

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM SUSTENTABILIDADE DE ECOSISTEMAS

**O ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA
(ISA) COMO FERRAMENTA DE CONTRIBUIÇÃO ÀS POLÍTICAS
PÚBLICAS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO NA
BACIA DO RIO BACANGA, SÃO LUÍS/ MA.**

Jackgrayce Dutra Nascimento

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas, como requisito para a obtenção do título de mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas

Orientador: Marco Valério Jansen Cutrim

Agência financiadora: FAPEMA

São Luís

2010

Nascimento, Jackgrayce Dutra

O Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA) como ferramenta de contribuição às Políticas Públicas de desenvolvimento e conservação na bacia do rio Bacanga, São Luís/MA, 2010.

95 folhas

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas, 2010.

1. Índice de Sustentabilidade. 2. Indicadores. 3. Bacia do rio Bacanga.

CDU 504.453

*Dedico esta dissertação
A Deus, em primeiro lugar,
A minha família, pelo apoio incondicional
A Juliana, minha amada afilhada.*

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não seria possível se não houvesse a participação e colaboração de profissionais e amigos, que de forma direta ou indireta contribuíram para a execução do mesmo. Em especial agradeço:

- A Deus, pelo dom da vida, saúde e paz;
- Ao prof. Dr. Marco Valério Jansen Cutrim, pela orientação, paciência e pelas valiosas informações e ensinamentos para a vida profissional e pessoal;
- Ao prof. Dr. Antônio Carlos Leal de Castro pela sua contribuição e amizade;
- Ao prof. Dr. Cláudio Urbano B. Pinheiro pelas informações científicas;
- Ao prof. Dr. Márcio Vaz, pelas respostas precisas e seu profissionalismo;
- Ao Ronni pelo amor, compreensão, apoio e horas de descontração;
- Às amigas construídas ao longo desses dois anos, Adriana Coimbra e Miqueias Souza;
- A equipe social da SEMOSP, em especial, Rosângela Rayol, pela compreensão e confiança;
- Às instituições CAEMA, Instituto das Cidades e IBGE;
- À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Maranhão – FAPEMA – pela concessão da bolsa de mestrado.

RESUMO

O ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO USO DA ÁGUA (ISA) COMO FERRAMENTA DE CONTRIBUIÇÃO ÀS POLÍTICAS PÚBLICAS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO NA BACIA DO RIO BACANGA, SÃO LUÍS/ MA.

A bacia hidrográfica é um sistema ambiental complexo, resultante das inter-relações entre os subsistemas físico-natural e socioeconômico. A identificação da mesma como unificadora dos processos ambientais e das interferências humanas leva a sua adoção como unidade de pesquisa, permitindo a avaliação da qualidade e sustentabilidade ambiental, a partir da análise de fatores físico-químicos, biológicos e socioeconômicos. Este trabalho tem como objetivo a composição de um Índice de Sustentabilidade do uso da Água (ISA) que permita subsidiar a adoção de políticas públicas no sentido da sustentabilidade do uso dos recursos hídricos. Para a construção do ISA foram analisadas duas dimensões: ecológica e socioeconômica. Na Dimensão Ecológica (DE) utilizou-se indicadores físico-químicos (pH, OD, amônia, nitrato e fosfato), biológicos (fitoplâncton) e o índice de preservação ambiental (IP); na Dimensão Socioeconômica (DS) utilizou-se os indicadores de renda, educação e saneamento, gerando um índice para as cinco sub-bacias da bacia do rio Bacanga e para a bacia como um todo. Para os indicadores físico-químicos e biológicos foram utilizados dados pretéritos de Martins (2008) e Costa (2008). Os resultados da aplicação do ISA estão pautados não somente na proposta de uma ferramenta de avaliação do grau de sustentabilidade da bacia do rio Bacanga, mas também na capacidade de apontar os principais responsáveis pelos avanços e retrocessos na busca da sustentabilidade. As 5 sub-bacias estudadas apresentaram comprometimento significativo da sustentabilidade. O índice mais baixo, 0,29 foi verificado para a sub-bacia 5 (Jambeiro), revelando uma sustentabilidade fraca. As sub-bacias 3 (Mamão) e 4 (Gapara) apresentaram o mesmo valor 0,36, demonstrando que a qualidade ambiental desses ambientes está comprometida. Já as sub-bacias 1 (Barragem) e 2 (Bicas) apresentaram um índice maior em relação às outras 0,43 e 0,42 respectivamente. Essas sub-bacias apesar de ter uma expansão populacional mais antiga e conseqüentemente maior área antropizada, possui bons serviços como abastecimento de água e oferta de escolas. O ISA para a bacia do rio Bacanga foi de 0,37 demonstrando que a bacia enquadra-se como um ambiente poluído. Verifica-se na bacia de um lado, a saturação da capacidade de sustentação do subsistema físico-natural nas áreas em que este favorece a ocupação urbana, situação provocada principalmente pela impermeabilização elevada do solo e alta concentração populacional; do outro lado, constata-se que as áreas de maior fragilidade natural tendem a ser ocupadas pela população socialmente excluída e mais vulnerável aos riscos ambientais, alimentando uma dinâmica em que baixa qualidade de vida e baixa qualidade ambiental se reforçam mutuamente. O ISA se mostrou uma ferramenta adequada para subsidiar tomadores de decisão e formuladores de políticas públicas no processo de construção de caminhos mais sustentáveis para a sociedade.

