



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BRAGANÇA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA AMBIENTAL:
CURSO DE DOUTORADO EM BIOLOGIA DE ORGANISMOS DA ZONA
COSTEIRA AMAZÔNICA

CONDIÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO CAETÉ (PARÁ, BRASIL)

DANIELLY DE OLIVEIRA GUIMARÃES

Bragança (PA)

2011

DANIELLY DE OLIVEIRA GUIMARÃES

**CONDIÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO CAETÉ (PARÁ, BRASIL)**

Tese de Doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Ambiental, doutorado em Biologia de Organismos da Zona Costeira Amazônica para a obtenção do título de Doutora em Biologia Ambiental

Orientadora: Dra. Luci Cajueiro Carneiro Pereira

Co-orientador: Dr. Rauquীরio André A. M. da Costa

Outubro

2011

DANIELLY DE OLIVEIRA GUIMARÃES

**CONDIÇÕES SÓCIO-AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO CAETÉ (PARÁ, BRASIL)**

Tese apresentada à pós-graduação em Biologia Ambiental, doutorado em Recursos Biológicos da Zona Costeira Amazônica.

BANCA EXAMINADORA:

Dra. Luci Cajueiro Carneiro Pereira - Orientadora
Universidade Federal do Pará - UFPA

Dr. Nils Edvin Asp Neto
Universidade Federal do Pará - UFPA

Dra. Maria Ozilea Bezerra Menezes
Universidade Federal de Fortaleza - UFC

Dra. Simoni Santos da Silva
Universidade Federal do Pará - UFPA

Dra. Cristiana Ramalho Maciel
Universidade Federal do Pará - UFPA

Dedico aos amores mais importantes da
minha vida: A Deus,
ao meu grande amor, meu esposo, por ser
meu porto seguro e a minha mãe,
companheira de sempre.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus o Autor da vida e provedor de tudo, por ter me dado forças para cumprir mais uma etapa.

Ao meu esposo Luciano Arruda, por suas orações, pela sua compreensão, por entender minhas ausências, por me ajudar a ser forte, a ser perseverante e por acreditar que íamos conseguir, pois essa etapa é vencida por nós dois, obrigada por me amar de forma que eu me sinta a mais especial das mulheres, a você dedico todo meu amor.

A minha mãe, Zuelite Guimarães, que tem por mim um amor incondicional, por ter me dado as mais belas lições de vida, pelo esforço e determinação com que nos criou e moldou nosso caráter, por me dar segurança nas etapas mais difíceis de minha vida.

Ao meu pai, Nilton Guimarães, mesmo não estando mais entre nós, te agradeço pelo resto de minha vida, por ter me ensinado que tudo é possível para aquele que sonha.

As minhas queridas irmãs, Diane, Débora e Danúbia Guimarães, por não me deixarem desanimar, nem desistir de prosseguir. Em especial a Débora que pra mim é um exemplo de persistência e determinação quanto aos estudos. Ao meu sobrinho Nilton Neto, por me ensinar a ver a vida de forma simples e inocente.

A minha orientadora Dra. Luci Cajueiro (Chefa) pela oportunidade de trabalharmos juntas há quase oito anos, pela paciência, pelo aprendizado constante, mesmo um ano e meio distante da gente parecia que estava mais perto ainda, por estar sempre em nossas conversas, em nossos pensamentos, em nossos corações e também escrevendo pra gente diariamente. Chefa esse é mais um fruto do seu trabalho, de sua dedicação constante aos seus filhos do LOCE, obrigada por exigir tanto nosso empenho e dedicação, a cada dia olhamos pra você como exemplo de profissional e pessoa formidável que és. Obrigada por não ter medido esforços e por sua atuação juntamente com a Coordenação do Programa de Pós Graduação para que o curso de Doutorado fosse efetivado no Campus de Bragança.

Ao Prof. Dr. Rauquীরio Costa pela co-orientação, apoio neste trabalho e por me passar um pouco de sua experiência de vida.

A família LOCE, da qual tenho a honra de participar, aos amigos que fiz nesses anos de convívio, que sempre tiveram paciência nas coletas e análises, por deixarem a vida de trabalho mais divertida, pelas palavras de amizade e conforto, não poderia deixar de mencionar os nomes daqueles que me incentivaram nesses anos de trabalho: Kelly,

Suellen, Rosigleyse, Wellington (especialistas), Nayra, Ketellyn, Diani, Natália, Danúbia, Emarielle, Marcela e Suzane meu muito obrigada.

Aos colegas que me ajudaram nas coletas de campo: Denis, Euzébio, Marcilena, Damyson, Marcela, Diná e Samara, muito obrigada por me fazerem companhia e resistirem o clima de nossa região.

A Igreja Presbiteriana dos Comerciários, pelas orações, pelo amor e por entenderem as minhas ausências.

A Dra. Adryane Gorayeb, pela elaboração dos mapas, pelas idéias sugeridas e por sempre me atender mesmo com os prazos esgotados.

Ao pessoal do laboratório de plâncton, em especial à Kelli Garboza e André Magalhães por ajudarem na estatística e pelas conversas descontraídas.

Ao seu Purisso que sempre esteve disposto e com bom humor nas viagens de campo.

Às comunidades ribeirinhas do Caeté, pela oportunidade de entrar em seus lares, por fornecerem dados, sem os quais essa pesquisa não teria sentido e pelas lições de vida aprendidas.

À Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Estudos Costeiros, ao Curso de Pós Graduação em Biologia Ambiental, pela oportunidade de desenvolver esse trabalho.

Ao CNPq pela concessão da bolsa que possibilitou minha dedicação nesses quatro anos e pelo financiamento dos projetos que permitiram o bom êxito da pesquisa: Análise e Monitoramento das Condições Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, NE do Pará: Ferramentas para Ação Educativa e Desenvolvimento Sustentável das Comunidades Ribeirinhas, CT-Agro Proc. N. 552760/2005-6 e Análise Integrada dos Aspectos Sócio-Ambientais de uma Bacia Hidrográfica da Região Amazônica, Universal Proc. N. 471985/2004-0.

Por fim, gostaria de agradecer a todas as pessoas que tive oportunidade de conhecer nesses últimos anos e que contribuíram para a execução deste trabalho.

Tudo tem a sua ocasião própria, e há tempo para todo propósito debaixo do céu. Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se plantou; tempo de matar, e tempo de curar; tempo de derribar, e tempo de edificar; tempo de chorar, e tempo de rir; tempo de prantear, e tempo de dançar; tempo de espalhar pedras, e tempo de ajuntar pedras; tempo de abraçar, e tempo de abster-se de abraçar; tempo de buscar, e tempo de perder; tempo de guardar, e tempo de deitar fora; tempo de rasgar, e tempo de coser; tempo de estar calado, e tempo de falar; tempo de amar, e tempo de odiar; tempo de guerra, e tempo de paz.
Eclesiastes 3:1-8

RESUMO

A ausência de gerenciamento em bacias hidrográficas, na região Amazônica, tem afetado seus recursos hídricos nos últimos anos. Por esta razão, esta tese visa estudar os aspectos sociais e ambientais de dezoito comunidades rurais ao longo da Bacia Hidrográfica do Caeté, bem como o efeito da descarga de água residual lançada no estuário do Caeté e no rio Cereja, na cidade de Bragança. A metodologia adotada para o levantamento do perfil socioeconômico e das condições de vida e moradia foi baseada na aplicação de questionários estruturados e semi-estruturados. Em algumas comunidades, a produção doméstica de lixo foi estimada e catalogada, em 20% das residências. Quanto à qualidade da água subterrânea, análises das variáveis físico-químicas e microbiológicas (turbidez, cor real, cor aparente, pH, temperatura, ferro dissolvido, nutrientes dissolvidos, coliformes termotolerantes e coliformes totais) foram realizadas nos principais poços que abastecem as comunidades rurais estudadas. Coletas oceanográficas (com medidas de variáveis hidrológicas e hidrodinâmicas) como também análises microbiológicas foram realizadas nas áreas mais urbanizadas do estuário do Caeté e do rio Cereja, para caracterizar a qualidade das águas nos setores estudados. Os principais impactos ambientais foram identificados, georreferenciados, fotografados e mapeados. Diretrizes de gerenciamento foram propostas para minimizar os problemas sócio-ambientais encontrados. Os resultados obtidos mostraram que das 2.207 famílias rurais (~9.573 habitantes), a maioria possui baixa-renda, baixo grau de escolaridade e precárias condições de vida e moradia. Os serviços e infraestrutura disponíveis são ineficientes ou ausentes, como evidenciados pela falta abastecimento de água potável, coleta de lixo, coleta de esgoto, escolas, atendimento médico *etc.* Por outro lado, a cidade de Bragança tem mais de 72.621 habitantes, vivendo sobre uma área de aproximadamente 16 km², e é uma das mais antigas cidades da região amazônica. Entretanto, os dois rios estudados recebem influência da descarga de esgoto por residências, hospitais, comércio, fábricas *etc.* e tem apresentado elevado índice de coliformes termotolerantes. A falta de políticas públicas eficazes tem acentuado os problemas ambientais e sócio-econômico. Desta forma, os autores sugerem várias medidas para melhorar a situação atual, incluindo: (i) a regulamentação do uso da terra para reduzir o impacto ambiental do setor econômico; (ii) a implementação de programas de gestão para a exploração sustentável dos recursos naturais (peixes, caranguejos, argila, madeira); (iii) a instalação de serviços públicos, em especial água encanada e saneamento e (iv) o controle e penalização da exploração ilegal dos recursos naturais.

ABSTRACT

The absence of watershed management in Amazon inhabited areas has affected its natural resources over the past years. For this reason, this study focuses on the social and environmental aspects of 18 rural communities and the effects of wastewater discharge originating from Bragança's city on the water quality of the nearby Caeté Estuary and its tributary, the Cereja River, located in the Caeté River basin. The adopted methodology to characterize the socioeconomic profile and the living and dwelling conditions was based on structured and semi-structured questionnaires applied to the local population. The domestic trash production was quantified and a determination was made of the composition of the trash, in some communities, from samples of around 20% of the residences. Water quality analyses of the main wells that supply the studied communities were carried out based on the determination of physical and chemical variables (turbidity, real color, apparent color, pH, temperature, dissolved iron and dissolved nutrients) and bacteriological studies (thermotolerant and total coliforms). Field measurements (hydrological, hydrodynamic and-or microbiological variables) were taken in the most urbanized zone from Caeté estuary and Cereja river to characterise the water quality of those environments. The main environmental impacts were identified, georeferenced, photographed, and mapped. Guidelines were proposed for the effective management of the natural resources of the Caeté Basin by the pertinent local authorities. The obtained results showed that the Caeté River basin has approximately 2,207 rural families (9,573 inhabitants) and the majority of the population has low income, low education and low living and dwelling conditions. The services and infrastructure are inadequate and there is a lack of potable water, basic sanitation, trash collection, school, medical assistance, *etc.* On the other hand, Bragança's city has more than 72,621 inhabitants living on an area of approximately 16 km², is one of the oldest colonial settlements of the Amazon region. Both studied rivers receive large amounts of wastewater disposed by private households, hospitals, workshops and fish processing companies and they have showed microbial contamination. The lack of effective public policy has accentuated both environmental and socio-economic problems. The authors suggest several measures to improve the current situation, including: (i) the regulation of land use to reduce the environmental impact of the economic sector; (ii) implementation of management programs for the sustainable exploitation of natural resources (fish, crabs, clay, lumber); (iii) installation

of public services, in particular piped water and sanitation; (iv) better monitoring and penalization of the illegal exploitation of natural resources.

SUMÁRIO

ESTRUTURA DA TESE	16
CAPÍTULO I	
1. INTRODUÇÃO GERAL	19
1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO II	
2. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DAS COMUNIDADES RURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ (PARÁ-BRASIL)	26
2.1 RESUMO	26
2.2 ABSTRACT	27
2.3 INTRODUÇÃO	28
2.4 ÁREA DE ESTUDO	28
2.5 METODOLOGIA	30
2.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
2.6.1 Perfil Sócio-econômico	31
2.6.2 Serviços e Infraestrutura	32
2.6.3 Condições de Vida-Moradia (ICV-MO)	35
2.6.4 Produção Doméstica de Lixo	36
2.6.5 Qualidade da água	36
2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
2.9 AGRADECIMENTOS	44
CAPÍTULO III	
3. SEASONAL EFFECTS OF WASTEWATER TO THE WATER QUALITY OF THE CAETÉ RIVER ESTUARY, BRAZILIAN AMAZON	46
3.1 ABSTRACT	46
3.2 RESUMO	47
3.3 INTRODUCTION	48
3.4 STUDY AREA	48
3.5 METHODS	49
3.6 RESULTS	51
3.6.1 DISCUSSION	57

3.7 CONCLUSION	60
3.8 REFERENCES	61
3.9 ACKNOWLEDGMENTS	67

CAPÍTULO IV

4. EFFECTS OF THE URBAN DEVELOPMENT ON THE CEREJA RIVER AND CAETÉ ESTUARY (AMAZON COAST, BRAZIL)	69
4.1 ABSTRACT	69
4.2 INTRODUCTION	70
4.3 STUDY AREA	70
4.4 METHODS	72
4.5 RESULTS	73
4.5.1 Caeté Estuary	73
4.5.2 Cereja River	74
4.6 DISCUSSION	74
4.7 FINAL CONSIDERATIONS	78
4.8 LITERATURE CITED	78
4.9 ACKNOWLEDGEMENTS	80

CAPÍTULO V

5. EXPLOITATION AND MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES BY RURAL COMMUNITIES IN THE CAETÉ RIVER BASIN IN NORTHERN BRAZIL	82
5.1 ABSTRACT	82
5.2 INTRODUCTION	83
5.3 STUDY AREA	84
5.4 METHODS	85
5.5 RESULTS AND DISCUSSION	85
5.5.1 Economic activities	86
<i>The mid and upper river sectors</i>	86
<i>The lower river</i>	88
<i>Services</i>	88
5.6 FINAL CONSIDERATIONS	89
5.7 LITERATURE CITED	90

5.8 ACKNOWLEDGEMENTS	93
CAPÍTULO VI	
6. CONCLUSÃO GERAL	95

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. Área de Estudo	29
Figura 2. Índice de Condição de Vida e Moradia (ICV-MO) das comunidades	35

CAPÍTULO 3

Figure 1. Pará State coastal area (A) (made by Souza-Filho), Northern of Brazil (B) and Bragança harbour with the position of the sampling station (C)	51
Figure 2. Hydrodynamic data recorded between April/06 and February/07, during spring tides, in the Caeté estuary	53
Figure 2. (Continuation) – Hydrodynamic data recorded between April/06 and February/07, during spring tides, in the Caeté estuary	54
Figure 3. Mean hydrological values between April/06 and February/07, in the Caeté estuary	56
Figure 4. Fecal coliform values between April/06 and February/07, in the Caeté estuary	57

CAPÍTULO 4

Figure 1. Study area	72
Figure 2. Examples of the lack of basic sanitation on the Bragança waterfront in the Caeté Estuary, Pará, Brazil	73
Figure 3. Hydrological variables in Caeté Estuary	76
Figure 4. Hydrological variables in Cereja River	77

CAPÍTULO 5

Figure 1. Localization of the Caeté River basin in northern Brazil	84
Figure 2. General conditions recorded around rural communities of the Caeté River Basin	87

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Questionário sócio-econômico por residência	29
Tabela 2. Questionário de condições de Vida e Moradia por residência	31
Tabela 3. Perfil socioeconômico: sexo, idade e renda	33
Tabela 4. Perfil socioeconômico: escolaridade e ocupação	34
Tabela 5. Produção doméstica de lixo por comunidade	36
Tabela 6. Variáveis físico-químicas das águas subterrâneas dos poços estudados. VP: Valores permitidos, segundo resoluções específicas do CONAMA (1986, 2000, 2005, 2008) e ANVISA (2004)	38
Tabela 7. Variáveis físico-químicas das águas subterrâneas dos poços estudados. VP: Valores permitidos, segundo ANVISA (2004)	39
Tabela 8. Variáveis microbiológicas das águas subterrâneas dos poços estudados. VP: Valores permitidos, segundo resoluções específicas do CONAMA (1986, 2000, 2005 e 2008) e ANVISA (2004)	40

ESTRUTURA DA TESE

Esta tese foi dividida em seis capítulos e os resultados abordam informações sobre: (i) o levantamento do perfil sócio-econômico dos moradores de 18 comunidades ribeirinhas localizadas ao longo do Rio Caeté bem com as condições de vida e moradia dos mesmos, (ii) a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos em 23 poços de abastecimento destas 18 comunidades ribeirinhas, (iii) a estimativa da produção de lixo doméstico em oito comunidades rurais da cidade de Bragança, (iv) a qualidade da água do setor estuarino do rio Caeté, (v) a qualidade da água do rio Cereja (na sede do município de Bragança), (vi) o levantamento das atividades econômicas e o mapeamento dos fatores de degradação ambiental ao longo da Bacia Hidrográfica do Caeté e (vii) propostas de gerenciamento costeiro integrado para a Bacia Hidrográfica do Caeté.

Os capítulos desta tese estão dispostos em:

Capítulo I - INTRODUÇÃO

Descreve algumas problemáticas oriundas da expansão urbana e do crescimento populacional ocorridas em bacias hidrográficas, abordando um contexto internacional, nacional e local (Bacia Hidrográfica do Caeté), bem como descreve os objetivos da tese.

Capítulo II - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DAS COMUNIDADES RURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ (PARÁ-BRASIL)

Descreve sobre o perfil sócio-econômico dos moradores das 18 comunidades rurais da Bacia Hidrográfica do Caeté, o Índice das Condições de Vida e Moradia, os tipos de ocupação territorial e as principais pressões antrópicas sobre os recursos naturais locais.

Capítulo III - SEASONAL EFFECTS OF WASTEWATER TO THE WATER QUALITY OF THE CAETÉ RIVER ESTUARY, BRAZILIAN AMAZON

Caracteriza a qualidade da água estuarina do rio Caeté, no setor mais povoado do município de Bragança, considerando algumas variáveis físicas, químicas e microbiológicas, durante os períodos seco e chuvoso.

Capítulo IV - EFFECTS OF THE URBAN DEVELOPMENT ON THE CEREJA RIVER AND CAETÉ ESTUARY (AMAZON COAST, BRAZIL)

Aborda a influência das atividades antrópicas sobre a qualidade das águas do setor estuarino do rio Caeté e do rio Cereja, através do monitoramento de variáveis físicas, químicas e microbiológicas.

Capítulo V - EXPLOITATION AND MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES BY RURAL COMMUNITIES IN THE CAETÉ RIVER BASIN IN NORTHERN BRAZIL

Identifica, localiza e descreve as principais atividades econômicas e suas relações com a exploração dos recursos naturais. Neste capítulo são sugeridas propostas de gerenciamento costeiro integrado para minimizar os problemas sócio-ambientais encontrados.

Capítulo VI – CONCLUSÃO GERAL

Neste capítulo foram descritas as principais conclusões da tese.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

Bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes, formadas nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente para este curso de água e seus afluentes, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (BARRELLA et al., 2001).

As bacias hidrográficas são unidades geográficas fundamentais na gestão dos recursos hídricos, e as problemáticas sobre as bacias hidrográficas em todo mundo deve-se principalmente a pressão antrópica, relacionada ao uso da terra, despejo de efluentes domésticos, agrícolas e industriais, erosão do solo, modificações na estrutura das comunidades bióticas, entre outros (GIORDANO et al., 2004; TANAKA, 2008; DELINOM, 2008).

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH foi estabelecida em 1997, através da Lei nº. 9.433. A PNRH tem como um dos pressupostos principais a bacia hidrográfica como unidade territorial para o desenvolvimento do planejamento de recursos hídricos (NICOLODI et al., 2009). O Conselho Nacional de Recursos Hídricos que é a instância superior no que se refere à integração e articulação de políticas públicas em relação aos recursos hídricos, através da Resolução nº. 32, de 15 de outubro de 2003, dividiu as bacias hidrográficas brasileiras em 12 grandes regiões hidrográficas que são compostas pelas principais bacias e por sub-bacias com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares (CNRH, 2005).

Nas últimas décadas, o crescimento populacional e a expansão urbana desordenada nas bacias hidrográficas brasileiras não só vem refletindo na contaminação dos recursos hídricos, mas também na qualidade de vida das populações que habitam as áreas afetadas (SILVA e PORTO, 2003; PORTO e PORTO, 2008; TUNDISI, 2008; NICOLODI et al., 2009; SOARES et al., 2009; GORAYEB, 2009). Por outro lado, as políticas existentes no âmbito do governo federal, estadual e municipal, através de leis e decretos não têm logrado evitar os conflitos sócio-ambientais existentes. Dentre os quais podemos mencionar no âmbito estadual:

A Lei nº 6381/2001-Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, institui o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O Decreto nº 5.565/2002 – Define o órgão gestor da Política Estadual de Recursos Hídricos no Estado do Pará.

O Decreto nº 2.070/2006 – Regulamenta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH.

A Resolução 001/2007 - Institui as Câmaras Técnicas de Assuntos Legais e Institucionais, do Plano Estadual de Recursos Hídricos e de Capacitação e Educação Ambiental dos Recursos Hídricos.

Estudos realizados na Bacia do Córrego da Lagoinha, em Minas Gerais; na Microbacia do Quarenta, em Manaus; na Microbacia de Val-de-Cães, em Belém; na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Atlântique, no Paraná; e no Rio Tietê, em São Paulo mostram que os principais problemas antrópicos estão relacionados ao aumento do escoamento superficial e inundações de esgoto a céu aberto; acúmulo de lixo nas margens dos rios; poluição das águas superficiais e subterrâneas; proliferação de animais e insetos que transmitem doenças de veiculação hídrica; entre outros (NICOLODI et al., 2009; CARNEIRO e BRITO, 2009; SOARES et al., 2009; MARANHÃO, 2011).

A Região Amazônica, como resultado do modelo de desenvolvimento adotado na década de 70 (através de planos do governo que estimularam o progresso em regiões quase inabitadas), também tem passado por sérios problemas relacionados à degradação dos recursos naturais em suas bacias hidrográficas. No estado do Pará, nas últimas décadas, houve um crescimento progressivo da exploração dos recursos naturais, incluindo o desmatamento de florestas, para o desenvolvimento de atividades agropecuárias; e a exploração de recursos minerais e pesqueiros. Por outro lado, o elevado crescimento populacional e a falta de planejamento na ocupação territorial principalmente às margens dos rios, associado à precariedade dos serviços e infraestrutura públicas são fatores que têm comprometido a qualidade ambiental e de vida de muitos moradores ribeirinhos (PEREIRA, 1997; LOUREIRO e PINTO, 2005; GORAYEB, 2008).

Em termos hidrográficos, o Estado do Pará possui sete regiões hidrográficas, dentre as quais encontra-se a “Costa Atlântica-Nordeste”, local onde está inserida a Bacia dos Rios do Atlântico, com área aproximada de 122.000 km² (PARÁ, 2004). Entre as bacias dos Rios do Atlântico, a Bacia Hidrográfica do Rio Caeté destaca-se por possuir importantes ambientes ainda preservados. Na porção mais costeira desta bacia está inserida a Reserva Extrativista Marinha Caeté-Taperaçu (com 278,6 km², criada pelo Decreto Federal de 20/05/05), que faz parte da costa de manguezais do salgado paraense, incluída em uma das maiores faixas contínuas de manguezal do mundo (KJERFVE et al., 2002).

