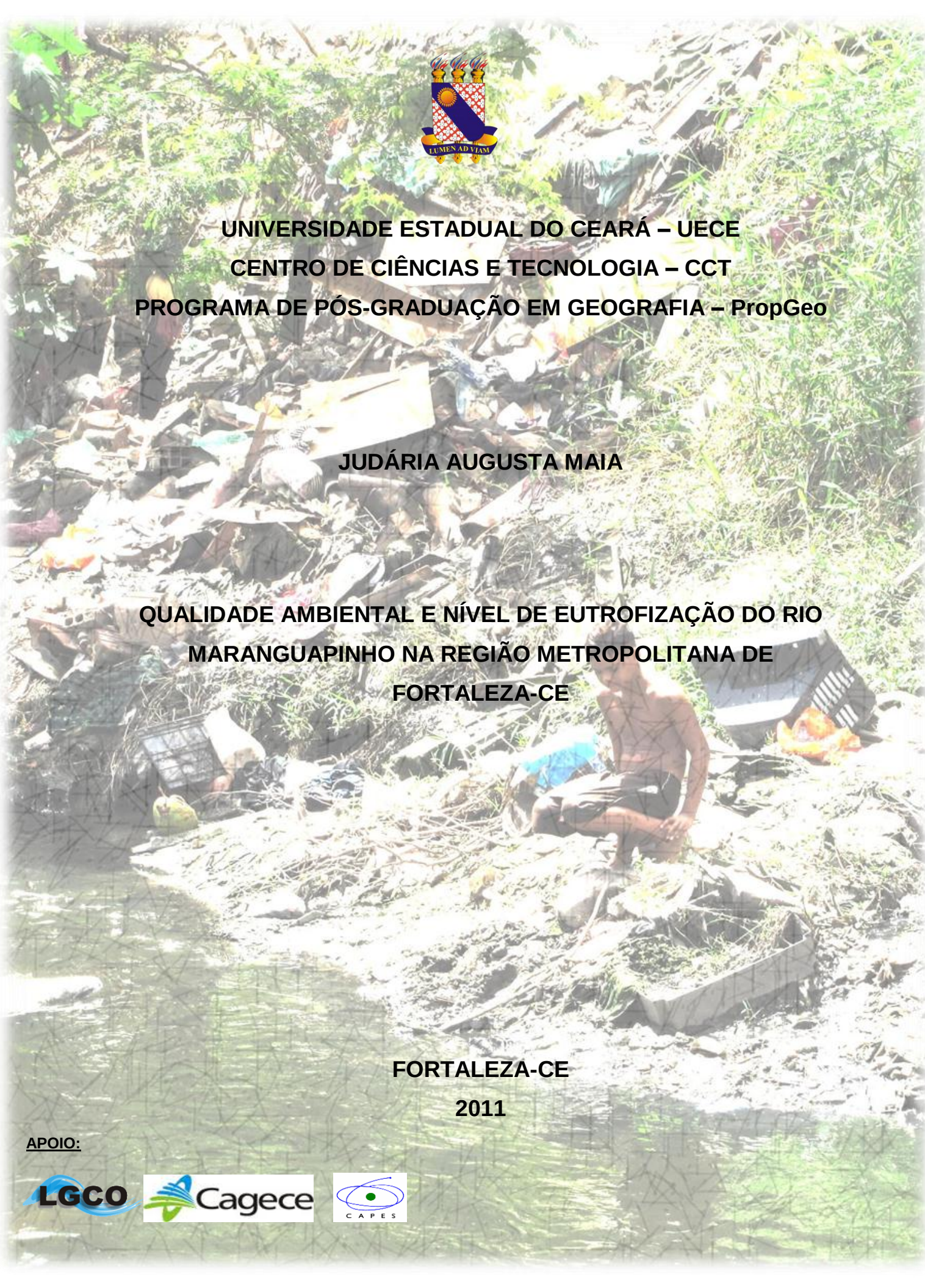


UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – UECE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PropGeo

JUDÁRIA AUGUSTA MAIA

QUALIDADE AMBIENTAL E NÍVEL DE EUTROFIZAÇÃO DO RIO MARANGUAPINHO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA-CE

FORTALEZA-CE

2011

APOIO:

JUDÁRIA AUGUSTA MAIA

QUALIDADE AMBIENTAL E NÍVEL DE EUTROFIZAÇÃO DO RIO MARANGUAPINHO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA-CE

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geografia. Área de concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semiáridas e Litorâneas.

Orientação: Prof[a.] Dr[a.] Lidriana de Souza Pinheiro.

FORTALEZA-CE

2011

M217q Maia, Judária Augusta Maia

Qualidade ambiental e nível de estado trófico do rio Maranguapinho na Região Metropolitana de Fortaleza – CE. / Judária Augusta Maia. — Fortaleza, 2011.

144 p. : il.

Orientadora: Profª. Drª. Lidriana de Souza Pinheiro.

Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia).

1. Rio Maranguapinho. 2. Qualidade da água. 3. Degradação Ambiental. I. Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciência e Tecnologia.

CDD: 363.7

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - CCT
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome da Dissertação: "Qualidade Ambiental e Nível de Eutrofização do Rio Maranguapinho na Região Metropolitana de Fortaleza-CE."

Data da Defesa: 31/03/2011

Nome do Autor: Judária Augusta Maia

Nome do Orientador: Prof. Dr. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientadora – LABOMAR-UFC / UECE)

Trabalho apresentado ao Programa de Pós Graduação em Geografia – CCT/UECE, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia, Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenação do Território nas Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.

BANCA:

Profª. Drª. Lidriana de Souza Pinheiro (Orientadora – LABOMAR-UFC / UECE)

Prof. Dr. Jáder Onofre de Morais (UECE)

Profª. Drª. Adryane Gorayeb Nogueira Caetano (UFC)

Dedico

*Aos meus pais, **Juarez e Dária** pelo exemplo de honestidade, valores e compreensão, a minha irmã **Daniele** pela amizade e os momentos de alegria; a vocês que compartilharam dos meus sonhos, me incentivando e que sempre estiveram do meu lado, dedico com amor e carinho.*

*Ao meu esposo, **Elvis Góis** pelo companheirismo, cuidado, amor e paciência a mim dedicados em todos os momentos de dificuldades, em especial nos momentos de alegria e de boas gargalhadas; a você que acreditou incondicionalmente nos meus sonhos, dedico com amor e respeito.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força, fé e coragem em todos os momentos de dificuldades e por todas as vitórias de minha vida.

A minha orientadora, Professora Lidriana de Souza Pinheiro, a quem devo todo meu respeito, admiração e credibilidade pelo incentivo, orientação, confiança, paciência e dedicação durante toda a minha vida acadêmica e por ter se tornado acima de tudo uma grande amiga, principalmente me ajudando a superar as dificuldades na pesquisa.

Ao Professor Jáder Onofre de Morais, exemplo de dedicação e ética. Agradeço por me acolher no seu grupo de pesquisa, a quem devo a oportunidade de crescimento profissional sempre de forma correta e verdadeira, que contribuiu para meus trabalhos realizados desde a graduação.

À Professora Adryane Gorayeb que colaborou com suas valiosas contribuições para o aperfeiçoamento desta pesquisa.

A toda a equipe do projeto **Monitoramento dos Indicadores de Desempenho Ambiental do Programa Sanear II nos rios Maranguapinho/Siqueira, Cocó e Praias da Zona Leste e Oeste de Fortaleza-Ce**, que colaborou para a realização desta pesquisa.

À Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) pelo apoio financeiro e pelos dados cedidos que subsidiaram a pesquisa.

Ao Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) pelo apoio logístico durante as atividades de campo, laboratoriais e gabinete.

Aos laboratórios de biologia e química da UECE: Laboratório de Carcinicultura, Laboratório de Química de Produtos Naturais, Laboratório de Microbiologia, Laboratório de Química Analítica e Química Ambiental, que contribuíram na realização das análises deste trabalho.

A todos do Programa de Pós-graduação em Geografia (PropGeo), a coordenação, aos professores que contribuíram para a minha formação, as secretárias Júlia e Lúcia que me ajudaram sempre e a todos da turma de 2009 pelo coleguismo e bons tempos vividos.

Aos professores Raimundo Souza e Flávio Nascimento que contribuíram no aprimoramento do projeto desta pesquisa.

Ao motorista Lucinaldo pela atenção, simpatia, amizade e disponibilidade nos trabalhos de campo.

A equipe do LGCO: Aluísio, Silvio “Silvim”, Carlos Farrapeira “Pumba”, Laldiane, Neide, Jorge, Renan Pinheiro, Eduardo, Maciel, Mailton, Patrícia, Guilherme, André e Luciano pelo apoio durante os trabalhos de campo e de laboratório, em especial aos meus adoráveis amigos Davis, Carolina “Carol”, Tatiana “Tati”, João Sérgio e Paulo Henrique “PH” que me ajudaram diretamente na pesquisa.

A querida amiga Marisa “Bigudim” (LGCO) pela amizade, paciência e boa vontade, me auxiliando nos trabalhos gráficos, se dispondo sempre a ajudar.

Ao grande amigo João Capistrano (LGCO), a quem devo a árdua tarefa de coletas de dados em campo, principalmente nas regiões de mais difícil acesso na área de estudo.

Aos meus amigos de sempre e de laboratório: Raquel, Gustavo, Paulo Henrique “PH”, Mariana Navarro, Mariana Aquino, Renan Lima “Remam”, Marisa e o João pelas alegrias, conversas, cinemas, descontração e por torcerem sempre pelo meu sucesso, aqueles que sorriram e choraram comigo.

A amiga Claudia Bezerra e ao Grupo de Interesse Ambiental - GIA, exemplo de conduta e solidariedade, a quem associo grandes contribuições para meu crescimento pessoal e profissional.

A todos da minha família, em especial ao meu tio Isaías, exemplo de dedicação e trabalho, que me incentivou a pesquisa desde o início da minha graduação. Agradeço pelos conselhos e boas conversas nos dias de domingo.

As minhas amigas de infância Manuela e Janilce pela sincera amizade em todos os momentos de minha vida e aos meus amigos da capoeira: “Mestre Peninha”, “Motor”, “Tijubina”, “Jana Bala”, “Manhosa”, “Cacau”, “Marco”, “Gordão”, “Baiano”, “Civaldo”, “Wolverine”, “Maré” e a todos do grupo Água de Beber, pelos bons momentos de descontrações e ótimas rodas de capoeira.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro.

Às Instituições FUNCEME, SRH e COGERH pela cessão de dados hidroclimáticos e material cartográfico.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus prezados agradecimentos.

“Bem aventurado o homem que descobre a sabedoria e adquire inteligência.
Pois adquiri-la vale mais do que a prata, e seu lucro mais que o ouro”.

Provérbios 3:13, 14.

RESUMO

A bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, localizada na Região Metropolitana de Fortaleza a nordeste do estado do Ceará é ocupada pelos municípios de Maranguape, Maracanaú, Caucaia e Fortaleza. O curso principal do rio é marcado pelos múltiplos usos de suas águas, bem como pela ocupação das suas margens. Essas intervenções vêm sendo gradualmente intensificada, sobre tudo pelo crescimento urbano desordenado nas margens do rio, principalmente, no médio e baixo curso. Desse modo, o objetivo do trabalho foi analisar os processos de degradação ambiental que refletem na qualidade ambiental do curso principal, considerando as principais formas de uso e ocupação, associadas ao estado de eutrofização do canal fluvial. Para isso, foram utilizados métodos para integração dos aspectos geoambientais, hidrodinâmicos, condições climáticas, estimativas de nutrientes nas águas superficiais e fontes de poluição hídrica em 8 pontos de monitoramento, distribuídos no médio e baixo curso. Como resultados, notou-se que a morfologia do leito do rio variou, apresentando trechos com afloramentos rochosos no médio curso, enquanto que no baixo curso, o leito apresentou-se assoreado, em decorrência da erosão das margens. Os índices pluviométricos tiveram as maiores concentrações no primeiro semestre, favorecendo o aparecimento de áreas de inundação sazonal e aumento das concentrações de nutrientes para o corpo hídrico, através dos processos de lixiviação do solo. Foram identificadas como principais fontes de poluição: Estações de Tratamento de Efluentes, disposição de resíduos sólidos e de dejetos de animais, atividades de pecuária e, lançamento de efluentes domésticos e industriais. Os principais usos identificados foram: ocupação das margens do canal fluvial, extração mineral, lazer, irrigação, agricultura, pecuária e dessedentação animal. No período chuvoso, os poluentes foram diluídos pelas águas fluviais devido ao aumento do aporte hídrico, no entanto os nutrientes aumentaram, apresentando 21 mg/L de fósforo total e 29,3µg/L de clorofila-a. No período de estiagem, os valores caíram para 1,3 mg/L de fósforo total e 4,7µg/L de clorofila-a, o que comprova a influência das águas pluviais no carreamento desses nutrientes presentes no solo para o canal fluvial. Ainda, nesse período se atenua a poluição por efluentes orgânicos, haja vista o aumento da concentração de esgotos domiciliares decorrente da diminuição substancial do aporte hídrico do rio. Assim, as águas do rio Maranguapinho se apresentaram vulneráveis aos processos de eutrofização, considerando que, o rio pode ter sua capacidade de autodepuração alterada por intervenções humanas, em resposta a elevada quantidade de nutrientes no corpo hídrico. As águas variaram de oligotrófica a hipereutróficas, se apresentando mais eutrofizadas no período chuvoso, exibindo uma ligeira recuperação da qualidade hídrica no período de estio. O uso dos Índices de Estado Trófico para o enquadramento das águas do rio Maranguapinho, conforme o grau de trofia e nutrientes se mostraram satisfatórios, quando relacionados aos aspectos ambientais do rio. Logo, as principais alterações da qualidade hídrica tiveram decorrência dos múltiplos usos inseridos na bacia do rio Maranguapinho. Em função disso, torna-se evidente a implantação de medidas para o uso adequado dos recursos hídricos em questão.

Palavras - chaves: Rio Maranguapinho. Qualidade da Água. Degradação Ambiental.

ABSTRACT

The Maranguapinho river basin, located in Metropolitan Region of Fortaleza in northeastern Ceara is occupied by the Maranguape, Maracanaú, Caucaia and Fortaleza Cities. The main course of the river is marked by multiple water uses, as well as the occupation of its banks. Those interventions have been gradually intensified, mostly by urban sprawl along the river, especially at the middle and the lower courses. So, the objective of this study was to analyze the processes of environmental degradation and the reflections to the environmental quality of the main course, considering the forms of soil uses and occupation, associated to the eutrophication scale in the river. To this end, methods were used for integration of geo-environmental aspects, hydrodynamic, climatic conditions, estimates of nutrients in surface waters and sources of water pollution in eight monitoring points distributed in the middle and lower courses. As a result, it was noted that the morphology of the riverbed varied, with stretches of rocky outcrops in the middle course, while the lower course, the riverbed had silted up, due to the erosion of margins. The rainfall had the highest concentrations in the first halfyear, favoring the appearance of areas of seasonal flooding and increased concentrations of nutrients to the water body, through the processes of leaching. Were identified as major sources of pollution: Stations Wastewater Treatment, disposal of solid waste and animal waste, livestock activities and domestic sewage discharge and industrial. The main uses identified were: occupation to the river's banks, mining, recreation, irrigation, agriculture, livestock and watering animals. In the rainy season, pollutants have been diluted by river water due to increased fluid intake, however the increased nutrients, with 21 mg /L total phosphorus and 29,3 µg/L of chlorophyll-a. In the dry season, the values dropped to 1,3 mg /L total phosphorus and 4,7 µg/L chlorophyll-a, which proves the influence of rainwater to the percolation of nutrients from the soil to the river channel. Also, this period is narrowing organic sewage pollution, given the increase in concentration by household sewage and a substantial decrease of fluid intake from the river. So, the Maranguapinho river is vulnerable to eutrophication processes, whereas the river may have their ability to self-purification altered by human intervention, in response to high amount of nutrients in the water body. The waters ranging from oligotrophic to hypereutrophic, performing more eutrophic in the rainy season, showing a slight recovery of water quality in the period of summer. The use of trophic scale indices for the framing of the river Maranguapinho as the degree of hypertrophy and nutrients were satisfactory, as they relate to environmental aspects of the river. Therefore, the main changes in water quality due to the multiple uses were inserted in the Maranguapinho river basin. As a result, it is clear the implementation of measures for the proper use of water resources in question.

Key - words: Maranguapinho River. Water Quality. Degradation Environmental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Fluxograma metodológico para análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. 38

Figura 2. Fluxograma metodológico para o levantamento do uso e ocupação do solo. Fonte: Adaptado de Morais (2005)..... 44

Figura 3. Garrafa “Van Dorn” utilizada na coleta de amostra de água..... 48

Figura 4. CTD modelo 204 da Sensordata a. c. (STC/CTD) utilizado para coleta de parâmetros físicos na coluna d’água. 48

Figura 5. a) Disco de Secchi, utilizado para análise da transparência da água. b) Mini-correntômetro portátil da Sensordata a.s modelo SD-6000/30 utilizado para coleta de parâmetros hidrodinâmicos..... 49

Figura 6. Seção transversal do rio com indicação para as medições de velocidade da corrente (●) e profundidade do rio para cálculo de vazão. 52

Figura 7. Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho com seção topográfica. Fonte: Modelo Digital do Terreno (MDE) e perfil topográfico extraído a partir de imagens SRTM por Maia (2011). 55

Figura 8. Localização do ponto P8, à jusante da ETE de tratamento de Maracanaú. Foto: Leito do rio Maranguapinho. Nota: ME – Margem Esquerda e MD – Margem Direita. 56

Figura 9. Localização do ponto P7, à jusante da ETE de Maracanaú. Foto: Afloramento de rochas no leito do rio Maranguapinho. 57

Figura 10. Margem direita do canal fluvial do rio Maranguapinho no município de Maracanaú. Foto: Disposição de resíduos de origem doméstica por habitantes..... 58

Figura 11. Vegetação de mata ciliar preservada no município de Maracanaú. Foto: Cobertura vegetal arbórea, arbustiva e presença de carnaúbas..... 59

Figura 12. Localização do ponto P6, próximo ao anel viário da rodovia CE-060. Foto: a) Leito irregular do canal fluvial e afloramentos rochosos; b) Extração mineral no leito do rio Maranguapinho..... 60

Figura 13. Localização do ponto P5, no bairro Bonsucesso no município de Fortaleza. Foto: a) Canal fluvial do rio Maranguapinho na quadra chuvosa; a) Canal fluvial do rio Maranguapinho no período de estio. 61

Figura 14. Descaracterização sedimentológica e assoreamento do canal fluvial. Foto: Acúmulo de resíduos provenientes da construção civil nas proximidades. 62

Figura 15. Acúmulo de resíduos sólidos e poluição orgânica no leito do canal fluvial do rio Maranguapinho por atividades locais. Foto: a) Descarte de destroços de automóveis por sucatas; b) Disposição de restos de animais abatidos em granjas..... 62

Figura 16. Localização do ponto P4, no bairro Bonsucesso. Foto: a) Ocupação da margem esquerda do rio Maranguapinho e plantio de bananeiras e coqueirais por comunidades ribeirinhas; b) Canal fluvial de morfologia sinuosa, coberto por vegetação de mata ciliar. 63

Figura 17. Degradação da qualidade ambiental do rio Maranguapinho. Foto: a) Deposição de resíduos sólidos domésticos às margens do rio; b) Lançamento de efluentes de esgotos domésticos no canal fluvial. 64

Figura 18. Localização do ponto P3, no bairro Autran Nunes, nos períodos de estio e chuva. Foto: a) Leito maior do canal fluvial do rio em quadra chuvosa (março/09); b) Assoreamento do leito do rio Maranguapinho e ocupação da margem esquerda por comunidades ribeirinhas..... 65

Figura 19. Localização do ponto P2, na Av. Mister Hull. Foto a) Plantação de bananeiras à margem direita do rio Maranguapinho; b) Dragagem do canal fluvial realizado trimestralmente pela Prefeitura Municipal de Fortaleza. 67

Figura 20. Leito do canal fluvial do rio Maranguapinho na Av. Mister Hull, no município de Fortaleza. Foto: Disposição de materiais flutuantes e presença de macrófitas (aguapés). 68

Figura 21. Localização do ponto 01 à jusante do FRIFOR no bairro Quintino Cunha. Foto: a) Erosão da margem esquerda e acomodação de moradias por comunidades ribeirinhas; b) Mata ciliar preservada à margem esquerda. 69

Figura 22. Ambiente fluviomarinho, no município de Fortaleza. Foto: Influência da maré a 10 km de distância da foz. 70

Figura 23. Variação sazonal da profundidade nas estações de monitoramento no rio Maranguapinho. 71

Figura 39. Canal fluvial do rio Maranguapinho na quadra chuvosa (bairro Bonsucesso). Foto a) Aumento significativo do aporte hídrico; b) Uso das águas do rio Maranguapinho destinado ao lazer pela população local. 101

Figura 48. Margem direita do rio Maranguapinho no município de Maracanaú. Foto: Disposição de resíduos domésticos e móveis usados..... 109

Figura 49. Margem direita do rio Maranguapinho no bairro Genibaú no município de Fortaleza. Foto: Acúmulo indiscriminado de resíduos sólidos. 110

Figura 52. Restos de animais depositados às margens do rio Maranguapinho. Foto: a) Rejeitos de pequenas granjas localizadas no bairro Bonsucesso; b) Carcaça de animal doméstico (cachorro) em decomposição no bairro Autran Nunes. 113

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Localização da área de estudo..... 41

Mapa 2. Pontos de monitoramento e coleta. 46

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Qualidade da água através do Índice de Estado Trófico (IET)..... 125

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Água doce, de acordo com seus principais usos..... 35

Quadro 2. Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade..... 36

Quadro 3. Pontos de coleta de amostras. Fonte: CAGECE (2009)..... 45

Quadro 4. Coletas de água nos pontos de monitoramento. Nota: Não foi possível fazer coleta (superfície da água coberta de macrófitas)..... 47

Quadro 5. Classificação do Estado Trófico. Fonte: CETESB, 2002. 53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cl-a	Clorofila-a
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEHA	Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FRIFOR	Frigorífico Industrial de Fortaleza
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IET	Índice de Estado Trófico
IETCL-a	Índice de Estado Trófico da Clorofila-a
IET_M	Índice de Estado Trófico Modificado
IET_M Cl-a	Índice de Estado Trófico Modificado de Clorofila-a
IET_M P	Índice de Estado Trófico Modificado de Fósforo
IETP	Índice de Estado Trófico de Fósforo
INPE	Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais
LAQAM	Laboratório de Química Ambiental
LEE	Lagoas de Estabilização de Efluentes
PropGeo	Programa de Pós-graduação em Geografia
NMP	Número Máximo Permitido
OD	Oxigênio Dissolvido
P	Fósforo
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PMF	Prefeitura Municipal de Fortaleza
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos

RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SIDI	Sistema de Esgoto do Distrito Industrial de Fortaleza
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SST	Sólidos Suspensos Totais
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UTM	Universal Transversal de Mercator
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18

2 REFERENCIAL TEÓRICO 21

2.1 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e estudo integrado 21

2.2 Geomorfologia do sistema fluvial 22

2.3 Degradação ambiental e gerenciamento dos recursos hídricos fluviais 24

2.4 Indicadores de qualidade hídrica e ambiental 27

2.5 Índice de estado trófico e balanço de nutrientes 30

2.6 Diagnóstico da qualidade ambiental das águas do rio Maranguapinho 32

2.7 Usos e enquadramento das águas fluviais 33

3 MATERIAIS E MÉTODOS 37

3.1 Localização da área de estudo 39

3.2 Reconhecimento da área em estudo 42

3.3 Geoprocessamento e material cartográfico 42

3.4 Análise das formas de uso e ocupação do solo 43

3.5 Atividades de campo 45

3.6 Atividades de laboratório e gabinete 50

3.6.1 Análise química da água 50

3.6.2 Análise de Solos Suspensos Totais 50

3.6.3 Cálculo de vazão 51

3.7 Integração dos dados 52

3.7.1 Análise dos indicadores de qualidade ambiental 52

3.7.2 Índice de Estado Trófico Modificado (IET_M) 53

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES 54

4.1 Morfologia e caracterização do leito fluvial 54

4.2 Contexto hidroclimático e hidrológico 71
4.3 Transporte de material em suspensão como indicador de degradação 77
4.4 Processo de eutrofização da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho 83
4.4.1 Fósforo total (P) 85
4.4.2 Clorofila-a (Cl-a) 87
4.5 Fatores potenciais de degradação ambiental e impactos 90
4.4.1 Múltiplos usos e enquadramento das águas na bacia do rio Maranguapinho 91
4.5 Indicadores de monitoramento e gestão de rios urbanos 119
4.5.1 Indicadores de qualidade da água 119
5 CONCLUSÃO 127
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 133
7 ANEXO 141
7.1 Anexo 1. Ficha de Campo para Caracterização e Avaliação do Meio Físico 142

1 INTRODUÇÃO

As questões levantadas a respeito do uso racional dos recursos naturais vêm sendo cada vez mais inseridas no contexto das discussões ambientais, tanto quanto no planejamento político e social contemporâneo. A expansão desordenada das grandes cidades impulsionada pelo aumento da população e o crescimento urbano, são fatores responsáveis pela degradação ambiental dos recursos hídricos ali existentes (MOTA, 2008).

Os variados usos múltiplos na bacia hidrográfica, em áreas urbanas ou rurais, são refletidos na qualidade das suas águas. Daí se ressaltar a importância de estudos que elenquem e discutam os aspectos naturais, econômicos e sociais que influenciam na dinâmica dessa unidade ambiental.

Deste modo, as bacias hidrográficas apresentam-se como unidades fundamentais para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento ambiental, se mostrando extremamente vulneráveis as atividades antrópicas (DIETRICH et al., 2004). Identificar a origem dos impactos ambientais, relacionando-os com os aspectos sociais, é fundamental para uma devida gestão e manejo dos recursos hídricos, especialmente em áreas urbanas.

Neste contexto, está inserido o rio Maranguapinho, o qual vem sendo marcado pela intensa ocupação às suas margens e a utilização de suas águas pelos mais diversos usos, a exemplo da irrigação, dessedentação de animais, lançamento de esgotos, dentre outros. Deste modo, é importante considerar o histórico de expansão urbana na área da bacia, principalmente com relação às condições de moradia das populações ribeirinhas.

A área de estudo abrange parte do médio e todo o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, perpassando pelos municípios de Maracanaú e Fortaleza, trecho em que o rio se encontra intensamente impactado de diferentes

formas e magnitude, caracterizando-o como rio urbano. Para Brilhante (1981) apud Ceará (1990a), a degradação no município de Maracanaú vem sendo evidenciada desde o final da década de 70, decorrente dos efeitos da ocupação urbano-industrial em Maracanaú, crescimento urbano e da agropecuária em Maranguape, que incidiam na bacia do rio Maranguapinho.

Em Fortaleza, a ocupação da zona leste se expandiu para as proximidades do rio e a população de baixa renda passou a ocupar as áreas marginais, conforme Silva (1992). A partir da década de 1980, as ocupações urbanas passaram a exercer pressões significativas sobre a planície fluvial do rio Maranguapinho e seus principais afluentes, com desfiguração da paisagem e vegetação original (SEDURB, 1990a).

Atualmente, a bacia do rio Maranguapinho está inserida em um dos contextos socioambientais mais problemáticos e preocupantes da cidade de Fortaleza. Segundo dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Ceará (2011), das 96 áreas consideradas de risco em Fortaleza, 43 estão na bacia do rio Maranguapinho, totalizando uma média de 12.000 famílias afetadas.

Em função disto, estão sendo projetadas obras de requalificação e urbanização ao longo do seu percurso, englobando os municípios de Fortaleza, Caucaia, Maranguape e Maracanaú (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2010). O objetivo principal do projeto seria de recuperar a qualidade ambiental do rio Maranguapinho e reassentar as populações que residem em suas margens até o final do ano de 2011. Desde modo, visando beneficiar aproximadamente 20.000 famílias, com a entrega de 3.480 habitações, distribuídas em 07 conjuntos habitacionais na cidade de Fortaleza, com melhorias na infraestrutura, saneamento, recuperação da mata ciliar e controle das cheias.

As obras realizadas pelo Governo do Estado do Ceará, sob a coordenação da Secretária das Cidades deverá ser financiada pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) do Governo Federal. Vale salientar, que a área aqui estudada terá abrangência por este projeto.

Por isso, avaliar os impactos ambientais e as formas de uso e ocupação na bacia do rio Maranguapinho pode gerar informações inéditas, valiosas e úteis para o controle da degradação hídrica, ambiental e seus efeitos para as populações ribeirinhas.

Considerando-se o exposto, o objetivo principal do presente trabalho é analisar a degradação ambiental das águas do rio Maranguapinho, avaliando as diferentes formas de uso e ocupação da bacia e o estado de eutrofização nesse ambiente, com o intuito de gerar informações úteis à gestão de rios urbanos.

Com intuito de alcançar o objetivo proposto, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

• Compartimentar as Unidades Geoambientais da área demarcada, espacializando a degradação ambiental nas unidades em estudo.

• Avaliar os aspectos naturais e os tipos de usos e ocupação dos sistemas ambientais inerentes na área em estudo e sua contribuição nos processos de degradação ambiental do rio.

• Identificar as principais fontes de poluição pontuais e difusas na bacia de drenagem e sua influência no canal principal, com base nas formas de uso e ocupação e na geomorfologia.

• Analisar a qualidade das águas do rio Maranguapinho por meio do **Índice de Estado Trófico (IET)** da água, nos pontos de monitoramento demarcados em determinados setores na bacia.

Vale ressaltar que, esta pesquisa contou com o suporte financeiro do Projeto **“Monitoramento dos Indicadores de desempenho ambiental do Programa Sanear II nos Rios Maranguapinho/Siqueira, Cocó e Praias da Zona Oeste e Leste de Fortaleza-Ce”,** financiado pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE em parceria com Universidade Estadual do Ceará - UECE.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e estudo integrado

Nos estudos e monitoramentos ambientais, as bacias hidrográficas são caracterizadas como sistemas naturais integrados e, assim consideradas como unidades de planejamento ambiental. As bacias hidrográficas permitem uma visão conjunta das condições naturais e atividades antrópicas, as quais conduzem à artificialização do meio (CUNHA; GUERRA, 2004). Deste modo, para caracterizar os elementos naturais de uma bacia hidrográfica é necessário o uso da abordagem sistêmica de seus processos, permitindo a sua análise na totalidade.

> A bacia hidrográfica é uma área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial, funcionando como um sistema aberto, de tal forma que os elementos presentes, como as matérias e energias, representem funções próprias e independentes, estruturadas e relacionadas entre si (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.102).

Assim, os rios são considerados ecossistemas abertos e de íntima relação com ambiente terrestre e heterotrófico, em razão dos seus grandes "*inputs*" de matéria e energia.

> Uma das principais características do sistema aberto é a sua estabilidade, ou seja, o recebimento e a perda contínua de energia se encontram em perfeito balanço. Ocorrendo uma modificação qualquer na forma do sistema, ou um acréscimo ou liberação de energia imediatamente se inicia uma mudança compensatória que tende a restaurar o equilíbrio dos ecossistemas da bacia (GREGORY; WALLING apud PROCHNOW, 1985, p. 198).

Walling (1980) define bacia hidrográfica como uma unidade natural da paisagem, que representa a definição espacial de um ecossistema aberto, onde ocorre uma contínua troca de energia com o meio o que faz com que a qualidade da água nela produzida seja resultado de diversas características das microbacias. Logo, a relação estabelecida entre a matéria e a energia dos processos hidrológicos de uma bacia

hidrográfica poderá ser representada de forma direta ou indireta, na qualidade e quantidade de suas águas superficiais.

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas (CUNHA; GUERRA, 2004). Assim, o rio principal é considerado como um corpo receptor dos processos ocorridos na bacia e, por consequência, sua análise revela em tese o *"status"* da bacia em questão (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). Desta forma, as atividades que ocorrem em torno da bacia hidrográfica e em seus afluentes, bem como as formas de uso e ocupação em áreas marginais podem interferir diretamente na qualidade hídrica e ambiental desse sistema e, serem representadas através da hidroquímica do rio principal.

A bacia hidrográfica é considerada como um compartimento geográfico natural delimitado por divisores de água, um curso de água principal e seus afluentes (MARQUES; SOUZA, 2005). Uma bacia hidrográfica se interliga a outra de ordem superior, compondo os sistemas de sub-bacias. Podemos então considerar, a importância do estudo integrado da bacia hidrográfica com os componentes de formação da paisagem periférica da mesma e os ambientes de seus afluentes.

2.2 Geomorfologia do sistema fluvial

As bacias hidrográficas correspondem a uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório, considerando como perdas intermediárias os volumes evaporados, transpirados e filtrados profundamente (SILVEIRA, 2004). Assim, o canal fluvial recebe e perde massa d'água ao longo do seu percurso por diferentes formas, sejam elas naturais ou antrópicas, potencializando a alteração da qualidade hídrica local (CHOW, 1964).

Conforme Christofoletti (1974), a classificação de uma bacia hidrográfica pode variar de acordo com o escoamento hídrico do seu canal principal, podendo ser classificada como: exórreica (com desembocadura diretamente no mar ou oceano); endórreica (desembocando em outro corpo hídrico ou em depressões cársicas); arréica (com formação de um corpo hídrico sem estruturação de bacia hidrográfica) e a criptórreica (bacias subterrâneas).

Desse modo, a classificação do tipo de escoamento é de suma importância para os estudos de bacias hidrográficas, o que permite identificar impactos geomorfológicos e hidrológicos nos rios, bem como a realização de estudos de dispersão de poluentes ao longo do canal, estipulando a sua área de alcance.

O estudo hierárquico das características fisiográficas da bacia hidrográfica, bem como seu uso e ocupação, tornam-se importantes fatores para a avaliação da degradação ambiental que esta bacia possa estar suportando ou mesmo contribuindo para que outras sejam impactadas (BRIGANTE; ESPÍNDOLA, 2003). Dentro deste contexto, se destacam os seguintes levantamentos: (1) estudo geomorfológico fluvial e classificação das formas de hierarquização de uma bacia hidrográfica; (2) unidades geoambientais que compõe o sistema ambiental; (3) demarcação do canal fluvial em alto, médio e baixo curso do rio e (4) delimitação da área de influência dos usos da bacia hidrográfica (CHRISTOFOLETTI, 1974).

De acordo com Tricart (1977), a organização do espaço é determinada por uma ação que se insere na dinâmica natural do ambiente, no intuito de corrigir aspectos desfavoráveis e facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece. Contudo, a compartimentação do estudo geomorfológico de uma bacia hidrográfica proporciona analisar os processos naturais de cada unidade geoambiental, possibilitando estabelecer as potencialidades, vulnerabilidades e limitações naturais inerentes ao sistema ambiental, assim como, as suas características abióticas e bióticas, a fim de viabilizar condições preventivas aos processos degradacionais (BOTELHO, 1999).

O conhecimento da geomorfologia fluvial, da dinâmica hidrológica e do transporte de materiais é imprescindível no manejo das bacias, principalmente as inseridas no semiárido nordestino (PINHEIRO, 2003). As bacias hidrográficas inseridas na região nordeste do Brasil são caracterizadas por rios intermitentes, com evidente deficiência hídrica durante o ano todo. Os longos períodos de estio e as chuvas eventuais refletem diretamente na qualidade da água, com a diminuição do poder de autodepuração.

Partindo do pressuposto da importância da autodepuração e o controle de eutrofização, o conhecimento da dinâmica no canal fluvial é fundamental. Uma parcela significativa das entradas de efluentes e outras fontes poluidoras ocorrem diretamente no canal principal do rio, aqui denominado de canal fluvial. Para Christofoletti (1974), o canal fluvial é denominado como sendo o canal de escoamento de um rio. O canal é compartimentado em leito maior e leito menor.