Palavras chave: Índice de sustentabilidade, indicadores, Bacia do rio Bacanga.

ABSTRACT

INDEX FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF WATER USE (ISA) AS A TOOL FOR CONTRIBUTION TO THE POLICIES PUBLIC DEVELOPMENT AND CONSERVATION IN BACANGA RIVER BASIN, SÃO LUIS / MA.

A hydrographic basin is a complex environmental system, resulting from the interrelations between the physical-natural and socioeconomic subsystems. Its identity as the unifying of environmental processes and human interference is leading to its adoption as a research unit. It allows from the analysis of the physical-chemical, biological and socioeconomic factors the evaluation of the quality and sustainability of the environment. This work's aim is the composition of an Index of Sustainable Use of Water (ISW) which may subsidize the adoption of public policies towards sustainable use of water resources. For the construction of the ISW were analyzed two dimensions: the ecological one and socioeconomical one. Physico-chemical indicators (pH, dissolved oxygen, ammonia, nitrate and phosphate), biological indicators (phytoplankton) and the index of environmental preservation (EP) were used to analyze the Ecological Dimension (ED); to analyze the Socioeconomic Dimension (DS) were used as indicators income, education and sanitation. This way was generated an index for the five sub-basins of the Bacanga river basin and the basin as a whole. Past data published by Martins (2008) and Costa (2008) were used for the physico-chemical and biological indicators. The results of applying the ISW are lined not only on the proposal of a tool in assessing the sustainability of the Bacanga river basin, but also on the ability to identify the main responsible for the advances and setbacks in the quest for sustainability. The 5 ((Jambeiro) sub-basins studied had significant impairment of sustainability. The lowest index, 0.29 was found for the sub-basin 5, revealing a weak sustainability. The sub-basins 3 (Mamão) and 4 (Gapara) both had the value of 0.36, demonstrating a committed environmental quality of these environments. Only the sub-basins 1 (Barragem) and 2 (Bicas) had a higher rate compared to the others with 0.43 and 0.42 respectively. These sub-basins despite having an older population growth and therefore a greater impacted area, has good services like water supply and provision of schools. The ISW for the Bacanga river basin was 0.37 indicating it as a polluted environment. Thus the assessment of environmental quality of the Bacanga river basin reveals the consequences of a mode of urbanization governed by private economic interests over the welfare of the community, a process that creates and reinforces social inequality and exclusion (which is reflected in sociospatial segregation and vulnerabilities differentiated to natural hazards) and degrades the physical nature. As complementary and opposite sides of this form of urbanization the basin shows on one side the saturation of the carrying capacity of the physical-natural subsystem in areas in which it promotes urban occupation, a situation caused mainly by high soil sealing and high population density, on the other hand, it appears that the areas of greatest natural vulnerability tend to be occupied by the socially excluded and most vulnerable to environmental risks, feeding a dynamic in which lower quality of life and low environmental quality are mutually reinforced. As mitigation measures to modify this reality one can measure the local economic development with its generating jobs and income, the digital divide with the deployment of "telecentres", the articulation of social protection network (family register), the expansion and improvement in services water supply, garbage collection and sewage treatment as well as urban drainage,

rehabilitation of the sewage plant (ETA) of Batată, the recovery of the Bacanga dam to regulate the water flow, preventing flooding, the relocation of residents in the areas of risk, the respect to the limits of the Bacanga State Park and the adopting of solutions that contribute to the recovery and preservation of protected areas and environmental interest. ISW has proved to be an appropriate tool to support decision makers and policy makers in the process of building more sustainable ways to the society.

Keywords: Sustainability index, indicators, Bacanga River Basin.