A Bacia Hidrográfica do Caeté drena sete municípios e possui uma área de 2.195 km² com extensão do rio principal de aproximadamente 149 km, das nascentes (município de Bonito) à foz (municípios de Bragança e Augusto Corrêa), com uma população total estimada em 260.561 habitantes (IBGE, 2003). Esta bacia está inserida nas coordenadas geográficas:

Noroeste (NW) - Lat. 0° 55' 14" e Long. 46° 41' 38"; Nordeste (NE) - Lat. 0° 57' 27" e Long. 46° 35' 53"; Sudoeste (SW) - Lat. 1° 24' 40" e Long. 47° 18' 22"; e Sudeste (SE) - Lat. 1° 34' 4" e Long. 46° 52' 29" (GORAYEB et al., 2009). Em adição, as principais atividades econômicas locais estão relacionadas à agricultura familiar, pecuária, extração de argila e pesca (GORAYEB, 2008; GUIMARÃES et al., 2009; GORAYEB et al., 2009; GOMES et al., 2009; SILVA et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2011).

De modo geral, esta bacia vem sofrendo degradação como consequência da falta de saneamento básico, ocupação territorial desordenada, desmatamento de áreas de mangue, sobre-exploração de alguns recursos biológicos, prática ilegal da mineração, entre outros (GLASER, 2004; OLIVEIRA, 2007; PEREIRA et al. 2007; MAGALHÃES et al., 2007; GORAYEB, 2008; GORAYEB, 2009; GOMES et al., 2009; SILVA et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2011) que tem gerado inúmeros problemas sociais e ambientais. Por outro lado, esta bacia hidrográfica possui uma elevada importância hidro-ecológica e histórica por possuir uma média rede de drenagem, por estar localizada em uma das regiões úmidas mais bem preservadas do planeta, e por parte dela, estar situada em uma das cidades mais antigas do estado do Pará, Bragança, com 398 anos.

Desta forma, partindo do pressuposto que bacia hidrográfica possui uma grande diversidade de ambientes, bem como a atuação de diferentes atividades econômicas o objetivo desta tese foi caracterizar as condições sócio-econômicas e ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté, a fim de contribuir na construção de um modelo de gestão integrada da bacia em estudo, visando à melhoria da qualidade dos recursos hídricos e à qualidade de vida das populações locais.

Para tanto, os seguintes objetivos específicos:

- Realizar levantamento das informações sócio-econômicas das 18 comunidades ribeirinhas localizadas ao longo do Rio Caeté;
- Caracterizar as condições de vida e moradia das comunidades, levantando as principais atividades econômicas e suas relações com os fatores de degradação dos recursos hídricos locais;
- Monitorar a qualidade da água do setor estuarino do rio Caeté e do rio Cereja (na sede do município de Bragança), a partir de variáveis físicas, químicas e microbiológicas (correntes, temperatura, salinidade, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, nutrientes e coliformes termotolerantes);
- Caracterizar a qualidade dos recursos hídricos subterrâneos em 23 poços de abastecimento destas 18 comunidades ribeirinhas;

- Estimar a produção de lixo doméstico em comunidades rurais da cidade de Bragança;
- Propor medidas que contribuam para um futuro plano de gestão integrada para a Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2. ed. São Paulo: FAPESP, 2001.
- CARNEIRO, P. R. F.; BRITTO, A. L. P. Gestão metropolitana e gerenciamento integrado dos recursos hídricos. **Cadernos Metr pole.** São Paulo, v. 11, n. 22, pp. 593-614, jul/dez. 2009.
- CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos). Disponível em: <http://www.cnrh-srh.gov.br/>. Acesso em: 04 out. 2005.
- DELINOM, R. M. Groundwater management issues in the Greater Jakarta area, Indon sia. Proceedings of International Workshop on Integrated Watershed Management for Sustainable Water Use in a Humid Tropical Region. **Bull. TERC, Univ. Tsukuba**, No.8 Supplement, no. 2, 2008.
- GIORDANO, M.; ZHU, Z.; CAI, X.; HONG, S.; ZHANG, X.; XUE, Y. Water management in the Yellow River Basin: Background, current critical issues and future research needs. **Comprehensive Assessment Research Report 3.** Colombo, Sri Lanka: Comprehensive Assessment Secretariat. ISSN 1391-9407. ISBN 92-9090-551-4, 2004.
- GLASER, M. Asymmetric outcomes: assessing central aspects of the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocypodidae), in North Brazil. **Ecological Economics.** 49, 361–373, 2004.
- GOMES, R. K. S.; PEREIRA, L. C. C.; RIBEIRO, C. M. M.; COSTA, R. M. da. Dinâmica Socioambiental em uma Comunidade Pesqueira Amazônica, PA-Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada.** 9 (2):101-111, 2009.
- GORAYEB, A. **Análise Integrada da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté – Amazônia Oriental.** Tese (Doutorado em Geografia), 203 p. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, Brasil, 2008.

GORAYEB, A.; LOMBARDO, M. A.; PEREIRA, L.C.C. Condições Ambientais em Áreas Urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté – Amazônia Oriental – Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. 9 (2):59-70, 2009.

GUIMARÃES, D. de O.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. da. Aspectos Sócioeconômicos e Ambientais das Comunidades Rurais da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté (Pará-Brasil). **Revista da Gestão Costeira Integrada**. 9 (2): 71 – 84, 2009.

GUIMARÃES, D. de O.; PEREIRA, L. C. C.; GORAYEB, A.; COSTA, R. M. da. Exploitation and management of natural resources by rural communities in the Caeté River Basin in northern Brazil. **Journal of Coastal Research**. SI 64, 1228-1232, 2011.

IBGE. **Cidades @**: 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/> Acesso em 05/08/2008.

KJERFVE, B.; PERILLO, G. M. E.; GARDNER, L. R.; RINE, J. M.; DIAS, G. T. M.; MOCHEL, F. R. Morphodynamics of muddy environments along the Atlantic coasts of North and South America. In: *Muddy Coasts of the World: Processes, Deposits and Functions*. Amsterdam, HEALY T.R.; WANG Y & HEALY J-A (Ed.). **Elsevier, N.Y.** 479-532, 2002.

LOUREIRO, V. R.; PINTO, J. N. A. A questão fundiária na Amazônia. **Estudos Avançados**. [online]. vol.19, n.54, pp. 77-98. ISSN 0103-4014, 2005.

MAGALHÃES, A.; COSTA, R. M.; SILVA, R.; PEREIRA, L.C.C. The role of women in the mangrove crab (*Ucides cordatus*, Ocypodidae) production process in North Brazil (Amazon region, Pará). **Ecological Economics**. 61, 559-565, 2007.

MARANHÃO, R. A. Impactos da Ocupação Urbana e Qualidade das Águas Superficiais na Microbacia de Val-De-Cães (Belém/Pa). **Caminhos de Geografia Uberlândia**. v. 12, n. 38 p. 176 – 186, jun/2011.

NICOLODI, J. L.; ZAMBONI, A.; BARROSO, G. F. Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras no Brasil: Implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. 9 (2):9-32, 2009.

OLIVEIRA, E. **Caracterização socioambiental das comunidades de Tamatateua e Acarajó, Nordeste do Pará: Contribuição para a gestão integrada na RESEX Marinha Caeté -Taperacú**. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) - Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança.

PARÁ. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Macrozoneamento ecológico-econômico do estado do Pará/2004: proposta para discussão**. Belém, 2004.

PEREIRA, J. M. 1997. O processo de ocupação e de desenvolvimento da Amazônia: A implementação de políticas públicas e seus efeitos sobre o meio ambiente. **Revista de Informação Legislativa**. Brasília a. 34 n. 134 abr./jun. 1997.

PEREIRA, L. C. C.; GUIMARÃES, D. O.; COSTA, R. M.; SOUZA FILHO, P. W. M. Use and Occupation in Bragança Littoral, Brazilian Amazon. **Journal of Coastal Research**. SI50, 1116-1120, 2007.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**. [online]. vol.22, n.63, pp. 43-60. ISSN 0103-4014, 2008.

SILVA, I. R.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Exploração de argila em Fazendinha e os Impactos Socioambientais (Amazônia, Brasil). **Revista da Gestão Costeira Integrada**. Itajaí, 9(2), 85-90, 2009.

SILVA, R. T.; PORTO, M. F. A. Gestão urbana e gestão das águas: caminhos da integração. **Estudos Avançados**. [online]. vol.17, n.47, pp. 129-145. ISSN 0103-4014, 2003.

SOARES, A. M.; CUNHA, D. A. I. DA.; DANTAS, G. D.; OLIVEIRA, H. L. P. Bacia hidrográfica do córrego lagoinha, Uberlândia-mg: desafios do planejamento urbano. **Revista da Católica**. Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 103-115, 2009.

TANAKA, T. Methodology of integrated watershed management for sustainable water resources use. Proceedings of International Workshop on Integrated Watershed Management for Sustainable Water Use in a Humid Tropical Region. **Bull. TERC, Univ. Tsukuba**, No.8 Supplement, no. 2, 2008.

TUNDISI, J. G. Water resources in the future: problems and solutions. **Estudos Avançados**. [online]. vol.22, n.63, pp. 7-16. ISSN 0103-4014, 2008.

CAPÍTULO II

2. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E AMBIENTAIS DAS COMUNIDADES RURAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAETÉ (PARÁ-BRASIL)¹

2.1 RESUMO

A ausência do gerenciamento de bacias hidrográficas na região Amazônica tem afetado seus recursos hídricos nos últimos anos. Por esta razão, este estudo focaliza os aspectos socioeconômicos e ambientais de dezoito comunidades rurais localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté. A metodologia adotada para o levantamento do perfil socioeconômico e das condições de vida e moradia (ICV-MO) foi baseada na aplicação de questionários estruturados e semi-estruturados. Em algumas comunidades, a produção doméstica de lixo foi estimada e catalogada, em 20% das residências. Quanto à qualidade da água, análises dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos (turbidez, cor real, cor aparente, pH, temperatura, ferro dissolvido, nutrientes dissolvidos, coliformes fecais e coliformes totais) foram realizadas nos principais poços que abastecem as comunidades estudadas. Os resultados obtidos mostraram que das 2.207 famílias (~9.573 habitantes) que habitam as 18 comunidades rurais nas margens do rio Caeté, a maioria possui baixa-renda, baixo grau de escolaridade e precárias condições de vida e moradia. Os serviços e infraestrutura disponíveis são ineficientes ou ausentes. Falta abastecimento de água potável, coleta de lixo, saneamento básico, escolas, atendimento médico, *etc.* É necessário que as autoridades governamentais adotem políticas públicas para consolidar a apropriação de um plano de gestão que proporcione boa qualidade de vida aos moradores da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté.

Palavras chave: Bacia Hidrográfica, Serviços e Infraestrutura, Gerenciamento.

¹Publicado na revista de Gerenciamento Costeiro Integrado 9 (2): 71-84 (2009). Autores: Danielly de Oliveira Guimarães, Luci Cajueiro Carneiro Pereira, Marcela Cunha Monteiro e Rauquírio Marinho da Costa

2.2 ABSTRACT

The absence of watershed management in Amazon inhabited areas has affected its water resources over the past years. For this reason, this study focuses on the social and environmental aspects of coastal communities located in the Caeté River basin, north of Brazil. The adopted methodology was based on structured and semi-structured questionnaires applied to the local population to characterize the socioeconomic profile and the living and dwelling conditions. The domestic trash production was quantified and a determination was made of the composition of the trash, in some communities, from samples of around 20% of the residences. Water quality analyses of the main wells that supply the studied communities were carried out based on the determination of physical and chemical variables (turbidity, real color, apparent color, pH, temperature, dissolved iron and dissolved nutrients) and bacteriological studies (fecal and total coliforms). The obtained results showed that the Caeté River basin has approximately 18 communities, totaling nearly 2,207 families (9,573 inhabitants) and the majority of the population has low income, low education and low living and dwelling conditions. The services and infrastructure are inadequate and there is a lack of potable water, basic sanitation, trash collection, school, medical assistance, *etc.* It is necessary that Governmental Authorities enforce public policies and elaborate management plans to guarantee the life quality of the local inhabitants.

Key words: Hydrographic Basin, Services and Infrastructure, Management.

2.3 INTRODUÇÃO

As áreas costeiras são altamente produtivas e diversas, de elevado valor ecológico e econômico, nas quais as comunidades humanas locais se beneficiam de seus recursos naturais e da ocupação de seu território (BEATLEY et al., 2002; BELFIORE, 2003). Além de despertarem um enorme interesse por parte dos setores imobiliário, comercial, turístico e pesqueiro, estas áreas geram renda e atraem populações que contribuem para as inúmeras transformações sócio-ambientais (CICIN-SAIN e KNECHT, 1998; IRTEM et al., 2005).

As bacias hidrográficas da região amazônica vêm sendo afetadas devido à falta de gerenciamento dos recursos hídricos e de políticas públicas de gestão territorial (HORBE et al., 2005). O estado do Pará, localizado na região amazônica, possui sete regiões hidrográficas, dentre as quais encontra-se a Costa Atlântica Nordeste, local onde está inserida a Bacia dos Rios do Atlântico, com área aproximada de 122.000 km² (PARÁ, 2004).

A Bacia Hidrográfica do rio Caeté, inserida na Bacia dos Rios do Atlântico, possui uma área de 2.195 km² e extensão do rio principal de cerca de 149 km, das nascentes (município de Bonito) à foz (municípios de Bragança e Augusto Corrêa). De modo geral, esta bacia vem sofrendo perda da biodiversidade e da qualidade dos recursos hídricos, como consequência do uso inadequado dos recursos naturais e da ocupação desordenada do solo, ao mesmo tempo em que esta se apresenta como unidade fundamental para o planejamento do uso e conservação ambiental, mostrando-se extremamente vulnerável às atividades antrópicas.

As dezoito comunidades ao longo do rio Caeté vivem basicamente dos recursos extraídos deste rio (pesca, caranguejo e outros) ou da agricultura familiar (GORAYEB, 2008). Para conhecer melhor a dinâmica sócio-ambiental das comunidades ribeirinhas do Caeté, este estudo objetivou caracterizar o uso e a ocupação territorial, assim como os principais aspectos sócio-econômicos e ambientais dessas comunidades.

2.4 ÁREA DE ESTUDO

A zona costeira do Pará possui uma área total de 91.980,55 km² (7,3% da área superficial do estado), abrangendo 40 municípios, com cerca de 2.665.740 habitantes, ou seja, 43% da população paraense (IBGE, 2003). Neste contexto está localizada a Bacia Hidrográfica do Caeté, que drena parte do território de sete municípios (Bonito, Santa Luzia do Pará, Ourém, Capanema, Tracuateua, Bragança e Augusto Corrêa), totalizando dezoito comunidades: Arraial do Caeté, Tentugal, São João do Caeté, Vila do Caeté, Arimbú, Caratateua, Sítio Grande, Vila Quiera, Camutá, Nova Mocajuba, Maranhãozinho, Bacuriteua, Acarajó, Monte Alegre, Jutai, Tororomba, Fazendinha, Vila dos Pescadores e Ponta do

Urumajó (Figura 1). A economia local é baseada na agricultura familiar, através do cultivo da mandioca, milho, feijão e outros, enquanto que em algumas comunidades a pesca é a principal atividade, sendo considerada uma prática industrial, artesanal ou de subsistência.

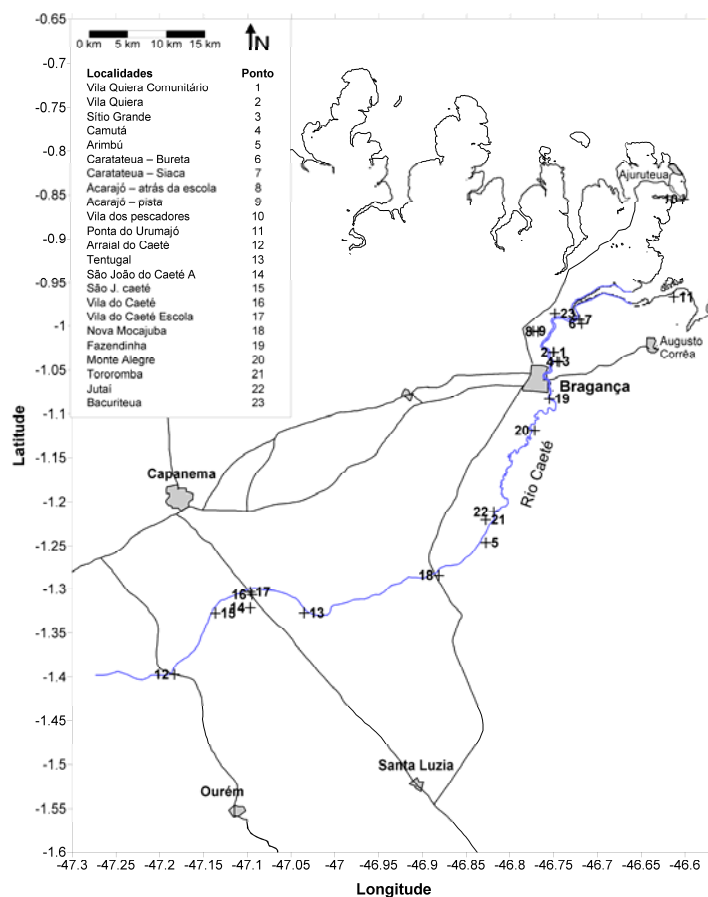


Figura 1. Área de Estudo.

2.5 METODOLOGIA

Questionários e entrevistas de caráter social foram aplicados, entre janeiro e junho de 2006, com o responsável de cada casa, com o intuito de conhecer o perfil censitário de 100% da população (Tabela 1).

Tabela 1. Questionário sócio-econômico por residência.

Perfil	CENSO							
	Residentes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Sexo								
Idade								
Renda								
Escolaridade								
Ocupação								

Paralelamente, para caracterizar o processo de uso e ocupação foi realizado um levantamento sobre o uso dos recursos naturais e a ocupação territorial (*e.g.* ações antrópicas, acesso, infraestrutura, serviços, *etc.*), através de observação direta, visando estabelecer as relações das principais atividades econômicas e os fatores de degradação ambiental.

A determinação do índice de condições de vida e moradia (ICV-MO) seguiu os padrões utilizados pelo Índice de Desenvolvimento Socioeconômico, criado pela Fundação de Economia e Estatística (COSTA, 2004), sendo adaptado à realidade local. Para a determinação do índice foram considerados os aspectos físicos, serviços públicos e a situação da propriedade (Tabela 2).

Em consequência à falta de coleta pública de lixo, na maioria das comunidades, a quantificação e composição da produção de lixo doméstico foram analisadas na segunda quinzena dos meses de setembro e novembro (2006), e janeiro e abril (2007), a partir de uma amostragem com cerca de 20% das residências, em comunidades onde o lixo foi considerado um grave problema ambiental e de saúde pública. Para estimar a produção, sacos de lixo devidamente etiquetados foram distribuídos para acondicionar os dejetos orgânicos e inorgânicos. Em seguida, o lixo foi pesado e os dejetos inorgânicos separados para determinar a composição (plásticos, vidros, papelão, borracha, *etc.*), de acordo com metodologia usada por IBAM (2005) e adaptada por Oliveira (2007).

Para verificar a qualidade da água que abastece as comunidades foram realizadas coletas de água nos principais poços, totalizando 23 pontos (subterrâneos e amazônicos²), durante os períodos seco e chuvoso. Para tal, amostras de água foram coletadas para análise de cor real, cor aparente, pH, ferro dissolvido, nutrientes dissolvidos, e coliformes totais e fecais. A cor real e a cor aparente foram analisadas por um colorímetro; a turbidez por um turbidímetro; o pH por um pHmetro; o ferro dissolvido por um medidor portátil; os nutrientes dissolvidos (nitrito, nitrato e fosfato), de acordo com os procedimentos de Strickland e Parsons (1972) e Grasshoff et al. (1983); e os coliformes fecais e totais, a partir da técnica denominada de tubos múltiplos, seguindo os procedimentos da AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2004). Para a classificação da qualidade da água, os procedimentos foram realizados utilizando os parâmetros estabelecidos por resoluções específicas, de acordo com ANVISA (2004) e CONAMA (1986, 2005 e 2008).

² Poços rasos com abertura sem proteção, conhecidos também como poços livres.

Tabela 2. Questionário de condições de Vida e Moradia por residência.

BLOCO 1	Aspectos físicos da moradia			
	3	2	1	0
Teto	Laje	Telha	Zinco/amianto(brasilit)	Palha, lona, plástico, papelão outro
Tipo de construção	Alvenaria revestida	Alvenaria parcialmente revestida, Madeira	Alvenaria sem revestimento	Barraco (aglomerado de madeira, lata, papelão, barro, material misto)
Piso	Revestida com lajota, cerâmica	Contra-piso sem acabamento	Madeira (sem contra-piso)	Outro (chão de areia, tijolos dispostos sem fixação, <i>etc.</i>)
Banheiro	Dentro da residência	Fora da residência	Uso comum com outra residência	não possui banheiro (outro)
BLOCO 2	Serviços públicos			
	3	2	1	0
Esgoto sanitário	Rede geral de esgoto	Fossa séptica	À céu aberto, escoamento para rio ou estuário, <i>etc.</i>	Não tem banheiro e /ou fossa negra (casinha)
Iluminação da casa	Rede elétrica	Gerador elétrico/bateria	Óleo, querosene, ou gás	Não tem
Abastecimento de água	Rede geral com canalização interna	Rede geral sem canalização interna, poço artesiano	Poço ou nascente sem canalização interna	Outra forma
Acesso ao transporte público	Próximo (< 50m)	Entre 50-100m	Entre 100-500m	Longe (>500m)
Coleta de lixo	Coleta diária pela prefeitura	Coleta em dias alternados	Enterrado ou queimado	Jogado em terreno baldio, estuário, rio, lagoa, mar
BLOCO 3	Situação da propriedade			
	3	2	1	0
Situação do domicílio	Próprio	Próprio em aquisição e ou de familiares	Próprio em terreno inválido e/ou alugada	Invadido ou ocupado

2.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.6.1 Perfil Sócio-econômico

Nas dezoito comunidades rurais da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté habitam cerca de 9.573 moradores (2.207 famílias), das quais, 47% são do sexo feminino e 53% do sexo masculino. De maneira geral, a população ao longo da bacia é jovem, sendo o maior número encontrado na comunidade de Ponta do Urumajó, onde 75% dos habitantes possuem idade inferior a 30 anos (Tabela 3). Quanto às principais ocupações, 94% das comunidades desenvolvem como principal atividade, a prática da agricultura (no plantio de mandioca,

feijão, arroz, milho, laranja e outros), enquanto 33% desenvolvem atividades de pesca, extração e beneficiamento da carne de caranguejo (*Ucides cordatus*), marisco (e.g. *Mytella* sp.) e outros recursos do mangue, e 6% exercem atividades oriundas da exploração de argila, fabricação de telhas e tijolos, entre outros (Tabela 4). Entre as comunidades pesqueiras, Bacuriteua se destaca por possuir 58% dos comunitários adultos trabalhando com a pesca.

