguape (**VOSM**); Superfície Sertaneja de Maranguape e Maracanaú (**SS**); Tabuleiros Pré-litorâneos (**TPL**); Planícies Fluviais embutidas (**PF**); e Planície Flúvio-marinha do Rio Maranguapinho (**PFM**)

O estudo da degradação ambiental na **BRM** representa uma aplicação da geografia física aos problemas do meio ambiente e registra um momento histórico, precisamente o início do século XXI.

No final da década de 1970 os efeitos da ocupação urbano-industrial em Maracanaú e do crescimento urbano e implemento da agropecuária em Maranguape incidiam na bacia do Rio Maranguapinho (BRILHANTE, 1981 apud CEARÁ, 1990a). Em Fortaleza a ocupação da zona leste se ampliava para as proximidades do Rio Maranguapinho e a população de baixa renda ocupou as áreas marginais (SOUZA, 1978; SILVA, 1992).

Na década de 1980 as ocupações urbanas passaram a exercer pressões significativas sobre o ambiente fluvial do Rio Maranguapinho e seus principais afluentes em toda bacia (CEARÁ, 1990a). As pressões se multiplicaram na década de 1990 e intensificaram os processos de degradação ambiental por meio de fontes múltiplas de impactos ambientais em toda bacia no início dos anos 2000.

A opinião pública (sociedade civil organizada, instituições públicas de ensino e pesquisa, Diocese, ONG's, etc.) manifestou-se sobre os aspectos mais penosos da degradação ambiental, justamente as perdas de bens e de vidas humanas (ARQUIDIOCESE DE FORTALEZA, 2001; CEARÁ, 2001a; FORTALEZA, 2001). Aspectos espacializados nas chamadas "áreas de risco" e dinamizados através das sucessivas enchentes que se transformavam em efetivos impactos sociais a cada período chuvoso.

Medidas para resolução dos impactos sociais causados por processos naturais necessitam de investigações da dinâmica ambiental. Revelando causas e efeitos processuais (não-lineares) podem-se propor medidas de recuperação ambiental e resolver, em parte, os problemas sociais inerentes.

Estudos sobre a degradação do meio físico-natural e as repercussões nos grupos sociais se fazem necessários, principalmente, para os ocupantes efetivos dos ambientes fluviais da Bacia do Rio Maranguapinho. Para isso o trabalho objetivou, fundamentalmente, caracterizar a dinâmica geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio

Maranguapinho e identificar os principais processos de degradação ambiental (relação entre riscos e impactos ambientais) que repercutem no curso principal.

Para alcançar tal objetivo são propostos objetivos específicos como:

- Caracterizar as condições socioeconômicas dos municípios drenados pela **BRM** para subsidiar a compreensão dos condicionantes históricos da ocupação da área e as respostas às pressões socioeconômicas atuais.

- Levantar as características naturais e de uso dos recursos naturais e ocupação da terra nos principais sistemas geombientais e as condições climáticas da **BRM** para obter um quadro atual das características ambientais para auxiliar a avaliação dos processos de degradação.

- Analisar as características morfométricas da rede hidrográfica e os aspectos específicos do funcionamento hidrológico da **BRM** para compreender a dinâmica dos ambientes fluviais e principalmente das águas.

- Identificar e discutir as principais fontes de riscos de impactos ambientais pontuais e difusos na **BRM** para sistematizar os principais aspectos relativos à degradação ambiental numa perspectiva de relação entre riscos e impactos.

1.1 Localização da área

A Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho (**BRM**) localiza-se na porção nordeste do Estado do Ceará, precisamente na Região Metropolitana de Fortaleza (**RMF**), drenando os municípios de Maranguape, Maracanaú, Caucaia e Fortaleza (figura 01). Limita-se pelas coordenadas UTM: 544206E/9589177N (extremo norte); 550443E/9587608N (extremo leste); 536687E/9556784N (extremo sul) e

528580E/9565000N (extremo oeste). As principais rodovias que dão acesso ao espaço da **BRM** são a BR-222, BR-020 e CE-065.

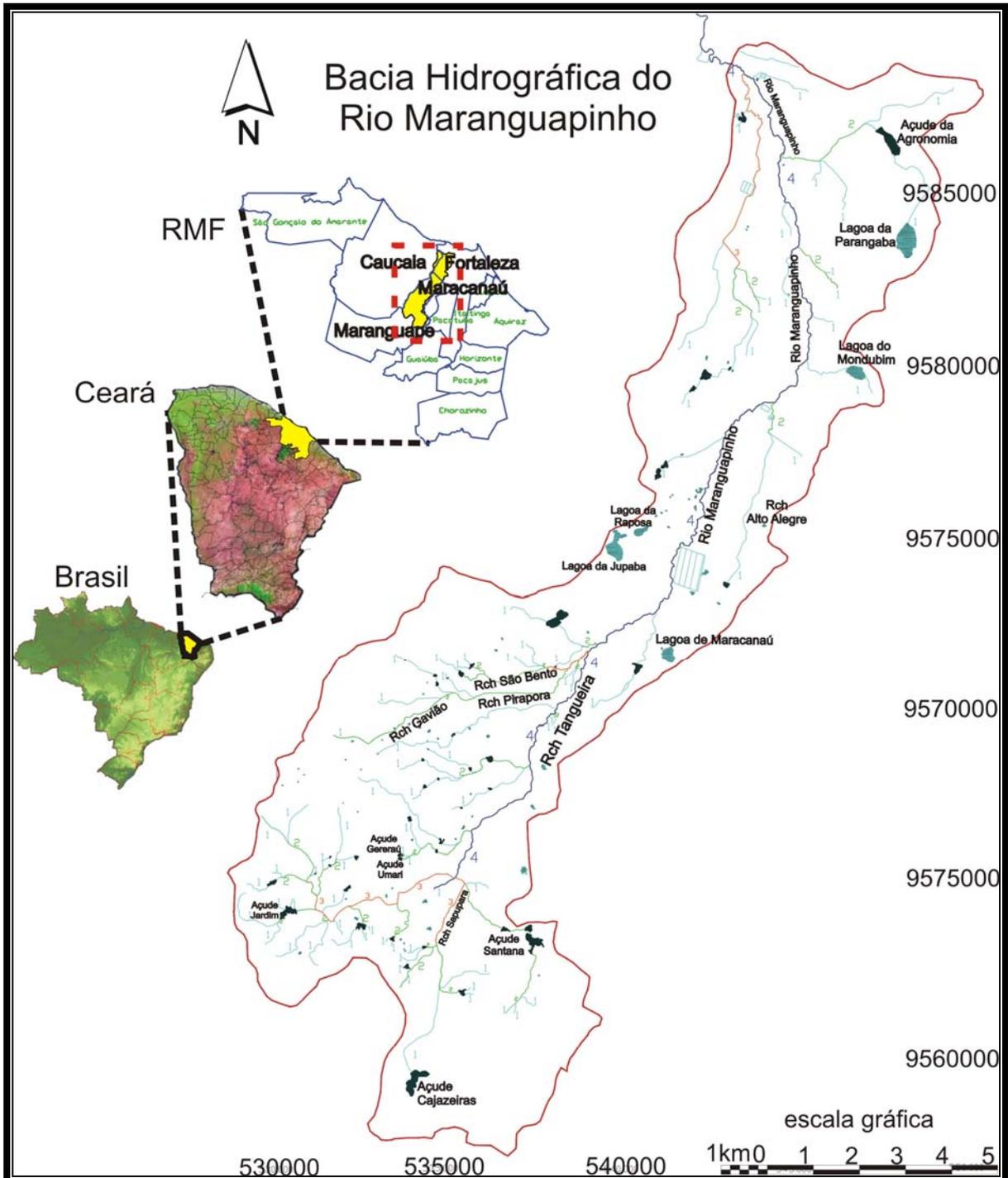


Figura 01: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Entre os trabalhos que abordam a **BRM** dentro da temática ambiental destacam-se: Ceará (1990ab), Costa (1998), Sales (2000), Ceará (2001bcd), Oliveira (2001), Lima (2004) e Sales (2004). Desses, poucos contemplam a bacia na íntegra e abordam a degradação ambiental como objeto de estudo. Sendo proposto, portanto, um referencial próprio para o trabalho

Os pressupostos teóricos fundamentais do trabalho são as considerações ambientais sobre bacia hidrográfica e degradação (riscos e impactos) sob uma orientação geossistêmica como referencial estrutural.

Os geossistemas são formações naturais especializadas na superfície terrestre, onde os fatores socioeconômicos influenciam sua estrutura e aspectos originais e, portanto, devem ser considerados em seu estudo (SOTCHAVA, 1977). Para Bertrand (1972) o geossistema resulta da combinação espacial e interativa dos fatores do potencial ecológico com a exploração biológica e ação da sociedade (figura 02).

A geografia física, ciência dos geossistemas, pode propor soluções para os problemas de degradação ambiental e orientar os estudos de avaliação de impactos ambientais na natureza e o planejamento de ocupação e exploração dos recursos naturais (RIBEIRO, 2002).

A bacia hidrográfica como um mosaico de sistemas ambientais pressupõe uma orientação geossistêmica. O seu estudo deve ser orientado no sentido da integração das condições naturais com as intervenções sociais numa perspectiva dinâmica e geoambiental.

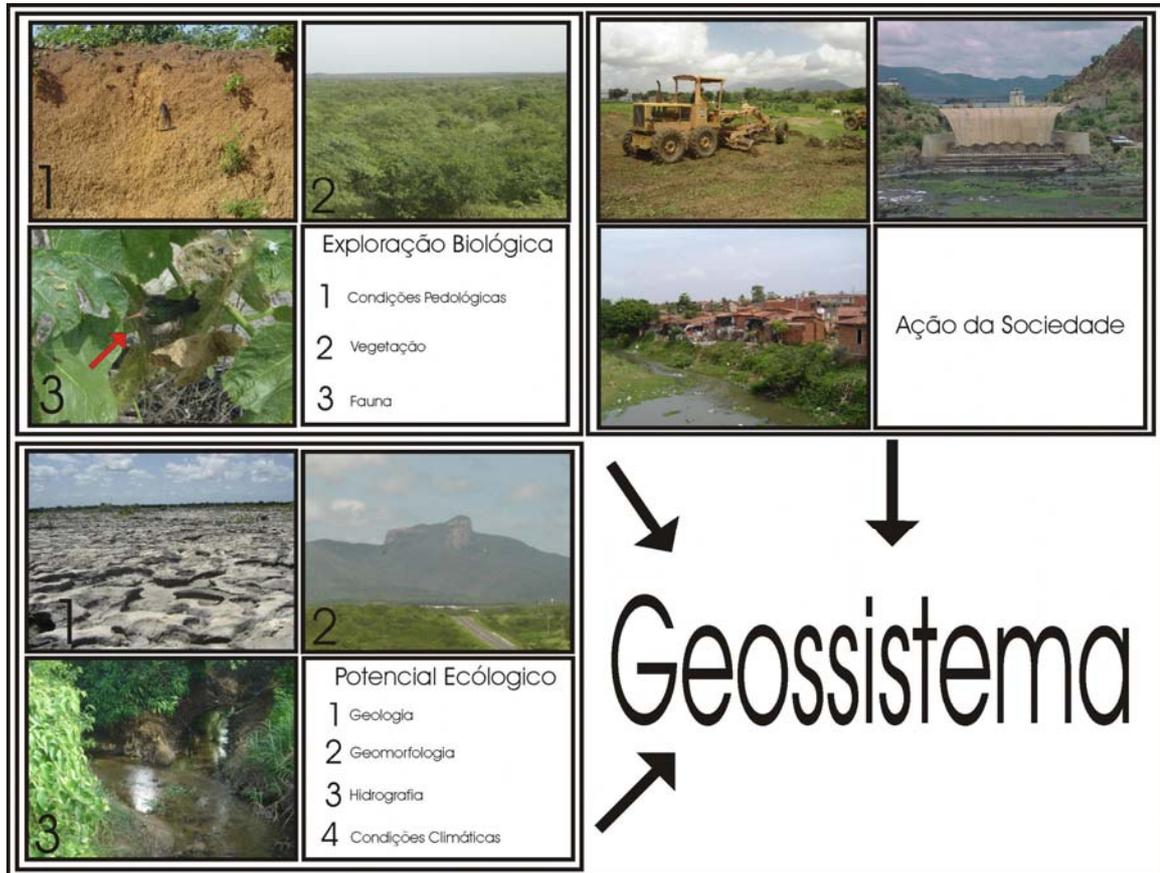


Figura 02: Esboço da definição teórica do geossistema.

Fonte: Adaptado de Bertrand (1972)

2.1 Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é uma unidade natural de integração (forte concepção de conjunto) sendo a água o elemento síntese. Outros fatores relevantes participam fundamentalmente da dinamização dos processos ambientais atuais, como o relevo, os solos, a vegetação, etc. e todos os fatores de intervenção técnica da sociedade que ocupam os ambientes e utilizam os recursos naturais.

A bacia de drenagem corresponde a uma unidade natural da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída em

comum, cujos limites são criados pelo próprio escoamento das águas da superfície ao longo do tempo (LEOPOLD, 1971, BRANCO, 1999, apud BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

A cobertura vegetal, os solos, encostas, cristas, fundos de vales, canais fluviais, águas subterrâneas, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais, compõem as bacias de drenagem. As precipitações são as entradas e a evapotranspiração, os fluxos induzidos e as trocas interbacias são as saídas (CHRISTOFOLETTI, 1999; NETTO, 2001).

Os sistemas fluviais devem ser analisados como unidades tridimensionais, dependendo dos fluxos de matéria, energia e biota nas direções longitudinal, lateral e vertical, enfatizando-se os fluxos de montante para jusante, as interações laterais com as margens e setores da bacia (PETTS & AMOROS, 1996 apud CHRISTOFOLETTI, 1999).

Nesse sentido alterações significativas na composição ambiental de certa porção da bacia de drenagem poderão afetar outras áreas situadas à jusante. Significa, portanto, que os efeitos hidrológicos e geomorfológicos de processos naturais ou antrópicos vão se refletir em determinado ponto da bacia de drenagem, propagando-se através dos fluxos energéticos de saída (descarga, cargas sólidas e dissolvida) (CUNHA, 1995 e 2003).

No conjunto hidrográfico das bacias os ambientes fluviais representam o laboratório natural de estudos de degradação por se constituir no espaço que acumula sinergicamente as ações ocorrentes.

O ambiente fluvial representa o espaço físico síntese da bacia hidrográfica. Para ele convergem naturalmente através da força da gravidade todo o material proveniente das vertentes, principalmente água e sedimentos.

O rio, elemento principal do ambiente fluvial, representa o componente mais importante do sistema hidrográfico e hidrodinâmico de superfície, e como tal, é influenciado por todos os demais elementos da bacia de drenagem e evidencia, conseqüentemente, as respostas da evolução ambiental.

O rio é influenciado pela dinâmica natural e, também, pelas intervenções técnicas. O canal fluvial, e o seu ambiente diretamente dependente, evidenciam os resultados da integração dos componentes naturais e sociais, servindo de alvo para os estudos de degradação ambiental em bacias hidrográficas.

Considerando a bacia formada por uma rede de drenagem apresentando canais integrados, utiliza-se o curso principal como ambiente prioritário dos estudos (medições e amostragens).

O rio principal é o corpo receptor dos processos ocorridos na bacia e, por conseqüência, sua análise revela em tese o *status quo* da bacia em questão. Entretanto, o efetivo estudo na escala de bacia hidrográfica só é realizado quando são incluídos os afluentes do rio principal (BRINGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

Considerando o rio e seu ambiente fluvial como espaços receptores dos materiais e formas de energia provenientes da dinâmica natural e das atividades de intervenção técnica na bacia, optou-se pelo curso principal da bacia hidrográfica do Rio Maranguapinho como área efetiva de estudos dos processos de degradação ambiental (impactos e riscos).

Contribuíram, também, na compreensão da bacia hidrográfica como laboratório natural de estudos geográficos sobre processos de degradação ambiental os trabalhos de Bigarela e Suguiu (1990); Guerra e Guerra (1997); Leinz e Amaral (2001); Ribeiro (2001); Silva (2001); Nascimento (2003); Botelho e Silva (2004); etc.

2.2 Degradação ambiental

A degradação ambiental é um processo de agressão ao meio ambiente, ou seja, destruição progressiva da capacidade produtiva dos recursos naturais, principalmente os não-renováveis. Engloba uma série de atividades técnicas que impactam o meio físico-natural e diminuem a qualidade do meio ambiente, entendida como seu funcionamento ótimo de acordo com a dinâmica inerente.

Ao mesmo tempo em que as atividades impactam o meio natural elas se refletem na qualidade de vida dos grupos sociais envolvidos direta e indiretamente.

De acordo com Tricart (1977) a degradação ambiental deve ser avaliada simultaneamente considerando diversos aspectos que se intercondicionam: cobertura vegetal, solos, processos morfogenéticos, condições hídricas, etc.

Necessita-se evidenciar os tipos de impactos e riscos ambientais para definir escalas e graus de degradação, fator de importância fundamental para determinar medidas de conservação ou recuperação propostas nos planejamentos territoriais.

Na consideração da degradação do meio ambiente é levada em conta, também, àqueles impactos possíveis de acontecer, ou seja, os riscos ambientais.

Como opção teórico-metodológica adota-se a inter-relação entre riscos e impactos ambientais tratando os dois conceitos como variáveis temporalmente complementares e condicionantes do mesmo processo.

O impacto ambiental ocorre à medida que uma ação modificadora das condições naturais se efetiva, e no contexto científico é de fato comprovada, enquanto o risco significa a possibilidade de que uma intervenção social através do uso das mais

variadas técnicas venha de alguma forma modificar as condições naturais de determinado ambiente.

O risco corresponde, portanto, no caso específico, a um risco de impacto ambiental, ou seja, ao potencial impactante de determinadas intervenções técnicas sociais no meio físico-natural. Contudo, se faz necessário a definição do que sejam impactos e riscos no contexto mais adequado ao estudo de degradação ambiental aplicado no trabalho.

2.2.2 Impactos Ambientais

De acordo com a Resolução 001/86 – CONAMA (BRASIL, 1986):

(...) considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria e energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: 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 ambientais.

Deve-se enfatizar que os problemas ambientais em função de sua expressão espacial são questões inerentes à análise geográfica (CHRISTOFOLETTI, 1999). Justifica-se assim a colaboração e aplicabilidade dos conhecimentos físico-geográficos nos estudos de degradação ambiental e na conseqüente recuperação do meio ambiente.

Segundo Parker (1985 apud CHRISTOFOLETTI, 1999: 38) o impacto ambiental é definido como sendo:

Mudanças sensível, positiva ou negativa, nas condições de saúde e bem-estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema do qual depende a sobrevivência humana. Essas alterações, mudanças, podem resultar de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta ou indiretamente.

Dessa maneira, são considerados os efeitos e as transformações provocadas pelas ações humanas nos aspectos do meio ambiente físico e que se refletem nas condições ambientais que envolvem a vida e as atividades humanas.

O impacto ambiental é um processo em movimento permanente, ao mesmo tempo produto e produtor de novos impactos, ou seja, o impacto inicial origina uma cadeia interativa de impactos associados que se processam no tempo. O impacto precedente atua como condicionante no momento seguinte (COELHO, 2001).

Se impacto ambiental é, portanto, movimento o tempo todo, ao fixar impacto ambiental ou retratá-lo em suas pesquisas o cientista está analisando um estágio do movimento que continua. Sua pesquisa tem, acima de tudo, a importância de um registro histórico, essencial ao conhecimento do conjunto de um processo, que não finaliza, mas se redireciona, com as ações mitigadoras (COELHO, 2001:27).

Para Moraes (1996) o impacto ambiental surge em decorrência de alguma atividade humana que origina ações que produzem alterações no meio, em alguns ou todos os fatores que compõem o sistema ambiental. Para inferir um impacto são necessários indicadores que permitam avaliar a dinâmica e estado de um fator ou processo ambiental, propiciando informações qualificadas das condições ambientais atuais.

Os fatores que levam a qualificar um impacto ambiental como significativo são subjetivos, envolvendo escolhas de natureza técnica, políticas ou social (MACEDO, 1995). Mais uma vez, a noção de meio ambiente é fundamental para o entendimento e a aplicação do conceito de impacto ambiental.

Operacionalmente, o impacto ambiental corresponde a mudanças do estado ótimo do meio físico-natural em função do efeito de uma intervenção técnica, que repercutem de maneira significativa (perceptível ou não) na qualidade de vida dos grupos sociais que ocupam o meio físico alterado e estão submetidos às influências da dinâmica natural.

A interação entre sociedade e natureza é elemento fundamental na concepção de impactos ambientais, se somente um ou outro fator for afetado isoladamente não existe de fato um impacto ambiental.

A escolha da bacia hidrográfica como unidade de estudo enfatiza o elemento “água”. Desta forma, os impactos na água, que modificam a qualidade física, química, biológica, devem ser destacados para servirem de respostas em termos de degradação ou não da bacia hidrográfica em questão.

Os riscos ambientais também devem ser apreciados para explicar a problemática ambiental na bacia hidrográfica. Diante da complexidade ambiental consideram-se várias fontes de risco atuantes simultaneamente, as chamadas fontes pontuais e difusas, existentes nas grandes concentrações urbanas e áreas agrícolas.

2.2.3 Riscos ambientais

Risco envolve a idéia de probabilidade, possibilidade de um evento qualquer acontecer e tornar vulnerável aos seus efeitos um elemento qualquer. Implica a existência de um agente “ameaçador” e de um agente “ameaçado”, ou seja, receptor da ameaça (TORRES, 2000).

O risco ambiental pode ser considerado como a probabilidade de acontecimento de um impacto ambiental.

A noção de riscos ambientais frequentemente é confundida com a de impactos ambientais, mas refere-se muito mais às possibilidades de ocorrência dos eventos danosos ao meio ambiente. Mesmo sendo conceitos diferenciados, a ocorrência de impactos ou azares ambientais devem ser elementos indicativos na identificação e localização dos riscos, em virtude da possibilidade de repetição dos eventos em situações similares (CARPI JÚNIOR, 2001: 55).

Tommasi (1993) define risco ambiental como a probabilidade do meio

ambiente sofrer danos, direta ou indiretamente, devido a efeitos da atividade humana. Nessa concepção unilateral acrescenta-se o retorno dos efeitos do impacto possíveis de afetar as atividades humanas.

No contexto da degradação ambiental, o risco pode ser entendido como a probabilidade de determinadas intervenções sociais ameaçarem o estado ótimo de funcionamento do meio natural dos sistemas geombientais.

Os riscos ambientais existem na interface entre os eventos naturais e os elementos dos sistemas socioeconômicos, sendo que os processos dinâmicos naturais modificados inadvertidamente colocarão sob risco elementos sociais espacialmente relacionados.

Os estudos em torno do risco ambiental envolvem considerações das prováveis ocorrências de impactos ambientais na escala temporal e espacial (delimitação das fontes de risco). Esse procedimento insere-se na análise da vulnerabilidade das sociedades aos efeitos dos impactos ambientais (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Para Brüseke (1997 apud CARPI JÚNIOR, 2001: 56):

O risco ambiental não pode ser confundido com o anúncio de um fato x na hora y. o risco não expressa uma corrente de determinações que conduzam necessariamente a um resultado prognosticado. Por isso, falar sobre riscos, no campo ambiental, tem sempre o caráter de um alerta que mobiliza argumentativamente a imaginação de movimentos lineares que levam impreterivelmente à catástrofe, ou pelo menos, a um dano irreparável, se... se nós não fizermos alguma coisa.

Cerri e Amaral (1991) definem os riscos como circunstâncias ou situações de perigo, perda ou dano, devido à possibilidade de ocorrência de processos induzidos ou não. Um risco potencial é atualizado (efetivação do impacto) quando não há prevenção por falta de “previsão”. Previsão é a definição do espaço (localização) e do tempo (momento de ocorrência) de efetivação de um risco, assim como de sua intensidade.

A previsão é a contribuição fundamental do estudo físico-geográfico sobre riscos ambientais e deve se constituir do seu objetivo básico. Representa, em outras palavras, identificação de fontes de risco e avaliação das possíveis alterações do meio físico-natural.

A avaliação de riscos ambientais deve estabelecer áreas de influencia de um evento específico, ou seja, correlacionar espacialmente os eventos ameaçadores como os elementos sob ameaça, na busca de caracterizar uma “área de risco” para monitoramento e prevenção de impactos.

Riscos ambientais são, necessariamente, espacialmente distribuídos¹, revelando uma característica fundamental no seu entendimento, a “espacialidade”. Nesse aspecto, a geografia como ciência que estuda os processos e organizações do espaço expressa a sua importância no estudo em questão (TORRES, 2000).

Enquanto alguns riscos são facilmente identificáveis a partir da experiência cotidiana ou a partir da aquisição de informação sanitária básica, outros riscos são identificáveis somente a partir de procedimentos científicos complexos sendo necessários um conjunto integrado de métodos e técnicas de pesquisa orientados pelo referencial teórico em consonância com as peculiaridades do objeto e área de estudo.

¹ Terremotos ocorrem em áreas específicas; áreas próximas a fábricas são mais poluídas do que outras; enchentes ocorrem normalmente em áreas de influência fluvial.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Atividades de reconhecimento básico

As informações de suporte à produção do trabalho foram obtidas através de levantamentos bibliográficos e análises foto-interpretativas do material geocartográfico e de sensoriamento remoto. Destacam-se nos documentos bibliográficos as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adotadas para apresentação de trabalhos científicos (PORTELA, 2005).

3.1.1 Levantamento bibliográfico de informações teóricas e de dados técnicos e estatísticos

As informações para construção do referencial teórico foram selecionadas a partir da revisão de materiais bibliográficos disponíveis em revistas técnicas, livros, anais e textos eletrônicos.

Através da bibliografia especializada foram desenvolvidas as análises sobre: a hierarquia fluvial, hidrografia e hidrologia da bacia (definições, conceitos, fórmulas e equações) (CHRISTOFOLETTI, 1980); o método para estimativa do consumo de água, produção de esgoto e resíduos sólidos (SPERLING, COSTA, CASTRO, 1995; BRASIL, 2004); e o cálculo da vulnerabilidade à erosão dos solos por sistema ambiental (BRANDÃO, 2003).

Os dados pluviométricos foram obtidos junto a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2005). Os dados para a **BRM** são

relativos aos Municípios de Fortaleza, Maracanaú e Maranguape¹. A série utilizada contou com 29 anos (1974 a 2003)². Os dados climáticos de umidade relativa do ar, temperatura, insolação e evaporação, em uma série histórica de 29 anos (1961 a 1990), foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 1992).

Os dados são da **Estação Meteorológica de Fortaleza** (nº. 82397; latitude S: 3º46'; longitude W: 38º36'), única que contempla a área da **BRM**. Nos demais municípios drenados pela bacia não existem informações disponíveis referentes aos elementos climáticos acima citados.

Os dados contemplam a análise numa perspectiva regional, mas dificulta um aprofundamento em termos de determinados geofácies com particularidades em relação aos fatores climáticos. As áreas mais específicas têm sua apreciação realizada através de descrição puramente qualitativa.

As informações a cerca da distribuição espacial da população e dos domicílios foram trabalhadas com base nos dados estatísticos do Censo Demográfico 2000 (níveis territoriais: municipal, distrital e por bairros) (BRASIL, 2001).

As informações sobre os históricos dos municípios e da situação econômica atual basearam-se nos Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano de Maranguape (MARANGUAPE, 2000) e de Maracanaú (MARACANAÚ, 1998), e nos trabalhos de Souza (1978), Silva (1992) e Ceará (2004abc).

¹ Caucaia, apesar de está na área, tem precipitação irrelevante, por não interferir no escoamento superficial e fluvial da bacia.

² Com exceção de Maracanaú no qual foram descartados os anos de 1979 e 1980 por apresentarem dados mensais incompletos

3.1.2 Interpretação de imagens orbitais (sensoriamento remoto) e confecção do material geocartográfico.

Os principais materiais utilizados foram:

- **Mapas:** Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza, escala 1: 500.000. (BRANDÃO, 1995).

- **Cartas:** Folhas planialtimétricas AS. 24 - Z – C (Fortaleza). Escala 1: 100.000. (Ministério do Exército – DSG; Ministério do Interior/ SUDENE); Cartas temáticas: geologia, geomorfologia, recursos hídricos, solos, fitogeografia. Folha Fortaleza SB/24, escala 1: 250.000, Projeto RADAMBRASIL (BRASIL,1981).

- **Imagens de satélite:** Imagens ETM/ LANDSAT 7, resolução 15 metros, meio analógico e digital, 1: 250.000, 1999; Imagens TM/ LANDSAT 5, resolução 30 metros, meio analógico e digital, escala 1: 250.000 e 1: 50.000, 1997; Imagem SPOT 5, resolução 5 metros, 2004.

As interpretações das imagens de sensoriamento remoto (fotografias aéreas e imagens de satélite) em formato digital e impresso obtiveram informações sobre as características naturais e de uso e ocupação da bacia numa perspectiva global e detalhada.

Interpretaram-se imagens com resoluções de 5 a 30 metros, obtendo-se informações sobre: compartimentos do relevo (delimitação dos sistemas ambientais); rede de drenagem (hierarquização fluvial e análise hidrográfica); macro-formas de uso e ocupação (recobrimento urbano, áreas industriais e agrícolas; etc.). Essa etapa foi integrada aos reconhecimentos de campo.

A partir da interpretação do material de sensoriamento remoto foram produzidos os mapas temáticos.

A produção do material cartográfico se baseou em mapas e cartas que contemplam a área de estudo e que serviram para: delimitação da bacia, disposição dos topônimos, subsídio e complementação das informações temáticas.

A confecção dos mapas contou com programas de computação do tipo CAD e SIG utilizados nas etapas de geoprocessamento. Como resultado foram plotados e disponibilizados no corpo da dissertação.

3.2 Atividades de campo

Os trabalhos sistemáticos realizados em campo estão sintetizados no quadro 01. São apresentados: a seqüência temporal dos trabalhos, o percurso utilizado, os principais objetivos, os procedimentos julgados mais adequados e os materiais utilizados.

Campos (2005)	Percurso	Objetivos	Procedimentos	Materiais
1º:22/01	Fortaleza; Maracanaú;	Reconhecer da bacia	Caminhamento; georreferenc.; regist. fotográfico	Veículo L200 (UECE); câmera fotog. digital; GPS; caderneta de campo
2º:24/01	Maranguape	Levantar características ambientais e fontes de risco	Caminhamento; georreferenc.; regist. fotográfico; avaliação do meio físico	Veículo particular; câmera fotog. digital; GPS; caderneta de campo; ficha de avaliação do meio físico.
3º:01/03	Fortaleza; Maracanaú	Levantar de fontes de risco	Idem 1º CAMPO	Veículo particular; câmera fotog. digital; GPS; caderneta de campo.
4º:07/03	Idem 1º campo	Realizar medições morfométricas e hidrodinâmicas (período chuvoso)	Medições da morfometria e hidrodinâmica: correntometria; georreferenc.; regist. fotográfico.	Veículo L200 (UECE); nível topográfico e acessórios (tripé, mira, trena); ficha de controle; correntômetro; GPS; câmera fotog. digital.
5º: 16 e 17/04		Idem 2º campo		Veículo L200 (UFC); câmera fotog. digital; GPS; caderneta de campo; ficha de avaliação do meio físico.
6º:09/06		Idem 4º campo		
7º:30/09		Idem 3º campo		Veículo L200 (UECE); câmera fotog. digital; GPS; caderneta de campo
8º:20/10		Idem 4º campo (período de estiagem).	Idem 4º CAMPO	
9º:03, a 06/11	Maracanaú; Maranguape	Idem 3º campo	Idem 3º campo	Câmera fotog. digital; GPS; caderneta de campo

Quadro 01: Síntese dos trabalhos de campo realizados na **BRM** no período de janeiro a novembro de 2005

As principais visitas técnicas realizadas estão sintetizadas no quadro 02:

Visitas (2004/2005)	Descrição
1ª. 08/06	Local: SEMACE. Objetivo: Coletar informações da área de estudo: licenças ambientais; EIA-RIMAS; etc.
2ª. 04/08	Local: IPECE. Objetivo: Coletar informações da área de estudo: material de sensoriamento remoto e cartográfico
3ª. 02/02	Local: Escritório do Plano de Diretor de Desenvolvimento Urbano de Maranguape (PDDU – Maranguape). Objetivo: Coletar informações das condições ambientais do município.
4ª. 28/02	Local: Secretaria do Meio Ambiente de Maracanaú. Objetivo: Reunir com técnico responsável; coletar informações das condições ambientais do Município.
5ª. 17/05	Local: SEMACE. Objetivo: Coletar informações da área de estudo: material de sensoriamento remoto e cartográfico

Quadro 02: Síntese das visitas técnicas realizadas nos órgãos públicos dos municípios da **BRM** no período de junho de 2004 a maio de 2005

3.2.1 Procedimentos de campo

a) Caminhamento e georreferenciamento de pontos de relevante interesse

O caminhamento consistiu no levantamento contínuo das coordenadas de traçados percorridos para identificação de feições e orientação dos percursos. O georreferenciamento consistiu no levantamento pontual das coordenadas de pontos relevantes. Ambos utilizaram o aparelho de GPS (marca *Garmin* modelos 12 XL e *Plus III*) e subsidiaram a distribuição espacial dos objetos identificados no mapa. Os procedimentos registraram a localização das fontes pontuais e difusas de riscos de impactos ambientais.

b) Preenchimento da ficha de avaliação do meio físico

A ficha de avaliação do meio físico é uma planilha contendo informações previamente estabelecidas a partir de critérios teóricos que organizam as anotações em campo. O preenchimento da ficha é minucioso na observação, identificação e registro das principais características naturais e de uso e ocupação dos sistemas ambientais. Esse procedimento foi precedido de revisões bibliográficas sobre a área investigada e subsidiou a caracterização geoambiental.

c) Registros fotográficos

Os registros fotográficos foram realizados com uma câmera digital (marca *Sony* resol. 5.1 *megapixels*, *zoom* ótico 3x). Esse procedimento registrou informações visuais de objetos técnicos e feições naturais da **BRM**. Nos trabalhos de geografia física as informações visuais são de fundamental importância.

d) Seleção das seções fluviais de monitoramento

A seleção das seções fluviais de monitoramento foi realizada no reconhecimento geral da **BRM**. Constatou-se a seleção de seções de importância exclusiva para explicação do comportamento hidrológico de setores diferenciados da bacia. Esse procedimento subsidiou as medições realizadas em campo. As seções fluviais selecionadas são apresentadas no quadro 03:

Seções fluviais	Localização	Coordenadas	
		x	y
Riacho Sapupara	Distrito de Sapupara/ Maranguape	534671	9561072
Riacho Pirapora	Maranguape - Sede	532753	9579040
Rio Maranguapinho - RM 01	Maracanaú a montante da lagoa de estabil. do Dist. Industrial	541565	9574256
Rio Maranguapinho - RM 02	Maracanaú a jusante da lagoa de estabil. do Dist. Industrial	541678	9574562
Rio Maranguapinho - RM 03	Fortaleza:500m a montante da ponte da rodovia BR 222	544378	9586442

Quadro 03: Seções fluviais de monitoramento

A **Seção-Riacho Sapupara** foi escolhida por representar o canal de maior importância com nascente nos sertões que aflui ao curso principal (figura 03a).