LISTA DE FIGURAS

		Páginas
Figura 4.1	Localização a bacia hidrográfica do Bacanga, Ilha de São Luís/MA.	25
Figura 4.2	Localização das 5 sub-bacias da bacia do rio Bacanga, São Luís/MA e pontos de coleta	26
Figura 4.3	Localização da sub-bacia 1, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.	27
Figura 4.4	Localização da sub-bacia 2, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.	28
Figura 4.5	Localização da sub-bacia 3, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.	29
Figura 4.6	Localização da sub-bacia 4, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.	30
Figura 4.7	Localização da sub-bacia 5, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.	31
Figura 5.1	Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 1.	46
Figura 5.2	Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 2.	54
Figura 5.3	Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 3.	63
Figura 5.4	Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 4.	69
Figura 5.5	Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 5.	76
Figura 5.6	Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a bacia do rio Bacanga.	82

LISTA DE TABELA

		Páginas
Tabela 4.1	Resumo do cálculo do ISA por sub-bacia e o ISA da bacia do rio Bacanga.	33
Tabela 4.2	Variáveis físico-químicas e valores preconizados pela Resolução CONAMA 357/05.	35
Tabela 4.3	Valores do indicador de renda dos responsáveis pelos domicílios e sua respectiva pontuação.	40
Tabela 4.4	Valores do indicador de educação e sua respectiva pontuação.	40
Tabela 5.1	Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 1, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador para a variável e média dos indicadores.	43
Tabela 5.2	Valores da variável biológica por coleta (Densidade - Índice de Diversidade de Shanonn), valor do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 1.	45
Tabela 5.3	Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 1.	45
Tabela 5.4	Valores do indicador de renda para a sub-bacia 1.	47
Tabela 5.5	Valores do indicador de educação para a sub-bacia 1	48
Tabela 5.6	Valores do indicador de Saneamento para a sub-bacia 1.	49
Tabela 5.7	Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 2, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador por variável e média dos indicadores.	51
Tabela 5.8	Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de Diversidade de Shanonn), valor por do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 2.	52
Tabela 5.9	Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 2.	53
Tabela 5.10	Valores do indicador de renda para a sub-bacia 2.	55
Tabela 5.11	Valores do indicador de educação para a sub-bacia 2.	56
Tabela 5.12	Valores do indicador de Saneamento para a sub-bacia 2.	57
Tabela 5.13	Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 3, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador para a variável e média dos indicadores.	59
Tabela 5.14	Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de Diversidade de Shanonn), valor do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 3.	60
Tabela 5.15	Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 3.	61
Tabela 5.16	Valores do indicador de renda para a sub-bacia 3.	63
Tabela 5.17	Valores do indicador de educação para a sub-bacia 3.	64
Tabela 5.18	Valores do indicador de Saneamento para a sub-bacia 3.	65
Tabela 5.19	Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 4, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador para a variável e média dos indicadores.	66
Tabela 5.20	Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de Diversidade de Shanonn), valor do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 4.	67

Tabela 5.21	Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 4.	68
Tabela 5.22	Valores do indicador de renda para a sub-bacia 4.	70
		Páginas
Tabela 5.23	Valores do indicador de educação a sub-bacia 4.	71
Tabela 5.24	Valores do indicador de saneamento para a sub-bacia 4.	72
Tabela 5.25	Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 5, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador para variável e média dos indicadores.	73
Tabela 5.26	Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de diversidade de Shanonn), valor do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 5.	74
Tabela 5.27	Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 5.	75
Tabela 5.28	Valores do indicador de renda para a sub-bacia 5.	78
Tabela 5.29	Valores do indicador de educação a sub-bacia 5.	79
Tabela 5.30	Valores do indicador de saneamento para a sub-bacia 5.	80
Tabela 5.31	Valores referentes a Dimensão Ecológica (DE), Dimensão Socioeconômica (DS), Índices de Sustentabilidade do uso da Água por sub-bacia (ISAsub) para cada sub-bacia da bacia do rio Bacanga.	83