O leito maior é denominado também como planície de inundação, onde ocorrem as cheias mais elevadas, denominadas enchentes. O leito menor é considerado como leito do rio propriamente dito, por ser bem encaixado e delimitado, caracterizando-se também como a área de ocupação da água em períodos de cheia (CHRISTOFOLETTI op. cit.).

2.3 Degradação ambiental e gerenciamento dos recursos hídricos fluviais

Os ambientes fluviais são considerados áreas de atração populacional, devido à disponibilidade hídrica para abastecimento, irrigação, pecuária, receptor de águas residuárias, navegação e lazer.

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, lei N. 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), a degradação da qualidade ambiental é definida como uma alteração adversa das características do meio ambiente, e a poluição como degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, de forma direta ou

indireta, alteram e prejudicam o ambiente natural, bem como os usos relacionados a ele.

Tais processos, além de alterar a paisagem natural de um sistema ambiental, acabam afetando o bem-estar da população que dispõe do uso desses recursos naturais, seja para ocupação, sobrevivência e/ou até mesmo para o lazer.

A água tem suas características alteradas e sua qualidade comprometida em virtude dos seus múltiplos usos. Em geral, as fontes poluidoras estão associadas à ocupação indevida das margens, à deficiência na implantação de um sistema de saneamento básico, ao lançamento de efluentes domésticos e industriais, à disposição de resíduos sólidos, a dessedentação animal, dentre outros.

A solução de muitos problemas de pressão ambiental está intimamente vinculada com as preocupações que objetivem a manutenção das bacias hidrográficas (O'SULLIVAN et al., 1981). Ao passo que a qualidade ambiental das bacias vem sendo afetada principalmente em áreas de centros urbanos onde a degradação é evidente, devido às intensas pressões populacionais, decorrente do acelerado crescimento urbano nas grandes cidades.

Para Tricart (1977), a degradação ambiental deve ser avaliada simultaneamente com aspectos que se intercondicionam na paisagem, como: a cobertura vegetal, solos, processos morfogenéticos, condições hídricas, dentre outros. Contudo, para análise da degradação ambiental devem ser considerados os impactos ambientais plausíveis de acontecer, considerando os aspectos ambientais a priori levantados, no intuito de identificar possíveis riscos ambientais na paisagem natural.

O impacto ambiental pode ser considerado como um processo de degradação que acarreta outros impactos associados ao processo que originou o impacto inicial. Haja vista que, 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 (MORAIS, 1996).

Sotchava (1977) já apontava que na concepção de geossistema haveria uma conexão da natureza com a sociedade, pois, embora os sistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciando sua estrutura são levados em consideração durante sua análise. Daí a importância da interação sociedade e natureza como princípio fundamental para os levantamentos de impactos ambientais, a fim de estabelecer uma concepção mitigadora e integrada.

Para Tucci (1993), o planejamento da ocupação da bacia hidrográfica é uma necessidade numa sociedade com usos crescentes da água, a qual tende a ocupar espaços com riscos de inundação, além de danificar o seu meio. Dentro deste contexto, o CONAMA (2002) determina o limite das Áreas de Preservação Permanente (APP) que se encontram situadas na faixa marginal dos corpos hídricos.

As APPs devem ser mantidas nas suas condições naturais o máximo possível, evitando ocupações que ocasionem alterações nas mesmas, salvos as atividades em que o órgão ambiental competente pode autorizar a intervenção ou supressão de vegetação para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, de maneira sustentável, previsto no CONAMA (2006).

No Brasil, o contexto de preservação dos recursos hídricos e o ordenamento de bacias hidrográficas foram implantados pelo Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), na perspectiva do uso racional e sustentável dos recursos hídricos. Assim, o gerenciamento de bacias hidrográficas é um processo de transação social, onde ocorre a articulação de diversos setores da sociedade, a fim de propor metidas decisórias e implantar intervenções aos recursos hídricos, com envolvimento dos usuários e órgãos de gestão de bacias.

2.4 Indicadores de qualidade hídrica e ambiental

A gestão de rios urbanos realizada de forma adequada pode vir a reduzir uma série de impactos negativos, trazendo melhorias para o ambiente e para a sociedade. No entanto, a implantação do monitoramento sistemático permite avaliar a qualidade hídrica desses sistemas e o estado evolutivo dessa qualidade, podendo ser comparados por variações temporais (FERRIER et al., 2001).

Assim, os indicadores ambientais determinantes para a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica podem ser identificados através dos: (I) fatores naturais da paisagem; (II) fatores sociais que interferem no sistema ambiental, com base nas atividades desenvolvidas na área de influência da bacia hidrográfica estudada; (III) degradação dos recursos hídricos, incorporados às formas de uso e ocupação da bacia; (IV) o estado de poluição hídrica e controle de qualidade ambiental e (V) técnicas utilizadas em campo para análise geoambiental integrada, como realizado na bacia do rio Maranguapinho.

Desta forma, 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).

Para isso, existem diversos parâmetros hidrológicos que permitem a avaliação qualitativa desses sistemas. Entretanto, para melhor interpretação das análises de um conjunto de parâmetros pode se recorrer à utilização de índices, os quais sintetizam numerosos valores, facilitando sua compreensão, além de serem utilizados como instrumentos de monitoramento (COGERH, 2001).

O monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas é de fundamental importância, considerando a introdução de substâncias nocivas, tóxicas ou patogênicas que modificam as características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente aquático, configurando a poluição (LIMA, E. et al., 2001). Desta forma, torna-

se necessária a identificação das principais fontes poluidoras que podem afetar um corpo hídrico, elencando seus efeitos mais representativos e evidentes, para assim obter o controle da poluição e qualidade dos recursos hídricos.

Para Sperling (1995) existem, basicamente, duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo d'água:

- **Poluição Pontual:** onde os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço, ou seja, em um único ponto e direcionada;

- **Poluição Difusa:** onde os poluentes adentram ao corpo d'água e são distribuídos ao longo de parte da sua extensão, ou seja, de uma forma distribuída.

A avaliação do impacto ambiental causado pela poluição deve ser analisada de forma qualitativa e quantitativa através do monitoramento das águas de um corpo hídrico, bem como dos levantamentos de atividades antrópicas que influenciam. De acordo com MOTA (1988), as informações típicas que devem ser obtidas no levantamento sanitário de uma bacia hidrográfica são as seguintes:

a) Dados físicos da bacia (aspectos geológicos; pluviometria e escoamento; variações climáticas; temperatura; evaporação etc.);

b) Informações sobre o comportamento hidráulico dos corpos d'água (vazões, velocidade de escoamento; profundidade etc.);

c) Uso e ocupação do solo: (tipos de densidades; perspectivas de crescimento; distritos industriais etc.);

d) Caracterização socioeconômica (demografia, desenvolvimento econômico etc.);

e) Usos múltiplos das águas;

f) Requisitos de qualidade para o corpo d’água e localização, quantificação atual da qualidade da água (características físicas, químicas e biológicas) (MOTA, 1988 apud SPERLING, 1995).

De acordo com Lima, W. et al. (2002), o desenvolvimento de um conjunto de indicadores adequados que comportem caracterizações rápidas, sensíveis, específicas, confiáveis e economicamente viáveis das condições da bacia hidrográfica para um devido planejamento e manejo, requer a integração das ciências naturais, biológicas e sociais. De tal modo que possa desenvolver indicadores apropriados para a particularidade de cada corpo hídrico, proporcionando o uso adequado e proteção desse recurso.

Um conjunto de indicadores selecionados deve produzir rapidamente, respostas sensíveis, específicas e de confiança que correspondam ao stress e, ao mesmo tempo, seja relativamente fácil ou barato para tornar-se prático na decisão das intervenções de gestão e manejo nas escalas espacial e temporal (HE et al., 2000, p.26).

Assim, o monitoramento dos processos hidrológicos e manutenção da competência natural de suporte e resiliência do rio é imprescindível para a conservação dos recursos hídricos. Haja vista, que o manejo sustentável é aquele que permite a utilização dos recursos naturais de modo que não seja destruída a estabilidade do ecossistema (LIMA; ZAKIA, 1998).

A qualidade da água é definida por uma série de concentrações, especificações e partículas físicas de substâncias orgânicas e inorgânicas, e pela composição e estado da biota aquática encontrada no corpo hídrico, sendo que a qualidade do ambiente aquático mostra as variações temporais e espaciais em função dos fatores internos e externos do mesmo (MEYBECK; HELMER, 1992).

Em vista da complexidade dos fatores que determinam a qualidade da água e a grande alternativa de variáveis usadas para descrever o status dos corpos hídricos em termos quantitativos, é complicado fornecer uma definição simples de qualidade da

água (SUCUPIRA, 2006). Entretanto, a qualidade da água se adapta a utilidade da mesma para variados fins, onde para cada tipo de uso, a água se apresenta com exigência de qualidade distinta, podendo ter sua análise qualitativa realizada com base em diferentes parâmetros, conforme o CONAMA (2005).

2.5 Índice de estado trófico e balanço de nutrientes

A definição de eutrofização derivada do grego significa bem nutrido, ou seja, grande quantidade de nutrientes. Deste modo, a eutrofização é considerada como um processo natural, o qual pode ser induzido ou potencializado pela ação humana (MOTA, 2008). Este processo gera um excesso de matéria orgânica superior à capacidade de decomposição do sistema, provocando, em última análise, a ruptura do equilíbrio ecológico, com severas alterações em todo o metabolismo do sistema lacustre e fluvial (ESTEVES; BARBOSA, 1986).

O corpo hídrico naturalmente tende a eutrofizar, contudo este processo ocorre lentamente (TUNDISI, 2003). No entanto, a ocorrência de atividades antrópicas de forma direta ou indireta no corpo hídrico intensifica o processo, passando a ser chamado de eutrofização cultural (ESTEVES, 1998). A eutrofização cultural é proveniente dos despejos de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes aplicados na agricultura (TUNDISI, op. cit.). Em níveis excessivos, ela é prejudicial por quebrar o equilíbrio natural das cadeias tróficas, alterando os ciclos químicos e biológicos no corpo d’água (CHAPRA, 1997).

De acordo com Azevedo (2001), os principais comprometimentos na qualidade de água associados à eutrofização são: a) ausência de oxigênio na água e liberação toxinas pela mortandade de peixes e por algumas espécies de algas; b) aumento das concentrações de matéria orgânica; c) deterioração do valor recreacional dos rios; d) crescimento excessivo de macrófitas; e) queda na biodiversidade; f) acúmulo de algas e plantas, impedindo a navegação no local, bem como os efeitos na

saúde humana. Entretanto, o indicador mais comum e visual de eutrofização é o crescimento excessivo de macrófitas na superfície do corpo hídrico.

Para Machado (2006), os estudos sobre eutrofização deram início na década de 70, onde foi reconhecido que os nutrientes, na forma de fósforo (P) e nitrogênio (N) poderiam estimular o crescimento exagerado de fitoplâncton, gerando esses processos. Logo, na metade do século XX começaram a ser propostos índices de qualidade da água associados aos seus tipos de uso, considerando um conjunto de dados semelhantes de variáveis físico-químicas e variáveis biológicas, sendo que a principal diferença seria na forma estatística de integrar e interpretar as variáveis do conjunto de dados obtidos (MACHADO, op. cit.).

Em face disto, o desenvolvimento dos índices de qualidade de água tem como objetivo transformar as informações, geradas pelos monitoramentos, em uma forma mais acessível e de fácil entendimento pelas pessoas envolvidas no gerenciamento deste recurso e, principalmente, pelas populações que utilizam estes mananciais (ANDRADE, 2005).

Dentre, os principais índices de qualidade de água, o Índice de Estado Trófico (IET) se destaca como um índice simplificado para a análise da qualidade hídrica, o qual se baseia na concentração de cargas de nutrientes (fósforo total e clorofila-a) em um corpo hídrico. Alguns estudos identificaram aspectos qualitativos em águas superficiais através do IET, por exemplo, trabalhos realizados nos rios Paraná, São Francisco, Acaraú, Cocó e Maranguapinho por Garcia (2007), Crispim (2000), Sucupira (2006) e Cagece (2009), respectivamente.

A caracterização do IET de Carlson tem como variáveis a clorofila-a, turbidez e fósforo. Neste trabalho utilizou-se o Índice de Estado Trófico Modificado (IET_M), haja vista que a manutenção dos processos hidrológicos da bacia do rio Maranguapinho está sendo representada pelo equilíbrio das concentrações de fósforo (P) e Clorofila-a (Cl-a). Além disso, a versão modificada do índice de Carlson tem se mostrado mais adequada para a determinação do estado trófico em clima tropical (RIBEIRO, 2007).

Com base na média IET_M, a classificação dos corpos hídricos quanto ao seu estado de trofia pode ser: (I) Ultraoligotrófico (águas limpas e produtividade muito baixa de nutrientes); (II) Oligotrófico (águas limpas e com baixa produtividade); (III) Mesotrófico (águas com produtividade intermediária); (IV) Eutrófico (águas com alta produtividade em relação às condições naturais) e (V) Hipereutrófico (águas com elevada concentração de matéria orgânica) (CETESB, 2007b). Essa classificação hídrica possibilita elencar limitações aos múltiplos usos da água, bem como a tomada de medidas mitigadoras a esses ambientes.

No Brasil, o CONAMA (2005) propôs a divisão de águas doces, águas salobras e águas salinas em nove classes, com base nas diferentes formas de uso. De tal modo, que a qualidade da água corresponda aos limites qualitativos referidos pela resolução, seja pelos padrões de qualidade dos corpos receptores ou ainda pelos padrões exigidos para o lançamento de efluentes. No caso da inexistência de enquadramento oficial pelas agências locais de monitoramento e controle das águas, é recomendado o uso de limites para águas de classe 2.

2.6 Diagnóstico da qualidade ambiental das águas do rio Maranguapinho

A análise e o monitoramento de um sistema ambiental podem ser realizados dentro de diferentes formas e vertentes distintas, através de parâmetros que possam dar suporte à pesquisa, em especial ao objetivo do trabalho. De acordo com Sanders et al. (1983), a seleção dos parâmetros a serem monitorados deve ser conduzida conforme os fatores que poderiam afetar a mesma, a categorização das variáveis e as técnicas estatísticas.

Os parâmetros selecionados para a determinação dos índices de qualidade ambiental e hídrica do rio Maranguapinho tiveram base na metodologia proposta por Miranda (2002), Dias et al. (2002), Pinheiro (2003), Morais et al. (2004) e Hermes; Silva (2004). Foram analisados pelo IET_M, conforme a metodologia sugerida pela CETESB,

no intuito de verificar o equilíbrio das concentrações químicas nos processos hidrológicos do sistema fluvial e fluviomarinho.

No Estado do Ceará tiveram destaque os trabalhos realizados por Lacerda; Sena (2005), como produto do Zoneamento Ecológico-econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará (ZEE), o qual estimou a carga de nutrientes e metais pesados em 15 bacias estuarinas. Na cidade de Fortaleza, se destaca o monitoramento dos indicadores ambientais dos rios Cocó e Maranguapinho, com o objetivo de avaliar os impactos do Sanear II na qualidade dos rios urbanos (CAGECE, 2009, 2010). Vale ressaltar que os processos ocorrentes em um sistema fluvial afetam as demais compartimentações geoambientais de uma bacia hidrográfica, a qual é caracterizada pelo seu funcionamento de forma integrada.

Assim, os indicadores extraídos da análise da relação sociedade e natureza na bacia, juntamente com as análises de qualidade da água, são de suma importância para o estabelecimento dos indicadores de qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, discutidos ao longo desta pesquisa.

2.7 Uso e enquadramento das águas fluviais

A água oferece diversos tipos de usos, os quais variam de acordo com suas devidas exigências de quantidade e qualidade. Os tipos de uso da água podem ser divididos, de forma geral, em consuntivos ou não consuntivos (CRUZ, 2001). Logo, os usos consuntivos são caracterizados pela perda de água, através do balanço hídrico da captação da água e o seu retorno ao sistema natural, englobando as atividades de abastecimento, pecuária, irrigação, indústria e dessedentação animal.

Enquanto que, os usos não consuntivos são caracterizados pela utilização do recurso “in loco”, onde não ocorre a perda ou captação de água. As atividades enquadradas no uso não consuntivo da água, são: pesca, navegação, lazer, geração de energia, dentre outras atividades.

O uso indevido dos mananciais pode ocasionar sérios problemas à disponibilidade hídrica e, consequentemente, conflitos de uso da água, comprometendo a qualidade da água destinada a outros tipos de usos, tornando-a inviável para determinadas atividades.

O CONAMA (2005) dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como o estabelecimento de condições e padrões de lançamento de efluentes. A mesma classificou as águas em doces, salinas e salobras, em classes distintas, considerando todo o território nacional.

Para as classes estabelecidas, foram constituídos limites e condições, em função de sua destinação final, bem como os seus usos preponderantes. As medidas a serem tomadas a fim de garantir limites e condições referentes à classe em que o rio se enquadra, devem estar de acordo com a classificação de corpos hídricos detalhadas no quadro 1.

Quadro 1. Água doce, de acordo com seus principais usos.

Classes	Destinação da Água
Especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
Classe I	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas;
Classe II	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000; Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Aquicultura e à atividade de pesca.
Classe III	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional e/ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Pesca amadora; Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais;
Classe IV	Navegação; Harmonia paisagística;

Fonte: CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (Capítulo II, Seção I, Artigo 4º).

De acordo com a classificação de enquadramento dos corpos d'água, o estado do Ceará não possui classificação definida. Logo, as águas do rio Maranguapinho podem ser enquadradas na classe II, considerando a identificação dos usos existentes no rio. Deste modo, o quadro 2 apresenta os principais requisitos de qualidade hídrica para determinados usos da água, a fim de assegurar a qualidade ambiental dos recursos hídricos e dos seus usuários.

Quadro 2. Associação entre os usos da água e os requisitos de qualidade.

Uso geral	Uso específico	Qualidade requerida
Abastecimento de água doméstico	-	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Adequada para serviços domésticos - Baixa agressividade e dureza - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor; ausência de macroorganismos).
Abastecimento Industrial	Água é incorporada ao produto (ex: alimento, bebidas, remédios).	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Esteticamente agradável (baixa turbidez, cor, sabor e odor).
	Água entra em contato com o produto	- Variável com o produto
	Água não entra em contato com o produto (ex: refrigeração, caldeiras).	- Baixa dureza - Baixa agressividade
Irrigação	Hortaliças, produtos ingeridos crus ou com cascas.	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Salinidade não excessiva
	Demais plantações	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais ao solo
Dessedentação animal	-	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde dos animais - Isenta de organismos prejudiciais à saúde dos animais
Preservação da flora e fauna	-	- Variável com os requisitos ambientais da flora e da fauna que se deseja preservar
Recreação e lazer	Contato primário (contato direto com o meio líquido; ex: natação, esqui, surfe).	- Isenta de substâncias químicas prejudiciais à saúde - Isenta de organismos prejudiciais à saúde - Baixos teores de sólidos em suspensão e óleos e graxas - Aparência agradável
	Contato secundário (não há contato direto com o meio líquido; ex: navegação, pesca, lazer contemplativo)	- Aparência agradável
Transporte	-	- Baixa presença de material grosseiro que possa por em risco as embarcações
Diluição de despejos	-	-

Fonte: Sperling (1995 a).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa e aquisição dos dados e resultados obtidos para o estudo de indicadores de qualidade ambiental da bacia do rio Maranguapinho, se deu a partir da realização de quatro etapas metodológicas, as quais se dividem em: 1) reconhecimento da área em estudo, 2) atividades de campo, 3) análises de laboratório e gabinete e 4) integração dos dados e informações.

A análise dos aspectos qualitativos dos recursos hídricos e a identificação dos fatores potenciais de poluição hídrica deram subsídio ao diagnóstico do cenário atual de degradação ambiental do rio Maranguapinho. Dentro dessa perspectiva, as etapas de desenvolvimento do trabalho estão descritas no fluxograma metodológico observado na Figura 1.

Figura 1.Fluxograma metodológico para análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho.

3.1 Localização da área de estudo

A Bacia do rio Maranguapinho está localizada na porção nordeste do estado do Ceará, inserida nos municípios de Maranguape, Maracanaú e Fortaleza, drenando uma área de 214,8 km^2. O curso principal da bacia é formado pelo rio Maranguapinho (17,05 km) e o riacho Tangueira (6,36 km), totalizando uma extensão de 23,41 km (LIMA, J., 2006). Na margem direita do estuário do rio Ceará, o rio Maranguapinho deságua como seu principal e maior afluente, sendo assim considerado um rio do tipo endorréico.

Dentro da sua totalidade, a delimitação da área em estudo compreende parte do médio e todo o baixo curso da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, com 17,5 km de comprimento de talvegue fluvial, cortando os municípios de Maracanaú e Fortaleza (Mapa 1).

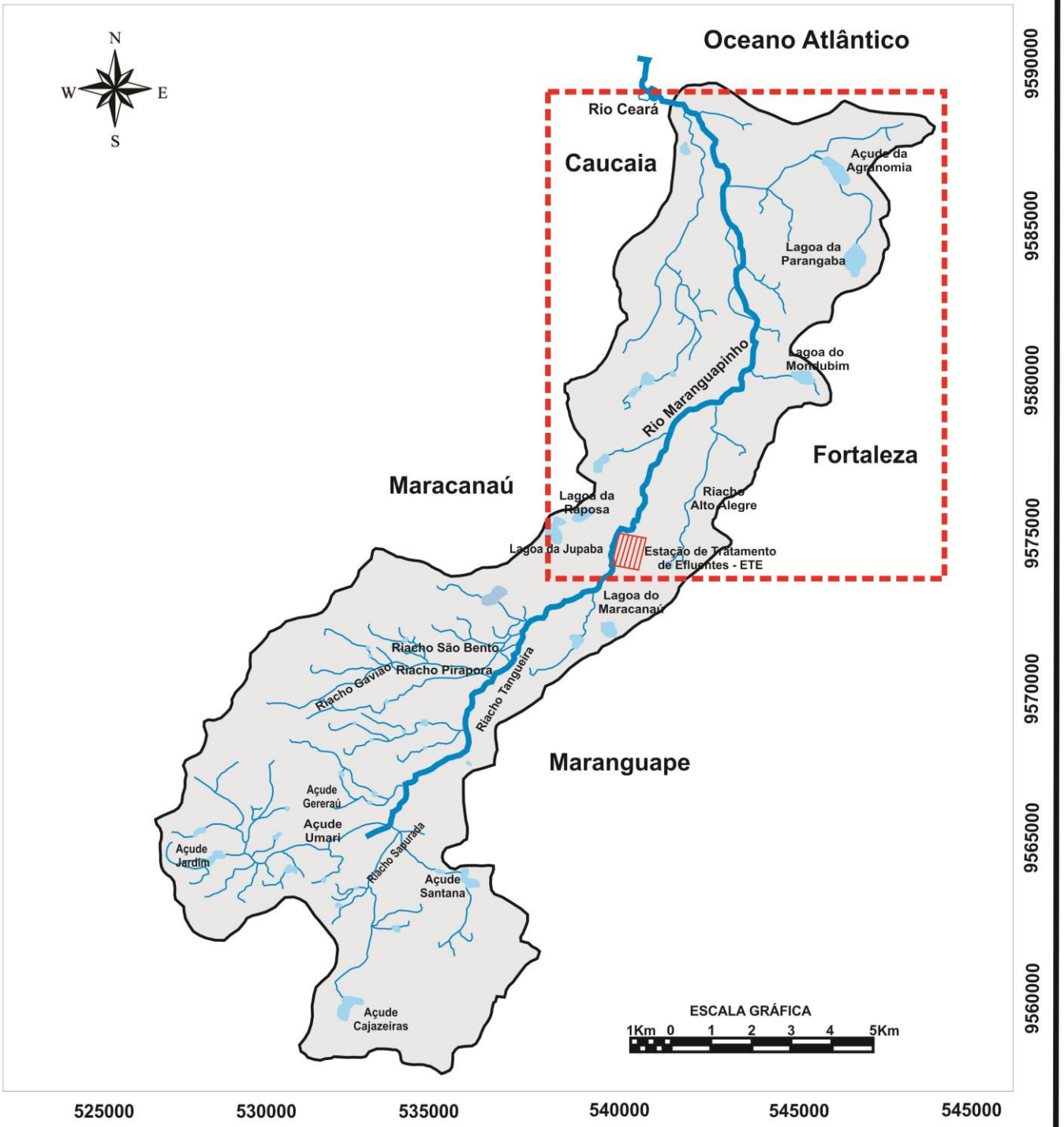
A nascente do rio Maranguapinho tem origem na serra de Maranguape com a junção dos riachos Gavião e Pirapora, logo depois de confluir com o riacho Tangueira no município de Maracanaú, passa a ser chamando de rio Siqueira. Ao adentrar o município de Fortaleza, denomina-se como rio Maranguapinho, tendo como maiores afluentes, localizados à sua margem direita: o riacho Cachoeirinha, advindo da Lagoa da Parangaba e de outros afluentes à nordeste da bacia, e o riacho canalizado do Conjunto Ceará, advindo do canal de sistema de esgoto do bairro Conjunto Ceará.

De acordo com a disponibilidade hídrica da bacia do rio Maranguapinho, Lima, J. (2006) identificou 75 lagoas, onde as lagoas da Jupaba, Maracanaú, Mondubim e Parangaba são consideradas as quatro lagoas mais relevantes em dimensão e em uso da bacia. Foram ainda identificados 52 açudes, com destaque aos açudes: Jardim, Cajazeiras, Santana, Umari e Gereau no município de Maranguape e o Açude Santo Inácio no município de Fortaleza.

No alto e médio curso da bacia hidrográfica, o rio é caracterizado pela implantação de açudes, onde as águas são utilizadas principalmente na irrigação de

pequenas culturas de subsistência e cultivo da banana e milho. No baixo curso o rio é responsável por grande parte da drenagem hídrica da região, principalmente na zona urbana de Fortaleza, sendo perenizado por efluentes de esgotos ao longo de suas margens. Vale salientar, que o regime do rio Maranguapinho é intermitente sazonal, onde o aumento do aporte hídrico no leito está estreitamente relacionado à pluviometria da quadra chuvosa.

Assim, o levantamento da configuração geoambiental e a análise dos aspectos hidroclimáticos da bacia hidrográfica devidamente pautada nas formas de uso e ocupação do rio Maranguapinho, acaba por subsidiar a identificação dos efeitos da degradação ambiental na bacia.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

MAPA 01: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

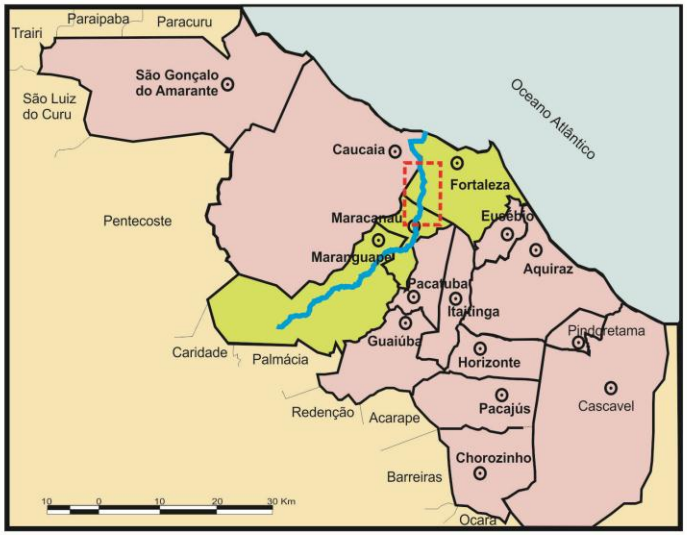
QUALIDADE AMBIENTAL E NÍVEL DE EUTROFIZAÇÃO DO RIO MARANGUAPINHO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA-CE

AUTORA: JUDÁRIA AUGUSTA MAIA
ORIENTADORA: Dra. LIDRIANA DE SOUZA PINHEIRO

LEGENDA

- Canal principal
- Afluentes
- Espelhos d'água
- Estação de Tratamento de Efluentes - ETE

MAPA DE SITUAÇÃO:
REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA



3.2 Reconhecimento da área em estudo

A primeira etapa do trabalho constou de uma revisão bibliográfica e cartográfica, relacionando às questões pertinentes ao tema da pesquisa e à bacia do rio Maranguapinho, elencando trabalhos pretéritos e realizando levantamentos dos aspectos geoambientais da área em estudo, das atividades de uso e ocupação, dos solos, da hidrologia, da qualidade da água e da poluição hídrica.

Contudo, esse material foi adquirido a partir de um levantamento bibliográfico por meio de artigos, revistas acadêmicas e técnicas, bem como da consulta em bibliotecas em instituições, como: Universidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Estadual do Ceará (UECE), Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) – UFC, Programa de Pós-Graduação em Geografia (PropGeo) – UECE, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais (INPE), Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF) e Secretaria das Cidades do Governo do Estado do Ceará.

3.3 Geoprocessamento e material cartográfico

As técnicas de sensoriamento remoto foram utilizadas para melhor espacialização e reconhecimento da área em estudo, no intuito de identificar suas principais unidades geoambientais, bem como a delimitação das feições morfológicas e atividades de uso e ocupação pertinentes na área. Para isso, foram utilizadas Imagens ETM/ LANDSAT 7, com 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; e Imagem SPOT 5, resolução 5 metros, 2004; as quais se ajustaram e integraram as observações realizadas em campo.

De modo complementar, foram utilizados mapas temáticos do estado do Ceará e da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), em escala 1: 500.000, 1995. Foram usadas cartas de folhas planialtimétricas AS. 24 - Z – C (Fortaleza), escala

1:100.000. (Ministério do Exército – DSG; Ministério do Interior/ SUDENE); cartas temáticas: de geologia, geomorfologia, recursos hídricos, solos e de fitogeografia e; Folha Fortaleza SB/24, escala 1: 250.000, Projeto RADAMBRASIL (BRASIL,1981).

A análise de todo o material cartográfico foi realizada por meio da interpretação visual da imagem, sendo possível delinear as principais unidades geoambientais em estudo: sistema fluvial e sistema fluviomarinho, assim como da identificação das feições compartimentadas e suas variações naturais da região.

Para a confecção dos mapas foi utilizado o software ARCGIS 9.3, possibilitando a integração das características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho em estrutura de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), as quais foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

O uso do SIG permitiu uma melhor disposição e compilação dos dados obtidos em campo e gabinete, admitindo uma interpretação integrada da área em estudo. Essa interpretação passa a ser representada por mapas temáticos, simulando unidades reais do espaço geográfico. A integração dessas informações permitiu o aperfeiçoamento de metodologias pertinentes às informações espaciais e representativas do sistema ambiental em estudo, bem como a viabilização do objetivo trabalhado.

3.4 Análise das formas de uso e ocupação do solo

O uso de imagens de satélite permite analisar de forma especializada as formas de uso e ocupação da terra, através da interpretação dessas imagens, procurando assim evidenciar o grau de alteração do sistema ambiental em questão, bem como da evolução urbana e ocupação em suas áreas de influência.

Para isso, foram realizados levantamentos de informações referentes à bacia do rio Maranguapinho, elencando suas principais fontes poluidoras aos usos múltiplos da água e do solo, bem como da ocupação em áreas marginais. Essas informações foram incorporadas ao banco de dados para a devida espacialização, considerando as seguintes categorias necessárias ao mapeamento (Figura 2):

Uso e ocupação urbana;

Uso e ocupação industrial;

Uso e ocupação rural;

Cobertura vegetal nativa e reflorestada;

Unidades de conservação.

Figura 2. Fluxograma metodológico para o levantamento do uso e ocupação do solo. Fonte: Adaptado de Morais (2005).

3.5 Atividades de campo

Nos trabalhos em campo, foram feitos levantamentos dos aspectos físicos que compõem o ecossistema, identificando as principais unidades ambientais, com registros fotográficos e georreferenciamento. A coleta de material foi realizada em 8 (oito) pontos no rio Maranguapinho, monitorados pela CAGECE, para fins de comparação dos dados. Alguns desses pontos são monitorados também pela SEMACE (Mapa 2).

O critério de definição destes pontos foi o cenário de degradação ambiental, as fontes de poluição, bem como da área de influência da sua bacia. Além da coleta de água, foram identificadas as formas de uso e ocupação no local, possibilitando identificar os principais agentes de poluição hídrica no setor delimitado da bacia hidrográfica, bem como os processos de degradação pertinentes e o comportamento da dinâmica natural do rio (Quadro 3).

Quadro 3. Pontos de coleta de amostras. Fonte: CAGECE (2009).

Pontos	Localização	Coordenadas em UTM	
P1	Jusante do FRIFOR	544510	9586384
P2	Montante do FRIFOR	544507	9585641
P3	Rua Minerva	544504	9584949
P4	Rua Vital Brasil	544911	9582324
P5	Av. Osório de Paiva	544346	9580640
P6	Anel Viário	542524	9576487
P7	Jusante da ETE-Maracanaú	541751	9574465
P8	Montante da ETE-Maracanaú	541386	9573270

Logo, para a espacialização da área de estudo e dos objetos identificados nas imagens de satélite foi utilizado o Sistema de Posicionamento Global (GPS) GARMIN de modelo GPSMAP 60CS, também utilizado para o levantamento das fontes pontuais de poluição hídrica.

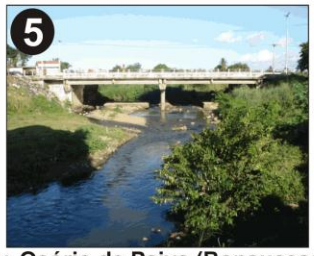
MAPA 02
PONTOS DE MONITORAMENTO E COLETA

Jusante FRIFOR (Quintino Cunha)

Montante FRIFOR (Antº Bezerra)

Rua Minerva (Autran Nunes)

Rua Vital Brasil (Bonsucesso)



Av. Osório de Paiva (Bonsucesso)

Anel Viário (CE-060)

Jusante da ETE-Maracanaú

Montante da ETE-Maracanaú

Legenda

- Canal principal
- Afluentes
- Espelhos d'água
- Estação de tratamento de Efluentes

ESCALA GRÁFICA

1Km 0 1 2 3 4 5Km

AUTORA: JUDÁRIA AUGUSTA MAIA

As coletas de amostras de água em cada ponto de monitoramento foram realizadas de acordo com a sazonalidade climática da região, nos meses de março/09 (período chuvoso), julho/09 (final da quadra chuvosa), outubro/09 (período de estio e de maior aridez) e janeiro/10 (início da quadra chuvosa), a fim de analisar comparativamente o IET das águas do rio Maranguapinho nos dois períodos e a variação amostral nos meses de coleta.

As coletas foram realizadas nas margens (esquerda e direita), superfície, meio e fundo do leito do rio, quando possível. Considerando que, em períodos de estio a vazão reduz significativamente, tornando o canal praticamente seco e alguns trechos inviáveis à realização de uma coleta de água em diferentes níveis de profundidade no leito do rio (Quadro 4).

Quadro 4. Coletas de água nos pontos de monitoramento. Nota: Não foi possível fazer coleta (superfície da água coberta de macrófitas).

Unidades Geoambientais	Pontos de Monitoramento	Períodos Climáticos	Meses de Coletas
Planície Fluvial	7	Estiagem/Chuvoso	Mar/09, Jul/09, Out/09 e Jan/10
Planície Fluviomarinha	1	Estiagem/Chuvoso	Mar/09, Jul/09, Out/09 e Jan/10

As amostras de água foram coletadas com o auxílio de uma garrafa do tipo “Van Dorn”. Após foram devidamente etiquetadas e condicionadas a um ambiente refrigerado para a conservação e redução do metabolismo dos microorganismos presentes nas amostras e, logo encaminhadas para a análise dos parâmetros químicos (Figura 3).

Figura 3. Garrafa “Van Dorn” utilizada na coleta de amostra de água.