A **Seção-Riacho Pirapora** foi escolhida por representar o afluente do curso principal mais significativo com nascentes na serra. Para efeitos da medição da vazão essa seção foi descartada pela dificuldade de aferição da área molhada devido ao vale em **V** com vertentes íngremes e leito com matacões.

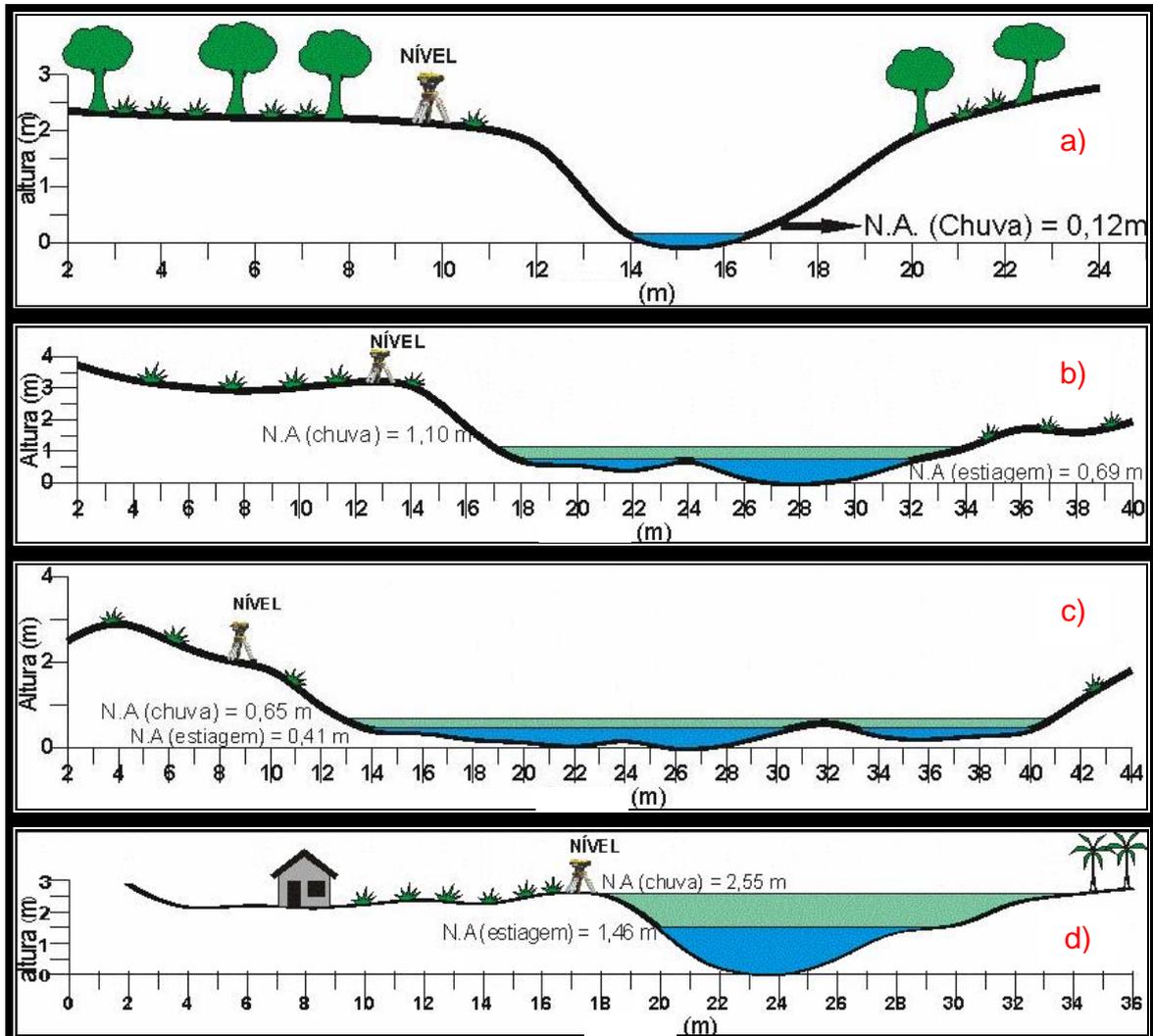


Figura 03: Perfis Transversais³: a) Riacho Sapupara; b) Rio Maranguapinho (RM-01); c) Rio Maranguapinho (RM-02); d) Rio Maranguapinho (RM-03)

As seções no Rio Maranguapinho em Maracanaú (**Seção RM-01 e RM-02**) foram selecionadas para efeito de comparação entre as características da vazão antes e depois do canal de efluentes proveniente das lagoas de estabilização do Sistema Integrado de Esgoto do Distrito Industrial de Fortaleza (SIDI) (figura 03bc).

A seção no Rio Maranguapinho situada 500 à montante da ponte da rodovia BR-222 (**Seção RM-03**) foi escolhida por representar praticamente o ambiente fluvial

³ Eixos x e y com escalas não uniformes para melhor visualização do perfil

final da bacia, ou seja, a seção do curso principal por onde escoam as águas advindas dos terrenos e cursos a montante sem a influência das marés (figura 03d).

Os procedimentos de campo a seguir foram realizados nas seções fluviais selecionadas em função da importância na fluviometria da **BRM**.

e) Medições da hidrodinâmica: correntometria (velocidade de corrente fluvial)

As medições da hidrodinâmica, visando a velocidade da corrente fluvial, realizaram-se no período chuvoso nas seções fluviais do **Rch. Sapupara, RM-01, RM-02 e RM-03** e no período de estiagem com exceção das seções do **Rch. Sapupara e RM-01**.

A medição da velocidade do fluxo fluvial (correntometria) foi realizada com um aparelho Mini-correntômetro (marca *Sensordata* a.s., modelo SD-6000/30), que também mediu a temperatura da água e direção do fluxo hídrico (figura 04). Esse equipamento consta de um tubo acrílico e rotor na parte externa com componentes eletrônicos na parte interna que interagem quando o aparelho é submerso depois de programado.

A correntometria realizou-se da seguinte forma: após calibragem, o aparelho foi programado para medir uma única vez em cada ponto; em seguida foi submerso na água, onde permaneceu por 60 segundos após a estabilização; retirado da água, fez-se a leitura e anotou-se em caderneta. Foram realizadas pelo menos três leituras no perfil.

f) Medições da morfometria: perfilagem de seções transversais de leito fluvial.

O objetivo principal desse procedimento foi medir a área da seção molhada. Utilizaram-se os seguintes equipamentos: nível topográfico (marca CST *Berger*, resol. 24x); tripé; mira métrica; ficha de controle.

O procedimento se desenvolveu da seguinte forma: após armação dos equipamentos foi realizada a leitura inicial correspondente à altura do nível topográfico. Com a mira perfilada em relação ao nível iniciaram-se as leituras, com anotação dos dados a cada dois metros e anotação do nível da água (controle da área da seção molhada). As leituras se estenderam até a ruptura topográfica limitando o canal fluvial na margem oposta à fixação do nível topográfico. Esse procedimento está descrito em Pinheiro (2000) e Gomes (2003).



Figura 04: a) (esquerda) Medição de velocidade da corrente fluvial com correntômetro; b. (direita) Perfilagem transversal do leito fluvial.

A calibração dos aparelhos utilizados foi realizada no canal das lagoas de estabilização do SIDI (figura 05). Tendo o conhecimento da vazão em torno de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (CEARÁ, 1990a) foram feitas às medidas do canal e a velocidade do fluxo, tendo como resultado o mesmo valor da vazão conhecida.



Figura 05: Canal das lagoas de estabilização do SIDI

Todos os materiais e equipamentos utilizados foram cedidos pelo Laboratório de Geologia Geomorfologia Costeira e Oceânica da Universidade Estadual do Ceará (LGCO-UECE).

3.3 Atividades de gabinete

3.3.1 Análise das condições climáticas

A análise das condições climáticas organizou os dados de precipitação, umidade do ar, temperatura, insolação e evaporação dos municípios a partir de uma série de 29 anos para obter as médias da **BRM**. Foram calculadas médias aritméticas simples para obter o regime pluviométrico e o balanço hídrico e se constatar o período chuvoso e de estiagem. Para o balanço hídrico relacionaram-se por mês os dados pluviométricos e de evaporação.

3.3.2 Análise hidrográfica e hidrológica

3.3.2.1 Análise hidrográfica

a) Hierarquia fluvial

A hierarquização fluvial classifica os cursos dos rios (ou a área drenada pertencente) no conjunto hidrográfico. Subsidiou as análises morfométricas (linear, areal e hipsométrica) e aferiu a extensão do curso principal (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O sistema de ordenação (classificação) dos cursos fluviais utilizado foi o de Strahler (1952 apud CHRISTOFOLETTI, 1980). Nesse sistema, canais sem tributários são de primeira ordem (da nascente até a primeira confluência); canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem (recebem afluentes de primeira ordem); canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem (recebem afluentes de segunda e de primeira ordem); e, os de quarta ordem, surgem da confluência de dois canais de terceira ordem (podem receber tributários de ordens inferiores).

O número de canais fluviais da bacia hidrográfica no sistema de ordenação de Strahler corresponde ao número de canais de primeira ordem por esses representarem as nascentes dos canais das demais ordens.

b) Análise linear da rede hidrográfica

Na análise linear são considerados os índices e relações referentes à rede de drenagem adotando-se como referência a extensão longitudinal das linhas de escoamento (CHRISTOFOLETTI, 1980).

- Relação de bifurcação

A relação entre o número total de segmentos de certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior (HORTON, 1945 apud CHRISTOFOLETTI, 1980). Acatando-se o sistema de ordenação de Strahler, o resultado nunca pode ser inferior a dois. A expressão utilizada é a seguinte:

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad (1)$$

N_u = número de segmentos de determinada ordem; N_{u+1} = número de segmentos de ordem imediatamente superior

Quanto mais próximo de dois, melhor a distribuição proporcional entre os canais de ordens imediatamente subseqüentes (melhor distribuição hidrográfica), ou seja, melhor disposição espacial dos cursos fluviais na área da bacia. A melhor distribuição da água precipitada (escoamento superficial) e dos sedimentos carreados nos momentos das chuvas é proporcional à distribuição hidrográfica.

- Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem

Nessa relação necessita-se do comprimento total dos canais de cada ordem e o número de canais de cada ordem. Primeiro, determina-se do comprimento médio dos segmentos fluviais de cada ordem através da seguinte equação:

$$L_m = L_u / N_u \quad (2)$$

L_m = comprimento médio dos segmentos fluviais; L_u = comprimento dos canais de determinada ordem; N_u = número de segmentos encontrados na respectiva ordem

A relação entre os comprimentos médios dos canais é obtida através da seguinte equação:

$$RL_m = Lm_u / Lm_{u-1} \quad (3)$$

RL_m = relação entre os comprimentos médios dos canais fluviais; Lm_u = comprimento médio dos canais de determinada ordem; Lm_{u-1} = comprimento médio dos canais de ordem imediatamente inferior

Quanto maior os valores maiores são as desproporções de importância entre canais de ordens subseqüentes.

- Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação

Nessa proposição, se o resultado entre o comprimento médio e índice de bifurcação forem iguais o tamanho médio dos canais crescerá ou diminuirá na mesma proporção. Caso não, o que geralmente ocorre, o tamanho dos canais poderá diminuir ou aumentar progressivamente com a elevação da ordem dos canais (HORTON apud CHRISTOFOLETTI, 1980).

Calcula-se essa relação pela seguinte equação:

$$R_{lb} = R_{lm} / R_b \quad (4)$$

R_{lb} = relação entre o índice de comprimento médio e o de bifurcação; R_{lm} = índice de comprimento médio entre duas ordens subseqüentes; R_b = relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subseqüentes

- Comprimento do rio principal

O comprimento do rio principal é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente. Pelo critério utilizado o canal de ordem mais elevada corresponde ao rio principal

- Extensão do percurso superficial

Representa a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente. É uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem. Calcula-se pela equação a seguir:

$$Eps = 1 / 2.Dd \quad (5)$$

Eps = extensão do percurso superficial; **Dd** = valor da densidade de drenagem

Quanto menor a extensão do percurso mais rápido as águas precipitadas, os sedimentos lixiviados e os poluentes lançados chegam aos cursos d'água. Relacionado ao comprimento médio dos canais das diversas ordens pode-se mensurar o percurso total que os poluentes chegam ao curso principal.

- Gradiente dos principais canais

Relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término com o comprimento do respectivo segmento fluvial. Calcula-se pela seguinte equação:

$$G = (A_{m\acute{a}x} - A_{m\acute{i}n}) / L \quad (6)$$

G=gradiente; **A_{max}**= altitude máxima; **A_{min}**= altitude mínima; **L**= comprimento do respectivo segmento

Quanto maior o gradiente altimétrico maior a energia das águas do escoamento fluvial.

c) Análise areal da bacia hidrográfica

Na análise areal são abordados índices referentes a medições planimétricas com contribuição das medições lineares.

- Área da bacia

Área drenada pelo conjunto do sistema fluvial projetada em plano horizontal. Importante, nesse caso, citar o perímetro que representa a linha limite de circunscrição da área da bacia.

- Comprimento médio e largura média da bacia

Média obtida a partir da relação entre o comprimento máximo e mínimo assim como largura máxima e mínima.

- Forma da bacia

Para obtenção da forma delimita-se a bacia (independente da escala), em seguida, traça-se uma figura geométrica (círculo, retângulo ou triângulo, etc.) e faz-se sobreposição (LEE & SALLE, 1970 apud CHRISTOFOLETTI, 1980). No caso de dificuldades na conclusão utiliza-se o índice de forma, obtido através da seguinte equação:

$$If = 1 - \{(K \cap L) / (K \cup L)\} \quad (7)$$

If = índice de forma; K = área da bacia; L = área da figura geométrica

Quanto menor for o índice, mais próxima a figura geométrica respectiva estará da forma da bacia.

- Densidade de rios

Relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia. Sua finalidade é comparar a freqüência de cursos d'água existentes em uma área com medida padrão (km²) (HORTON apud CHRISTOFOLETTI, 1980). O número de rios corresponde aos canais de primeira ordem, pois implica que todo e qualquer rio surge em uma nascente. A equação é a seguinte:

$$Dr = N / A \quad (8)$$

Dr = densidade de rios; N = número total de rios; A = área da bacia considerada
--

- Densidade de drenagem

Relação entre o comprimento total dos canais com a área da bacia hidrográfica (HORTON apud CHRISTOFOLETTI, 1980). Calcula-se pela seguinte equação:

$$Dd = L_t / A \quad (9)$$

Dd = densidade de drenagem; **L_t** = comprimento total dos canais; **A** = área da bacia considerada

O resultado tem relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais da bacia.

Christofolletti (1969 apud SILVA, SCHULZ e CAMARGO, 2003) estabeleceu classes de valores para interpretação dos resultados para densidade de drenagem (quadro 04).

Classes de valores (km(km ²) ⁻¹)	Interpretação da densidade de drenagem
Menor que 7,5	Baixa
Entre 7,5 e 10,0	Média
Maior que 10,0	Alta

Quadro 04: Classes de interpretação para os valores da densidade de drenagem
Fonte: Adaptado de Christofolletti (1969 apud SILVA, SCHULZ e CAMARGO, 2003).

- Densidade de segmentos da bacia

Quantidade de segmentos existentes em determinada bacia hidrográfica por unidade de área. A fórmula para o cálculo é a seguinte:

$$F_s = \Sigma \text{ de } n_1 / A \quad (10)$$

F_s = densidade de segmentos da bacia; **n₁** = número de segmentos de determinada ordem; **A** = área da bacia

Esse índice valida as informações dos itens de densidade anteriores.

- Coeficiente de manutenção

Fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento (SCHUMM, 1956 apud CHRISTOFOLETTI, 1980). Calcula-se da seguinte forma:

$$Cm = (1/ Dd) . 1000 \quad (11)$$

Cm = Coeficiente de manutenção; Dd = densidade de drenagem
--

Junto com a taxa de impermeabilização do terreno (aumento a velocidade do escoamento) explica os rápidos picos de enchentes. Esse coeficiente corrobora os resultados das densidades de rios, de drenagem e de segmentos da bacia.

Os índices calculados na análise linear e areal da bacia estão integrados e as relações servem para maior segurança nos resultados.

3.3.2.2 Análise hidrológica

A análise hidrológica objetiva conhecer a hidrodinâmica fluvial para avaliar o potencial de ocorrência de enchentes, dispersão de poluentes no meio hídrico e mensurar as entradas de matéria no sistema por fontes artificiais.

Além das informações bibliografias estimou-se a vazão da bacia através de dois métodos: aplicação de fórmula empírica e medição direta (morfometria e correntometria)

A medição empírica utilizou a Fórmula de *Iszkowski* (PINTO et al, 1976) que calcula a vazão em função da precipitação média anual (mm); a área da bacia (km²); um coeficiente dependente da morfologia da bacia (K) (quadro 05); e, um coeficiente dependente da área da bacia (m) (quadro 06). A equação é a seguinte:

$$Q = \frac{(K \cdot m \cdot h \cdot A)}{1.000} \quad (13)$$

Q = vazão (m³/s); **K** = coeficiente que depende da morfologia da bacia; **m** = coeficiente que depende da área da bacia; **h** = precipitação média anual (mm); **A** = área da bacia (km²)

Orografia da Bacia	Valores de K			
	I	II	III	IV
Zona pantanosa	0,017	0,030	-	-
Zona plana e levemente ondulada	0,025	0,040	-	-
Zona em parte plana e em parte com colinas	0,030	0,055	-	-
Zona com colinas não muito íngremes	0,035	0,070	-	-
Zona com montes altos, segundo a declividade.	0,060	0,160	0,360	0,600
	0,070	0,185	0,460	0,700
	0,080	0,210	0,600	0,800
Descrição	Categorias			
Terreno muito permeável com vegetação normal e terreno de média permeabilidade com vegetação densa.	I			
Terreno de colina ou montanha com vegetação normal; terreno plano levemente ondulado; mas pouco permeável.	II			
Terreno impermeável com vegetação normal em colina íngreme ou montanhoso.	III			
Terreno impermeável com escassa ou nenhuma vegetação em colina íngreme ou montanhoso.	IV			

Quadro 05: Valores do coeficiente K
Fonte: Adaptado de Pinto (et al, 1976)

A (km²)	m	A (km²)	m
1	10,0	500	5,9
10	9,0	1.000	4,7
40	8,23	2.000	3,77
70	7,6	10.000	3,02
100	7,4	30.000	2,8

Quadro 06: Valores do coeficiente de m
Fonte: Pinto (et al, 1976)

Segundo Pinto (et al, 1976) os resultados obtidos a partir de tal fórmula são aceitáveis com ressalvas, dependendo do julgamento do executor e especificidades do trabalho.

A fórmula utilizada aparece, também, em Paula (2004), servindo como indicativo da vazão média anual para o baixo curso da bacia do Rio Cauípe – Caucaia - CE, em trabalho referente à dinâmica e evolução ambiental. Os resultados foram complementados com as informações de vazão calculadas a partir da medição direta.

A fórmula empírica da vazão foi aplicada nos diferentes ambientes que compõe a bacia: serras, sertões, tabuleiro, planícies. Os valores referentes a cada ambiente foram somados para resultar na vazão média anual da **BRM**. A área da bacia

utilizada no cálculo foi 214,8 km² e a precipitação média anual 1391,4 mm (média calculada entre os anos de 1974 e 2003).

As medições diretas da vazão foram realizadas nas seções fluviais de monitoramento. Esse procedimento objetivou realizar uma amostragem pontual das características da vazão fluvial nos períodos chuvoso e de estiagem. Tais medições contaram com dados da área da seção molhada dos perfis transversais e os dados de velocidade da corrente medidos no mesmo local (etapa de campo).

Foram realizadas em três períodos: um no mês de março de 2005, representando o período chuvoso; um no mês de junho, período intermediário; e, um no mês de outubro, representando o período de estiagem.

Os dados da área da seção molhada coletados em campo foram organizados em meio digital com uso de microcomputador onde foram processados através de programas (softwares) adequados. Os softwares utilizados contaram com suportes para planilhas, gráficos, banco de dados, etc.

As medições da velocidade da corrente fluvial foram realizadas nas mesmas seções fluviais onde foram obtidas as áreas molhadas. A velocidade do fluxo hídrico é medida com relação ao espaço percorrido pela água em determinado intervalo de tempo.

De posse dos dados foram realizados os cálculos da vazão multiplicando-se as áreas das seções molhadas (m²) pelas velocidades das correntes (m/s), resultando em valores em m³/s (etapa de gabinete). A equação é a seguinte:

$$Q = A \cdot V \quad (13)$$

Q = vazão; A = área da seção molhada; V = velocidade da corrente
--

3.3.3 Análise de vulnerabilidade à erosão dos solos

A análise da vulnerabilidade dos sistemas geoambientais à erosão baseou-se no balanço pedogênese/ morfogênese (TRICART, 1977). No Ceará foi utilizada no Zoneamento Geoambiental da Região de Irauçuba - CE (BRANDÃO, 2003). A metodologia foi desenvolvida no Zoneamento Econômico-Ecológico – ZEE produzido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (CREPANI et al, 2000 apud BRANDÃO, 2003).

A análise integra classes temáticas (unidade litológica, intervalo de declividade, tipo de solo, índice de intensidade pluviométrica e tipo de vegetação/uso da terra) ponderadas (hierarquizadas) através de valores variáveis numa escala de 1 a 10 conforme a influência nos processos erosivos.

As classes temáticas foram distribuídas entre as situações de predomínio de processos de pedogênese (valores próximos a 1,0), passando por situações intermediárias (valores em torno de 5,0) e situações onde predominam os processos de morfogênese (valores próximos a 10).

Estabeleceram-se as seguintes classes referentes ao grau de vulnerabilidade à erosão (perda de solo): Muito alta: **9-10**; Alta: **7-8**; Moderada: **5-6**; Baixa: **3-4**; Muito baixa: **1-2**. Os dados são processados por combinação numérica, sendo aplicados operadores de soma ponderada para os temas envolvidos.

a) Análises temáticas

- Litologia

Considerou-se o grau de coesão como atributo intrínseco da rocha que mais contribui para determinar a maior ou menor vulnerabilidade do sistema geoambiental à erosão.

Em rochas pouco coesas prevalecem os processos erosivos (morfogênese), enquanto em rochas bastante coesas prevalece a pedogênese (intemperismo e formação dos solos).

Atribuem-se valores próximos à estabilidade (1,0) para rochas com maior grau de coesão; valores intermediários (próximos de 5,0) para rochas com grau de coesão mediano; e valores próximos à vulnerabilidade (10) para as rochas de menor grau de coesão (quadro 07).

Sistemas Geoambientais	Classes Litológicas	Valores
PF	Aluviões: argilas, areias argilosas, areias finas e grosseiras, misturando-se, eventualmente, com clásticos finos, cascalhos e blocos.	10
VOSM	Rochas ortoderivadas de natureza granitóide-migmatítica	3
SS	Rochas xistosas e gnaisses	3
TPL	Sedimentos terciário-quadernários da Formação Barreiras: arenitos areno-argilosos	8
PFM	Sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica	10

Quadro 07: Valores atribuídos às classes litológicas
Fonte: Adaptado de (BRANDÃO, 2003).

- Declividade

Quanto maior o gradiente do terreno, mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética, favorecendo o escoamento superficial (*run-off*) responsável por processos erosivos.

Relevos planos são considerados estáveis (valores próximos a 1,0), enquanto os relevos montanhosos e escarpados apresentam maior vulnerabilidade à erosão (valores próximos a 10). Entre esses valores distribuem-se as áreas com relevo intermediário: suavemente ondulado, ondulado e fortemente ondulado (quadro 08).

Sistemas Geoambientais	Classes de declividade	%	Valores
SS; TPL; PF, PFM...	Relevo plano	0-3	1
-	Relevo suavemente ondulado	3-8	2
-	Relevo ondulado	8-20	5
VOSM	Relevo fortemente ondulado	20-45	7
VOSM	Relevo montanhoso e escarpado	>45	10

Quadro 08: Valores atribuídos às classes de declividade
Fonte: idem quadro 07

- Solos

Prevalendo a pedogênese os solos são bem desenvolvidos (profundos e porosos) considerados estáveis (valores próximos a 1,0). Destacando-se os processos erosivos (morfogênese), os solos são pouco desenvolvidos (valores próximos a 10).

Entre os extremos ocorrem condições morfodinâmicas de “equilíbrio”, onde a erosão e a formação dos solos são aproximadamente equivalentes. Os valores atribuídos estão no quadro 09 a seguir.

Sistemas Geoambientais	Classes de solos	Valores
VOSM	Argissolos vermelho-amarelo eutróficos e distróficos; litossolos.	7
SS	Planossolos; Solonetz Solodizados; Litossolos e afloramentos rochosos.	8
TPL	Neossolos Quartzarênicos Distróficos; Argissolos vermelho-amarelos distróficos.	7
PF	Neossolos Flúvicos, Planossolos Solódicos e Vertissolos.	10
PFM	Solos indiscriminados de mangue	10

Quadro 09: Valores atribuídos às classes de solos

Fonte: idem quadro 07

- Intensidade pluviométrica

A intensidade pluviométrica é obtida pela razão entre a pluviosidade média anual e a duração do período chuvoso em meses (quadro 10).

Uma intensidade pluviométrica elevada implica numa alta pluviosidade anual e curta duração do período chuvoso. A quantidade de água disponível para o *run-off* é muito grande com maior capacidade de erosão. Uma elevada pluviosidade anual, mas com distribuição regular ao longo período, tem poder erosivo muito menor do que uma precipitação anual mais reduzida, mas concentrada num período curto.

Sistemas Ambientais	Precipitação Média Anual*	Duração do Período Chuvoso (meses)	Intensidade Pluviométrica (mm/meses)	Valores
TPL e PFM	1200 - 1400	6	200 - 233	5
VOSM	1400 - 1600	6	233 - 266	6
SS	900 - 1200	6	150 - 200	4

Quadro 10: Valores atribuídos às classes de intensidade pluviométrica

Fonte: Adaptado de Brandão (et al 1995*, 2003)

- Cobertura vegetal e uso da terra

A densidade da vegetação é o parâmetro considerado. Uma cobertura vegetal densa oferece ao solo um elevado fator de proteção (valores próximos de 1,0). Áreas com baixa densidade de vegetação apresentam maior vulnerabilidade à erosão (valores próximos a 10) (quadro 11).

As atividades de uso da terra refletem-se no grau de degradação da vegetação original, causando o aparecimento de coberturas secundárias, até áreas completamente impermeabilizadas, como os núcleos urbanos. As formas de uso são analisadas juntamente com a cobertura vegetal.

Sistemas Geoambientais	Classes de vegetação*/uso da terra	Valores
VOSM	Mata úmida c/ fruticultura comercial (bananicultura)	8
SS	Caatinga arbustiva c/ agricultura de subsistência e pecuária semi-intensiva	7
TPL	Área urbana	10
PF	Mata ciliar/ área urbana	2/10
PFM	Mata de mangue	2

Quadro 11: Valores atribuídos às classes de vegetação/ uso da terra
Fonte: idem quadro 07

b) Cálculo da vulnerabilidade à erosão do solo

As classes temáticas são integradas através da soma ponderada, conforme o grau de importância de cada uma para a determinação da vulnerabilidade à erosão. Obteve-se a expressão abaixo para o cálculo final, onde foram atribuídos os seguintes pesos: **Plito = 10%**; **Pdecl = 25%**; **Psolo = 25%**; **Ppluv = 15%**; **Pveg-uso = 25%**.

(15)

$$V.E = (\text{Litologia} \times \text{Plito}) + (\text{Declividade} \times \text{Pdecl}) + (\text{Solo} \times \text{Psolo}) + (\text{Intensidade Pluviométrica} \times \text{Ppluv}) + (\text{Vegetação/uso da terra} \times \text{Pveg-uso})$$

Fonte: (BRANDÃO, 2003)

3.3.4 Identificação de fontes de riscos de impactos ambientais

As fontes de riscos de impactos ambientais correspondem às intervenções técnicas no meio ambiente com potencial de alterar ou modificar de forma reversível ou irreversível as características naturais. Enfatizam-se a poluição/contaminação orgânica e química dos corpos hídricos e dos solos e as alterações físicas nas vertentes dos sistemas ambientais.

Esses processos repercutem direta ou indiretamente na morfologia dos canais fluviais e contribuem para intensificação das enchentes com conseqüências aos grupos sociais de baixa renda.

As principais **fontes pontuais de risco** correspondem às intervenções técnicas com possibilidade de georreferenciamento através de levantamentos de campo em curto prazo e identificação através de materiais de sensoriamento remoto. Podem ser classificadas como:

- Lagoas de estabilização de efluentes (LEE) e estações isoladas de tratamento de esgoto (ETE);
- Aterros sanitários e depósitos inadequados de resíduos sólidos (focos de lixo);
- Indústrias com proximidade aos corpos hídricos inseridas em APP (Área de proteção permanente);
- Atividades de pecuária intensiva
- Cemitérios;
- Extração mineral: pedreiras para extração de granito; portos de areia e lavras de argila

As principais **fontes difusas de risco** correspondem às intervenções técnicas não identificáveis em curto prazo e dispersas em área. Podem ser classificadas como:

- Atividade agropecuária: áreas de pecuária semi-extensiva; áreas de agricultura e solos expostos suscetíveis à erosão;
- Lançamento múltiplo de esgoto domiciliar;
- Deposição inadequada múltipla de resíduos sólidos domiciliares.

3.3.5 Estimativa de produção de esgoto e resíduos sólidos domiciliares

As condições de saneamento básico indicam processos de degradação ambiental à medida que há déficit na qualidade nos serviços prestados (abastecimento de água, esgotamento e deposição dos resíduos sólidos).

Estimou-se a partir da relação sistêmica entre os dados do Censo Demográfico 2000 (BRASIL, 2001), referentes às formas de abastecimento d'água, tipo de esgotamento sanitário e destino final do lixo, com as informações dos trabalhos de campo.

O lançamento e deposição inadequados de esgoto e lixo pelos múltiplos domicílios representam fontes difusas de risco de impactos ambientais ao meio físico da bacia hidrográfica. Pela dificuldade de mapeamento utilizam-se dados dos recenseamentos realizados por órgãos oficiais para organizar espacialmente as informações e consubstanciar a identificação das fontes de risco realizadas em campo.

O consumo de água foi estimado com referência nas faixas de consumo calculadas por litros/habitante/dia, no caso de populações atendidas com ligações de água nos domicílios e sem ligações de água nos domicílios (SPERLING, COSTA, CASTRO, 1995 e BRASIL, 2004).

A partir dos resultados estimam-se os consumos médios diários, mensais e anuais. Para isso afere-se a população em cada sistema ambiental e a distribuição entre os habitantes atendidos com ligações de água nos domicílios e os não atendidos.

Em seguida, relacionam-se as faixas de população com os valores citados nos quadros 12 e 13. Multiplicam-se os valores pelo número de dias do ano para obter o consumo anual e dividem-se por doze para obter a média mensal.