SUMÁRIO

	Páginas
RESUMO	
ABSTRACT	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
LISTA DE ANEXO	
LISTA DE SIGLAS	
1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1 Construção de indicadores ambientais	19
3.2 Utilidade dos indicadores ambientais	20
4 MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Caracterização da área de estudo	24
4.1.1 Sub-bacia 1	26
4.1.2 Sub-bacia 2	27
4.1.3 Sub-bacia 3	28
4.1.4 Sub-bacia 4	29
4.1.5 Sub-bacia 5	30
4.2 Metodologia	32
4.2.1 Interpretação dos dados pretéritos	32
4.2.2 Construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA)	32
4.2.3 Dimensão Ecológica (DE)	34
4.2.3.1 Variáveis físico-químicas da água (VF)	34
4.2.3.2 Variável Biológica: Densidade Fitoplanctônica (VB)	35
4.2.3.3 Índice de Preservação Ambiental (IP)	37
4.2.4 Dimensão Socioeconômica (DS)	39
4.2.4.1 Indicador de Renda (IR)	39
4.2.4.2 Indicador de Educação (IE)	40
4.2.4.3 Indicador de Saneamento (IS)	40
4.2.5 Confecção de mapas temáticos	41
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	43
5.1 Sub-bacia 1	43
5.1.1 Dimensão Ecológica (DE)	43
5.1.1.1 Variáveis Físico-químicas (VF)	43

5.1.1.2	Variável Biológica (VB)	44
5.1.1.3	Índice de Preservação Ambiental (IP)	45
5.1.2	Dimensão Socioeconômica (DS)	47
5.1.2.1	Indicador de Renda (IR)	47
5.1.2.2	Indicador de Educação (IE)	48
5.1.2.3	Indicador de Saneamento (IS)	49
5.2	Sub-bacia 2	50
5.2.1	Dimensão Ecológica (DE)	50
5.2.1.1	Variáveis Físico-químicas (VF)	50
5.2.1.2	Variável Biológica (VB)	51
5.2.1.3	Índice de Preservação Ambiental (IP)	52
5.2.2	Dimensão Socioeconômica (DS)	54
5.2.2.1	Indicador de Renda (IR)	54
5.2.2.2	Indicador de Educação (IE)	56
5.2.2.3	Indicador de Saneamento (IS)	57
5.3	Sub-bacia 3	58
5.3.1	Dimensão Ecológica (DE)	59
5.3.1.1	Variáveis Físico-químicas (VF)	59
5.3.1.2	Variável Biológica (VB)	60
5.3.1.3	Índice de Preservação Ambiental (IP)	60
5.3.2	Dimensão Socioeconômica (DS)	62
5.3.2.1	Indicador de Renda (IR)	63
5.3.2.2	Indicador de Educação (IE)	64
5.3.2.3	Indicador de Saneamento (IS)	65
5.4	Sub-bacia 4	65
5.4.1	Dimensão Ecológica (DE)	65
5.4.1.1	Variáveis Físico-químicas (VF)	65
5.4.1.2	Variável Biológica (VB)	66
5.4.1.3	Índice de Preservação Ambiental (IP)	67
5.4.2	Dimensão Socioeconômica (DS)	69
5.4.2.1	Indicador de Renda (IR)	70
5.4.2.2	Indicador de Educação (IE)	70
5.4.2.3	Indicador de Saneamento (IS)	71
5.5	Sub-bacia 5	72
5.5.1	Dimensão Ecológica (DE)	73
5.5.1.1	Variáveis Físico-químicas (VF)	73
5.5.1.2	Variável Biológica (VB)	74
5.5.1.3	Índice de Preservação Ambiental (IP)	75
5.5.2	Dimensão Socioeconômica (DS)	77
5.5.2.1	Indicador de Renda (IR)	77
5.5.2.2	Indicador de Educação (IE)	78
5.5.2.3	Indicador de Saneamento (IS)	79

5.6	Análise das sub-bacias e ISA total	81
5.7	Medidas mitigadoras	85
6	CONCLUSÕES	87
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
	REFERÊNCIAS	

ANEXOS

	Página
Anexo A	32
Varáveis físico-químicas para a bacia do rio Bacanga out/07 a Jun/08, nas 5 sub-bacias (Barragem, Bicas, Mamão, Gapara e Jambeiro.	
Anexo B	39
Bairros que compõem a bacia do rio Bacanga.	
Anexo C	40
Dados socioeconômicos dos bairros da bacia do rio Bacanga.	

LISTA DE SIGLAS

AA	Área antropizada
AE	Área Encharcada
AT	Área Total
CR	Cursos fluviais de uma bacia de drenagem
Dd	Densidade de drenagem
DE	Dimensão Ecológica
DS	Dimensão Socioeconômica
IE	Indicador de educação
IP	Índice de Preservação Ambiental
IR	Indicador de renda
IS	Indicador de saneamento
ISA	Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água
ISAsub	Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água
MS	Mata secundária
SEMA	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão
VB	Variáveis biológicas
VF	Variáveis físico-químicas

1 INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são utilizados pelo homem há séculos para diversos usos como: abastecimento doméstico, atividades industriais, irrigação, produção de energia elétrica, atividades de lazer e recreação, além de servir como receptor natural de seus efluentes. O crescimento populacional e o aumento das atividades econômicas no mundo têm ocasionado impactos e levado os ecossistemas aquáticos a níveis cada vez mais altos de poluição.