Para a coleta de dados de salinidade, clorofila-a e profundidade foi utilizada uma sonda CTD modelo SD-6000 da SENSORDATA, devidamente calibrada, para a coleta de leituras realizadas a cada 5 cm da coluna d’água desde a superfície ao fundo do canal, tanto no período chuvoso, quanto no período de estiagem (Figura 4).

Figura 4. CTD modelo 204 da Sensordata a. c. (STC/CTD) utilizado para coleta de parâmetros físicos na coluna d’água.

A transparência da água foi obtida através da utilização de um disco de Secchi (Figura 5-a). Segundo Esteves (1998), esse procedimento metodológico consiste em assinalar a primeira profundidade de acordo com o desaparecimento do disco e em seguida, com o seu reaparecimento, assim obtendo a média das duas medidas de profundidade do disco. Os dados de transparência foram correlacionados com os dados de clorofila-a, coletados com a sonda CTD. A extensão transversal do canal fluvial foi medida por um trena digital.

As medições dos parâmetros hidrodinâmicos (direção, velocidade e corrente) foram realizadas em dois níveis de profundidade (superfície e fundo) sempre que possível. Os dados utilizados para determinar cálculos de vazão de cada ponto do rio foram obtidos através do mini-correntômetro portátil da Sensordata a.s modelo SD-6000/30 (Figura 5-b).

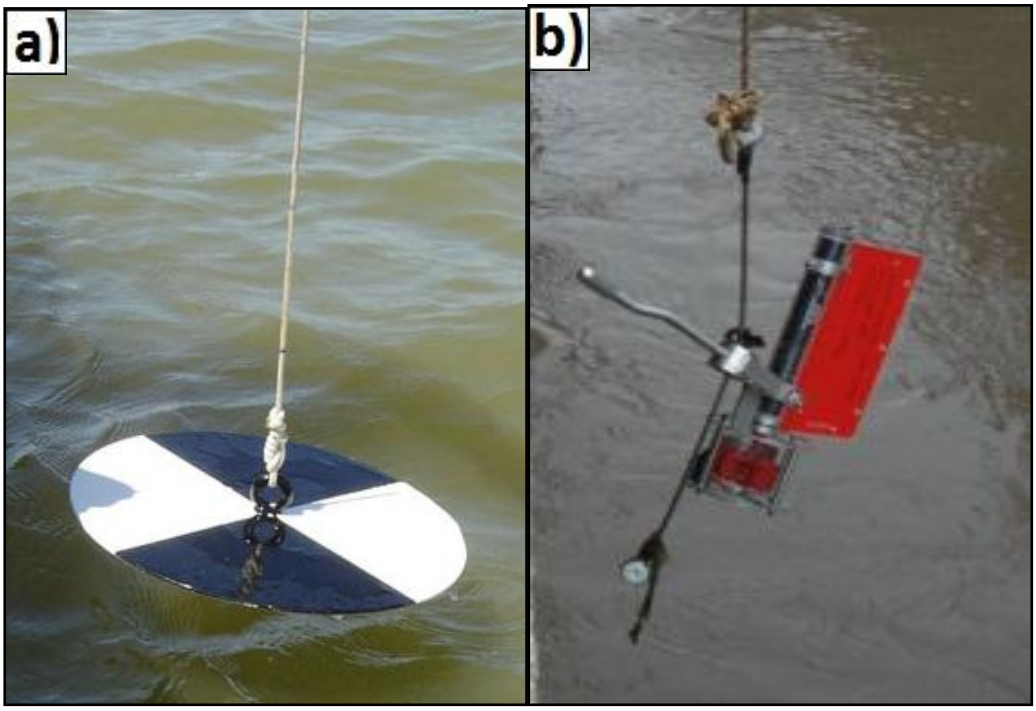


Figura 5. a) Disco de Secchi, utilizado para análise da transparência da água. b) Mini-correntômetro portátil da Sensordata a.s modelo SD-6000/30 utilizado para coleta de parâmetros hidrodinâmicos.

Em campo, foram preenchidas fichas de controle para caracterização e avaliação do meio físico da área em estudo, permitindo identificar as atividades econômicas locais, ocupações, presença de resíduos sólidos, fontes poluidoras, presença de macrófitas, bem como os processos erosivos e de assoreamento (Anexo 1).

3.6 Atividades de laboratório e gabinete

3.6.1 Análise química da água

Os pontos de coleta de água foram definidos de acordo com o nível de alcance dos processos de degradação ambiental no rio Maranguapinho, bem como relacionando-os com os impactos inerentes à área de influência da bacia. As técnicas metodológicas utilizadas na análise química da água tiveram como base a metodologia proposta pela APHA (1995).

Os valores e concentrações químicas obtidos nas análises de água foram comparados aos padrões quantitativos da água fundados pelo CONAMA (2005). As amostras de água para análise do fósforo total foram analisadas no Laboratório de Química Analítica e Química Ambiental (LAQAM) da Universidade Estadual do Ceará (UECE).

As concentrações de fósforo total foram analisadas através do método colorimétrico do ácido ascórbico, após digestão ácida com persulfato de amônio descrita na metodologia detalhada proposta por Standard Methods (EATON, 2005). As leituras de absorbância foram efetuadas no comprimento de onda de 880 nm no LAQAM.

3.6.2 Análise de Sólidos Suspensos Totais

As análises de Sólidos Suspensos Totais (SST) foram realizadas no Laboratório de Geologia e Geomorfologia Costeira e Oceânica (LGCO) da Universidade Estadual do Ceará (UECE). As amostras foram analisadas através do peso dos sólidos contidos em 1 litro de água que foi coletada em cada sessão monitorada.

O procedimento laboratorial utilizado foi através da filtração, implantado pela APHA (1998) como método mais adequado para a análise desse parâmetro. Portanto, o resultado de Sólidos Suspensos Totais das amostras pôde ser obtido através da subtração dos pesos do filtro (P_F - P_i) e dividindo-se pelo volume de água da amostra.

$$SST = \frac{P_F - P_i}{Vol}$$

Onde:

SST = Sólidos Suspensos Totais, em mg/L;

PF = Peso final, resultado do peso do filtro mais o peso do material sólido retido no filtro, em mg;

Pi = Peso inicial, que é o peso do filtro antes da filtragem, em mg;

Vol = Volume em ml da amostra utilizada, nesse caso 1000 ml ou 1L.

Para o cálculo da descarga sólida em suspensão foi utilizada a fórmula:

$$QSS = 0{,}0864 . Q . C$$

Onde:

QSS = descarga sólida em suspensão média, em ton/dia;

Q = descarga líquida média, em m3/s;

C = concentração, em mg/l (ppm).

3.6.3 Cálculo de vazão

Para a aquisição dos dados referentes à vazão, foram realizadas medições da velocidade da corrente em diferentes pontos da seção transversal do rio, na superfície, meio e fundo devido à irregularidade do fundo do canal (Figura 6). Para o cálculo da área molhada foram realizadas medições da largura do canal e profundidade em vários pontos da seção. Esses dados foram trabalhados em programa CAD para o cálculo da área da seção (topobatimetria).

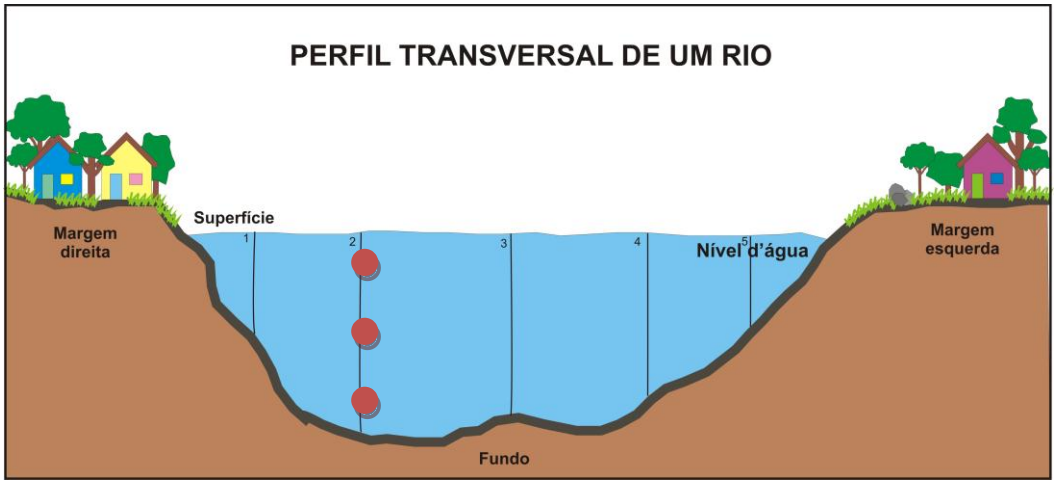


Figura 6. Seção transversal do rio com indicação para as medições de velocidade da corrente (●) e profundidade do rio para cálculo de vazão.

Os dados de vazão foram calculados com o uso da seguinte equação:

$$Q = A. V$$

Onde:

Q = Volume de água que passa pela seção em m^3/s;

A = Área da seção m^2;

V = Velocidade da corrente m^3/s.

3.7 Integração dos dados

3.7.1 Análise dos indicadores de qualidade ambiental

Para análise hidrológica e limnológica do rio, em especial para a avaliação de seu estado de poluição hídrica, foi utilizado o IET proposto por Carlson (1977), o qual permitiu avaliar o grau de eutrofização das águas do rio Maranguapinho.

3.7.2 Índice de Estado Trófico Modificado (IET_M)

A classificação do estado trófico das águas do rio Maranguapinho foi analisada estatisticamente pelo Índice do Estado Trófico Modificado (IET_M), composto pelo Índice do Estado Trófico de Fósforo (IET_P) e o Índice do Estado Trófico da Clorofila-a (IET_{Cl-a}), modificado (equação 1 e 2, respectivamente):

$$\mathbf{IET\ (P) = 10\ (6 - ln\ (80{,}32\ /P^*)\ )\ /\ ln\ 2\ \ (*unidade\ \mu g/L)}$$

$$\mathbf{IET\ (CL) = 10\ (6 - 2{,}04 - 0{,}695\ ln\ CL^*)/\ ln\ 2\ (*unidade\ \mu g/L)}$$

Sendo que, de acordo com a CETESB (2002), a expressão do índice a ser utilizada é a seguinte (equação 3):

$$\mathbf{IET = (IET\ (CL) + IET\ (P))/2}$$

O quadro 5 apresenta a classificação do estado trófico, obtida de acordo com a média dos índices de IET_M (P) e IET_M (Cl-a). Logo, o IET_M calculado permitiu analisar o estado trófico dos pontos de monitoramento do rio Maranguapinho, estabelecendo estimativas de poluição do rio, considerando o grau de trofia de suas águas.

Quadro 5. Classificação do Estado Trófico. Fonte: CETESB, 2002.

Critério	Estado Trófico	Classes do IET
IET < 44	Oligotrófico	**1**
44 <IET < 54	Mesotrófico	**2**
54 <IET < 74	Eutrófico	**3**
IET > 74	Hipereutrófico	**4**

Segundo Tundisi et al. (1995), Calijuri (1988) e Ceballos (1995), essa versão para o uso do IET tem-se mostrado mais adequada para a determinação do estado trófico em corpos hídricos de clima predominantemente tropical.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Morfologia e caracterização do leito fluvial

As alterações morfológicas devido às formas de uso e ocupação na bacia hidrográfica podem alterar processos hidrológicos naturais do sistema ambiental. No entanto, o uso da terra exerce significativa influência sobre a infiltração do solo e escoamento, e esta pode ser modificada pela sociedade por intermédio de seus programas de manejo (LIMA, W., 1986).

As constantes mudanças no uso do solo provocam significativas alterações no balanço de água, com reflexos nas camadas superficiais e subsuperfíciais, ocorrendo erosão, transporte de sedimentos e elementos químicos bioativos, causando modificações no sistema ecológico e na qualidade da água (BOLIN; COOH, 1983, apud por TOLEDO, 2001).

Dentro desse contexto, a caracterização do canal do rio Maranguapinho contempla o percurso de aproximadamente 30 km de extensão, perpassando os municípios de Maracanaú e Fortaleza. Corta, as unidades ambientais classificadas por Souza et al. (2009) e Lima, J. (2006), como de planícies fluviais e fluviomarinhas.

O percurso do canal na RMF, objeto deste estudo, tem inclinação média de 1,1% e máxima de 5,7%. As maiores inclinações foram observadas entre os pontos P8 e P6, com inclinação média de 1,3%. A partir deste ponto na direção da foz do Maranguapinho, os percentuais são reduzidos, próximos de 0,30% (Figura 7).

A diferença altimétrica entre os pontos P8 e P1 é de 38 m. São observados discretos interflúvios, com diferenciações de cotas de 3 m. O leito maior é ocupado por residências e indústrias, e a largura média intersazonal do canal principal não ultrapassa os 30 m. As cotas e a inclinação reduzidas sinalizam um rápido preenchimento do canal, nos períodos de chuva, o que favorece o surgimento de áreas de riscos.

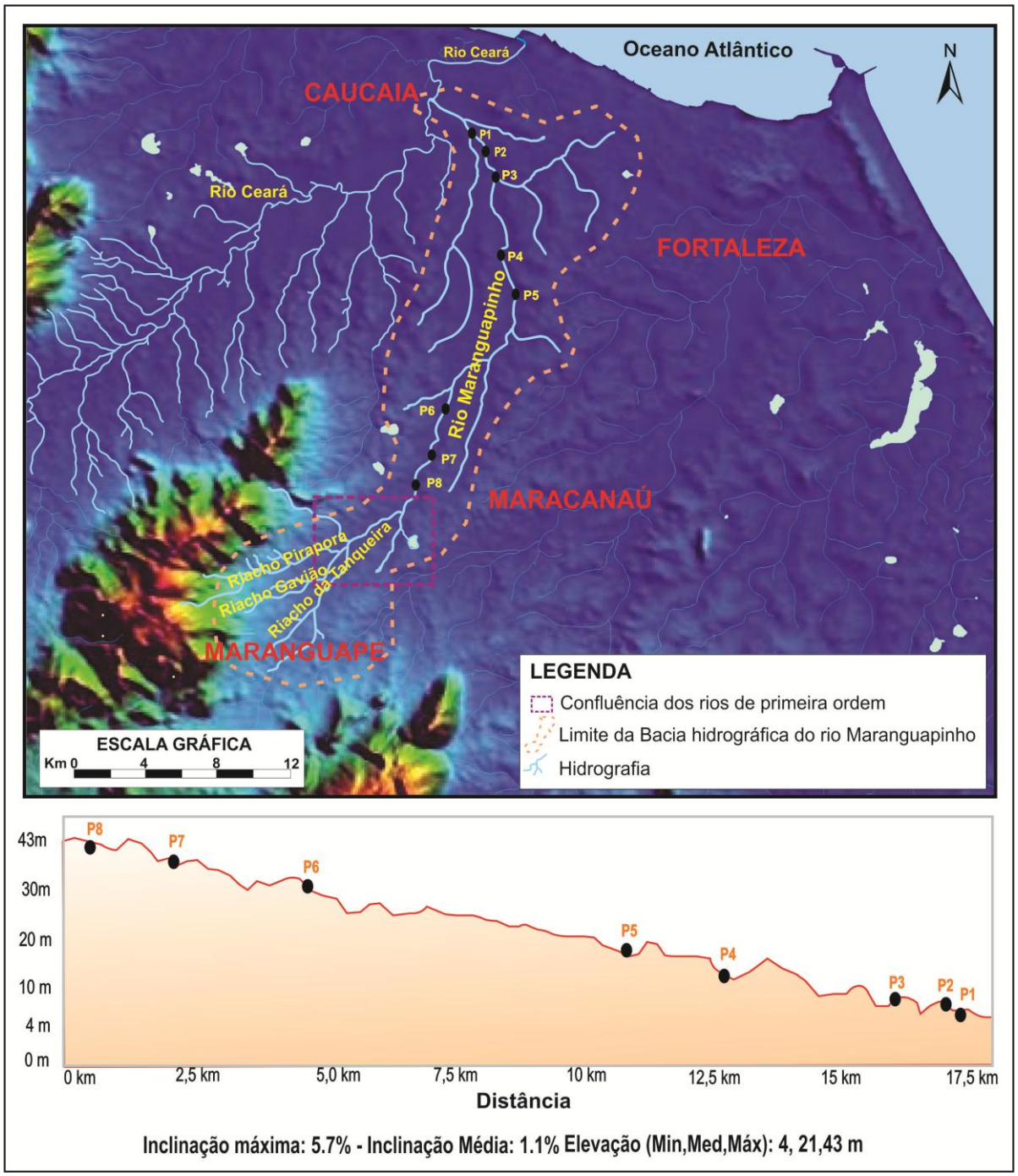


Figura 7. Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho com seção topográfica. Fonte: Modelo Digital do Terreno (MDE) e perfil topográfico extraído a partir de imagens SRTM por Maia (2011).

No ponto P8, o canal fluvial tem profundidade de aproximadamente 1,30 m e largura média de 18,6 m. As margens se apresentam preservadas, com densa vegetação arbórea na margem esquerda e cobertura vegetal arbustiva pouco desenvolvida na margem direita (Figura 8).

Figura 8. Localização do ponto P8, à jusante da ETE de tratamento de Maracanaú. Foto: Leito do rio Maranguapinho. Nota: ME – Margem Esquerda e MD – Margem Direita.

As atividades de agricultura são inexistentes nesse setor e o uso da água é predominantemente para o lazer da comunidade local. O escoamento hídrico é permanente no período de estio, podendo ser resultante do aporte de água oriundo de reservatórios existentes nas proximidades do canal fluvial.

As ocupações mais próximas estão localizadas a aproximadamente, 30 m de distância da margem direita do canal fluvial, as quais contam com serviço de saneamento básico oferecido pela CAGECE. Logo, não foram encontrados indícios de lançamento de efluentes domésticos no canal fluvial e de deposição de resíduos sólidos no local.

Ainda no município de Maracanaú, localizado à jusante da ETE, o ponto P7 apresenta um canal com largura de, aproximadamente, 4,20 m e profundidade média de 0,20 cm no período de estio, enquanto que no período chuvoso, sua largura chega a 12 m e profundidade a 1,30 m.

O escoamento superficial é caracterizado por um regime de corredeira em decorrência do afloramento de rochas remanescentes do embasamento cristalino no

leito do rio Maranguapinho, o que vem a caracterizar um ambiente de transição entre Tabuleiro Pré-litorâneo e Depressão Sertaneja (Figura 9).

As margens, em alguns trechos, apresentam escarpas de 1,5 m, decorrente da extração de areia grossa pela comunidade local, como alternativa econômica para o sustento familiar. Esse extrativismo mineral é verificado no leito do rio a partir do uso de artefatos artesanais que permitem a flutuabilidade do material extraído, uma vez que a profundidade nesse trecho é reduzida. Os solos são característicos de neossolos flúvicos provenientes de deposições contínuas de sedimentos transportados pelos cursos de água do rio.

Figura 9. Localização do ponto P7, à jusante da ETE de Maracanaú. Foto: Afloramento de rochas no leito do rio Maranguapinho.

A disponibilidade hídrica e o solo da região propiciam o desenvolvimento de atividades de agricultura de subsistência para as comunidades ribeirinhas locais. Ao passo que as planícies fluviais são naturalmente favoráveis para tal uso, como a exemplo do plantio de milho que é predominante nas margens do canal fluvial. No entanto, em decorrência dessas atividades, as margens se encontram desprotegidas de vegetação de mata ciliar.

Nesse setor, começa a se evidenciar em especial na margem direita do canal, a ocupação por residências de pequeno porte, instalação de criatórios de suínos e criação de aves, como atividade de subsistência para os ribeirinhos. O acúmulo de resíduos sólidos próximos às residências favorece o desenvolvimento de chorume e a consequente poluição do canal fluvial (Figura 10).

Figura 10. Margem direita do canal fluvial do rio Maranguapinho no município de Maracanaú. Foto: Disposição de resíduos de origem doméstica por habitantes.

As margens apresentam suave caimento na direção do canal fluvial e os sedimentos são predominantemente arenosos caracterizados como aluviais (SOUZA, 2009). No período de baixo caudal, os moradores locais exploram areia grossa para comercialização destinada à construção civil.

Em outros setores no município de Maracanaú, podem-se identificar regiões com vegetação de mata ciliar de carnaubais e vegetação ribeirinha secundária composta por espécies arbóreas e arbustivas, o que caracterizam margens preservadas em alguns pontos. Principalmente os pontos que não possuem um cenário de ocupação nas proximidades e margens do canal fluvial do rio Maranguapinho (Figura 11).

Figura 11. Vegetação de mata ciliar preservada no município de Maracanaú. Foto: Cobertura vegetal arbórea, arbustiva e presença de carnaúbas.

Situado a 24,47 km da foz do rio Maranguapinho, próximo ao quarto anel viário da rodovia CE-060, está localizado o ponto P6, onde o canal fluvial apresenta uma feição de canal de corredeira, devido a seus afloramentos rochosos. Possui largura de 11,38 m e profundidade 0,36 m no período de estio, enquanto que no período chuvoso apresentou um aumento de, aproximadamente, 2 m de largura e 0,60 m de profundidade. Pode-se notar ainda nesse ponto, a formação de uma área abrigada devido à morfologia do canal.

A oscilação do aporte hídrico em vários setores do rio Maranguapinho pode ter influência de fatores geológicos, geomorfológicos, bem como da declividade do canal, capacidade de armazenamento, escoamento e evaporação da água. Vale ainda salientar, a sua característica de rio intermitente, onde a pluviometria é fator determinante para contribuição hídrica da bacia hidrográfica, apresentando um déficit de armazenamento hídrico nos períodos de estio e um elevado aporte de água no canal fluvial em períodos de chuva.

A erosão das margens e o leito irregular do canal fluvial são evidenciados pela atividade de extração mineral, considerada comum em várias áreas da planície fluvial do rio Maranguapinho (Figura 12). A vegetação se encontra em determinado

estado de preservação nesse setor, caracterizada por uma vegetação do tipo arbórea e arbustiva com a presença de carnaúbas nas proximidades de suas margens, bem como da presença de mata ciliar.

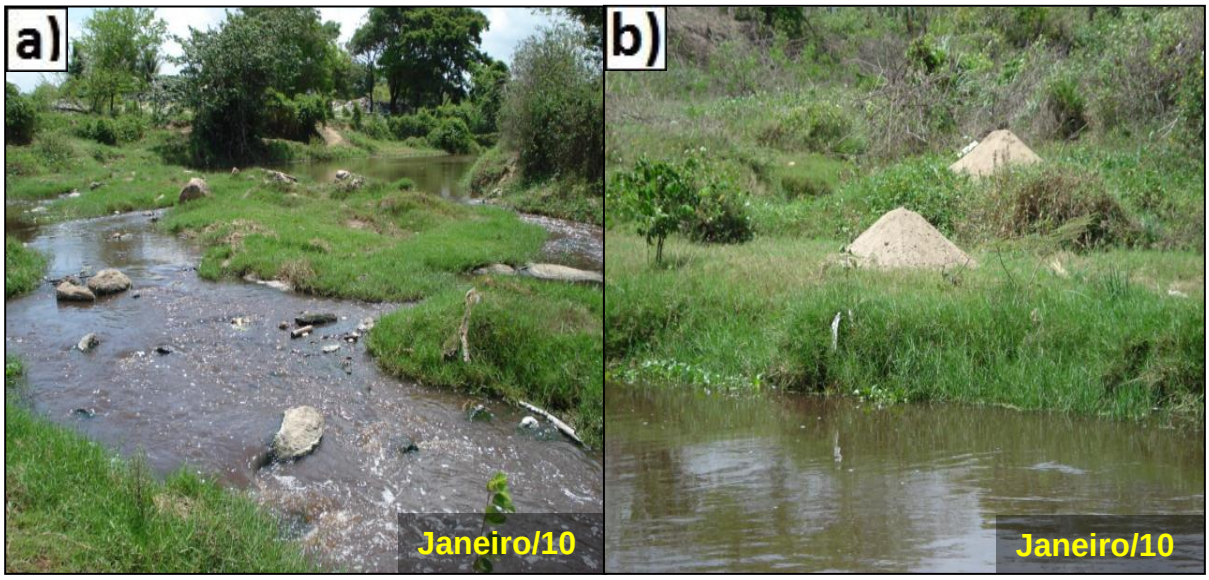


Figura 12. Localização do ponto P6, próximo ao anel viário da rodovia CE-060. Foto: a) Leito irregular do canal fluvial e afloramentos rochosos; b) Extração mineral no leito do rio Maranguapinho.

As intervenções no meio natural do rio Maranguapinho, não estão estreitamente relacionadas às atividades de extração mineral, lançamento de efluentes e deposição de resíduos sólidos domésticos. A região também é utilizada para descartes provenientes de resíduos sólidos industriais e comerciais, a exemplo de uma empresa que presta serviço de gerenciamento e reciclagem de resíduos sólidos, localizada às margens do rio, que acumula sobras de material inutilizado (plásticos, papéis, vidro, dentre outros) às margens e leito do canal, assoreando-o.

Os problemas relacionados à falta de saneamento básico se intensificam ao longo do percurso do rio Maranguapinho, à medida que se avolumam as aglomerações urbanas e residências ribeirinhas em região de baixo curso.

No município de Fortaleza, no bairro Bonsucesso, está localizado o ponto P5, situado na Av. Osório de Paiva a 18,29 km de distância da foz do rio Maranguapinho. Nesse trecho, o rio apresenta uma morfologia de canal meandrante e leito assoreado. As margens exibem focos de erosão e perda da cobertura vegetal em alguns pontos devido à intensa deposição de lixo no local. Apresenta uma

largura média do canal fluvial de 13,23 m e profundidade de 0,60 m no período chuvoso. Enquanto que no período de estio, expõe uma largura de 11 m e profundidade de 0,36 m (Figura 13).

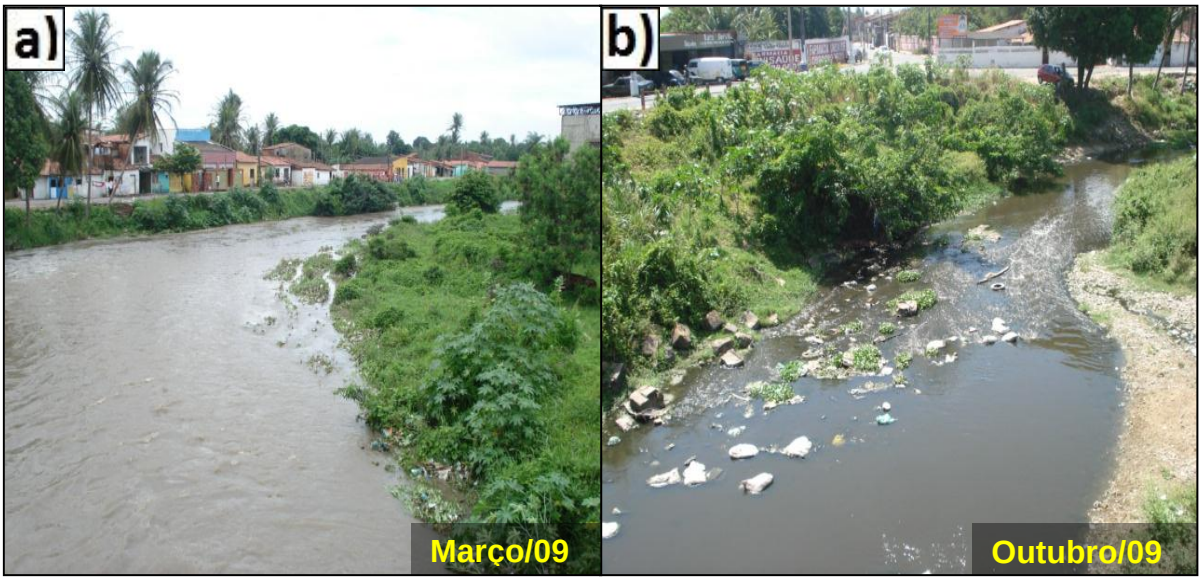


Figura 13. Localização do ponto P5, no bairro Bonsucesso no município de Fortaleza. Foto: a) Canal fluvial do rio Maranguapinho na quadra chuvosa; a) Canal fluvial do rio Maranguapinho no período de estio.

Os sedimentos aluviais que compõem as planícies fluviais são predominantemente areias finas e médias, com inclusões de cascalho inconsolidados, siltes, argilas e eventuais ocorrências de matéria orgânica em decomposição (Souza, 2009). Logo, os sedimentos que compõem o substrato do canal fluvial do rio Maranguapinho em geral são arenosos.

No entanto, o ponto apresenta uma descaracterização sedimentológica, principalmente no leito menor do canal fluvial, haja vista a predominância de areias muito grossas e a presença de entulhos, decorrentes de resíduos de construção civil e fragmentos de rochas (Figura 14).

Figura 14. Descaracterização sedimentológica e assoreamento do canal fluvial. Foto: Acúmulo de resíduos provenientes da construção civil nas proximidades.

Nesse ponto, o rio é utilizado como área de deposição de lixo doméstico pela população local, descarte de sucatas de automóveis e despejo de restos de animais por granjas locais de pequeno porte, como vísceras e penas de aves. Essas atividades provocam a formação de verdadeiros lixões às margens do rio Maranguapinho e a propicia produção de chorume que flui principalmente para o canal (Figura 15), além de desconfigurar as paisagens naturais.

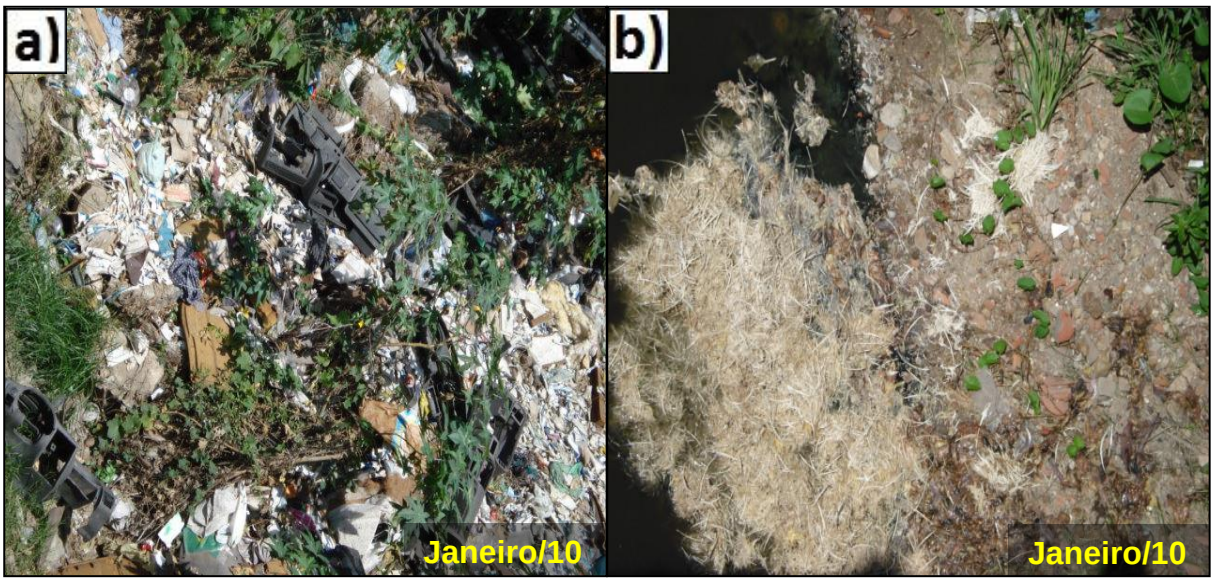


Figura 15. Acúmulo de resíduos sólidos e poluição orgânica no leito do canal fluvial do rio Maranguapinho por atividades locais. Foto: a) Descarte de destroços de automóveis por sucatas; b) Disposição de restos de animais abatidos em granjas.

O ponto P4 de monitoramento da área em estudo está localizado a 16,42 km de distância da foz do rio Maranguapinho, no bairro Bonsucesso, na rua Vital Brasil. Ainda em domínio de planície fluvial, o canal fluvial se assenta em feições de Tabuleiro Pré-litorâneo, em zona estreitamente urbana.

O local apresenta vegetação relativamente preservada, onde as margens do leito menor do rio apresentam cobertura de mata ciliar ainda preservada. O leito se encontra assoreado, com a formação de pequenos bancos arenosos, devido aos processos erosivos de suas margens, principalmente pela ocupação de casas que margeiam o leito maior esquerdo do canal fluvial, bem como pela deposição de resíduos sólidos na margem direita (Figura 16-a).

No leito maior do canal fluvial, a vegetação de mata ciliar se encontra comprometida, devido às atividades de agricultura de subsistência por comunidades ribeirinhas pelo plantio de banana e de coco-da-baía. Essas atividades descaracterizam a vegetação natural das margens do rio, desprotegendo o solo e, consequentemente contribuindo para os processos de erosão e assoreamento do canal fluvial (Figura 16-b).

Figura 16. Localização do ponto P4, no bairro Bonsucesso. Foto: a) Ocupação da margem esquerda do rio Maranguapinho e plantio de bananeiras e coqueirais por comunidades ribeirinhas; b) Canal fluvial de morfologia sinuosa, coberto por vegetação de mata ciliar.

O canal fluvial tem uma característica de morfologia sinuosa e leito irregular. No período chuvoso apresenta profundidade média de 1,25 m e largura de,

aproximadamente, 16 m no leito maior, permitindo que moradores ribeirinhos façam deste ambiente uma alternativa de lazer.

Em período de estio a profundidade média do rio decai para 0,79 m, apresentando um leito menor de aproximadamente 3 m de largura, o que proporciona melhor visualização da poluição causada por resíduos sólidos, sendo possível também identificar pontos de lançamento de efluentes domésticos (Figura 17).

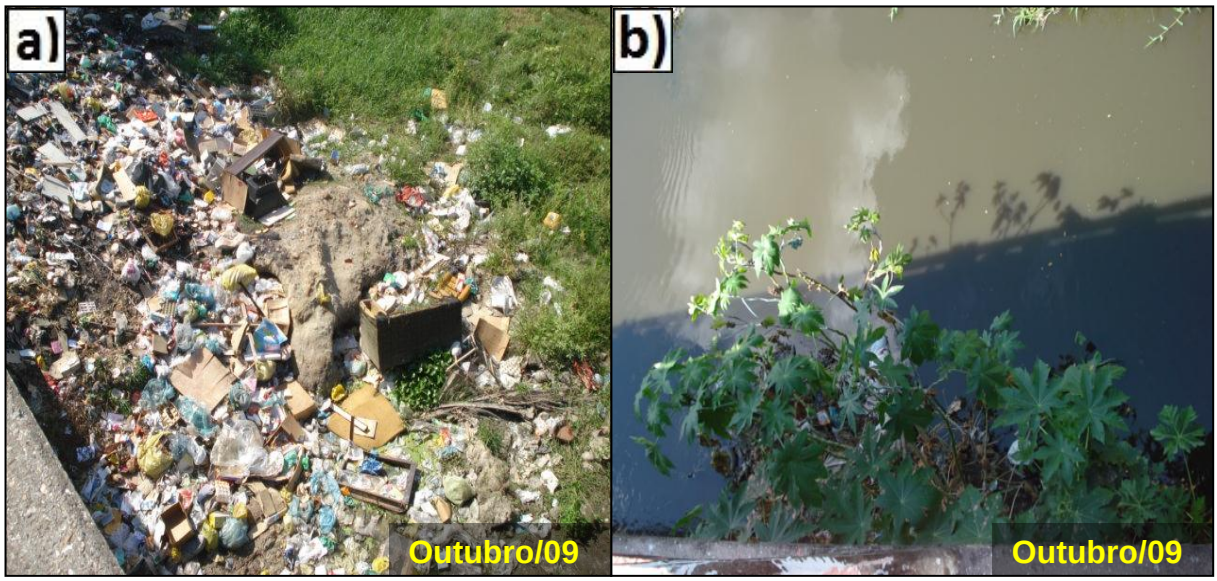


Figura 17. Degradação da qualidade ambiental do rio Maranguapinho. Foto: a) Deposição de resíduos sólidos domésticos às margens do rio; b) Lançamento de efluentes de esgotos domésticos no canal fluvial.