Faixa de população	Litros / (habitante/dia)	m ³ / (habitante/dia)
Até 6000	100 a 150	0,10 a 0,15
6000 a 30000	150 a 200	0,15 a 0,20
30000 a 100000	200 a 250	0,20 a 0,25
Acima de 100000	250 a 300	0,25 a 0,30

Quadro 12: Populações abastecidas com ligações domiciliares
Fonte: Adaptado de Sperling, Costa, Castro (1995) e Brasil (2004)

Casos	Litros / (habitante/dia)	m ³ / (habitante/dia)
1	30 a 50	0,03 a 0,05
2	40 a 80	0,04 a 0,08
3	60 a 100	0,06 a 0,1

Quadro 13: Populações abastecidas sem ligações domiciliares
Fonte: Adaptado de Sperling, Costa, Castro (1995) e Brasil (2004)

Nota:1. com torneiras públicas ou chafarizes; 2. com torneiras públicas, chafarizes e lavanderias públicas; 3. com torneiras públicas, chafarizes, lavanderias públicas e sanitários ou banheiro público

A par dos resultados do consumo de água obtêm-se as vazões produzidas de esgoto calculando-se 80% do volume de água consumida e distribuindo entre as formas de esgotamento aferidas nos dados do recenseamento (rede geral ou galeria pluvial, fossa, esgoto inadequado). Para o trabalho, as informações mais importantes correspondem ao **esgoto lançado de forma inadequada** e o **esgoto com aporte na rede geral**, por ambos terem os cursos fluviais como corpos receptores.

A quantidade de resíduos sólidos produzidos em cada sistema ambiental é estimada através de faixas populacionais em kg/hab/dia. A referência para o cálculo é a média nacional de produção de resíduos sólidos (quadro 14) (BRASIL, 2004). A obtenção das médias mensal e anual é igual a do consumo de água.

Faixa de população	Produção (kg/hab/dia)
Até 100 mil	0,4
100 mil a 200 mil	0,5
200 mil a 500 mil	0,6
Acima de 500 mil	0,7

Quadro 14: Média nacional de produção de resíduos sólidos domiciliares
Fonte: Brasil (2004)

4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANGUAPINHO

O clima é responsável pelo controle energético dinamizador dos processos de modelação da superfície terrestre.

O clima não é componente materializável e visível na superfície terrestre, embora seja perceptível e contribua significativamente para sentir e perceber a paisagem. Todavia, o clima é fator fundamental para o geossistema, pois constitui o fornecedor de energia cuja incidência repercute na quantidade disponível de calor e água. O clima surge como controlador dos processos e da dinâmica do geossistema, mas não como elemento intrínseco e integrante na visualização da organização espacial (CHRISTOFOLETTI, 1999: 41,42).

4.1 Principais sistemas atmosféricos atuantes

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema atmosférico gerador de precipitação atuante na região da **BRM**. No período de estiagem atuam os ventos anticiclones de E e NE originados na alta tropical do Atlântico Sul (NIMER, 1977 apud CEARÁ, 2002).

Na ZCIT convergem os ventos alísios dos dois hemisférios ao longo do equador térmico da Terra. O máximo deslocamento meridional ocorre durante o verão e todo outono, submetendo a Região Nordeste, durante vários dias consecutivos, a chuvas intensas e trovoadas. As maiores intensidades são em março e abril (BRASIL, 1981).

O deslocamento anual da ZCIT (figura 06) apresenta oscilação norte-sul num período de um ano, com posições mais ao norte (14°N - hemisfério norte) durante agosto, setembro e outubro e mais ao sul (2°S - hemisfério sul) durante o verão e outono. O seu posicionamento e intensidade no Atlântico Equatorial estão estritamente ligados às condições térmicas e dinâmicas dos oceanos tropicais (Atlântico e Pacífico) (CEARÁ, 1994 apud SOUZA, 2000).

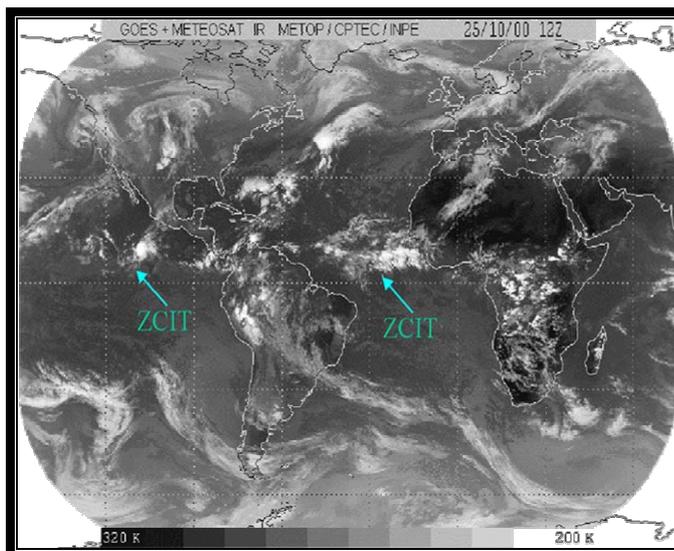


Figura 06: ZCIT - Satélite METEOSAT – 7.
Fonte: FUNCEME (2005)

4.2 Fatores geográficos

Além dos sistemas atmosféricos fatores geográficos influenciam na pluviometria da bacia. Esses aspectos representam as condições climáticas locais e microclimáticas. Na **BRM** a orientação do litoral em relação à corrente dos alísios e a participação do relevo condicionam o surgimento de chuvas orográficas.

O litoral de Fortaleza forma um ângulo em torno de 45° com o Equador, oferecendo condições para penetração direta por convecção do fluxo potencialmente instável dos ventos.

A vertente oriental (barlavento) da Serra de Maranguape forma uma barreira orográfica ao fluxo dos alísios, propiciando precipitação de aproximadamente 1.600 mm anuais, permitindo razoável disponibilidade hídrica. Na vertente ocidental (sotavento) da Serra da Aratanha cria-se a zona de sombra de chuva onde a semi-aridez é acentuada (BRASIL, 1981).

Adaptou-se um zoneamento pluviométrico da Região Metropolitana de Fortaleza aplicado à **BRM** (quadro 15).

Zona pluviométrica	Sistema Geoambiental	Descrição
Zona Litorânea	Tabuleiros Pré-litorâneos e Planície Flúvio-marinha	Índice pluviométrico médio situa-se no patamar de 1.200 a 1.400 mm e as temperaturas são mais amenas
Zona Serrana	Vertente Oriental da Serra de Maranguape	Áreas de altitudes elevadas (Serra de Maranguape), onde a incidência de chuvas orográficas determina um aumento significativo da pluviometria média anual, situando-se numa faixa da ordem de 1.400 – 1.600 mm. Esses setores caracterizam-se também, pela ocorrência de temperaturas mais baixas.
Zona Sertaneja	Superfície Sertaneja	Clima de condições mais secas, estando numa faixa em que a precipitação média oscila em torno de 900 a 1.200 mm, com temperaturas mais elevadas.

Quadro 15: Zoneamento pluviométrico da **BRM**

Fonte: Adaptado de Brandão (et al, 1995)

4.3 Elementos climáticos

Os elementos climáticos são manifestações atmosféricas integradas, apresentadas individualmente para elucidar os regimes e características climáticas de área.

4.3.1 Pluviometria

A precipitação pluviométrica é o elemento climático mais dinâmico ambientalmente devido ao grande aporte de matéria e energia. A quantidade de chuva e seu balanço mensal são as características mais relevantes, principalmente, em regiões com déficits hídricos.

O quadro 16 exhibe os dados de precipitação média dos municípios integrantes da **BRM** e a média aritmética calculada para a bacia. O município de Fortaleza apresenta a maior média anual e Maranguape a menor. A média anual de precipitação calculada para a bacia é de **1.391,4** mm. O trimestre mais chuvoso corresponde aos meses de março, abril e maio, e o trimestre menos chuvoso corresponde aos meses de setembro, outubro e novembro.

Médias Mensais	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média anual
Fortaleza	125.8	202.1	374	381.9	217.7	169.5	87.7	29.5	26.3	14.8	12.4	39.9	1681.5
Maracanaú	115.7	170.3	313.4	298.9	177.9	117.8	59.5	17.2	13.7	12.6	13.4	44.6	1261.6
Maranguape	106.7	174.6	289.8	262.2	162.2	105.4	55.6	16.6	11.1	8.2	8.5	30.0	1231.1
BRM	116.1	182.3	325.7	314.3	185.9	130.9	67.6	21.1	17.0	11.9	11.4	38.2	1391.4

Quadro 16: **BRM:** Precipitação média mensal (1974 a 2003)

Fonte: FUNCEME (2005)

Nota: 1. BRM = Bacia do Rio Maranguapinho; 2. dados da FUNCEME trabalhados pelo autor; 3. **xx**: trimestre mais chuvoso, **xx**: trimestre mais seco.

A figura 07 mostra a comparação entre a variação mensal da precipitação média nos municípios drenados pela **BRM** e a da própria bacia.

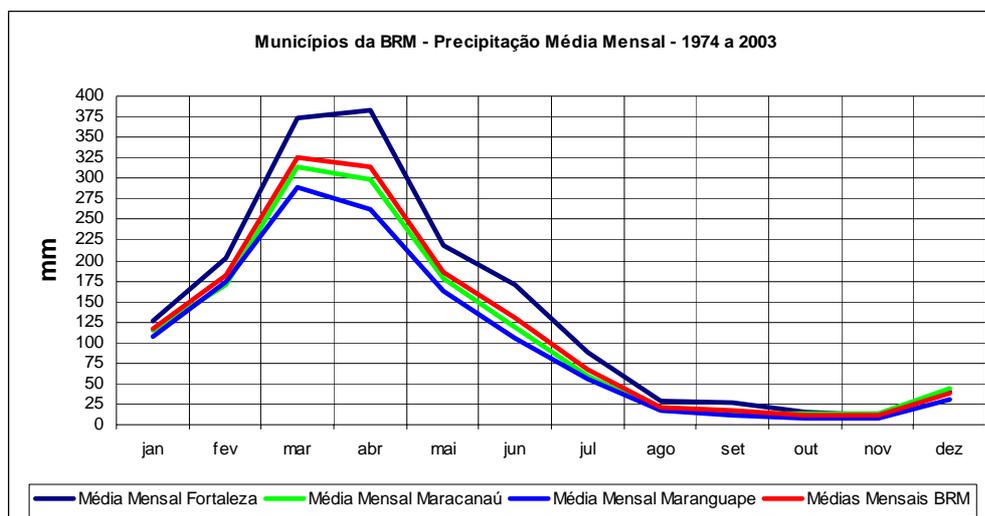


Figura 07: Médias mensais de precipitação dos municípios drenados pela **BRM** (1974 a 2003).
Fonte: FUNCEME (2005)

A média da bacia de janeiro a junho apresenta valores superiores aos dos municípios de Maracanaú e Maranguape e inferiores aos de Fortaleza. De agosto a dezembro os valores são praticamente iguais. A variação da média da bacia¹ aproxima-se com as médias de Maracanaú.

A figura 11 mostra a variação mensal da precipitação somente da bacia, destacando as diferenças entre o período chuvoso e de estiagem. Os maiores valores foram registrados em março e abril (**325,7** e **314,3** mm respectivamente) e os menores em outubro e novembro (**11,9** e **11,4** mm respectivamente).

Quanto ao regime pluviométrico anual da **BRM** os meses mais chuvosos são março e abril (23 e 22%, respectivamente). Os meses de agosto, setembro, outubro e novembro concentraram cada um, aproximadamente, 1% da precipitação anual (quadro 17 e figura 08).

¹ As médias pluviométricas da BRM foram obtidas a partir da média aritmética simples dos índices de precipitação de Fortaleza, Maracanaú e Maranguape.

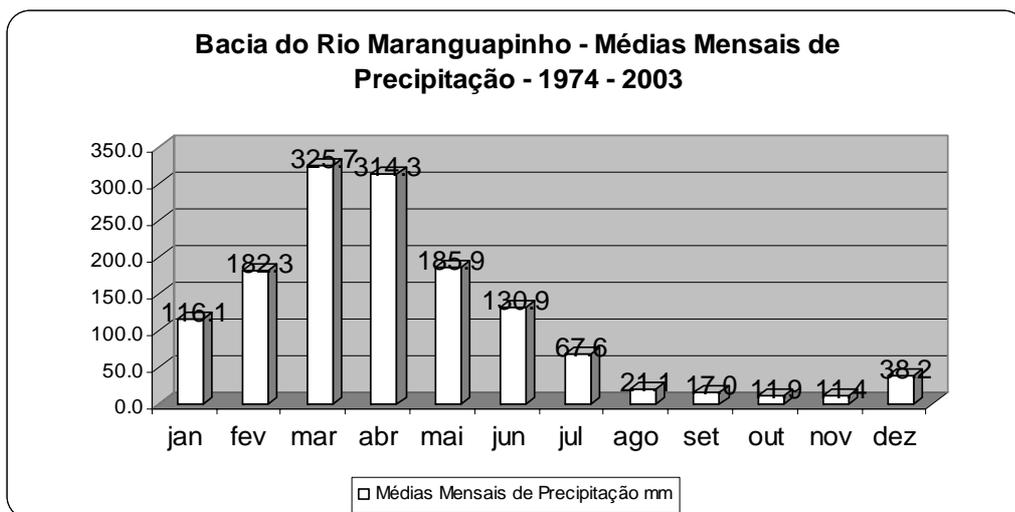
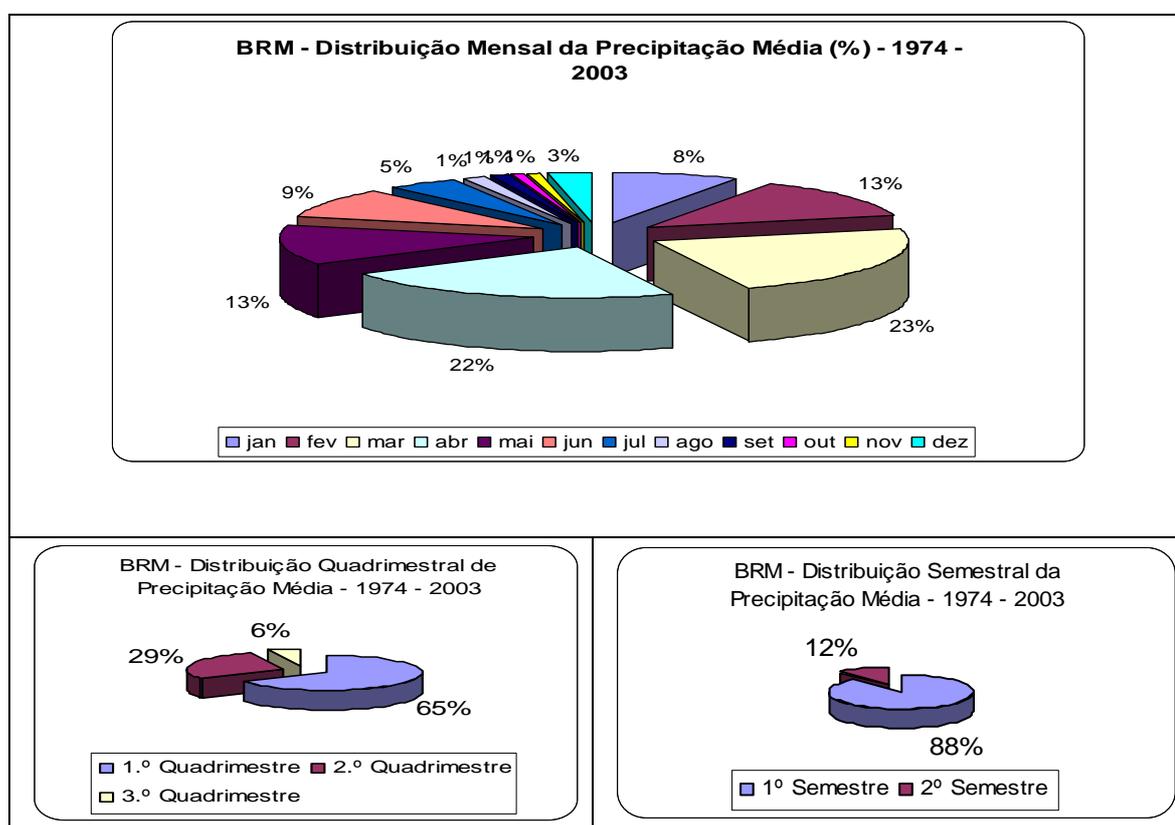


Figura 08: BRM: Precipitação média mensal (1974 a 2003)
Fonte: FUNCEME (2005)



Quadro 17: BRM: Gráficos da distribuição mensal, quadrimestral e semestral da precipitação média (%) (1974 a 2003)
Fonte: FUNCEME (2005)

O quadrimestre mais chuvoso foi o primeiro (janeiro a abril), que concentrou 65% das chuvas anuais, o último (setembro a dezembro), apenas 6%. A distribuição semestral da precipitação mostra grande concentração no primeiro semestre, 88% da precipitação anual.

4.3.2 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar possui estreita relação com a precipitação pluviométrica. A relativa umidade do ar se mede em relação ao ponto de saturação da atmosfera, ou seja, umidade de 100%. Evidencia-se ao longo do período chuvoso que as médias de umidade do ar estão mais próximas ao ponto de saturação.

Os maiores índices mensais de umidade registraram-se nos meses com maiores médias pluviométricas, março e abril (84 e 85%, respectivamente). Os meses com menor umidade do ar correspondem aos meses menos chuvosos: agosto, setembro, outubro e novembro (quadro 18).

Média Mensal	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média Anual
%	78	79	84	85	82	80	80	75	74	73	74	76	78.3

Quadro 18: Estação Fortaleza: Umidade relativa do ar (%) (1961 a 1990)

Fonte: INMET (1992)

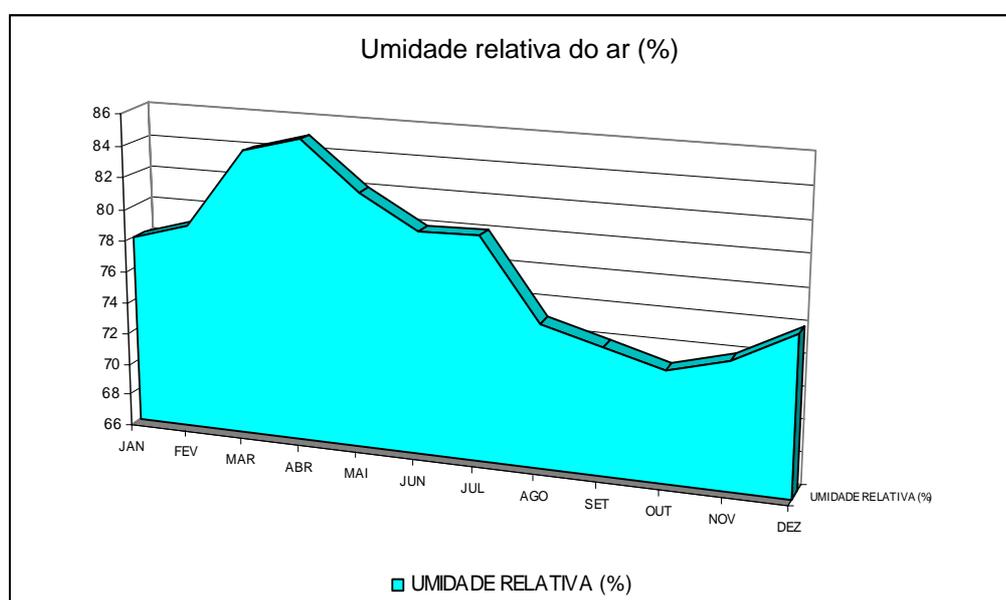


Figura 09: Estação Fortaleza: Umidade relativa do ar (%) (1961 a 1990)

Fonte: INMET (1992)

A distribuição mensal da umidade relativa do ar evidencia amplitude entre o primeiro e o segundo semestre, com picos máximos nos meses de março e abril e mínimos entre setembro e novembro (figura 09). A média anual de umidade do ar apresenta-se elevada (78,3%), representando um clima sub-úmido a úmido.

4.3.3 Temperatura

As temperaturas máximas ocorrem em novembro e dezembro (30,7°C em ambos). As temperaturas mínimas ocorrem em junho e julho (22,1 e 21,8°C, respectivamente) (quadro 19).

Em relação à temperatura média, os meses mais quentes são: dezembro (final da estiagem) e janeiro (início do período chuvoso) com 27,3°C em ambos. Os meses mais frios são: julho e agosto (25,7 e 26,1°C, respectivamente).

Temperatura	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	ano
Máxima (°C)	30.5	30.1	29.7	29.7	29.1	29.6	29.5	29.1	29.2	30.5	30.7	30.7	29.9
Média (°C)	27.3	26.7	26.3	26.5	26.3	26.9	25.7	26.1	26.6	27	27.2	27.3	26.6
Mínima (°C)	24.7	23.2	23.8	23.4	23.4	22.1	21.8	22.6	23.4	24.5	24.4	24.6	23.5

Quadro 19: Estação Fortaleza: Temperaturas médias mensais (°C) (1961 a 1990)

Fonte: INMET (1992)

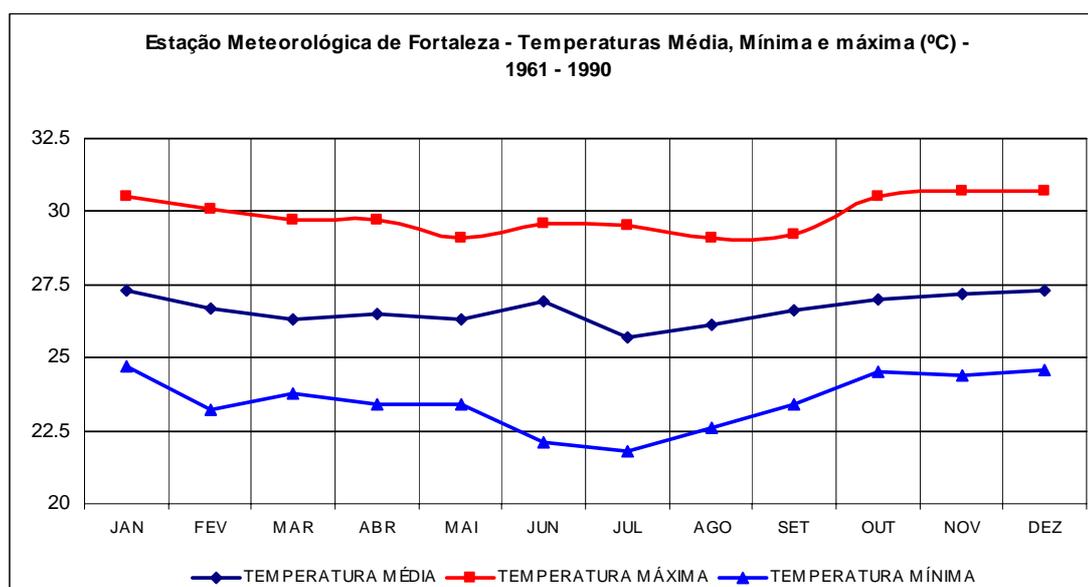


Figura 10: Estação Fortaleza: Temperaturas médias mensais (1961 a 1990)

Fonte: INMET (1992).

A média anual das máximas temperaturas atingiu 29,9°C, e a mínima 23,5°C. A temperatura média anual é de 26,6°C, registrando altas temperaturas durante o ano, caracterizando clima quente.

A amplitude térmica anual é sensível, com diminuição da temperatura somente em junho e julho. Durante o primeiro semestre a temperatura é

praticamente estável, no segundo ocorre um aumento progressivo de agosto a dezembro (figura 10).

4.3.4 Insolação e evaporação

Esses elementos climáticos estão diretamente relacionados, o maior número de horas de insolação influencia nas taxas de evaporação.

A média anual de insolação é elevada (269,4 horas/mês). O maior número de horas de insolação ocorre no período de estiagem, com variação em agosto. Em março e abril (maiores precipitações) ocorre menor número de horas no ano (quadro 20). Os maiores índices de evaporação são registrados no período de estiagem. Os menores índices ocorrem em março e abril (inversamente à pluviometria). A média mensal de evaporação é de 122,4 mm.

Médias	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	média
Insolação	216.2	175.8	148.9	152.8	209.1	239.6	263.4	168.9	282.9	296.1	283.2	257.4	269.4
Evaporação	120.1	95.5	72.4	68.1	84.6	94.7	118.3	151.8	167.8	173.5	168.1	154.3	122.4

Quadro 20: Estação Fortaleza: Insolação (horas e décimos) e evaporação total (mm) (1961 a 1990)
Fonte: INMET (1992)

A figura 11 apresenta a relação entre os índices de insolação e de evaporação. Mesmo aferidos sob medidas diferentes observa-se uma proporção entre as curvas.

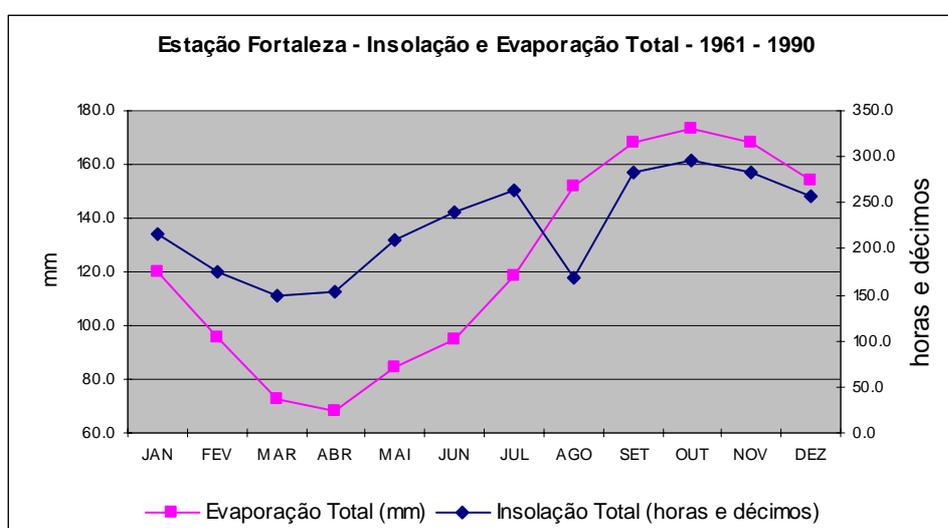


Figura 11: Estação Fortaleza: Insolação (horas e décimos) e evaporação total (mm) (1961 a 1990).
Fonte: INMET (1992)

4.3.5 Balanço hídrico

Para o balanço hídrico da **BRM** foram relacionados os dados de precipitação média mensais da bacia (quadro 16) e os dados de evaporação total (quadro 20) pela ausência de dados de evapotranspiração na estação meteorológica de Fortaleza.

O balanço hídrico apresentou índices positivos de janeiro a junho (picos em março e abril) e índices negativos a partir de julho até dezembro (picos em outubro e novembro) (figura 12).

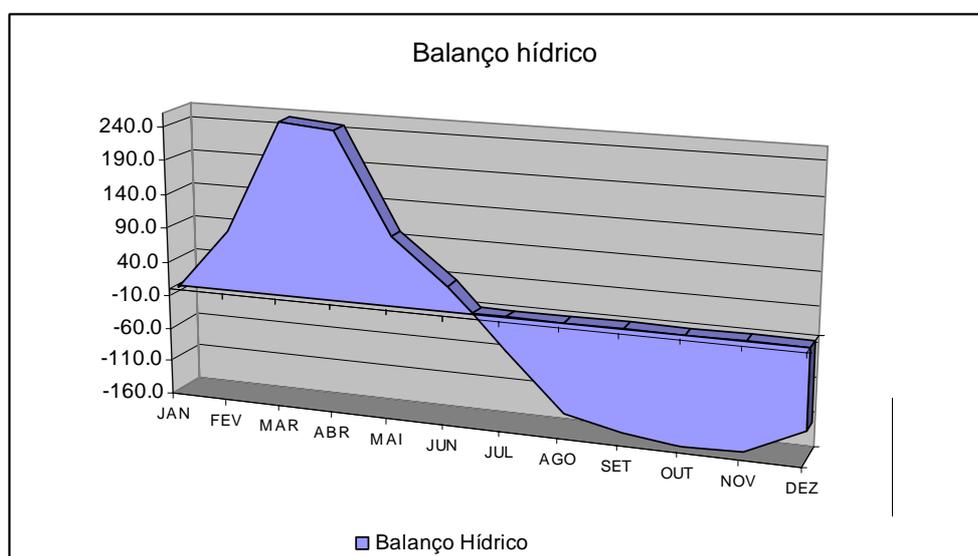


Figura 12: Balanço hídrico (mm).
Fonte: INMET (1992) e FUNCEME (2005)

A relação entre a precipitação média (1391,4 mm) e a evaporação (1468,8 mm) revela um balanço hídrico negativo (- 77,4 mm). Os déficits acumulados durante a estiagem superam o superávit da estação chuvosa.

De acordo com Brasil (1981) a região que engloba a **BRM** (litoral de Fortaleza, Serra da Pacatuba e Maranguape) está submetida a um tipo climático úmido a sub-úmido (mesoclimas 26 a 34). Esse tipo climático apresenta, geralmente, temperaturas mais amenas em relação às áreas sob influência do clima semi-árido; e deficiências hídricas de moderada a baixa, durante menos de cinco meses do ano.

5 SISTEMAS GEOAMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANGUAPINHO

5.1 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais na Vertente Oriental da Serra de Maranguape (VOSM)

A Vertente Oriental da Serra de Maranguape (figura 13) representa a vertente úmida (a barlavento) do geossistema da Serra de Maranguape que faz parte da Região natural dos maciços residuais descontínuos do Nordeste, integrando o Conjunto de planaltos cristalinos pertencentes ao Domínio dos escudos e maciços antigos (SOUZA, 1988 e 2000; BRANDÃO et al, 1995; CEARÁ, 2001a e 2002)

Localizada em Maranguape, ocupa área de 22,94km² (10,7% da bacia). O acesso é feito pela sede municipal até estradas estreitas e sinuosas de calçamento e asfalto. Tem disposição SW-NE, altitudes máximas na cota de 900m com classes de declividade de 20 a 45% (forte ondulado) e de 45 a 75% (montanhoso).

O relevo acidentado exhibe colinas convexas, lombas alongadas e, raramente, cristas, intercaladas por vales estreitos (em forma de V) ou ligeiramente alargados nos setores de suavização topográfica. O contato com a depressão sertaneja se faz através de pedimentos dissecados (SOUZA, 2000; CEARÁ, 2002).

A litologia da **VOSM** é formada por rochas graníticas e migmatíticas pré-cambrianas encaixadas em xistos e gnaisses (IPT, 1975 apud CEARÁ, 2002). As condições pedológicas apresentam associação de Argissolos vermelho-amarelo eutróficos e distróficos, principalmente, nas altas vertentes; afloramentos de rochas e Neossolos flúvicos nos fundos de vales estreitos e Litossolos nas vertentes mais íngremes (SOUZA, 2000).



Figura 13: a) (esquerda) Serra de Maranguape; b. (direita) Vertente oriental à retaguarda.
Fonte: Imagem SPOT (2004)

A cobertura vegetal original nos setores mais elevados é a Mata plúvio-nebular subperenifólia, de porte arbóreo, favorecida pelas condições de acentuada umidade nas vertentes a barlavento. Nos níveis inferiores (meia encosta) está presente a Mata seca (caatinga hipexerófila), de porte arbóreo médio. O estado de conservação da vegetação apresenta-se moderadamente a altamente degradado em função das formas de uso e ocupação da terra.

Na **VOSM** o uso e ocupação são marcados pela Área de Proteção Ambiental da Serra de Maranguape, sítios rurais e agricultura de subsistência e comercial (bananicultura).

A Área de Proteção Ambiental da Serra de Maranguape foi criada pela lei municipal nº. 1168, em 08 de julho de 1993. A unidade se inicia a partir da cota de 100m até a linha de crista da serra, no limite com o município de Caucaia. Planeja, através da gestão ambiental, as atividades econômicas e orienta uma melhor compatibilidade do uso da terra com a conservação dos recursos naturais, além de propor a recuperação das áreas degradadas (CEARÁ, 2002).

A ocupação rural é realizada por sítios e chácaras onde se pratica agricultura de subsistência e fruticultura e horticultura destinadas ao mercado (ARRUDA, 2001). Nas altas vertentes predomina a monocultura da banana e frutíferas menos importantes no mercado. Nas baixas vertentes predomina a agricultura de subsistência e o extrativismo vegetal. Nos setores ao norte predomina a extração mineral do granito.

As maiores aglomerações urbanas seguem, preferencialmente, os principais cursos fluviais (riacho Gavião e Pirapora). A ocupação apresenta residências de baixo padrão arquitetônico nas margens do riacho Gavião onde são encontradas residências cujas construções aproximam-se das “favelas”. Nas margens do riacho Pirapora encontram-se residências de melhor qualidade, algumas organizadas em pequenos condomínios.

O uso destinado ao lazer destaca-se por equipamentos característicos como: casas de veraneio, clubes balneários, pousadas e infra-estruturas de lazer e esportes radicais. As casas de veraneio e os clubes balneários, instalados desde período áureo do turismo de lazer (década de 1950 a 80), se sobressaem em relação aos outros tipos de equipamentos arquitetônicos. Destaca-se o “*Clube Cascatinha*”, que funciona nos finais de semana.

As pousadas, segundo os gerentes, ainda têm clientes cativos em busca de descanso e tranqüilidade. Contudo, essa atividade encontra-se estagnada. Os equipamentos turísticos existem em função das atrações naturais, por exemplo, o “*Pico da Rajada*”, cota de 920m. O local possui grande potencialidade turística, porém é pouco explorado.

5.2 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais na Superfície Sertaneja de Maranguape e Maracanaú (SS)

A Superfície Sertaneja de Maranguape e Maracanaú faz parte dos Sertões de Choró-Pacoti integrantes da Região natural dos sertões sub-úmidos do Ceará (SOUZA, 2000). Ocupa área de 107,16km² (49,9% da bacia). É ocupada pelos município de Maranguape, Maracanaú e, em pequena parcela, por Fortaleza. Limita-se a oeste com a Serra de Maranguape e a bacia do Rio Ceará; a leste com a Serra da Aratanha e a bacia do Rio Cocó; ao sul com a bacia do Rio Pacoti; e, ao norte, com os Tabuleiros Pré-litorâneos.