Quanto à renda mensal, a maioria das famílias economicamente ativa ganha <1 salário mínimo. No caso da comunidade de Jutai essa porcentagem é de 85% e os moradores que recebem os maiores salários são aqueles residentes na comunidade de Camutá, na qual 14% ganham > 2 salários, principalmente, oriundos de aposentadorias (Tabela 3). Em algumas residências, a única renda mensal é a bolsa família do programa do Governo Federal.

Com relação à escolaridade, de modo geral, o nível educacional é baixo, sendo esta uma característica comum das comunidades ao longo do Caeté, na qual, por exemplo, 55% da comunidade de Fazendinha possuem Ensino Fundamental completo (1ª a 4ª série). Já na comunidade de São João do Caeté, cerca de, 26% são analfabetos (maiores de 15 anos) (Tabela 4). A baixa escolaridade deve-se também ao fato de haver nestas comunidades apenas escolas de 1ª a 4ª série, resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira (2007), em Tamatateua; Pereira et al. (2006), na Praia de Ajuruteua; Krause e Glaser (2003), na vila do Bonifácio. Para dar continuidade aos estudos, em algumas comunidades, faz-se necessário o deslocamento para a sede dos municípios. Apesar do transporte público ser gratuito, os horários dos ônibus e os períodos de safra (pesca e agricultura) são fatores que estimulam a evasão, principalmente, dos alunos que não recebem o benefício da bolsa família. Medidas recentemente tomadas pelo Governo Federal, como o aumento do valor da bolsa família e da idade dos beneficiários (de 15 anos para 18 anos) podem diminuir a evasão dos alunos nesta faixa etária. Por outro lado, os municípios devem adotar medidas para ajustar o calendário escolar às atividades produtivas de cada comunidade, no intuito de diminuir a evasão, principalmente, entre os adultos.

2.6.2 Serviços e Infraestrutura

Nestas comunidades, os serviços e infraestrutura de qualidade são ausentes ou precários. A maioria das comunidades não possui assistência médica (apenas visita de agentes comunitários de saúde que, em geral, atendem a população com precariedade), com exceção das comunidades de Bacuriteua, Arraial do Caeté e Caratateua que possuem posto de saúde na própria comunidade. As doenças/sintomas mais frequentes são: malária, dengue, gripe, febre, diarreia, doenças de pele e doenças respiratórias.

Tabela 3. Perfil socioeconômico: sexo, idade e renda.

COMUNIDADES/ RESIDENTES	SEXO		IDADE						RENDA				
	M	F	0-15	16-31	32-47	48-63	64-79	≤80	S/S	<1SM	1-2SM	2-3SM	>3SM
Tentugal	109	107	78	71	34	17	12	4	1	19	22	8	1
N. Mocajuba	206	165	174	86	56	28	23	4	2	44	20	13	3
V. Pescadores	139	153	129	80	47	26	9	1		32	18	11	1
P. do Urumajó	156	139	146	77	41	20	10	1	1	24	17	2	1
Camutá	92	77	62	49	30	9	18	1	1	16	14	4	1
Vila Quiera	149	131	114	84	38	30	14		5	35	18	2	2
Acarajó	925	850	746	524	259	158	71	17	33	190	102	28	5
Vila do Caeté	184	160	141	114	40	34	13	2	3	52	12	4	2
São João do Caeté	96	98	77	55	33	16	12	1	6	26	7	3	0
Sítio Grande	31	30	23	18	9	5	5	1	0	6	2	2	0
Arimbu	208	181	204	90	56	28	10	1	6	43	9	5	1
Caratateua	880	818	708	476	256	168	75	15	12	153	113	35	20
Jutaí	31	37	35	15	10	7	1	0	0	11	1	1	0
Tororomba	8	12	11	3	3	1	2	0	0	2	1	0	0
Bacuriteua	1084	866	716	639	407	142	43	3	0	482	126	26	8
Monte Alegre	52	37	33	26	15	11	3	1	0	3	7	2	7
Arraial do Caeté	662	621	513	377	185	133	62	13	41	110	107	33	7
Fazendinha	43	36	33	26	10	7	3	0	0	6	8	0	0

M - Masculino, F - Feminino, S/S – Sem Salário, SM - Salário Mínimo.

Tabela 4. Perfil socioeconômico: escolaridade e ocupação.

COMUNIDADES	ESCOLARIDADE																		
	Fundamental				Médio		SU	AN	CFIE	OCUPAÇÃO									
	Menor/		Maior/		IN	CO				AG	AP	ES	PE	DC	SP	C	DO	CM	OUTROS
	IN	CO	IN	CO															
Tentugal	68	34	40	10	11	11	1	24	17	65	21	86	0	21	5	1	0	0	5
N. Mocajuba	148	50	29	3	7	2	1	54	77	130	19	92	0	39	3	1	0	0	6
V. Pescadores	98	37	52	8	5	6	0	36	50	1	8	81	62	55	0	7	0	5	15
P. do Urumajó	87	34	54	20	11	4	1	38	46	23	8	123	45	31	3	1	0	0	1
Camutá	45	18	29	5	8	15	1	16	32	47	18	47	0	8	2	0	0	0	9
Vila Quiera	89	37	41	17	21	13	0	28	34	64	16	84	32	10	3	0	0	0	20
Acarajó	83	713	359	75	105	48	4	141	247	246	107	648	0	95	0	0	106	0	267
Vila do Caeté	153	39	61	6	6	5	1	26	47	50	16	107	0	74	0	0	0	0	40
São João Caeté	67	18	34	9	9	6	1	50	0	51	7	87	0	18	0	0	0	0	7
Sítio Grande	0	22	0	20		6	0	6	7	19	5	18	2	8	0	0	0	0	1
Arimbu	215	0	0	46	0	9	0	28	91	139	7	122	0	16	3	0	0	0	0
Caratateua	527	194	284	68	77	229	5	166	148	138	132	557	181	150	26	55	0	150	49
Jutaí	15	22	0	6	0	0	0	2	23	28	0	17	0	0	1	0	0	0	1
Tororomba	0	9	0	0	0	0	0	3	8	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bacuriteua	1061	0	0	483	63	99	2	44	198	24	22	252	450	318	25	13	2	58	70
Monte alegre	3	11	54	2	0	0	0	0	19	55	1	5	0	0	0	0	0	0	0
Arraial do caeté	449	129	183	48	54	76	4	133	207	219	73	425	0	52	33	0	109	0	111
Fazendinha	0	43	0	17	1	2	0	2	14	0	0	31	0	7	1	0	0	0	26*

IN – Incompleto, CO – Completo, SU – Superior, AN – Analfabeto, CFIE - Crianças fora da idade escolar, AG Agricultor/Lavrador, AP – Aposentado, ES – Estudante, PE – Pescador, DC – Dona de Casa, SP – Servidor Público, C – Comerciante, DO – Doméstica, CM – Coletor de Caranguejo e mariscos e (*) Olaria.

Falta abastecimento de água potável pela COSANPA (Companhia de Saneamento do Pará) e tratamento de esgoto em todas as comunidades. Algumas comunidades, principalmente, as localizadas no município de Bragança, não possuem transporte público para deslocamento até a sede, como é o caso de Tororomba, Jutai e Fazendinha. A coleta pública de lixo ocorre em menos de 50% das comunidades. O número de escolas é reduzido e o ensino médio é inexistente em 70% destas comunidades.

2.6.3 Condições de Vida-Moradia (ICV-MO)

Das 18 comunidades, o valor médio do ICV-MO foi de 0,618 (valor inferior ao mínimo aceitável que é de 0,707). As comunidades de Camutá, Caratateua e Tentugal são as únicas que apresentam valores médios acima do valor mínimo aceitável, sendo os índices por comunidade de 0,707, 0,764 e 0,744, respectivamente. Os índices mais baixos estão nas comunidades de Tororomba (0,517), Jutai (0,524), Fazendinha (0,587) e Monte Alegre (0,316). Os baixos índices obtidos nestas comunidades devem-se, principalmente, à falta de saneamento e energia elétrica que em Jutai e Tororomba são inexistentes em 100% das residências (Figura 2).

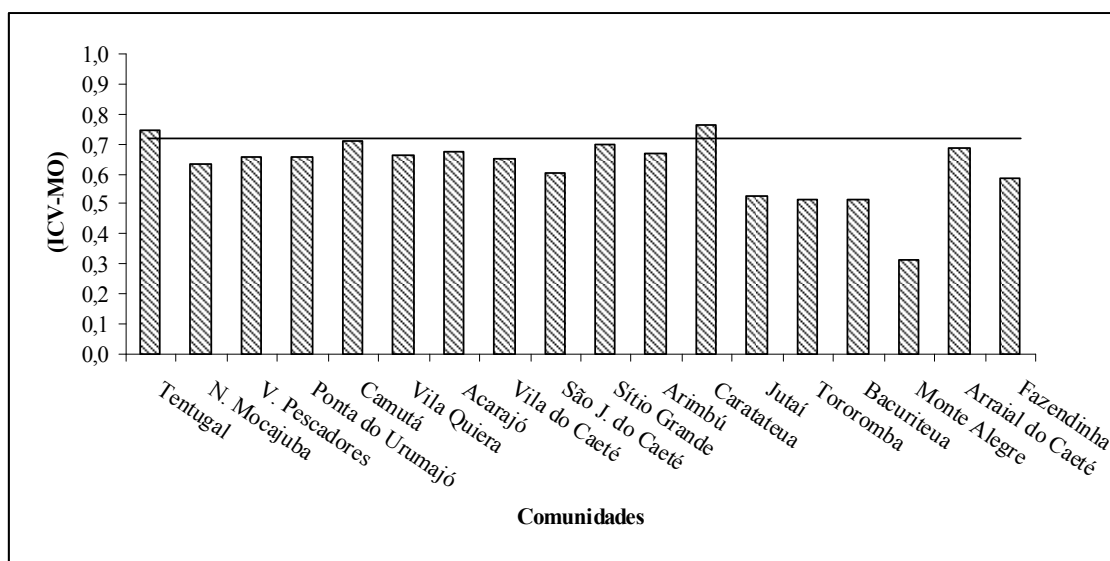


Figura 2. Índice de Condição de Vida e Moradia (ICV-MO) das comunidades.

Quanto às condições de moradia, na maioria das comunidades, as residências são de barro ou madeira, com telhado de palha ou telha brasilite e, geralmente, os banheiros são fora da casa (fossas negras).

2.6.4 Produção Doméstica de Lixo

Os resultados obtidos sobre a estimativa da produção de lixo (Tabela 5) mostraram que a quantidade de resíduos orgânicos é maior, quando comparada com a quantidade de resíduos inorgânicos, uma vez que os dejetos orgânicos servem como adubo ou na alimentação de animais, fato comum em comunidades rurais. A comunidade que apresentou quantidades maiores de lixo orgânico foi Caratateua (68,23%), em consequência da presença de restos de carapaça de caranguejos e conchas de sururu, devido ao beneficiamento de suas carnes (MAGALHÃES et al., 2007), sendo a produção total mensal de lixo por habitante, nesta comunidade, de 5,79 kg.

Tabela 5. Produção doméstica de lixo por comunidade.

Comunidade	População	Peso orgânico (kg/mês)	Peso inorgânico (kg/mês)	Peso total (kg/mês)	Peso/dia (per capita)
N. Mocajuba	371	1.153,125	713,250	1.866,375	0,182
Arimbu	389	1.241,25	615,375	1.856,625	0,195
Camutá	169	904,125	539,250	1.443,375	0,283
Vila Quiera	280	997,875	1.062,750	2.060,625	0,209
Acarajó	1.775	3.873,750	3.670,500	5.029,400	0,099
Bacuriteua	2.920	6.135,750	5.103,375	11.241,375	0,162
Caratateua	1.698	6.894,750	3.207,375	10.102,125	0,193
Vila dos Pescadores	292	921,000	534,000	1.455,000	0,152
Total	7.894	22.121,625	15.445,875	37.567,5	0,158

2.6.5 Qualidade da água

Com relação à qualidade de água para consumo humano, 16 poços subterrâneos e 7 poços amazônicos foram analisados, dos quais 14 poços subterrâneos foram construídos pelas prefeituras dos municípios correspondentes. A profundidade destes poços varia de 1 a 37 metros, entretanto todos possuem água imprópria para o consumo humano em uma, algumas ou em todas as variáveis analisadas.

Entre as comunidades estudadas, apenas em Caratateua e em Vila Quiera (poço comunitário) não foram registrados coliformes fecais ou totais. Por outro lado, todos os poços apresentaram o pH ácido, possivelmente, devido à elevada acidez do solo e à grande quantidade de material em decomposição (SANTOS et al., 1981; OLIVEIRA, 2007). Os

valores máximos e mínimos foram registrados em Tentugal (6,31) e Acarajó (4,20) (Tabela 6).

Com relação aos valores de turbidez foi possível observar que os maiores valores foram registrados no período seco, sendo o valor máximo (28,68UT) registrado no poço da Vila dos Pescadores, pois se trata de um poço amazônico com menos de 3 metros de profundidade, suscetível à movimentação das dunas e fontes contaminadoras *e.g.* fossas negras, acúmulo de lixo (intenso na vila por não haver coleta pública), criação de animais domésticos, *etc.*

O valor de ferro dissolvido foi elevado nas comunidades de Ponta do Urumajó, Vila do Caeté e Vila dos Pescadores, alcançando valores de 0,440 mg/l, enquanto o máximo permitido pela ANVISA (2004) é de 0,3 mg/l. Segundo Azevedo (2006), depois de oxidado, o ferro dissolvido contribui para a elevação da cor, fato que explica o aumento dos valores de cor aparente nos poços (20 uH a 310 uH, valores acima do permitido que é de 15u H) quando a quantidade de ferro dissolvido é elevada (Tabela 6).

Quanto às concentrações de nutrientes, os valores de nitrito e nitrato nos poços estudados estão dentro dos limites estabelecidos pelas resoluções vigentes, que é 1,0 mg/l e de 10 mg/l, respectivamente. O valor máximo para nitrito foi de 0,032 mg/l (Vila dos Pescadores) e para nitrato 1,555 mg/l (Bacuriteua). Para o fosfato, o valor limite estabelecido é de 0,025 mg/l, entretanto em alguns poços estudados, estes valores estão acima do limite, variando de 0,075 mg/l, na Vila do Caeté a 1,118 mg/l, na Vila do Caeté escola. Segundo Alaburda e Nishihara (2005), a presença de fosfato na água deve-se, principalmente, à falta de saneamento básico e à ausência de tratamento de água, fato que acontece em 96% dos poços estudados (Tabela 7).

Com relação aos números mais prováveis de coliformes totais e termotolerantes (fecais), quase todos os poços estão acima dos valores máximos permitidos (ausência em 100 ml), de acordo com ANVISA (2004). Os maiores valores (> 1000UFC/100ml) foram registrados nos poços amazônicos rasos das comunidades de São João do Caeté, Tororomba, Jutai, Sítio Grande, Vila dos Pescadores e Vila Quiera (Tabela 8). Os poços rasos apresentam valores acima do máximo permitido por estarem mais sujeitos à contaminação, estando localizados próximos a fossas negras e sépticas e a áreas com atividades antrópicas (como criação de animais domésticos, depósito de lixo, entre outros).

Tabela 6. Variáveis físico-químicas das águas subterrâneas dos poços estudados. VP: Valores permitidos, segundo resoluções específicas do CONAMA (1986, 2000, 2005, 2008) e ANVISA (2004).

LOCALIDADE	PERÍODO	Turbidez (UT)	Temperatura (°C)	C. Real (uH)	C. Apar. (uH)	pH	Fe (mg/l)
Vila Quiera	Seco	1,37	26	0	220	4,66	0,048
Comunitário	Chuvoso	0,02	29,5	0	0	4,86	0,002
Vila Quiera	Seco	3,77	26	0	310	5,59	0,162
	Chuvoso	2,46	26	0	20	5,68	0,226
Sítio Grande	Seco	4,23	28,8	0	0	5,28	0,048
	Chuvoso	2,56	27,2	0	20	5,35	0,191
Camutá	Seco	0,97	29	0	180	5,4	0,166
	Chuvoso	2,32	29,5	0	20	5,57	0,164
Arimbú	Seco	3,97	28	0	0	5,7	0,01
	Chuvoso	2,54	27	0	0	5,88	0,089
Caratateua	Seco	7,04	28	0	30	5,13	0,15
SIACA	Chuvoso	0,007	28	0	0	5,43	0,078
Caratateua	Seco	3,77	29	0	0	5,35	0,15
	Chuvoso	0,34	28	0	0	5,59	0,014
Acarajó	Seco	0	29	50	150	5,43	0,15
SECTAM	Chuvoso	0	28,5	0	0	5,73	0,005
Acarajó pista	Seco	13,63	28	50	220	4,2	0,037
	Chuvoso	1,42	29	0	0	4,57	0,083
Arraial do	Seco	1,67	26,9	0	0	4,57	0,041
Caeté	Chuvoso	0,21	26,4	0	0	5,9	0,15
Vila do Caeté	Seco	3,04	29	0	0	5,87	0,44
Escola	Chuvoso	1,42	26	0	0	5,8	0,089
Vila do Caeté	Seco	9,21	27	200	260	6,04	0,44
	Chuvoso	3,88	26,8	70	90	5,8	0,14
Tentugal	Seco	0,9	27	0	0	6,31	0,088
	Chuvoso	3,27	27,6	20	50	5,62	0,185
S. J. do C.	Seco	5,79	26,5	0	130	5,28	0,15
Antônio	Chuvoso	6,01	26,7	0	0	6	0,109
São João do	Seco	2,79	26,7	0	10	5,17	0,057
Caeté	Chuvoso	7,47	26	0	0	5,88	0,046
Ponta do	Seco	9,94	28	0	70	5,98	0,44
Urumajó	Chuvoso	6,62	27,5	0	30	5,87	0,073
Monte Alegre	Seco	3,14	27,5	0	0	4,72	0,003
	Chuvoso	0,62	27,5	0	0	5,7	0,066
Nova	Seco	0	28	0	0	4,71	0
Mocajuba	Chuvoso	0,52	28,5	0	0	5,15	0,15
Fazendinha	Seco	1	27,5	0	0	5,03	0
	Chuvoso	2,39	27	0	0	5,4	0,122
Tororomba	Seco	13,29	25,5	0	0	5,07	0,036
	Chuvoso	4,98	26	0	0	5,26	0,153
Jutaí	Seco	1,91	26,5	0	0	5,14	0,044
	Chuvoso	1,99	26	0	0	5,1	0,019
Vila dos	Seco	28,68	29	120	250	5,72	0,44
Pescadores	Chuvoso	8,57	26,5	30	70	5,29	0,44
Bacuriteua	Seco	0,72	30	0	0	4,95	0
	Chuvoso	0,25	28,5	0	0	4,94	0,15
VP		5 UT	26-29	5	15	6,0-9,0	0,300

VP – Valor Permitido.

Tabela 7. Variáveis físico-químicas das águas subterrâneas dos poços estudados. VP: Valores permitidos, segundo ANVISA (2004).

LOCALIDADE	PERÍODO	Nitrito (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Fosfato (mg/l)
Vila Quiera	Seco	0,001	0,29	0
Comunitário	Chuvoso	0,001	0,297	0,002
Vila Quiera	Seco	0,001	0,026	0,009
	Chuvoso	0,002	1,046	0,008
Sítio Grande	Seco	0,001	0,028	0,109
	Chuvoso	0,007	0,513	0
Camutá	Seco	0,002	1,138	0,001
	Chuvoso	0,001	0,003	0
Arimbú	Seco	0,001	1,223	0,012
	Chuvoso	0,001	0,66	0,024
Arraial do Caeté	Seco	0,002	1,008	0,001
	Chuvoso	0,001	0,614	0,002
Caratateua	Seco	0,001	1,158	0,001
SIACA	Chuvoso	0,001	1,252	0,001
Caratateua	Seco	0,002	1,25	0
	Chuvoso	0,001	0,994	0
Vila do Caeté	Seco	0,002	0,144	0,92
Escola	Chuvoso	0,001	0,001	1,118
São J. do C. Antonio	Seco	0,001	0,732	0,021
	Chuvoso	0,001	0,955	0,016
S. J. Caeté	Seco	0,005	0,778	0,006
	Chuvoso	0,002	0,694	0,003
Vila do Caeté	Seco	0,005	0,735	0,075
	Chuvoso	0,004	0,988	0,195
Tentugal	Seco	0,001	0,547	0,032
	Chuvoso	0,002	1,036	0,252
Monte Alegre	Seco	0,001	0,368	0,003
	Chuvoso	0,001	0,342	0,001
Tororomba	Seco	0,001	1,052	0,001
	Chuvoso	0,001	0,235	0,002
Fazendinha	Seco	0,001	0,167	0
	Chuvoso	0,002	0,514	0
Vila dos Pescadores	Seco	0,005	0,056	0,536
	Chuvoso	0,032	0,409	0,220
Bacuriteua	Seco	0,001	1,555	0,007
	Chuvoso	0,001	0,465	0,002
Acarajó	Seco	0,001	0,135	0,001
SECTAM	Chuvoso	0,001	0,113	0
Acarajó Pista	Seco	0,001	0,557	0
	Chuvoso	0,001	1,048	0
Nova Mocajuba	Seco	0,001	0,017	0,001
	Chuvoso	0,001	0,441	0,004
Jutaí	Seco	0,003	1,329	0
	Chuvoso	0,001	1,114	0,004
Ponta do Urumajó	Seco	0,002	0,318	0,002
	Chuvoso	0,002	0,265	0,001
VP		1,0	10	0,025

VP – Valor Permitido.

Tabela 8. Variáveis microbiológicas das águas subterrâneas dos poços estudados. VP: Valores permitidos, segundo resoluções específicas do CONAMA (1986, 2000, 2005 e 2008) e ANVISA (2004).