No Brasil cerca 63% dos depósitos de lixo encontram-se próximos a rios, lagos e restingas; os esgotos e excrementos humanos são causas importantes da deterioração da qualidade da água. (MORAES; JORDÃO, 2002)

Existem basicamente duas formas pelas quais os poluentes atingem os corpos d'água, através de fontes pontuais e difusas. Nas fontes pontuais chegam ao meio aquático de forma concentrada (descarga de um emissário de esgotos num rio), enquanto que nas difusas os poluentes são levados de forma disseminada por variadas extensões da bacia de drenagem. (MACÊDO, 2003)

No Estado do Maranhão encontra-se um dos maiores potenciais hídricos do nordeste formado por um conjunto de rios perenes tais como: Mearim, Grajaú, Itapecuru, Pindaré. A capital do Estado, São Luís, possui bacias hidrográficas que se localizam em áreas urbanas que estão sofrendo com o declínio da qualidade ambiental, sendo a Bacia Hidrográfica do Bacanga um exemplo de ocupação desordenada.

A bacia hidrográfica reflete sistematicamente todos os efeitos de ações e degradações resultantes das atividades humanas. Assim, a importância da identificação dessa unidade como unificadora dos processos ambientais e das interferências humanas leva a sua adoção como unidade de pesquisa, permitindo a avaliação da qualidade e sustentabilidade ambiental, a partir da análise de fatores físico-químicos, biológicos e sócioeconômicos. (FAY, 2006)

Sendo assim, estudar a qualidade ambiental em bacias hidrográficas é fundamental para o estabelecimento do desenvolvimento sustentável, à medida que está intimamente ligada à qualidade de vida da população.

A fim de estabelecer os parâmetros de análise adequados à avaliação da sustentabilidade ambiental, se faz necessário a elaboração de instrumentos voltados a medir a degradação e a sua capacidade de resistência e resiliência.

Assim, para que sejam elaborados tais instrumentos devem ser considerados todas as dimensões envolvidas na questão da sustentabilidade, tais como seus aspectos ecológicos, econômicos e sociais, para a partir daí ser possível determinar as conseqüências dos diversos fatores envolvidos no processo de desenvolvimento, sobre a qualidade ambiental e de vida dos homens. (BIDONE, 2004)

Estudos sobre o desenvolvimento e qualidade ambiental encontram o desafio de lidar com a incerteza e a carência de informações sistematizadas. Assim grande parte das decisões tomadas por órgãos reguladores na área ambiental ocorre, valendo-se de informações imprecisas. Nesse contexto, faz-se necessário o desenvolvimento de trabalhos capazes de criar indicadores confiáveis e que possam embasar as tomadas de decisões políticas que são cruciais e urgentes.

Por esse motivo, os indicadores de qualidade ambiental podem ser utilizados não apenas para a avaliação comparativa da qualidade de vida e do ambiente, bem como entre as cidades nas regiões que são estudadas e avaliadas. Desse modo, podem vir a constituir em ferramentas auxiliares no processo de planejamento das cidades, ao indicar as áreas de melhor ou pior performance relativa, apontar tendências e chamar a atenção para pontos fracos. (AZEVEDO, 2006).

Dentro desse contexto, cabe mencionar que vários estudos têm utilizado os indicadores e criado índices para avaliar a sustentabilidade ambiental, como Couto (2007) que gerou um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas; Azevedo (2006) que utilizou os indicadores como ferramenta para a análise de dados socioeconômicos e ambientais para a definição de políticas públicas no município de São Gonçalo, no estado do Rio de Janeiro; Braga *et al.* (2004) que descreveu o desafio de mensurar os índices de sustentabilidade para a Bacia do rio Piracicaba (MG). Isla (1998) utilizou indicadores urbanos como proposta para a superação da situação da província de Barcelona/Itália; Ramieri (1998) também utilizou os indicadores de desenvolvimento sustentável para a cidade e a lagoa de Veneza e Taylor (1998) que utilizou os indicadores de sustentabilidade para implementar a Agenda 21 local em Veneza, Itália.

Os trabalhos já realizados demonstram a utilidade do emprego de indicadores na avaliação da qualidade ambiental, apresentando-se como uma ferramenta útil para a sustentabilidade e gestão de uma bacia hidrográfica. Desta forma, é de grande interesse o estudo na bacia do rio Bacanga, considerando sua importância para a ilha de São Luís,

devido a sua localização e a sua utilização como fonte de água potável e de outros recursos para a população.