O acesso se faz pela Rodovia CE-065 que interliga as localidades de Maracanaú e Maranguape e por uma rede de estradas vicinais interdistritais.

A morfologia da **SS** se expõe através dos pedimentos inclinados a partir da base dos maciços residuais de Maranguape e Aratanha. O caimento topográfico é feito no sentido dos fundos de vales e do litoral de Fortaleza (BRANDÃO et al, 1995, SOUZA, 2000).

A declividade exhibe classes entre 3 – 8% (suave ondulado) e 8 – 20% (ondulado) com altitudes variando entre 50 e 200m. A topografia é aplainada ou levemente ondulada nos setores intermediários e forte ondulada com colinas rasas nos setores periféricos às serras.

A litologia exhibe rochas xistosas e gnaisses do complexo cristalino pré-cambriano. Nos fundos dos vales formaram-se depósitos aluviais quaternários. Apesar da complexidade litológica, é uma superfície de aplainamento onde a erosão truncou, indistintamente, vários tipos de rochas (SOUZA, 2000).

Nas médias e baixas vertentes formaram-se Planossolos. Nos níveis residuais encontram-se Litossolos a afloramentos rochosos. Nas bordas dos vales solos do tipo Solonetz solodizados e nos fundos de vales Neossolos flúvicos. A cobertura vegetal original apresenta caatinga caducifólia arbustiva e manchas de caatinga arbórea, ambas parcialmente degradadas pelo uso e ocupação.

Na Superfície Sertaneja os mais importantes núcleos urbanos são a Cidade de Maranguape, a sede do Distrito de Sapupara e parte do território de Maracanaú inserido na **BRM** (exceção dos bairros Parque Santa Maria, Alto Alegre e Alto Alegre I e II). Encontram-se, também, áreas rurais, com agropecuária, extrativismo vegetal e uma série de agroindústrias (granjas, laticínios, e aguardentes).

A Cidade de Maranguape é o maior aglomerado urbano pressionando a **SS**. Encontra-se em processo de expansão seguindo o leito da rodovia CE-065, principalmente no sentido sul do município. No meio urbano as principais formas de uso ocupação são os estabelecimentos residenciais, industriais e de comércio e serviços.

Destacam-se os Distritos Industriais de Maranguape (em processo de crescimento) e o de Maracanaú, maior e mais desenvolvido do Estado do Ceará, com aproximadamente 65 indústrias exercendo pressão diretamente na **BRM**.

No meio rural o tipo de agricultura predominante é de subsistência com base no milho e feijão. Na agricultura comercial destaca-se a fruticultura (melão, mamão, banana, acerola e cítricos em geral), horticultura (tomate, cheiro verde, pimenta, pimentão etc.) e cana de açúcar (figura 14).



Figura 14: a) (esquerda) Atividades agrícolas na **SS** em Maranguape; b) (direita) Vista da **SS** pela da Serra de Maranguape.

A pecuária (confinada e semi-extensiva) assume a posição principal na **SS**. Supre as agroindústrias locais, o mercado de Maranguape e dos distritos, e, principalmente, o mercado de Fortaleza. Foram identificadas dezenas de fazendas de gado e extensas áreas de pastagem.

O extrativismo vegetal apresenta-se como atividade complementar para obtenção de energia e uso como material de construção para casas e equipamentos

agrícolas. Ocorre, principalmente, pela retirada de lenha das árvores remanescentes da mata seca.

Na **SS** estão os principais açudes da **BRM** que abastecem o meio rural de Maranguape, são eles: Açude Jardim (Distrito de Penedo), Açude Santana (Distrito de Sapupara), Açude Cajazeiras (Distrito de Ladeira Grande).

5.3 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais nos Tabuleiros Pré-Litorâneos da Zona Oeste de Fortaleza (TPL)

Os Tabuleiros Pré-litorâneos da Zona Oeste de Fortaleza são setores de interflúvios tabulares formados pela dissecação dos Glacis de deposição pré-litorâneo (Região Natural) ocupados pela porção ocidental da Cidade de Fortaleza. Possuem área de 44,07km² (20,5% da bacia).

Os glacis, quando entalhados pela drenagem, formam relevos tabulares, dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas e suave inclinação em direção ao mar.

Os **TPL** situam-se à retaguarda do campo de dunas densamente ocupadas e da faixa praial do litoral oeste de Fortaleza, contactando ao norte, sem desnível topográfico perceptível, com a Superfície Sertaneja. A morfologia exhibe um aspecto rampeado com mergulho (não superiores a 5^o) para o litoral.

São formados pelos sedimentos terciário-quadernários da Formação Barreiras. Litologicamente o pacote sedimentar apresenta seqüência de arenitos areno-argilosos, de coloração variegada, com matizes avermelhados, creme ou amarelados (SOUZA, 2000).

Os setores próximos ao litoral (norte) são recobertos por espessa cobertura arenosa (1,50 a 2,00m) com predomínio de Neossolos Quartzarênicos distróficos. Os setores próximos do contato com a **SS** apresentam uma pacote predominantemente areno-argiloso com Argissolos vermelho-amarelos distróficos.

Nos **TLP** a densidade da urbanização é extremamente alta (municípios de Maracanaú e Fortaleza). Praticamente toda a superfície está recoberta por pavimentação urbana, significando a retirada quase total da vegetação nativa e mesmo secundária. A ocupação ocorre através de equipamentos residenciais, comerciais e industriais. Destaca-se a elevada densidade de domicílios e comércios em Fortaleza.

Em Maracanaú a ocupação urbana é menos densa em relação à Fortaleza. O planejamento de parte da ocupação desse município organizou um menor número de residências por área.

5.4 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais nas Planícies Fluviais embutidas (PF)

As Planícies Fluviais apresentam-se embutidas na Superfície Sertaneja com dimensões variando entre 30 e 50 metros (pouco extensas lateralmente). Em alguns trechos se alargam preenchendo a escavação do vale precedente à sedimentação fluvial. Ocupam área de 26,03km² (12,12% da bacia)

Nos Tabuleiros as **PF** se alargam significativamente próximo ao litoral, antes da planície flúvio-marinha, onde o poder de entalhe do rio diminuiu gradativamente em função do fraco gradiente altimétrico, favorecendo, portanto, à deposição (figura 15).

Em geral são rios com nascentes situadas nos maciços residuais, drenando, em grande parte, terrenos do embasamento cristalino. Nestas áreas, para montante, as planícies têm larguras inexpressivas. Para jusante, nos baixos

cursos, à medida que entalham terrenos da Formação Barreiras, a faixa de deposição é ampliada por diminuição do gradiente fluvial (SOUZA, 2000:20).

A litologia é formada pelas aluviões (depósitos sedimentares cenozóicos) compostas por argilas, areias argilosas, areias finas e grossas, misturando-se, eventualmente, com clásticos finos, cascalhos e blocos. Apresentam associação de Neossolos Flúvicos, Planossolos Solódicos e Vertissolos (SOUZA, 2000).



Figura 15: Planícies Fluviais do Rio Maranguapinho: a) (esquerda) embutida no **TPL** (Fortaleza); b) (direita) embutida na **SS** (Maracanaú).

A cobertura vegetal existente nos setores embutidos na **SS** são as matas ciliares de carnaúba e vegetação ribeirinha secundária composta por espécies arbóreas e arbustivas. Nos setores embutidos nos **TPL** a mata ciliar é praticamente inexistente em função da urbanização.

Nas **PF** embutidas na **SS** o uso e ocupação são, preferencialmente, agrícolas. Foi identificada urbanização nos trechos próximos aos bairros de Maranguape e Maracanaú. A agricultura baseia-se, principalmente, na cana-de-açúcar, com alta produtividade devido aos Vertissolos. Frutíferas complementam a subsistência dos pequenos produtores rurais.

A cana-de-açúcar é produzida para suprir às agroindústrias de aguardentes e açúcar localizadas no meio rural de Maranguape. Pequenos engenhos de “*rapadura*” e outros produtos derivados também participam da demanda. O potencial natural agrícola das **PF** não é racionalmente aproveitado. Não se utiliza toda área agricultável e as práticas são, em grande parte, inadequadas.

No meio urbano de Maranguape e Maracanaú as Planícies Fluviais são ocupadas indevidamente por equipamentos residenciais e industriais. As **PF** em Fortaleza foram progressivamente ocupadas desde a década de 1950 por aglomerações urbanas de média e baixa renda (bairros e favelas), instaladas, indiscriminadamente, nos limites das APP's (Área de Proteção Permanente).

5.5 Características naturais, ocupação da terra e uso dos recursos naturais na Planície Flúvio-Marinha do Rio Maranguapinho (PFM)

Esse sistema faz parte da Planície Litorânea de Fortaleza. Representa dentro da Planície Flúvio-marinha do Rio Ceará um sistema de deposição integrado restrito à dinâmica do Rio Maranguapinho. Ocupa área de 3,96km² (1,84% da bacia)

Dentre os sistemas geoambientais que compõe a **BRM**, a **PFM** é o mais alterado morfologicamente pelos sucessivos aterros (substrato às construções de baixa renda) que avançam em direção à calha do rio.

A **PFM** exhibe terrenos em que a declividade é praticamente nula e as correntes fluviais perderam a capacidade de entalhe. A sedimentação supera, inteiramente, as manifestações erosivas.

Apresenta solos indiscriminados de mangue continuamente afetados pelas influências da preamar. O manguezal existente ainda preserva um bosque denso, disposto longitudinalmente em relação à calha fluvial, com espécies de porte arbóreo e arbustivo.

A Planície Flúvio-marinha do Rio Maranguapinho foi submetida historicamente à ocupação urbana de Fortaleza na margem direita e Caucaia, menos densa, na margem esquerda (montante-jusante).

A ocupação devastou o manguezal e aterrou grande parte da planície (figura 16). O remanescente insere-se na Área de Proteção Ambiental do Estuário do Rio Ceará. Apesar da instituição da APA poucas medidas de conservação são aplicadas na área.

Evidencia-se uso baseado na pesca artesanal de espécies aquáticas e crustáceas. A atividade não se realiza de maneira efetiva e extensiva dada o alto grau de degradação do ambiente. Os problemas ambientais são características marcantes do uso e ocupação desse sistema.

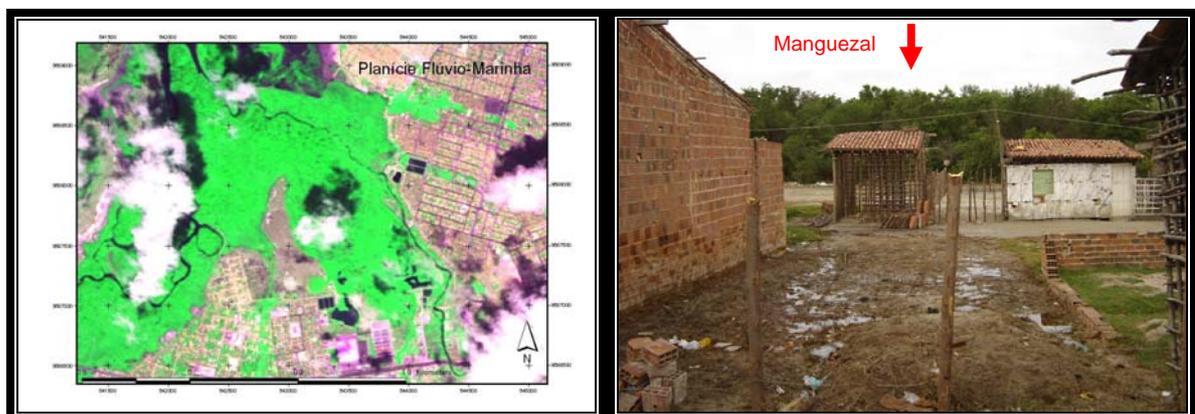


Figura 16: a) (esquerda) Planície Flúvio-marinha do Rio Maranguapinho; b) (direita) Expansão urbana. Fonte: Imagem SPOT (2004)

5.6 Vulnerabilidade dos sistemas geoambientais à erosão

Em relação aos valores atribuídos às condições litológicas, a **PF** e a **PFM** registraram dez (muito vulneráveis a erosão). A **VOSM** e a **SS** registraram três (muito estáveis). O **TPL** registrou oito (moderadamente vulnerável) (quadro 21).

Sistemas Geoambientais	Classes Litológicas	Valores
PF	Aluviões: argilas, areias argilosas, areias finas e grosseiras, misturando-se, eventualmente, com clásticos finos, cascalhos e blocos.	10
VOSM	Rochas ortoderivadas de natureza granitóide-migmatítica	3
SS	Rochas xistosas e gnaisses	3
TPL	Sedimentos terciário-quaternários da Formação Barreiras: arenitos areno-argilosos	8
PFM	Sedimentos predominantemente argilosos e ricos em matéria orgânica	10

Quadro 21: Valores atribuídos às classes litológicas dos sistemas geoambientais
Fonte: Adaptado de (BRANDÃO, 2003).

Em relação aos valores atribuídos às classes de declividade predominante, a **SS**, **TPL**, **PF** e **PFM** registraram um (relevo plano). A **VOSM** registrou sete e dez (relevo fortemente ondulado e montanhoso e escarpado) (quadro 22).

Sistemas Geoambientais	Classes de declividade	%	Valores
SS; TPL; PF; PFM	Relevo plano	0-3	1
-	Relevo suavemente ondulado	3-8	2
-	Relevo ondulado	8-20	5
VOSM	Relevo fortemente ondulado	20-45	7
VOSM	Relevo montanhoso e escarpado	>45	10

Quadro 22: Valores atribuídos às classes declividade dos sistemas geoambientais
Fonte: idem quadro 21

Em relação aos valores atribuídos às condições dos solos, a **PF** e **PFM** registraram dez (muito vulneráveis a erosão). A **VOSM** e o **TPL** registraram sete (moderada vulnerabilidade a erosão). A **SS** registrou oito (moderada vulnerabilidade) (quadro 23).

Sistemas Geoambientais	Classes de solos	Valores
VOSM	Argissolos vermelho-amarelo eutróficos e distróficos; litossolos.	7
SS	Planossolos; Solonetz Solodizados; Litossolos e afloramentos rochosos.	8
TPL	Neossolos Quartzarênicos Distróficos; Argissolos vermelho-amarelos distróficos.	7
PF	Neossolos Flúvicos, Planossolos Solódicos e Vertissolos.	10
PFM	Solos indiscriminados de mangue	10

Quadro 23: Valores atribuídos às classes de solos dos sistemas geoambientais
Fonte: idem quadro 21

Em relação aos valores atribuídos à intensidade pluviométrica, o **TPL** e **PFM** registraram cinco e a **VOSM** seis (moderada vulnerabilidade à erosão). A **SS** registrou quatro (baixa vulnerabilidade à erosão). A **PF** registrou quatro e cinco (quadro 24).

Sistemas Ambientais	Precipitação Média Anual*	Duração do Período Chuvoso (meses)	Intensidade Pluviométrica (mm/meses)	valores
TPL e PFM	1200 - 1400	6	200 - 233	5
VOSM	1400 - 1600	6	233 - 266	6
SS	900 - 1200	6	150 - 200	4

Quadro 24: Valores atribuídos às classes de intensidade pluviométrica nos sistemas geoambientais
Fonte: Adaptado de Brandão (et al 1995* e 2003)

Em relação aos valores atribuídos às classes de vegetação e uso da terra a **VOSM** registrou oito e o **TPL** dez (muito vulneráveis à erosão). A **SS** registrou sete (vulnerabilidade moderada) e a **PFM** dois (pouco vulnerável à erosão). A **PF** registrou dois e dez (quadro 25).

Sistemas Geoambientais	Classes de vegetação/uso da terra	Valores
VOSM	Mata úmida c/ fruticultura comercial (bananicultura)	8
SS	Caatinga arbustiva c/ agricultura de subsistência e pecuária semi-intensiva	7
TPL	Área urbana	10
PF	Mata ciliar/ área urbana	2/10
PFM	Mata de mangue	2

Quadro 25: Valores atribuídos às classes de vegetação/ uso da terra dos sistemas geoambientais
Fonte: idem quadro 21

A partir do cálculo da soma ponderada dos valores atribuídos por tema obteve-se a classificação dos sistemas ambientais quanto à vulnerabilidade à erosão dos solos (quadro 26)

Sistema Ambiental	Média	Classificação da vulnerabilidade
VOSM	7,05	Alta
SS	4,9	Baixa a moderada
TPL	6,05	Moderada a alta
PFM	5,0	Moderada
PF	Embutida na SS	Baixa a moderada
	Embutida nos TPL	Alta

Quadro 26: Classificação dos sistemas geoambientais quanto à vulnerabilidade à erosão dos solos

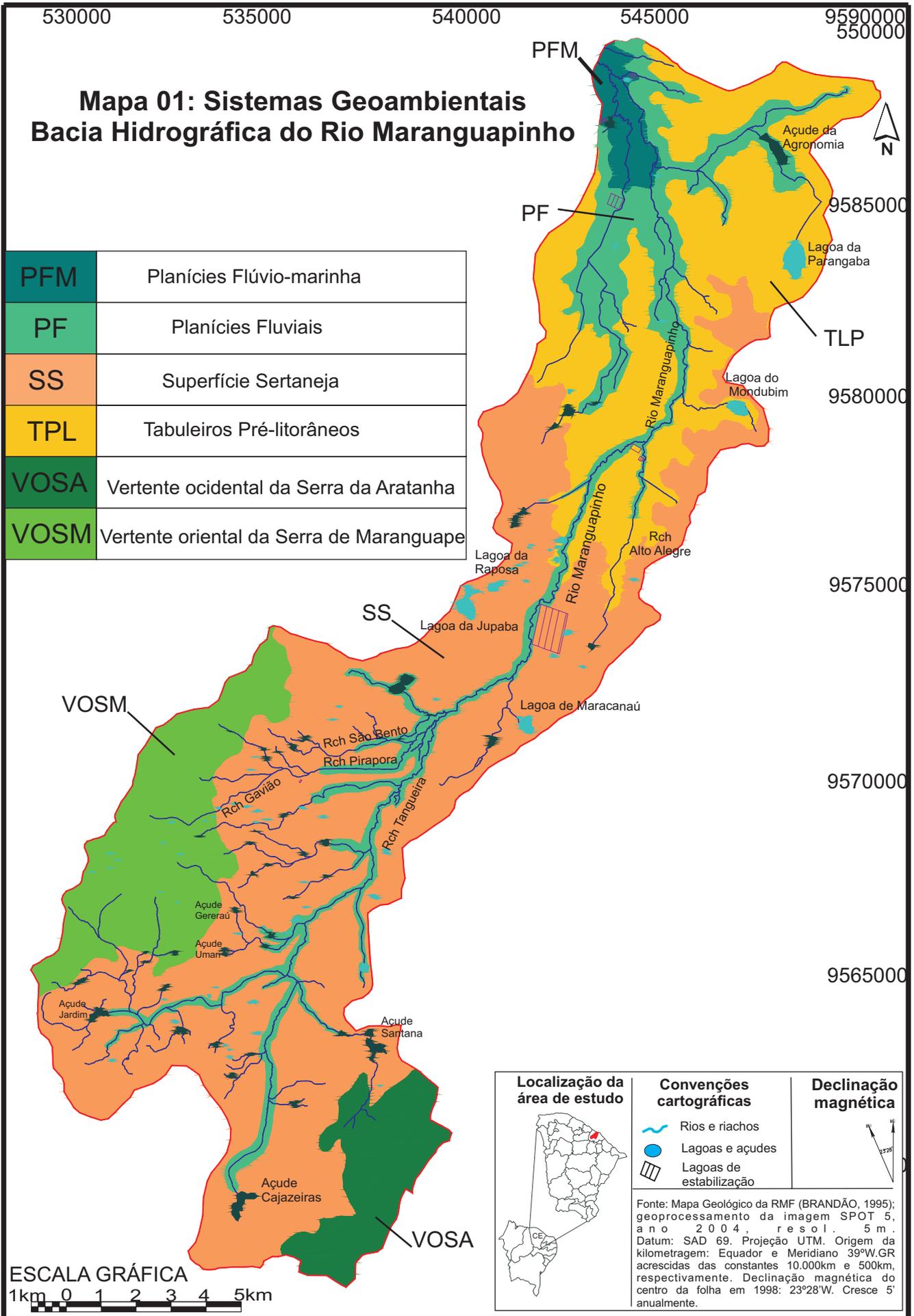
A **BRM** classifica-se com moderada vulnerabilidade à erosão dos solos. Obtendo resultado de 5,8 a partir das médias dos sistemas ambientais.

O arranjo espacial dos sistemas ambientais na **BRM** está presente no mapa 01.

Mapa 01 – SISTEMAS GEOAMBIENTAIS

Mapa 01: Sistemas Geoambientais Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho

PFM	Planícies Flúvio-marinha
PF	Planícies Fluviais
SS	Superfície Sertaneja
TPL	Tabuleiros Pré-litorâneos
VOSA	Vertente ocidental da Serra da Aratanha
VOSM	Vertente oriental da Serra de Maranguape



Localização da área de estudo	Convenções cartográficas	Declinação magnética
	<ul style="list-style-type: none"> Rios e riachos Lagoas e açudes Lagoas de estabilização 	
<p>Fonte: Mapa Geológico da RMF (BRANDÃO, 1995); geoprocessamento da imagem SPOT 5, ano 2004, resol. 5m. Datum: SAD 69. Projeção UTM. Origem da quilometragem: Equador e Meridiano 39°W.GR acrescidas das constantes 10.000km e 500km, respectivamente. Declinação magnética do centro da folha em 1998: 23°28'W. Cresce 5' anualmente.</p>		

ESCALA GRÁFICA
1km 0 1 2 3 4 5km

6 CONTEXTO SÓCIO-ECONÔMICO DOS MUNICÍPIOS DRENADOS PELA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO

A **BRM** drena os municípios de Fortaleza, Maracanaú, Maranguape e Caucaia (mapa 02).

Caucaia exerce pouca influência na dinâmica natural, principalmente, hidrológica. O território drenado localiza-se próximo à foz e os cursos d'água são pouco significativos.

Maranguape é o único que apresenta ocupação rural e exploração agrícola ao lado de uma ocupação urbana densa na sede municipal.

Em Maracanaú a ocupação urbana é densa, com expansão física e das atividades econômicas. A ocupação é marcante na margem direita (montante-jusante) do Rio Maranguapinho (setor leste da bacia).

Em Fortaleza a ocupação urbana é extremamente densa e a densidade populacional elevada. Os terrenos são, praticamente, todos impermeabilizados com construções de variados tipos.

6.1 Território do município de Maranguape drenado pela BRM

No município de Maranguape são drenados pela **BRM** os distritos de Maranguape (Sede), Sapupara, Ladeira Grande e Penedo.

Nos distritos de Maranguape e Sapupara há ocupação urbana, com comércios, serviços e indústrias, e rural, com agricultura, pecuária e agroindústrias.

As sedes distritais de Ladeira Grande e Penedo não são drenadas pela **BRM**, contudo, considerou-se a população urbana, junto com a rural, na demografia da bacia, pela pressão exercida através das atividades agrícolas.

O distrito com maior população na bacia é Maranguape (sede), são 45.530 habitantes em 10.625 domicílios (predomínio urbano). O distrito com menos habitantes é Ladeira Grande, são 2.177 em 465 domicílios (predomínio rural) (quadro 27).

Distrito	Situação	População	Domicílios
Maranguape (sede)	Total	45,530	10,625
	Urbana	43,702	10,250
	Rural	1,828	375
Ladeira Grande	Total	2,177	465
	Urbana	298	61
	Rural	1,879	404
Penedo	Total	3,773	818
	Urbana	1,121	241
	Rural	2,652	577
Sapupara	Total	6,241	1,376
	Urbana	5,478	1,217
	Rural	763	159
BRM - Maranguape	Total	57,721	13,284
	Urbana	50,599	11,769
	Rural	7122	1515

Quadro 27: BRM: Distritos em Maranguape - população e domicílios (2000)
Fonte: Brasil (2001)

O município de Maranguape ocupa a **BRM** com 57.721 hab. distribuídos em 13.284 domicílios. 50.599 hab. em 11.769 domicílios ocupam o meio urbano e 7.122 em 1.515 domicílios ocupam o meio rural (figura 17).

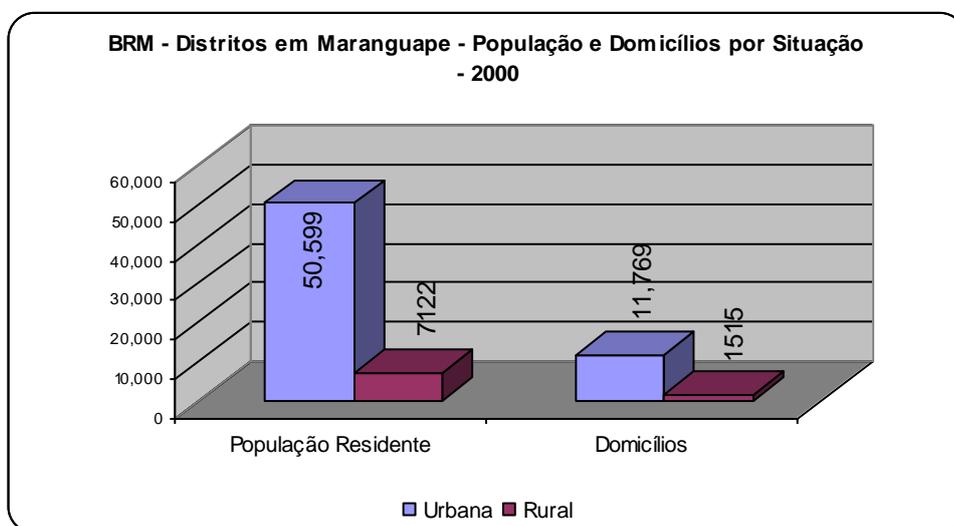


Figura 17: BRM: Distritos em Maranguape - população e domicílios (2000)
Fonte: Brasil (2001)

No distrito de Maranguape (sede) todos os bairros estão inseridos na **BRM** (quadro 28).

Bairros	População	Domicílios			
Centro	3,885	1,605	Tangureira	789	233
Outra Banda	6,720	367	Coité	995	383
Preguiça	1,591	115	Parque Iracema	1,593	341
Pirapora	382	349	Santos Dumont	1,502	651
Gavião	1,553	493	Novo Parque Iracema	2,862	282
Guabiraba	1,973	631	Lameirão	1,252	146
Parque Santa Fé	2,800	362	Urucara	643	839
Aldeoma	1,575	643	Novo Maranguape I	3,823	1,239
Parque São João	2,732	176	Novo Maranguape II	5,322	410
			Cônego Raimundo Pinto	1,848	189

Quadro 28: BRM: Bairros em Maranguape - população e domicílios (2000)
Fonte: Brasil (2001)

Em relação à economia em Maranguape, a indústria participou em 2002 com maior parte do PIB (produto interno bruto) com 50,26% (quadro 29). Destacam-se as de vestuário, alimentos, eletrodomésticos e agroindústrias.

A atividade comercial e de serviços vem apresentando um desenvolvimento em função do crescimento industrial e do turismo que apresenta boas perspectivas. O setor terciário participou com 44,8% do PIB em 2002.

Discriminação	Município
PIB total a preços de mercado (R\$ mil)	280.363
PIB <i>per capita</i> (R\$ 1,00)	3.061
PIB por setor (%)	100,00
Agropecuária	4,94
Indústria	50,26
Serviços	44,80

Quadro 29: Município de Maranguape - PIB (2002)
Fonte: Ceará (2004c)

A atividade agrícola possui grandes potencialidades no município. As condições naturais favorecem à alta produtividade com uso de técnicas adequadas. Entretanto, o setor contou em 2002 com somente 4,49% do PIB.

6.2 Território do município de Maracanaú drenado pela BRM

No município de Maracanaú somente o distrito sede é drenado pela **BRM**, e, nem todos os bairros participam da bacia. A organização da divisão político-administrativa conta somente com os bairros efetivamente drenados.

Maracanaú contribui com uma população de 91.277 habitantes em 21.272 domicílios. Toda população nos limites da bacia ocupa o meio urbano, mesmo que em alguns bairros se pratiquem atividades ligadas ao meio rural.

O bairro mais populoso é o Novo Maracanaú com 9.980 habitantes ocupando 2.300 domicílios. O menos populoso é o Pau Serrado (241 habitantes em 51 domicílios) (quadro 30).

Bairros	População	Domicílios	Bairros	População	Domicílios
Alto Alegre	380	91	Jereissati Setor A	7.503	1.808
Alto Alegre I	4.607	1.088	Jereissati Setor B	5.063	1.195
Alto Alegre II	1.670	375	Novo Maracanaú	9.980	2.300
Alto da Mangueira	4.976	1.107	Novo Oriente	6.646	1.536
Antônio Justa	1.598	369	Olho-D'Água do Pitaguari	1.077	217
Aracuzinho I	4.858	1.180	Parque Luzardo Viana	4.367	987
Aracuzinho II	4.633	1.109	Parque Piratininga	4.241	962
Cágado	2.378	572	Parque Santa Maria	808	184
Centro	3.979	939	Pau Serrado	241	51
Coqueiral	4.360	1.008	Siqueira	4.921	1.148
Distrito Industrial do Ceará	6.305	1.512	Tijuca	1.511	348
Furna da Onça	1.918	424			
Jari	3.257	762	BRM - Maracanaú	91.277	21.272

Quadro 30: BRM: Bairros em Maracanaú - população e domicílios (2000)
Fonte: Brasil (2001)

A base da produção econômica de Maracanaú é a indústria com 77,81% do PIB municipal (quadro 31).

Atualmente são três distritos industriais (dois em estágio de implantação) comportando as maiores indústrias do Ceará. Destacam-se os setores: têxtil, químico; metalúrgico; alimentício; mobiliário, de vestuário, calçadista e de couro.

A atividade comercial (varejista e atacadista) encontra-se em situação secundária. O setor participou com 22,09 % do PIB em 2002.

DISCRIMINAÇÃO	MUNICIPIO
PIB total a preços de mercado (R\$ mil)	1.930.333
PIB <i>per capita</i> (R\$ 1,00)	10.463
PIB por setor (%)	100,00
Agropecuária	0,10
Indústria	77,81
Serviços	22,09

Quadro 31: Município de Maracanaú – PIB (2002)

Fonte: Ceará (2004b)

O setor agrícola em Maracanaú está processo de estagnação que indica uma extinção do setor no futuro, como aconteceu em Fortaleza. A atividade participa com somente 0,10 % na formação do PIB municipal.

6.3 Território do município de Fortaleza drenado pela BRM

No município de Fortaleza todos os distritos, com exceção de Messejana, apresentam bairros nos limites da **BRM**. Mesmo os bairros cujos territórios não são drenados na íntegra são considerados na demografia (quadro 32).

Distritos e Bairros	População	Domicílios	Distritos e Bairros	População	Domicílios
ANTÔNIO BEZERRA	21.5809	51.547	FORTALEZA	209.345	51.256
Antônio Bezerra	24.698	5.966	Alagadiço	13.117	3.357
Autran Nunes	21.323	4.849	Álvaro Weyne	23.113	5.674
Conjunto Ceará I	18.779	4.477	Amadeo Furtado	12.074	2.899
Dom Lustosa	12.362	3.095	Farias Brito	11.634	2.944
Genibau	39.258	9.360	Jardim Guanabara	14.489	3.456
Henrique Jorge	25.633	6.247	Jardim Iracema	21.913	5.427
João XXIII	17.696	4.260	Monte Castelo	12.752	3.030
Padre Andrade	13.087	3.168	Parque Araxá	6.482	1.631
Quintino Cunha	42.973	10.125	Parquelândia	14.000	3.452
MONDUBIM	398.147	96.091	Presidente Kennedy	23.094	5.685
Bom Jardim	34.507	8.037	Vila Ellery	7.209	1.820
Bonsucesso	37.316	9.238	Vila Velha	49.468	11.881
Canindezinho	29.688	7.192	PARANGABA	183.711	45.688
Conjunto Ceará II	23.075	5.492	Bela Vista	15.950	4.077
Conjunto Esperança	15.291	3.856	Couto Fernandes	4.979	1.211
Granja Lisboa	49.852	11.605	Demócrito Rocha	11.477	2.836
Granja Portugal	37.369	8.638	Itaóca	12.728	3.282
Manoel Sátiro	32.354	7.986	Jóquei Club (São Cristóvão)	18.302	4.546
Maraponga	8.588	2.240	Montese	26.062	6.703
Mondubim (Sede)	80.303	19.740	Pan-Americano	8.777	2.200
Parque Presidente Vargas	4.815	1.140	Parangaba	28.045	7.018
Parque São José	10.495	2.626	Pici (Parque Universitário)	37.646	8.977
Parque Santa Rosa	10.766	2.618	Vila Pery	19.745	4.838
Siqueira	23.728	5.683	BRM – Fortaleza	1.007.012	244.582

Quadro 32: BRM: Distritos e bairros em Fortaleza - população e domicílios (2000)

Fonte: Brasil (2001)

O distrito mais populoso é o do Mondubim com 398.147 habitantes em 96.091 domicílios. O distrito menos populoso é o da Parangaba com 183.711 habitantes ocupando 45.688 domicílios.