LOCALIDADE	PERÍODO	Prof. (m)	Tipo	Col. Total (UFC/100ml)	Col. Fecais. (UFC/100ml)
Vila Quiera	Seco	16	Tubular	Ausência	Ausência
Comunitário	Chuvoso			Ausência	Ausência
Vila Quiera	Seco	1,5	Livre	1100	1100
	Chuvoso			<1100	<1100
Sítio Grande	Seco	6	Livre	240	7,4
	Chuvoso			<1100	<1100
Camutá	Seco	2,5	Livre	20	9,2
	Chuvoso			1100	1100
Arimbú	Seco	12	Tubular	23	9,2
	Chuvoso			20	14
Caratateua	Seco	13	Tubular	Ausência	Ausência
SIACA	Chuvoso			Ausência	Ausência
Caratateua	Seco	30	Tubular	Ausência	Ausência
	Chuvoso			Ausência	Ausência
Acarajó	Seco	15	Tubular	23	9,2
SECTAM	Chuvoso			9,2	Ausência
Acarajó	Seco	12	Tubular	9,2	9,2
	Chuvoso			Ausência	Ausência
Arraial do Caeté	Seco	32	Tubular	Ausência	Ausência
	Chuvoso			3	Ausência
Vila do Caeté	Seco	30	Tubular	240	240
Escola	Chuvoso			Ausência	Ausência
Vila do Caeté	Seco	6	Livre	460	93
	Chuvoso			1100	210
Tentugal	Seco	37	Tubular	9,2	3,6
	Chuvoso			240	240
São J. do C.	Seco	14	Livre	150	93
Antonio	Chuvoso			240	150
São João do	Seco	6	Livre	1100	1100
Caeté	Chuvoso			<1100	1100
Ponta do	Seco	15	Tubular	3,6	Ausência
Urumajó	Chuvoso			43	7,4
Monte Alegre	Seco	14	Tubular	9,2	3,6
	Chuvoso			3	Ausência
Nova Mocajuba	Seco	15	Tubular	Ausência	Ausência
	Chuvoso			3	Ausência
Fazendinha	Seco	14	Tubular	9,2	Ausência
	Chuvoso			3	Ausência
Tororomba	Seco	1	Livre	<1100	<1100
	Chuvoso			1100	1100
Jutaí	Seco	4	Livre	460	75
	Chuvoso			<1100	<1100
Vila dos	Seco	2	Livre	290	290
Pescadores	Chuvoso			1100	1100
Bacuriteua	Seco	18	Tubular	75	75
	Chuvoso			11	7,4
VP				Ausência	Ausência

VP – Valor Permitido.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os residentes ao longo da Bacia Hidrográfica do Caeté possuem baixo nível de escolaridade e sobrevivem basicamente dos recursos naturais lá existentes (como a pesca e a agricultura familiar) e dos benefícios concedidos pelo Governo Federal. A falta de serviços e infraestrutura vêm acarretando sérios problemas ambientais e de saúde humana. Planos ou programas devem ser elaborados pelas autoridades governamentais de cada município, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população local. Para amenizar alguns problemas detectados, recomenda-se (i) construção de poços eficientes e em lugares adequados; (ii) fornecimento de energia elétrica e saneamento básico para todas as comunidades; (iii) coleta pública de lixo e construções de aterros sanitários, de acordo com as normas da legislação vigente; (iv) construção de escolas públicas, com o ensino fundamental e médio completo; (v) ajuste no calendário escolar para minimizar a evasão durante os períodos de safra; (vi) construção de postos de saúde; e (vii) implantação de linhas de transporte público, para facilitar o acesso de algumas comunidades às sedes dos municípios; entre outros.

Por fim, para garantir o êxito do plano será necessário (i) informar e conscientizar os comunitários e as autoridades administrativas sobre os problemas ambientais e socioeconômicos; (ii) incluir a maior parte dos setores afetados (*e.g.* residencial, comercial, agricultura, pesca, minérios, *etc.*); (iii) conservar os recursos naturais para que continuem produzindo bons e valorados serviços (reserva de minérios, manguezal, estuário e rio do Caeté, entre outros); (iv) promover a participação do público afetado, através de discussão aberta e atender às idéias e necessidades requeridas; (v) estabelecer a comunicação entre os setores afetados e manter todas as populações envolvidas informadas ao longo das várias etapas do plano.

2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Saúde Pública**. 32, 160-165, 2005.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Portaria MS nº 518/2004. *In:* <http://www.anvisa.gov.br>. Acesso em: Fev. 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. Washington, D.C.: U.S. 2004. Disponível em: <http://www.standard.methods.org/Articles.cfm>. Acesso em: 04 out. 2004.

AZEVEDO, R. P. de. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. **Acta Amazônica**. 36 (3), 313-320, 2006.

BEATLEY, T.; BROWER, D. J.; SCHWAB, A. K. **An Introduction to Coastal Zone Management**. 2nd. Ed. Washington, D. C. Island Press, 2002.

BELFIORE, S. The growth of integrated coastal management and the role of indicators in integrated coastal management: introduction to the special issue (Editorial). **Ocean & Coastal Management**. 46, 225-234, 2003.

CICIN-SAIN, B.; KNECHT R. W. **Integrated coastal and ocean Management: Concepts and practices**. Washington, D.C. Island Press, 1998.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução 20/1986. (1986) *In:* <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: Fev. 2007.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução 274/2005. (2005) *In:* <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: Fev. 2007.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - Resolução 396/2008. (2008) *In:* <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: Jul. 2008.

COSTA, A. A. **Em busca de uma estratégia de transição para a sustentabilidade no sistema ambiental da pesca artesanal no município de Rio Grande/RS – Estuário da Lagoa dos Patos**. Dissertação de Mestrado. FURG. Rio Grande. 333 p. 2004

GORAYEB, A. **Análise Integrada da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté– Amazônia Oriental**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 203 p. 2008.

GRASSHOFF, K.; EMRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of Seawater Analysis**. New York. Verlag Chemie. 1983

HORBE, A. M. C.; GOMES, I. L. F.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. do S.R. da. Contribuição à hidroquímica de drenagens no Município de Manaus – AM. **Acta amazônica**. 35(2), 119-124, 2005.

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. **Gestão integrada de resíduos sólidos na Amazônia. A metodologia e os resultados de sua aplicação**. Ministério de Meio Ambiente. 2005.

IBGE. **Cidades @**: 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/> Acesso em 05/08/2008.

IRTEM, E.; KABDASLI, S.; AZBAR, N. Coastal Zone Problems and Environmental Strategies to be Implemented at Edremit Bay, Turkey. **Environmental Management**. 36(1), 37-47, 2005.

KRAUSE, G.; GLASER, M. Co-evolving geomorphological and socio-economic dynamics in a coastal fishing village of the Bragança region (Pará, North Brazil). **Ocean & Coastal Management**. 46, 859-874, 2003.

MAGALHÃES, A.; COSTA, R. M.; SILVA, R.; PEREIRA, L. C. C. The role of women in the mangrove crab (*Ucides cordatus*, Ocypodidae) production process in North Brazil (Amazon region, Pará). **Ecological Economics**. 61, 559-565, 2007.

OLIVEIRA, E. **Caracterização socioambiental das comunidades de Tamatateua e Acarajó, Nordeste do Pará: Contribuição para a gestão integrada na RESEX Marinha Caeté -Taperaçú**. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Ambiental) - Universidade Federal do Pará, Campus de Bragança.

PARÁ. **Macrozoneamento ecológico-econômico do estado do Pará/2004: proposta para discussão**. Belém. Governo do Estado. 2004.

PEREIRA, L. C. C.; RIBEIRO, M. de J. S.; GUIMARÃES, D. de O.; SOUZA FILHO, P. W. M.; COSTA, R. M. Formas de uso e ocupação na Praia de Ajuruteua-Pará (Brasil). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. 13, 19-30, 2006.

SANTOS, A.; GOES, M. N.; RIBEIRO, J. S. B.; BRINGEL, S. R. B. Hidroquímica da Amazônia Central III. Química da água de lavagem da floresta no ecossistema Campina Amazônica (Stemflow). **Acta Amazônica**. 11(2), 335-346, 1981.

STRICKLAND, J. D.; PARSONS, T. R. A. Manual of sea water analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada.**, 125, 1-205, 1972.

2.9 AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo financiamento de projetos de pesquisa (CT-Agro - Proc. # 552760/2005-6, Universal - Proc. # 471985/2004-0 e CT-Hidro - Proc. # 552126/2005-05), e concessão de bolsas (Doutorado para Guimarães - Proc. # 142373/2007-9, PQ para Pereira - Proc. # 304392/2005-7 e PQ para Costa - Proc. # 308953/2006-1).

CAPÍTULO III

3. SEASONAL EFFECTS OF WASTEWATER TO THE WATER QUALITY OF THE CAETÉ RIVER ESTUARY, BRAZILIAN AMAZON³

3.1 ABSTRACT

Bragança's socioeconomic situation is highly dependent on estuarine and marine biological resources that are influenced by tidal cycles and climatology. Field measurements (hydrological, hydrodynamic and microbiological variables) were taken in the most urbanized zone from Caeté estuary to characterise the quality of the local environment. During the dry period, the estuary was more eutrophic and presented the highest temperature (30.5°C in Oct./06), salinity (17 psu in Feb./07), pH (8.24 in Feb./07) and fecal coliform (>1000 MPN/100 ml in Dec./06 and Feb./07) values. The phytoplankton *Cyclotella meneghiniana*, *Coscinodiscus centralis* and other r-strategist species were observed. The lack of basic hydric canalization was responsible for the local contamination, especially during the dry period when more concentrated wastewater from the city was emitted into the estuary, showing the human influence on the reduction of local estuarine water quality. In Bragança, the fishery is considered one of the main economic activities so, this contamination is worrisome because a large part of the local economy depends on biological resources and, thus, the contamination could negatively affect the environmental health of this Amazon ecosystem.

Key words: Equatorial estuary, temporal variation, eutrophication, northern Brazil.

³ Artigo publicado nos Anais da Academia Brasileira de Ciências (2010) 82(2): 467-478 Autores: Luci C.C. Pereira, Marcela C. Monteiro, Danielly O. Guimarães, Jislene B. Matos e Rauquírio M. da Costa.

3.2 RESUMO

A situação socioeconômica de Bragança depende principalmente dos recursos biológicos estuarinos e marinhos, que são influenciados pelos ciclos de marés e climatologia. Coletas oceanográficas (com medidas de variáveis hidrológicas, hidrodinâmicas e microbiológicas) foram realizadas na área mais urbanizada do estuário do Caeté, para caracterizar a qualidade das águas no setor estudado. Durante o período seco, o estuário foi mais eutrófico e apresentou os maiores valores de temperatura (30,5°C em Out./06), salinidade (17 psu em Fev./07), pH (8,24 em Fev./07) e coliformes fecais (>1000 MNP/ 100 ml em Dez./06 e Fev./07). As espécies fitoplanctônicas *Cyclotella meneghiniana*, *Coscinodiscus centralis* e outras espécies r-estrategistas também foram observadas. A falta de saneamento básico foi responsável pela contaminação local, especialmente durante o período seco, quando o esgoto foi lançado mais concentrado no estuário, mostrando a influência humana na redução da qualidade da água estuarina estudada. A pesca é considerada uma das principais atividades econômicas do município de Bragança e, portanto, esta contaminação poderá afetar negativamente a qualidade ambiental deste ecossistema amazônico.

Palavras-chave: Estuário equatorial, variação temporal, eutrofização, norte do Brasil.

3.3 INTRODUCTION

The coastal zone is a transitional region between the continent and the marine environment, and in tropical areas it presents some of the most valuable and productive ecosystems of the world (e.g. mangrove forest and estuaries). However, many changes are taking place within the coastal landscape as a result of population growth and rapid urbanization (e.g. LOZANO et al., 2005; STEFFY and KILHAM, 2006; PEREIRA et al., 2007a).

In the last decades, some social and environmental problems have emerged in the coastal zones worldwide, due to rapid urban development including industrial, port, commercial, agriculture, aquaculture, fisheries and tourism activities. These activities need efforts to conserve and recover the productivity of coastal resources and water quality, as well as to improve the health of coastal communities (LINTON and WARNER, 2003; BURAK et al., 2004; CHEN et al., 2005; LAU, 2005).

The Brazilian Amazon represents about 35% of the country's 8,500 km long coastline (ISAAC and BARTHEM, 1995), and 85% of the mangroves in Brazil are found in this section of coastline. The mangroves in the Brazilian Amazon coast represent the second largest continuous worldwide mangrove system on the planet (LARA, 2003). Located in the northeastern state of Pará, Bragança is one of the most important cultural and historical cities in the Amazon littoral. The local socioeconomic situation is directly dependent on biological resources, which are influenced by macrotidal cycles and climate (GLASER and DIELE, 2004; SOUZA FILHO et al., 2006; BARBOSA et al., 2007; PEREIRA et al., 2007b). The lack of public services is also responsible for some of the environmental problems observed in the Caeté estuary, which is the main estuary of this county (GUIMARÃES et al., 2009). The aim of this study was to characterise the water quality and the aim at the effects of human urbanization practices on the environmental status of this Amazon estuary.

3.4 STUDY AREA

The Bragantian coastal plain is located between the Maiaú and Caeté river bays (00°46'00"S and 46°36'00" - 46°44'00"W, Cohen et al. 2004). Bragança represents the third most productive fishing area in the State of Pará and its main harbours are

located in the Caeté estuary, which includes the city's main river (SILVA et al., 2006; GUIMARÃES et al., 2009) (Fig. 1).

The regional climate in the studied area is equatorial humid with two main seasons, a rainy and a dry period. The rainy period, which normally occurs between January and June, is characterised by a mean rate of rainfall exceeding 2,200 mm and temperature values up to 30°C. On the other hand, the dry period, which occurs between July and December, presents higher insolation and evaporation rates, a mean rainfall of 100-200 mm and temperature values up to 32°C. The wind also has a seasonal pattern, with the strongest winds occurring during the dry season, and more moderate winds occurring during the rainy period (MARTORANO et al., 1993; LARA, 2003).

The area's tides are semidiurnal with a maximal tidal height between 4 and 6 m. Tidal currents usually reach higher values ($\sim 1.5 \text{ m.s}^{-1}$) during the equinoctial spring tides (COHEN et al., 1999).

About 57,000 people live in Bragança's urban area and the local economy is based on fisheries, commerce, agriculture and tourism (IBGE, 2003).

3.5 METHODS

Precipitation data were furnished by a meteorological station from the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) located in Tracuateua (about 40 km from Bragança harbours). Water sampling was carried out bimonthly at one fixed station (Fig. 1), totaling of one year of sampling collection on the waterfront of Bragança. Each sampling was performed during spring tides over a 24h-period near the city's main harbour (located approximately 36 km from the Atlantic Ocean and therefore at the upper estuary, according to Barletta et al. 2005) between April/2006 and February/2007. During each sampling period, physical (tide and currents, measured at every 10 min), chemical (hydrological data, collected at every 6 h) and biological (microphytoplankton and fecal coliform, collected at every 6 h) variables were measured in the sub-surface water (0-3 m depth). The water transparency was measured using a Secchi disc between 10 am and 14 pm.

Hydrological and microbiological data (pH, dissolved oxygen, dissolved nutrients, chlorophyll *a* and fecal coliform) were obtained from the analysis of water samples collected with Niskin oceanographic bottles. Water salinity and temperature

were obtained using a CTD (XR-420, RBR). Sub-surface current speeds were measured using a Sensordata SD6000 current metre. The variation in local water levels was simultaneously surveyed using a graduated pole fixed in Bragança's harbour. Additional sub-surface samples were collected with a plankton net with a mesh size of 64µm to characterize microphytoplankton composition. Field and laboratory studies followed methodologies used by the AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2004) and other analytic manuals (e.g. STRICKLAND and PARSONS, 1968; 1972, GRASSHOFF et al., 1983; PARSONS and STRICKLAND, 1963). The floristic composition was assessed by identifying specific and infra-specific taxa using specialized bibliography (CUPP, 1943; SOURNIA, 1975; RICARD, 1987; TOMAS, 1997).

The main human activities that affect direct or indirectly the water quality of this estuary were observed around the studied area.

The normality and homogeneity of hydrological data (salinity, temperature, pH, dissolved oxygen, dissolved nutrients such as nitrite, nitrate, phosphate and chlorophyll *a*) were tested using Lilliefors (CONOVER, 1971) and Bartlett's Chi-square tests (SOKAL and ROHLF, 1969), respectively, in the STATISTICA 6.0 package (STATSOFT, 2001). When the analysed data were not normal, $\log(x + 1)$ transformations were performed to achieve near-normal distributions, and one-way ANOVA tests were used to find differences in the hydrological parameters between seasonal periods with a significance level of 0.05. However, when the variances were heterogeneous, a non-parametric Mann-Whitney *U*-test was applied (ZAR, 1999) using the same significance level referred to above (0.05).

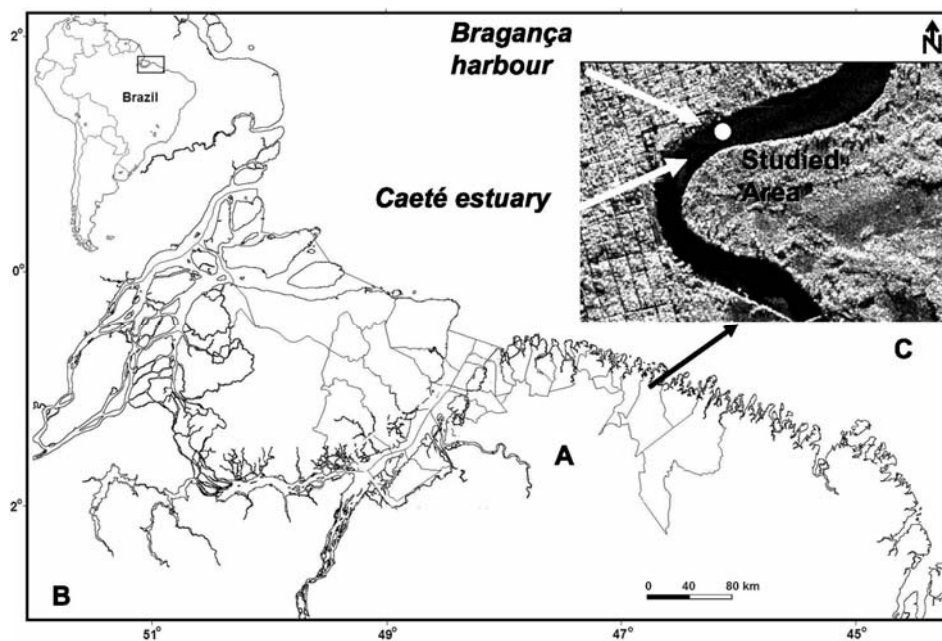


Figure 1. Pará State coastal area (A) (made by Souza-Filho), Northern of Brazil (B) and Bragança harbour with the position of the sampling station (C).

3.6 RESULTS

The Caeté estuary is strongly affected by human activities in several different ways. The lack of basic hydric canalization in Bragança city, for example, affects the water quality of this estuary, particularly in the more urbanized zones where the most concentrated domestic, hospital and commercial sewage is emitted daily. In addition, on the waterfront of the city there are public markets, fishery harbours and ice factories that contribute directly to organic and inorganic contamination of the Caeté estuary.

Physical, chemical and biological data showed strong seasonal variations due to the very well-defined climatic seasonal structure. The regional climate in the studied area is highly seasonal with two main seasons, dry and rainy. During the studied period, the dry period occurred from July/06 to February/07, characterized by a rainfall rate of 384.5 mm. The rainy period comprised January/06 until June/06 and was characterized by a rainfall rate of 2,363.1 mm. Constant and strong winds were registered during the dry period (in general higher than $>4 \text{ m.s}^{-1}$), while strong gusts were observed during the rainy period.

Hydrodynamic data showed a predominance of high energy conditions during the year, which were characterised by stronger currents as a consequence of the elevated

wind intensities (during the dry period) and high rainfall rates (during the rainy period). The maximal variation of the water level was 4.8 m in December/06 (strong winds) and the maximal tidal current was higher than $1.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in April/06 (equinoctial spring tide). During the rainy period, maximal tidal currents (Fig. 2) were observed mainly during the ebb tide due to an increased outflow of the Caeté estuary. During the dry period, the highest tidal current intensities (Fig. 2) were observed during the flood tide, possibly as a consequence of strong winds and due to the decrease in the Caeté river outflow.

During the rainy period, salinity values ranged between zero (April and June/06) and 0.60 psu (August/06), while the temperature ranged between 26.10°C (June/06) and 28.90°C (August/06). Values for water pH ranged between 6.09 (April/06) and 7.63 (August/06), while water transparency ranged between zero (April/06) and 20 cm (June/06) due to high suspended particulate material and high nebulosity. Dissolved oxygen concentrations were significantly higher ($F= 12.39$, $p= 0.0019$) during this period and ranged between $4.10 \text{ m}\cdot\text{L}^{-1}$ (August/06) and $8.40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (June/06). Chlorophyll *a* concentrations ranged from $5.06 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (August/06) to $28.09 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (April/06) with slightly higher values during the rainy period, although no significant differences were observed between the studied seasons (Fig. 3). With respect to dissolved nutrient concentrations, the maximum observed values were $0.36\mu\text{M}$ (in April/06) for nitrite, $14.42\mu\text{M}$ (in August/06) for nitrate and $0.83\mu\text{M}$ (in August/06) for phosphate (Fig. 3).

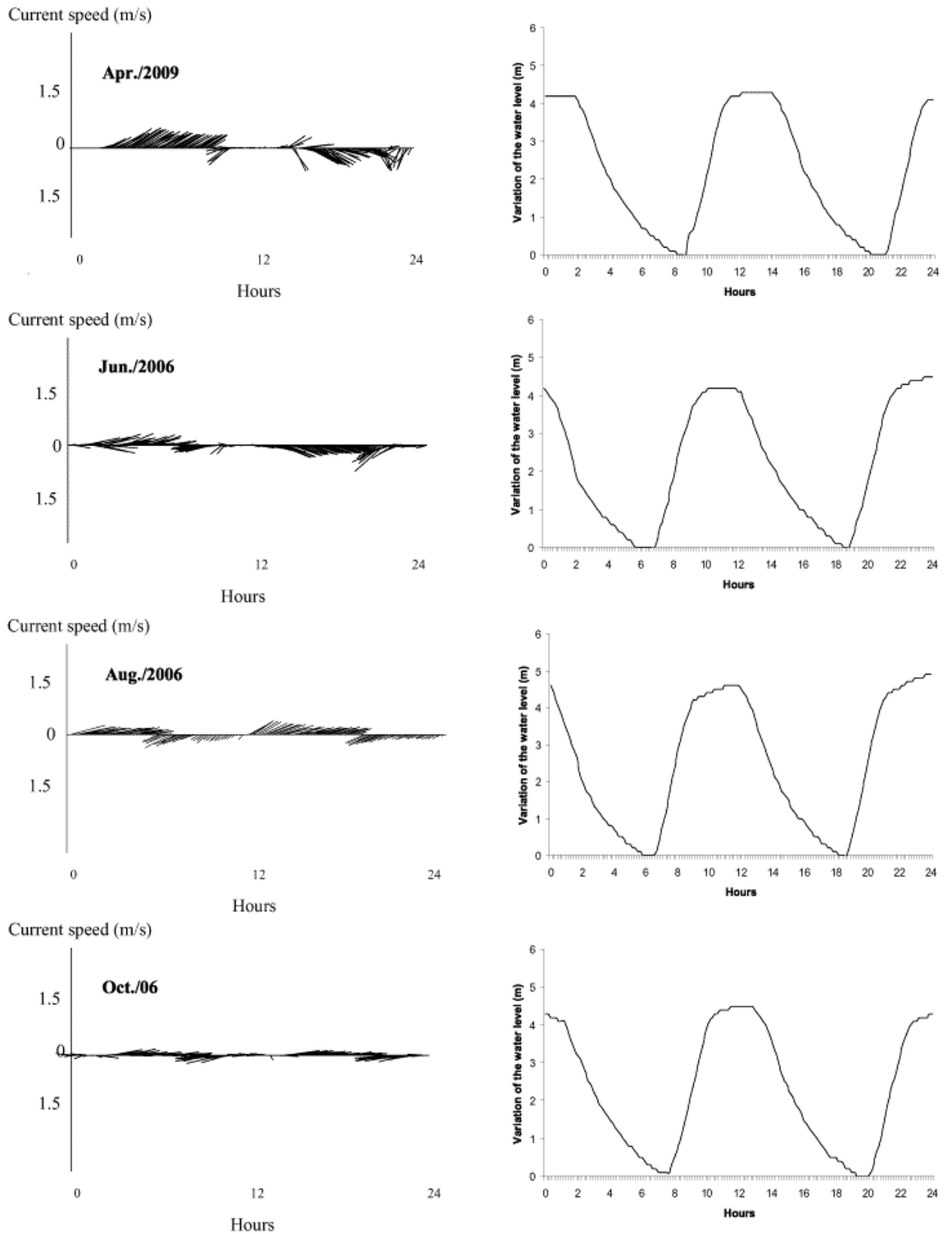


Figure 2. Hydrodynamic data recorded between April/06 and February/07, during spring tides, in the Caeté estuary.