Desde 1612, com a chegada dos franceses na Cidade a bacia vem sofrendo ocupação urbana em suas margens de maneira irregular, pois ao longo dos anos surgiram bairros sem infraestrutura. Segundo a MMT (2007), esta é a bacia da ilha de São Luís com maior densidade populacional (80 habitantes/ha), além de possuir a segunda maior população, perdendo apenas para a bacia do rio Anil.

Em função dessas considerações, propõe-se uma metodologia voltada para a geração de um índice de sustentabilidade do uso da água para a bacia hidrográfica rio do Bacanga, orientada no sentido de abranger um conjunto de fatores relativos aos aspectos socioeconômicos e ambientais visando a obtenção de um índice capaz de aproximar-se ao máximo do estado de qualidade ambiental de seus ecossistemas e da qualidade de vida a que estão sujeitas as populações residentes nessas áreas.

Considerando os propósitos desse trabalho, o qual tem por pressuposto básico a construção de mecanismos de avaliação ambiental, elegeu-se a bacia do rio Bacanga por ser uma área que corresponde a uma bacia hidrográfica urbana e reuni as características relativas ao uso e ocupação do solo, estrutura socioeconômica e configuração física, típicas àquelas encontradas nas áreas sujeitas a intenso processo de urbanização e a necessidade de implementação de políticas públicas que visem a melhoria da qualidade de vida das populações ribeirinhas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Utilizar e validar o Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA) da Bacia hidrográfica do Bacanga para utilização em políticas públicas de desenvolvimento e conservação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os indicadores que irão compor as Dimensões Ecológica e Socioeconômica da bacia do rio Bacanga;
- Analisar comparativamente os resultados da aplicação do índice de sustentabilidade em cinco sub-bacias da bacia do rio Bacanga, como subsídios na eleição de conflitos potenciais para adoção de políticas públicas;
- Elaborar medidas de mitigação dos impactos verificados na área de estudo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Freqüentemente o crescimento econômico e a preservação ambiental são considerados objetivos antagônicos. Existem evidências suficientes para comprovar que a industrialização, a expansão da fronteira agrícola e a urbanização criam pressões significativas na base natural de uma economia, seja pela utilização acelerada de recursos naturais exauríveis nos processos produtivos, seja devido à geração de poluição que degrada a qualidade ambiental (MOTTA, 1996).

Advoga-se, também, com evidências igualmente irrefutáveis, que as nações, atualmente consideradas as mais ricas, alcançaram níveis satisfatórios de crescimento à custa destas perdas ambientais. Portanto, tal padrão de crescimento se torna inevitável para aquelas nações que hoje se encontram ainda em processo de desenvolvimento.

No entanto, a questão ambiental não deve ser necessariamente entendida dentro dessa contradição. Embora, carente de evidências igualmente fortes, existem argumentos teóricos consolidados que permitem refutar as posições extremas acima mencionadas.

Qualquer sistema produtivo depende, direta ou indiretamente, dos recursos naturais; dessa maneira, respeitando os limites ambientais não há entrave para o desenvolvimento. Essa constatação levou à percepção de risco ambiental e de comprometimento das possibilidades de desenvolvimento das sociedades, incluindo a própria possibilidade de crescimento econômico e, por isso, a necessidade de implantar-se uma nova forma de desenvolvimento, o desenvolvimento sustentável (BIDONE, 2004).

A sustentabilidade do desenvolvimento de uma sociedade requer que a quantidade e a qualidade ambientais não declinem ao longo do tempo evitando, dessa maneira, que a degradação ambiental coloque em risco as possibilidades de desenvolvimento futuro.

De acordo com WECD (1987), o desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações em satisfazer suas próprias necessidades.

Nesse sentido, existem duas correntes: uma que segue o padrão de "fraca sustentabilidade", na qual se encontra a hipótese de que existe substituíbilidade perfeita entre capital natural e capital material. Ou seja, existe a possibilidade tecnológica de

crescimento contínuo, desde que parte da renda econômica seja reinvestida de forma a manter o nível total de capital (natural e material) de uma economia. Desta forma, garante-se uma capacidade produtiva (e de acesso a recursos naturais de consumo direto) a gerações futuras equivalente ao que é disponível à geração presente. (AZEVEDO, 2004)

No outro extremo, situa-se o padrão de "forte sustentabilidade", no qual as duas formas de capital não são substituíveis e, portanto, o crescimento sustentável só se daria se o nível do estoque de capital natural fosse mantido constante. Ou seja, como seriam muito restritas as possibilidades tecnológicas de compensar perdas de capital natural por capital material, o bem-estar de gerações futuras somente estaria garantido se o estoque de capital natural fosse mantido intacto. (MOTTA, 1996)

Essa sustentabilidade passaria a ser mensurada constantemente analisando-se as dimensões envolvidas no processo, como seus aspectos ecológicos e socioeconômicos através de Índices de Sustentabilidade Ambiental (ISA).