No bairro Autran Nunes, na rua Minerva, se localiza o ponto P3 monitorado a 12,55 km de distância da foz. Nesse setor, a ocupação desordenada no rio Maranguapinho domina toda a sua margem esquerda, ocasionando erosão das margens e assoreamento do leito do rio.

Os bancos arenosos formados pelos processos de assoreamento podem ser identificados em períodos de estiagem, onde o rio se encontra quase seco, apresentando profundidade média de 0,42 m e largura de 16,50 m (Figura 18 - a). Contudo, no período chuvoso o canal do rio se mostra mais largo com aproximadamente 17 m e profundidade média de 2,50 m (Figura 18 - b).

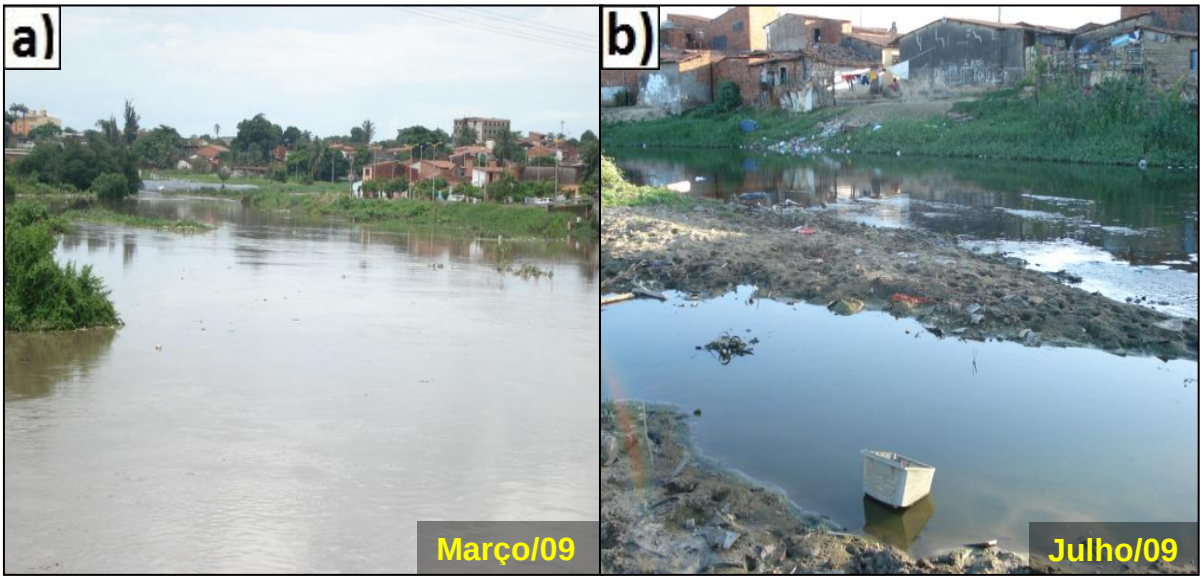


Figura 18. Localização do ponto P3, no bairro Autran Nunes, nos períodos de estio e chuva. Foto: a) Leito maior do canal fluvial do rio em quadra chuvosa (março/09); b) Assoreamento do leito do rio Maranguapinho e ocupação da margem esquerda por comunidades ribeirinhas.

Apesar dos problemas ambientais causados pelo processo de erosão e assoreamento do rio, a vegetação também se encontra degradada. A cobertura de vegetação de mata ciliar desaparece dando lugar às casas de alvenaria e de material improvisado, onde residem as comunidades ribeirinhas. A vegetação do tipo arbustiva é caracterizada pela presença de coco-da-baía cultivado pela comunidade local.

A feição morfológica do leito maior é caracterizada como um canal do tipo retilíneo, enquanto que o leito menor se encontra descaracterizado pela presença de bancos de areia, caracterizados por sedimentos arenosos. Dentro desse contexto, vale salientar a importância dos limites legais estabelecidos pela legislação ambiental a respeito da ocupação nas APPs, como da ocupação nas margens de rios. De tal forma que, a ocupação esteja de acordo com as limitações exigidas por lei e as especificidades de cada ambiente, caso não ocorrente no rio Maranguapinho, considerando a irregularidade da ocupação às suas margens.

Na Av. Mister Hull a 11,37 km de distância da foz do rio Maranguapinho está localizado o ponto P2 da área em estudo. Situado à montante do Frigorífico Industrial de Fortaleza (FRIFOR) no bairro Antônio Bezerra, o ponto é caracterizado

por um canal de morfologia meandrante assentado em unidade de planície fluvial com domínio de Tabuleiros Pré-litorâneos e solos aluviais.

A largura do rio praticamente não se altera nos períodos de estio e chuva, permanecendo com uma média de 19 m. Enquanto que a sua profundidade varia de 1,72 m no período chuvoso a 1,18 m no período de estio. Vale salientar que a profundidade e a largura do rio nesse ponto pode se alterar devido à presença de resíduos sólidos decantados no leito do canal, bem como de vegetação de aguapés e atividades de dragagem.

Na margem direita do rio, a vegetação é arbustiva com a predominância do cultivo de bananeiras. Enquanto que, na margem esquerda, o solo exposto é caracterizado por desmatamento da vegetação de mata ciliar, salientando que a limpeza trimestral do canal realizada pela Prefeitura Municipal de Fortaleza, através de dragagens dos bancos de areia, resíduos sólidos e aguapés, contribui para a descaracterização das margens do rio e alteração do fluxo de escoamento superficial do canal fluvial (Figura 19).

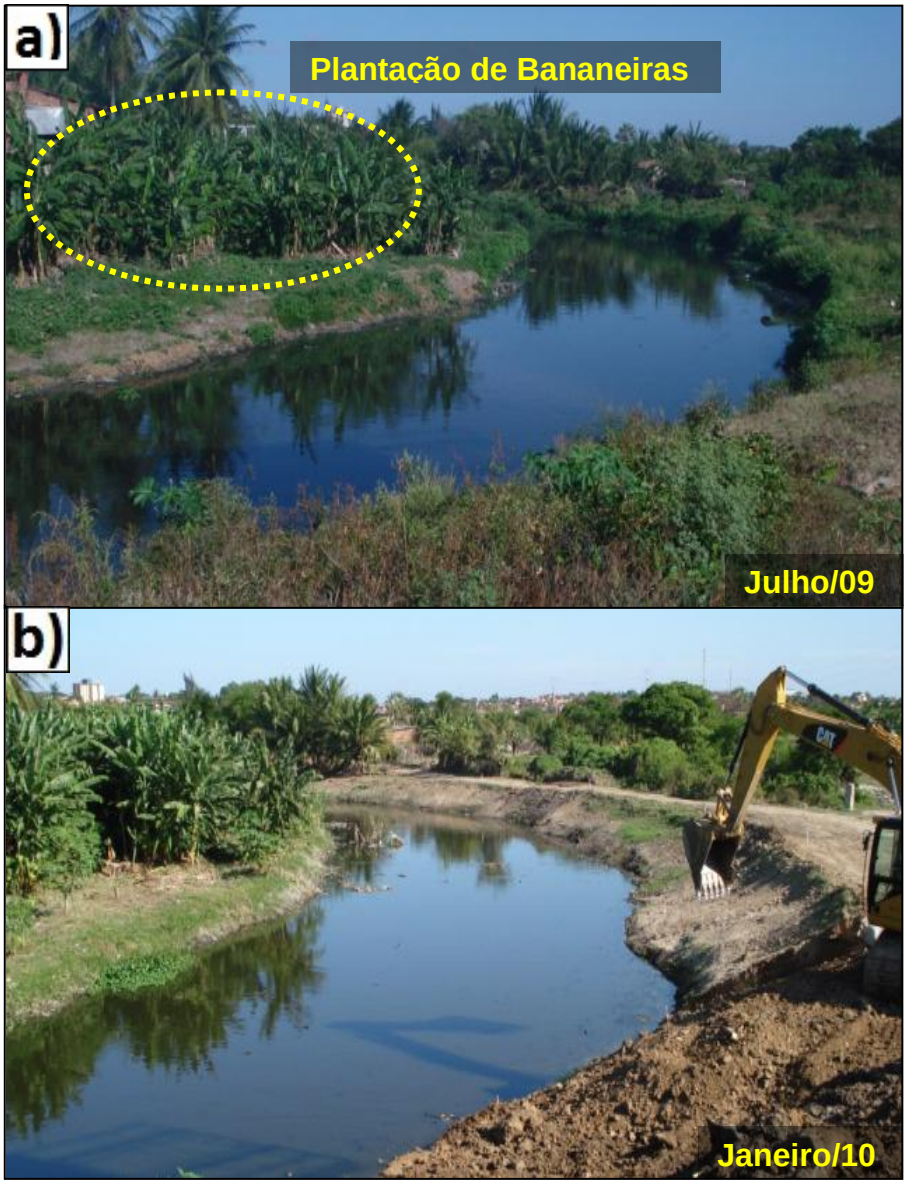


Figura 19. Localização do ponto P2, na Av. Mister Hull. Foto a) Plantação de bananeiras à margem direita do rio Maranguapinho; b) Dragagem do canal fluvial realizado trimestralmente pela Prefeitura Municipal de Fortaleza.

A ocupação das margens por comunidades ribeirinhas é inexistente. Logo, pode-se descartar a poluição da água por fontes pontuais de poluição, decorrente de efluentes domésticos. No entanto, a degradação na qualidade das águas do rio Maranguapinho também está relacionada às fontes de poluição difusa sendo notória a intensa formação de aguapés na superfície do canal em períodos de estio, bem como a presença de lixos e materiais flutuantes nesse ponto. Vale

salientar que a intensa presença de aguapés em um corpo hídrico, é considerado como um indicador de poluição hídrica (SPERLING, 1994) (Figura 20).

Figura 20. Leito do canal fluvial do rio Maranguapinho na Av. Mister Hull, no município de Fortaleza. Foto: Disposição de materiais flutuantes e presença de macrófitas (aguapés).

A demarcação deste ponto de monitoramento foi realizada de forma estratégica, haja vista a instalação de indústrias nas proximidades desse setor, de tal modo que foi possível identificar a influência do descarte de efluentes industriais na degradação da qualidade das águas do rio Maranguapinho, os quais podem ocorrer de forma direta ou indireta.

No domínio da planície fluviomarinha está localizado o ponto de monitoramento P1, situado a 10 km de distância da foz, no bairro Quintino Cunha. O ponto possui profundidade de 0,98 m do período de estio, enquanto que período chuvoso a profundidade aumenta para 1,29 m.

A vegetação é caracterizada como arbustiva, apresentando uma preservação da mata ciliar na margem esquerda, enquanto que a margem oposta se apresenta erodida e sem cobertura vegetal, isso decorrente da ocupação indevida pela comunidade local na margem do rio (Figura 21).

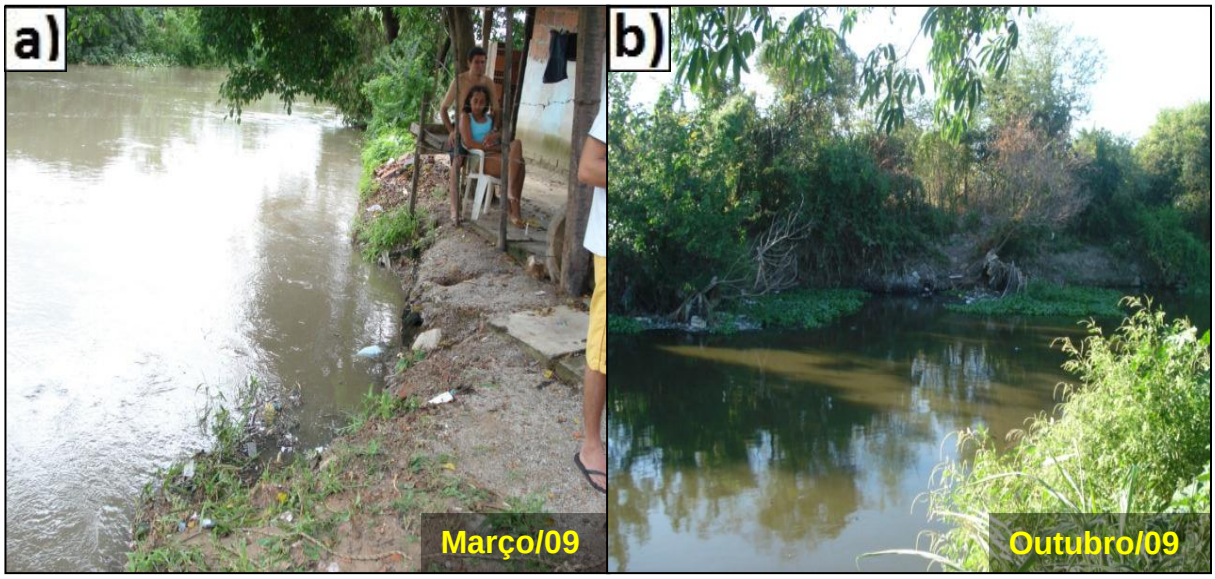


Figura 21. Localização do ponto 01 à jusante do FRIFOR no bairro Quintino Cunha. Foto: a) Erosão da margem esquerda e acomodação de moradias por comunidades ribeirinhas; b) Mata ciliar preservada à margem esquerda.

O rio Maranguapinho nesse setor possui morfologia de canal meandrante, com remanescentes de solos aluviais e predominância de sedimentos de textura argilosa com concentração de matéria orgânica. A região é considerada como uma de área transição entre unidades geoambientais, decorrente da influência de processos marinhos e continentais.

A influência na hidrodinâmica do canal estuarino pelas oscilações de marés e regime fluvial do rio Maranguapinho pode ser notada pela linha de influência da maré. Logo, a cunha salina advinda do canal estuarino do rio Ceará em interponto com o ambiente estuarino do rio Maranguapinho, adentra ao continente por aproximadamente 10 km, conforme verificado em campo.

A interferência da cunha salina nesse ambiente proporciona o aparecimento de uma vegetação específica de mangue, caracterizada por fixar solos instáveis, ser resistente a ações das marés e ao teor de salinidade proveniente do oceano em período de preamar (SOUZA, 2009). Isso devido à presença de água salobra nesse ambiente, proveniente da mistura da água salgada do mar com a água doce do rio. Contudo, ainda é predominante o fluxo de água doce nesse trecho (Figura 22).

Figura 22. Ambiente fluviomarinho, no município de Fortaleza. Foto: Influência da maré a 10 km de distância da foz.

A água se apresenta bastante turva, podendo ser decorrente da atividade de criação de animais às margens. Haja vista, que as águas do rio Maranguapinho são utilizadas para banho e abastecimento desses animais. Contudo, a população local também usa o rio como área para descarte de efluentes domésticos e deposição de resíduos sólidos, podendo comprometer a saúde da comunidade local que reside às margens do canal, a qual mantém contato direto com as águas do rio.

Dentro do atual cenário de degradação do rio Maranguapinho, o ambiente fluviomarinho é considerado o principal receptor de poluentes distribuídos e descartados ao longo da bacia hidrográfica. Considerando que, o ambiente fluviomarinho do rio Maranguapinho exibe terrenos com declividade praticamente nula, onde as correntes fluviais perderam a capacidade de entalhe e a sedimentação supera inteiramente as manifestações erosivas (LIMA, J., 2006).

Isso é refletido na baixa profundidade do canal, com profundidade média no período de chuva de 1,32 m. No período de estio a profundidade média é de 0,70 m, com redução sazonal de 45% da capacidade de escoamento (Figura 23).

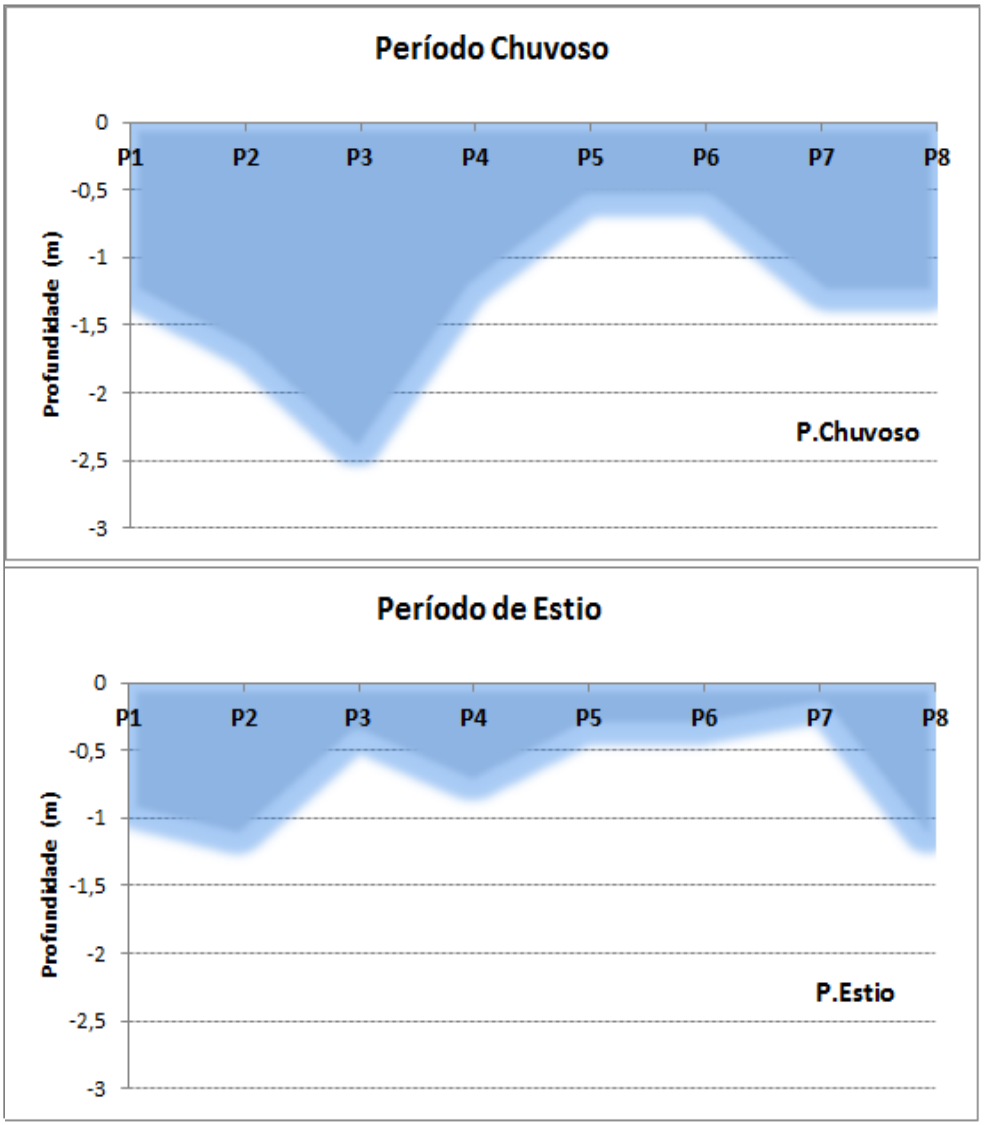


Figura 23. Variação sazonal da profundidade nas estações de monitoramento no rio Maranguapinho.

4.2 Contexto hidroclimático e hidrológico

As relações entre o sistema atmosférico e os fatores geográficos particulares da bacia do rio Maranguapinho corroboram para as condições climáticas da região. A região que engloba a bacia do rio Maranguapinho (litoral de Fortaleza, Serra da Pacatuba e Maranguape) está submetida a um tipo climático úmido a sub-úmido (BRASIL, 1981). Esse tipo de clima apresenta, geralmente, temperaturas mais amenas do que as verificadas nas áreas sob influência do clima semiárido; e deficiências hídricas de moderada a baixa, durante menos de cinco meses do ano (LIMA, J., 2006).

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é de fundamental importância para o sistema atmosférico atuante na porção norte da região Nordeste

do Brasil, considerando que a convergência dos ventos alísios advindos dos dois hemisférios ocorre na ZCIT. Isso acontece no verão e outono no hemisfério sul, submetendo a região Nordeste, durante vários dias consecutivos, a chuvas intensas e trovoadas, com maiores intensidades em março e abril (BRASIL, 1981) (Figura 24). Tais acontecimentos ocorrentes exercem influência no período chuvoso do estado do Ceará, responsáveis pelas precipitações na região da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho.

No período de estiagem atuam os ventos anticiclones de E e NE originados na alta tropical do Atlântico Sul, deslocando a ZCIT (NIMER, 1977 apud CEARÁ, 2002). Neste momento, se instala o período de estio, com ausência de chuvas e aumento da intensidade dos ventos. Isto reflete no escoamento praticamente nulo neste período, exceto quando as bacias hidrográficas têm as suas vazões controladas pelos barramentos ou recebe contribuições hídricas de outras fontes, a exemplo dos efluentes domésticos e industriais.

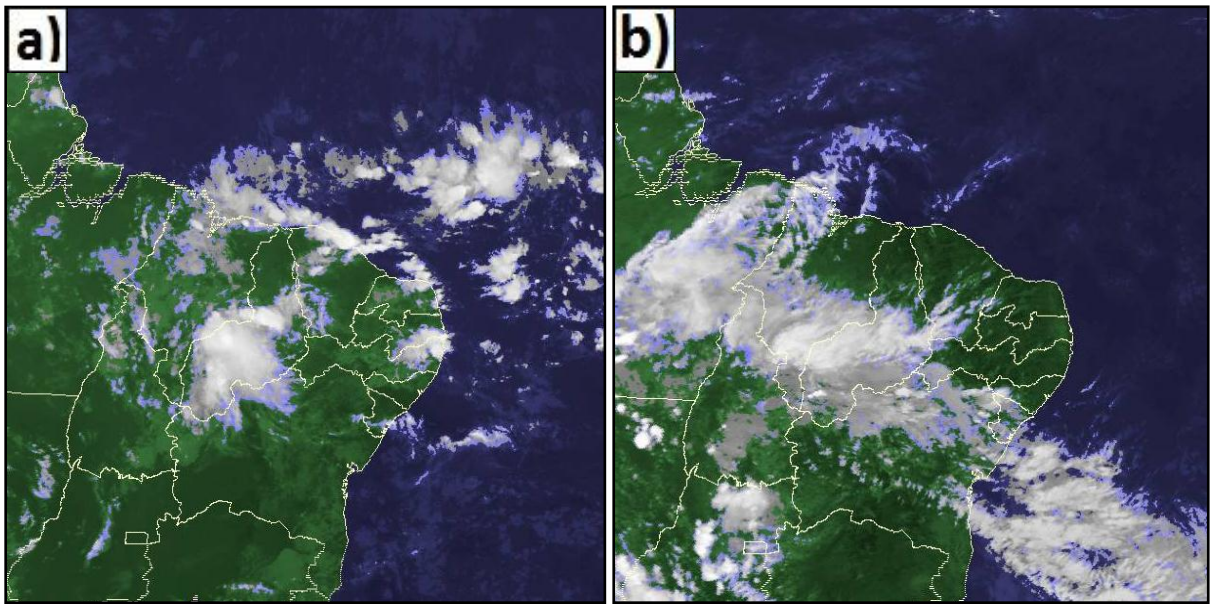


Figura 24. a) Instalação da quadra chuvosa no Nordeste Setentrional do Brasil. b) Deslocamento da massa de ar para o Sul instalando o período de estio. Fonte: Imagens do CPTEC (2011).

Considerando os índices pluviométricos que fazem referência a área da bacia do rio Maranguapinho, foram registrados na estação meteorológica Fortaleza-Pici um total de 2.218,9 mm no ano de 2009, com uma média mensal de 184,90 mm

no município de Fortaleza (Figura 25-a). Embora, a média anual do ano de 2009 foi de aproximadamente 50% acima da média dos últimos 10 anos (FUNCEME, 2010). No entanto no ano de 2010, a quadra chuvosa foi ampliada, com ocorrência de precipitações no período entre o mês de janeiro e agosto.

No ano de 2010, o total anual foi de 952,9 mm, com média mensal de 79,40 mm (Figura 25-b). Enquanto que, nos meses de julho a dezembro, os valores pluviométricos se apresentaram dentro da média histórica, caracterizando o período de estiagem. Considerando que, há maior concentração de chuvas nos seis primeiros meses do ano, o que representa 90% do total precipitado ao longo do ano, com picos de precipitação em março e abril (SOUZA, 2009).

Como podem ser observadas, as regiões litorâneas são áreas diferenciadas do ponto de vista da pluviometria ao serem comparadas com os sertões. As bacias costeiras recebem um volume de água significativo, distribuído em curto espaço de tempo, fatores estes que, associados ao mau uso do solo, as caracterizam como áreas vulneráveis a enchentes sazonais.

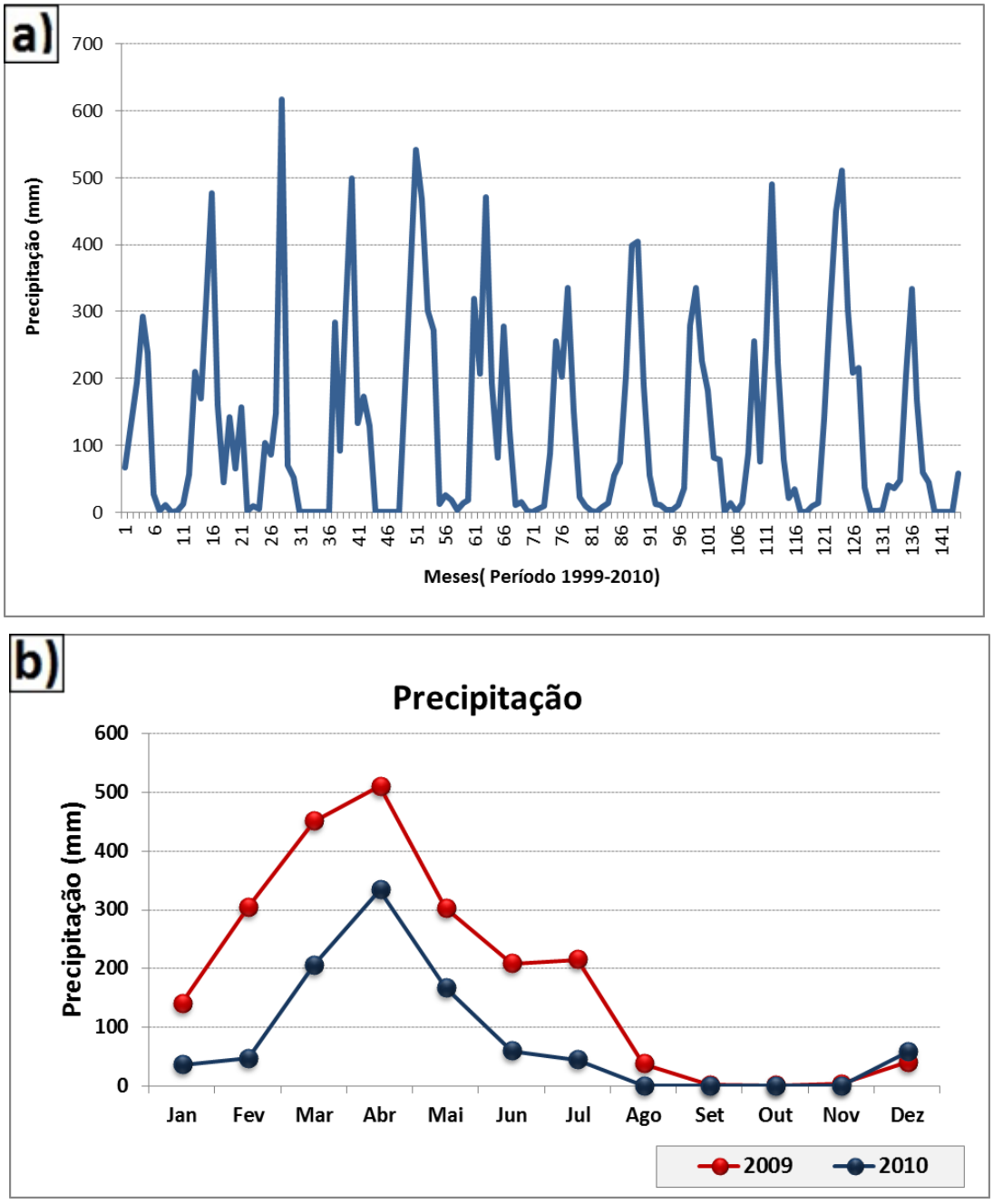


Figura 25. a) Precipitação mensal no período de 1999 a 2010 na cidade de Fortaleza. B) Precipitação total na bacia do rio Maranguapinho nos anos de 2009 e 2010, com base nos dados da estação meteorológica Fortaleza - Pici. Fonte: Base de dados da FUNCEME acessado em 2011.

Como característica das áreas tropicais e com influência da semiaridez, as taxas de evaporação são elevadas, influenciadas, sobretudo, pelos índices de insolação. Considerando as médias históricas de 30 anos na cidade de Fortaleza, a taxa mensal de água evaporada é de 122,43 mm/mês, segundo dados da FUNCEME, entre os anos de 1960 e 1991.

No período chuvoso, o valor médio evaporado é de 89,2 mm, enquanto que no período de estio é de 155,63 mm, excedendo o volume precipitado no período entre 1960 e 1991 (Figura 26). Isto conduz a um escoamento nulo no canal fluvial, perda de água dos solos e diminuição da cota de sangria das lagoas nas bacias, possíveis fornecedoras de água no período de estio.

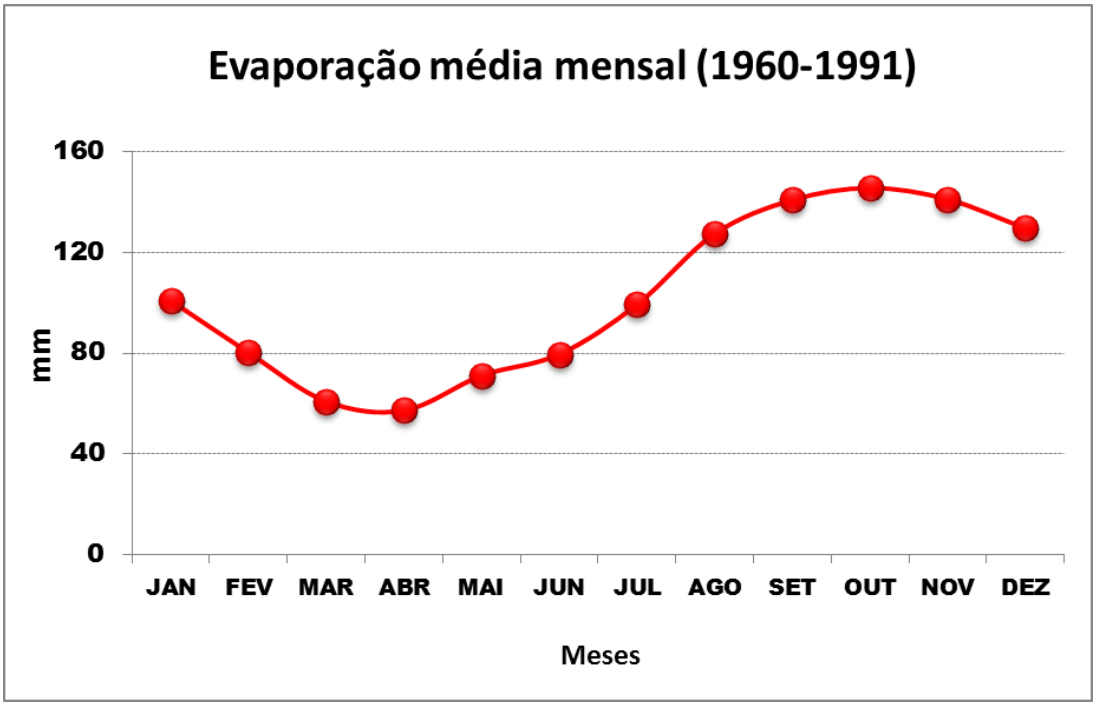


Figura 26. Evaporação média mensal na cidade de Fortaleza no período de 30 anos (1960-1991). Fonte: Dados da FUNCEME acessado em 2011.

As características hidroclimáticas da região são materializadas na vazão das águas desses rios. Fatores como a morfologia do canal, ocupação, alteração das margens e o tipo de leito influenciam também no regime de escoamento (MOTA, 2008).

O rio Maranguapinho é caracterizado como um rio de regime intermitente, o que acaba interferindo naturalmente no escoamento de suas águas superficiais e, consequentemente, na sua vazão.

O mês de março/09 apresentou maior vazão em relação aos demais meses monitorados. Variou de 15, 20 m^3/s (máxima), no ponto P2 a 0,40 m^3/s (mínima) no ponto P8, está última registrada a montante da ETE-Maracanaú com média de 5,14 m^3/s.

No mês de julho/09, a vazão do rio Maranguapinho variou de 15 m^3/s, no ponto P2 a 1 m^3/s no ponto P8, apresentando uma média de 5,25 m^3/s. O ponto P7, localizado à jusante da ETE-Maracanaú apresentou vazão de 2 m^3/s. A vazão regularizada da ETE é de 0,50 m^3/s (LIMA, J., 2006).

No mês de outubro/09, a vazão decaiu significativamente à medida que ocorreu a ausência de chuvas, apresentando uma média de 0,36 m^3/s, com máxima de 1,02 m^3/s no ponto P3 e mínima de 0,03 m^3/s, registrada no ponto P6, onde as águas se apresentaram mais rasas nesse período.

A vazão permaneceu com baixos valores no mês de janeiro/10, exibindo máxima de 0,75 m^3/s no ponto P4 e mínima de 0,09 m^3/s no ponto P8, totalizando uma média de 0,33 m^3/s.

Podemos então observar que os resultados obtidos durante o período chuvoso representaram uma vazão significativamente maior, devido o aumento do aporte hídrico no canal fluvial pelas precipitações, refletindo o aumento da competência do rio para o transporte de cargas de sedimentos e poluentes.

No período de estio, as águas fluviais se apresentaram rasas na maioria dos pontos, devido às características natural do regime do rio Maranguapinho e, consequentemente, a diminuição da vazão nesse período, interferindo na sua capacidade de transporte e de depuração de poluentes.

O comportamento longitudinal das vazões no período de chuvas é de crescimento das taxas entre os pontos P8 e P4, associados à contribuição do riacho Alto Alegre e da sangria da Lagoa do Mondubim. A vazão do ponto P2 recebe contribuição direta da lagoa da Parangaba e do Açude da Faculdade de Agronomia, o que justifica as mais elevadas vazões.

As vazões mais reduzidas neste período estão associadas ao ponto P1 e P3 que, apesar de apresentar profundidade elevada (1m e 1,70m), o poder de escoamento é reduzido pelo aumento da largura da seção (15m e 16m), respectivamente e, consequente, aumento do atrito com o fundo. No período de estio, a vazão média ao longo do canal foi de 0,34 m^3/s (Figura 27). Esse resultado comprova que a vazão regularizada da ETE – Maracanaú e as entradas de esgotos

clandestinos são responsáveis pela perenização do vale do rio Maranguapinho, considerando que o nível d'água das lagoas inseridas na bacia, neste período, está significativamente menor.