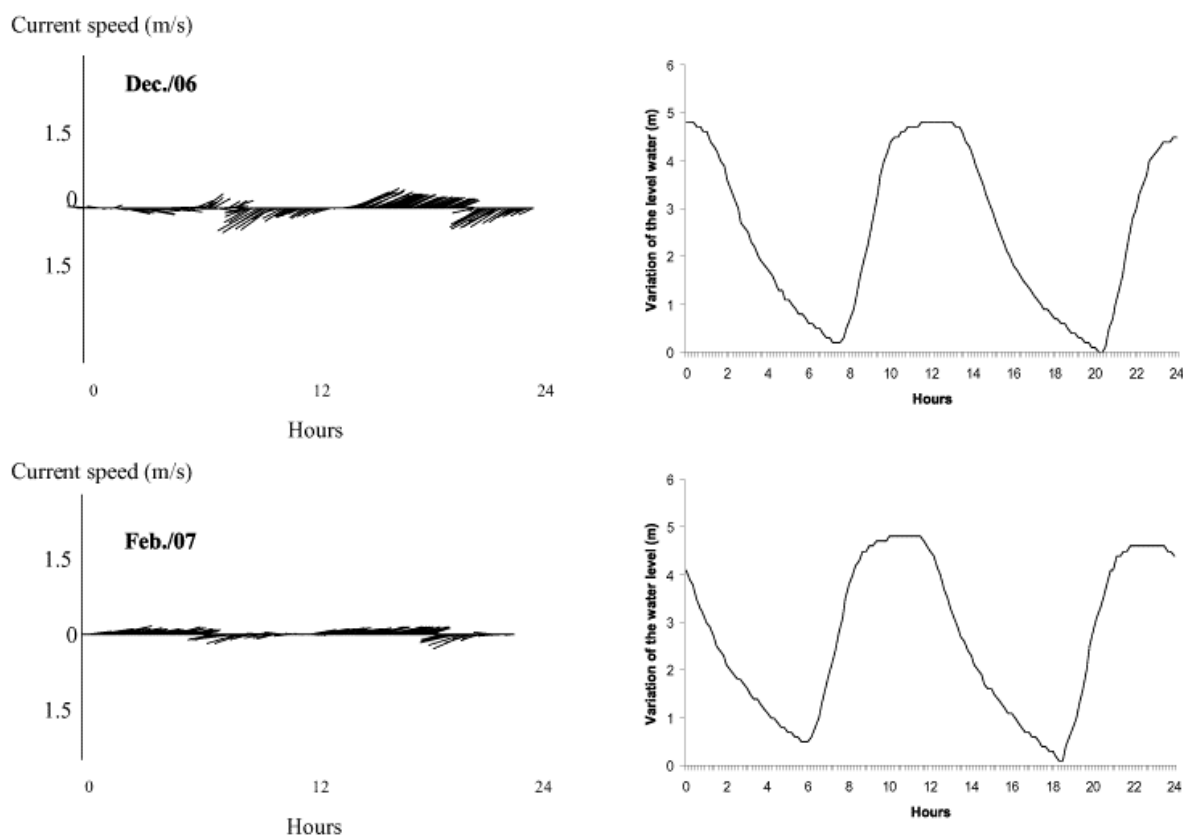


Figure 2. (Continuation) - Hydrodynamic data recorded between April/06 and February/07, during spring tides, in the Caeté estuary.

In the dry season, the low rainfall contribution, the low continental freshwater input and high insolation and evaporation rates were responsible for significantly higher values of temperature ($F=31.73$, $p < 0.05$), salinity ($U=2.00$, $p < 0.05$) and pH ($F=24.88$, $p < 0.05$). Temperatures oscillated between 27.80°C (February/07) and 30.50°C (October/06), while salinities values ranged from 0.30 psu (October/06) to 17 psu (February/07). Values for pH ranged between 7.04 (October/06) and 8.24 (February/07). The lowest dissolved oxygen and chlorophyll *a* concentrations were observed during the dry season and ranged from 3.0 mg.L^{-1} (December/06) to 7.50 mg.L^{-1} (February/07) and 3.86 mg.m^{-3} (October/06) to 19.52 mg.m^{-3} (February/07) (Fig. 3), respectively. Nitrate and nitrite values were significantly higher during this season ($F=107.01$, $p < 0.05$; $U=24.00$, $p < 0.05$, respectively) with maximum respective

values of $5.07\mu\text{M}$ (nitrite- NO_2 , December/06) and $59.35\mu\text{M}$ (nitrate- NO_3 , February/07). Phosphate- PO_4 concentrations, which reached a maximum value of $6.60\mu\text{M}$ in October/06, did not differ between seasons (Fig. 3).

Fecal coliform data showed that the maximum values also occurred during the dry season (>1100 MPN/100 ml) in December/06 and February/07, while the lowest values were observed during the rainy period (110 MPN/100 ml) in April/06 (Fig. 4).

In the studied area, the micropycoplankton community was made up of 132 taxa, of which 97% were Bacillariophyta (diatoms). Dinophyta (1.50%) and Cyanophyta (1.50%) were less represented groups.

Diatoms were represented by three classes, nine sub-classes, 20 orders, 34 families and 52 genera. *Coscinodiscus* Ehrenberg (15 taxa), *Nitzschia* Hassall (11 taxa) *Chaetoceros* Ehrenberg (six taxa) were the predominant genera. Five genera of Bacillariaceae and four genera of Triceratiaceae were observed, making these the most frequently-observed families. Well-represented species were *Coscinodiscus centralis* Ehrenberg, *Coscinodiscus concinnus* Wm. Smith, *Coscinodiscus perforates* Ehrenberg, *Dimeregramma minor* (Gregory) Ralfs, *Ditylum brightwellii* (West) Grunow, *Odontella sinensis* (Greville) Grunow, *Thalassionema frauenfeldii* (Grunow) Hallegraeff, *Cyclotella meneghiniana* Kützing and *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round.

The occurrence of r-strategist species, such as *Asterionellopsis glacialis*, *Coscinodiscus centralis*, *Cyclotella meneghiniana* and *Skeletonema* spp., which were mainly observed in the dry periods, suggested local eutrophication.

Dimeregramma minor was the most abundant species, representing between 56% and 82% of the total number of cells counted in the samples.

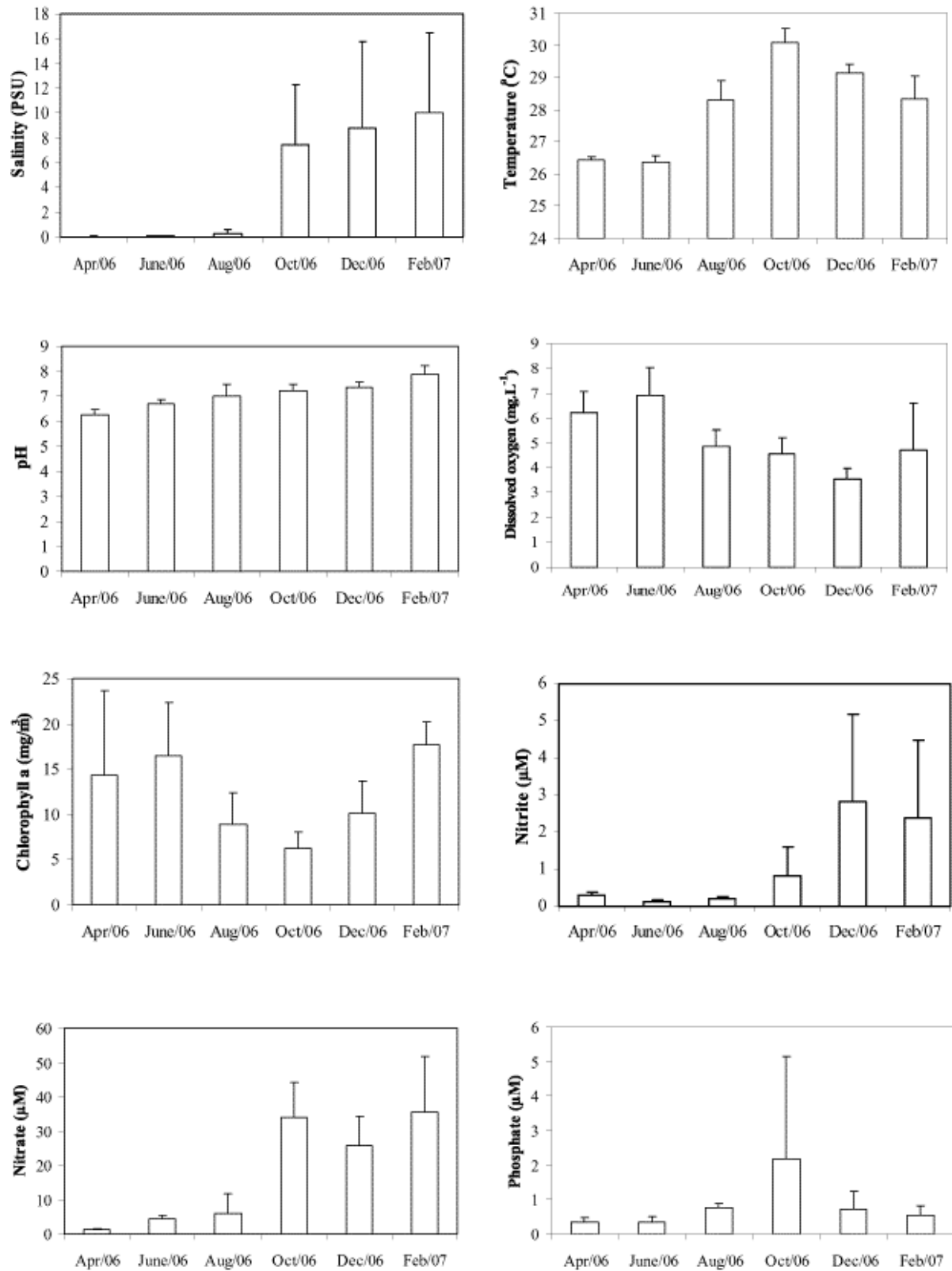


Figure 3. Mean hydrological values between April/06 and February/07, in the Caeté estuary.

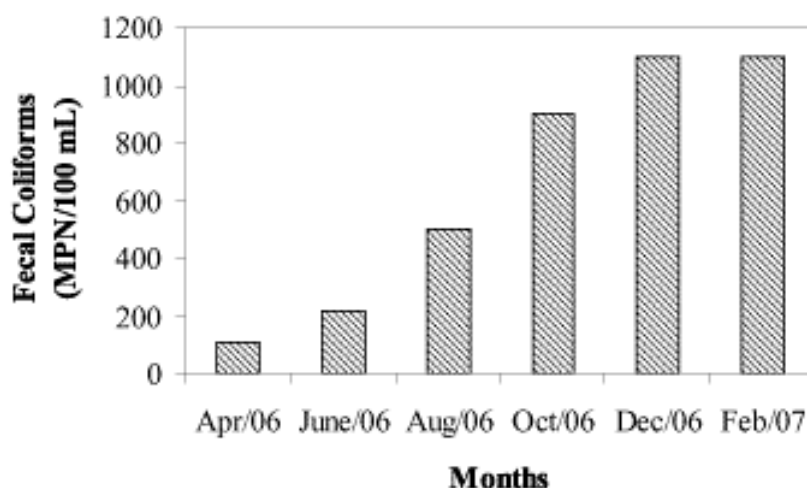


Figure 4. Fecal coliform values between April/06 and February/07, in the Caeté estuary.

3.6.1 DISCUSSION

In general, the rainy period in the Pará State comprises the months from January to June, while the dry period occurs during the remaining months of the year (MARTORANO, 1993). However, in the present study, the rainiest months were observed from April to August/2006, while the dry period occurred between the months of September/2006 and February/2007. Due to the delay of the rainy period, it was possible to observe an elevated difference of the hydrological data between April/06 (rainy period) and February/07 (dry period). This pattern of rainfall was also recorded by Moraes et al. (2005), in a study that analysed a historical data series of 23 years (1976-1998) and reported a conspicuous delay in the beginning of the rainy period in the Bragantine zone when compared to other zones of the Pará State.

The strong hydrodynamic regime in the Amazon estuaries is a consequence mainly of macrotidal cycles, high tidal current intensities and strong trade winds (MEADE et al., 1985; FIGUEROA and NOBRE, 1990; BEARDSLEY et al., 1995; MARENGO, 1995; GEYER et al., 1996; MONTEIRO et al., 2009; PEREIRA et al., 2009).

In the studied area, tidal asymmetry was recorded in the two seasons and the tidal current data showed differences (period and intensity of the tidal currents) between the ebb and flood tides. In the Amazon coastal zone, the mangrove system and creeks,

the presence of many estuaries, as well as the occurrence of sand banks, may be responsible for the local tide asymmetry (MAZDA et al., 1995; LAM-HOAI et al., 2006; PEREIRA et al., 2009; MONTEIRO et al., 2009). Observations of current speed showed that, during the dry period (when the estuarine water is most contaminated and the flood tide current is stronger), the organic contaminants may be transported to the upper part of the Caeté estuary. During the rainy period (when ebb tide currents are stronger), the organic contaminants seem to be transported to the lower part of the estuary. Silva et al. (2006) and Guimarães et al. (2009) showed that organic and inorganic contaminants emitted into the Caeté estuary have affected the environmental quality and human health in the upper part of this estuary.

The high variability in the rainfall rates commonly found in the equatorial zone during the rainy period was responsible for the lowest salinity, temperature and transparency values during this season. In addition, the pH ranged from slightly acid to alkaline, showing the effects of freshwater input from rainfall and river runoff on estuarine waters. Conversely, the high dissolved oxygen concentrations observed during the rainy period indicated a higher water-atmosphere interaction due to the high local hydrodynamic regime and turbulent mixture that contributed to the presence of highly oxygenated freshwater in the superficial layer. The highest chlorophyll *a* concentrations (Fig. 3) during the rainy period were also associated with the highest dissolved oxygen concentrations. During the rainy period, urban outfall was diluted as a result of the high pluvial water input and the high river discharges into the Caeté estuary, consequently decreasing the dissolved nutrient concentrations. In addition, the high chlorophyll *a* concentration (indicated by the elevated phytoplankton density) may also have contributed to the observed decrease in the nutrient values. In non-stressed coastal zones, the highest nutrient concentrations can be found during the rainy period due to the river run-off, contribute to the occurrence of high chlorophyll *a* concentrations due to increased phytoplankton biomasses.

In the dry season, the pH remained alkaline, indicating the strong influence of marine waters on the estuary. Alkalinity is also a common feature of coastal Amazon environments, as noted by Martinelli et al. (2002), Costa et al. (2008, 2009), Silva et al. (2009) and Magalhães et al. (2009) in the Maranhão and Pará States. Besides being influenced by dissolved salt content in the water, pH can be also affected by biological, physical and chemical processes (tidal cycles, respiration and photosynthesis effects, for

example). In general, pH attains elevated values due to the consumption of carbon dioxide by phytoplankton and the consequent liberation of oxygen during elevated photosynthetic activity periods (FLORES MONTES et al., 1998). However, this was not observed in the studied area. The lowest dissolved oxygen concentrations registered in this season are possibly related to the lowest observed photosynthetic activity (low chlorophyll *a* concentrations). In addition, the highest dissolved nutrient concentrations recorded during this season may be attributed to the input of more concentrated domestic and commercial sewage into the Caeté estuary. The low estuarine depths (up to 10 m in the high spring tide) and the high water column mixture (as a consequence of the strong winds in the second half of the year and of the occurrence of equinoctial spring tides between September and October) were also responsible for the resuspension of nutrients from the bottom during the second semester.

The discharge of domestic, medical and commercial sewage concentrates, as well as of others organic and inorganic contaminants from public markets, fishery ports, ice factories and the Cereja River also contribute to the contamination of the Caeté estuary in the studied sector (GORAYEB et al., 2006; GUIMARÃES et al., 2009). During the dry season, the input of more concentrated domestic and commercial sewage into the Caeté estuary contributed to the highest fecal coliforms values observed. On the other hand, the lowest fecal coliform values were registered in April/06 due to the dilution of urban outfalls as a consequence of the high rainfall rate and the occurrence of an equinoctial spring tide (high tidal height and strong currents).

In equatorial and tropical zones, the rainfall patterns and some human activities (e.g., lack of an efficient sanitary system, lack of urban cleanness, factories and harbour activities) are responsible for controlling physical-chemical variables, and consequently the abundance, distribution and diversity of different estuarine organisms (KOENING et al., 2003; LAM-HOAI et al., 2006; SILVA et al., 2009).

Planktonic organisms make up the base of estuarine and marine food webs and perform key functions in transforming the chemical and physical forms of nutrients and contaminants and transporting these materials to higher trophic levels (THOMPSON et al., 2007). As a result, these organisms have a high value as biological indicators of water quality due to their high growth rates in response to abiotic and biotic oscillations (DAY et al., 1989; ESPINO et al., 2000; GÓMEZ and LICURSI, 2001). Species that indicate environmental eutrophication were observed by Lacerda et al. (2004) and

Pereira et al. (2005) in contaminated urban areas, showing the high nutrient assimilation efficiency of these organisms (SMETACEK, 1998).

The predominance of diatoms in coastal waters is reported worldwide (TILSTONE et al., 2000; GIN et al., 2000; HUANG et al., 2004; ESKINAZI-LEÇA et al., 2004; ÖRNÓLFSDÓTTIR et al., 2004; SOUSA et al., 2008), and indicates their ability to adapt to non-stratified, turbulent (SMAYDA, 1980; TILSTONE et al., 2000; SMAYDA, 2002) and nutrient-enriched waters (TUNDISI, 1970) such as those observed in the studied area. The occurrence of macrotidal regimes (high energy) in the Amazon littoral zone and the high turbulent mixture and bottom sediment re-suspension could contribute to the presence of phyto-benthonic species in the pelagic environment (SOUSA et al., 2008). In the studied area, the high hydrodynamic regime contributed to the presence of tycho-planktonic species in the water column, such as *Dimeregramma minor* that was the most abundant species found during both seasons.

3.7 CONCLUSION

Regional climatic conditions, the macrotidal regime and human-induced activities combine to control the water characteristics in the studied area. The lack of basic hydric canalization was mainly responsible for the contamination in the Caeté estuary. This was particularly true during the dry period, when more concentrated domestic and commercial sewage was emitted into this estuary and when the highest number of r-strategist species was found. This observation is concerning because a large part of the local economy depends on the biological resources of the estuary and its contamination could negatively affect the environmental health of this Amazon estuarine ecosystem in the near future.

Government authorities should improve local services by constructing a sanitary collection system, offering an efficient urban cleanness, controlling market, medical and ice factory garbage disposal and constructing an efficient sewage treatment plant to promote the treatment of sewage, as well as to control the wastewater input into the Caeté estuary in order to mitigate the observed problems.

3.8 REFERENCES

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. Washington, D.C.: U.S. 2004. Disponível em: <http://www.standard.methods.org/Articles.cfm>. Acesso em: 04 out. 2004
- BARBOSA, V. M.; GREGÓRIO, A. M. da S.; BUSMAN, D. V.; COSTA, R. A. A. M. da; SOUSA FILHO, P. W. de; PEREIRA, L. C. C. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de macromaré do Litoral Amazônico (Praia de Ajuruteua — PA, Brasil). **Boletim Paranaense de Geociências**. 60-61: 31—43, 2007.
- BARLETTA M.; BARLETTA-BERGAN, A. B.; SAINT-PAUL, U. S. G. H. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. (available on line). **Journal of Fish Biology**. 66: 45—72, 2005.
- BEARDSLEY, R. C.; CANDELA, J.; LIMEBURNER, R.; GEYER, W. R.; LENTZ, S. J.; CASTRO, B. M.; CACCHIONE, D.; CARNEIRO, N. The M2 tide on the Amazon shelf. **Journal of Geophysical Research**. 100 (C2): 2283—2319, 1995.
- BURAK, S.; DOGAN, E.; GAZIOGLU, C.; Impact of urbanization and tourism on coastal environment. **Ocean & Coast Management**. 47: 515-527, 2004.
- CHEN, S.; CHEN, L.; LIU, Q.; LI, X.; TAN, Q. Remote sensing and GIS-based integrated analysis of coastal changes and their environmental impacts in Lingding Bay, Pearl River Estuary, South China. **Ocean & Coast Management**. 48: 65-83, 2005.
- COHEN, M. C. L.; LARA, R. J.; RAMOS, J. F. F.; DITTMAR, T. Factors influencing the variability of Mg, Ca and K in waters of a mangrove creek, in Bragança, North Brazil. **Mang Salt Marsh**. 44: 1-7, 1999.
- COHEN, M. C. L.; SOUZA FILHO, P. W. M.; LARA, R. J.; BEHLING, H.; ÂNGULO, R. J. A model of Holocene mangrove development and relative sea-level changes on the Bragança Peninsula (Northern Brazil). **Wetlands Ecology and Management** 13: 433-443, 2004.
- CONOVER, W. O. J. **Practical nonparametric statistics**. J Wiley & Sons. New York, USA, 462 p. 1971.
- COSTA, K. G.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. da. Short and long-term temporal variation of the zooplankton in a tropical estuary (Amazon region, Brazil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Serie Ciências Naturais**. 3: 127-141, 2008.