O distrito do Mondubim concentrou 39,5% da população total **BRM** em Fortaleza. Os distritos de Antônio Bezerra e Fortaleza apresentaram 21,4 e 20,8% respectivamente, e o Distrito de Parangaba apresentou 18,2% da população total. (figura 18)

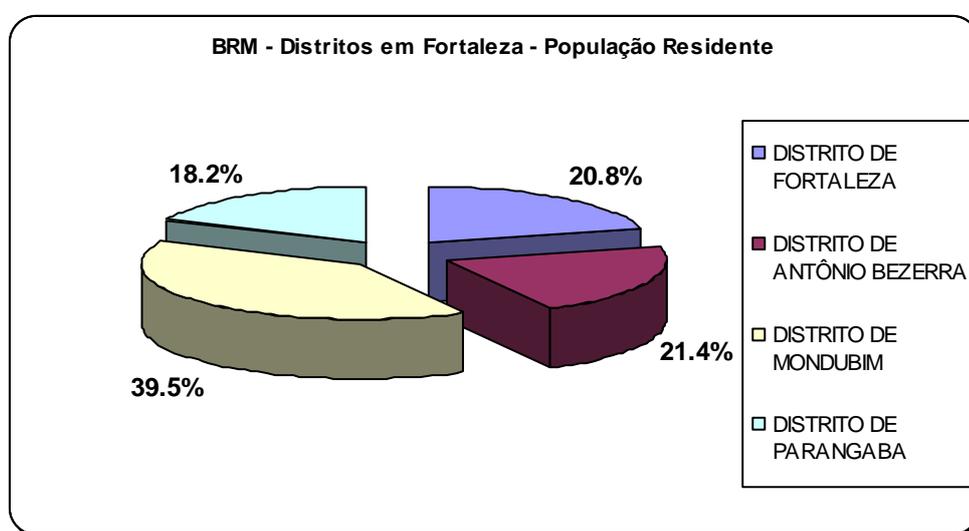


Figura 18: BRM: Distritos em Fortaleza – percentual da população (2000)
Fonte: Brasil (2001)

O município de Fortaleza participou da demografia da **BRM** com uma população de 1.007.012 distribuída em 244.582 domicílios, todos urbanos. A ocupação da maioria dos domicílios não foi planejada e esses se localizam em bairros de baixa renda.

Fortaleza é a cidade economicamente mais importante do Estado. Recebe o maior número de investimentos e baliza, praticamente, toda economia do Ceará, servindo de entreposto em todos os tipos de relações de mercado.

O setor agrícola é insignificante. Contudo, pequenas hortas e vacarias somam 0,26% do PIB municipal. A atividade industrial participa com 38,07% (quadro 33). O Distrito Industrial de Fortaleza, maior parque de industrial do Ceará, em Maracanaú, serve diretamente à capital.

DISCRIMINAÇÃO	MUNICÍPIO
PIB total a preços de mercado (R\$ mil)	10.372.794
PIB <i>per capita</i> (R\$ 1,00)	4.673
PIB por setor (%)	100,00
Agropecuária	0,26
Indústria	38,07
Serviços	61,67

Quadro 33: Município de Fortaleza - PIB (2002)

Fonte: Ceará (2004a)

O comércio é a maior atividade econômica. Embora a indústria apareça relativamente bem desenvolvida, a atividade comercial detém a maior parcela na formação do PIB da capital (61,67%)

6.4 Síntese demográfica

A população total da Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho é de 1.156.010 habitantes distribuídos em 279.138 domicílios. Desses, somente 7.122 habitantes (0,62%) ocupam o meio rural, todos em Maranguape (quadro 34).

Municípios	População	Domicílios
BRM - Maranguape	57.721	13.284
BRM - Maracanaú	91.277	21.272
BRM - Fortaleza	1.007.012	244.582
Bacia do Rio Maranguapinho	1.156.010	279.138

Quadro 34: BRM: População e domicílios totais (2000)

Fonte: Brasil (2001)

A maioria da população da **BRM** localiza-se em Fortaleza (87,1%). Maracanaú aparece com 7,9% da população e Maranguape com apenas 5% (figura 19).

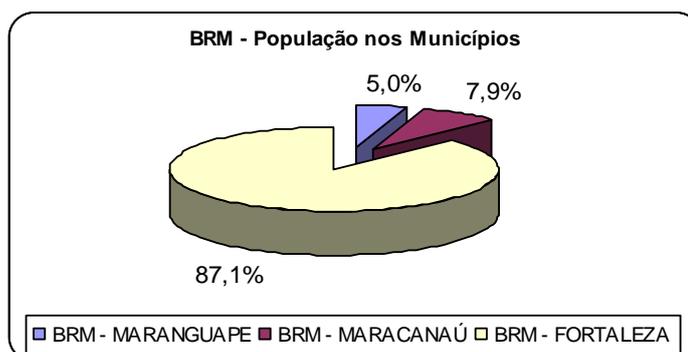


Figura 19: BRM: Distribuição da população nos municípios (2000)

Fonte: Brasil (2001)

A maior densidade demográfica se encontra em Fortaleza, são 16.197,7 habitantes por Km². Em Maracanaú é de 2.341,9 habitantes por Km². Em ambos a densidade é elevada.

Em Maranguape a densidade demográfica destoa dos demais, principalmente, por haver um meio rural efetivo (espaços com baixa densidade populacional). São 514,4 habitantes por Km² (figura 20).

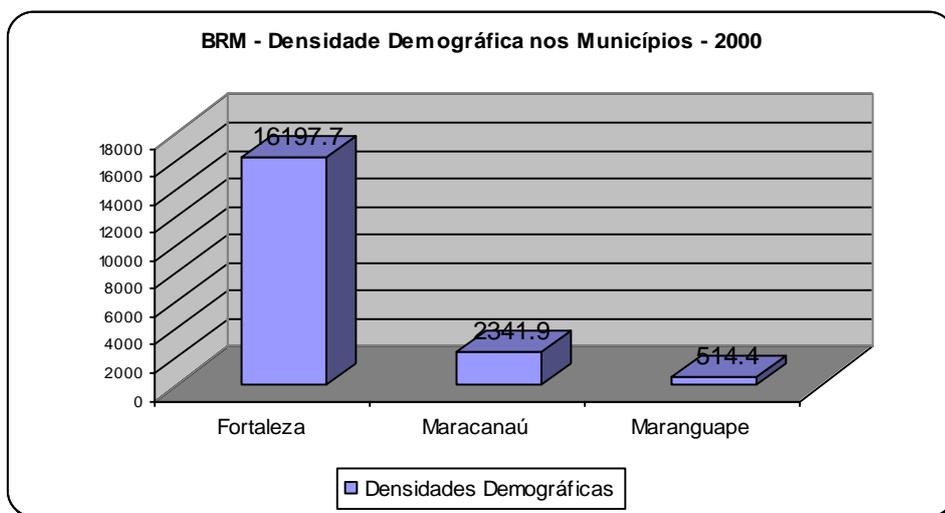


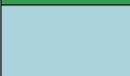
Figura 20: BRM: Densidade demográfica nos municípios (2000)
Fonte: Brasil (2001)

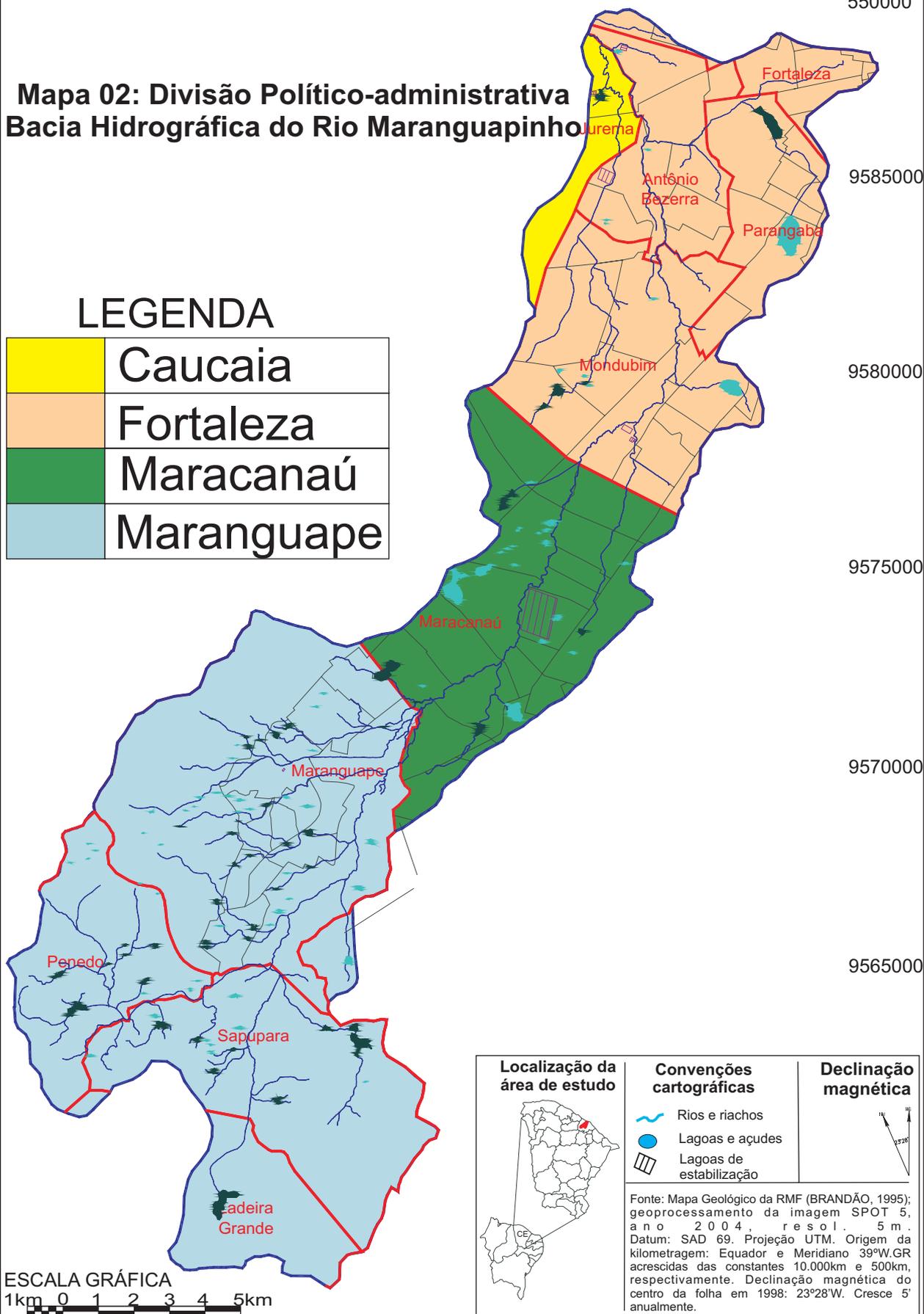
A densidade demográfica da **BRM** confirma uma grande pressão populacional. São 5.337,3 habitantes por Km², fato explicado pelo elevado índice de urbanização, ainda em crescimento.

Mapa 02 – DIVISÃO POLÍTICO-ADMINISTRATIVA

**Mapa 02: Divisão Político-administrativa
Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho**

LEGENDA

	Caucaia
	Fortaleza
	Maracanaú
	Maranguape



<p>Localização da área de estudo</p> 	<p>Convenções cartográficas</p> <ul style="list-style-type: none">  Rios e riachos  Lagoas e açudes  Lagoas de estabilização 	<p>Declinação magnética</p> 
<p>Fonte: Mapa Geológico da RMF (BRANDÃO, 1995); geoprocessamento da imagem SPOT 5, ano 2004, resol. 5 m. Datum: SAD 69. Projeção UTM. Origem da kilometragem: Equador e Meridiano 39°W.GR acrescidas das constantes 10.000km e 500km, respectivamente. Declinação magnética do centro da folha em 1998: 23°28'W. Cresce 5' anualmente.</p>		

7 HIDROGRAFIA E HIDROLOGIA DA BACIA DO RIO MARANGUAPINHO

7.1 Hidrografia

O curso principal da Bacia do Rio Maranguapinho (**BRM**), a partir de critérios hidrográficos, é formado pelo rio homônimo e o riacho da Tangueira (localizado em Maranguape).

Em Maranguape se localizam as principais nascentes da **BRM**: riachos Sapupara, Jardim, Gavião e Pirapora. O riacho Sapupara (figura 21) e o riacho do Açude Jardim nascem nos setores mais elevados da Superfície Sertaneja (**SS**). Foram caracterizados como de regime intermitente sazonal: com vazão no período chuvoso e sem escoamento no período de estiagem.

Os riachos Gavião e Pirapora (figura 22) nascem na Vertente Oriental da Serra de Maranguape (**VOSM**). Foram caracterizados como semi-perenes: com vazão no período chuvoso e escoamento insignificante no período de estiagem (pequeno “filete” de água), onde a vazão não garante escoamento dos cursos fluviais á jusante.

Em Maracanaú, o maior contribuinte é o riacho Alto Alegre com nascentes em ambiente sertanejo. O regime é intermitente sazonal, porém, perenizado por efluentes artificiais (esgoto).

Em Fortaleza os maiores afluentes são: o riacho Cachoeirinha (figura 22) proveniente da Lagoa de Parangaba e de nascentes do setor nordeste da bacia; e o riacho canalizado pelo sistema de esgoto do bairro Conjunto Ceará (Canal do Conjunto Ceará).



Figura 21: Riacho Sapupara (Maranguape) – estiagem e inverno

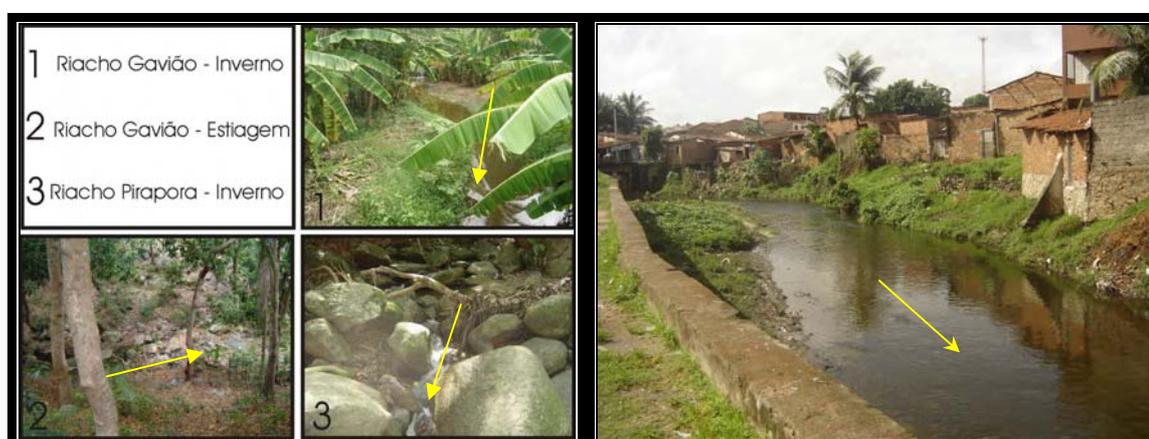


Figura 22: a) (esquerda) Riachos Gavião e Pirapora (Maranguape); b) (direita) Riacho Cachoeirinha (Fortaleza)

Os tipos de canais predominantes no alto e médio curso (terrenos do Embasamento Cristalino e Formação Barreiras) são do tipo **retilíneo**. O canal integrante do baixo curso (terrenos formados por sedimentos flúvio-marinhos) é do tipo **meandrante**.

De acordo com o tipo de escoamento global a **BRM** é **endorréica**, pois deságua no Rio Ceará, antes do nível marinho. Nesse caso, se comporta como uma sub-bacia. Entretanto, as condições hidrológicas do Rio Maranguapinho pouco influem nas condições naturais e fluviométricas da bacia do Rio Ceará.

O padrão de drenagem configura-se em função geologia do terreno. Nos terrenos do Embasamento Cristalino o padrão é do tipo **dendrítico** e nos terrenos sedimentares da Formação Barreiras e flúvio-marinhos é **paralelo**.

Foram identificadas **75** lagoas, quatro delas apresentam relevância em termos de dimensão e aproveitamento dos recursos hídricos: Lagoas da Jupaba e Maracanaú (em Maracanaú) e Lagoas do Mondubim e Parangaba (em Fortaleza).

Os açudes identificados somaram **52**. Destacam-se os açudes: Jardim, Cajazeiras, Santana, Umari e Gereraú (em Maranguape) e o açude da Agronomia¹ (em Fortaleza). Existem diversas pequenas barragens distribuídas nas propriedades rurais de Maranguape que não foram consideradas devido à escala utilizada.

7.1.1 Hierarquia fluvial

A **BRM** possui canais de até quarta ordem. No processo de ordenação somaram-se 80 canais de primeira ordem, 25 de segunda ordem, quatro de terceira ordem e somente um de quarta ordem, referente ao curso principal (quadro 35 e mapa 03).

Ordem	Canais
1 ^a	80
2 ^a	25
3 ^a	04
4 ^a	01
Total	80

Quadro 35: Quantidade de canais fluviais na **BRM**

7.1.2 Análise linear da rede hidrográfica

a) Relação de bifurcação

Os resultados das **relações de bifurcação** entre os canais das diversas ordens foram os seguintes:

- Entre os canais de primeira e segunda ordem = **3,2**
- Entre os canais de segunda e terceira ordem = **6,25**
- Entre os canais de terceira e quarta ordem = **4,0**

¹ Localizado no Campus do Pici da Universidade Federal do Ceará (UFC).

b) Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem

O comprimento de canais de cada ordem e número de segmentos encontrados está contido no quadro 36 a seguir:

Ordem dos canais	Comprimento dos canais (km)	Número de segmentos
1 ^a	70,75	80
2 ^a	19,79	25
3 ^a	11,83	4
4 ^a	23,41	1

Quadro 36: Comprimento e número de canais de cada ordem da **BRM**

Os resultados dos comprimentos médios dos segmentos fluviais (L_m) foram os seguintes:

- Canais de primeira ordem = **0,884** km
- Canais de segunda ordem = **0,792** km
- Canais de terceira ordem = **2,96** km
- Canais de quarta ordem = **23,41** km

Os resultados das relações entre os comprimentos médios dos canais fluviais foram os seguintes:

- Entre os canais de segunda e primeira ordem = **0,898**
- Entre canais de terceira e segunda ordem = **3,75**
- Entre os canais de quarta e terceira ordem = **7,91**

c) Relação entre o índice do comprimento médios dos canais e o índice de bifurcação

Os resultados da relação entre o índice do comprimento médios dos canais e o índice de bifurcação foram os seguintes:

- Entre os canais de primeira e segunda ordem = **0,28**
- Entre os canais de segunda e terceira ordem = **0,6**
- Entre os canais de terceira e quarta ordem = **1,98**

d) Comprimento do rio principal

A medição do canal principal somou 23,41 km. O canal principal em termos hidrográficos corresponde ao curso formado pelo riacho da Tangureira e o Rio Maranguapinho. O comprimento somente do Rio Maranguapinho é de 17,05 km.

O curso principal recebe a denominação de Rio Maranguapinho a partir da confluência do riacho da Tangureira (principal curso da **SS**) com o riacho Pirapora (principal curso da **VOSM**).

e) Extensão do percurso superficial

Considerando a densidade de drenagem igual **0,59**, a extensão do percurso superficial somou **0,85** km. A distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente na **BRM** é igual 0,85 km ou 850 metros.

f) Gradiente dos principais canais

O gradiente altimétrico foi calculado para os principais cursos fluviais da **BRM**. Os resultados estão contidos no quadro 37:

Cursos Fluviais	Altitude máxima (m)	Altitude mínima (m)	Média de Altitude (m)	Comprimento do canal (m)	Gradiente Altimétrico
Rio Maranguapinho	50	10	40	17050	0.0024
Rch. da Tangureira	80	50	30	6360	0.0047
Rch. Pirapora	440	50	390	5636	0.069
Rch. Gavião	530	80	450	3664	1.122
Rch. Sapupara	140	80	60	5793	0.010
Rch. do Aç. Jardim	190	80	110	6047	0.018
Rch. do Aç. Santana	240	80	160	3963	0.040

Quadro 37: Gradiente altimétrico dos principais cursos fluviais da **BRM**

7.1.3 Análise areal da rede hidrográfica

a) Área da bacia

A área calculada para **BRM** corresponde a **214,8** km² com perímetro de **108,3** km. Comparada às outras bacias hidrográficas do Estado do Ceará a **BRM** é muito pequena, sem significativa importância hidrográfica e hidrológica para o

conjunto regional e estadual. Por exemplo, as bacias do Jaguaribe (75.669 km²), Curu (9.000 km²), Acaraú (14.000 km²) e Coreaú (10.500 km²) a nível estadual e as bacias do Choró (4.750 km²), Pirangi (4.374 km²), São Gonçalo (1.332 km²) e Pacoti (1.257 km²) a nível regional.

b) Comprimento médio e largura média da bacia

Os valores do comprimento e largura da bacia estão contidos no quadro 38:

Variável	Comprimento da bacia (km)	Largura da bacia (km)
Máximo	32,33	21,86
Mínimo	25,25	3,25
Médio	28,79	12,56

Quadro 38: Valores do comprimento e largura da **BRM**

c) Forma da bacia

A forma da **BRM** foi concluída como **retangular**, sem a necessidade de utilização da equação do índice de forma.

d) Densidade de rios

A **BRM** apresentou densidade de rios igual a **0,37**. O cálculo é importante porque representa a capacidade do sistema hidrográfico de gerar novos cursos d'água.

e) Densidade de drenagem

A **BRM** apresentou densidade de drenagem igual a **0,59**, considerando o comprimento total dos canais igual a **125,78** km. Segundo a interpretação dos valores a **BRM** possui baixa densidade de drenagem.

f) Densidade de segmentos da bacia

.A densidade de segmentos da **BRM** é igual a **0,51**. Juntamente com a densidade de drenagem refere-se a um aspecto da textura topográfica

g) Coeficiente de manutenção

O resultado do coeficiente de manutenção informa que a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento na **BRM** é de **1,695 km²**.

7.2 Hidrologia

A hidrodinâmica fluvial é apresentada a partir de cálculos empíricos e amostragens pontuais. Subsidiaria a relação entre as entradas de matéria no sistema hídrico por fontes naturais e artificiais.

Para hidrologia fluvial a vazão é o principal aspecto. Representa a dinâmica das águas numa relação de espaço e tempo. Para a **BRM** alguns trabalhos apresentaram estimativas de vazão média anual.

Segundo o Plano de aproveitamento dos Recursos Hídricos da RMF a oferta potencial anual seria de **56.900.000 m³/ano**, média de **1,8 m³/s/ano**, considerando a área da bacia de **235,05 km²** (AUMEF, 1984 apud BRANDÃO et al, 1995).

De acordo com Medeiros (et al, 1995 apud FONTELES, VERÍSSIMO e COLARES, 2001) a oferta hídrica anual seria de **66.770.000 m³/ano**, média de **2,1 m³/s/ano**, considerando a área da bacia de **223,8 km²**.

Dados do Programa de Infra-estrutura do Ceará de 1989 apresentam uma vazão média no período invernos de **1,96 m³/s**, considerando a área da bacia de **220,5 km²** (CEARÁ,1990a).

Os cálculos empíricos da vazão da **BRM** foram realizados para cada ambiente componente da bacia: serras, sertões, tabuleiro, planícies. A área da bacia considerada foi **214,8 km²** e a precipitação média anual **1391,4 mm** (série de 1974 a 2003). Os resultados estão contidos no quadro 39 a seguir:

Ambientes	K	m	h (mm)	A (km ²)	Q (m ³ /s)
serras	0,460	9,0	1391,4	33,58	193,4
sertões	0,040	7,40	1391,4	107,16	44,1
tabuleiro	0,025	8,23	1391,4	44,07	12,2
planícies	0,017	9,0	1391,4	29,99	6,4
BRM	-	-	1391,4	214,8	256,1

Quadro 39: Vazão média anual da **BRM** e dos ambientes calculada pela Fórmula de *Iszkowski*

De acordo com os cálculos a oferta potencial anual da **BRM** foi de **36.329.472 m³/ano**, com média de **1,152 m³/s/ano** (quadro 40). Os resultados desconsideram as características de espaço-temporalidade climáticas. Foi realizada uma aproximação relacionando o valor obtido para vazão anual com a distribuição mensal da precipitação para obter as médias mensais.

Os meses que apresentaram as maiores vazões médias foram março e abril (**0,276** e **0,264 m³/s** respectivamente). Os meses com as menores vazões médias foram: agosto, setembro, outubro e novembro, com **0,012 m³/s** cada. (quadro 40).

Meses	Vazão (m ³ /s)	Meses	Vazão (m ³ /s)
JAN (8%)	0,096	AGO (1%)	0,012
FEV (13%)	0,108	SET (1%)	0,012
MAR (23%)	0,276	OUT (1%)	0,012
ABR (22%)	0,264	NOV (1%)	0,012
MAI (13%)	0,156	DEZ (3%)	0,036
JUN (9%)	0,108	TOTAL	
JUL (5%)	0,06		1,152

Quadro 40: Vazões médias mensais e oferta média anual da **BRM** calculadas a partir das médias mensais de precipitação

Nota: os valores semelhantes apresentados nos meses de agosto a novembro não denotam uma regularização na vazão do rio.

O quadro 41 apresenta a síntese das informações sobre vazão obtidas junto às bibliografias e a medida através da fórmula empírica:

Autores	Oferta Potencial (m ³ /ano)	Vazão Média (m ³ /s/ano)	Área (km ²)
AUMEF (1984 apud BRANDÃO, et al, 1995)	56,9 x 10 ⁶	1,8	235,05
Medeiros (et al, 1995 apud FONTELES, VERÍSSIMO E COLARES, 2001)	66,77 x 10 ⁶	2,1	223,8
Ceará (1990)	61.810.560	1,96	220,5
Obtida através da Fórmula de Iszkowski	36.329.472	1,152	214,8

Quadro 41: Informações sobre vazão por km² da BRM

Nota: valores de vazão expressos para cada km² da bacia.

O resultado da vazão pontual, a partir da medição direta (amostragem), relacionou dados da área da seção molhada e velocidade da corrente nas seções de monitoramento selecionadas.

Na **Seção - Riacho Sapupara** não foi observado área molhada no período de estiagem devido à intermitência do escoamento fluvial, e no período chuvoso a área molhada foi de **0,14 m²**.

Na **Seção RM – 01** a área molhada foi de **10,4 m²** no período chuvoso e de **4,1 m²** no período de estiagem, amplitude de **6,3 m²**. Nessa seção há um grande banco arenoso paralelo às margens que se destaca na estiagem.

Na **Seção RM – 02** a área molhada medida no período chuvoso foi de **10,64 m²**. No período de estiagem a área molhada foi de **4,6 m²**, amplitude de **6,04 m²**. Nessa seção o leito é totalmente rochoso.

Na **Seção RM – 03** foi medida uma área molhada de **20,68 m²** no período chuvoso e de **7,2 m²** no período de estiagem, amplitude de **13,48 m²**. Nessa seção foi constatada a maior profundidade absoluta em relação às outras seções monitoradas.

As maiores velocidades de corrente foram observada na **Seção RM-03** tanto no período chuvoso, **0,197 m/s**, quanto na estiagem, **0,23 m/s**. Na **Seção – Riacho Sapupara** a velocidade foi de **0,054 m/s** no período chuvoso e não foi observada no período de estiagem (quadro 42).

Na **Seção RM - 01** a velocidade atingiu **0,094 m/s** no período chuvoso e **0,001 m/s** no período de estiagem. Nesse último período a água apresentava-se

praticamente estagnada com intensa proliferação de espécies aquáticas do tipo “aguapé” (*Eichhornia crassipes*).

Na **Seção RM – 02** a velocidade atingiu **0,142** m/s no período chuvoso e **0,12** no período de estiagem. As velocidades sem grande amplitude entre os períodos são explicadas pelo aporte de efluentes das Lagoas de Estabilização do SIDI.

Velocidade da corrente (m/s)		
Seções Fluviais	Chuvoso	Estiagem
Riacho Sapupara	0,054	-
RM 01	0,094	0,001
RM 02	0,142	0,120
RM 03	0,197	0,230

Quadro 42: BRM: Valores da velocidade da corrente fluvial

Na **Seção – Riacho Sapupara** a vazão calculada para o período chuvoso foi de **0,01** m³/s, e no período de estiagem não houve vazão. Na **Seção RM – 01** a vazão calculada no período chuvoso foi de **0,98** m³/s e no período de estiagem foi de **0,004** m³/s (quadro 43).

Na **Seção RM – 02** a vazão calculada no período chuvoso foi de **1,51** m³/s e no período de estiagem foi de **0,552** m³/s. Na **Seção RM – 03** a vazão calculada no período chuvoso foi de **4,07** m³/s e no período de estiagem foi de **1,665** m³/s.

Seções Fluviais	Vazão (m ³ /s)		Área da seção molhada (m ²)		Velocidade da corrente (m/s)	
	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem	Chuvoso	Estiagem
Riacho Sapupara	0,01	-	0,14	-	0,054	-
RM 01	0,98	0,004	10,4	4,1	0,094	0,001
RM 02	1,51	0,552	10,64	4,6	0,142	0,120
RM 03	4,07	1,665	20,68	7,2	0,197	0,230

Quadro 43: BRM: Valores da vazão fluvial obtidos através da amostragem pontual

Nota: medições para o período chuvoso realizadas no dia 07/03/2005; medições para o período de estiagem realizadas no dia 20/10/2005. Medições realizadas entre 7 e 12h em dias sem chuva para ambos os períodos.

Mapa 03 – HIERARQUIA FLUVIAL

530000

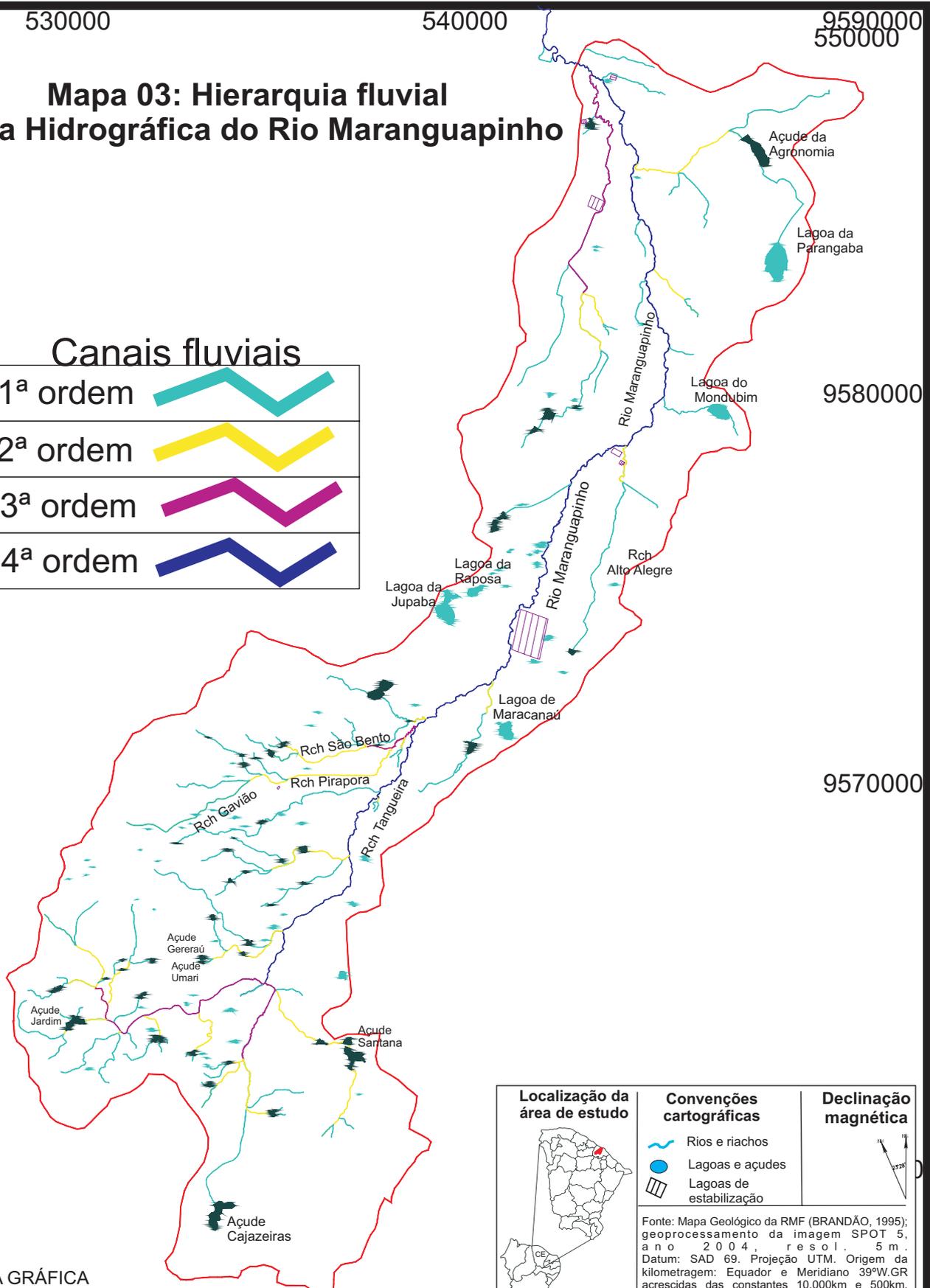
540000

9590000
550000

Mapa 03: Hierarquia fluvial Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho

Canais fluviais

1ª ordem	
2ª ordem	
3ª ordem	
4ª ordem	



9580000

9570000

ESCALA GRÁFICA

1km 0 1 2 3 4 5km

Localização da área de estudo	Convenções cartográficas	Declinação magnética
	<ul style="list-style-type: none"> Rios e riachos Lagoas e açudes Lagoas de estabilização 	
<p>Fonte: Mapa Geológico da RMF (BRANDÃO, 1995); geoprocessamento da imagem SPOT 5, ano 2004, resol. 5 m. Datum: SAD 69. Projeção UTM. Origem da kilometragem: Equador e Meridiano 39°W.GR acrescidas das constantes 10.000km e 500km, respectivamente. Declinação magnética do centro da folha em 1998: 23°28'W. Cresce 5' anualmente.</p>		

8 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MARANGUAPINHO

8.1 Principais fontes pontuais de risco de impactos ambientais

8.1.1 Lagoas de estabilização de efluentes (LEE) e estações isoladas de tratamento de esgoto (ETE)

As lagoas de estabilização de efluentes (LEE) são macro-sistemas de tratamento de esgotos (águas residuárias) domésticos e industriais. Recebem e tratam o esgoto de conjuntos habitacionais e de distritos industriais.