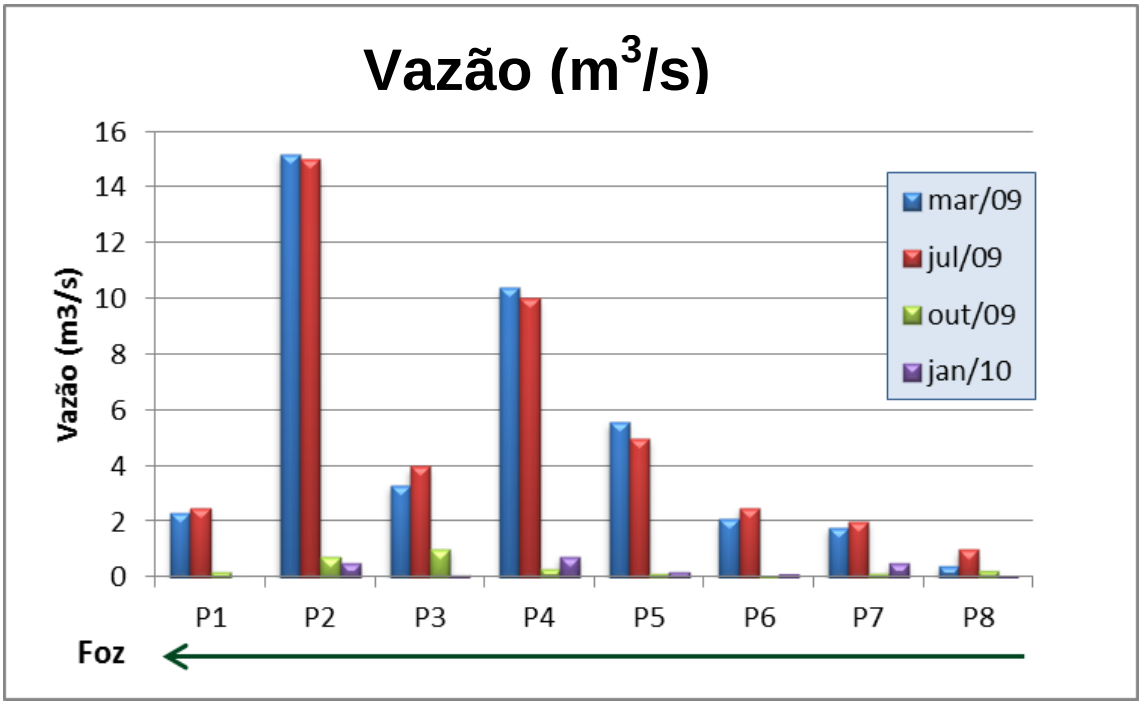


Figura 27. Variação longitudinal das vazões no rio Maranguapinho no período de março/09 a janeiro/10.

4.3 Transporte de material em suspensão como indicador de degradação

As modificações nas margens e no canal fluvial decorrentes das diversas formas de uso e ocupação do solo são indicadas, frequentemente, nas concentrações dos sólidos em suspensão (MOTA, 2008). Esses sólidos são oriundos da erosão de margens e da camada superficial dos solos em decorrência da baixa proteção da cobertura vegetal. Nas áreas ocupadas por prédios e de solos pavimentados, a infiltração é reduzida e o escoamento potencializado, aumentando assim a contribuição desse material para as águas.

O aumento da concentração de Sólidos Suspensos Totais (SST) em um corpo hídrico pode ser considerado um indicador de degradação ambiental, considerando que esse aumento pode refletir diversos tipos de uso e impactos em torno de uma bacia hidrográfica, resultando na produção de sedimentos Mota (op. cit.).

Além disso, o transporte de SST pode contribuir para o carreamento de inúmeras substâncias no meio aquático, bem como a dispersão de poluentes no canal fluvial, os quais são, frequentemente, transportados por suspensão, agregados às argilas e matéria orgânica, o que acabam sendo considerados expressivos carreadores geoquímicos.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não possui limites para sólidos totais nos cursos d'água. No entanto, estabelece valores para sólidos dissolvidos totais, possibilitando assim o uso do padrão ambiental para sólidos totais em cursos de água doces, com valor, de 500mg/L para as Classes I e II.

As concentrações de SST foram observadas no período chuvoso, com valores mínimos e máximos de 13 e 51 mg/L. O comportamento da curva revela decréscimo entre a foz e o ponto P8. Isso pode estar associado à recarga de outros tributários. Nos demais meses o comportamento é inverso, com tendência de diminuição do interior para a costa. Os dados anuais do ponto P8 comprovam a importância da cobertura vegetal na proteção do solo.

A variação dos dados foi reduzida ao longo de ano, ao se comparar com os demais pontos, que apresentam as margens ocupadas e alteradas. Apesar da baixa profundidade do canal, não foi verificada a correlação dos dados de concentração dos SST e da profundidade nos meses monitorados (Figura 28).

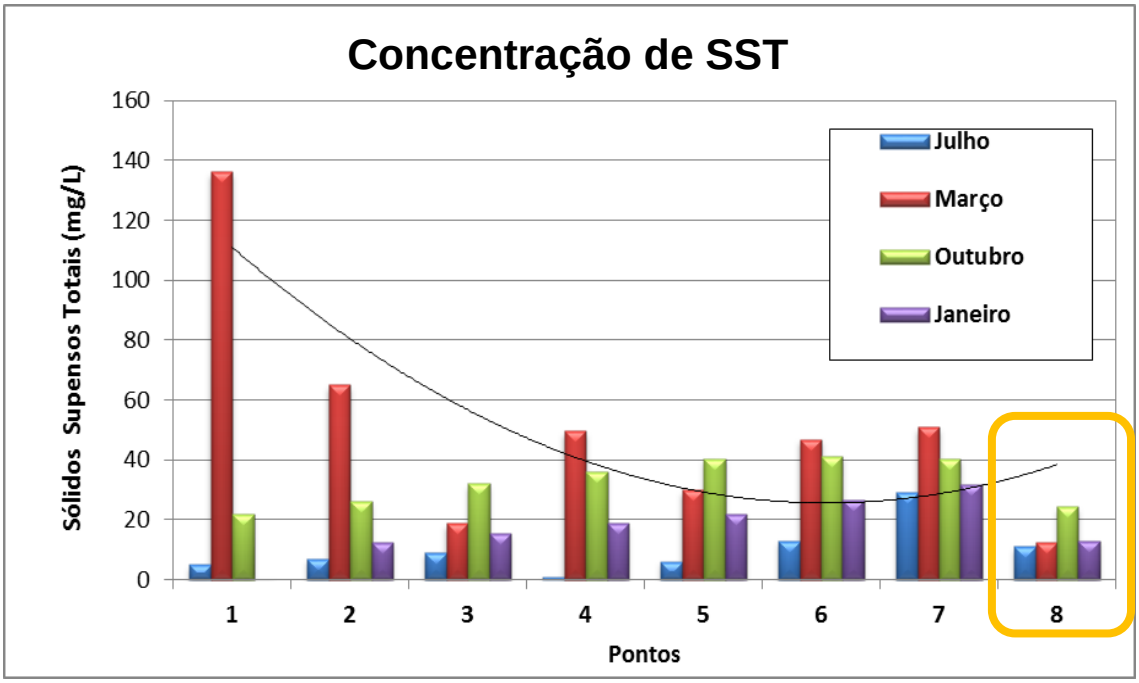


Figura 28. Concentração de Sólidos Suspensos Totais no rio Maranguapinho no período de março/09 a janeiro/10.

Durante o período chuvoso, no mês de março, a concentração média de SST no rio Maranguapinho foi de 5,12 mg/L. O maior valor ocorreu no P1 (13,62 mg/L), localizado em domínio estuarino sobre a influência da maré e o menor valor foi de 1,26 mg/L no ponto P8, onde as caraterísticas naturais do rio se mostraram mais preservadas. Os demais pontos apresentaram uma média de 4,35 mg/L, onde as atividades de uso e ocupação são mais intensas.

No período de estio, em julho/09, a média da concentração de SST foi de 1,01 mg/L. O maior valor foi de 2,90 mg/L encontrado no ponto P7, onde a predominância de atividades de extração mineral nesse setor durante a coleta foi bastante evidente. Enquanto que, o menor valor foi de 0,10 mg/L no ponto P4, o qual não apresentou significativas atividades de influência na produção de SST nas águas do rio Maranguapinho nesse período.

As análises realizadas em outubro/09 exibiram máxima de 4,12 mg/L no ponto P6 e mínima de 2,20 mg/L no ponto P1, com média de 3,28 mg/L. Pode-se observar que ocorreu um aumento na concentração de SST, em alguns pontos de forma bastante significativa. No entanto, no início da quadra chuvosa, em janeiro/10, as concentrações de SST variaram entre 3,19 mg/L a 1,25 mg/L. As chuvas

ocorreram eventualmente, contudo contribuíram para o aporte de SST gerando uma média de 2 mg/L.

Conforme os dados apresentados, os altos teores de SST foram identificados no período de chuva, considerado o período de maior mistura e ganho de aporte de sedimentos em suspensão no canal fluvial. Enquanto que nos meses de estio, os valores reduziram à medida que o aporte hídrico diminuiu e com isso a vazão, consequentemente. No entanto, todos os pontos de monitoramento apresentaram valores inferiores ao limite proposto de 500 mg/L pela Resolução CONAMA n^{o} 357/2005.

Vale salientar que, as concentrações de SST no canal fluvial do rio Maranguapinho também possui influência das atividades de uso e ocupação em suas margens. Dentre as principais atividades podem se destacar: o desmatamento pela ocupação ribeirinha, ocasionando erosão e perda da mata ciliar das margens, a extração mineral ao longo do rio, aumentando a suspensão dos sólidos pela agitação dos sedimentos de fundo e descaracterização do canal fluvial, bem como o descarte de lixo e, a instalação de currais e pocilgas, contribuindo com o aumento de SST através do lançamento de efluentes.

Ainda que, no período chuvoso foram evidenciadas as maiores concentrações de SST, em outubro/09, a atividade de extração mineral foi mais frequente pelos ribeirinhos, devido ao aumento da demanda do material para construção civil, o que justificou os maiores teores encontrados no período de estio, no referente mês (Figura 29).

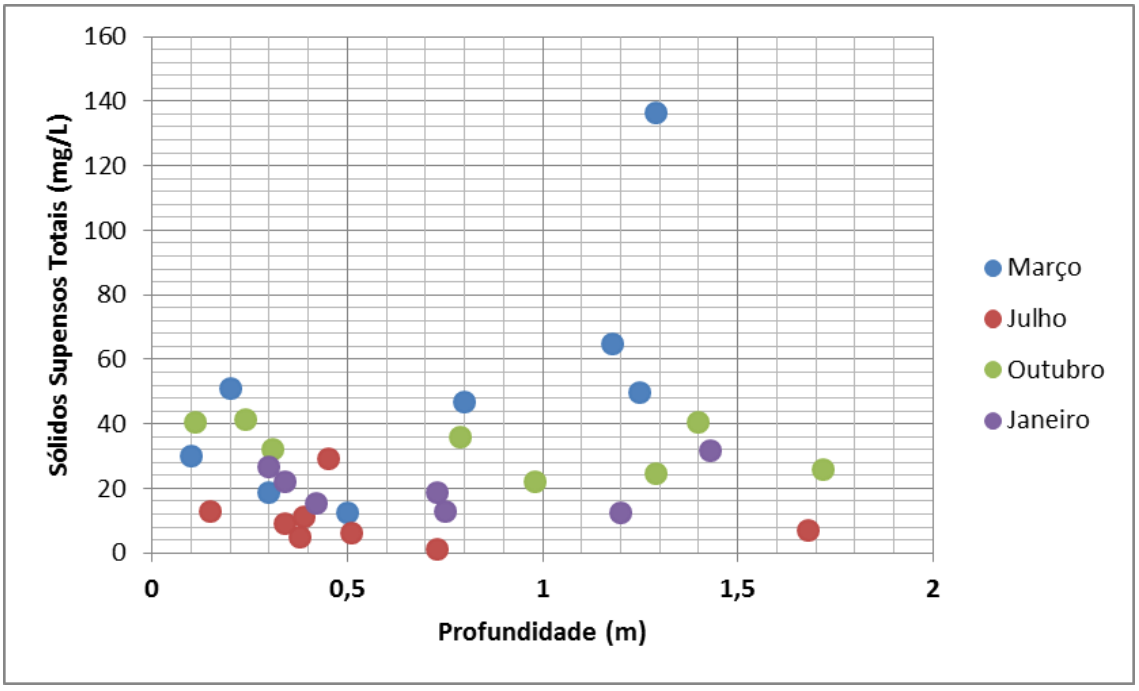


Figura 29. Correlação entre a concentração de SST e a profundidade no rio Maranguapinho no período de março/09 a janeiro/10.

De acordo com o cálculo de descarga sólida em suspensão realizado no rio Maranguapinho, o período chuvoso mostrou uma descarga mais intensa, podendo ser verificada no mês de março/09, onde a descarga média de SST foi de 0,68 t/mês, com máxima de 2,56 t/mês no ponto P2 a 11,37 km da desembocadura. No entanto, com o término do período chuvoso, considerando a diminuição do aporte hídrico do canal fluvial, a descarga diminui gradativamente, sendo comprovada pela descarga média de 0,10 t/mês em julho/09, com máximas de 0,28 t/mês e 0,16 t/mês e, distâncias de 11,37 km e 26,92 km da desembocadura, nos pontos P2 e P7, respectivamente. Vale salientar que, os demais pontos apresentaram valores inferiores a 0,09 t/mês.

Em outubro/09, a descarga média foi de 0,03 t/mês, com máximo de 0,09 t/mês, localizada a 12,55km da desembocadura no ponto P3. No entanto, os demais pontos apresentaram valores de 0,03 t/mês. Em janeiro/10, o transporte médio foi de 0,02 t/mês e as mais elevadas chegaram a 0,04 t/mês localizadas a 16,42 km e 26,92 km da desembocadura, nos pontos P4 e P7, respectivamente. No entanto, as demais seções apresentaram descargas inferiores a 0,02 t/mês.

A Figura 30 apresenta a descarga de SST ao longo do rio Maranguapinho, considerando os meses e os pontos de monitoramento.

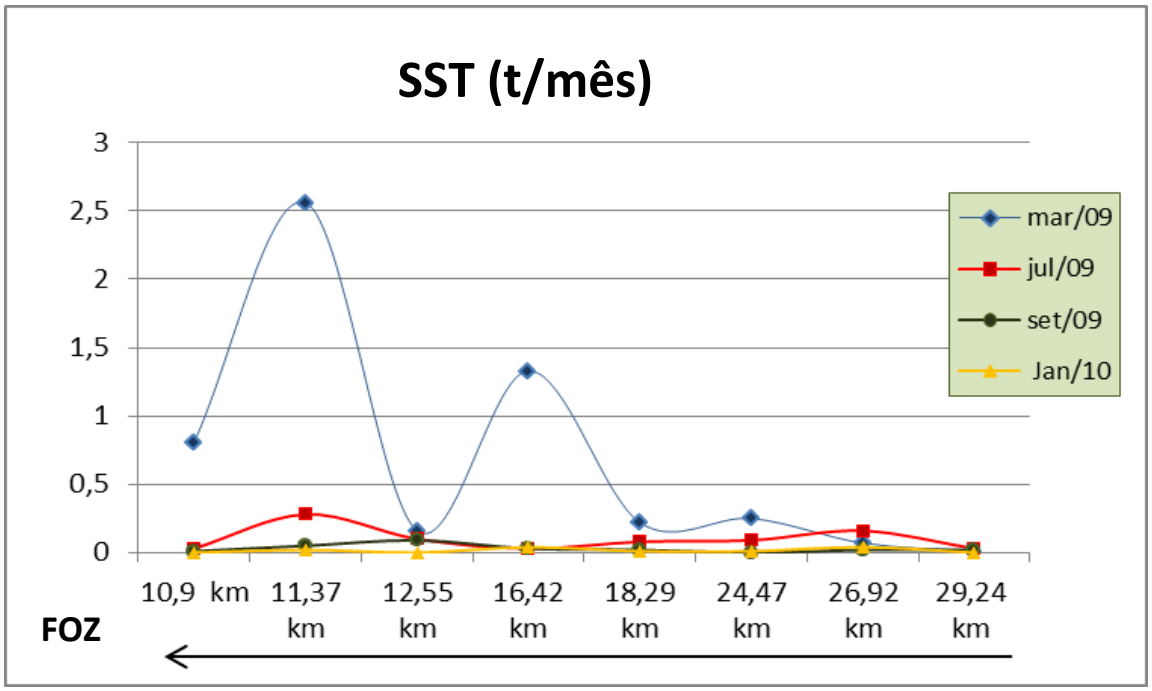


Figura 30. Variação da descarga de SST ao longo do rio Maranguapinho.

A sazonalidade controla a carga de sedimentos, considerando que o maior transporte de SST ocorreu no mês de março/09, decorrente das precipitações. Enquanto que nos meses de julho/09, outubro/09 e janeiro/10, o transporte de SST reduziu, analisando que no período de estiagem o nível da água do rio diminui e, consequentemente, a redução da vazão no canal.

Contudo, os pontos monitorados que apresentaram os valores mais elevados no período de estio e na quadra chuvosa, provavelmente esses valores estejam relacionados aos processos erosivos das margens do rio e assoreamento do canal fluvial, haja vista a existência de atividades antrópicas que contribuem para o aumento do SST.

4.4 Processo de eutrofização da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho

Os corpos hídricos recebem cargas de nutrientes por meio de processos naturais (lixiviação do solo, decomposição de vegetais e animais e etc.) e/ou antrópicos (lançamento de efluentes domésticos, industriais e agropastoris), contribuindo para o enriquecimento de nutrientes no sistema aquático, podendo ocasionar desequilíbrios ao sistema hidrológico quando encontrados em grandes concentrações (ESTEVES, 1998).

Os rios urbanos sofrem inúmeras intervenções antrópicas que desencadeiam diversos impactos ambientais ao sistema aquático, contribuindo para o aumento de nutrientes em suas águas, como é o caso do rio Maranguapinho. A eutrofização é um dos processos mais comuns que ocorrem em consequência do enriquecimento de nutrientes nas águas, principalmente pelos componentes de fósforo e nitrogênio, o que pode ser potencializado pelas atividades humanas sobre os recursos hídricos (MOTA, 2008).

Na bacia do rio Maranguapinho, as principais fontes artificiais de fósforo identificadas ao longo do trabalho foram: efluentes domésticos, efluentes industriais, efluentes agropastoris, restos de animais e lixo orgânico. Entretanto, na quadra chuvosa, as precipitações e o acréscimo do escoamento superficial das águas pluviais contribuem para aumento de nutrientes, carreando-os do solo para o canal fluvial do rio (Figura 31).

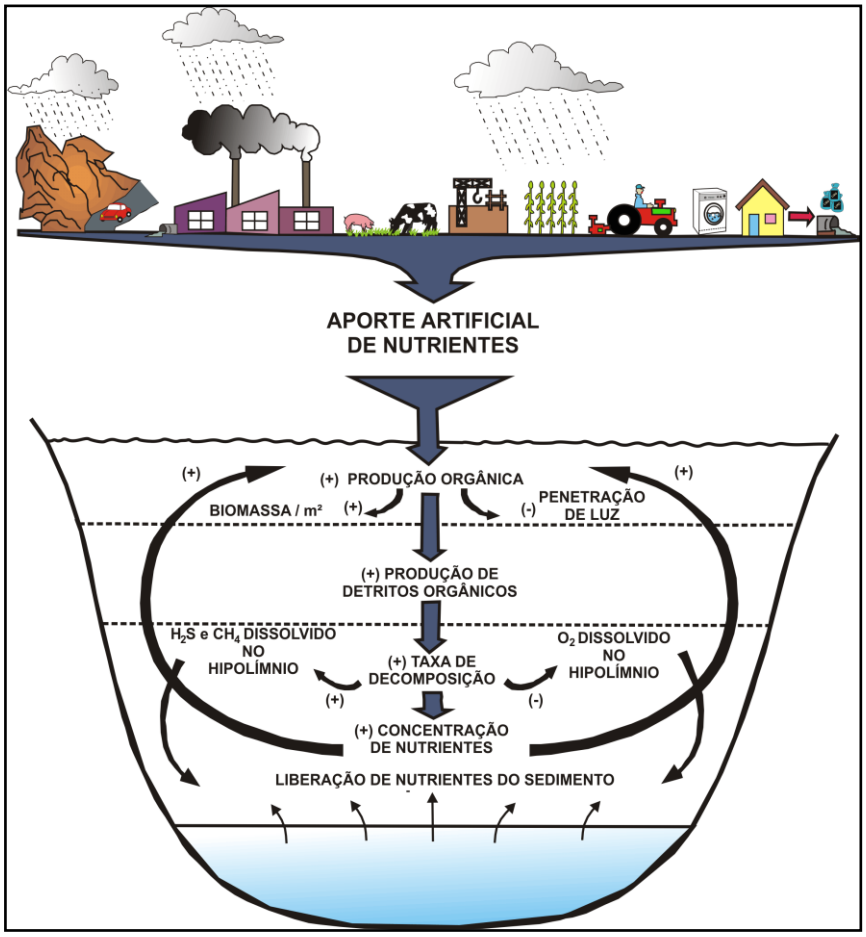


Figura 31. Principais fontes de nutrientes e as consequências do processo de eutrofização em ecossistemas aquáticos. Fonte: Modificado de Esteves (1998), por Maia (2011).

Devido à ocupação urbana nas margens do rio Maranguapinho, as mesmas se encontram desprotegidas da vegetação de mata ciliar, favorecendo aos processos erosivos e consequentemente ao assoreamento do canal fluvial. Assim, as concentrações de nutrientes presentes no solo sedimentado são depositadas ao fundo do rio pelo descarte de efluentes e matéria orgânica, contribuindo para o crescimento de macrófitas (macroalgas).

Segundo Sperling (1994), em períodos de elevada insolação, essas algas podem atingir superpopulações, evento chamando de floração das águas, o que acaba formando uma camada superficial que impede a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores do corpo d'água.

A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, em níveis que sejam considerados como causadores de interferências nos usos

desejáveis do corpo d'água (THOMANN; MUELLER, 1978). Logo, a eutrofização de um corpo hídrico pode causar alterações qualitativas e quantitativas no seu ecossistema hidrológico, bem com o aumento da produtividade e desoxigenação da água.

Dentro desse contexto, a análise quantitativa do aporte de nutrientes por meio da concentração de fósforo permitiu avaliar a produtividade de nutrientes nas águas do rio Maranguapinho, através da presença de clorofila-a no corpo hídrico e o estado de trofia do rio ao longo da área em estudo.

4.4.1 Fósforo total (P)

O Fósforo (P) é naturalmente originado pela dissolução de compostos do solo, decomposição de matéria orgânica e composição celular de microorganismos (SPERLING, 2005). No entanto, a origem do fósforo pode ocorrer por atividades que estão diretamente ligadas a degradação dos ambientes aquáticos, potencializando a produção do fósforo nesses ambientes.

De acordo com Sperling (op. cit.), o fósforo é um elemento indispensável para o crescimento de algas, se apresentando na forma de fosfatos nos corpos hídricos. Na maioria das vezes, as concentrações na faixa de 0,01 mg/L de fosfato são suficientes para a manutenção do fitoplâncton, e concentrações na faixa de 0,03 mg/L a 0,1 mg/L (ou maiores) são suficientes para disparar seu crescimento de maneira desenfreada (HERMES et al., 2004).

Nesse sentido, a bacia hidrográfica do rio Maranguapinho por ser utilizada como um corpo receptor de efluentes, ao longo do seu percurso, tende a apresentar aumento nos níveis de fósforo total em suas águas. Em detrimento disso, as análises das amostras de água coletadas em março/09 apresentaram média de 21 mg/L dos valores de fósforo total nos 8 (oito) pontos monitorados. Nesse período, os valores variaram de 14 mg/L (valor mínimo) a 25 mg/L (valor máximo) nos pontos P3 e P7, respectivamente.

No mês de julho/09, os valores variaram de 0,02 mg/L a 15,47 mg/L, nos pontos P4 e P6, respectivamente, com média de aproximadamente 3 mg/L. Devido à

identificação de elevadas emissões de fósforo por lançamento de efluentes domésticos no ponto P6, o mesmo apresentou valores significativamente altos nesse período, quando comparados à média (0,51 mg/L) obtida através dos valores de fósforo dos demais pontos. Os valores de fósforo adquiridos no mês de outubro/09 representaram as concentrações mais amenas em todos os meses de monitoramento, apresentando uma média de 0,08 mg/L. Os valores variaram entre máxima de 0,16 mg/L e mínima de 0,01 mg/L, nos pontos P7 e P2, respectivamente.

Em janeiro/10, a média de fósforo total foi de 1,75 mg/L, salientando que nesse período as oscilações foram consideradas irrelevantes, pois o valor máximo obtido foi de 1,74 mg/L no ponto P4 e, o valor mínimo foi de 1,69 mg/L no P8. Vale salientar que neste período, ocorreram limitações que impossibilitaram a coleta da água para a análise deste parâmetro no ponto P1, considerando que a superfície do rio neste ponto estava coberta de vegetação de aguapés.

Em geral, a Figura 32 demostra que, a concentração média de fósforo total encontrada ao longo do rio Maranguapinho apresentou-se fora do padrão exigido pela Resolução CONAMA 357/2005, considerando que a mesma estabelece o limite máximo de 0,05 mg/L para águas de classe II em ambientes intermediários.

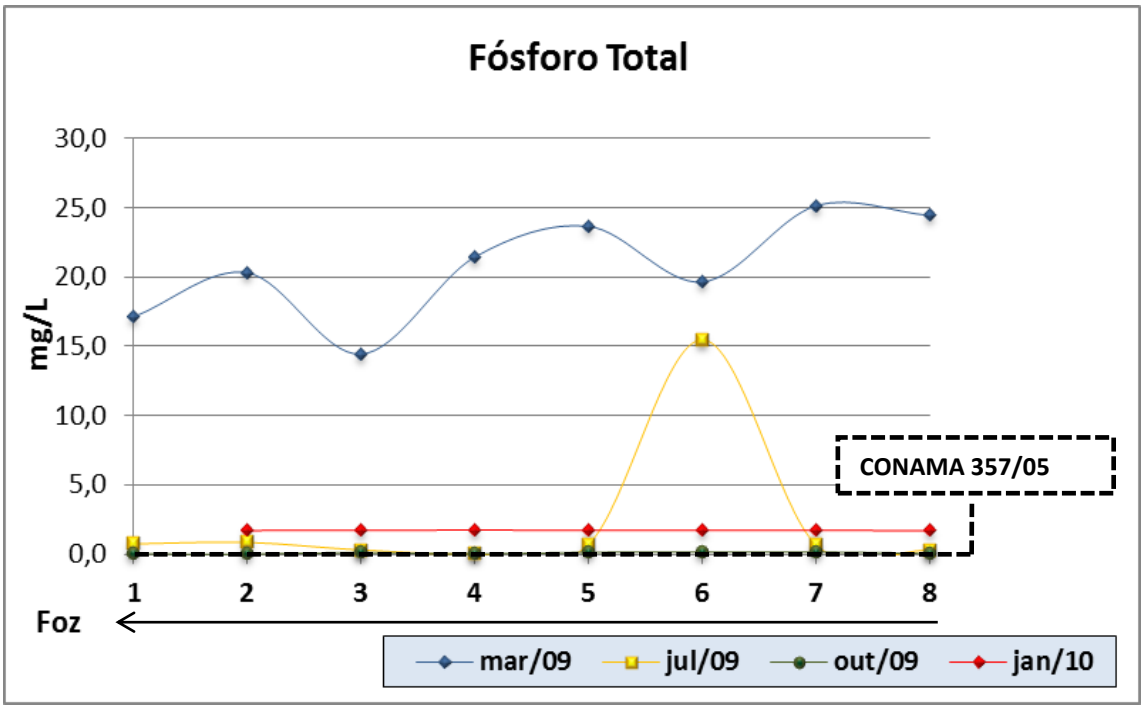


Figura 32. Distribuição das concentrações de fósforo total ao longo do rio Maranguapinho.

Os resultados refletem que durante a quadra chuvosa, o escoamento superficial das águas pluviais contribuiu para aumento das concentrações de fósforo, o que pode ser evidenciado no mês de março/09, onde foram apresentados os maiores valores desse parâmetro. Enquanto que, no período de estio, as concentrações diminuíram, caracterizando o período como de ligeira melhoria da qualidade da água.

Mesmo com um cenário propício às intensas alterações ambientais e, produção excessiva de nutrientes, ainda foram identificados pontos do rio Maranguapinho enquadrados nos limites exigidos pela Resolução, a exemplo do P4 no mês de julho/09 e dos pontos P1, P2, P4 e P8 no mês de outubro/09. Isso pode ocorrer devido à influência de diversos agentes, desde os aspectos ambientais aos socioeconômicos. Haja vista, as atividades de uso, os aspectos físicos da água e a capacidade de autodepuração do rio Maranguapinho.

4.4.2 Clorofila-a (Cl-a)

A Clorofila-a é considerada um dos principais indicadores para o estado trófico de ambientes aquáticos, estando diretamente relacionada ao crescimento de algas em corpos hídricos. Logo, a clorofila-a pode ser avaliada como uma resposta da quantidade de nutrientes presentes em um corpo hídrico, principalmente refletindo as cargas de nitrogênio e fósforo pelo fenômeno da eutrofização (SPERLING, 2005).

De acordo com a Resolução do CONAMA 357/2005, a concentração máxima de clorofila-a exigida para corpos hídricos de Classe II é de 30 µg/L. Nesse sentido, o monitoramento dos níveis de clorofila-a no rio Maranguapinho foi analisado a fim de demonstrar a variação da produtividade de algas e nutrientes ao longo da área de estudo, bem como o enquadramento das águas do rio nos parâmetros exigidos pela resolução vigente.

As análises realizadas no mês de março/09, período chuvoso, representaram os maiores valores quando relacionados aos demais meses de monitoramento. Em geral, os pontos que exibiram valores acima do que é aceitável

e exigido por lei, apresentaram uma média de 34,37 µg/L, com variações de 37,9 µg/L a 30,8 µg/L, nos pontos (P3, P4) e P5, respectivamente. Em exceção, os pontos P6 e P8 apresentaram valores satisfatórios de 20 µg/L e 8,3 µg/L, salientando que a menor taxa foi encontrada no ponto localizado à montante da ETE do município de Maracanaú.

No mês de julho/09, a concentração de clorofila-a apresentou máxima de 4,5 µg/L e mínima de 0,001 µg/L, nos pontos P1 e P6, respectivamente. Enquanto que no mês de outubro/09, as concentrações aumentaram ao longo do rio, com máxima de 5,9 µg/L e mínima de 1,5 µg/L, nos pontos P3 e P5, respectivamente, o que resultaram em uma média de, aproximadamente, 4 µg/L.

Em janeiro/10, as concentrações de clorofila-a tiveram um aumento, onde as máximas foram de 11,7 µg/L, no ponto P3 e 11,1µg/L no ponto P6. Enquanto que, o ponto P8 se apresentou com uma produtividade mais baixa, exibindo 2,7 µg/L de clorofila-a. No ponto P1 ocorreram limitações que impossibilitaram a coleta da água para a análise deste parâmetro devido a superfície do rio está coberta por vegetação de aguapés, o que caracteriza visualmente a grande produção de nutrientes no local.

Isso pode ser observado na Figura 33, que evidencia a distribuição da concentração média de clorofila-a nos 8 (oito) pontos monitorados, exibindo valores de 8,1µg/L a 37,9 µg/L, totalizando uma média de exatamente 29,4 µg/L.

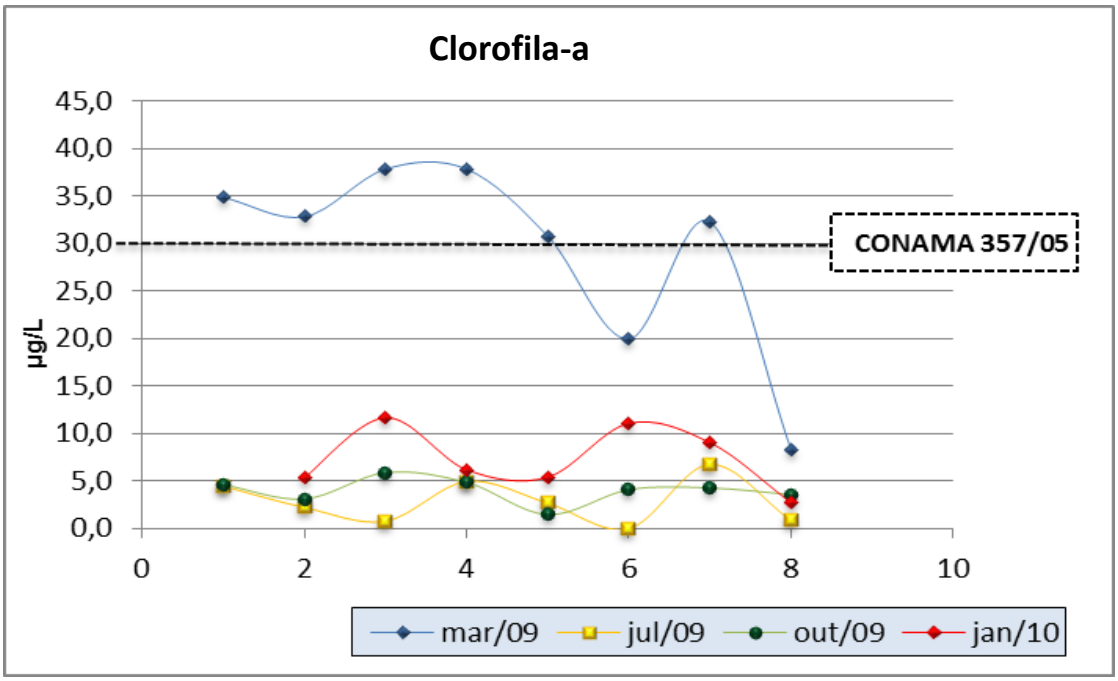


Figura 33. Distribuição das concentrações de clorofila-a ao longo do rio Maranguapinho.

De acordo com resultados obtidos, as águas do rio Maranguapinho, no período chuvoso, apresentaram maior produtividade, podendo implicar na qualidade das águas em alguns pontos, considerando os níveis de clorofila-a acima de 30 µg/L. No entanto, o período de estio apresentou se como o de menor concentração de clorofila-a, isso decorre da redução do aporte de nutrientes nas águas do rio Maranguapinho nesse período, contudo apresentando variações.

Vale ressaltar, que as variações de concentração de clorofila-a nos pontos monitorados, também podem está relacionadas ao aporte de nutrientes advindos da variação de intensidade das atividades inerentes às margens do rio, que ocorre de acordo com o período climático, bem como as características físicas de cada ponto, tornando as áreas susceptíveis a produção de clorofila-a em alguns trechos.

4.5 Fatores potenciais de degradação e impactos ambientais identificados na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho

O uso dos recursos hídricos e os impactos a sua qualidade ambiental, tendem a aumentar de acordo com o crescimento populacional e o desenvolvimento industrial das cidades, principalmente quando inseridos na região de influência de uma bacia hidrográfica urbana (MOTA, 2008). Atualmente, a ausência de saneamento básico e a ocupação indevida as margens de rios são os problemas mais comuns relacionados à qualidade da água.

A bacia do rio Maranguapinho é caracterizada por áreas de intensa urbanização ao longo do seu percurso, que variam desde atividades econômicas à de lazer. O uso de uma bacia hidrográfica de forma indevida pode influenciar diretamente nos processos de degradação da mesma, dentre eles a poluição hídrica, a descaracterização da vegetação local, do solo e da morfologia do canal fluvial.

Os danos provocados à qualidade da água pela falta de tratamento dos efluentes lançados diretamente nas águas do rio Maranguapinho, tem criado possíveis riscos à população ribeirinha. Em cenários de poluição hídrica, a população por estabelecer contato com essas águas, seja ele direto ou indireto, acaba comprometendo sua saúde, haja vista, a infinidade de usos instituídos na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho pelas comunidades ribeirinhas.