- COSTA, R. M. da; LEITE, N. R.; PEREIRA, L. C. C.; Mesozooplankton of the Curuçá Estuary (Amazon Coast, Brazil). **Journal of Coastal Research**. SI56: 4000-404, 2009.
- CUPP ED. Marine plankton diatoms of the West Coast of North America. **Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography La Jolla California**. 5: 1-238, 1943.
- DAY, J. W.; HALL, C. A. S.; KEMP, W. M.; YANEZ-ARANCIBIA, A. **Estuarine Ecology**. J Wiley & Sons. Interscience Publication, New York, USA, 577 p. 1989.
- ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M. L.; SILVA-CUNHA, M. G. G. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. In: ESKINAZI-LEÇA, E.; NEWMANN-LEITÃO, S.; COSTA, M. F. (ORGS) **Oceanografia: um cenário tropical**, 1ª ed., Recife, edições Bagaço, p. 353-373, 2004.
- ESPINO, G. L.; PULIDO, S. H.; PÉREZ, J. L. C. **Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores) México: Plaza y Valdés S.A.** 633 p. 2000.
- FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South American. Climanálise. **Bol Monitor Anal Clima**. 5: 36-45, 1990.
- FLORES MONTES, M. J.; MACÊDO, S. J. KOENING, M. L.; LINS, I. C. Variação nictemeral do fitoplâncton e elementos nutrientes no Canal de Santa Cruz, Itamaracá - PE - Brasil. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**. 26: 13-26, 1998.
- GEYER, W. R.; BEARDSLEY, R. C.; LENTZ, S. J.; CANDELA, J.; LIMEBURNER, R.; JOHNS, W. E.; CASTRO, B. M.; SOARES, I. D. Physical oceanography of the Amazon shelf. **Continental Shelf Research**. 16: 575-616, 1996.
- GIN, K. Y. H.; LIN, X.; ZHANG, S. Dynamics and size structure of phytoplankton in the coastal waters of Singapore. **Journal Plankton Research**. 22: 1465-1484, 2000.
- GLASER, M.; DIELE, K. Asymmetric outcomes: assessing central aspects of the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocypodidae), in North Brazil. **Ecological Economics**. 49: 361-373, 2004.
- GÓMEZ, N.; LICURSI, M. The Pampean Diatom Index (IDP) for Assessment of Rivers and Streams in Argentina. **Aquatic Ecology**. 35: 173-181, 2001.
- GORAYEB, A.; LIMA, S. T.; PEREIRA, L. C. C. **Análise Integrada e da degradação**

ambiental na bacia hidrográfica do Rio Caeté, NE do Pará, Brasil. In: VI SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DA UNESP, Rio Claro, CD-ROM, P. 24-41. 2006.

GRASSHOFF, K.; EMRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of Seawater Analysis.** Verlag Chemie, New York, USA, 419 p. 1983.

GUIMARÃES, D. de O.; PEREIRA, L. C. C.; MONTEIRO, M. C.; GORAYEB, A.; COSTA, R. M. Effects of the urban influence on the Cereja River and Caeté Estuary (Amazon littoral, Brazil). **Journal of Coastal Research.** SI56: 1219-1223, 2009.

HUANG, L.; JIAN, W.; SONG, X.; HUANG, X.; LIU, S.; QIAN, P.; YIN, K.; WU, M. Species diversity and distribution for phytoplankton of the Pearl river estuary during rainy and dry seasons. **Marine Pollution Bulletin.** 49: 88-596, 2004.

IBGE. **Cidades @:** 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/> Acesso em 05/08/2008.

ISAAC, V. J.; BARTHEM, R. B. Os Recursos pesqueiros da Amazônia brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia.** 11(2): 151-194, 1995.

KOENING, M. L.; LEÇA, E. E.; LEITÃO, S. N.; MACEDO, S. J. Impacts of the construction of the Port of Suape on the phytoplankton community in the Ipojuca River Estuary. **Brazilian Archives of Biology Technology.** 46: 73-81, 2003.

LACERDA, S. R.; KOENING, M. L.; LEITÃO, S. N.; MONTES, M. J. F. PhytoplanktonnyctemeralvariationataTropical River Estuary (Itamaracá - Pernambuco - Brazil). **Brazilian Journal of Biology.** 64: 81-94, 2004.

LAM-HOAI, T.; GUIRAL, D.; ROUGIER, C. Seasonal change of community structure and size spectra of zooplankton in the Kaw River Estuary (French Guiana). **Estuarine, Coastal and Shelf Science.** 68(1-2): 47—61, 2006.

LARA, R. J. Amazonian mangroves —A multidisciplinary case study in Pará State, North Brazil: Introduction. **Wetlands Ecology and Management** 11: 217—221, 2003.

LAU, M. Integrated coastal zone management in the People's Republic of China. An assessment of structural impacts on decision-making processes. **Ocean & Coast Management.** 48: 115—159, 2005.

LINTON, D. M.; WARNER, G. F. Biological indicators in the Caribbean coastal zone

and their role in integrated coastal management. **Ocean & Coast Management**. 46: 261—276, 2003.

LOZANO, L. O.; BARBA, G. A.; WEISS, S. V.; SALGADO, G. M. A. Environmental evaluation and development problems of the Mexican Coastal zone. **Ocean & Coast Management**. 48: 161—176, 2005.

MAGALHÃES, A.; LEITE, N. da R.; SILVA, J. G.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. da. Seasonal variation in the Copepod community structure from a tropical Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 81: 187—197, 2009.

MARENGO, J. Interannual variability of deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. **International Journal of Climatology**. 15(9): 995—1010, 1995.

MARTINELLI, J. M.; GIARRIZZO, T.; ESTÁCIO, J.; ALMEIDA, T. C. B.; DITTMAR, T.; ISAAC, V. J. Distribuição espacial do macrozooplâncton marinho na região costeira maranhense e paraense, Norte do Brasil. In: ANAIS DO WORKSHOP ECOLAB: ECOSSISTEMAS COSTEIROS AMAZÔNICOS DO CONHECIMENTO À GESTÃO. 6: 1—12, 2002.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CEZAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. **Estudos Climáticos do Estado do Pará: Classificação Climática (KÖPPEL) e deficiência Hídrica (Thornhtwhite, Mather)**. Belém, SUDAM/EMBRAPA/ SNLCS. 1993.

MAZDA, Y.; KANAZAWA, N.; WOLANSKI, E. Tidal asymmetry in mangrove creeks. **Hydrobiology**. 295: 51—58, 1995

MEADE, R. H.; DUNE, T.; RICHEY, J. E. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon River of Brazil. **Science**. 228: 488—190, 1985.

MONTEIRO, M. C.; PEREIRA, L. C. C.; OLIVEIRA, S. M. O. de. Morphodynamic changes of a macrotidal sand beach in the Brazilian Amazon coast (Ajuruteua-Pará). **Journal of Coastal Research**. SI56: 103—107, 2009.

MORAES, B. C. de; COSTA, J. M. N. da; COSTA, A. C. L. da; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica** 35: 207—214, 2005.

ÖRNÓLFSDÓTTIR, E. B.; LUMSDEN, S. E.; PINCKNEY, J. L. Phytoplankton

community Growth rate response to nutrient pulses in a shallow turbid estuary, Galveston Bay, Texas. **Journal Plankton Research**. 26(3): 325—339, 2004.

PARSONS, T. R.; STRICKLAND, J. D. H. Discussion of spectrophotometric determination of marine-plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. **Journal Marine Research**, 21, 155-163, 1963.

PEREIRA, L. C. C.; JIMÉNEZ, J. A.; KOENING, M. L.; PORTO NETO, F.; MEDEIROS, C.; COSTA, R. M. Effect of coastline properties and wastewater on plankton composition and distribution in a stressed environment on the north coast of Olinda-PE (Brazil). **Brazilian Archives of Biology Technology**. 48(6): 1013—1026, 2005

PEREIRA, L. C. C.; MEDEIROS, C.; JIMÉNEZ, J. A.; COSTA, R. M. da. Use and Occupation in the Olinda littoral (NE, Brazil): Guidelines for an Integrated Coastal Management. **Environmental Management**. 40: 210—218, 2007a.

PEREIRA, L. C. C.; GUIMARÃES, D. O.; RIBEIRO, M. J. S.; COSTA, R. M.; SOUZA FILHO, P. W. M. Use and occupation in Bragança littoral, Brazilian Amazon. **Journal of Coastal Research**. SI50: 1116—1120, 2007b.

PEREIRA, L. C. C.; RIBEIRO, C. M. M.; MONTEIRO, M. C.; ASP, N. Morphological and sedimentological changes in a macrotidal sand beach in the Amazon littoral (Vila dos Pescadores, Pará, Brazil). **Journal of Coastal Research**. SI56: 113—117, 2009.

RICARD, M. **Atlas du phytoplancton Marin. 2: Diato-mophycées**. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 297 p. 1987.

SILVA, I. R.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Uso e Ocupação em uma comunidade pesqueira na margem do estuário do rio Caeté (PA, Brasil). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. 13: 11—18, 2006

SILVA, I. R. da; PEREIRA, L. C. C.; GUIMARÃES, D. de O.; TRINDADE, W. N.; ASP, N.; COSTA, R. M. da. Environmental Status of Urban Beaches in São Luís (Amazon Coast, Brazil). **Journal of Coastal Research**. SI56: 1301—1305, 2009.

SMAYDA, T. J. **Phytoplankton species succession**. In: MORRIS, I. (Ed), Berkeley, University of California Press, p. 493—570, 1980.

SMAYDA, T. J. Turbulence, watermass stratification and harmful algal blooms: an alternative view and frontal zones as "pelagic seed banks". **Harmful Algae**. 1: 95—112,

2002.

SMETACEK, V. Plankton characteristics. In: POSTMA, H. et al.. (Eds), *Ecosystems of the World: Continental Shelf*. Amsterdam: **Elsevier**. 27(4): 93—130, 1998.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Bioetry**. .. **Freeman & Co, San Francisco, California, USA**. 776 p. 1969.

SOURNIA, A. **Phytoplankton Manual**. UNESCO Monographs on Oceanographic Methodology 6. 1975.

SOUSA, E. B. de; COSTA, V. B. da; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. A. A. M. da. Microfitoplâncton de Águas Costeiras Amazônicas: Ilha Canela (Bragança-Pará-Brasil). **Acta Botânica Brasilica**. 22: 629-636, 2008.

SOUZA FILHO, P. W. M.; MARTINS, E. S. F.; COSTA, F. R. Using mangroves as a geological indicator of coastal changes in the Bragança macrotidal flat, Brazilian Amazon: A remote sensing data approach. **Ocean & Coast Management**. 49: 462-175, 2006.

STATSOFT. Statistic (Data analysis software system), version 6. <<http://www.statsoft.com>> 2001.

STEFFY, L. Y.; KILHAM, S. S.; Effects of urbanization and land use on fish communities in Valley Creek watershed, Chester County, Pennsylvania. **Urban Ecosystem**. 9: 119-133, 2006.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A. The Practical Handbook of Seawater Analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canadá**. 167: 1-311, 1968.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A. Manual of Seawater Analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canadá**. 125: 1205, 1972.

THOMPSON, B.; ADELSBACH, T.; BROWN, C.; HUNT, J.; KUWABARA, J.; NEALE, J.; OHLENDORF, H.; SCHWARZ-BACH, S.; SPIES, R.; TABERSKI, K. Biological effects of anthropogenic contaminants in the San Francisco Estuary. **Environmental Research**. 105: 156-174, 2007.

TILSTONE, G. H.; MÍGUEZ, B. M.; FIGUEIRAS, F. G.; FER-MIN, E. G. Diatom dynamics in a coastal ecosystem affected by upwelling: coupling between species succession, circulation and biogeochemical processes. **Marine Ecology Progress**

Series. 205: 23-41, 2000.

TOMAS, C. R. **Identifying Marine Phytoplankton.** Academic Press, San Diego. 1997.

TUNDISI, J. G. O plâncton estuarino. Contr Avulsas Inst Oceano. São Paulo, **Série Oceanografia Biológica.** 19: 1-22, 1970.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis.** 4th ed., Prentice Hall, New Jersey, USA, 663 p. 1999.

3.9 ACKNOWLEDGMENTS

This study is a product of the CT-AGRO Project n. 552760/2005-6 and Universal Project n. 473097/2003- 6 supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). The authors Pereira and Costa would like to thank CNPq (Brazil) for their research grants.

CAPÍTULO IV

4. EFFECTS OF THE URBAN DEVELOPMENT ON THE CEREJA RIVER AND CAETÉ ESTUARY (AMAZON COAST, BRAZIL)⁴

4.1 ABSTRACT

The city of Bragança, which has more than 45,000 inhabitants living on an area of approximately 16 km², is one of the oldest colonial settlements of the Amazon region. Over the past few years, several serious sanitation problems have become apparent. This study describes the effects of wastewater discharge originating from the city on the water quality of the nearby Caeté Estuary and its tributary the Cereja River, which passes directly through the city centre. Both rivers receive large amounts of wastewater disposed by private households, hospitals, workshops and fish processing companies. Surface samples of river water from the Cereja (station 1) and the Caeté (station 2) were collected bi-monthly in Niskin bottles between April 2006 and February 2007. Water samples contained high concentrations of nitrites, nitrates and phosphates, as well as high concentrations of chlorophyll a. Elevated counts of fecal coliforms (>1100 MPN/100mL) indicated microbial contamination. In the Caeté Estuary, dissolved nutrients, chlorophyll a concentrations, and bacterial counts declined during the months of highest rainfall, probably due to dilution effects. In the Cereja, by contrast, the highest concentrations of nutrients were recorded during the rainy season, when the river flooded and began to receive sewage directly from clandestine outfalls and other material from the lixiviation of surrounding areas. Clearly, the Cereja River is a source of contamination for the Caeté Estuary, in particular during the rainiest months of the year. Installation of basic sanitary facilities by local governmental authorities could mitigate the contamination of river water in Bragança.

ADDITIONAL INDEX WORDS: Estuary, Water Quality, Amazon Coast.

⁴ Publicado por Journal Coastal Research SI.56, p.1219 - 1223, 2009. Autores: Danielly de Oliveira Guimarães, Luci Cajueiro Carneiro Pereira, Marcela Cunha Monteiro, Adryane Gorayeb, Rauquírio Marinho da Costa.

4.2 INTRODUCTION

Almost half of the World's population lives in coastal areas, which corresponds to only 10% of its total land surface. The coastal zone is under constant pressure from population growth, pollution, and environmental degradation caused by increasing exploitation of resources and land for recreational, industrial, and habitation purposes. These pressures have a dramatic impact on both the quality of life of coastal populations and the environment (CICIN-SAIN, 1998; IRTEM et al., 2005).

Brazil occupies approximately 47% of South America (GLASER, 2004), with an area of $8.5 \times 10^6 \text{ km}^2$, with a coastal zone covering $1.38 \times 10^4 \text{ km}^2$ (KJERVE and LACERDA, 1993). The Northern Brazilian zone encompasses one of the largest tropical depositional coastal systems, and one of the largest and best preserved areas of mangrove forest in the World (KJERVE and LACERDA, 1993). This zone is influenced primarily by the discharge of the Amazon, the World's largest river by water volume (BLABER, 2002) and is characterized by a macrotidal regime, which is unique in Brazil.

The Amazon coastal zone accounts for a third of the Brazilian coastline, extending 2,500km from the estuary of the Oiapoque River in Amapá to São Marcos Bay in Maranhão (ISAAC and BARTHEM, 1995). Approximately 85% of all Brazilian mangroves are located within this area (LARA, 2003). The region's estuaries by considerable spatial and temporal, and physical and chemical variability. These systems act as a natural nursery for the reproduction of a wide variety of aquatic organisms and for the subsistence of the riverside communities that depend on these natural resources (SANTOS et al., 2008).

Given the ecological and economic importance of the region's estuaries, the main objective of this study was to identify the hydrological and microbiological attributes of the Caeté Estuary, one of the most important in northeastern Pará, and those of its tributary, the Cereja River. These attributes were analyzed in the context of environmental pressures from the city of Bragança, through which both rivers flow.

4.3 STUDY AREA

The Brazilian state of Pará is the country's second largest, with a total area of $1,248,042 \text{ km}^2$ and a population of approximately six million inhabitants (IBGE, 2003).

The state's coastal zone covers 91,980.55 km² (7.3% of the state) and is formed by 40 municipalities with a total population of 2,665,740 inhabitants, or 43% of that of the state (IBGE, 2003).

The region's climate is humid equatorial with two main seasons, rainy and dry. The rainy season, which normally occurs between January and May, is characterized by mean total rainfall in excess of 2,200 mm and temperatures of up to 30°C. The dry season, between July and December, is characterized by higher insolation and evaporation rates, total rainfall of 100 to 200 mm, and temperatures of up to 32°C (MARTORANO et al., 1993; LARA, 2003).

The study area is situated in the northeastern extreme of Pará, in the region known as Salgado Paraense (Figure 1), one of the most densely populated and environmentally impacted parts of the state. The Bragantine coastal plain, with a coastline of 40 km, is characterized by an abundance of rivers, channels and mangroves (SOUZA FILHO and PARADELLA, 2002).

The Caeté Estuary is located on the Bragantine Plain and is dominated by semidiurnal macrotides, with spring tides of up to 4-6 m. Tidal currents usually reach higher velocities (about 1.5 m/s) during equinoctial spring tides (COHEN et al., 1999).

The Cereja River discharges into the left margin of the Caeté Estuary. This 4 km-long river crosses the south of Bragança to reach the Caeté at its eastern margin.

The present study was carried out in the most urbanized and impacted part (in terms of estuarine contamination) of Bragança. The lack of a basic drainage system is one of the primary environmental issues in this area, and as a consequence of this, domestic, medical, and commercial sewage concentrates are discharged directly into both rivers on a daily basis. The area also has several public markets, fishery ports and ice factories that also contribute to the organic and inorganic contamination of the Caeté Estuary (Figure 2A and 2B).

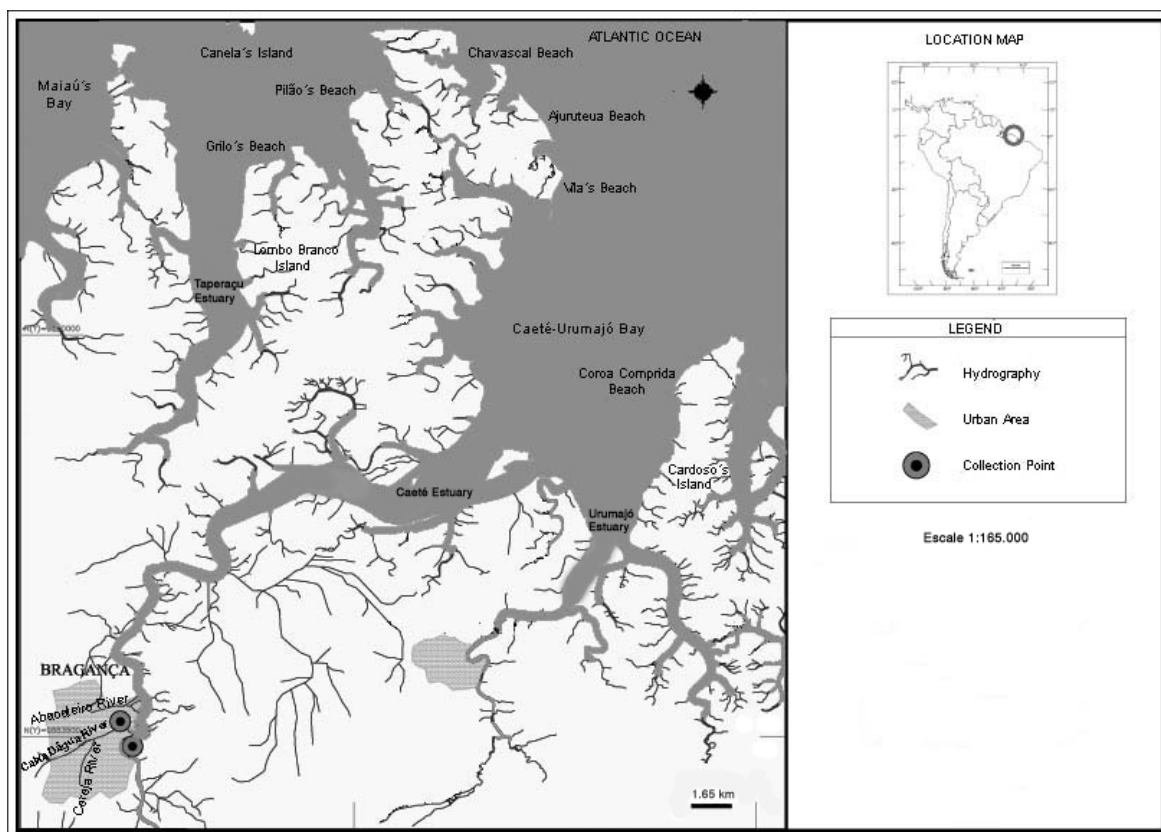


Figure 1. Study area.

4.4 METHODS

Water samples were collected every two months at two stations, one located in the Cereja River (station 1) and the other in the Caeté Estuary (station 2). The study took place between April 2006 and February 2007. Samples were collected (i) every 6 h over a 24-h period in the Caeté estuary (due to the influence of the tide) and (ii) once in the Cereja River (no tide). Hydrological and microbiological (fecal coliform data) variables were measured in the subsurface water (at a depth of 0-3m). Data were obtained from the analysis of water samples collected with Niskin oceanographic bottles. Water salinity, temperature and pH were recorded using multiparameter equipment. Field and laboratory procedures followed those recommended by the AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (2004) for fecal coliforms; Strickland and Parsons (1968) for dissolved oxygen; Strickland and Parsons (1972) and Grasshoff et al. (1983) for dissolved nutrients and Parsons and Strickland (1963) for chlorophyll a.



Figure 2. Examples of the lack of basic sanitation on the Bragança waterfront in the Caeté Estuary, Pará, Brazil.

4.5 RESULTS

Both hydrological and microbiological data presented marked seasonal variation apparently related to the distinct climatic seasons.

4.5.1 Caeté Estuary

The salinity of the Caeté Estuary varied from 0psu in April and June (rainy season) to 17psu in February (dry season), while the temperature of the water varied from 26.1°C (June) to 30.5°C in October (dry season). The pH values were higher during the dry season (8.24, February) than in the rainy period (6.09, April). The concentration of oxygen dissolved in the water ranged from 3.0mg/L in the dry season (December) to 8.4mg/L in the rainy season (June). Similarly, the concentration of chlorophyll a concentration in the water varied from 3.86mg/m³ in October to 24.09mg/m³ in April. With regard to dissolved nutrient concentrations, nitrates varied from 0.96μM (rainy season) to 54.35μM (dry season), nitrites from 0.11μM to 5.07μM, respectively, and phosphates from 0.22μM to 5.48μM (Figure 3). Fecal coliform concentrations were relatively high (> 1100 MPN/100ml).

4.5.2 Cereja River

Maximum salinity of the Cereja River was 1.38psu in December, and water temperature varied from 27.3°C in April and June (rainy season) to 29.7°C in October (dry season). The pH of the water was lowest during the dry season (5.9 in February) and highest in the rainy season, reaching 6.9 in June. Dissolved oxygen concentrations ranged from 2.55mg/L (August) to 9.1mg/L (December). Chlorophyll a concentrations varied from 5.1mg/m³ (August) to 34.8mg/m³ (June). Nitrate concentrations varied from 7µM (dry season) to 55.11µM (dry season), nitrites from 0.7µM (dry season) to 2.2µM, and phosphates from 0.65 to 1.85µM (Figure 4). Fecal coliform concentrations were high (> 1100 MPN/100ml) throughout the study period.

4.6 DISCUSSION

The rainy season in the study area usually spans the months between January and June. However, the rainiest months were between March 2006 and August 2006, while the period between September 2006 and February 2007 was typical of the dry season.