As estações de tratamento de esgoto (ETE) são sistemas técnicos isolados de esgotamento sanitário. Tratam parcialmente os efluentes de setores domiciliares de conjunto habitacionais e de bairros cujo sistema de esgoto foi construído após as residências.

As LEE's em relação às ETE's tratam as águas residuárias com maior aparato tecnológico com resultados mais eficientes. Apresentam-se em número muito menor e lançam quantidades maiores de efluentes por unidade de tempo.

Na **BRM** a maioria integra os programas SANEAR I e II (saneamento básico) promovidos pelo governo do Estado do Ceará. Lançam os efluentes em corpos receptores naturais, precisamente, o Rio Maranguapinho e principais afluentes.



Figura 23: a) (esquerda) Canal entre uma ETE e o Rio Maranguapinho (Genibaú); b) (direita) Canal entre a LEE do Conj. São Francisco e o Rio Maranguapinho (Quintino Cunha).

As ETE's são consideradas fontes pontuais de riscos de impactos ambientais pelo lançamento de efluentes diretamente nos corpos hídricos da **BRM**. As características das águas nos canais evidenciam o tratamento insatisfatório (figura 23).

Na **BRM** a maioria concentra-se em Fortaleza atendendo a bairros de ocupação não planejada. Em Maracanaú atendem a conjuntos habitacionais não integrados ao SIDI. Em Maranguape, as existentes são particulares e atendem a indústrias com grande produção de esgoto.

As LEE's representam fontes de risco de impactos ambientais por destinarem lodos contendo metais pesados nos corpos hídricos e por apresentarem problemas no processo de tratamento no decorrer do seu funcionamento.

Na **BRM** a maior LEE faz parte do SIDI¹, em Maracanaú. Recebe esgotos do I Distrito Industrial de Fortaleza (I DIF), com contribuição de 65 industriais, e dos conjuntos habitacionais: Timbó, Jereissate I e II, Novo Maracanaú, Acaracuzinho e Industrial.

¹ Sistema Integrado de Tratamento de Esgotos Domésticos e Industriais do Distrito Industrial de Fortaleza

As demais se localizam em bairros de Fortaleza: Genibaú (recebe efluentes do Conjunto Ceará); Jardim Fluminense (Grande Mondubim) e Conjunto São Francisco (Quintino Cunha); e no bairro Tabapuá em Caucaia.

O SIDI funciona desde março de 1992 (figura 24). Consiste em uma estação de tratamento de esgoto com cinco lagoas de estabilização dispostas em série: uma anaeróbica (A_1); uma facultativa secundária (F_1); e três de maturação (M_1 , M_2 , M_3) (CEARÁ, 1990a).

Desde que funciona o sistema é maior agente de alteração da hidrodinâmica natural do Rio Maranguapinho, lançando efluentes continuamente com vazão de 0,5 m³/s, perenizando-o na estiagem.

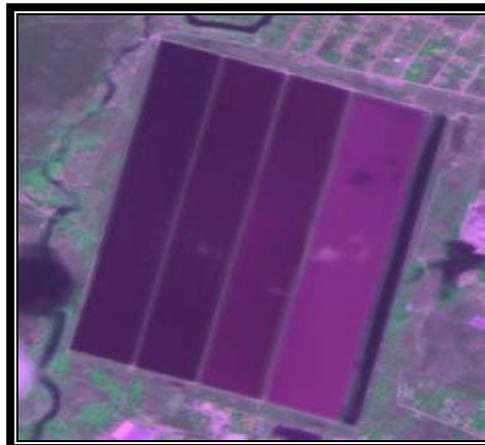


Figura 24: Lagoas de estabilização do SIDI (Maracanaú).
Fonte: Imagem SPOT 5 (2004)

Problemas no funcionamento das LEE's do SIDI, em 2000 e 2001, causaram a poluição do Rio Maranguapinho, causando mortandade de peixes e alteração da cor das águas de verde intenso característico para rosa púrpura e avermelhada (CEARÁ, 2001b).

Altos conteúdos de sulfeto no esgoto bruto (com grande variação de pH, matéria orgânica e compostos de enxofre) associados à baixa concentração de

oxigênio dissolvido causaram o florescimento de duas fotobactérias (*thiopedia sp.* e *merismopedia sp.*) nas lagoas de estabilização, responsáveis pelo impacto ambiental.

Os efluentes de 14 indústrias contribuíram diretamente, entre essas, seis do setor têxtil e um curtume.

8.1.2 Aterros sanitários e depósitos inadequados de resíduos sólidos (focos de lixo)

O aterro sanitário é um equipamento de disposição de resíduos no solo de forma confinada para controle de poluição. Deve conter os seguintes elementos:

- Sistema de: drenagem das águas superficiais; tratamento e remoção dos líquidos percolados do lixo (chorume);
- Impermeabilização do solo nas células de disposição de resíduos;
- Remoção e aproveitamento dos gases e poços de monitoramento para avaliação das águas do lençol freático;

Aterro sanitário: técnica de disposição de resíduos no solo, visando à minimização dos impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (BRASIL, 2004:267).

Na **BRM** existe um aterro sanitário, em Maracanaú, que recebe o lixo doméstico e industrial de Maracanaú e Maranguape, procedimento inadequado de acordo com normas técnicas de acondicionamento de resíduos industriais.

Os efluentes da estação de tratamento do chorume do aterro sanitário de Maracanaú são destinados a um pequeno canal a céu aberto que escoar para um afluente do Rio Maranguapinho.

Durante o período chuvoso com o aporte de águas pluviais o canal extrapola a pequena calha. Ocorre transbordamento das águas para os terrenos a jusante do aterro, com risco de contaminação do solo e dos corpos hídricos.

Aspectos como a coloração escura do líquido e a quantidade de resíduos sólidos presentes põem em dúvida a eficácia do tratamento do chorume (figura 25).



Figura 25: a) (esquerda) Efluentes do aterro sanitário de Maracanaú (chorume) extravasando o canal; b) (direita) Características do efluente.

Os “focos de lixo” são depósitos de lixo de pequenas proporções. São evidências do despejo de resíduos às margens dos corpos hídricos e no próprio canal.

Na **BRM** a prática é comum em todas as pontes que interligam margens de rios e riachos, principalmente, em Fortaleza (figura 26). Foram identificados, também, em terrenos baldios nas planícies fluviais do Rio Maranguapinho em Fortaleza.

Grandes quantidades de resíduos são depositadas inadequadamente nas planícies fluviais do Rch da Tangureira em Maranguape e ao longo de estradas vicinais na Superfície Sertaneja.



Figura 26: Focos de lixo: a) (esquerda) Margens do Rio Maranguapinho próximo a Av. Emílio de Menezes (Fortaleza: bairro Granja Portugal); b) (direita) Margens do Rch da Tangueira (meio rural de Maranguape).

Depósitos inadequados de resíduos sólidos industriais foram identificados em terrenos baldios próximos a Rodovia BR-020 em Maracanaú. O material foi despejado por caçambas sem acondicionamento especial. Os motoristas afirmaram que são pagos por funcionários das fábricas para descartar o lixo no local.

O fiscal da Secretaria do Meio Ambiente de Maracanaú afirma que os motoristas são pagos para transportar o lixo até o aterro sanitário de Maracanaú. Para embolsar o dinheiro da taxa despejam em “qualquer lugar”.

Contudo, o responsável pelo destino final dos resíduos produzidos é o fabricante, ou seja, a empresa tem obrigação direta pela disposição adequada do lixo.

Os efeitos desse tipo de depósito se somam pela multiplicidade, e os impactos são sentidos em conjunto quando as substâncias poluidoras e contaminantes são carregadas para os corpos hídricos e fluem numa mesma direção.

Foi evidenciado o entulhamento da calha do Rio Maranguapinho em diversos pontos em Fortaleza devido ao acúmulo de lixo. Observou-se o aumento da turbidez e obstrução do canal. Essas alterações geralmente elevam de temperatura da água, com conseqüências ao ecossistema aquático.

Os principais riscos de impactos ambientais do aterro sanitário e dos múltiplos focos de lixo provêm dos contaminantes formados na decomposição da matéria orgânica (cerca de 60% em peso) gerando o chorume². Esse geralmente alcança os cursos d'água através do escoamento superficial linear e areolar.

O chorume tem considerável poder agressivo ao meio ambiente. Sua acidez ainda carrega os metais presentes na massa de lixo, o que aumenta seu poder poluidor.

Concentra matéria orgânica em proporção de 30 a 100 vezes mais do que o esgoto doméstico e, também, microorganismos patogênicos e metais pesados (TRESSOLDI e CONSONI, 1991).

8.1.3 Indústrias com proximidade aos corpos hídricos inseridas em APP

As atividades industriais e seus equipamentos físicos são macro-agentes de degradação ambiental quando em desacordo com a dinâmica natural do sistema geoambiental que ocupam, principalmente, pela inadequação das infra-estruturas de tratamento dos resíduos sólidos e líquidos.

Muitas unidades industriais se localizam em Áreas de Proteção Permanente e seus efluentes são lançados diretamente nos cursos fluviais, constituindo-se uma fonte pontual de risco de impacto ambiental.

Na **BRM** as indústrias que oferecem maiores riscos localizam-se em Fortaleza (bairro Antônio Bezerra), próximas a rodovia BR-222 (figura 27).

As Empresas Empesca e Schincariol despejam efluentes através de um pequeno riacho no Rio Maranguapinho. A vazão é considerável, porém, não foi aferida (Figura 28).

² Líquido escuro, ácido e de alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), podendo atingir mais de 60.000 mg/l. Característico de matéria orgânica em decomposição.



Figura 27: a) (esquerda) Agroindústria na APP do Rch Sapupara (meio rural de Maranguape); b) (direita) Chaminé e galpões da empresa Empesca à retaguarda (Fortaleza: bairro Antônio Bezerra)



Figura 28: Lançamento de efluentes das Empresas Empesca e Schincariol no Rio Maranguapinho (Fortaleza).

Na cidade de Maranguape várias empresas despejam seus efluentes no Rch Pirapora. Segundo Rigotto (2004) as principais indústrias poluidoras são: uma do tipo metal-mecânica; uma de calçados; uma de embalagens plásticas; e uma têxtil (confecção de colchas).

Das empresas identificadas três executam o tratamento prévio das águas residuárias (metal-mecânica, de colchas, de calçados). A qualidade do tratamento não é certificado por órgãos de fiscalização ambiental.

Grande parte dos resíduos sólidos é armazenada nos terrenos das empresas, parte esperando pelo transporte até o aterro sanitário de Maracanaú e outra esperando para ser reaproveitada no processo produtivo.

Durante o período chuvoso ficam expostos ao carreamento pelas águas pluviais, e por estarem às margens do Rch Pirapora representam fontes de riscos de impactos ambientais por poluição química das águas e alteração física do canal fluvial por entulhamento.

No Distrito de Sapupara (meio rural de Maranguape) foi identificada uma pequena fábrica semi-mecanizada especializada no beneficiamento da cana-de-açúcar. Localiza-se a cerca de 50m do Rch Sapupara e destina seus efluentes no solo que se concentram a jusante e escoam linearmente para o canal do riacho.

Em Maracanaú foram identificadas olarias na APP do Rio Maranguapinho. Essas utilizam matérias-primas extraídas do ambiente fluvial (argila) e demandam grande quantidade de lenha (árvores da mata ciliar) para fabricação dos produtos.

A instalação das olarias promoveu a retirada da mata ciliar nativa e a argila estocada no terreno é fonte de material em suspensão para o corpo hídrico do rio nos períodos de maior escoamento superficial.

As indústrias do I DIF em Maracanaú não são contempladas nesse item pois estão interligadas a SIDI e não se inserem em APP.

8.1.4 Atividades de pecuária intensiva

Correspondem à criação animal confinada e beneficiamento. Destacam-se as granjas de grande porte com proximidade aos corpos hídricos; os currais com proximidade aos corpos hídricos (vacarias, pocilgas, granjas, estábulos); matadouros e curtumes.

a) Currais com proximidade aos corpos hídricos (vacarias, pocilgas, granjas, estábulos)

Na **BRM** vários currais distribuem-se ao longo do curso principal. Definem-se pela criação confinada de animais. São classificados como vacarias (criação bovina); pocilgas (criação suína); granjas (criação de aves) e estábulos (criação eqüina, asinina e muar)

Produzem, concentradamente no espaço, grandes quantidade de efluentes líquidos, escoados areolarmente, por lixiviação, e linearmente, por pequenos canais.

Todos os tipos de currais são considerados fontes de risco de impactos ambientais, embora cada espécie animal possua potencial diferenciado quanto à quantidade produzida de resíduos e tipo de poluição dos corpos hídricos

Há grande concentração de currais em meio urbano em Fortaleza e Maracanaú. No meio rural as unidades aparecem dispersas (criação semi-extensiva).

Foram identificadas pelo menos sete pocilgas com lançamento de efluentes diretamente no Rio Maranguapinho. Destas, cinco localizam-se em Maracanaú, instaladas em APP, duas no bairro Alto Alegre e três no bairro Novo Maracanaú.

A maior pocilga identificada, com criação informada de 280 cabeças, localiza-se nas proximidades da confluência do Rch da Tangureira com o Rch. Pirapora, divisa de Maranguape com Maracanaú.

A água utilizada para dessedentação dos animais e limpeza das instalações é captada a jusante do local de lançamento dos efluentes da pocilga.

Uma pocilga foi identificada lançando efluentes sem tratamento no canal de esgoto da LEE do Conj. São Francisco (bairro Quintino Cunha em Fortaleza) que aporta

no Rio Maranguapinho. Os fortes odores e a proliferação de insetos em área intensamente urbanizada são reclamações constantes dos moradores vizinhos à pocilga.

Na **BRM** as vacarias distribuem-se por diversos bairros de Fortaleza e Maracanaú ocupando a APP do Rio Maranguapinho e demais corpos hídricos .

Em Fortaleza a maior concentração está no bairro Henrique Jorge, próximo à Av. Heribaldo Costa. São pelo menos três (3) ocupando uma pequena planície fluvial (afluente do Rch. Cachoeirinha) em um terreno de aproximadamente três quadras (3ha).



Figura 29: a) (esquerda) Curral da Tok Milk (meio rural de Maranguape); b) (direita) Lançamento de efluentes do curral.

Em Maranguape as vacarias são de grande porte com uso de tecnologias avançadas na ordenha e beneficiamento do leite. São fazendas de gado com utilização de técnicas industriais. Destacam-se as empresas Tok Milk (figura 29) e CIALNE.

Nessas fazendas o número de cabeças de gado confinadas supera em muito as unidades localizadas em Fortaleza e Maracanaú. O aporte de efluentes e dejetos aos corpos hídricos é muito grande, principalmente, no Rch da Tangureira.

b) Granjas de grande porte com proximidade aos corpos hídricos

As granjas são unidades de produção pecuária responsáveis pela criação de aves, principalmente, galináceos. Os principais produtos são os ovos e as unidades para corte.

Na **BRM** são várias as granjas com considerável aparato tecnológico na criação confinada de grandes quantidades de animais (figura 30).

Essa atividade intervém no meio físico através da produção de efluentes líquidos lixiviados com aporte nos corpos hídricos e produção de grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos (penas e peles).



Figura 30: Fazenda CIALNE (meio rural de Maranguape)

No meio rural de Maranguape localizam-se as maiores granjas. A empresa CIALNE tem, aproximadamente, 25 unidades distribuídas inclusive em APP.

c) Matadouros e curtumes

O funcionamento dos matadouros de pequena produção envolve etapas de eliminação do sangue, separação de pele, eliminação de pêlo e destripamento, que descartam os subprodutos (sangue, pele, pêlo e vísceras) (DIAS et al, 1999).

Nessas etapas são gerados efluentes líquidos e resíduos sólidos orgânicos, geralmente dispostos de forma inadequada nos cursos fluviais (efluentes) e em margens de rodovias (resíduos sólidos).

Na **BRM** próximo aos corpos hídricos foi identificado um matadouro e um curtume. O matadouro localiza-se em Maranguape, no bairro Novo Maranguape, na APP do Rch Pirapora.

Não foi detectado lançamento de efluentes a céu aberto. Os efluentes são canalizados e interligados à galeria de água pluvial que deságua no riacho citado.

Identificou-se um curtume em Fortaleza (próximo à rodovia BR-222) na APP do Rio Maranguapinho. Funciona juntamente com uma vacaria e lança efluentes e resíduos orgânicos e químicos diretamente no canal fluvial.

A pecuária confinada (criação e beneficiamento) produz concentradamente grandes quantidades de efluentes líquidos e resíduos sólidos (detritos orgânicos). Somam-se as águas de limpeza, contendo detergentes, leite e materiais fecais.

Os principais efeitos da poluição orgânica são: eutrofização e intoxicação das águas, geração de odores, proliferação de vetores patológicos (larvas de insetos), comprometimento da disponibilidade de oxigênio dos ecossistemas aquáticos (DIAS et al, 1999, BASTOS e FREITAS, 2004).

8.1.5 Cemitérios

Na **BRM** identificaram-se quatro cemitérios. Dois localizam-se em Fortaleza (bairro Bom Jardim e Antônio Bezerra), um em Maracanaú (bairro Centro) e um em Maranguape (próximo ao Rch São Bento).

Os riscos se efetivam quando o terreno é percolado ou lixiviado por águas pluviais, que escoam para corpos hídricos subsuperficiais e fluviais.

Esse tipo de equipamento na **BRM** representa uma fonte de risco significativa. Os efeitos poluidores são efetivos no período chuvoso com lixiviação acentuada dos terrenos em direção aos corpos hídricos.

8.1.6 Extração mineral: pedreiras para extração de granito; portos de areia e lavras de argila

A mineração consiste na lavra para aproveitamento de minérios. Classifica-se em três grupos principais: industriais (de grande porte); de menor porte (pedreiras, os portos de areia e as lavras de argila) e, garimpo, atividade extrativista (formal ou informal, manual ou mecanizada), geralmente, clandestina (ABRÃO e OLIVEIRA, 1991).

Na **BRM** destacam-se as minerações de menor porte.

a) Pedreiras para extração de granito

As “pedreiras” são lavras de extração de granito. Na **BRM** é realizada em mina a céu aberto desenvolvida em meia encosta. Utilizam-se, geralmente, explosivos para extração do minério através da abertura de crateras na rocha, formando uma feição de “anfiteatro”.

Os riscos de impactos ambientais são decorrentes da disposição dos estéreis e rejeitos. O estéril é a rocha ou solo disposto externamente ou no corpo do minério, sem valor econômico, extraído na operação da lavra. Os rejeitos são minerais considerados “sem valor econômico” no processo de concentração mineral.

Os rejeitos, em geral, exibem granulometria de areia até argila, tendo sido britado e moídos no beneficiamento mineral. Normalmente são descartados nas usinas

de concentração na forma de polpa (mistura de sólidos + água) e contidos por uma barragem ou dique.

Esse material geralmente é carregado para os cursos fluviais mais próximos, ocasionando o assoreamento dos canais e adição de grande quantidade de material em suspensão na água durante o período chuvoso.

A disposição do estéril e dos rejeitos contribui, também, para geração de efluentes contendo cianetos, metais pesados, e com pH muito ácido. Quando o estéril é instável quimicamente os sulfetos oxidam, gerando efluentes ácidos contaminantes dos solos e águas superficiais (ABRÃO e OLIVEIRA, 1991).

Na **BRM** a mineração do granito é praticada em Maranguape, no setor norte da Vertente Oriental da Serra de Maranguape (figura 31). O Rch São Bento é o mais suscetível aos impactos potenciais da extração.

Foi identificada a desativação de algumas “pedreiras”, com abandono de imensas crateras sem planos de recuperação ambiental.



Figura 31: “Anfiteatro” formado para extração mineral (mina a céu aberto em meia encosta) (setor norte da **VOSM**)

b) Portos de areia e lavras de argila

Na **BRM** são incalculáveis as lavras de extração de areia e argila. Apresentam-se de várias dimensões. As maiores intervenções ocorrem nos aluviões do curso principal. A maior concentração localiza-se em Maracanaú ao longo da extensão do Rio Maranguapinho, desde o limite com Maranguape até o limite com Fortaleza.

A retirada de areia e argila remove sedimentos de diferentes granulometrias destinando aos corpos hídricos os mais finos, dispostos em suspensão, contribuindo para turbidez das águas.

As valas abertas causam modificações nas margens e na calha fluvial, contribuindo, simultaneamente, para intensificação da erosão em alguns trechos e assoreamento em outros (figura 32).



Figura 32: Lavra de extração de areia na aluvião do Rio Maranguapinho (Maracanaú: bairro Acaracuzinho).

As lavras, geralmente clandestinas, retiraram a mata ciliar do Rio Maranguapinho e os horizontes superficial dos Neossolos Flúvicos. Atualmente causam poluição visual e das águas superficiais e desviam em alguns trechos o curso do rio, contribuindo para erosão marginal e assoreando o canal.

Essa atividade é uma alternativa indispensável de geração de renda para uma parcela considerável da população residente nos bairros de baixa renda de Maracanaú (Alto Alegre, Acaracuzinho e Novo Maracanaú).

Contudo, a mineração deve ser precedida e acompanhada de um planejamento ambiental produzido e gerido pela administração municipal, com o intuito de garantir a sobrevivência da população de baixa renda e a qualidade do ambiente fluvial.

Os principais riscos de impactos ambientais da mineração envolvem a poluição química das águas e alterações físicas nos canais fluviais (TRESSOLDI e CONSONI, 1991):

- Disposição dos rejeitos e estéreis (drenagem ácida, resultante da oxidação dos sulfetos);
- Lixiviação de metais pesados (conseqüência da drenagem ácida);
- Liberação de material sólido erodido

8.2 Principais fontes difusas de risco de impactos ambientais

8.2.1 Atividade agropecuária: pecuária semi-extensiva; agricultura e solos expostos;

a) Pecuária semi-extensiva

O meio rural de Maranguape ocupa, principalmente, a Superfície Sertaneja (**SS**) e as Planícies Fluviais embutidas na SS (**PF**). Destaca-se a pecuária semi-extensiva de gado bovino com demanda de grandes extensões de terra para pasto (Figura 38).

Segundo técnicos agrícolas da Prefeitura de Maranguape, cerca de 70% das cabeças de gado do município concentram-se no Distrito Sede, Sapupara e Ladeira Grande.

Essa atividade altera significativamente o meio físico-natural, incluindo corpos hídricos e canais fluviais. As modificações físicas mais expressivas são provocadas pelo pastoreio intensivo (desmatamento total das vertentes e pisoteio excessivo do solo) (figura 33).

Vertentes desmatadas com solos compactados, portanto, impermeabilizados, proporcionam um aumento significativo da velocidade do escoamento superficial e, conseqüentemente, dos processos erosivos areolares.

As características citadas acima em associação com a rampa relativamente curta a ser percorrida pelas águas da chuva até os canais fluviais na **BRM** contribuem com a intensificam do assoreamento dos canais fluviais.



Figura 33: a) (esquerda) Vertente desmatada para pasto; b) (direita) Pecuária semi-extensiva a menos de 50m do Rch da Tangureira (meio rural de Maranguape).

A pecuária representa fonte de riscos de impactos, também, por poluição orgânica das águas superficiais.

Os dejetos dispostos nos solos lixiviados pelo escoamento superficial são fontes de matéria orgânica para os corpos d'água, alterando os ecossistemas aquáticos pela elevação do DBO e mudança nas concentrações de OD.

b) Agricultura

No meio rural de Maranguape a agricultura é atividade secundária em relação à pecuária na Superfície Sertaneja (**SS**) e principal nas Planícies Fluviais (**PF**) e Vertente Oriental da Serra de Maranguape (**VOSM**).

A agricultura de subsistência (feijão e milho) predomina na **SS**. Nas **PF** destaca-se a cana-de-açúcar.

O feijão (figura 34) e o milho cultivados próximo ao Rch da Tangureira não protegem o solo da ação pluvial nem contém a velocidade do escoamento superficial, favorecendo a erosão e o assoreamento do canal fluvial.

Produtores locais informaram que utilizam agrotóxicos (pesticidas e praguicidas) de forma mais intensiva no período chuvoso. A prática favorece a lixiviação dos resíduos para o Rch da Tangureira, com risco de poluição química da água.

Os agrotóxicos (pesticidas, corretivos do solo e fertilizantes) têm potencial poluidor (poluição química) das águas superficiais pela adição de formas nitrogenadas, nitrato de amônia e metais pesados (DIAS et al, 1999).

Nos setores colinosos da **SS** e na **VOSM** o problema do desmatamento e conversão das matas para cultivo se agrava em função do relevo (figura 34). Essas práticas têm intensificado o escoamento superficial no momento de precipitações intensas, propiciando a erosão dos solos.

A erosão provoca perda de fertilidade pelo carreamento de partículas sólidas e nutrientes e arraste de quantidades significativas de insumos agrícolas (fertilizantes, corretivos do solo e praguicidas). Esse processo resulta em poluição das águas e assoreamento dos canais fluviais.

Na **VOSM** a cultura agrícola da banana contribui significativamente para a instabilidade morfodinâmica de alguns setores, favorecendo o processo erosivo pela intensificação da ação pluvial. As bananeiras ocupam, preferencialmente, a margem dos cursos fluviais favorecendo grande aporte de sedimentos erodidos às calhas dos rios (figura 35).

Essa espécie vegetal possui sistema radicular com ramificações curtas e finas (formato cilíndrico e aproximadamente 1 cm de diâmetro) sem capacidade de agregação do solo, característica indispensável nas vertentes de forte gradiente altimétrico (> 30°).

As folhagens dispostas em forma de calhas retêm, a princípio, as águas pluviais, mas, em seguida, canalizam grande quantidade que atingem o solo com maior incidência (através do tronco poroso) (ARRUDA, 2001).

A cana-de-açúcar é cultivada, principalmente, nos aluviões do Rch da Tangureira (distritos de Sapupara e Ladeira Grande).

A atividade retira a mata original, não protege o solo e destina restos vegetais para o canal fluvial no período chuvoso. Provoca, portanto, intensificação dos processos erosivos e entulhamento das calhas fluviais.



Figura 34: a) (esquerda) Roça de feijão a menos de 30m do Rch da Tangueira (meio rural de Maranguape); b) (direita) Cultivo em relevo colinoso na SS.



Figura 35: a) (esquerda) Bananicultura na VOSM; b) (direita) Agricultura na várzea do Rch da Tangueira (meio rural de Maranguape).



Figura 36: a) (esquerda) Lenha da mata ciliar do Rch da Tangueira; b) (direita) Troncos de árvores cortadas da mata ciliar do Rch Sapupara.

A extração vegetal complementa as atividades agrícolas (figura 36). A lenha é retirada das matas ciliares (árvores de grande porte) e utilizada para construção de cercas e como fonte de energia para as propriedades rurais.

8.2.2 Lançamento múltiplo de esgoto domiciliar

a) Consumo d'água

Os sistemas de abastecimento de água caracterizam-se pela obtenção do recurso hídrico da natureza para atender às demandas de consumo humano (social) e produtivo (econômico), na qualidade indispensável à preservação da saúde e desenvolvimento técnico e na quantidade compatível com as necessidades e diversos usos (DIAS et al, 1999, BRASIL, 2004).

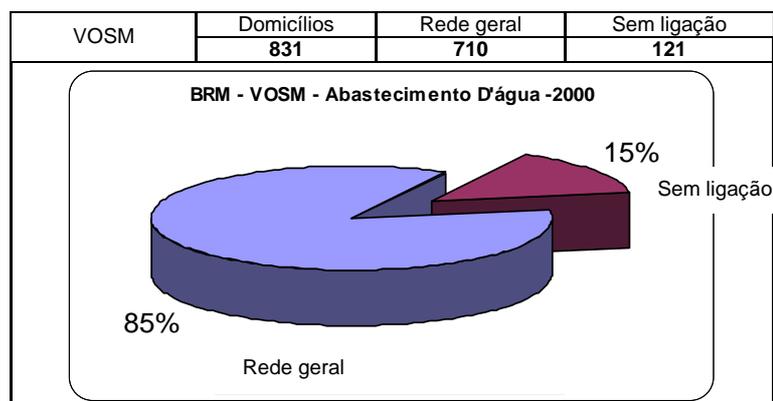
O consumo de água por uma população varia conforme a existência ou não de abastecimento público, proximidade do domicílio, clima, hábitos da população, etc. Havendo abastecimento público, varia segundo a existência de indústria e comércio, qualidade e custo.

A quantidade de água consumida tem relação direta com o esgoto produzido, onde 80% do consumo são transformados em esgoto (DIAS, et al, 1999, BRASIL, 2004).

- Consumo d'água na Vertente Oriental da Serra de Maranguape (VOSM)

Os bairros que ocupam a **VOSM** somaram 831 domicílios em 2000. São eles: Preguiça, Pirapora e Gavião (meio rural predominante).

No abastecimento d'água 710 domicílios (85%) são atendidos pela rede geral. Não possuíam ligação de água 121 domicílios (15%). Esses captam água em pequenos barramentos ou diretamente das nascentes, práticas comuns na serra (Quadro 44).



Quadro 44: VOSM: Abastecimento d'água (2000)

Fonte: Brasil (2001)

Na **VOSM** são consumidos em média diariamente **491,9 m³** de água (**0,006 m³/s**) (Quadro 45).

Médias	segundo	diária	mensal	anual
1	0,00520	449,6	13.674,3	164.091,2
2	0,00049	42,3	1.287,0	15.443,9
total	0,00569	491,9	14.961,3	179.535,1

Quadro 45: VOSM: Consumo de água (m³)

Nota: 1. domicílios com ligações de água; 2. domicílios sem ligações de água

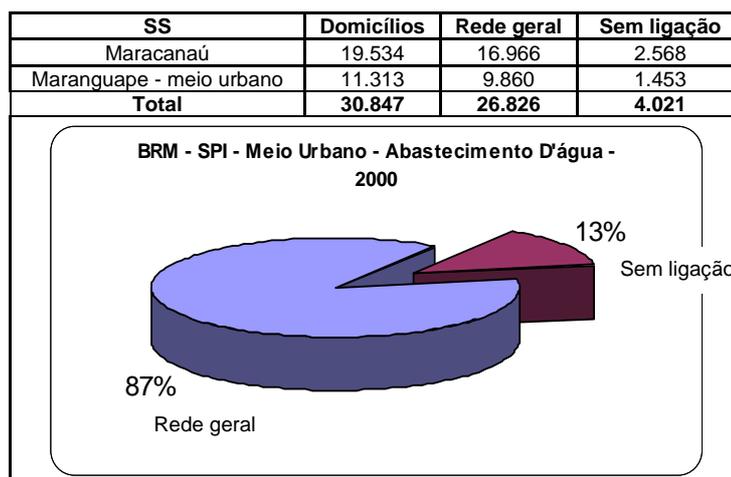
- Consumo d'água na Superfície Sertaneja (SS)

A **SS** é ocupada pelos municípios de Maranguape e Maracanaú, e em pequena parcela por Fortaleza. Em Maracanaú excluem-se somente os bairros Alto Alegre, Alto Alegre I e II e Parque Santa Maria.

Em Maranguape são considerados os distritos de Penedo, Ladeira Grande e Sapupara, e a Sede, com exceção dos bairros Preguiça, Pirapora e Gavião. A população rural da **BRM** ocupa esses distritos (exceção da Sede).

Os Distritos de Penedo e Sapupara ocupam, também, respectivamente, o setor sul da **VOSM** e a vertente ocidental da Serra da Aratanha, porém, a pressão da ocupação não é efetiva.

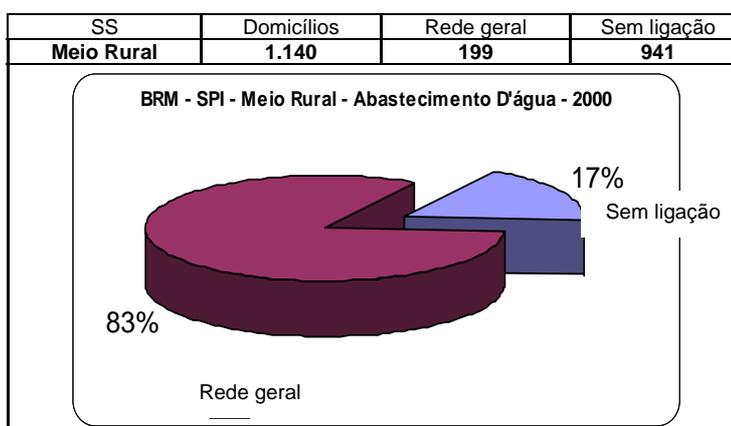
Quanto ao abastecimento d'água em 2000, no meio urbano da **SS** foram atendidos pela rede geral 26.826 domicílios (87%). Não possuíam ligação de água, ou eram abastecidos por poços, nascentes ou pequenas barragens, 4.021 domicílios (13%) (Quadro 46).