Nesse sentido, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela portaria de n^{o} 9.433, de 08 janeiro de 1997, tem como principal objetivo estabelecer leis que permitam a utilização da água em seus múltiplos usos de acordo com a qua^{n}tidade e qualidade compatível para devidos fins. Assim, a elaboração de resoluções por órgãos de gestão da água e do meio ambiente, visam garantir o uso sustentável desses recursos hídricos.

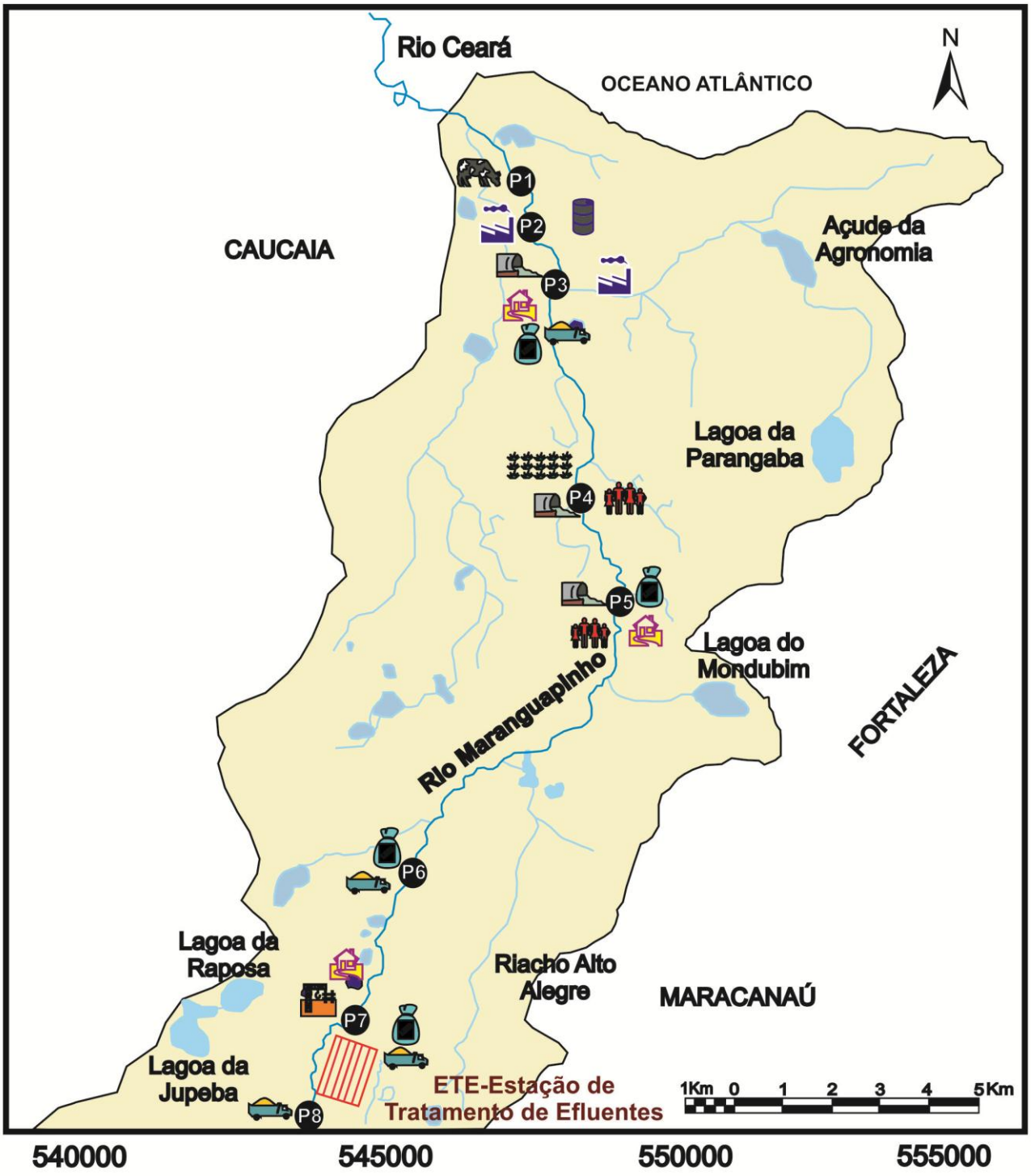
Dentro desse contexto, os fins de uso das águas do rio Maranguapinho estão ocorrendo independente da compatibilidade estabelecida, entre o uso e o enquadramento da qualidade da água, exigida pelos órgãos controladores da gestão dos recursos hídricos. Isso, devido aos problemas de degradação ambiental e

impactos ambientais que permeiam a região de médio e baixo curso do rio Maranguapinho.

4.4.1 Múltiplos usos e enquadramento das águas na bacia do rio Maranguapinho

Na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, dentre os usos consuntivos e os não consuntivos da água se destacam os para fins de abastecimento, irrigação, agricultura, indústria, lazer, extrativismo mineral, pecuária, dessedentação animal, disposição de resíduos sólidos e descarte de efluentes (Mapa 3).

MAPA 03
USOS DAS MARGENS DO RIO MARANGUAPINHO



LEGENDA

- Pecuária (bovinos e caprinos)
- Agricultura e irrigação
- Ocupação
- Indústria
- Pocilgas
- Lazer (uso do rio pela população)
- Óleos, graxas e material flutuante
- Deposição de resíduos sólidos
- Descarte de efluentes (Domésticos e industriais)
- Extração mineral

AUTORA: JUDÁRIA AUGUSTA MAIA

4.4.2 Abastecimento

O uso da água para o abastecimento humano é considerado como uso prioritário e nobre, onde a exigência de seus parâmetros físicos e químicos são os mais criteriosos, tornando fundamental a qualidade da água adequada para tal uso, bem como da sua disponibilidade hídrica para a demanda e necessidade da população.

As águas utilizadas para a finalidade de abastecimento humano são as águas doces de classe especial, classe I, classe II e classe III, as quais devem passar por devidas formas de tratamento com o objetivo de atingir enquadramento qualitativo para o consumo, considerando desde o modo de tratamento simplificado, convencional e avançado.

Segundo a portaria n^{o}. 518 em 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde, a água destinada ao consumo humano deve atender aos padrões de potabilidade hídrica, estabelecidos na referida portaria, os quais devem ser baseados nos padrões de substâncias químicas que representam risco a saúde da população.

Dentro do contexto de exigências qualitativas e quantitativas para tal uso, as águas da bacia do rio Maranguapinho no médio e baixo curso não se encontram devidamente enquadradas para o uso destinado ao abastecimento humano. Isso devido ao seu atual estado de poluição, que vem sendo potencializado pelos processos de degradação ambiental e hídrica, principalmente em áreas de intensa urbanização.

No entanto, na vertente oriental da serra de Maranguape, onde ocorre à confluência dos riachos Pirapora, Gavião e Tangueira, que formam o rio Maranguapinho, foram listados 21 riachos que abastecem aproximadamente 14 açudes, os quais são utilizados por boa parte da população para o consumo humano e para a agricultura (ARRUDA, 2001).

Vale salientar que, as águas do rio Maranguapinho não são utilizadas diretamente para fins de abastecimento humano. Ao passo que suas águas são, em geral, utilizadas para a disposição de águas residuárias provenientes de Lagoas de

Estabilização de Efluentes (LEE) e Estações de Tratamento de Efluente (ETE), o que as tornam inviáveis para o consumo.

4.4.3 Irrigação e Agricultura

O uso da água destinado à irrigação de culturas, seja ela de subsistência ou destinada ao comercio, é considerado uma das atividades que demanda uma maior quantidade total de água, devido a sua necessidade de captação. Quando administrada de forma indevida e realizada sem planejamento prévio pode ser considerada uma das atividades que mais ocasionam impactos ao meio ambiente.

A qualidade da água para a irrigação deve atender requisitos de acordo com o tipo de cultura a ser desenvolvida, bem como das condições do solo e do manejo da atividade agrícola, visando não apenas a captação da quantidade de água a ser utilizada, mas também da análise de parâmetros de qualidade hídrica.

Para Ayers; Westcot (1991), o aumento da salinidade do solo, a diminuição da permeabilidade do solo, a redução no rendimento e qualidade das culturas são problemas que podem estar associados à qualidade da água utilizada na irrigação, podendo alterar a qualidade do produto cultivado, principalmente quando se trata de culturas mais sensíveis.

O processo de degradação mais comum ocasionado pela irrigação é a salinização do solo. A sua ocorrência se dá pelo acúmulo de sais na superfície do solo, através da deficiência de lixiviação e drenagem da água na superfície do solo, podendo ser potencializado pelas características climáticas e baixos índices pluviométricos da região, como é o caso do nordeste.

As principais culturas irrigadas identificadas ao longo da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho foram: plantações de bananas, de milho e coco-da-baía às suas margens, irrigadas pelas águas do próprio canal fluvial. No entanto, a irrigação em alguns pontos no município de Maracanaú é realizada através de artefatos artesanais feitos pelas comunidades locais, fazendo uso da água da CAGECE.

Esses tipos de culturas ocorrem, principalmente, em áreas de aluvião devido à condição de solos mais férteis e pela disponibilidade hídrica. Pode se verificado na Figura 34, plantação de coco-da-baía à margem direita do canal fluvial e na margem esquerda, plantação de milho, ambas as culturas cultivadas por comunidades ribeirinhas no município de Maracanaú.

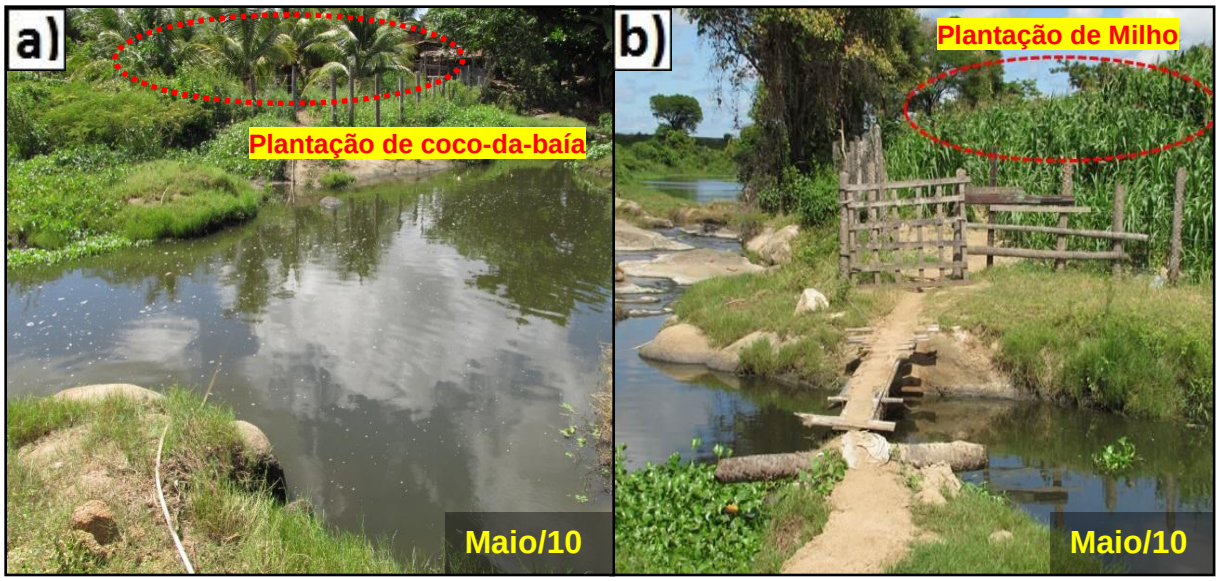


Figura 34. Agricultura irrigada com água da CAGECE às margens do rio Maranguapinho, no município de Maracanaú. Foto: a) Plantação de coco-da-baía à margem do canal fluvial; b) Plantação de milho à margem esquerda.

No município de Fortaleza, o plantio da banana e coco-da-baía é evidente na área de terraço das casas que margeiam o canal fluvial, onde a captação de água ocorre de forma direta e/ou indiretamente pelas águas provenientes do lençol freático (Figura 35).

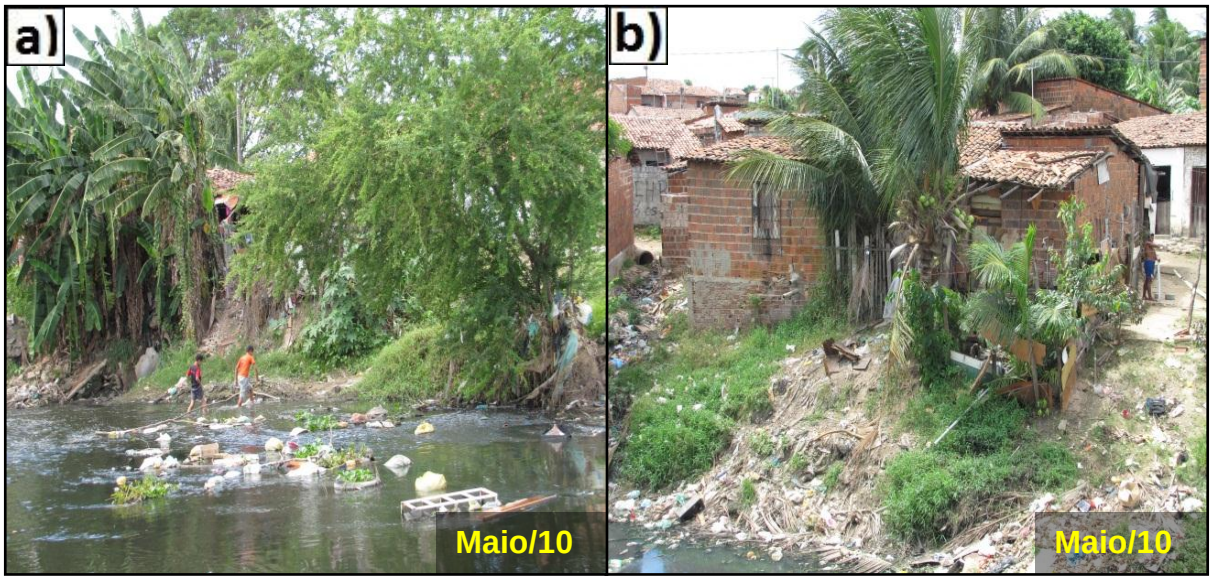


Figura 35. Culturas de subsistência cultivadas nos terraços de residências às margens do rio Maranguapinho no Bairro Genibaú. Foto: a) Plantação de banana; b) Plantação de coco-da-baía.

Enquanto que nos municípios de Maracanaú e Fortaleza, o plantio dessas culturas é destinado ao consumo de subsistência da população ribeirinha. Nas proximidades da serra de Maranguape (alto curso do rio), onde a urbanização é mais amena, a irrigação é utilizada, principalmente, para o plantio de bananeiras, as quais são destinadas ao comércio em grande escala.

Vale ressaltar que o corpo hídrico utilizado para a irrigação também deve ter as suas águas enquadradas nos padrões de qualidade hídrica, conforme a resolução vigente. Pois a água utilizada para esse fim, quando poluída pode contaminar imediatamente o solo utilizado para o plantio e, consequentemente, os lençóis freáticos, principalmente aqueles considerados rasos.

4.4.4 Indústria

O uso das águas para fins industriais também possuem exigências nos padrões de qualidade hídrica, assim como as outras formas de uso da água. Logo, essa qualidade tende a ser estabelecida de acordo com o tipo de atividade industrial desenvolvida no local e os tipos de produtos a serem processados nesse setor, de forma a prezar pela qualidade do produto e o uso sustentável dos recursos hídricos.

As indústrias que margeiam o rio Maranguapinho, bem como as que se encontram em áreas de influência da bacia hidrográfica possuem papel relevante na degradação ambiental. Haja vista, que muitas delas estão em desacordo com as leis ambientais impactando na dinâmica natural do sistema ambiental.

Em alguns setores do rio, a existência de indústrias instaladas às margens do canal fluvial é evidente, assim como o lançamento de seus efluentes diretamente no rio Maranguapinho, sem tratamento prévio, sendo possível identificá-las como fontes pontuais de poluição. Vale salientar que, algumas dessas indústrias ocupam APPs, as quais deveriam ser protegidas de ocupação pela lei ambiental.

Os poluentes provenientes de indústrias podem comprometer significativamente a qualidade das águas dos rios e afluentes. De acordo com Tabosa (2000), os efluentes líquidos industriais são misturas complexas e, diferentemente dos esgotos domésticos que, no geral, apresentam uma composição rica em matéria orgânica, podem variar muito em sua composição.

Em alguns casos é possível perceber a ocorrência de eutrofização do corpo hídrico quando existem canais e lagoas, pertencentes à bacia, próximos aos locais de despejos de contaminantes industriais (SUCUPIRA, 2006).

A disposição de resíduos sólidos é outra característica de atividades impactantes. Ao passo que grande parte dos resíduos sólidos é armazenada nos terrenos das indústrias a céu aberto em contato direto com as margens do rio, onde durante o período chuvoso os resíduos permanecem expostos à percolação pelas águas pluviais e, posteriormente, levados pela correnteza do rio.

Logo, a disposição desses resíduos pode impactar o corpo hídrico por meio de poluição química das águas e, ainda a alteração física do canal fluvial devido ao entulhamento de resíduos no leito do rio, causando assoreamento no canal fluvial e erosão das suas margens.

Nesse sentido, pode ser destacada a Associação de Catadores do Município de Maracanaú, que reutiliza materiais para reciclagem, a qual está

localizada entre os municípios de Maracanaú e Fortaleza, próximo ao anel viário da rodovia CE-060 (Figura 36).

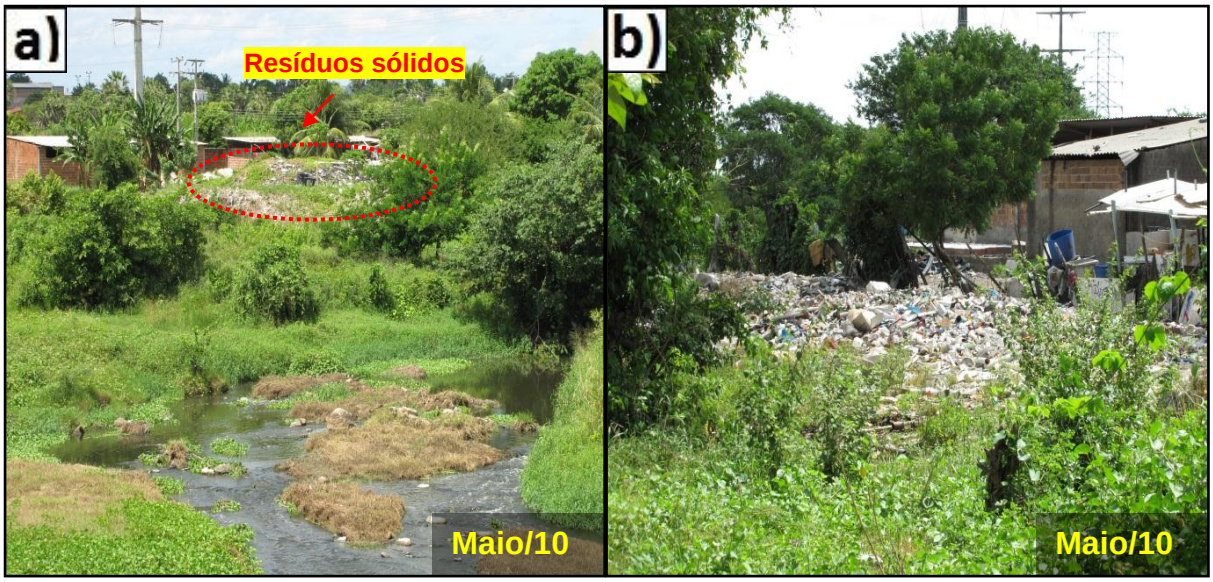


Figura 36. Associação de Catadores do Município de Maracanaú, localizada à margem direita do rio Maranguapinho. Foto: a) Resíduos sólidos utilizados para reciclagem; b) Disposição de material nas proximidades do canal fluvial.

No baixo curso da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho se encontra a maior quantidade de indústrias nas proximidades do rio, seja de pequeno ou grande porte. Considerando o tipo de tratamento dado aos efluentes, as indústrias podem contribuir para o processo de contaminação hídrica, de forma direta ou indireta.

Na zona urbana de Fortaleza, localizada no bairro Henrique Jorge, pode se observar a fábrica de vestuário Terceira Via situada na margem direita de um riacho, afluente do rio Maranguapinho, tornando-o cada vez mais canalizado e receptor de efluentes industriais (Figura 37).

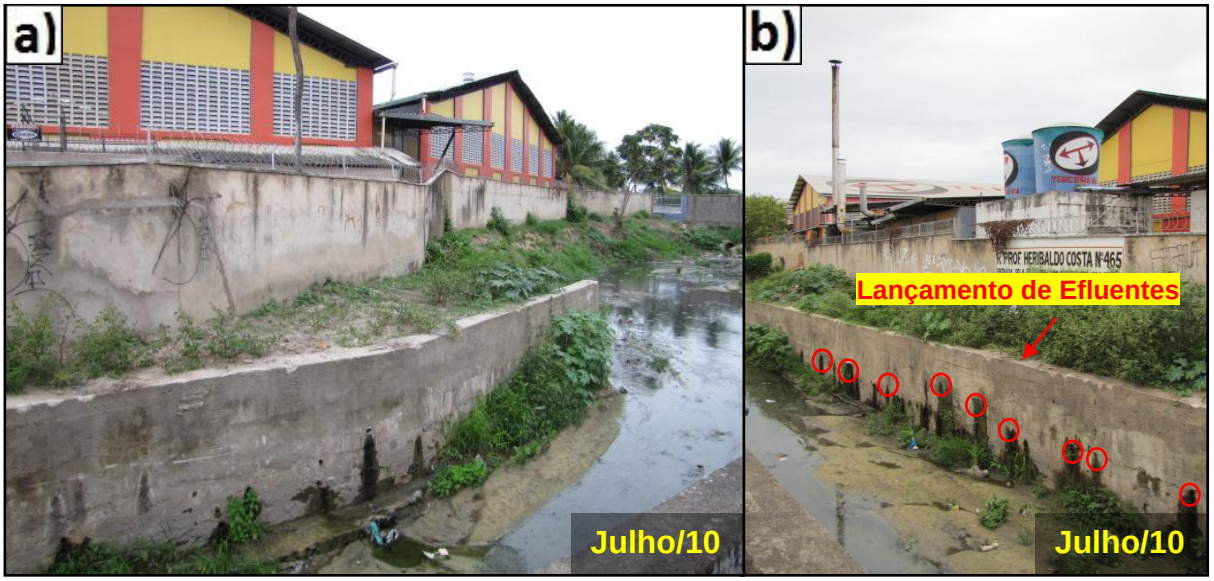


Figura 37. Indústria têxtil Terceira Via situada no bairro Henrique Jorge. Foto: a) Indústria localizada em APP, canalizando o riacho; b) Lançamento de efluentes industriais de forma indevida.

No bairro Antônio Bezerra, próximo à av. Mister Hull uma empresa de pescado e uma indústria de bebidas lançam parte de seus efluentes industriais por meio de um pequeno riacho, afluente do rio Maranguapinho (Figura 38).

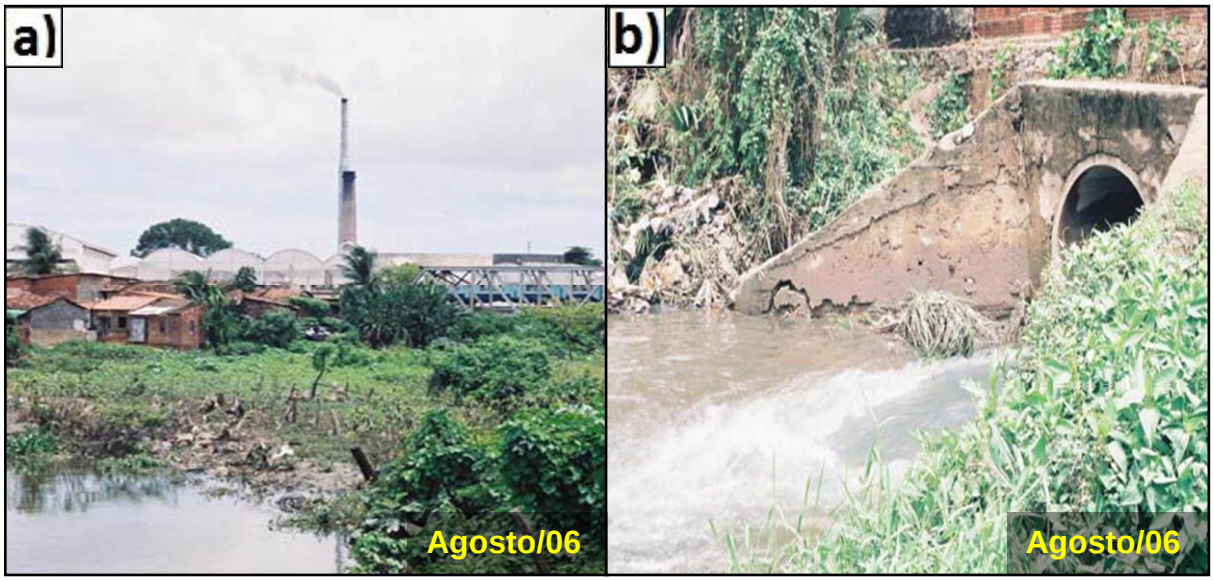


Figura 38. Lançamento de efluentes industriais na bacia do rio Maranguapinho. Foto: a) Indústria de bebidas. b) Lançamento de efluentes por Indústria de pescado nos afluentes do rio Maranguapinho. Fonte: Lima (2006).

Analisando que, o controle e o gerenciamento desses poluentes industriais nem sempre são eficazes e o seu tratamento possui custos bastante elevados, muitas indústrias preferem se instalar em margens ou nas proximidades

dos rios para o descarte clandestino de seus rejeitos, o que pode ser evidenciado no rio Maranguapinho.

4.4.5 Lazer

O uso da água destinado para fins de recreação deve estar dentro dos padrões apropriados à balneabilidade, sendo imprescindível requerer uma determinada qualidade hídrica para que as pessoas que estabelecem contato primário com as águas (poluídas ou contaminadas) não venham sofrer sérios problemas de saúde.

Tanto os agentes biológicos, como os poluentes químicos podem alcançar o ser humano por meio da ingestão direta da água, pelo contato da mesma com a pele e/ou mucosas, sendo assim, a água funciona como um meio de transmissão de doenças, consideradas doenças de veiculação hídrica (MOTA, 2008).

As doenças mais comuns por veiculação hídrica ou por alimentos contaminados são: febres, disenteria, cólera, diarréia, hepatite, giardíase, dentre outras doenças intestinais causadas por protozoários (RICHTER, 1998 apud VALENÇA 2003).

Os padrões de balneabilidade das águas são estabelecidos de acordo com a quantidade de coliformes termotolerantes nas águas doces, salobras e salinas, em graus que podem comprometer a qualidade do uso para banho, afetando a saúde humana. Assim, a água é classificada como própria ou imprópria de acordo com as condições de balneabilidade exigidas pela resolução CONAMA 357/2005.

Deste modo, as águas do rio Maranguapinho podem estar em desacordo com os padrões de balneabilidade exigido por lei, atentando os variados usos pertinentes ao longo da bacia hidrográfica que vêm comprometendo a qualidade de suas águas. Dentre as atividades que mais se destacam estão: os lançamentos de efluentes domésticos e industriais, disposição de resíduos e despejos de dejetos de animais.

Embora, as águas do rio Maranguapinho não apresentem características de balneabilidade satisfatória de forma geral, os moradores locais utilizam as águas para recreação e lazer, principalmente em períodos chuvosos, onde as águas pluviais carreiam grande parte dos resíduos sólidos depositados nas margens e no canal fluvial, decorrente do aumento significativo do aporte de água (Figura 39).

Figura 249. Canal fluvial do rio Maranguapinho na quadra chuvosa (bairro Bonsucesso). Foto a) Aumento significativo do aporte hídrico; b) Uso das águas do rio Maranguapinho destinado ao lazer pela população local.

De acordo com as análises químicas realizadas e os impactos ambientais identificados ao longo da área de estudo, as águas do rio Maranguapinho não apresentam qualidade satisfatória para o uso de contato direto. No entanto, as entrevistas informais realizadas em campo revelaram que, os moradores locais consideram que as chuvas tornam as águas do rio Maranguapinho aparentemente próprias para o banho, não trazendo significativos danos a saúde, possibilitando o uso desse recurso para o lazer apenas no período chuvoso.

É importante salientar, que esses usuários são os mesmos agentes que potencializam a degradação do rio, que por ser caracterizado como rio intermitente torna-se mais evidente o acúmulo de lixo às suas margens e a descaracterização do canal fluvial nos períodos de estio (Figura 40).

Figura 40. Canal fluvial do rio Maranguapinho no período de estio (bairro Bonsucesso). Foto: a) Diminuição significativa do aporte hídrico e exposição das margens; b) Disposição de resíduos sólidos às margens do rio pelos moradores locais.

Todavia, à montante da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do município de Maracanaú a ocupação das margens do rio é inexistente, apresentando um cenário mais preservado do ambiente local. As atividades identificadas nesse setor não estão associadas ao lançamento de efluentes, disposição de resíduos sólidos, dentre outras atividades que causam poluição direta do corpo hídrico (Figura 41). A área é utilizada apenas para extração mineral e lazer da população local, exibindo características que podem caracterizar uma balneabilidade satisfatória.

Figura 41. Canal fluvial do rio Maranguapinho no município de Maracanaú. Foto: Lazer da população local (Agosto/07).

4.4.6 Extrativismo Mineral

A atividade de extração mineral é considerada uma das atividades econômicas mais comuns na bacia do rio Maranguapinho. Ao passo que a maioria da população ribeirinha faz uso desse recurso para assegurar o sustento familiar. Assim, a exploração mineral ocorre de forma desordenada abrangendo toda a região de planície fluvial.

Em todos os pontos monitorados na área de estudo foi possível identificar atividades de extração mineral, estas realizadas durante o ano todo. Vale ressaltar que, os eventos climáticos são fatores determinantes para diferentes formas de extração mineral. Haja vista que, no período de estio, a extração é realizada em todas as áreas de domínio de planície fluvial.

Isso devido à diminuição do aporte hídrico do canal fluvial que viabiliza a exploração mineral por estas diferentes formas. Após a extração do material, a areia é assentada às margens do rio e para ser comercializada aos depósitos de construção civil (Figura 42).

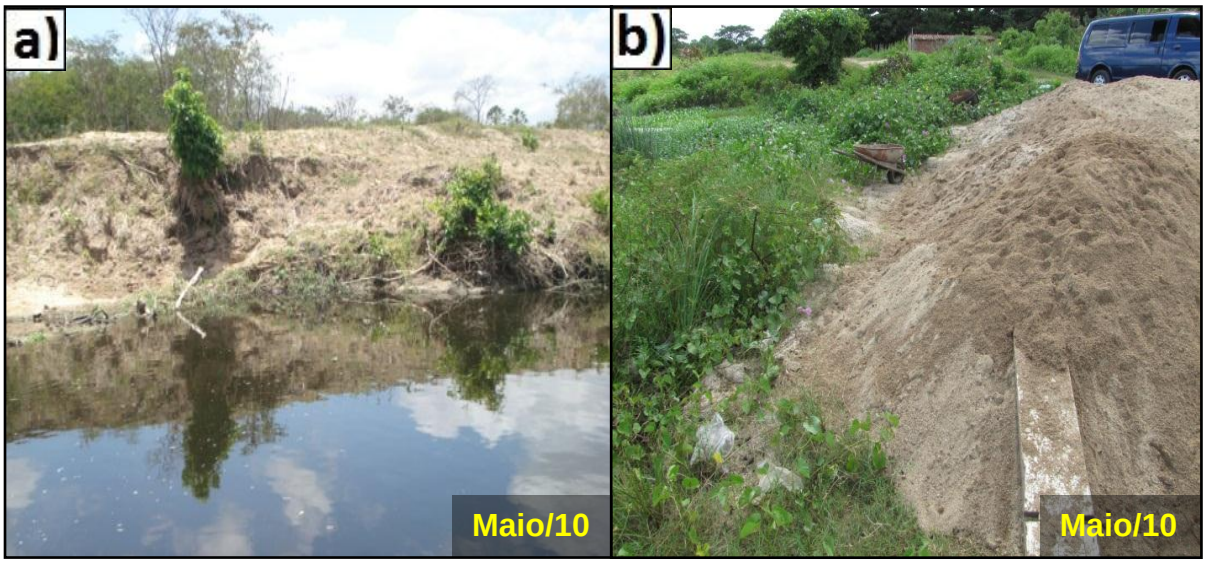


Figura 42. Exploração mineral do rio Maranguapinho no município de Maracanaú. Foto: a) Erosão da margem esquerda do leito do rio; b) Material extraído assentado na margem direita do canal pronto para ser comercializado.

No período chuvoso a extração mineral é realizada, principalmente, nas margens dos rios, numa faixa de, aproximadamente, 6 a 10 m de distância do leito do canal fluvial. Isso devido ao aumento do aporte hídrico no canal fluvial por

processos pluviais, concomitante com o aumento da profundidade e correnteza do rio, o que acaba inviabilizando a extração mineral no leito do canal em alguns setores.

Nos setores onde a extração é realizada de forma mais intensa, a descaracterização da vegetação local torna-se um dos problemas ambientais mais preocupantes na planície fluvial, acarretando perdas na cobertura de mata ciliar, tornando o solo desprotegido e de relevo irregular (Figura 43).

Figura 43. Planície fluvial do rio Maranguapinho localizada no município de Maracanaú. Foto: Processos erosivos e de assoreamento impactados pela extração mineral.

Em trechos com maiores profundidades e menor correnteza, os moradores locais fazem uso de artefatos artesanais, para flutuabilidade permitindo o transporte do ribeirinho e do material extraído no leito do rio. Isso por que, na quadra chuvosa, a vazão se acentua podendo trazer riscos à segurança do ribeirinho, dificultando a atividade de extração mineral (Figura 44).

Figura 44. Canal fluvial do rio Maranguapinho no bairro Autran Nunes. Foto: Extração mineral realizada por moradores locais.

Após a extração do material, a areia é assentada às margens do rio e para ser comercializada aos depósitos de construção civil. A população ribeirinha vende a R$ 0,25 cada “lata de areia” extraída, equivalente a 0,045 m^3, a qual é comercializada a R$ 0,80 pelos depósitos de construção, ou seja, os atravessadores lucram mais de 100% do valor de compra da areia extraída do rio Maranguapinho. No entanto, esta atividade econômica é considerada essencial para sobrevivência da população ribeirinha como uma das principais fontes de renda.

A atividade de extração mineral vem ocasionando diversos impactos ambientais na bacia do rio Maranguapinho, como a descaracterização da morfologia do canal fluvial, através dos processos de erosão das margens e assoreamento do leito, bem como a perda de mata ciliar das margens e alterações sedimentológicas.

4.4.7 Pecuária e dessedentação animal

As águas da bacia do rio Maranguapinho utilizadas para atividades de fins pastoris, geralmente são destinadas à dessedentação animal. No entanto, para esse uso são exigidos padrões de qualidade da água que assegurem o aproveitamento da atividade de pecuária.

No entorno da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho é comum evidenciar a atividade de criação de animais, devido à disponibilidade hídrica que o sistema oferece. No médio e baixo curso da bacia, a pecuária pode ser classificada como atividade de subsistência e, em alguns setores, como fonte de renda, através da comercialização alternativa.

Entretanto, a pecuária caracteriza-se como uma atividade de grande produção de nutrientes decorrentes dos dejetos originados pela criação de animais para as águas (subterrâneas e superficiais) de um sistema ambiental (LACERDA; SENA, 2005). Isso ocorre principalmente nas proximidades de rios e/ou em áreas de influência de bacias hidrográficas.