The Caeté River is 149km long and runs through seven municipalities (GORAYEB, 2008). Its estuary is dominated by semidiurnal macrotides and tidal currents that can attain velocities of up to 1.5m/s (COHEN et al., 1999). By contrast, the Cereja is a small, 4km-long river that is not affected by tidal cycles but is influenced strongly by precipitation levels.

The lowest salinity values were recorded in the rainy season at both stations as a consequence of elevated rainfall (about 2,200mm) (LARA, 2003) and river runoff. The input of freshwater from rainfall and runoff into the Caeté Estuary also appeared to contribute to the variation in pH readings, with the water being slightly acidic during the rainy season and alkaline during the dry season. The high dissolved oxygen concentrations recorded in the Caeté Estuary during the rainy season can be attributed to the high chlorophyll a levels, which are a direct consequence of photosynthesis and increased hydrodynamic processes. During the rainy season, urban sewage is diluted by the increased input of rainwater, which also results in increased river discharge into the Caeté Estuary, and contributes to the reduction in dissolved nutrient concentrations. In addition, high chlorophyll a concentrations may also have contributed to the observed

reduction in nutrient concentrations during the rainy season (consumption by phytoplankton). The highest dissolved nutrient concentrations observed during the dry season may be attributed to the input of more concentrated domestic and commercial sewage into the Caeté Estuary.

The pH of the Cereja River was slightly acidic due to the absence of estuarine water. In general, the highest nutrient concentrations were observed during the rainy season, when the Cereja was at its highest levels and received the input of domestic, commercial, and hospital sewage directly from clandestine outfalls. The high concentrations of dissolved nutrients during the rainy season contributed to those of chlorophyll a.

Illegal effluents were the main source of pollution at both stations, mainly in the form of organic particulate matter and fecal coliforms. The lack of basic sanitation and sewerage systems is a common problem in the Amazon region and similar results have been obtained at other coastal communities (PEREIRA et al., 2007).

The different patterns observed in the hydrological data (pH, chlorophyll a, dissolved oxygen, and dissolved nutrients) from the two stations appear to be a consequence of the distinct hydrographic conditions encountered in the two rivers. The Cereja appears to be the primary source of contamination for the Caeté Estuary during the rainiest months, reflected in the relatively high concentrations of dissolved nutrients, thermotolerant coliforms, and chlorophyll a recorded during this period.

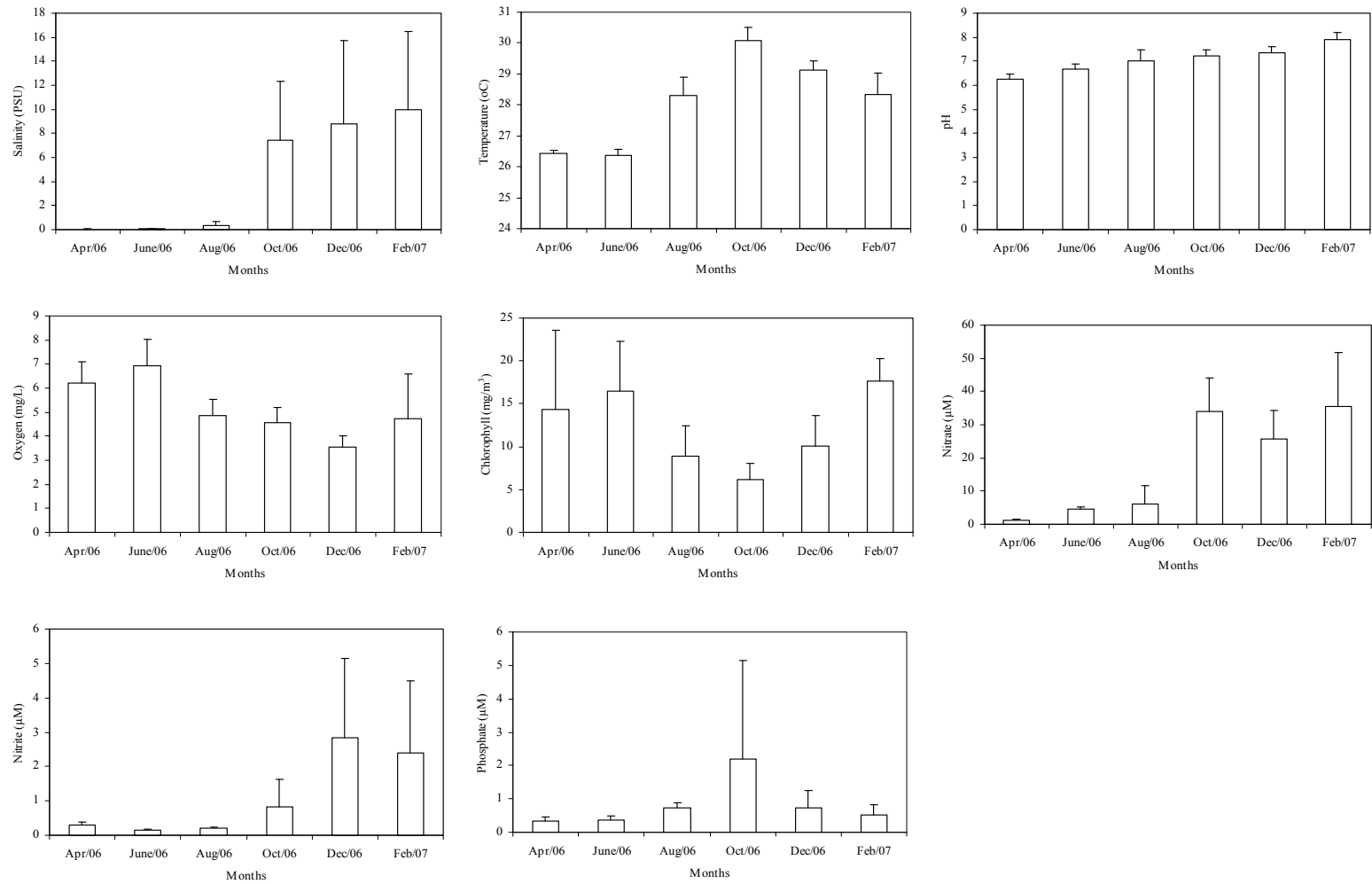


Figure 3. Hydrological variables in Caeté Estuary.

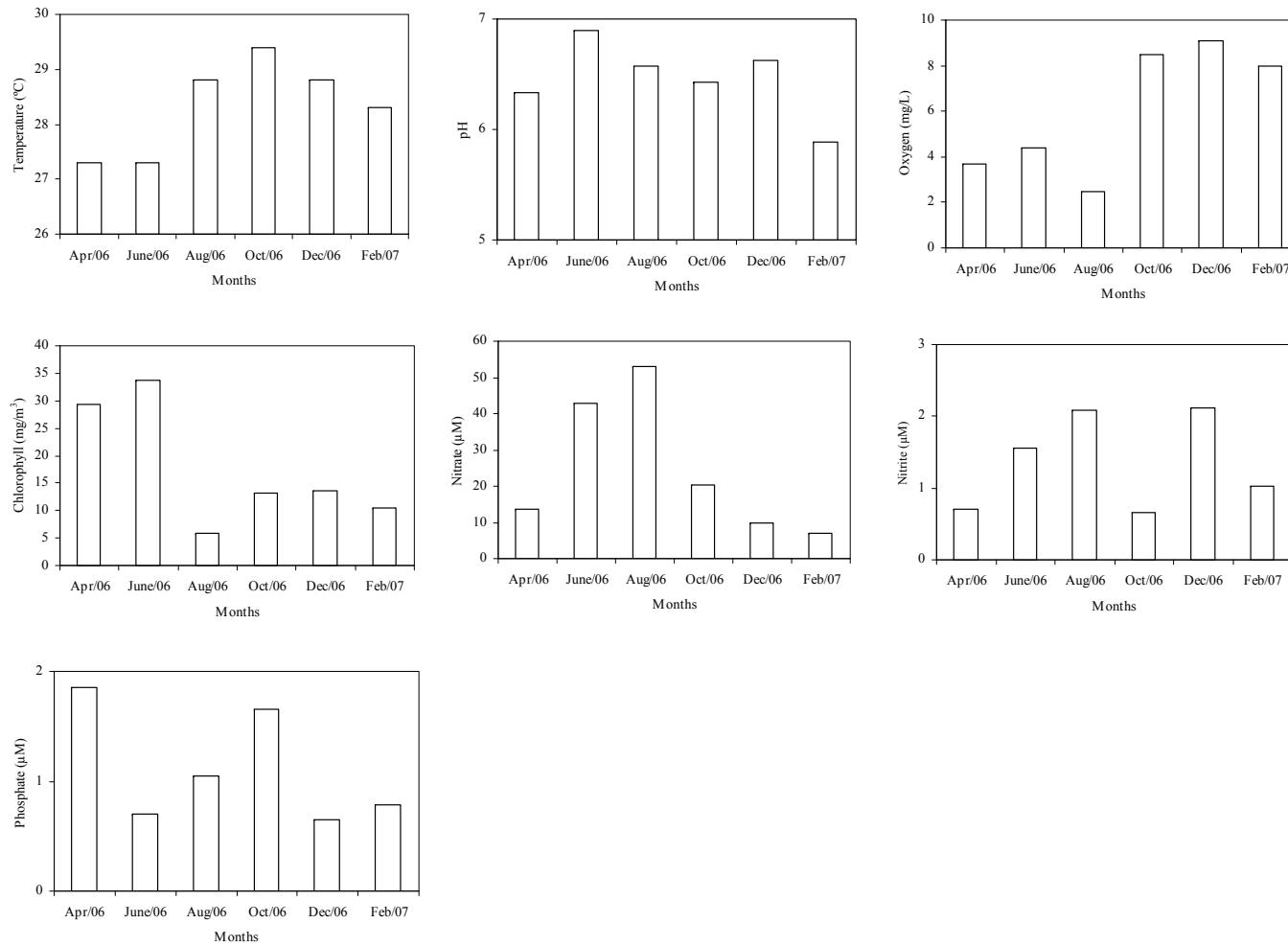


Figure 4. Hydrological variables in Cereja River

4.7 FINAL CONSIDERATIONS

The results obtained in the present study reflect the absence of an adequate system of drainage or sewage processing in the city of Bragança, which results in the release of untreated domestic, medical and industrial effluents into the local rivers. This obviously constitutes a hazard to both the environment and local populations, and requires urgent attention from the relevant public authorities. These problems could be fully or partly resolved by a series of measures, such as (i) construction of a sewage treatment plant; (ii) removal of all sewage or drainage outfalls from both rivers, and their connection to the drainage system; (iii) regulation of new wastewater inputs; (iv) development of a program of environmental and sanitary education aimed primarily at the protection and conservation of the quality of the water of the Cereja River and the Caeté Estuary.

4.8 LITERATURE CITED

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. Washington, D.C.: U.S. 2004. Disponível em: <http://www.standard.methods.org/Articles.cfm>. Acesso em: 04 out. 2004
- BLABER, S. J. M. 'Fish in hot water': the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. **Journal of Fish Biology**. 61, (Supplement A), 1–20, 2002.
- CICIN-SAIN, B.; KNECHT R.W. **Integrated coastal and ocean Management: Concepts and practices**. Washington, D.C.: Island Press, 517p. 1998.
- COHEN, M. C. L.; LARA, R. J.; RAMOS, J. F. F.; DITTMAR, T. Factors Influencing the Variability of Magnesium, Calcium and Potassium in Waters of a Mangrove Creek in Bragança, North Brazil. **Mangroves and Salt Marshes**. 3(1), 9-15, 1999.
- GLASER, M. Asymmetric outcomes: assessing central aspects of the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocypodidae), in North Brazil. **Ecological Economics**. 49, 361–373, 2004.
- GORAYEB, A. **Análise Integrada da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Caeté– Amazônia Oriental**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 203 p. 2008.

GRASSHOFF, K.; EMRHARDT, M.; KREMLING, K. **Methods of Seawater Analysis**. New York: Verlag Chemie, 419p. 1983

IBGE. **Cidades @**: 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/> Acesso em 05/08/2008.

IRTEM, E.; KABDASLI, S.; AZBAR, N. Coastal Zone Problems and Environmental Strategies to be implemented at Edremit Bay, Turkey. **Environmental Management**. 36(1), 37-47, 2005.

ISAAC, V. J.; BARTHEM, R. B. **Os Recursos pesqueiros da Amazônia brasileira**. PR-MCT/CNPq. Museu Paraense Emílio Goeldi, 339p. 1995.

KJERVE, B.; LACERDA L. D. Mangroves of Brasil. In: LACERDA, L. D. (ed.) **Mangrove ecosystems technical reports**. ITTO TS-13 (2), 245-272, 1993.

LARA, R. J. Amazonian mangroves – A multidisciplinary case study in Pará State, North Brazil: Introduction. **Wetlands Ecology and Management**. 11, 217–221, 2003.

MARTORANO, L. G.; PEREIRA, L. C.; CEZAR, E. G. M.; PEREIRA, I. C. B. - **Estudos Climatológicos do estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwhite, Mather)**. Belém, PA. SUDAM. 1993.

PARSONS, T. R.; STRICKLAND, J. D. H. Discussion of spectrophotometric determination of marine-plant pigments, with revised equations for ascertaining chlorophylls and carotenoids. **Journal Marine Research**, 21, 155-163, 1963.

PEREIRA, L. C. C.; GUIMARÃES, D. O.; COSTA, R. M.; SOUZA FILHO, P. W. M., Use and Occupation in Bragança Littoral, Brazilian Amazon. **Journal of Coastal Research**. SI50, 1116-1120, 2007.

SANTOS, M. L. S.; MEDEIROS, C.; MUNIZ, K.; FEITOSA, F. A. N.; SCHWAMBORN, R.; MACEDO, S. J. Influence of the Amazon and Pard Rivers on water composition and phytoplankton biomass on the adjacent shelf. **Journal of Coastal Research**. 24(3), 585-593, 2008.

SOUZA FILHO, P. W. M.; PARADELLA, W. R. Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (Brazilian Amazon region) from Landsat TM and Radarsat-1 data. **Wetlands Ecology and Management**. 10, 123-132, 2002.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A. The Practical Handbook of Seawater Analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canadá.** 167, 1-311, 1968.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. A. Manual of Seawater Analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canadá.** 125, 1-205, 1972.

4.9 ACKNOWLEDGEMENTS

This study is one of the results of the Casadinho Project (#552621/2005-5) and CT-Agro Project (#552760/2005-6), both of which are supported by the Brazilian Council for Scientific and Technological development (CNPq). The authors Pereira and Costa would like to thank CNPq for their research grants (#304392/2005-7) and (#308953/2006-1), respectively. We thank the Dr. Stephen Ferrari for his helpful comments on the English version.

CAPÍTULO V

5. EXPLOITATION AND MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES BY RURAL COMMUNITIES IN THE CAETÉ RIVER BASIN IN NORTHERN BRAZIL⁵

5.1 ABSTRACT

The Caeté River basin is located on the Amazon coast, and has an area of 2195 km². The main river runs some 149 km from its source, in the municipality of Bonito, to its mouth, in Bragança and Augusto Corrêa, and passes through four other municipalities, and 18 rural communities. The aims of the present study were to (i) demonstrate the effects of anthropogenic impacts and natural phenomena on the natural resources available to these communities, and (ii) present guidelines for the implementation of effective environmental management strategies by local authorities. Data were collected between January and June, 2006, using direct observation and analysis of water in 23 wells for the assessment of the presence of fecal coliforms. Data from previous studies were also used for the mapping of the main environmental problems. The Caeté Basin is located in the most populated portion of northeastern Pará, and over the past few decades, a number of anthropogenic impacts have been increasing, with growing pressure on local resources. The lack of effective public policy has accentuated both environmental and socio-economic problems. The authors suggest several measures to improve the current situation, including: (i) the regulation of land use to reduce the environmental impact of the economic sector; (ii) implementation of management programs for the sustainable exploitation of natural resources (fish, crabs, clay, lumber); (iii) installation of public services, in particular piped water and sanitation; (iv) better monitoring and penalization of the illegal exploitation of natural resources.

ADDITIONAL INDEX WORDS: Environmental, Management, Hydrographic Basin, Amazon littoral.

⁵ Publicado Journal of Coastal Research SI 64, 1228-1232, 2011. Autores: Danielly de Oliveira Guimarães, Luci Cajueiro Carneiro Pereira, Adryane Gorayeb, Rauquirio Marinho da Costa.

5.2 INTRODUCTION

Coastal zones and exoreic basins are linked through hydrological discharges, forming continuous fluvial-marine systems. Over the past few decades, population growth and economic development have been exerting ever-increasing impacts on these complex systems worldwide (GRAY and BECKER, 2002; TURGEON et al., 2004; OUYANG et al., 2006; BATARSEH, 2006; PLUMMER and LONG, 2007; D'ALESSANDRO et al., 2007). In Brazil, around two-thirds of the 190 million inhabitants live within 100 km of the coast, and the ongoing urbanization of this zone creates burgeoning pressures on its natural resources. While integrated management of the country's coastal zones and basins is currently a major environmental challenge, it has received limited attention from either scientists or local authorities (SZLAFSZTEIN, 2003; NICOLODI et al., 2009).

The westernmost basin of the Northeast Atlantic region is one of Brazil's 12 hydrographic regions. It encompasses the catchment basins flowing towards the Atlantic coast in the area between western Maranhão and eastern Pará. The region includes a diversity of ecosystems, including rainforests, mangroves, estuaries, and rivers (LARA, 2003). Population density is low and there is little industrial development, but agriculture, mining, fisheries, and tourism are relatively well-developed (SZLAFSZTEIN and STERR, 2007).

The Caeté River basin is located in northeastern Pará, and has an area of 2,195 km² (GORAYEB et al., 2009). The main river runs some 149 km from its headwaters, in the municipality of Bonito, to its mouth, in Bragança and Augusto Corrêa, and passes through four other municipalities – Ourém, Capanema, Tracuateua, and Santa Luzia do Pará. The Caeté Basin is located in the most populated portion of northeastern Pará, and over the past few decades, anthropogenic impacts have been increasing, with growing pressure on local resources (PEREIRA et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2009a; PEREIRA et al., 2010; GORAYEB et al., 2010). The lack of effective public policy has accentuated both environmental and socio-economic problems. Given this, the aims of the present study were (i) to demonstrate the effects of both anthropogenic impacts and natural phenomena on the natural resources available to the rural communities of the Caeté Basin, and (ii) present proposals for the implementation of effective coastal management strategies by local authorities.

5.3 STUDY AREA

The Caeté River basin is located in northeastern Pará. The main river channel runs through a total of 18 rural communities, which were surveyed in the present study (Figure 1). Two of these communities – Arraial do Caeté, in the municipality of Ourém and São João do Caeté/Ramal da Onça in Santa Luzia do Pará – are located on the upper Caeté. Eight communities (São João do Caeté/Vila do Caeté, and Tentugal in Santa Luzia do Pará; Nova Mocajuba, Arimbú, Jutai, Tororomba, Monte Alegre, and Fazendinha in Bragança) are located in the river's mid sector, while the remaining eight (Camutá, Sítio Grande, Vila Quiera, Caratateua, Bacuriteua, Acarajó, Vila dos Pescadores in Bragança, and Ponta Urumajó in Augusto Corrêa) are in the lower basin (GORAYEB et al., 2009). The local climate is characterized by two distinct seasons (rainy and dry). Around 85-90% of the annual precipitation falls during the rainy season (normally from January to June), which is when intense fluvial flooding occurs. Minimum and maximum temperatures are around 18°C and 33°C, respectively, with an annual mean of 25.5°C (PARÁ, 2004).

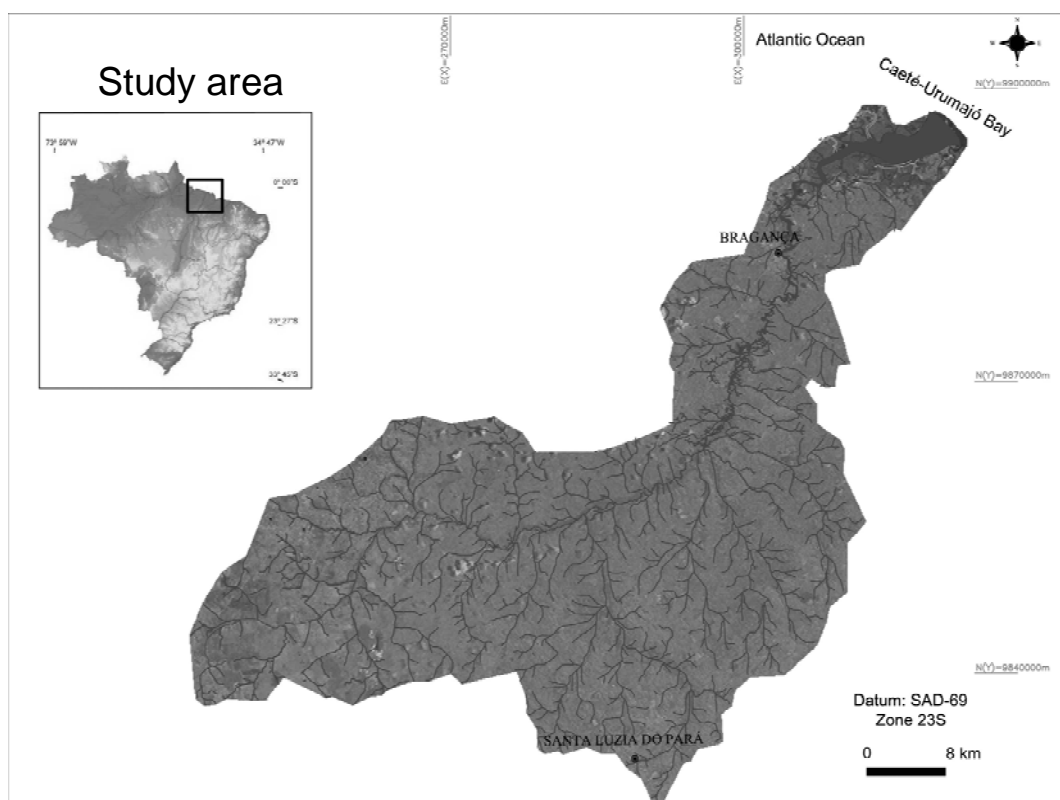


Figure 1. Localization of the Caeté River basin in northern Brazil.

Guimarães *et al.* (2009a) recorded a total of 2,207 families living in these 18 rural communities, with a total population of 9,573 inhabitants. The majority of this population has low income, limited education and poor living conditions. Inadequate services and infrastructure include a lack of public sanitation or water supplies, refuse collection, schools, or medical assistance. The local economy is based on fishing, farming, and shopkeeping (PEREIRA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2006; GOMES *et al.*, 2009; GUIMARÃES *et al.*, 2009a).