Para a construção do ISA, faz-se necessário a utilização de indicadores que irão direcionar a avaliação comparativa da qualidade de vida e do ambiente, constituindo-se uma ferramenta auxiliar no processo de planejamento ao indicar as áreas de melhor ou pior performance relativa, apontar tendências e chamar atenção para pontos fracos. (COUTO, 2007)

3.1 CONSTRUÇÕES DOS INDICADORES AMBIENTAIS

Ao final da década de 80, surgiram as primeiras propostas para a construção de indicadores ambientais. Tais propostas tinham como objetivo comum fornecer subsídios à formulação de políticas nacionais e acordos internacionais, bem como a tomada de decisão por atores públicos e privados. Além disso, buscavam descrever a interação entre a atividade antrópica e o ambiente, bem como conferir ao conceito de sustentabilidade maior concretude e funcionalidade. (BRAGA *et al.*, 2004)

As tentativas feitas para as construções de indicadores ambientais e de sustentabilidade seguem em vertentes: a biocêntrica, que consiste na busca por indicadores biológicos, físico-químicos de equilíbrio ecológico dos ecossistemas; a segunda, a vertente econômica, que consiste em avaliações monetárias do capital natural e do uso de recursos naturais; já a terceira vertente busca construir indicadores de

sustentabilidade e qualidade ambiental que combinem aspectos do ecossistema natural a aspectos do sistema econômico e da qualidade de vida humana. (ESI, 2002)

Os indicadores ambientais de terceira vertente são via de regra, modelos de interação atividade antrópica/meio ambiente que podem ser classificados em três tipos principais: estado, pressão e resposta. Enquanto os indicadores de estado buscam descrever a situação presente, física ou biológica dos sistemas naturais, os indicadores de pressão, tentam medir/avaliar as pressões exercidas pelas atividades antrópicas sobre os sistemas naturais, e os chamados indicadores de resposta buscam avaliar a qualidade das políticas e acordos formulados para responder aos impactos antrópicos e minimizá-los. (HERCULANO, 1998)

Em geral, suas avaliações incidem sobre o curto/médio prazo e se defrontam com dificuldades metodológicas referentes à concepção conceitual, à definição de variáveis e à obtenção e tratamento dos dados.

Uma primeira dificuldade diz respeito aos diferentes conceitos e concepções sobre o que seja sustentabilidade e qualidade ambiental, o que torna obscuro o processo de escolha das variáveis a serem utilizadas na mensuração. Isla (1998) ressalta que no caso dos indicadores ambientais locais, devido à ausência de uma definição conceitual, o que se vê são listas pretéritas de indicadores isolados sem relações claras de causalidade e hierarquia, que um sistema coerente de mensuração/avaliação do fenômeno. Portanto, um primeiro passo de importância crucial na construção de indicadores e índices é a explicitação da abordagem conceitual utilizada.

3.2 UTILIDADES DOS INDICADORES AMBIENTAIS

Estudos sobre qualidade ambiental e desenvolvimento encontram o desafio freqüente de lidar com a incerteza e a carência de informações sistematizadas. Grande parte das decisões tomadas por órgãos reguladores na área ambiental ocorre valendo-se de informações imprecisas e certezas fragilmente construídas. (ROSS, 1994)

A natureza da relação entre meio ambiente e desenvolvimento é objeto de controvérsia e campo de incertezas. Nesse contexto, trabalhos empíricos capazes de criar indicadores confiáveis que possam embasar estudos e tomadas de decisão política são cruciais e urgentes.

O conceito de sustentabilidade, ou desenvolvimento sustentável, embora utilizado de forma ampla nas duas últimas décadas a ponto de se tornar referência

obrigatória em debates acadêmicos, políticos e culturais, está longe de possuir significado consensual. É antes um conceito em permanente construção e reconstrução, um campo de batalha simbólico e uma poderosa ferramenta de *marketing* que uma referência consolidada de padrões de relação entre conservação ambiental e crescimento econômico. (COUTO, 2007)

O que há subjacente às diversas versões do que seria o desenvolvimento sustentável é uma aproximação das dimensões ambiental, social e econômica do meio ambiente.