As atividades de pecuária que mais se destacam são: as granjas de grande e pequeno porte, os currais como: vacarias, pocilgas e estábulos, contribuindo significativamente na degradação ambiental do rio Maranguapinho (Figura 45).

Entre as atividades de pecuária, a que representa maior risco à contaminação das águas é a suinocultura, devido à grande produção de efluentes altamente poluentes produzidos e lançados ao solo e nos cursos de água sem tratamento prévio (EMBRAPA, 1998).

Figura 45. Margem direita do rio Maranguapinho no município de Maracanaú. Foto: Instalação de pocilga em área de terraço.

Essas atividades produzem grande quantidade de matéria orgânica através das excretas dos animais dispostas diretamente no canal fluvial e/ou nas margens do rio. Quando descartado no solo, o material orgânico chega ao canal fluvial pelos processos de lixiviação, escoamento superficial por pequenos canais e infiltração de poluentes no solo.

Apesar dos currais abrangerem diferentes atividades e espécies distintas, todos os tipos de currais são considerados fontes de poluição e de impactos ambientais, isso devido a grande concentração de currais ao longo da bacia do rio Maranguapinho, principalmente nos municípios de Fortaleza e Maracanaú (LIMA, J., 2006).

Nos 8 (oito) pontos monitorados foram identificadas atividades de cunho pastoril de pequeno e grande porte. Nas APPs, a criação de animais nos terraços das casas de ribeirinhos e nas margens do rio Maranguapinho é evidente. As águas do rio são utilizadas para abastecimento e banho dos animais, assim como a vegetação de mata ciliar destinada para o pasto (Figura 46).

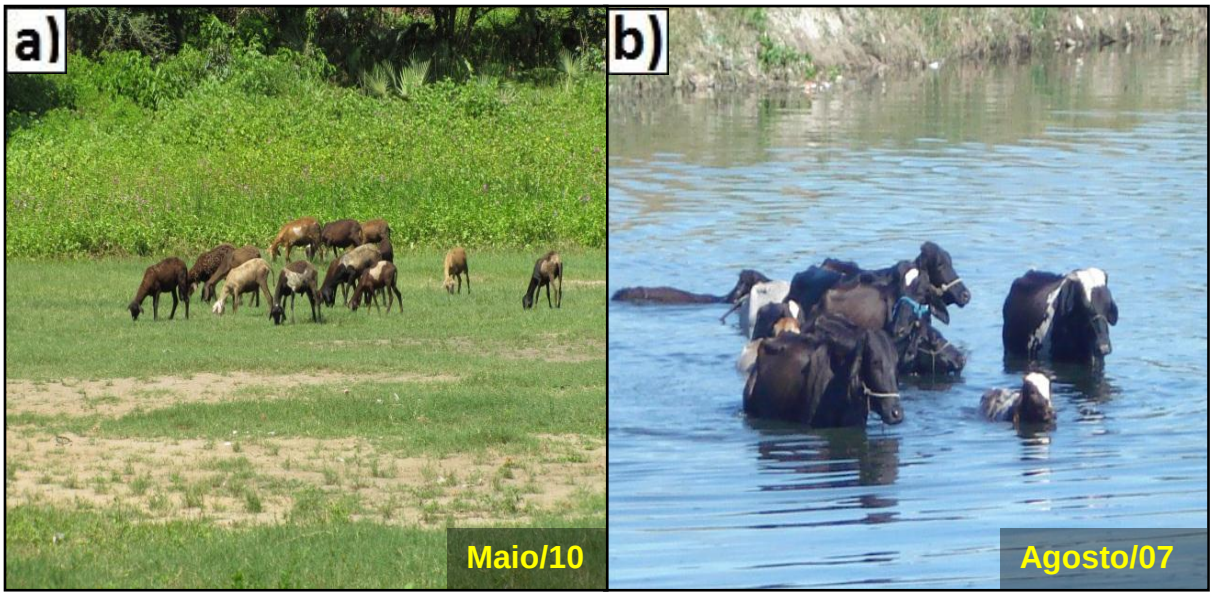


Figura 46. Pecuária intensiva às margens do rio Maranguapinho no bairro Quintino Cunha. Foto: a) Criação de caprinos; b) Criação de bovinos.

Contudo, a maior concentração de vacarias destinadas ao comércio está situada no bairro Henrique Jorge, município de Fortaleza, onde foram identificadas pelo menos três unidades, ocupando uma pequena parte da planície fluvial, na região da bacia do rio Maranguapinho (LIMA, J., 2006).

Além disso, outras unidades de produção pecuária presente na bacia do rio Maranguapinho são as granjas, produzindo efluentes líquidos e resíduos sólidos orgânicos, como penas, peles e vísceras.

A disposição dos resíduos gerados por essas unidades independem da sua localização às margens, haja vista que a disposição também ocorre por unidades mais distantes, através do transporte desse material por funcionários das granjas até o rio para o despejo direto no canal fluvial (Figura 47).

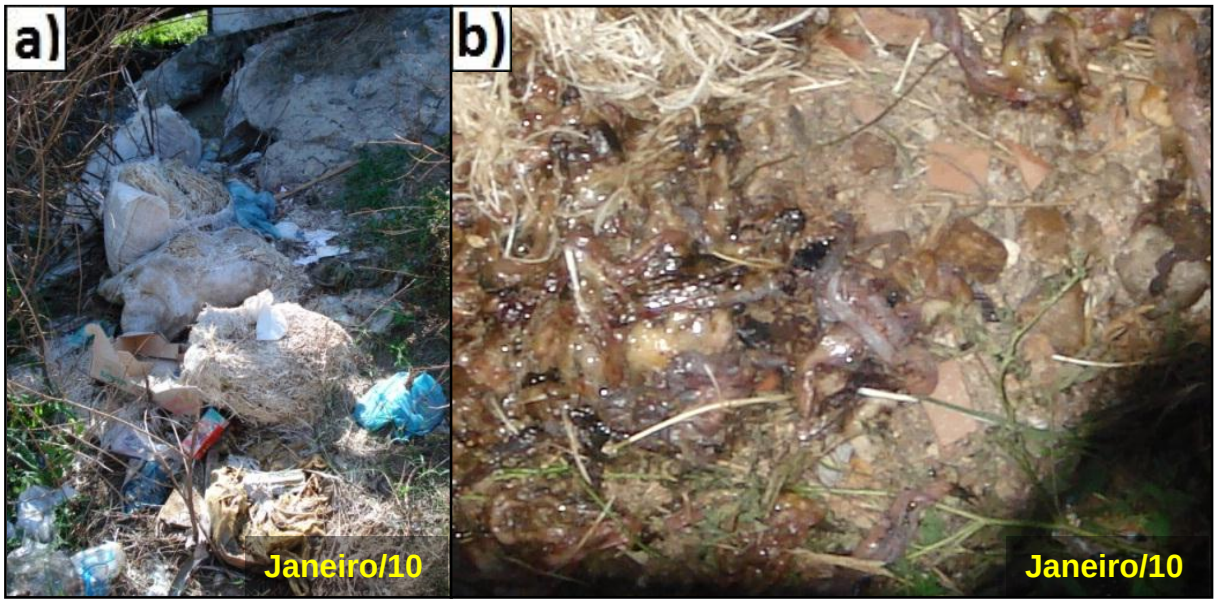


Figura 47. Disposição de restos de animais por granjas no bairro Bonsucesso. Foto: a) Penas de aves na margem esquerda do canal fluvial; b) Vísceras de aves dispostas no leito do rio Maranguapinho.

Dentro desse contexto, 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; FREITAS, 2004), ocasionando alterações na qualidade ambiental do sistema hídrico.

4.4.8 Disposição de resíduos sólidos

A poluição dos recursos hídricos ocasionada pela deficiência ou falta de um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados em ambientes urbanizados é um dos grandes problemas enfrentados em áreas de bacias hidrográficas, que vem se intensificando com a ocupação desses ambientes.

A disposição de resíduos sólidos em áreas de influência da bacia do rio Maranguapinho vem ocasionando alteração na qualidade ambiental dos seus recursos hídricos, poluição das águas (superficiais e subterrâneas), contaminação dos solos, comprometendo a fauna local e a saúde humana dos ribeirinhos.

A disposição desses resíduos é, geralmente, realizada pelas comunidades ribeirinhas, população adjacente, indústrias e comércios localizados nas proximidades do rio. Na área de estudo, que compreende o município de Maracanaú e parte da zona urbana de Fortaleza, foram identificados diversos pontos de acúmulo de lixo no leito do rio e margens do canal fluvial, isso decorrente da grande quantidade de resíduos sólidos depositados por habitantes locais (Figura 48).

Figura 258. Margem direita do rio Maranguapinho no município de Maracanaú. Foto: Disposição de resíduos domésticos e móveis usados.

As margens do rio Maranguapinho são usadas para esse fim, devido à ausência da coleta de lixo em áreas de difícil acesso próximas ao canal fluvial, bem como da falta de fiscalização por órgãos ambientais competentes e da implantação de medidas que envolva a população local em ações de educação ambiental.

Além das alterações ambientais no sistema natural do rio, a disposição de resíduos sólidos podem ocasionar danos à saúde da própria população local (Figura 49), pois a população que reside nas proximidades do rio e que promove essas práticas carece de uma conscientização ambiental.

Figura 269. Margem direita do rio Maranguapinho no bairro Genibaú no município de Fortaleza. Foto: Acúmulo indiscriminado de resíduos sólidos.

Em alguns bairros de Fortaleza, as margens do rio Maranguapinho são consideradas “áreas legais de disposição de resíduos” por comerciantes locais. Exemplo disso são as sucatas de automóveis que descartam destroços de veículos, sem nenhuma preocupação com as leis de proteção ao meio ambiente, ocasionando a formação de verdadeiros lixões às margens do rio (Figura 50).

Figura 50. Margens do rio Maranguapinho no bairro Bonsucesso. Foto: a) Disposição de resíduos comerciais (sucata); b) Disposição de lixos domésticos.

Os lixões são enquadrados como fontes pontuais de poluição, considerando a produção diária e constante de poluentes em um mesmo local. No entanto, a deposição dos resíduos sólidos associada ao poder de escoamento hídrico do leito do rio e aos eventos pluviais fomenta uma poluição do tipo difusa.

As águas do rio Maranguapinho em determinados pontos se apresentam cobertas por materiais flutuantes, e variados tipos de resíduos sólidos, como: plástico, papelão e outros, principalmente em pontos onde a vazão do rio é mais amena e a disposição de rejeitos é mais intensa.

Na quadra chuvosa, a situação se agrava, o escoamento superficial das águas pluviais acaba contribuindo para o carreamento dos resíduos sólidos depositados às margens do rio (Figura 51). Sendo assim, levados para áreas mais planas, podendo, muitas vezes, atingir a região estuarina do rio Maranguapinho e, consequentemente, a sua foz, o estuário do rio Ceará.

Figura 51. Margem direita do rio Maranguapinho no município de Maracanaú. Foto: Resíduos sólidos carreados pelas águas pluviais para o leito do canal fluvial.

Para Mota (2008), os depósitos inadequados de resíduos sólidos, no solo ou diretamente em corpos hídricos, podem resultar na poluição da água. Esta, por sua vez, pode viabilizar a transmissão de doenças de veiculação hídrica, através do contato direto e/ou indireto da população com essa água.

Nesse sentido, o lixo urbano composto por resíduos sólidos e matéria orgânica acaba por favorecer a proliferação de doenças causadas por microorganismos e macro vetores que fazem do lixo seu habitat natural, e que, nos lixões e nas áreas alagadas, geram problemas sanitários e de contaminação hídrica (PEREIRA, 2005).

O uso das margens para disposição de animais domésticos mortos e descarte de restos de animais é comum para os habitantes locais (Figura 52). Logo, o acúmulo de resíduos orgânicos na planície fluvial do rio Maranguapinho acaba por favorecer a contribuição de chorume para o canal.

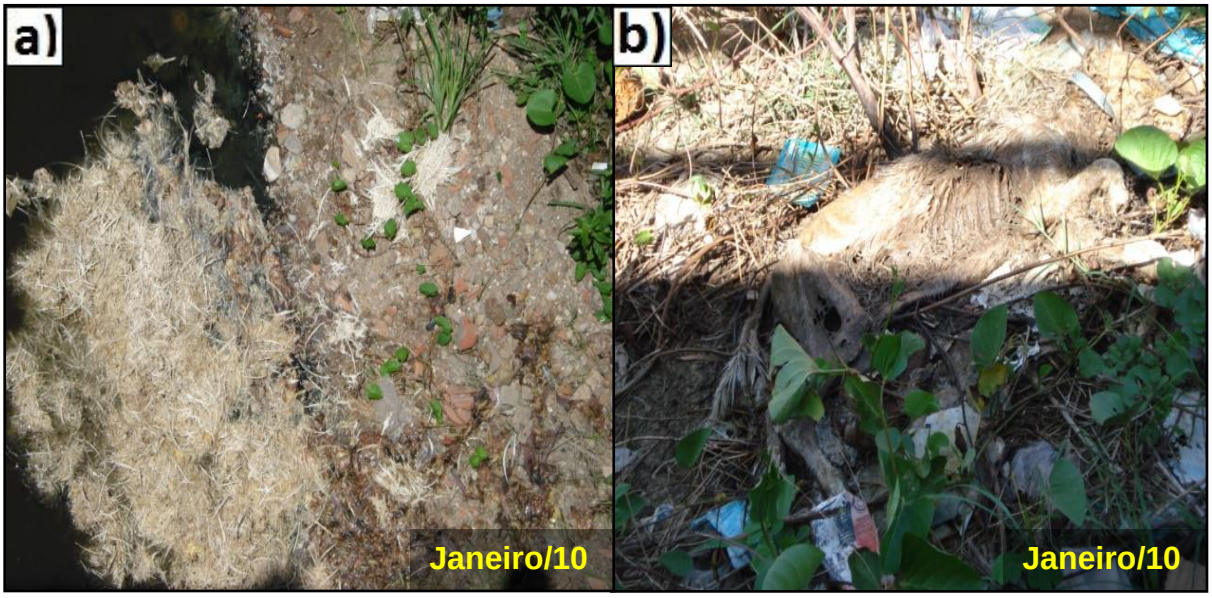


Figura 272. Restos de animais depositados às margens do rio Maranguapinho. Foto: a) Rejeitos de pequenas granjas localizadas no bairro Bonsucesso; b) Carcaça de animal doméstico (cachorro) em decomposição no bairro Autran Nunes.

O chorume constituído por material de decomposição animal é considerado um dos efluentes mais agressivos no contexto hidrológico. Isso porque as concentrações de matéria orgânica presentes no chorume advindo de decomposição animal atingem proporções de 30 a 100 vezes mais do que as proporções de matéria orgânica presentes no esgoto doméstico, bem como as concentrações de microorganismos patogênicos e metais pesados (TRESSOLDI; CONSONI, 1991).

4.4.9 Lançamento de efluentes domésticos

O uso do rio Maranguapinho para lançamento de esgoto doméstico possui relação direta com os fatores socioeconômicos dos municípios que compõem o médio e principalmente o baixo curso do rio. À medida que ocorre o aumento do número de habitantes ocupando as margens do rio, acentua-se a quantidade de esgoto doméstico lançado nos seus mananciais.

Isso ocorre porque, a maior parte da população ribeirinha que reside nas margens do rio Maranguapinho, não dispõe de uma rede de saneamento básico e, tão pouco, de um sistema adequado para o tratamento desses efluentes. Logo, as

características químicas dos diferentes tipos efluentes lançados no canal fluvial podem variar em função dos múltiplos usos da água.

As regiões marginais do rio Maranguapinho são densamente ocupadas por moradias improvisadas, onde reside boa parte da população que se encontra em áreas consideradas de risco (Figura 53). Essa situação se agrava no município de Fortaleza, onde a expansão urbana é mais acentuada e os problemas socioeconômicos contribuem para a formação de favelas às margens do rio.

Figura 53. Margem esquerda do rio Maranguapinho no bairro Genibaú. Foto: Moradia improvisada.

A emissão direta de esgotos domésticos sem tratamento prévio é contínua devido à deficiência de saneamento básico na região, comprometendo a qualidade hídrica desse recurso. Os efluentes lançados se fundem ao corpo hídrico do rio através da sua vazão fluvial, enquadrando-os como fonte de poluição difusa (Figura 54).

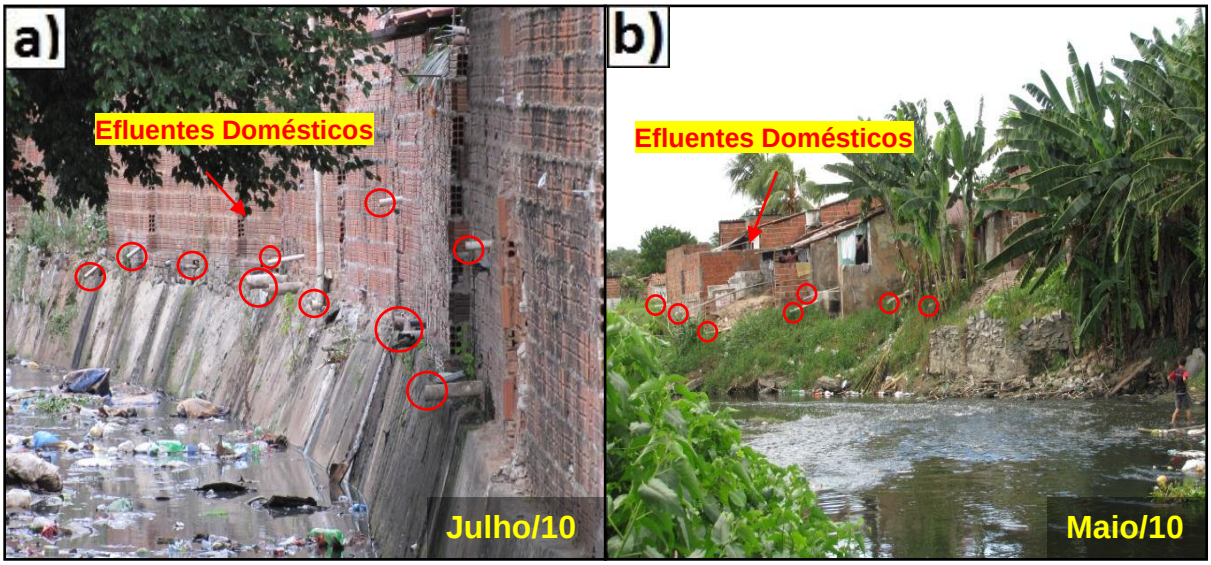


Figura 54. Lançamento de efluentes domésticos no bairro Genibaú. Foto: a) Afluente do rio como receptor de esgotos domésticos; b) Lançamento de efluentes domésticos por comunidades ribeirinhas localizadas à margem direita do rio Maranguapinho.

Para Mota (2008), os microorganismos potencialmente presentes em esgoto doméstico não tratado são bactérias, protozoários, helmintos e vírus, os quais, alcançando a água podem transmitir muitas doenças às pessoas que fazem uso desse recurso.

A disposição desenfreada desses efluentes tende a aumentar significativamente a sua carga de nutrientes na água, principalmente as concentrações de fósforo e nitrogênio, que já se encontram naturalmente nos sistemas aquáticos. Assim, com o aumento artificial desses componentes químicos, o rio tende a apresentar elevados estados de eutrofização de suas águas.

O crescimento exagerado de macrófitas (aguapés) no canal fluvial, principalmente nos períodos de estio, onde o aporte natural de água diminui significativamente e a concentração desses nutrientes aumenta. Nesse período, a vazão fluvial do rio Maranguapinho decai bastante, podendo ser visualizado um cenário de densa poluição, onde tornar-se perceptível a diluição das águas fluviais nos esgotos que predominam em alguns setores, intensificando a degradação do sistema hidrológico e interferindo nas feições ecológicas do ambiente fluvial.

Na quadra chuvosa, o rio recebe um maior aporte de água advindo de processos pluviais, que quando intensos proporcionam a diluição e dispersão de

parte dos poluentes, contribuindo para oxigenação do sistema hidrológico. Vale ressaltar que, nesse período, o uso pertinente das águas do rio Maranguapinho passa a ser o lazer da população local.

4.4.10 Diluição e afastamento de despejos

Os rios naturalmente têm capacidade de recuperação ou autodepuração, podendo ser usados como corpos receptores de lançamento de efluentes. Logo, essas águas para serem lançadas devem estar dentro dos padrões de qualidade exigidos pela Resolução CONAMA (2011), a qual dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para a gestão do lançamento desses efluentes em corpos de água receptores.

Vale ressaltar que a capacidade de autodepuração de um corpo hídrico pode ser alterada por intervenções humanas, desde a implantação de obras de barramentos, alterando a vazão e outras características físicas da água, bem como o lançamento de efluentes sem tratamento prévio, ou outras ações de degradação ambiental.

Por isso, quando o esgoto sanitário, coletado nas redes, é lançado in natura nos corpos d'água, ou seja, sem receber tratamento prévio, dependendo da relação entre as vazões de esgoto lançado e do corpo receptor, podem-se esperar, na maioria das vezes, sérios prejuízos à qualidade da água (NUVOLARI, 2003).

Para Sperling (1996), o ecossistema de um corpo d'água antes do lançamento de despejos encontra-se usualmente em um estado de equilíbrio. Depois do lançamento desses poluentes, o corpo hídrico como um todo entra em estado de desequilíbrio, em seguida, por meio de seus processos ecológicos tendem a se equilibrar novamente.

O lançamento de despejos em um corpo receptor pode ocorrer de duas formas: (I) após o tratamento das águas residuárias e (II) sem o tratamento prévio delas. Nesse sentido, os corpos receptores são protegidos por lei, a fim de estabelecer o controle da qualidade do recurso hídrico utilizado para esse fim, bem como os parâmetros químicos dos efluentes a serem lançados.

De acordo com Sperling (1996), as águas utilizadas para o consumo humano, derivadas das necessidades diárias, fisiológicas ou não, carregam consigo fortes cargas orgânicas e patogênicas. Por isso, torna-se imprescindível levar em conta os tipos de usos da água do corpo receptor, no intuito de monitorar a qualidade hídrica para seus devidos usos, de modo a reduzir os riscos de danos à saúde dos usuários e ao próprio sistema ambiental.

As Lagoas de Estabilização de Efluentes (LEE) e as Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) são sistemas de tratamento de águas residuárias, por meio de variadas formas de tratamento. Isso, com a finalidade de reduzir as cargas de poluentes lançadas em corpos hídricos receptores.

Nesse sentido, o rio Maranguapinho vem sendo utilizado como corpo receptor de águas provenientes dos sistemas de tratamento de esgoto dos municípios de Fortaleza e Maracanaú. Vale ressaltar que, o saneamento básico desses municípios é realizado pela CAGECE por meio dos programas de saneamento básico (SANEAR I e II) fomentados pelo governo do estado do Ceará.

Os despejos advindos do SANEAR I e II são tratados em ETEs. Logo, as ETEs são consideradas como fontes pontuais de poluição, haja vista o lançamento direto de seus efluentes no corpo receptor.

Na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, a maioria das ETEs se concentra em Fortaleza, atendendo bairros de ocupação não planejada. Já em Maracanaú elas atendem a conjuntos habitacionais não integrados ao Sistema de Esgoto do Distrito Industrial de Fortaleza (SIDI). Em Maranguape, as existentes são particulares e atendem a indústrias com grande produção de esgoto (LIMA, J., 2006).

O SIDI, desde o seu funcionamento em 1992, lança efluentes continuamente com vazão de 0,5 m^3/s no rio, sendo perenizado em períodos de estiagem, considerado um principal agente de alteração da hidrodinâmica natural do rio Maranguapinho (LIMA, J. op. cit.).

Problemas no funcionamento das LEEs do SIDI, em 2000 e 2001, no município de Maracanaú, causaram poluição do rio Maranguapinho, ocasionando

mortandade de peixes e alteração da cor das águas de verde intenso característico para rosa púrpura e avermelhada (SEMACE, 2001b).

Durante os trabalhos da pesquisa realizados em agosto de 2010 foi identificada semelhante poluição. As águas apresentaram cor avermelhada e a presença de espumas à jusante da ETE de Maracanaú, causando alterações na cor da água, comprometendo a fauna local, e animais domésticos que usam desse recurso para dessedentação (Figura 55).

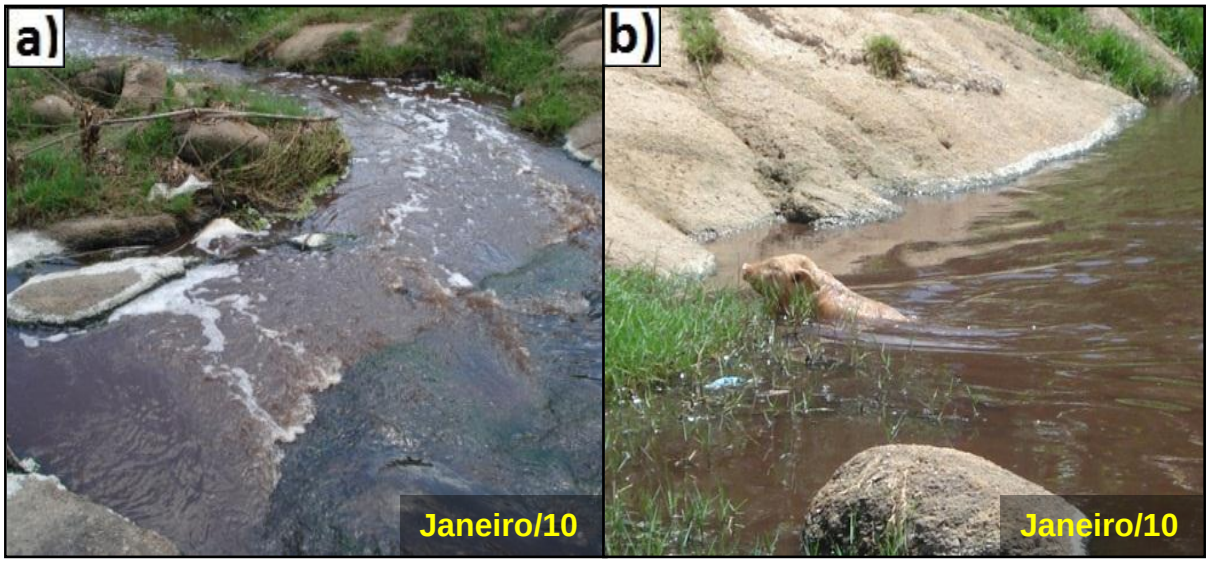


Figura 55. Poluição decorrente da ETE de Maracanaú. Foto: a) Coloração avermelhada e presença de espumas nas águas superficiais do canal fluvial; b) Contaminação da água e danos à dessedentação animal.

As LEEs 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 (LIMA, J. 2006). No entanto, os tratamentos de efluentes pelas mesmas ainda são insatisfatórios, haja vista os problemas de poluição hídrica inerentes ao processo de tratamento no decorrer do funcionamento dessas unidades, como foi identificado durante a pesquisa.

4.5 Indicadores de monitoramento e gestão de rios urbanos

4.5.1 Indicadores de qualidade da água

4.5.1.1 Índice de Estado Trófico Modificado para Fósforo (IET_M (P))

Por meio do Índice de Estado Trófico Modificado para fósforo (IET_M (P)) foi possível estimar o estado quantitativo de nutrientes presentes nas águas do rio Maranguapinho em 8 (oito) pontos de monitoramento. Logo, os valores adquiridos no mês de março/09 (período chuvoso) variaram de 161 a 170, apresentando uma mediana de 167, o que caracterizou esse período como o de maior carga de nutrientes no canal do rio em todos os pontos monitorados.

No mês de julho/09, os valores apresentaram variação entre 63 (valor mínimo) a 121 (valor máximo), com uma média de 99 no IET_M (P). Nota-se que, os pontos P4 e P6 representaram os mesmos e menores valores, sendo assim considerados os de melhor qualidade hídrica nesse período.

No monitoramento realizado no mês de outubro/09, os valores variaram de 47 a 96, representando o valor mínimo e o máximo, respectivamente, que resultou em uma mediana de valor 76. Pode-se então caracterizar o ponto P2 como o de melhor qualidade de água, enquanto que o ponto P7 exibiu a pior qualidade das águas, nesse período.

Em janeiro/10, os valores do IET_M (P) em geral não apresentaram variação significativa. Com média de exatamente 130,74, onde as máximas foram de 130,95 e mínimo de 130,5, resultando em valores bem próximos em todos os pontos, apresentando valores estáveis. Vale ressaltar que o ponto P1 apresentou valor 0 (zero) devido à impossibilidade de coleta da amostra de água no local, haja vista que as águas do rio Maranguapinho estavam cobertas de macrófitas (aguapés) no período de coleta.

A Figura 56 mostra o comportamento do IET_M (P) de fósforo para os meses de março/09, junho/09, outubro/09 e janeiro/10 nas águas da bacia do rio Maranguapinho.

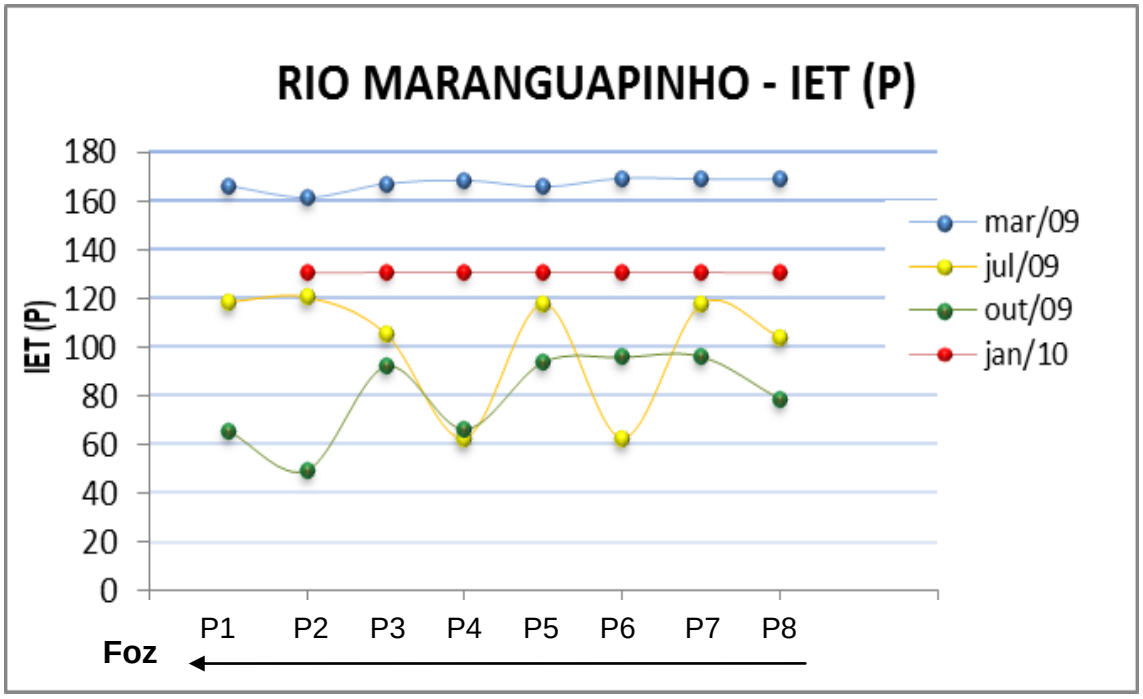


Figura 56. Balanço do Índice de Estado Trófico (P) ao longo do rio Maranguapinho.

Durante o período monitorado, pode-se observar que as concentrações de fósforo nas águas do rio Maranguapinho apresentaram maiores valores no mês de março/09. Isso pode ocorrer devido à contribuição das águas das chuvas, que acabam carreando concentrações de fósforo através do escoamento superficial das águas do solo para o canal fluvial do rio.

4.5.1.2 Índice de Estado Trófico Modificado para Clorofila-a (IET_M (Cl-a))

O cálculo para o IET_M (Cl-a) permitiu avaliar o nível de crescimento de algas em resposta da quantidade de nutrientes nas águas do rio Maranguapinho nos 8 (oito) pontos de monitoramento. Os valores adquiridos no mês de março/09 variaram de 100 a 171, apresentando um valor médio de 155,60. Esse período foi caracterizado por uma alta produção de algas nas águas do rio Maranguapinho em relação aos demais meses monitorados.

Ainda no mês de março/09, o ponto P8, localizado a montante da ETE de Maracanaú, apresentou menor produção de Cl-a, isso decorrente da inexistência de atividades que venham contribuir para o aumento de nutrientes nesse setor. No entanto, à jusante da ETE de Maracanaú, a produção de nutrientes nas águas do rio

Maranguapinho apresentou maiores valores, concomitante com o significativo aumento da ocupação às margens do rio, bem como das atividades que contribuíram para a produção de nutrientes no corpo hídrico, como a disposição de resíduos sólidos, lançamento de efluentes da ETE e de efluentes domésticos para o canal fluvial.

No mês de julho/09, os valores adquiridos ao longo do perfil longitudinal do rio, variaram de 20 a 109, com uma média de aproximadamente 40. Vale ressaltar que o ponto P6 apresentou valores triplicados com relação à média dos valores obtidos nos demais pontos, caracterizando-o como o ponto de maior produtividade de algas no mês de julho, decorrente da disposição de resíduos domésticos, como lixo orgânico e lançamento de efluentes domésticos, caracterizando esse setor como o de maior degradação ambiental nesse período.

Em outubro/09, os valores do IET_M (Cl-a) variaram de 22 (valor mínimo) a 36 (valor máximo), apresentando uma média de 27. Enquanto que no mês de janeiro/10, os valores variaram 14 a 34, resultando em uma média de aproximadamente 23, onde a oscilação entre os valores do IET_M (Cl-a) se mostrou menor que nos outros meses. Logo, pode-se notar a diminuição significativa nos valores de produtividade, quando relacionados aos valores apresentados em março/09 (quadra chuvosa).

A Figura 57 mostra o comportamento do IET_M (Cl-a) para os meses de março/09, junho/09, outubro/09 e janeiro/10 nas águas da bacia do rio Maranguapinho, considerando as particularidades de cada ponto monitorado.

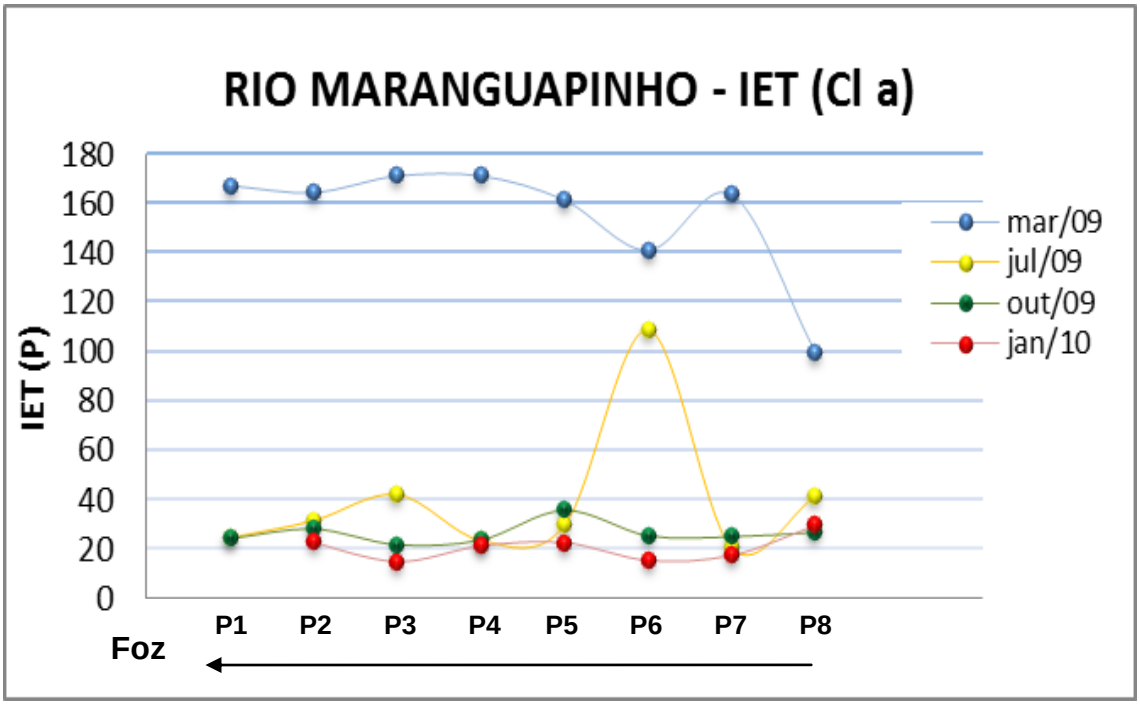


Figura 57. Balanço do Índice de Estado Trófico Modificado (Cl-a) ao longo do rio Maranguapinho.