Quadro 46: SS: Meio urbano - Abastecimento d'água (2000)

Fonte: Brasil (2001)

A água no meio rural da **SS** é obtida, principalmente, em pequenos açudes e poços. Já em 2000, 941 domicílios (83%) eram atendidos por esse sistema. Somente 199 domicílios (17%) foram atendidos pelo Sistema Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), que representa a rede geral (quadro 47).



Quadro 47: SS: Meio rural - Abastecimento d'água (2000)

Fonte: Brasil (2001)

Nos **SS** são consumidos em média, diariamente, 35.196,7 m³ de água (0,407 m³/s) (quadro 48).

Meios	segundo	diária	mensal	anual
Urbano	0,395	34.146,5	1.038.621,6	12.463.458,8
Rural	0,012	1.050,2	31.944,6	383.335,1
Total	0,407	35196,7	1070566,2	12846793,9

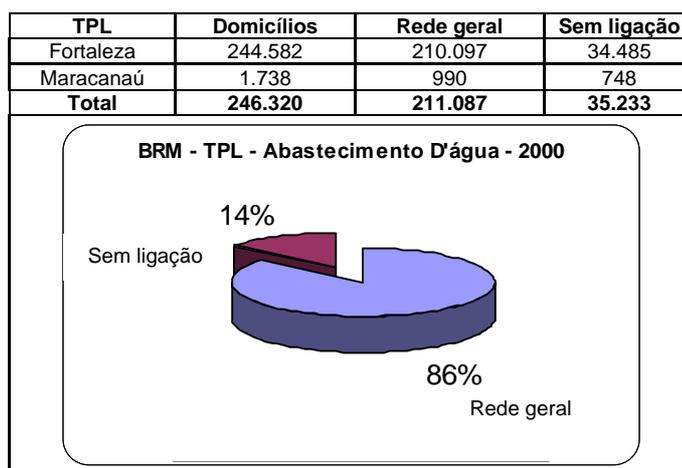
Quadro 48: SS: Consumo de água (m³)

- Consumo d'água nos Tabuleiro pré-litorâneo (TPL)

Os **TPL** são ocupados incisivamente pelo município de Fortaleza e em pequena parte por Maracanaú, com ocupação completamente urbana.

O quadro de análise contou com 246.320 domicílios, 211.087 interligados à rede geral de abastecimento d'água (86%). 35.233 unidades não possuíam ligação (14%) (quadro 49).

Em Fortaleza, todos os bairros circunscritos na **BRM** ocupam os tabuleiros, somando 244.582 domicílios em 2000. Em Maracanaú, ocupam os tabuleiros os bairros: Alto Alegre, Alto Alegre I e II e Parque Santa Maria, somando 1.738 domicílios.



Quadro 49: TPL: Abastecimento d'água (2000)

Fonte: Brasil (2001)

Nos **TPL** são consumidos em média, diariamente, 273.097,21 m³ de água (3,161 m³/s) (quadro 50).

Médias	segundo	diária	mensal	anual
1	3,029	261.735,07	7.961.108,38	95.533.301
2	0,132	11.362,14	345.598,49	4.147.182
Total	3,161	273.097,21	8.306.706,87	99.680.482

Quadro 50: TPL: Consumo de água (m³)

Nota: 1. domicílios com ligações de água; 2. domicílios sem ligações de água

b) Produção de esgoto

O esgotamento sanitário é responsável, através de um conjunto de infra-estruturas integradas, pelo tratamento e emissão adequada dos efluentes. Por ser o principal parâmetro do saneamento básico relativo à proteção aos corpos hídricos, deficiências nesse serviço suscitam riscos de impactos no meio ambiente.

Nos corpos hídricos naturais das bacias hidrográficas, principalmente os rios, são despejadas grandes vazões de esgotos domésticos (substâncias orgânicas) e industriais (quadro 51).

Quando o volume de esgoto é grande em relação ao caudal do rio ou lago receptor, as condições físicas, químicas e biológicas da água são modificadas com variado grau (poluição ou contaminação) (KLEEREKOPER, 1990).

Domésticos	Incluem as águas contendo material fecal e as águas servidas, resultantes de banho e de lavagem de utensílios e roupas;
Industriais	Compreendem os resíduos orgânicos, de indústrias de alimentos, matadouros, etc.; as águas residuárias agressivas, procedentes de indústrias de metais, etc.; as águas residuárias procedentes de indústrias de cerâmica, de refrigeração, etc.;
Águas pluviais	São as águas procedentes das chuvas;
Águas de infiltração	São as águas do subsolo que se introduzem na rede.

Quadro 51: Principais tipos de esgotos

Fonte: Brasil (2004)

Os esgotos domésticos (quadro 52) são originados em banheiros, lavanderias e cozinhas de residências, comércio, instituições, etc. Compõem-se,

essencialmente, da água de banho, excretas, papel higiênico, restos de comida, sabão, detergentes e águas de lavagem (BRASIL, 2004).

Esse tipo de esgoto é praticamente todo de natureza orgânica (substância proteínicas e de hidratos de carbono). As substâncias orgânicas decompõem-se na água se mineralizando quase totalmente (KLEEREKOPER, 1990).

Características físicas	Matéria sólida: devido ao percentual de 0,1% de sólidos ocorrem problemas de poluição das águas, necessitando-se de tratamento; Temperatura: superior às águas de abastecimento. Quanto maior a temperatura maior a velocidade de decomposição da matéria orgânica; Odor: causado pelos gases formados na decomposição; Cor e turbidez: a tonalidade acinzentada acompanhada de turbidez é típica do esgoto fresco e a cor preta é típica do esgoto velho; Variação de vazão: estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora (80%).
Características químicas	Matéria orgânica: 70% dos sólidos; Matéria inorgânica: sedimentos finos e substâncias minerais dissolvidas.
Características biológicas	Microorganismos de águas residuais: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas; Indicadores de poluição: bactérias coliformes

Quadro 52: Principais características do esgoto doméstico
Fonte: Brasil (2004)

No esgoto industrial as substâncias são de natureza química, orgânica ou inorgânica, coloidal, solúvel ou insolúvel; podem ser quimicamente inertes. Os efeitos das substâncias na água são, geralmente, de difícil análise. Muitas vezes a ação sobre os organismos aquáticos é indireta, modificando fatores ecológicos (KLEEREKOPER, 1990).

Ambos os tipos de esgoto (doméstico e industrial) necessitam de tratamento, sem isso, são fontes de risco de poluição/contaminação do meio físico.

O esgoto bruto (sem tratamento) ou os efluentes de fossas sépticas, lançados diretamente nos cursos d'água causam riscos potenciais para o habitat aquático e marinho, diminuindo o nível de oxigênio dissolvido e causando contaminação na cadeia alimentar por bioacumulação, quando da presença de substâncias tóxicas. (DIAS, et al, 1999:225)

A modificação mais significativa do lançamento de esgoto no corpo hídrico se faz sobre o consumo de oxigênio dissolvido.

Quando a água é pouco profunda e corre rapidamente e o volume de esgoto é pequeno o consumo de oxigênio é insignificante. A correnteza substituirá rapidamente

o oxigênio gasto e anulará os processos anaeróbicos. A mineralização será rápida e seus produtos servirão de adubo para a água.

Quando o esgoto lançado à água é grande em relação ao volume e à correnteza (comum nos corpos hídricos urbanos) o consumo de oxigênio na água é muito intensivo.

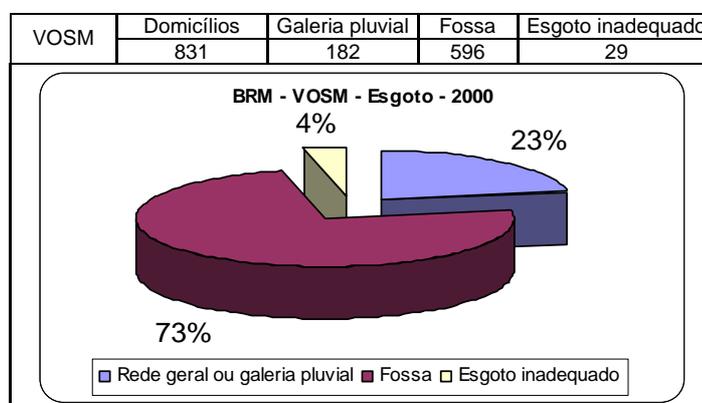
A putrefação é acompanhada por produção de gases tóxicos para os microorganismos. Detritos orgânicos e inorgânicos formam camadas coloidais no fundo da água tornando-a turva e absolutamente opaca de cor cinzenta a preta.

Todo ou quase todo o oxigênio desaparece; bolhas de gás carbônico, H_2S e CH_4 , sobem na água, sulfeto ferroso precipita-se no fundo (KLEEREKOPER, 1990).

- Produção de esgoto na VOSM

Nos bairros que ocupam a **VOSM** não existe rede de esgoto, dos 831 domicílios em 2000, 182 (23%) estavam interligados às galerias de águas pluviais. Em 596 domicílios o esgotamento se deu através de fossas (73% do total).

Os demais domicílios (4%) destinaram esgoto de forma inadequada (diretamente no meio físico) (quadro 53).



Quadro 53: VOSM: Esgotamento sanitário (2000)
 Fonte: Brasil (2001)

A quantidade produzida em média de esgoto na **VOSM** é **0,00455** m³/s. **393,5** m³ diários e **11.969** m³ mensais. Desses, 27% aportaram nos corpos hídricos.

Mensalmente foram lançados inadequadamente **478,8** m³. Em fossas **8.737,3** m³ e **2.752,8** m³ nas galerias pluviais (quadro 54).

Origem	segundo	diária	mensal	anual
Rede geral (23%)	0,00105	90,5	2.752,8	33.034,0
Fossa (73%)	0,00332	287,3	8.737,3	104.847,7
Esgoto inadequado (4%)	0,00018	15,7	478,8	5.745,9
Total	0,00455	393,5	11.969,0	143.628,1
Efluentes nos corpos hídricos*	0,00123	106,20	3.231,70	38.779,80

Quadro 54: VOSM: Produção de esgoto (m³)

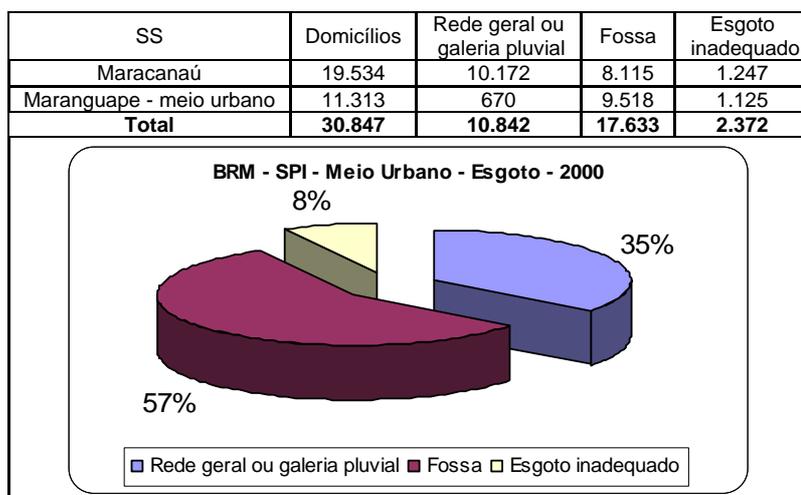
*Nota: rede geral + esgoto inadequado

- Produção de esgoto na SS

No meio urbano da **SS** a maioria dos domicílios eram atendidos por fossas, 17.633 (57%) (quadro 55).

Os domicílios atendidos pela rede geral de esgoto ou galerias pluviais somaram 10.842 (35%), a maioria em Maracanaú (10.172), que possui rede geral, em detrimento de Maranguape, que não possui.

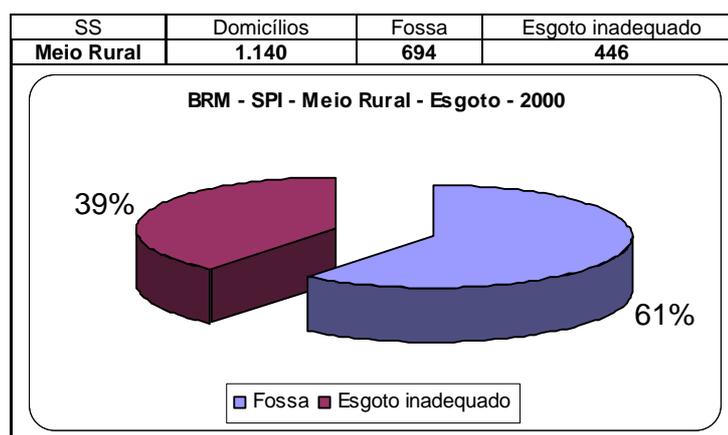
Os demais domicílios, 2.372 (8%), lançaram efluentes de forma inadequada.



Quadro 55: SS: Meio urbano - Esgotamento sanitário (2000)
 Fonte: Brasil (2001)

No meio rural de Maranguape não existe rede de esgoto e/ou galerias de águas pluviais. 694 domicílios (61% do total) lançaram efluentes em fossas.

Constatou-se em campo que vários domicílios e propriedades rurais lançam efluentes diretamente nos riachos. Os dados censitários mostram que 446 (39% do total) lançam os esgotos diretamente no meio físico (inadequadamente) (quadro 56).



Quadro 56: SS: Meio rural - Esgotamento sanitário (2000)
 Fonte: Brasil (2001)

Na **SS** foram produzidos em média **0,326 m³/s** de esgoto. Por dia foram **28.157,4 m³** e **856.452,6 m³** por mês. Aportaram diretamente nos corpos hídricos **0,14 m³/s** em média; **12.074,1 m³** diariamente e **367.252,5 m³** mensalmente.

Do total mensal de esgoto, foram lançados inadequadamente **76.438,5 m³**, **489.200,4 m³** em fossas e **290.814,0 m³** na rede geral (quadro 57).

Origem	meio	segundo	diária	mensal	anual
Rede geral	urbano	0,111	9.561,0	290.814,0	3.489.767,5
	rural	-	-	-	-
	total	0,111	9.561,0	290.814,0	3.489.767,5
Fossa	urbano	0,180	15.570,8	473.611,3	5.683.335,9
	rural	0,006	512,5	15.589,0	187.068,4
	total	0,186	16.083,3	489.200,4	5.870.404,3
Esgoto inadequado	urbano	0,025	2.185,4	66.471,8	797.662,1
	rural	0,004	327,7	9.966,7	119.600,3
	total	0,029	2.513,0	76.438,5	917.262,4
Total geral		0,326	28.157,4	856.452,8	10.277.434,2
Efluentes nos corpos hídricos*		0,140	12.074,10	367.252,50	4.407.029,90

Quadro 57: SS: Produção de esgoto (m³)

*Nota: rede geral + esgoto inadequado

- Produção de esgoto no TLP

Nos **TPL** a maioria dos domicílios, 142.224 (60% do total), utilizou como esgotamento sanitário a fossa. Interligados à rede geral ou galerias pluviais estavam 86.283 domicílios (36%). Despejaram efluentes diretamente no meio físico 9.726 domicílios (4%) (quadro 58).

TPL	Domicílios	Rede geral ou galeria pluvial	Fossa	Esgoto inadequado
Fortaleza	244.582	86.275	141.015	9.682
Maracanaú	1738	8	1209	44
Total	246.320	86.283	142.224	9.726

BRM - TLP - Esgoto - 2000

60% 4% 36%

■ Rede geral ou galeria pluvial ■ Fossa ■ Esgoto inadequado

Quadro 58: TPL: Esgotamento sanitário (2000)

Fonte: Brasil (2001)

No **TPL** foram produzidos em média **2,529 m³/s** de esgoto. **8.739,1 m³** por dia e **6.645.365,3 m³** por mês. Dos totais, 40% aportaram diretamente nos corpos hídricos.

Mensalmente são lançados **26.581,6 m³** de forma inadequada, **3.987.219,2 m³** em fossas e **2.392.331,5 m³** na rede geral (quadro 59).

Origem	segundo	diária	mensal	anual
Rede geral (36%)	0,910	78652,0	2392331,5	28707977,7
Fossa (60%)	1,517	131086,7	3987219,2	47846630,5
Esgoto inadequado (4%)	0,101	8739,1	265814,6	3189774,9
Total	2,529	218477,8	6645365,3	79744383,1
Efluentes nos corpos hídricos*	1,011	87391,1	2658146,1	31897752,6

Quadro 59: TPL: Produção de esgoto (m³)

*Nota: rede geral + esgoto inadequado

- Relação: vazão natural X vazão artificial (esgoto)

Na **Seção RM – 02³** a vazão de esgoto medida na amostragem foi **0,5 m³/s**, conferindo vazão diária de **43.200 m³** e mensal de **1.314.000 m³** (quadro 60).

Origem	segundo	diária	mensal	anual
Esgoto Doméstico*	0,14	12.180,3	370.484,2	4.445.809,7
Esgoto Industrial**	0,36	30.997,7	942.847,6	11.314.170,7
Esgoto Total***	0,50	43.200,0	1.314.000,0	15.768.000,0

Quadro 60: BRM: Seção RM - 02 - Produção de esgoto (m³) - Lançamento de efluentes nos corpos hídricos

*soma VOSM + SS; *** lançamento no canal do SIDI; ** esgoto total – esgoto doméstico

Na **Seção RM – 03** a vazão de esgoto medida na amostragem foi de **1,51 m³/s**, conferindo vazão diária de **130.591,1 m³** e mensal de **3.972.146,1 m³** (quadro 61).

Origem	segundo	diária	mensal	anual
Esgoto de montante*	0,50	43.200,0	1.314.000,0	15.768.000,0
Esgoto TLP	1,01	87.391,1	2.658.146,1	31.897.752,6
Esgoto Total	1,51	130.591,1	3.972.146,1	47.665.752,6

Quadro 61: BRM: Seção RM - 03 - Produção de esgoto (m³) - Lançamento de efluentes nos corpos hídricos.

*esgoto na seção RM-02

O quadro 62 apresenta a relação entre as vazões medidas na amostragem de campo, considerando a variação sazonal, e as vazões de esgoto estimadas, constantes nos períodos, e, como resultado, a vazão natural estimada.

³ A localização das seções RM-02 e RM-03 estão descritas no Capítulo 3.

Vazões (m³/s)	Seção RM - 02	Seção RM - 03
Vazão medida - estiagem	0,552	1,665
Vazão artificial - esgoto	0,50	1,51
Vazão natural - estiagem	0,052	0,155
Vazão medida - chuva	1,51	4,07
Vazão artificial - esgoto	0,50	1,51
Vazão natural - chuva	1,01	2,56

Quadro 62: BRM: Relação vazão natural X vazão artificial

No período de estiagem as vazões de esgoto estimadas nas seções **RM – 02** e **RM – 03** representaram, respectivamente, **90,6%** e **90,7%** da vazão total (figura 37).

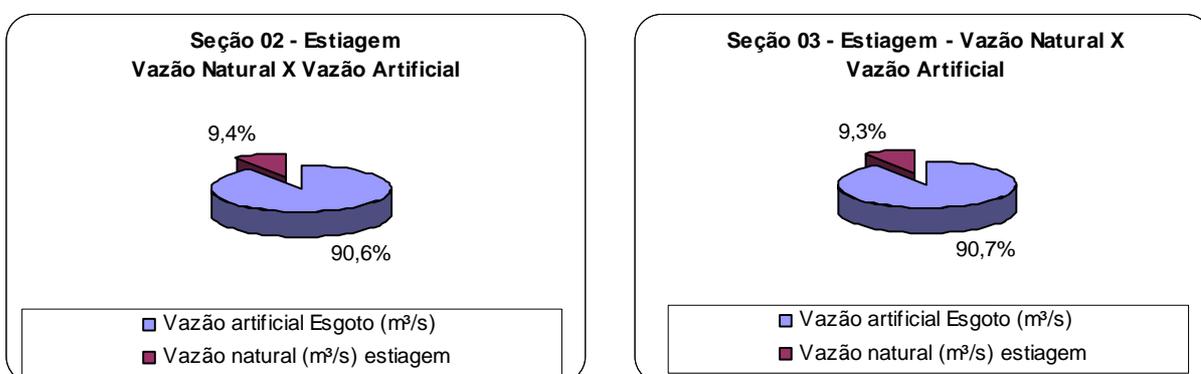


Figura 37: Relação vazão natural X vazão artificial – Período de estiagem

No período chuvoso as vazões de esgoto estimadas nas seções **RM – 02** e **RM – 03** representaram, respectivamente, **33,1%** e **37,1%** da vazão total (figura 38).

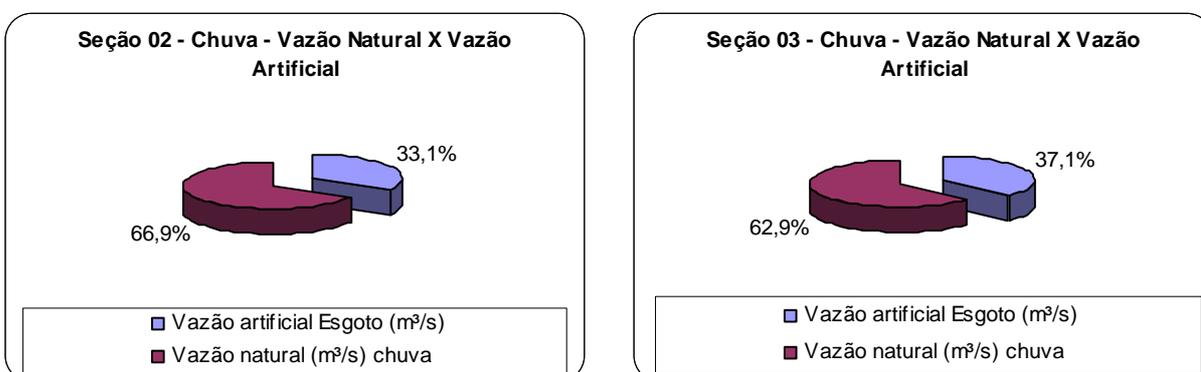


Figura 38: Relação vazão natural X vazão artificial – Período chuvoso

Na estiagem, com diminuição significativa do aporte natural de água à vazão fluvial do Rio Maranguapinho, o corpo hídrico é composto na maioria absoluta por águas artificiais de esgoto, contribuindo amplamente para a degradação ambiental interferindo nos aspectos físico-químicos e ecológicos do ambiente fluvial além do estético.

No período chuvoso, em contrapartida, com o aporte de água natural no ambiente fluvial, ocorre uma atenuação dos efeitos causados pelas águas de esgoto pela maior diluição e velocidade de dispersão o que contribui para oxigenação do corpo hídrico.

8.2.3 Deposição inadequada múltipla de resíduos sólidos domiciliares

Os resíduos sólidos são refugos do consumo de mercadorias, portanto, inerentes à sociedade. No que se refere à proteção ao meio ambiente, necessitam de tratamento específico, principalmente na destinação final.

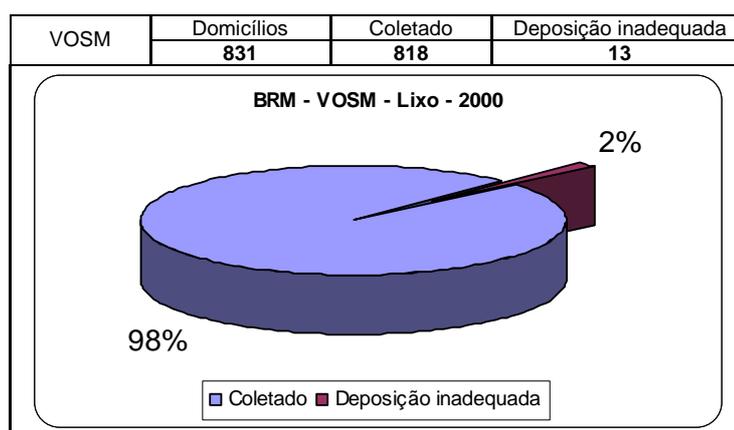
As camadas superficiais dos solos são diretamente afetadas com a deposição inadequada de resíduos. A contaminação dos horizontes mais profundos depende, fundamentalmente, da porosidade do solo, capacidade de troca de íons e capacidade de absorver e precipitar os sólidos dissolvidos.

Tanto nos “lixões” quanto nos aterros sanitários, os solos e as águas podem ser contaminados por microrganismos patogênicos, metais pesados, sais e hidrocarbonetos clorados, contidos no chorume.

Quando o lixo é incinerado os gases liberados podem conter dioxinas além de outros poluentes atmosféricos perigosos (BRASIL, 2004).

a) Produção de resíduos sólidos na VOSM

Dos **831** domicílios da **VOSM** em 2000, **818** (98%) eram atendidos pelo serviço de coleta de lixo. Somente 13 domicílios (2%) depositaram os resíduos de forma inadequada (quadro 63).



Quadro 63: VOSM: Destino do lixo (2000)

Fonte: Brasil (2001)

Na **VOSM** a produção diária de lixo é de **1.410,4** kg, totalizando no mês **42.899,7** kg em média. Depositados de forma inadequada por dia são **28,21** kg, e, mensalmente, **858** kg (quadro 64).

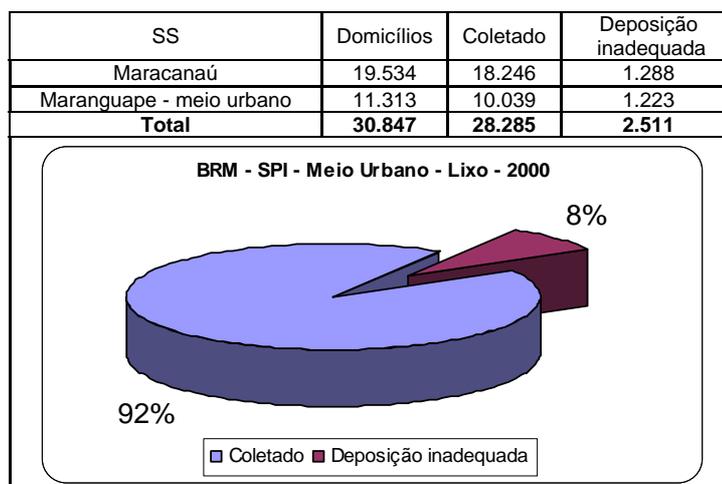
DESTINO	DIÁRIA	MENSAL	ANUAL
Coletados (98%)	1.382,19	42.041,67	504.500,08
Depósito inadequado (2%)	28,21	857,99	10.295,92
TOTAL	1.410,40	42.899,67	514.796

Quadro 64: VOSM: Produção de resíduos sólidos (kg)

b) Produção de resíduos sólidos nos SS

Na **SS** 28.285 domicílios contaram com coleta regular do lixo (92% do total) (quadro 65).

Os 2.511 domicílios restantes (8%) destinaram o lixo de forma inadequada: incineração do lixo na propriedade; lançamento em terrenos baldios, logradouros, rios e lagoas; e enterram na propriedade.



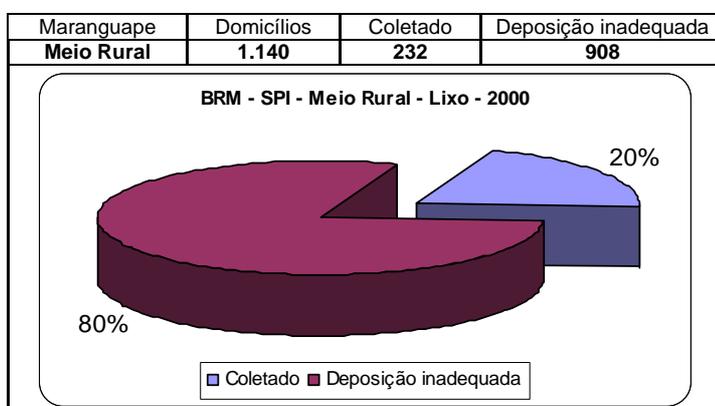
Quadro 65: SS: Meio urbano - Destino do lixo (2000)
Fonte: Brasil (2001)

No meio urbano dos **SS** foram produzidos em média por dia **62.908** kg de lixo e por mês **1.913.451,7** kg. De forma inadequada foram depositados mensalmente **153.076,14** kg (Quadro 66).

DESTINO	DIÁRIA	MENSAL	ANUAL
Coletados (92%)	57.875,36	1.760.375,60	21.124.506,00
Depósito inadequado (8%)	5.032,64	153.076,14	1.836.913,60
TOTAL	62.908,00	1.913.451,74	22.961.420

Quadro 66: SS: Meio urbano - Produção de resíduos sólidos (kg)

No meio rural dos **SS** somente **232** domicílios (20%) tiveram o lixo coletado, enquanto **908** domicílios (80%) destinaram os resíduos sólidos na forma inadequada (quadro 67).



Quadro 67: SS: Meio rural - Destino do lixo (2000)
Fonte: Brasil (2001)

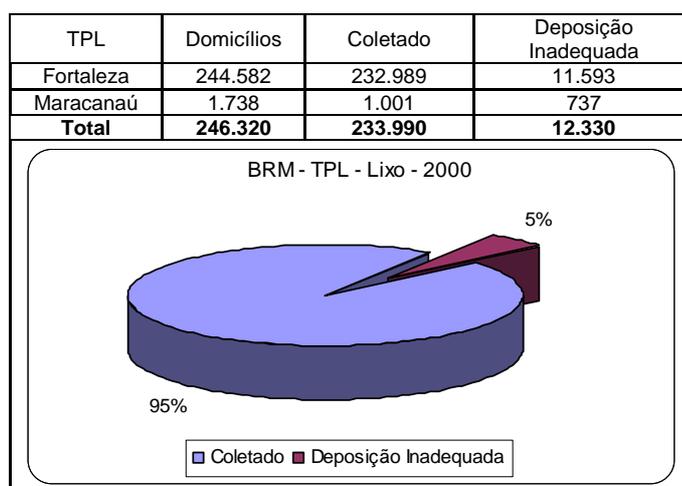
A produção de lixo diária no meio rural dos **SS** somou **4.571** kg, com média mensal de **139.040,7** kg. O lixo depositado inadequadamente por mês somou **111.232,5** kg (quadro 68).

DESTINO	DIÁRIA	MENSAL	ANUAL
Coletados (20%)	914,24	27.808,13	333.697,60
Depósito inadequado (80%)	3.656,96	111.232,54	1.334.790,40
TOTAL	4.571,20	139.040,67	1.668.488,00

Quadro 68: SS: Meio rural - Produção de resíduos sólidos (kg)

c) Produção de resíduos sólidos no TLP

Nos **TPL** a coleta regular foi realizada em **233.990** domicílios (95% do total). Os domicílios que destinaram os seus resíduos de forma inadequada somaram **12.330**, (5%) (quadro 69).



Quadro 69: TPL: Destino do lixo (2000)
Fonte: Brasil (2001)

Os resíduos produzidos por dia no **TPL** somaram **710.134** kg. Foram produzidos mensalmente, em média, **21.599,91** kg. Do total mensal foram depositados inadequadamente **1.079.995,3** kg (quadro 70).

DESTINO	DIÁRIA	MENSAL	ANUAL
Coletados (95%)	674.627,21	20.519.911	246.238.929,35
Depósito inadequado (5%)	35.506,70	1.079.995,3	12.959.943,65
TOTAL	710.133,90	21.599.906	259.198.873

Quadro 70: TPL: Produção de resíduos sólidos (kg)

8.3 Principais alterações físicas com influência no ambiente fluvial do curso principal da BRM

As alterações físicas na paisagem são marcas visíveis dos impactos ambientais efetivados. Uma vez promovidas, contribuem para a produção de outros impactos, constituindo uma relação sistêmica.

8.3.1 Retirada da cobertura vegetal das vertentes e da mata ciliar

Na **BRM** a retirada da cobertura vegetal é prática comum em todos os sistemas ambientais, sendo mais intensiva nas áreas urbanas.

O desmatamento é necessário para a instalação dos equipamentos urbanos. Contudo, na bacia o processo é indiscriminado, principalmente em Fortaleza, com a devastação quase que total da mata de tabuleiro e das matas ciliares do Rio Maranguapinho e afluentes.

Na **BRM** o desmatamento desencadeia processos críticos de alteração em setores suscetíveis à erosão. Na **VOSM** o desmatamento em função do cultivo da banana gera riscos de erosão de grande magnitude, como deslizamentos de terras, principalmente, no período chuvoso.

Na **SS** o desmatamento é intenso, em função, principalmente, da pecuária bovina semi-extensiva. As vertentes desmatadas são fontes de sedimentos que assoreiam o Rch da Tangureira e seus principais afluentes.

Na **PFM** o manguezal vem sendo gradativamente devastado, primeiramente com a instalação das salinas (atualmente desativadas) e na seqüência com aterros e ocupação urbana de baixa renda.

A retirada da mata ciliar em toda extensão do curso principal da bacia é a alteração mais significativa. Expõe os sedimentos marginais do canal fluvial aos processos erosivos e retira o anteparo natural dos sedimentos erodidos das vertentes à montante.

Em Fortaleza constatou-se a degradação completa da mata ciliar do Rio Maranguapinho. Em Maracanaú a margem esquerda (montante-jusante) está parcialmente degradada, devido à baixa ocupação urbana, mas, a margem direita está totalmente desmatada.

No Rch da Tangureira a mata ciliar encontra-se parcialmente degradada. Quanto mais para montante maior a conservação das matas, onde se constatou bosques com árvores de até 10m de altura intercalados por clareiras ocupadas pelo gado.