5.4 METHODS

Data were collected between January and June, 2006, using direct observation to demonstrate the effects of both anthropogenic impacts and natural phenomena on the natural resources available to the rural communities of the Caeté Basin. The main environmental impacts were identified, georeferenced, photographed, and mapped. During the same period, samples of water were collected from 23 wells (at least one from each community) for testing for the presence of thermotolerant coliforms (FIELDA and SAMADPOUR, 2007; BORDALO and SAVVA-BORDALO, 2007). The samples were analyzed using the AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA, 2004) method. Studies about social and economic pressures, and exploration of the natural resources in that hydrographic basin were also used to support the local mapping and the proposals for the environmental management. Finally, we suggest several guidelines for the effective management of the natural resources of the Caeté Basin by the pertinent local authorities.

5.5 RESULTS AND DISCUSSION

Human pressure was found in the 18 rural communities along the Caeté Basin, and the principal environmental problems were related to solid waste disposal, discharge of untreated effluents, illegal capture of ornamental fish, mining extraction, over exploration of fishes and crabs, deforestation and oil spill. The description of the social and economic pressures, as well as the mapping of the pressure indicators are shown below.

5.5.1 Economic activities

The mid and upper river sectors

The total population of the upper and middle Caeté Basin is estimated at 3,053 inhabitants, and the main economic activities are agriculture and ranching (GORAYEB et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2009a). Manioc, beans, rice, corn, oranges, açai (*Euterpe oleracea*) and cupuaçu (*Thebroma grandiflorum*) are the main crops. While provides employment or subsistence for a large part of the local population, it has also transformed the local landscape (Figure 2A), provoked erosion (Figure 2B) and affected the fertility of the soil (GORAYEB et al., 2010).

The river's primary springs are found on a cattle ranch in Bonito. A large number of cattle ranches are also found in Nova Mocajuba. Ranching is a primary cause of illegal deforestation (Figure 2C) and riverbank erosion (Figure 2D). In addition, smallholders in both municipalities are under constant pressure from major landowners to sell their properties for conversion into pasture (GUIMARÃES et al., 2009a).

In Fazendinha, the extraction of clay (Figure 2E) for the fabrication of bricks, tiles, and other ceramic products, has resulted in the alteration of water courses, loss of topsoil and the proliferation of vector insects in abandoned pits. This has resulted in the propagation of diseases such as malaria, and dengue and yellow fevers in this community (SILVA et al., 2009). Deforestation for the production of firewood for the ceramics kilns is also a problem (SILVA et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2009a). This economic activity has attracted an influx of migrants from other communities, which has generated social conflicts resulting from squatting, unemployment, and the over-exploitation of clay deposits (SILVA et al., 2009).

In this sector of the basin, a number of other problems were observed (GORAYEB et al., 2009, 2010), including the illegal capture of ornamental fish for the black market (Figure 2F), the illegal exploration of gravel and sand (Figure 2G) to supply the local construction market, and illegal deforestation (Figure 2C) for the production of charcoal and firewood to fuel the kilns and other establishments such as bakers and pizzerias.

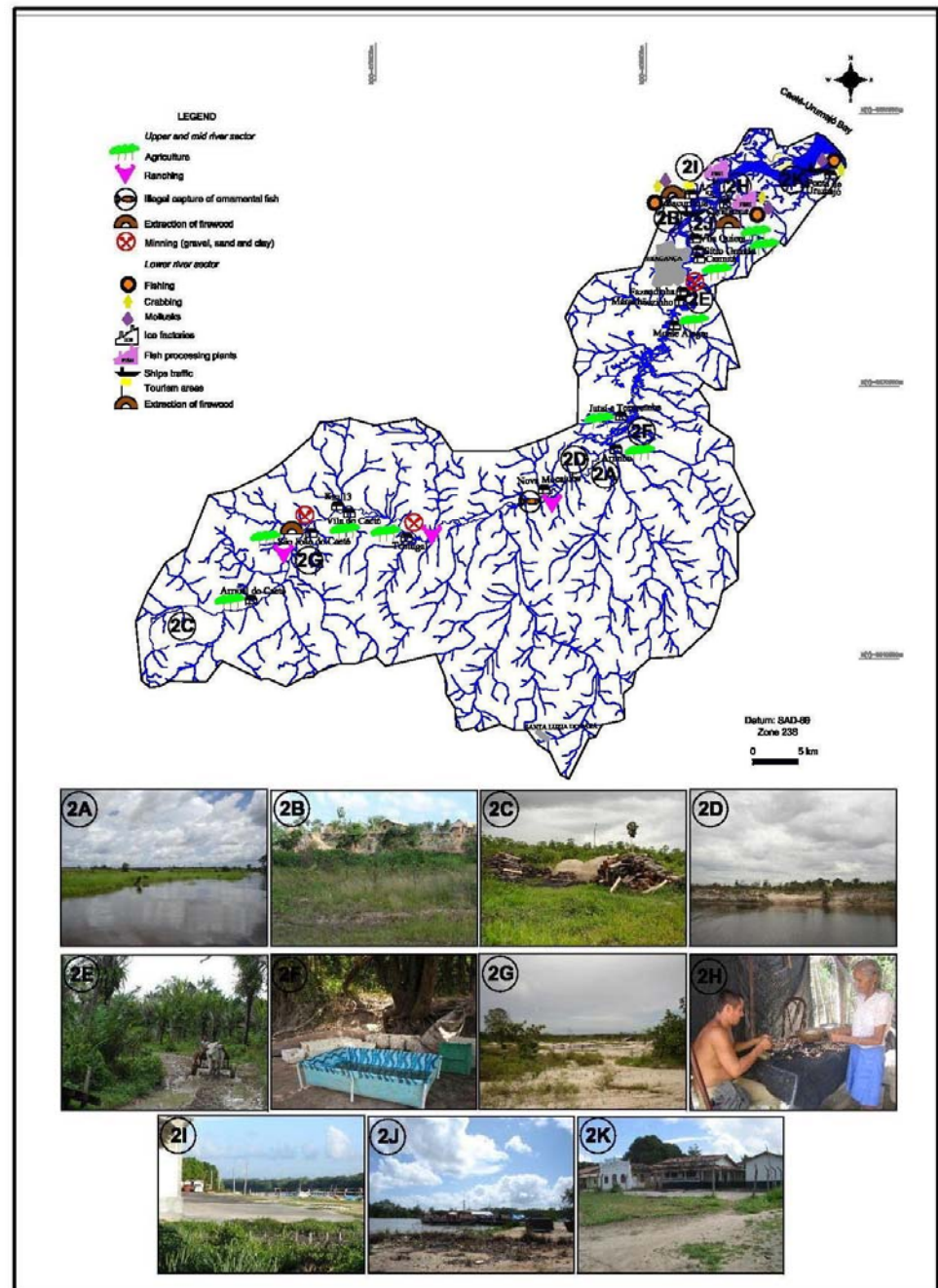


Figure 2. General conditions recorded around rural communities of the Caeté River Basin.

The lower river

The estuarine sector of the basin has an estimated population of 6,520 inhabitants (GUIMARÃES et al., 2009a). This sector is partly located within the Caeté-Taperaçu Marine Extractive Reserve, which is destined for the sustainable exploitation of natural resources by the traditional local populations. This is based on fishing, crabbing (mainly the mangrove crab, *Ucides cordatus*) and harvesting of mollusks, such as *Mytella* sp. (GLASER and GRASSO, 1998; KRAUSE et al., 2001; GLASER, 2003; KRAUSE and GLASER, 2003; GLASER and DIELE, 2004). However, overexploitation of *U. cordatus* has led to a decline in stocks, and a reduction in the income of some households. The processing of crabmeat (Figure 2H) by the local women was an important component of the local economy (MAGALHÃES et al., 2007), but it was recently prohibited by the public prosecutor's office.

Ice factories and fish processing plants (Figure 2I) in Bacuriteua and Caratateua are part of the industrial fishery infrastructure that supplies local, national, and international markets. While this industry provides employment for local residents, it has also attracted migrant workers from other regions of Brazil, which has, once again, generated social conflicts resulting from problems such as limited employment opportunities and squatting (SILVA et al., 2006). In addition, the fishing boats (Figure 2J) have been responsible for oil spills and the dumping of solid waste into the Caeté estuary (SILVA et al., 2006; GORAYEB et al., 2009).

In this estuarine sector, mangrove forests have also been destroyed illegally for the production of charcoal and firewood.

Flooding and other natural processes (equinoctial spring tides) have caused erosion in Vila dos Pescadores, which has resulted in the destruction of local buildings, mangroves and dunefields (KRAUSE and GLASER, 2003; PEREIRA et al., 2006; SZLAFSZTEIN and STERR, 2007 and PEREIRA et al., 2009). The intertidal zone of the local beach is around 700 m wide, but the topographic profile monitoring of its tidal channel has revealed a 12 m decrease in this zone per year (PEREIRA et al., 2007).

Services

The lack of public services – in particular sanitation, piped water, and refuse collection – was a problem common to all the communities surveyed in this study,

which affects both public health standards and the quality of the environment. The disposal of solid waste and the discharge of untreated effluents into the river throughout its course have affected the quality of the water in all three sectors (SILVA et al., 2006 2009; PEREIRA et al., 2006, 2009, 2010; GORAYEB et al., 2009, 2010; GOMES et al., 2009). The figure 2H shows the rudimentary building in Ponta de Urumajó.

Studies in the town of Bragança and neighboring Cereja River have shown that outlets at the waterfront discharge untreated sewage directly into the Caeté estuary, and that the local macrotides can transport this pollution some distance upriver (GUIMARÃES et al., 2009b; PEREIRA et al., 2010). In the present study, 21 of the 23 wells analyzed had measurable levels of thermotolerants coliforms. The two uncontaminated wells, which are both located in Caratateua, are some distance from polluted areas and are over 30 m in depth. All other wells were considered improper for human consumption, with coliform concentrations of between 3 and more than 1100 NMP/100ml. Given the lack of a public sanitation system within the study area, these findings constitute clear evidence of the contamination of local groundwater by thermotolerants coliforms. In almost all cases, the wells are relatively shallow and located near cesspits, refuse deposits or animal enclosures. Similar bacterial contamination of wells has been recorded at other locations of the Amazon region (AMARAL et al., 1994; SILVA and ARAÚJO, 2003; NASCIMENTO and BARBOSA, 2005).

The lack of adequate supplies of drinking water has serious implications for public health. Diarrhea is one of the most common ailments reported by the residents of all 18 communities (GORAYEB et al., 2009). The results of the present study indicate a clear and pressing need for special regulatory measures within the basin.

5.6 FINAL CONSIDERATIONS

The higher population density and anthropogenic pressures were observed around the lower river sector. Management strategies are urgently required at all levels of government (municipal, state, and federal) and the authors suggest the following measures as a means of reducing impacts: (i) effective regulation of land use, in order to avoid conflicts between the economic sector and the protection of natural resources; (ii) urban planning, to ensure the management of natural resources and landscapes; (iii)

implementation of management programs for the sustainable exploitation of natural resources (fish, crabs, clay, lumber), which is essential to the subsistence of most inhabitants; (iv) installation of public services, in particular piped water and sanitation, in order to improve the quality of life of the inhabitants, and reduce the incidence of disease; (v) better monitoring and penalization of the illegal exploitation of natural resources.

5.7 LITERATURE CITED

AMARAL, L. A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; NADER FILHO, A.; ALEXANDRE, A.V. Avaliação da qualidade higiênico-sanitária da água de poços rasos localizados em uma área urbana: utilização de colifagos em comparação com indicadores bacterianos de poluição fecal. **Revista Saúde Pública** 28(5), 345-348, 1994.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. Washington, D.C.: U.S. 2004. Disponível em: <http://www.standard.methods.org/Articles.cfm>. Acesso em: 04 out. 2004.

BATARSEH, M. I. The quality of potable water types in Jordan. **Environmental Monitoring and Assessment**. 117, 235–244. DOI: 10.1007/s10661-006-0992-x, 2006.

BORDALO, A. A.; SAVVA-BORDALO, J. The quest for safe drinking water: An example from Guinea-Bissau (West Africa). **Water Research**. 41, 2978-2986, 2007.

D' ALESSANDRO, W.; BELLOMO, S.; PARELLO, F.; BRUSCA, L.; LONGO, M. Survey on fluoride, bromide and chloride contents in public drinking water supplies in Sicily (Italy). **Environmental Monitoring and Assessment**. DOI 10.1007/s10661-007-0039-y, 2007.

FIELDA, K. G.; SAMADPOUR, M. Fecal source tracking, the indicator paradigm, and managing water quality. **Water Research**. 41, 3517-3538, 2007.

GLASER, M.; DIELE, K. Asymmetric outcomes: assessing central aspects of the biological, economic and social sustainability of a mangrove crab fishery, *Ucides cordatus* (Ocypodidae), in North Brazil. **Ecological Economics**. 49, 361-373, 2004.

GLASER, M.; GRASSO, M. Fisheries of a mangrove estuary: dynamics and dependencies between economy and ecosystem in the Caeté Bay, North-eastern Pará, Brazil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Zoologia**. 14, 95-125, 1998.

- GLASER, M. Interrelations between mangrove ecosystem, local economy and social sustainability in Caeté Estuary, North Brazil. **Wetlands Ecology and Management**. 11, 265-272, 2003.
- GOMES, R. K. S.; PEREIRA, L. C. C.; RIBEIRO, M. de J.; COSTA, R. M. da. Dinâmica Socioambiental em uma Comunidade Pesqueira Amazônica, PA-Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. Itajaí, 9(2), 101-111, 2009
- GORAYEB, A.; LOMBARDO A. M.; PEREIRA, L. C. C. Qualidade da Água e Abastecimento na Amazônia: o exemplo da bacia hidrográfica do rio Caeté. **Mercator (UFC)**. 18, 135-157, 2010.
- GORAYEB, A.; LOMBARDO A. M.; PEREIRA, L. C. C. Condições Ambientais em Áreas Urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté – Amazônia Oriental - Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. Itajaí, 9(2), 59-70, 2009.
- GRAY, S. R.; BECKER, N. S. C. Contaminant flows in urban residential water systems. **Urban Water**. 4, 331-346, 2002.
- GUIMARÃES, D. O.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Aspectos Socioeconômicos e ambientais das comunidades rurais da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté (Pará – Brasil). **Revista da Gestão Costeira Integrada**. Itajaí, 9(2), 71-84, 2009a.
- GUIMARÃES, D. de O.; PEREIRA L. C. C.; MONTEIRO, M. C.; GORAYEB, A.; COSTA, R. M. Effects of the urban influence on the Cereja River and Caeté Estuary (Amazon littoral, Brazil). **Journal of Coastal Research**. SI56, 1219–1223, 2009b.
- KRAUSE, G.; GLASER, M. Co-evolving geomorphological and socioeconomic dynamics in a coastal fishing village of the Bragança region (Pará, North Brazil). **Ocean & Coastal Management**. 46, 859–874, 2003.
- KRAUSE, G.; SCHORIES, D.; GLASER, M.; DIELE, K. Spatial patterns of mangrove ecosystems: the Bragantian mangroves of North Brazil (Bragança, Pará). **Ecotropica**. 7, 93-107, 2001.
- LARA, R. J. Amazonian mangroves – A multidisciplinary case study in Pará State, North Brazil: Introduction. **Wetlands Ecology and Management**. 11, 217–221, 2003.
- MAGALHÃES, A.; COSTA, R. M. da; SILVA, I. R.; PEREIRA, L. C. C. The role of women in the mangrove crab (*Ucides cordatus*, Ocypodidae) production process in North Brazil (Amazon region, Pará). **Ecological Economics**. 61, 559-565, 2007.

- NASCIMENTO, S. A. M.; BARBOSA, J. S. F. Qualidade da água do aquífero freático no Alto Cristalino de Salvador, Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**. 35(4), 543-550, 2005.
- NICOLODI, J. L.; ZABONI, A.; BARROSO, G. F. Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas e Zonas Costeiras no Brasil: Implicações para a Região Hidrográfica Amazônica. **Revista da Gestão Costeira Integrada**. Itajaí, 9(2), 9-32, 2009.
- OUYANG, Y.; NKEDI-KIZZA, P.; WU, Q. T.; SHINDE, D.; HUANG, C. H. Assessment of seasonal variations in surface water quality. **Water Research**. 40, 3800-3810, 2006.
- PARÁ. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. **Macrozoneamento ecológicoeconômico do estado do Pará/2004: proposta para discussão**. Belém. 2004.
- PEREIRA, L. C. C.; SOUZA FILHO, P. W. M.; RIBEIRO, M. J. S.; PINHEIRO, S. C. C.; NUNES, Z. M. P.; COSTA, R. A. A. M. Dinâmica socioambiental na Vila dos Pescadores (Amazônia Oriental, Pará, Brasil). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. 13, 125-136, 2006.
- PEREIRA, L. C. C.; GUIMARÃES, D. de O.; COSTA, R. M. da; SOUZA FILHO, P. W. M. Use and Occupation in Bragança Littoral, Brazilian Amazon. **Journal of Coastal Research**. SI50, 1116-1120, 2007.
- PEREIRA, L. C. C.; RIBEIRO, C. M. M.; MONTEIRO, M. C.; ASP, N. Morphological and sedimentological changes in a macrotidal sand beach in the Amazon littoral (Vila dos Pescadores, Pará, Brazil). **Journal of Coastal Research**. SI56, 113-117, 2009.
- PEREIRA, L. C. C.; MONTEIRO, M. C.; GUIMARÃES, D. O.; MATOS, J. B.; COSTA, R. M. da. Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté river estuary, Brazilian Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 82(2), 467-478, 2010.
- PLUMMER, J. D.; LONG, S. C. Monitoring source water for microbial contamination: Evaluation of water quality measures. **Water Research**. 41, 3716-3728, 2007.
- SILVA, C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**. 8(4), 1019-1028, 2003.

SILVA, I. R.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Uso e Ocupação em uma comunidade pesqueira na margem do estuário do rio Caeté (PA, Brasil). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**. 13, 11-18, 2006.

SILVA, I. R.; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. Exploração de argila em Fazendinha e os Impactos Socioambientais (Amazônia, Brasil). **Revista da Gestão Costeira Integrada**. Itajaí, 9(2), 85-90, 2009.

SZLAFSZTEIN, C. **Vulnerability and response measures to natural hazard and sea level rise impacts: long-term coastal zone management, NE of the State of Pará, Brazil**. ZMT-Contributions, Bremen University, 17, pp. 1-192, 2003.

SZLAFSZTEIN, C.; STERR, H. A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazard, state of Pará, Brazil. **Journal of Coastal Conservation**. 11, 53-66, 2007.

TURGEON, S.; RODRIGUEZ, M. J.; THÉRIAULT, M.; LEVALLOIS, P. Perception of drinking water in the Quebec City region (Canada): the influence of water quality and consumer location in the distribution system. **Journal of Environmental Management**. 70, 363-373, 2004.

5.8 ACKNOWLEDGEMENTS

This study is a product of the CT-AGRO project n. 552760/2005-6 and universal project n. 471985/2004-0 supported by the Brazilian National Research Council (CNPq). The authors would like to thank CNPq and Capes for their individual research grants. We are also indebted to Stephen Ferrari for careful correction of the English.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSÃO GERAL

A maior parte da população que reside nas dezoito comunidades rurais da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté é jovem, com baixa escolaridade, e tem a agricultura ou pesca como as principais atividades econômicas, embora muitas famílias dependam exclusivamente dos benefícios do Governo Federal.

O perfil sócio-econômico tem refletido nas condições precárias de moradia e de vida destas famílias. Por outro lado, a falta de investimento por parte do governo e organização comunitária têm resultado na precariedade dos serviços públicos disponíveis, incluindo assistência médica, educação de qualidade, saneamento básico, segurança, iluminação, transporte, *etc.*

A precariedade dos serviços públicos tem gerado problemas ambientais e de saúde humana. Um dos principais problemas está relacionado à contaminação da água usada no abastecimento nas comunidades rurais. A profundidade e o tipo dos poços, bem como a presença de fossas e as atividades antrópicas desenvolvidas próximas aos mesmos têm comprometido a qualidade destas águas subterrâneas que mostrou-se imprópria com relação a uma ou mais variáveis estudadas. A falta de uma coleta de lixo eficiente também tem gerado problemas ambientais e causado riscos à saúde humana. Como resultado da precariedade no sistema de saneamento básico, algumas doenças são frequentemente registradas entre os moradores entrevistados *e.g.* malária, dengue, gripe, febre, diarreia, doenças de pele e doenças respiratórias.

Na cidade de Bragança, a falta de um sistema de canalização básica tem comprometido a qualidade da água dos rios Caeté (setor estuarino que margeia o centro de Bragança) e Cereja (próximo à desembocadura no Caeté). O rio Cereja é mais uma fonte de contaminação para o Caeté e ambos apresentam características de ambientes eutróficos, apresentando elevadas quantidades de coliformes termotolerantes (fecais) e a ocorrência de algumas espécies fitoplanctônicas indicadoras de ambientes eutróficos.

Além da presença de lixo e contaminação das águas superficiais e subterrâneas, a captura ilegal de peixes ornamentais, a extração sem planejamento de minerais (argila, seixo, *etc.*), a sobre-exploração de recursos biológicos (caranguejo, peixes), o desmatamento, entre outros são algumas das atividades exploratórias que vêm degradando a Bacia Hidrográfica do Caeté.

Diante dos resultados obtidos foi possível sugerir as seguintes medidas:

- (i) Informar e conscientizar os comunitários e as autoridades administrativas sobre os problemas ambientais e socioeconômicos;
- (ii) Incluir a maior parte dos setores afetados (*e.g.* residencial, comercial, agricultura, pesca, minérios, *etc.*);
- (iii) Implementar programas de exploração sustentável dos recursos naturais para que estes continuem produzindo bons e valorados serviços (reserva de minérios, manguezal, estuário e rio do Caeté, entre outros);
- (iv) Elaborar planos de ocupação territorial para evitar conflitos entre os setores econômicos e os recursos naturais, bem como garantir a paisagem natural local;
- (v) Melhorar os serviços e infra-estrutura, fornecendo energia elétrica, água potável, ensino de qualidade, boa assistência médica, rede de tratamento de esgoto, coleta regular de lixo e transporte público para todas as comunidades. Para tanto será necessário:
 - Construir poços eficientes e em lugares adequados;
 - Garantir a coleta pública de lixo e construções de aterros sanitários, atendendo as exigências da legislação vigente;
 - Construção de escolas públicas, com o ensino fundamental e médio completo com ajuste no calendário escolar para minimizar a evasão durante os períodos de safra;
 - Construir postos de saúde;
 - Estabelecer o funcionamento de linhas de transporte público, para facilitar o acesso de algumas comunidades às sedes dos municípios;
 - Construir uma rede de tratamento de esgoto;
 - Aumentar o número de postes e de policiamento nas áreas de conflitos;
 - entre outros.
- (vi) Promover a participação do público afetado, através de discussão aberta e atender às idéias e necessidades requeridas;
- (vii) Estabelecer a comunicação entre os setores afetados e manter todos informados ao longo das várias etapas do plano;

(viii) Promover ações de educação ambiental junto à comunidade, associações, instituições públicas e privadas a fim de provocar ações participativas e integradas das comunidades, poder público e instituições de ensino e pesquisa, visando a mitigação dos problemas encontrados e melhoramento da qualidade de vida das comunidades estudadas.