De acordo com os resultados obtidos do IET_M (Cl-a) os valores exibidos em março/09 foram os máximos, assim como os valores do IET_M (P). Considerando que a produtividade de clorofila-a no sistema aquático está estreitamente relacionada ao aumento da carga de nutrientes nesse sistema, a qual foi quantificada pelo IET_M (P).

No entanto, à medida que diminuiu o aporte de águas no canal fluvial com a chegada do período de estio, os nutrientes presentes nas águas passaram a suprir o crescimento da vegetação aquática, podendo ser observado através da proliferação exagerada de algas macrófitas, tornando o rio com características de um ambiente eutrofizado.

4.5.1.3 Índice de Estado Trófico (IET)

Através do IET foi possível representar, de forma geral, a qualidade da água do rio Maranguapinho ao longo da área em estudo, levando em consideração o enquadramento de suas águas em diferentes graus de trofia: (I) oligotrófico, (II)

mesotrófico, (III) eutrófico e (IV) hipereutrófico, com base nos parâmetros de clorofila-a e fósforo total.

Após o cálculo do IET para os meses (março/09, julho/09, outubro/09 e janeiro/10) pode-se observar que o valor da mediana obtido em março/09 foi de 161 e máximas de 170, o que caracteriza o rio Maranguapinho como **Hipereutrófico** em todo o percurso estudado, exibindo valores acima de 74, em todos os pontos monitorados.

No mês de julho/09, a mediana obtida foi pelo valor do IET foi de 70, em todos os pontos monitorados, caracterizando o sistema como **Eutrófico**, conforme o quadro 5, apresentado na página 53. Os pontos P6 e P2 apresentaram valores de 86 e 76, caracterizando as águas como hipereutróficas. Enquanto que o ponto P4 apresentou valor 43, indicando uma melhor qualidade da água, sendo enquadrada como oligotrófica. Logo, os demais pontos exibiram valores entre 43 e 74, característico de um ambiente eutrófico.

No mês de outubro/09, as águas obtiveram caráter **Mesotrófico**, por apresentarem uma mediana de valor 53 do IET. No entanto, o ponto P2 localizada a montante do FRIFOR obteve valores reduzido para 39 do IET, sendo enquadrada como oligotrófica. Enquanto que, os pontos P1, P4 e P8 exibiram valores entre 45 e 53, resultando em ambientes mesotróficos. Os demais pontos obtiveram valores de 57 a 51 IET_M, considerados os maiores nesse período, caracterizando as águas com eutróficas.

O valor médio pelo IET no mês de janeiro/09 consistiu em 76, aproximadamente, com máximas de 80 e mínimas de 73, o que caracterizou o rio Maranguapinho como **Hipereutrófico** em todos os pontos monitorados.

A Figura 58 mostra o comportamento deste índice para os 8 (oito) pontos monitorados no médio e baixo curso do rio Maranguapinho em um universo amostral de quatro meses intercalados. Esses cálculos caracterizaram o grau de trofia, atribuindo valores e classificação.

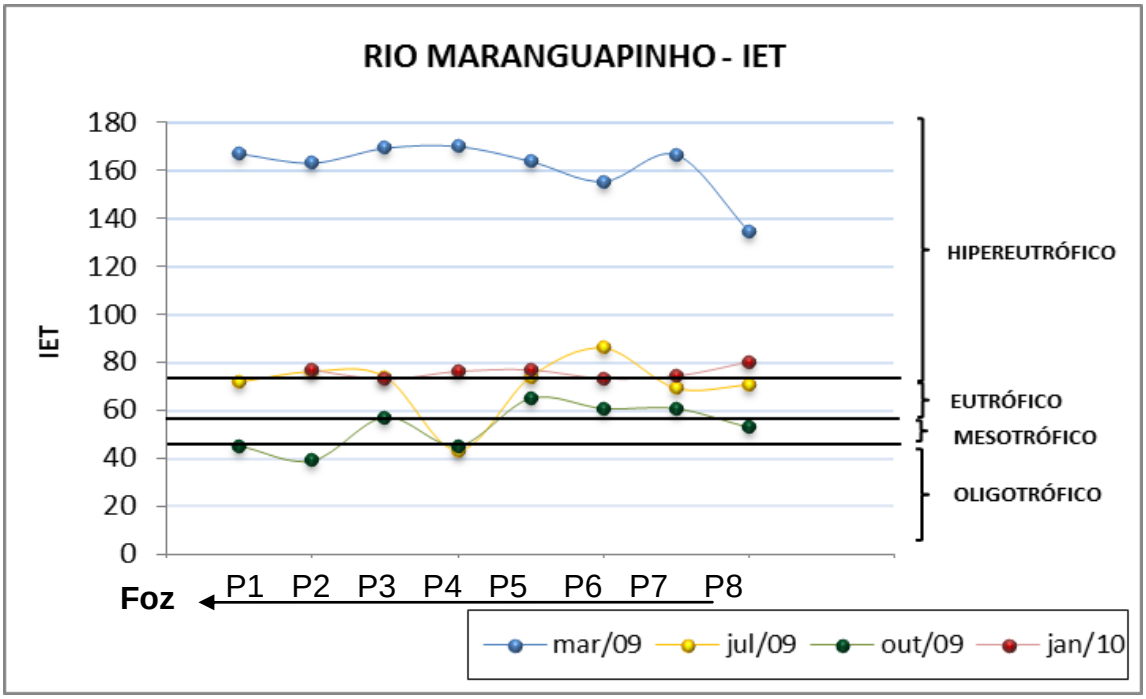


Figura 58. Representação do IET no canal fluvial do médio e baixo curso do rio Maranguapinho.

O resultado mostra que o IET encontrado com maiores valores foi no período chuvoso, em março/09, apresentando maior produtividade. Enquanto que no período de estiagem a produtividade diminuiu nos meses de julho/09 e outubro/09, contudo teve aumento novamente no início do ano de 2010, isso podendo decorrer a contribuição de isoladas precipitações que ocorreram no mês de janeiro/10.

Na tabela 1 encontram-se os valores das medianas do IET representados pela classificação do grau de trofia do rio Maranguapinho nos 8 (oito) pontos de monitoramento. Podendo-se observar que nos meses de julho/09 e outubro/09, as águas variaram de eutrófica a mesotrófica, respectivamente, exibindo uma ligeira diminuição da quantidade de nutrientes em alguns pontos. No entanto, nos meses de março/09 e janeiro/10, todos os pontos apresentaram águas hipereutróficas.

Tabela 1. Qualidade da água através do Índice de Estado Trófico **(**IET).

Ponto	Março/09	Julho/09	Outubro/09	Janeiro/10
P1	Hipereutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Hipereutrófico
P2	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Oligotrófico	Hipereutrófico
P3	Hipereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
P4	Hipereutrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Hipereutrófico
P5	Hipereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
P6	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
P7	Hipereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
P8	Hipereutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Hipereutrófico

Durante o período de monitoramento da área em estudo, o processo de eutrofização foi evidenciado com a floração das águas do rio, devido ao desencadeamento de um intenso processo de produção de nutrientes (nitrogênio e fósforo), resultando no *"bloom"* de algas e macrófitas aquáticas (aguapés). Isso ocorreu em vários setores do rio Maranguapinho, principalmente em áreas de menor correnteza e/ou em períodos de estio, onde as altas temperaturas e a luz solar contribuem para o crescimento dessa vegetação (Figura 59).

Figura 59. Águas superficiais do canal fluvial do rio Maranguapinho. Foto: Bloom de macrófitas em Janeiro/10 no ponto P1, localizado no bairro Quintino Cunha.

A eutrofização do rio Maranguapinho, além de repercutir na floração das suas águas, pode interferir nas concentrações de matéria orgânica, odores, ausência de oxigênio, dentre outros. Contudo, podendo ocasionar alteração da flora e fauna, a exemplo da mortandade de peixes e degradação do ecossistema local. Vale salientar a associação direta desses problemas às formas de uso e ocupação da bacia hidrográfica do rio Maranguapinho.

5 CONCLUSÃO

A bacia do rio Maranguapinho está inserida na RMF, e reflete diversas formas de usos e ocupação ao longo do seu percurso. No entanto, este espaço passa a ser ocupado de forma mais intensiva à medida que aumenta a instalação de equipamentos urbanos em sua área de influência, como ocorre no município de Maracanaú e de forma mais intensiva em Fortaleza.

O canal fluvial da área em estudo apresentou uma seção topográfica com inclinação média de 1,1% e máxima de 5,7%. Porém, os percentuais reduziram à medida que se aproximavam da foz do Maranguapinho, apresentando valores, próximos de 0,30%, o que propicia o aparecimento de áreas de risco com as inundações na quadra chuvosa. Isso se explica pelas condições naturais do rio, considerando que o seu baixo curso está inserido em uma planície de inundação, caracterizando como ambiente de acumulação sedimentar e uma topografia mais amena.

Os índices de pluviometria no ano de 2009 mostraram maiores valores que o ano de 2010, apresentando uma média anual de 184,90 mm e 79,40 mm, respectivamente. Assim, os maiores índices pluviométricos foram registrados no mês de março de 2009, período de maior carreamento de nutrientes para o canal fluvial, através do escoamento de águas pluviais. Enquanto que, nos demais meses monitorados os índices foram menores, em decorrência do período de estio.

A irregularidade pluviométrica associada à litologia do canal fluvial do rio Maranguapinho interfere diretamente na velocidade das correntes de suas águas. No período de estio os valores decaíram bastante, considerando a caracterização do rio como intermitente. Contudo, em ambos os períodos e meses de monitoramento, os maiores valores de velocidades de correntes ocorreram no ponto P5, decorrente da morfologia do canal fluvial e leito do rio, predominando trechos de corredeira. Enquanto que, as menores velocidades foram identificadas no ponto P8, onde o ambiente é caracterizado como uma área abrigada.

As alterações morfológicas no canal fluvial do rio Maranguapinho estão associadas às condições climáticas da bacia e pela característica de rio intermitente,

considerando que no período chuvoso a largura variou de 11,85 a 19 m e, no período de estio a largura diminuiu significativamente de 4,20 e 7,51 m.

No período de estiagem, a profundidade média foi de 0,70 m, aumentando expressivamente no período chuvoso, com média de 1,32 m. Isso acaba ocasionando inundações no leito maior do rio em toda área monitorada, consequentemente favorecendo ao surgimento de áreas de inundação sazonal, onde são localizadas as inúmeras de áreas de risco ao longo do rio Maranguapinho.

Os maiores registros de vazões médias foram de 5,14 m^3/s no mês de março de 2009 e de 5,25 m^3/s no mês de julho de 2009, considerado o período de maior aporte hídrico. Assim, decorrente desse cenário, os poluentes advindos dos esgotos domésticos e acúmulo de resíduos sólidos no leito foram atenuados pela diluição das águas pluviais e carreados pela correnteza do canal.

No período de estiagem, as vazões médias descaíram bastante, onde o menor valor foi de 0,36 m^3/s, registrado no mês de outubro de 2009. Essa variação contribui para as concentrações de poluentes, haja vista à predominância de lançamento de efluentes nos corpos hídricos e a diminuição da vazão nesse período. Podendo assim, interferir na capacidade do transporte de material em suspensão pelas águas do canal fluvial.

As alterações físicas da bacia do rio Maranguapinho, decorrente dos impactos ambientais identificados ao longo da área em estudo, apresentaram mudanças nas características geomorfológicas do ambiente fluvial, como: retirada da cobertura vegetal, erosão das margens, assoreamento do leito do rio, formação de bancos de areia no canal fluvial, impermeabilização das vertentes e aterros das planícies fluviais e flúviomarinhas.

Os principais usos inerentes ao trecho em estudo do rio Maranguapinho são as atividades de irrigação, agricultura, indústria, lazer, extrativismo mineral, pecuária, dessedentação animal, disposição de resíduos sólidos, descarte de efluentes domésticos e industriais, e diluição despejos por ETEs. Essas atividades alteram o relevo, as margens e o canal fluvial.

Foram identificadas como principais fontes pontuais de poluição hídrica: lançamento de efluentes orgânicos advindos de estação de tratamento de esgoto; despejos de efluentes químicos por indústrias instaladas em APP; dejetos de animais e despejos de efluentes por atividades de pecuária, como pocilgas e granjas.

Como principais fontes difusas de poluição hídrica foram identificadas: as atividades de agropecuária extensiva realizadas por comunidades ribeirinhas e a disposição inadequada de resíduos sólidos domésticos ao longo das margens pelas comunidades locais e pela população que reside nas proximidades.

Entretanto, nos períodos de chuva, os poluentes dispostos ao solo são geralmente lixiviados para o canal fluvial, através do escoamento superficial das águas pluviais. Outro fator importante é a produção de sedimentos advindos dos processos erosivos, em decorrência da ocupação inadequada das margens e extração mineral.

A análise quantitativa dos nutrientes presentes nas águas do rio Maranguapinho representados pela quantidade de fósforo e clorofila-a, apresentou-se como importante método de análise da produtividade das águas e, consequentemente, o estado trófico do rio Maranguapinho.

A quantidade de fósforo nos meses de março/09, julho/09 e janeiro/10 exibiu uma média de 21 mg/L, 2,38 mg/L e 1,72 mg/L respectivamente, apresentando valor superior ao limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 de 0,10 mg/L. Enquanto que, em outubro/09 a média foi de 0,08 mg/L, apresentando como pontos mais favoráveis: P1, P2, P4 e P8, com enquadramento na resolução CONAMA 357/2005.

Isso pode ocorrer devido à influência de agentes externos, como as atividades de uso predominantes nesse período, os aspectos físicos da água durante a coleta das amostras, a profundidade e a velocidade da água nesses pontos. Além disso, os pontos que conforme com a resolução vigente apresentaram limites aceitáveis, podem indicar a autodepuração que o rio Maranguapinho

conseguiu realizar em relação às concentrações de poluentes lançados nesse período.

Os valores de clorofila-a no período de chuva apresentaram maiores valores quanto aos demais meses de monitoramento, exibindo uma média de 34,37 µg/L, acima do valor exigido pela resolução CONAMA 357/2005 que é de 30 µg/L. Com exceção dos pontos P6 e P8 que apresentaram valores satisfatórios, de 20 µg/L e 8,3 µg/L. A redução dos valores relacionado ao P6, se justifica pela caracterização do regime de corredeira do leito do rio nesse setor, amortizando o processo de produção de clorofila-a.

Enquanto que os baixos valores de clorofila-a no P8 se explicam pela localização desse setor à montante da ETE de Maracanaú, bem como a ausência de atividades que comprometam significativamente a qualidade hídrica dessa seção, relacionada a baixa produtividade biológica de suas águas.

Nos meses de estio e/ou precipitações irrisórias, as concentrações exibiram valores mais amenos nos meses de julho/09, outubro/09 e janeiro/10 com médias de 2,8 4,0 e 7,4 µg/L respectivamente. Assim, se enquadrando nas exigências da resolução CONAMA 357/2005, contudo apresentando variações, as quais podem ser explicadas pelas características da morfodinâmica e hidrodinâmica do canal fluvial, assim com múltiplos usos da água pela população local.

O lançamento de efluentes no rio Maranguapinho, de natureza orgânica e/ou química, apresentou relevante contribuição para o aumento do aporte de nutrientes no corpo hídrico da bacia, favorecendo alterações na qualidade hídrica e contribuindo para desencadeamento dos processos de eutrofização das águas.

O IET se mostrou um índice satisfatório de análise da qualidade das águas do rio Maranguapinho, conforme seu grau de trofia. Em março/09 todos os pontos apresentaram-se hipereutróficos, assim como no mês de janeiro/10. Em julho/09 variaram entre hipereutróficos (P2 e P6), eutróficos (P1, P3, P5 e P7) e oligotrófico (P4). No mês de outubro/09 variaram entre mesotróficos (P1, P4 e P8), eutróficos (P3, P5, P6 e P7) e oligotrófico (P2).

Os resultados do IET confirmam que as maiores quantidades de nutrientes foram identificadas no período chuvoso devido à ação do escoamento superficial drenando nutrientes dos terrenos, repercutindo na maior produtividade biológica nas águas. Ao contrário do período de estio, onde a produtividade diminuiu, apresentando uma ligeira recuperação da qualidade hídrica do rio.

Na bacia do rio Maranguapinho, a degradação ambiental é decorrente principalmente das formas de uso e ocupação das margens do rio e múltiplos usos das águas. Englobando comunidades com população de baixa renda, que vivem as margens do rio (áreas de risco) em condições precárias de moradia e saneamento básico, bem como as populações que utilizam o rio apenas como área de deposição de resíduos sólidos.

A classificação do rio Maranguapinho em Oligotrófico e Mesotrófico, em alguns pontos de monitoramento, não implica dizer que a qualidade ambiental de suas águas se encontra favorável. Haja vista que, o IET representa o estado de trófico do rio, o qual também pode variar de acordo com as condições físicas, químicas e biológicas do corpo hídrico, bem como as influências dos agentes externos que contribuem para a alteração da qualidade ambiental do rio e, sobretudo a interferência da sazonalidade climática da região.

De acordo com os resultados obtidos ao longo do trabalho, é evidente a necessidade de uma proposta de gestão municipal para garantir a qualidade hídrica da bacia do rio Maranguapinho. Para isso, devem ser intensificadas medidas para o uso dos recursos hídricos de forma adequada e sustentável.

Com base no planejamento de políticas públicas em conjunto com a população que se utiliza desses recursos, podem ser elencadas sugestões para a recuperação e conservação do rio Maranguapinho:

- Remanejamento das famílias residentes em áreas de risco, às margens do canal para conjuntos habitacionais.

- Limpeza periódica do canal fluvial para a supressão da vegetação de aguapés e, das margens o rio para retirada de resíduos sólidos.

- Implantação de uma eficaz fiscalização por órgãos de proteção ao meio ambiente nas indústrias que lançam seus efluentes no canal fluvial de forma indevida, destacando a destinação desses efluentes conforme a resolução vidente.

- Coleta de lixo nas áreas de difícil acesso, localizadas as margens e/ou próximas ao rio, facilitando o manejo dos resíduos sólidos.

- Implantação intensiva de programas de saneamento básico para os municípios que se localizam nas áreas de influência da bacia hidrográfica.

- Implantação de um programa de educação ambiental para a população local pratica a disposição de resíduos sólidos domésticos no rio.

Desse modo, as intervenções aqui sugeridas poderão desempenhar importante papel para recuperação paisagística do rio Maranguapinho, bem como trazer uma melhoria significativa da sua qualidade hídrica. Haja vista, que os problemas de degradação ambiental do rio Maranguapinho estão estreitamente ligados às formas de uso e ocupação da bacia hidrográfica, mas precisamente nas margens do rio.

Portanto, as decisões a serem tomadas para um eficiente planejamento de proteção aos recursos hídricos devem está pautadas na gestão participativa, com envolvimento da população e prefeitura municipal, no intuito de obter resultados positivos e ações duradouras. Isso resultará em subsídios aos processos de degradação ambiental, em especial a poluição hídrica, bem como a saúde da população local, considerando a relação direta que as comunidades ribeirinhas estabelecem com o rio Maranguapinho e suas diversas formas de uso e ocupação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. M. **Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará.** Revista Ciência Agronômica, Ceará, ano 5, Vol. 36, No 2, maio - ago., 2005.

APHA, **American Public Health Association. Standard Methods for Examination of Water and Waste Water.** APHA / AWWA / WPCF. Baltimore. 1430p, 1995.

ARRUDA, L. V. **Serra de Maranguape-CE: ecodinâmica da paisagem e implicações socioambientais**. Dissertação de mestrado (Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA). Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza-CE, 2001.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1991.

AZEVEDO, S. M. F. **Cianobactérias tóxicas: causas e consequências para a saúde pública.** Ver. Bras. Pesq. e Desenvolvimento, v. 3, n. 2, p. 81-94, 2001.

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.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p.268- 300.

BRASIL. 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, 278p., 2003.

CALIJURI, M. C. **Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização.** Tese de doutorado. Departamento de Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 292 p., 1988.

CARLSON, R. E. **A trophicstate index for lakes.** Limmol. Oceanogr., 22: 361-80, 1977.

CEARÁ. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SEDURB). **Sistema de tratamento dos efluentes do Distrito Industrial de Fortaleza – Lagoas de Estabilização**. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Fortaleza – Ceará, 1990ª

_____. 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.

CEBALLOS, B. S. O. **Utilização de indicadores microbiológicos na tipologia de ecossistemas aquáticos do trópico semi-árido.** Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 192 p., 1995.

CETESB. **COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO.** 2207b. Disponível em: http://www.Cetesb.sp.gov.br/agua/rios/indice_iap_iet.asp. Acesso 01.12.10.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Proposta de Índices de Qualidade de Água para o Estado de São Paulo**. Coletânea de Textos da Cetesb, 2002.

CHAPRA, S. C. **Surfacewater-qualitymodeling.** McGraw-Hill Int. Editions, Civil Eng. Series, New York, 844p, 1997.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 149p., 1974.

_____. **Geomorfologia.** 2 ed., EDVSP-São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CHOW, V. T. **Handbook of applied hydrology**. New York: McGraw-Hill Company, 1964.

COGERH - **Rede de Monitoramento de Qualidade de Água para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos**. Fortaleza Ceará; Companhia de Gestão dos Recursos Hídrico (COGERH), 2004, pág 48.

_____. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Plano de gerenciamento de águas das Bacias Metropolitanas**. Fortaleza: VBA Consultores, 2001b.

COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO CEARÁ. Relatório I CONVÊNIO No. 45/2008-PROJU-CAGECE: **Monitoramento dos indicadores de desempenho ambiental do Programa SANEAR II nos rios Maranguapinho/Siqueira, Cocó e Praias da Zona Oeste e Leste de Fortaleza-Ce.** Fortaleza CAGECE, 2009.

_____. Relatório II. **Monitoramento dos indicadores de desempenho ambiental do Programa SANEAR II nos rios Maranguapinho/Siqueira, Cocó e Praias da Zona Oeste e Leste de Fortaleza-Ce.** Fortaleza CAGECE, 2009.

_____. Relatório III. **Monitoramento dos indicadores de desempenho ambiental do Programa SANEAR II nos rios Maranguapinho/Siqueira, Cocó e Praias da Zona Oeste e Leste de Fortaleza-Ce.** Fortaleza CAGECE, 2009.

_____. Relatório. **Monitoramento dos indicadores de desempenho ambiental do Programa SANEAR II nos rios Maranguapinho/Siqueira, Cocó e Praias da Zona Oeste e Leste de Fortaleza-Ce.** Fortaleza CAGECE, 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Conama Nº 303, de 20 de março de 2002**, publicada no D.O.U. Nº 90, de 13 de maio de 2002, Seção 1, página 68. Brasília – DF. Disponível em: http://www.ipef.br/eventos/2009/codigoflorestal/CONAMA-res2002-303.pdf

_____. **Resolução Conama Nº 357, de 17 de março de 2005**, publicada no D.O.U. Nº 53, de 18 de março de 2005, Seção 1, páginas 58-63. DF. Disponível em: http://www.saneago.com.br/novasan/leis/conama.pdf

_____. **Resolução Conama Nº 369, de 28 de março de 2006**, publicada no DOU Nº 61, de 29 de março de 2006, Seção 1, páginas 150 – 151. Brasília – DF. Disponível em: http://www.redejucara.org.br/legislacao/resolucao_369_2006_CONAMA.pdf

CPTEC. **CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS.** 2011. Disponível em http://www.cptec.inpe.br/. Acesso 02.03.11.

CRISPIM, M. C.; T. WATANABE. **Caracterização limnológica das bacias doadoras e receptoras de águas do rio São Francisco: 1 – Zooplâncton**. Acta Limnol. Bras., v. 12, pp. 93-103, 2000.

CRUZ, Jussara Cabral. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais.** Porto Alegre, 2001. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Ed. Bertrand do Brasil, 5 ed., 2004.

DIAS, C. B.; MORAIS, J. O. de; PINHEIRO, L. de S. **Estudos dos Processos de Evolução Sedimentológica e da Qualidade da Água relacionados ao Uso e Ocupação na Lagoa da Encantada-Aquiraz-CE**. Revista de Ciência e Tecnologia da UECE, Fortaleza, v. 3, n. 2002.

DIAS, M. C. O. et al... **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos de atividades produtivas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

DIETRICH, S.; MASCARENHAS, S.; VALEIRAS, N. **O estudo de bacias hidrográficas: uma estratégia para educação ambiental.** São Paulo: RIMA, 2004.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa em Aves e Suínos. **Manejo de dejetos de suínos**. Concórdia, 31p., (Boletim Informativo de Pesquisa, 11), 1998.

EATON, A. D. (et al..). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Andrew D. Eaton... [et al...]. - 21. ed. - Washington: American Public Health Association, vol. 1, 2005.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESTEVES, F. A.; BARBOSA, F. A. R. **"Eutrofização Artificial: A Doença dos Lagos".** Ciência Hoje, vol. 5, n.27, pp. 56-61, 1986.

FERRIER, R. C., EDWARDS, A. C., HIRST, D., et al..., 2001, **"Water Quality of cottish Rivers: Spatial and Temporal Trends"**, The Science of the Total Environment, v. 265, pp.327-342.2001.

FUNCEME. **FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA.** 2011. Disponível em http://www.funceme.br/. Acesso 01.02.11.

GARCIA, C. Z.; GARCIA, D. C. O.; LEITE, M. A. **Comparação entre dois índices de estado trófico para o reservatório de Ilha Solteira**. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., Caxambu, 2007. Anais**.** Caxambu, 2007. CD-ROM.

HE, C.; MALCOLM, S.B.; DAHLBERG, K.A; FU, B., A conceptual framework for integrating hydrological and biological indicators into watershed management. **Landscape and Urban Planning**, v.49. p. 25-34, 2000.

HERMES, L. B.; SILVA, A. de S. **Avaliação da Qualidade das Águas**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

LACERDA, L. D. de ; SENA, D. L. de. **Estimativas de Cargas de Nitrogênio, Fósforo e Metais Pesados de Interesse Ambiental para as Bacias Inferiores do Litoral do Estado do Ceará.** In: Zoneamento Ecológico- Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará. SEMACE, Fortaleza, 62p., 2005.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba, SP:** ESALQ, 1986. 242 p. Texto básico para a disciplina "Manejo de Bacias Hidrográficas".

_____; ZAKIA, M. J. B. **Indicadores hidrológicos**. Série Técnica IPEF, v. 12, n. 31, p.53-64, 1998.

_____; ZAKIA, M. J. B.; CÂMARA, C. **Implicações da colheita florestal e do preparo do solo na erosão e assoreamento de bacias hidrográficas**. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais.** Piracicaba: IPEF, cap 11, p.373-391, 2002.

LIMA, E. B.; Paiva, S. C.; Rego, R. C. P.; Gazineu, M. H. P.; Salgueiro, A. A. **Investigação de Metais em água de abastecimento no Município do Rio Formoso-PE**. *Higiene Alimentar*, v.15, p.68-72, 2001.

LIMA, J. Q. **Degradação ambiental na bacia hidrográfica do rio Maranguapinho - Região Metropolitana de Fortaleza - Ceará - Brasil.** Dissertação de mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia - MAG). Universidade Estadual do Ceará (UECE). Fortaleza-Ce, 2006.

MACHADO, W. C. P. **Indicadores da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Pato Branco.** Tese de doutorado (Pós-graduação em Geologia). Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba – PR, 2006.

MARQUES, R., SOUZA, L. C. de. **Matas ciliares e áreas de recarga hídrica**. In: ANDREOLI, C.V., CARNEIRO, C. Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba: SANEPAR, p.161-188, 2005.

MEYBECK, M.; HELMER. R. **An introduction to water quality**. In: CHAPMAN, D. (Ed.) Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. London: Chapman and Hall, cap.1, p.1-17, 1992.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, **Portaria N^{o} 518, de 25 de março de 2004.** Brasília – DF. Disponível em: http://www.agrolab.com.br/portaria%20518_04.pdf

MIRANDA, L. B. de, **Princípios de Oceanografia Física de Estuários**. São Paulo, SP. Edusp, 424p., 2002.

MORAIS, J. O. de, et al. **Erosive processes linked to the evolution of the estuarine system nearby Águas Belas, Cascavel, Ceará, Brazil**. In: International Coastal Symposium, Santa Catarina, 2004.

_____; PINHEIRO, L. de S.; PAULA, D. P. de; **Circulationandmixture processes and environment al impacts in the Jaguaribe River Estuary, Ceará-Brazil.** In:

CARICOSTAS 2005, Santiago. 2nd International Conference on Integrated Coastal Zone Management-CARICOSTAS. Santiago: University of Oriente, v. 1. p. 1-25, 2005.

_____. **Geologia no planejamento ambiental: impactos na água.** Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza vol. 8, (pág. 225-258), 1996.

MOTA, S. **Preservação dos Recursos Hídricos.** ABES, 1988.

_____. **Gestão Ambiental de recursos hídricos.** 3. Ed., atual., e ver. – Rio de Janeiro: ABES, 2008.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. São Paulo, Edgard Blucher, 520p. 2003.

O'SULLIVAN, P. E. **"The Ecosystem – Watershed Concept in the Environmental Sciences – A Review"**, Journal of Environmental Studies, v. 13, p. 273 – 281, 1981.

PAULA, D.P. de, et al. **Impactos de eventos naturais e antrópicos em estuários tropicais: o estudo de caso do estuário do rio Jaguaribe, Fortim-CE, Brasil.** In: XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2009, La Plata, Anais do XII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2009.

PEREIRA, C. M. C. **Análise da problemática do lixo nas romarias em Juazeiro do Norte-CE.** Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza-Ce, 2005.

PINHEIRO, L. de S. **Riscos e Gestão Ambiental no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel-CE**, Tese de doutorado em oceanografia – Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, **Lei N^{o} 6.938, de 31 de agosto de 1981,** publicada no DOU de 02 de setembro de 1981. Brasília – DF. Disponível em: http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/42/1981/6938.htm

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS, **Lei N^{o} 9433, de 08 de janeiro de 1997**. Brasília – DF. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei19979433.pdf

PROCHNOW, M. C. R. **Recursos hídricos e metodologia de pesquisa**. Geografia, v. 10, n 19, p. 197- 224. Rio Claro, UNESP, 1985.

RIBEIRO, I. V. A. S. **Estudo do estado trófico do reservatório de Acarape do Meio mediante a determinação de indicadores de qualidade de água**. Tese. Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza: UFC, 2007.

SANDERS, T. G. et al. **Design of network for monitoring water quality**. Highlands Ranch: Water Resouches Publications, 1983.

SEDURB. Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Sistema de tratamento dos efluentes do Distrito Industrial de Fortaleza – Lagoas de Estabilização**. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Fortaleza – Ceará, 1990ª.

SEMACE. Superintendência do Meio Ambiente do Estado do Ceará. **Proposta de classificação dos rios da Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza, 1990b, CEARÁ, 2001b.

SILVA. J. B. **Quando os incomodados não se retiram: uma análise dos movimentos sociais em Fortaleza**. Fortaleza: Multigraf, 1992.

SILVEIRA, A. L. L. **Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica.** In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, cap. 2. p. 35-51, 2004.

SOCTCHAVA, V. B. **O estudo de Geossistemas. Métodos em questão**, n.16, p. 1-50. São Paulo, IG, USP, 1977.

SOUZA, M. J. N. Diagnóstico **geoambiental do Município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo – PDPFor**. Marcos José Nogueira de Souza... [et al...]. – Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.

SOUZA, M. S. de. **Fortaleza: uma análise da estrutura urbana**. Fortaleza, 3º Encontro Nacional de Geógrafos/AGB, 1978.

SPERLING, V. E. **Introdução à qualidade de água e tratamento de esgotos.** Viçosa/MG: DESA/EFMG, 1995.

_____. **Avaliação do estado trófico de lagoas e reservatórios tropicais.** Revista Bio: Ano 2, Nº 3, p. 68 - 76. ABES. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos***.* 2º ed., UFMG, Belo Horizonte, 246p., 1996.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** *3*º ed., UFMG, Belo Horizonte, 246 p., 2005.

SRH-Ce/COGERH - Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará/ Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará. **Coleta e Preservação de Amostras de água. Recomendações, Cuidados e Procedimentos**, 2001.

SUCUPIRA, P. A. P. **Indicadores de Degradação Ambiental dos Recursos Hídricos Superficiais no Médio e Baixo Vale do Rio Acaraú-Ce.** Dissertação de mestrado (Mestrado Acadêmico em Geografia - MAG). Universidade Estadual do Ceará (UECE). Fortaleza-CE, 2006.

TABOSA, W. A. J. **Bioensaios com lemna minor (linhaues – 1753): Um estudo de toxidade de efluente industrial no rio Gramame.** 94 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente João Pessoa) – Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, 2000.

THOMANN, R. VB., MUELLER, J. A. **Principles of surface water Quality modeling and control.** New York: Harper ; Row, 1987.

TOLEDO, A. M. A. **Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP).** 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

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, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, p. 97, 1977.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI-MATSUMURA, T. **The Lobo-Broa Ecosystem Research.** In: Liminology in Brazil, Brazilian Academy of Sciences, p.219-244, 1995.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI. Enfrentando a escassez.** São Carlos: RiMa, Instituto Internacional de Ecologia, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões.** In: TUCCI, C. E. M., (Org.) Hidrologia. Porto Alegre, EDUSP, ABRH, p. 573-611, (Coleção ABRH de Recursos Hídricos,4), 1993.

VALENÇA, J. F. dos S. **Rio Salgado: Agente de agravos à saúde das populações ribeirinhas.** 109 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade UESC, 2003.

WALLING, D. E. **Water in the catchment ecosystem**. In: GOWER, A. M. Water quality in catchment ecosystems. Chichester: John Wiley, p. 1-47, 1980.

A N E X O

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – UECE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA- PROPGEO

QUALIDADE AMBIENTAL E NÍVEL DE EUTOFIZAÇÃO DO RIO MARANGUAPINHO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA-CE

Ficha de Campo para Caracterização e Avaliação do Meio Físico

I – Unidade Geoambiental		
Região Natural:	Geossistema:	
Obs.:		
II – Vegetação		
Mata Ciliar ( )	Vegetação Arbórea ( )	Vegetação Arbustiva ( )
III - Degradação		
Alta ( )	Moderada ( )	Pouco ( )
Obs.:		
IV - Hidrologia		
Acumulação Hídrica		
Fluvial ( )	Pluvial ( )	Freática ( )
Barramentos ( )		
Obs.:		
VII – Indicadores de Poluição		
Fonte Difusa:	Fonte Pontual:	Aguapés:
Resíduo Sólido:	Material Flutuante:	Efluentes de esgoto:
Poluição dos Solos:		
VIII – Problemas Ambientais		
Desmatamento:	Erosão:	Assoreamento:
Turismo Predatório:	Educação Ambiental:	Desrespeito à lei de Preservação:
V – Atividades de Uso e Ocupação (Lazer, Turismo, Ocupação, Atividades econômicas, etc.).		
1 -		
2 -		
3 -		
Obs.:		