8.3.2 Assoreamento dos canais fluviais

A principal alteração física dos canais fluviais da **BRM** é o assoreamento, verificado no curso principal e em todos os afluentes.

Ocasionado pelos sedimentos provenientes das vertentes desmatadas ou impermeabilizadas o assoreamento dos canais altera a morfologia da calha do Rio Maranguapinho em toda extensão. É atenuado pela exploração de areia em Maracanaú.

Em Fortaleza o assoreamento do Rio Maranguapinho e afluentes conta com a adição de resíduos sólidos aos sedimentos dispostos. No período de estiagem observou-se, em toda extensão do rio, a formação de bancadas de areia incrementadas com materiais descartados de toda natureza.

No Rch da Tangureira o assoreamento do canal também é generalizado, e se acentua a montante das barragens, onde se formam extensas camas arenosas com desníveis perceptíveis de altura do canal antes e depois dos barramentos.

Os depósitos formados pelos sedimentos acumulados retificam a calha do riacho sendo difícil à identificação do talvegue em alguns trechos.

O assoreamento aumenta o acúmulo de lixo no canal fluvial, além do mais, amplia os efeitos das enchentes no período chuvoso, proporcionando situação de risco nos trechos densamente ocupados por grupos sociais de baixa renda.

8.3.3 Impermeabilização generalizada das vertentes

Grande parte da **BRM** tem ocupação urbana. Nesse contexto, Fortaleza encontra-se, praticamente, toda impermeabilizada.

O meio urbano de Maracanaú ocupa densamente as vertentes à direita do curso principal (montante-jusante) e Maranguape apresenta urbanização principalmente na sede municipal, mas, também, na sede do Distrito de Sapupara.

A impermeabilização das vertentes da bacia quando não acompanhadas por uma eficiente infra-estrutura de drenagem urbana influencia diretamente no escoamento fluvial, principalmente, pela aceleração da velocidade do aporte de água pluvial nos rios.

As superfícies impermeabilizadas interferem na capacidade de infiltração das águas no solo e aumenta a velocidade do escoamento superficial, provocando, conseqüentemente, o aumento do volume de água escoando no rio por unidade de tempo. Esse processo provoca erosão das margens fluviais desmatadas e não pavimentadas e contribui para o aumento da amplitude das enchentes.

Exemplo desse processo ocorre em Fortaleza, onde as enchentes do Rio Maranguapinho e afluentes atingem níveis mais ampliados em relação aos municípios à montante.

8.3.4 Erosão das margens pelo escoamento superficial

No meio rural as vertentes desmatadas proporcionam o aumento da velocidade do escoamento superficial, mesmo processo ocasionado no meio urbano pelas superfícies impermeabilizadas.

No Rch da Tangureira e no Rio Maranguapinho (curso principal da bacia) foram constatados ravinamentos nas bordas dos canais (figura 39) provocados pelo escoamento acelerado das águas das vertentes à montante que atingem as margens desmatadas.

Além de provocado pelas altas velocidades do escoamento superficial a ausência de proteção em função da retirada da mata ciliar tem importância fundamental nesse processo. A erosão provocada nas margens é mais uma fonte de sedimentos que assoreia os canais fluviais.

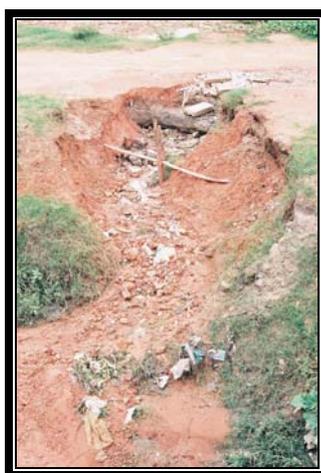


Figura 39: Ravina na margem esquerda (montante-jusante) do Rio Maranguapinho (Fortaleza: bairro Genibaú)

8.3.5 Barramentos

Na **BRM** vários cursos d'água têm as águas utilizadas como recurso. O aproveitamento é realizado, principalmente, através dos pequenos barramentos.

Foram constatados diversos tipos de barramentos, desde o açude simples que armazena, relativamente, grande quantidade de água, aos barramentos tipo trincheira, construído à base de sacos de areia compactada.

Os principais afluentes do curso principal provenientes das vertentes mais à montante da Superfície Sertaneja são barrados e dão origem aos principais açudes da **BRM**. Dentre eles destaca-se o Rch Sapupara.

Na Serra de Maranguape o curso dos Riachos Gavião e Pirapora são densamente interceptados por pequenos barramentos.



Figura 40: Barragens no meio rural de Maranguape: a) (esquerda) Barragem de sacos de areia no Rch Sapupara; b) (direita) Barragem de concreto no Rch da Tangueira

O Rch da Tangueira (meio rural de Maranguape) possui uma série de barragens construídas para abastecimento das propriedades rurais. Foram constatadas pelo menos cinco barragens de concreto num percurso de 10 km. A água é utilizada, principalmente, para a criação do gado bovino (figura 40).



Figura 41: Erosão marginal no Rch da Tangureira, imediatamente à jusante de uma barragem (meio rural de Maranguape).

As barragens, além de servirem como reservatórios de água interceptam grande quantidade de sedimentos que se acumulam resultando na inutilização das mesmas. No mais, modificam o balanço hidrossedimentológico, provocando em trechos de meandros, a jusante, focos de erosão marginal (figura 41).

8.3.6 Ocupação urbana em APP

No meio urbano dos municípios que ocupam a **BRM**, principalmente, em Fortaleza, as Áreas de Proteção Permanente (APP) referentes aos corpos hídricos fluviais são desrespeitadas no que se refere à ordenação de sua ocupação. As áreas encontram-se, geralmente, desmatadas e ocupadas por grupos sociais de baixa renda.

Em Fortaleza praticamente a totalidade das APP referentes ao Rio Maranguapinho estão ocupadas por favelas e indústrias, que se instalaram sem considerar a legislação pertinente.

As ocupações residenciais de baixa renda estão sujeitas a ação da hidrodinâmica natural que, periodicamente, provoca o extravasamento do escoamento fluvial para além da calha do rio (enchentes), conferindo às ocupações a denominação de “áreas de risco” (figura 42).

Em Maracanaú, na margem direita (montante-jusante) do Rio Maranguapinho observou-se uma densa ocupação urbana da APP, inclusive compartilhada com atividades rurais (vacarias e pocilgas).

Em Maranguape a maior evidência de ocupação da APP ocorre no Rch Pirapora. Esse processo é denso no Centro da cidade, formado por residências, comércios e indústrias.

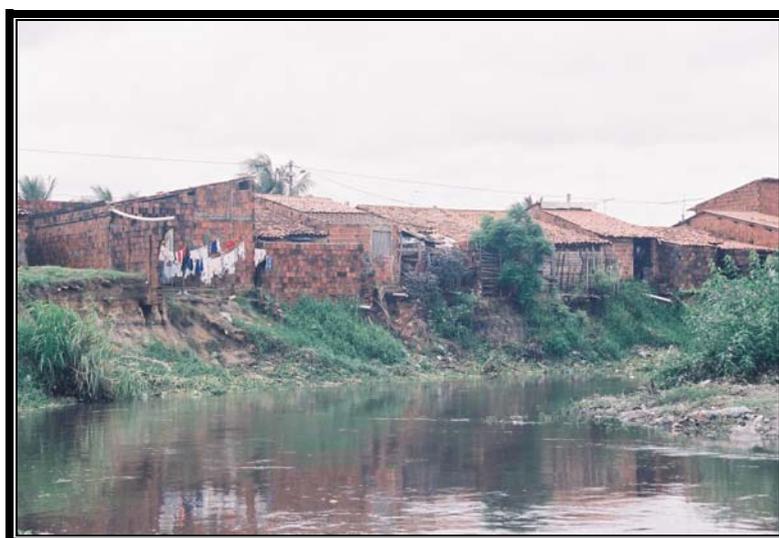


Figura 42: Ocupação da APP do Rio Maranguapinho (Fortaleza: bairro Genibaú)

8.3.7 Aterro da planície fluvial e flúvio-marinha para construção urbana

Nos casos de ocupação urbana em APP na **BRM** ocorreu, primeiramente, o aterro da planície fluvial para servir de substrato à construção residencial e das unidades industriais. O aterramento é generalizado não só nas planícies fluviais mas, também, na planície flúvio-marinha.

Grande parte da planície fluvial do Rio Maranguapinho em Fortaleza foi alterada por aterros, transformadas em vales com taludes de até 5m, descaracterizando, portanto, a morfologia natural.

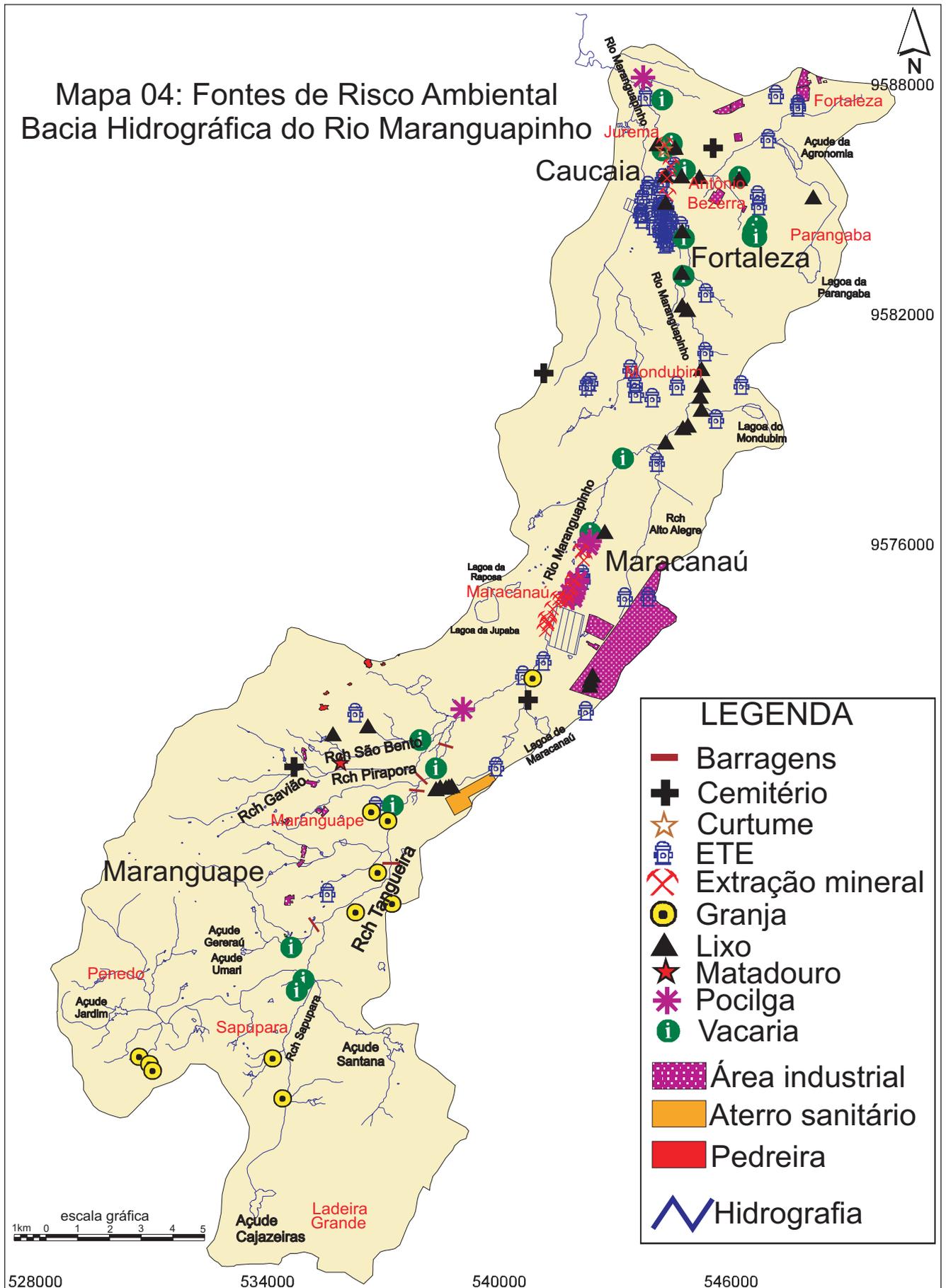
A feição produzida no ambiente fluvial pelos aterros provoca o estrangulamento do canal em alguns trechos. Esse processo tende a diminuir, momentaneamente, a velocidade do fluxo, elevando o nível das águas a montante dos pontos estrangulados. Logo a jusante aumenta a velocidade da corrente bruscamente.

A elevação do nível das águas em função o estreitamento do canal contribui para a acentuação da amplitude das enchentes de forma localizada mas com efeitos sinérgicos pela soma de todos os pontos estrangulados. O aumento da velocidade a jusante dos pontos estrangulados reativa, em alguns trechos, processos erosivos laterais e de fundo.

A distribuição espacial das principais fontes de risco de impacto ambiental na **BRM** está presente no mapa 04.

Mapa 04 – FONTES DE RISCO AMBIENTAL

Mapa 04: Fontes de Risco Ambiental Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho



9 CONCLUSÕES

A Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho é ocupada pelos municípios de Maranguape, Maracanaú, Fortaleza e Caucaia.

Os processos de degradação ambiental na bacia intensificaram-se nas últimas três décadas em função da expansão urbano-industrial sem eficiência nos investimentos em saneamento básico e planejamento ambiental .

No meio rural, a pecuária na Superfície Sertaneja e a monocultura da banana na Vertente Oriental da Serra de Maranguape, são os principais contribuintes para a degradação.

O balanço hídrico da **BRM** registrou superávit de janeiro a junho e déficit de julho a dezembro. No ano o balanço apresenta-se negativo (-77,4mm). As características climáticas da bacia conferem um clima sub-úmido a úmido com temperaturas elevadas, com pequena amplitude anual, e deficiência hídrica moderada a baixa.

O mosaico geoambiental da **BRM** apresentou significativa variabilidade: Vertente Oriental da Serra de Maranguape (**22,94km²/10,7%** da bacia), Vertente Ocidental da Serra da Aratanha (**10,64km²/4,95%** da bacia); Superfície Sertaneja (**107,16km²/49,9%** da bacia), Tabuleiros Pré-litorâneos (**44,07km²/20,5%** da bacia); Planícies Fluviais (**26,03km²/12,12%** da bacia) e Planície Flúvio-marinha (**3,96km²/1,84%** da bacia).

O uso e ocupação dos sistemas geoambientais da **BRM** é realizado por meio urbano com alta densidade residencial e significativo contingente comercial e industrial

e meio rural com amplas áreas destinadas à extração mineral, pecuária, monoculturas comerciais e agricultura de subsistência.

Em função do relacionamento dos aspectos naturais com o uso e ocupação a **BRM** apresentou moderada vulnerabilidade à erosão dos solos. Obtendo valor de **5,8** numa escala de 1 a 10, a partir da média dos sistemas ambientais.

A **BRM** era ocupada em 2000 por uma população de **1.156.010** habitantes distribuídos em **279.138** domicílios (**99,38%** urbanos e **0,62%** rurais). Em Fortaleza **87,1%**, **7,9%** em Maracanaú e **5,0%** em Maranguape.

A densidade demográfica média alcançou **5.337,3** hab/km², **16.197,7** hab/km² em Fortaleza, **2.341,9** hab/km² em Maracanaú e **514,4** hab/km² em Maranguape.

A área da **BRM** é **214,8**km² com perímetro de **108,3**km. Possui forma retangular com comprimento médio de **28,79**km e largura média de **12,56**km. O curso principal é formado pelo Rio Maranguapinho (**17,05**km) e o Riacho da Tangureira (**6,36**km) somando **23,41**km de extensão.

Destacam-se os Riachos Sapupara, Jardim e Alto Alegre (nascentes nos sertões); Riachos Gavião, Pirapora e São Bento (nascentes na serra) e Riacho Cachoeirinha (nascente nos tabuleiros).

A **BRM** tem regime intermitente sazonal com escoamento fluvial verificado somente de janeiro a junho, desaguando no Rio Ceará, portanto, com comportamento endorréico.

Apresenta canais do tipo retilíneo no alto e médio curso e meandrante no baixo curso, padrão de drenagem dendrítico nos terrenos cristalinos e paralelo nos terrenos sedimentares. No mais, possui **75** lagoas e **52** açudes.

De acordo com a hierarquia fluvial a **BRM** possui **80** canais de primeira ordem, **25** de segunda ordem, quatro de terceira ordem e um de quarta ordem. De acordo com a classificação de Strahler, a bacia possui **80** canais

A partir dos resultados da análise linear da rede hidrográfica há uma melhor distribuição espacial entre os canais de primeira e segunda ordem, enquanto que entre os canais de segunda e terceira e desses com o de quarta ordem ocorre uma sobrecarga nos canais de ordem superior.

No mais, a extensão do percurso superficial médio da **BRM**, distância percorrida pelas enxurradas entre o topo do interflúvio e o canal permanente, é de **0,85**km ou **850**m, relativamente muito curta.

Os resultados da análise areal da rede hidrográfica atestaram baixos valores de densidade de rios, drenagem e segmentos da bacia, conferindo má distribuição da água precipitada no espaço.

Com a análise linear e areal da rede hidrográfica conclui-se que o rio principal recebe rapidamente e concentra por uma maior extensão no curso grandes volumes d'água provenientes de toda bacia, assim como, os efluentes lançados.

Há uma intensificação do escoamento fluvial no curso principal no período chuvoso propiciando volumes extremos causadores de enchentes e rápida concentração dos efluentes líquidos artificiais, principalmente esgoto, na estiagem, poluindo os corpos hídricos.

A configuração da rede hidrográfica da **BRM** confere uma elevada suscetibilidade a eventos hidrológicos extremos (enchentes) assim como poluição das águas do curso principal.

A vazão média da **BRM** de acordo com informações secundárias varia entre **1,8 e 2,1 m³/s/ano**. A partir da Fórmula de **Iszkowski** aplicada por sistemas ambientais a vazão média calculada foi de **1,152 m³/s/ano**.

As estimativas pontuais da vazão da bacia medidas nas seções, considerando os períodos chuvoso e de estiagem de 2005, registraram vazões no período chuvoso de **0,01m³/s** na seção Rch Sapupara, **0,98m³/s** na seção RM-01, **1,51m³/s** na seção RM-02 e **4,07m³/s** na seção RM-03.

No período de estiagem registraram vazões de **0,004m³/s** na seção RM-01, **0,552** na seção RM-02 e **1,665** na seção RM-03.

As principais fontes pontuais de risco de impactos ambientais são as lagoas de estabilização, estação de tratamento de esgoto, aterro sanitário, focos de lixo, indústrias instaladas em APP, equipamentos de atividades pecuárias e sítios de extração mineral próximos aos corpos hídricos.

As LEE's, ETE's, currais, pocilgas, granjas, matadouros, curtumes, etc. lançam efluentes de natureza orgânica que geralmente alcançam os corpos hídricos da bacia com elevado potencial poluidor da água, contribuindo para elevação do DBO, redução OD, eutrofização, etc.

O aterro sanitário de Maracanaú e os diversos focos de lixo distribuídos, indiscriminadamente, pela bacia produzem chorume que aportam aos cursos fluviais através da lixiviação dos solos com elevado potencial de poluição orgânica e química das águas.

As indústrias instaladas em APP geralmente lançam seus efluentes nos corpos hídricos adjacentes. O esgoto industrial tem elevado potencial de poluição química das águas, assim como, os resíduos sólidos dispostos no solo.

Na extração mineral, grandes quantidades de material sólido em suspensão são destinadas aos corpos hídricos, elevando a turbidez e interferindo nos ecossistemas aquáticos. Essa atividade altera em grande parte o relevo, principalmente, margens e canais fluviais.

As principais fontes difusas de risco de impactos ambientais são: a atividade agropecuária, lançamento de esgoto domiciliar e a deposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares.

A pecuária e a agricultura no meio rural de Maranguape desmataram a maior parte da vegetação nativa da **SS**, **VOSM** e **PF** embutidas na **SS**. Em muitos casos, desconsideram a inclinação do relevo. Contribuem significativamente para a erosão das vertentes que ocupam, produzindo grandes quantidades de sedimentos que assoreiam os canais fluviais, principalmente o Rch da Tangureira.

Os dejetos animais e os agrotóxicos utilizados na agricultura são geralmente lixiviados pelo escoamento superficial e alcançam os corpos hídricos juntamente com os sedimentos, com elevado potencial de poluição orgânica e química, respectivamente.

O lançamento de esgoto domiciliar contribuiu com grande carga orgânica aos corpos hídricos da **BRM**. Em 2000, foram lançados através dos domicílios da **VOSM** 0,00123m³/s de esgoto, 0,14m³/s na **SS** e 1,011m³/s nos **TPL**. Ambos contribuíram com 1,15m³/s para poluição das águas da bacia.

Relacionando as vazões de esgoto produzido com as vazões obtidas na amostragem pontual realizada nas seções fluviais de monitoramento obteve-se a comparação entre a vazão natural e a vazão artificial da **BRM** nos períodos chuvoso e estiagem.

No período de chuvoso as vazões naturais nas seções RM-02 e RM-03 foram de 66,9 e 62,9%, respectivamente, e as artificiais, 33,1 e 37,1%. A poluição orgânica foi atenuada pela diluição do esgoto pelas águas naturais.

No período de estiagem as vazões naturais nas seções RM-02 e RM-03 foram de 9,4 e 9,3%, respectivamente, e as artificiais, 90,6 e 90,7%. Com grande risco de poluição orgânica pela predominância de esgoto nos corpos hídricos.

A deposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares em 2000 na **BRM** contribuiu com 28,21 kg/dia de lixo através dos domicílios na **VOSM**, 5.032,64kg/dia no meio urbano da **SS**, 3.656,96kg/dia no meio rural da **SS** e 35.506,7 kg/dia nos **TPL**, totalizando 39.191,87kg/dia.

As principais alterações físicas com influência no curso principal da **BRM** foram: a retirada da cobertura vegetal, o assoreamento dos canais, a impermeabilização generalizada das vertentes, erosão das margens, barramentos sucessivos, ocupação urbana em APP e aterros das planícies fluviais e flúvio-marinhas.

As alterações têm efeitos sinérgicos, contribuindo para a alteração das características geomorfológicas naturais do ambiente fluvial. Observam-se mudanças das formas das planícies, que em alguns casos foram transformadas em vales com taludes de até 5m, formação de ravinas e sulcos de erosão nas margens, retificação das calhas em alguns trechos e geração de bancadas de areia em outros, estrangulamento do canal fluvial, etc.

A **BRM** possui características naturais diferenciadas distribuídas em pequena área, propiciando condições geoambientais variadas com respostas diferenciadas às intervenções técnicas da sociedade.

A dinâmica hidrológica e os aspectos hidrográficos propiciam a intensificação de processos climáticos extremos, resultando, principalmente, em enchentes no curso

principal, assim como, a concentração rápida de esgoto e outros materiais com potencial poluidor.

A degradação ambiental da **BRM** é explicada pela dinâmica do uso e ocupação dos sistemas geoambientais:

- Na maior parte por população de baixa renda, sem acesso a condições satisfatórias de moradia e saneamento básico, ocupantes de, praticamente, metade da quinta maior cidade do Brasil (Fortaleza);
- Maior concentração industrial do Ceará e maior lagoa de estabilização de efluentes da América Latina (em Maracanaú)
- Uma das maiores áreas de pecuária leiteira do Estado (em Maranguape), etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

ABRÃO, P.C.; OLIVEIRA, S.L. **Mineração**. Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. vol.4. (pág. 432-438), 1991.

ARQUIDIOCESE DE FORTALEZA. Centro de Defesa e Promoção dos Direitos Humanos (CDPDH). **Problemática de moradias em áreas urbanas de risco em Fortaleza**. Fortaleza, 2001.

ARRUDA, L. V. **Serra de Maranguape-CE: ecodinâmica da paisagem e implicações socioambientais**. 2001. Dissertação de mestrado (Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA). Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza-CE.

BASTOS, A.C.S.; FREITAS, A.C. **Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental**. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. Avaliação e perícia ambiental. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra, São Paulo. Nº13. Universidade de São Paulo (USP) - Instituto de Geografia, 1972.

BIGARELA, J.J.; SUGUIO, K. **Ambiente fluvial**. 2 Ed. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina; Editora da Universidade Federal do Paraná; Florianópolis, Curitiba, 1990.

BOTELHO, R.G.M.; SILVA, A.S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental**. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRANDÃO, R. L. **Mapa geológico da Região Metropolitana de Fortaleza**. CPRM, Fortaleza, 1995.

BRANDÃO, R. L. et al. **Sistema de informações para administração territorial da Região Metropolitana de Fortaleza (SINFOR): Diagnóstico geoambiental e os problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza: CPRM, 1995.

_____. **Zoneamento geoambiental da região de Irauçuba - CE. Texto explicativo. Carta geoambiental.** Fortaleza: CPRM, 2003

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo demográfico 2000.** Rio de Janeiro, 2001.

_____. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais (IBAMA) - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº. 001, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em: <[http: www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)>. Acesso em: 06/05/2004.

_____. Fundação Nacional da Saúde (FNS). **Manual de saneamento básico.** 3 Ed. Brasília, 2004.

_____. Ministério de Minas e Energia: Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.24. Fortaleza; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra.** Rio de Janeiro, 1981.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. **Limnologia fluvial: um estudo no Rio Mogi-Guaçu.** São Carlos: Rima, 2003.

CARPI JÚNIOR, S. **Processos erosivos, recursos hídricos e riscos ambientais na bacia do Rio Mogi-Guaçu.** 2001. Tese de doutorado (Curso de pós-graduação em Geociências). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro–SP.

CEARÁ. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SEDURB). **Sistema de tratamento dos efluentes do Distrito Industrial de Fortaleza – Lagos de Estabilização.** Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Fortaleza – Ceará, 1990a

_____. Superintendência do Meio Ambiente do Estado do Ceará (SEMACE). **Proposta de classificação dos rios da Região Metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza, 1990b

_____. Assembléia Legislativa do Estado do Ceará. **Relatório final: Comissão especial das áreas de risco da Região Metropolitana de Fortaleza.** Fortaleza, 2001a.

_____. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Plano de gerenciamento de águas das Bacias Metropolitanas.** Fortaleza: VBA Consultores, 2001b

_____. Secretaria de Infra-estrutura do Ceará (SEINFRA). **Estudos hidrológicos e hidráulicos do *Boulevard Maranguapinho*.** Aguasolos: Fortaleza, 2001c.

_____. Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). **Rio vermelho: o caso do Maranguapinho.** Fortaleza, 2001d.

_____. Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). **Zoneamento ambiental e plano de gestão da área de proteção ambiental (APA) da Serra de Maranguape (CE).** Fortaleza, 2002.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil básico municipal de Fortaleza.** Fortaleza, 2004a.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil básico municipal de Maracanaú.** Fortaleza, 2004b.

_____. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil básico municipal de Maranguape.** Fortaleza, 2004c.

CERRI, L.E.S.; AMARAL, C.P. **Risco geológico.** Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. vol.4. (pág. 301-310), 1991.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 2 Ed., 1980.
_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

NETTO, A.L.C. **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia**. In: Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 4 Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COELHO, M.C.N. **Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa**. In. Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. (org.) Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

COSTA, O.O. **Perfil sanitário do Rio Maranguapinho no Estado do Ceará**. 1998. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE

CUNHA, S.B. **Canais fluviais e a questão ambiental**. In. Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (org.) A questão ambiental: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. **Degradação ambiental**. In: Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (org.) Geomorfologia e meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

DIAS, M.C.O. et al. **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos de atividades produtivas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

FONTELES, H. R. N.; VERÍSSIMO, C. U. V.; COLARES, J. Q. S. **Mapeamento geotécnico da vertente sudeste da Serra de Maranguape (Ceará) com ênfase em movimentos de solo e rochas**. Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. vol.14. (pág.22-32), 2001.

FORTALEZA. Câmara Municipal de Fortaleza. **Relatório final: Comissão especial de acompanhamento das ações sobre as áreas de risco de Fortaleza**. Fortaleza, 2001.

FUNCEME. **Dados de precipitação pluviométrica dos municípios de Fortaleza, Maracanaú e Maranguape** (período 1974 a 2004). Disponível em: <www.funceme.ce.gov.br>. Acesso em: 05 de janeiro de 2005.

GOMES, M. L. **Aspectos hidrológicos, sedimentológicos e impactos ambientais na lagoa costeira do Rio Catu – Aquiraz – Ceará**. 2003. Dissertação de mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia - MAG) – Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza–CE.

GUERRA, A.T.; GUERRA A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

INMET. **Dados das normais climatológicas do município de Fortaleza (período 1961 a 1990)**. Publicação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 1992.

KLEEREKOPER, H. **Introdução ao estudo da limnologia**. 2 Ed. Porto Alegre: Ed. da Universidade / UFRGS, 1990.

LEINZ, V.; AMARAL, S.E.. **Geologia geral**. 14 Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2001.

LIMA, J. S. Q. **Áreas de risco de enchentes na paisagem do Rio Maranguapinho em Fortaleza-Ce: o caso do bairro Parque Genibaú**. 2004. Monografia de Bacharelado. Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza–CE.

MACEDO, R.K. **A importância da avaliação ambiental**. In. Tauk-Tornisielo, S.M.; Gobbi, N.; Fowler, H.G. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2 Ed. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

MARACANAÚ. Prefeitura Municipal de Maracanaú. **Plano diretor de desenvolvimento urbano de Maracanaú**. Maracanaú-CE: Consultoria Nasser Hissa Arquitetos Associados, 1998.

MARANGUAPE. Prefeitura Municipal de Maranguape. **Plano diretor de desenvolvimento urbano de Maranguape**. Maranguape-CE: Consórcio Fausto Nilo / Espaço Plano, 2000.

MORAIS, J.O. **Geologia no planejamento ambiental: impactos na água**. Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza vol.8. (pág. 225-258), 1996.

NASCIMENTO, F.R. **Recursos naturais e desenvolvimento sustentável: subsídios ao manejo geoambiental na sub-bacia do baixo Pacoti - Ceará**. 2003. Dissertação de mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia - MAG). Universidade Estadual do Ceará (UECE). Fortaleza-CE.

OLIVEIRA, W.M. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio Maranguapinho**. 2001. Monografia de bacharelado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE.

PAULA, J.E.A. **Dinâmica e evolução ambiental do baixo curso do rio Cauípe, Caucaia – Ceará**. 2004. Dissertação de mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia - MAG). Universidade Estadual do Ceará (UECE). Fortaleza-CE.

PINHEIRO, L.S. **Compatibilização dos processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos com o uso e ocupação da praia da Caponga – Cascavel – Ceará**. 2000. Dissertação de mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia - MAG). Universidade Estadual do Ceará (UECE). Fortaleza-CE.

PINTO, N.L.S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blücher; Rio de Janeiro: Fundação Nacional de Material Escolar, 1976.

PORTELA, P.O. **Apresentação de trabalhos acadêmicos de acordo com as normas de documentação da ABNT: informações básicas**. Uberaba-MG: Universidade de Uberaba, 2005.

RIBEIRO, A.C.A. **Análise e planejamento ambiental do sistema hidrográfico Papicu/Maceió, Fortaleza–CE**. 2001. Dissertação de mestrado (Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA). Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza–CE.

RIBEIRO, D.M. **Geossistema: sistemas territoriais naturais**. (notas de aula). Universidade Federal de Minas Gerais: Instituto de Geociências (IGC), Departamento de Geografia, Belo Horizonte. (s.d.). Disponível em: <<http://www.sites.uol.com.br/ivairr/dirce.htm>>. Acesso em: 04 de junho de 2002.

RIGOTTO, R.M. **O “progresso” chegou. E agora? As tramas da (in)sustentabilidade e a sustentação simbólica do desenvolvimento**. 2004. Tese de doutorado (Curso de doutorado em Sociologia). Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza-CE.

SALES, L.B.F. **O estudo dos impactos ambientais no baixo curso do Rio Maranguapinho**. 2000. Monografia de bacharelado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-CE

_____. **Análise socioambiental de um segmento do baixo curso do Rio Maranguapinho: relação sociedade e natureza**. 2004. Dissertação de mestrado. (Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA). Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza-CE.

SILVA, A.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RIMA, 2003.

SILVA, Q.D. **Proposta de zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Tibiri, São Luiz–MA**. 2001. Dissertação de mestrado (Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA). Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza-CE.

SILVA, J.B. **Quando os incomodados não se retiram: uma análise dos movimentos sociais em Fortaleza**. Fortaleza: Multigraf, 1992.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Métodos em Questão. Boletim do Instituto de geografia da USP. São Paulo. Nº. 16, 1977.

SOUZA, M.J.N. **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará**. In. Lima, L.C.; Morais, J.O.; Souza, M.J.N. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza: FUNECE, 2000.

_____. **Contribuições ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará**. Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. vol.1, 1988.

SOUZA, Maria Salete de. **Fortaleza: uma análise da estrutura urbana**. Fortaleza, 3º Encontro Nacional de Geógrafos/AGB, 1978.

SPERLING, M.V.; COSTA, A.M.L.M.; CASTRO, A.A. **Esgotos sanitários**. In. Barros, R.T.V. et al. Saneamento. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

TOMMASI, L.R. **Estudo de impacto ambiental**. São Paulo: CETESB: Terragraph artes e informática, 1993

TORRES, H.G. **A demografia do risco ambiental**. In. Torres, H.G.; Costa, H. (org.). População e meio ambiente: debates e desafios. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2000.

TRESSOLDI, M.; CONSONI, A.J. **Disposição de resíduos**. In. Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. vol.4. (pág. 343-360), 1991.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE – SUPREN, 1977.