Uma cidade ou um local é considerado mais ou menos sustentável à medida que é capaz de manter ou melhorar a saúde de seu sistema ambiental, minorar a degradação e o impacto antrópico, reduzir a desigualdade social e prover os habitantes de condições básicas de vida, bem como de um ambiente construído saudável e seguro, e ainda de construir pactos políticos que permitam enfrentar desafios presentes e futuros. (ROSS, 1994)

A questão ambiental pode ser tratada através de indicadores de desenvolvimento sustentável que devem realçar a propriedade do ecossistema local e não ignorar os fatos sociais e econômicos pertinentes ao desenvolvimento humano. Tais indicadores devem subsidiar opções estratégicas na definição de políticas e funcionar como instrumentos de apoio à governabilidade na região. (ISAIAS, 2008)

Ressalta-se o conceito de desenvolvimento sustentável como estabelecido no Relatório Brundtland e na Agenda 21 apresentando-se numa perspectiva multidimensional articulando elementos sociais, econômicos, ambientais e políticos.

A identificação, construção e a validação de indicadores de sustentabilidade para um determinado local possibilitam verificar, por exemplo, onde as políticas públicas e as iniciativas da sociedade foram bem-sucedidas ou não e, principalmente, avaliar a rota em direção a um desenvolvimento mais sustentável. O apoio representado pela utilização de indicadores de sustentabilidade possibilitará corrigir rumos, descentralizar com mais efetividade, localizar as principais carências e supri-las com eficiência. (BIDONE, 2004)

Segundo Benetti (2006) cada indicador tem vantagens e desvantagens, mas o mais relevante é que os indicadores constituem-se em um importante parâmetro para orientar a gestão e o planejamento de políticas e ações que podem ser desenvolvidas para aprofundar o comprometimento com as metas estabelecidas. O IBGE (2002) conceitua indicadores como ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que,

associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos que se referem.

A tarefa básica de um indicador é expressar, da forma mais simples possível, uma determinada situação que se deseja avaliar, sendo que o resultado de um indicador é uma fotografia de um determinado momento, e demonstra, sob uma base medida, aquilo que está sendo feito, ou o que se deseja para ser feito. (FERNANDES, 2004)

A utilização de indicadores para avaliar a dinâmica de um sistema complexo (ambiente, organização, território etc.) deve levar em conta os objetivos essenciais para os quais eles foram concebidos (TURNES, 2004). Entretanto, ressalta-se que não existe nenhum tipo de medida que possa descrever precisamente todos os aspectos, estrutura e dinâmica de questões relacionadas ao meio ambiente.

A utilização de indicadores e índices vem sendo alvo de controvérsia nos fóruns técnico/científicos, devido às simplificações que são efetuadas na aplicação destas metodologias. A escolha ou a utilização de indicadores exige, muitas vezes, a diferenciação de seus níveis de importância ou a sua ponderação visando sinalizar seus graus de prioridades para os objetivos estabelecidos (MAGALHÃES – JÚNIOR *et al.*, 2003).

Turnes (2004) destaca algumas vantagens e limitações da aplicação de indicadores. Destaca-se entre as vantagens: avaliação dos níveis de desenvolvimento sustentável; capacidade de sintetizar a informação de caráter técnico/científico; identificação das variáveis-chave do sistema; facilidade de transmissão da informação; uso como instrumento de apoio a decisão e aos processos de gestão ambiental; possibilidade de identificação de tendências; e comparação com padrões ou metas pré-definidas.

Entre as limitações incluem-se: inexistência de informações básicas; dificuldade na definição de expressões matemáticas que melhor traduzam os parâmetros selecionados; perda de informações vitais nos processos de agregação dos dados; medição do que é mensurável, ao invés do que é de fato; correta interpretação das medidas; diferentes critérios na definição dos limites de variação do índice em relação às imposições estabelecidas; ausência de critérios robustos para seleção de alguns indicadores; limites humanos, financeiros e de tempo; e dificuldade de aplicação em certas áreas, como ordenamento territorial e paisagem.

Fidalgo (2003) sugere algumas características que os indicadores devem possuir: acessibilidade dos dados; clareza na comunicação; relevância, ou seja deve refletir algo

básico e fundamental; amplitude geográfica; padronização, para aumentar a possibilidade de comparar uma realidade com as demais; preditividade, para possibilitar o tomador de decisão conhecimento antecipado dos problemas; mensuráveis, deve ser facilmente mensurável e passível de ser monitorizado regularmente a um custo factível; e consistentes, bem apoiados em termos técnicos e científicos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

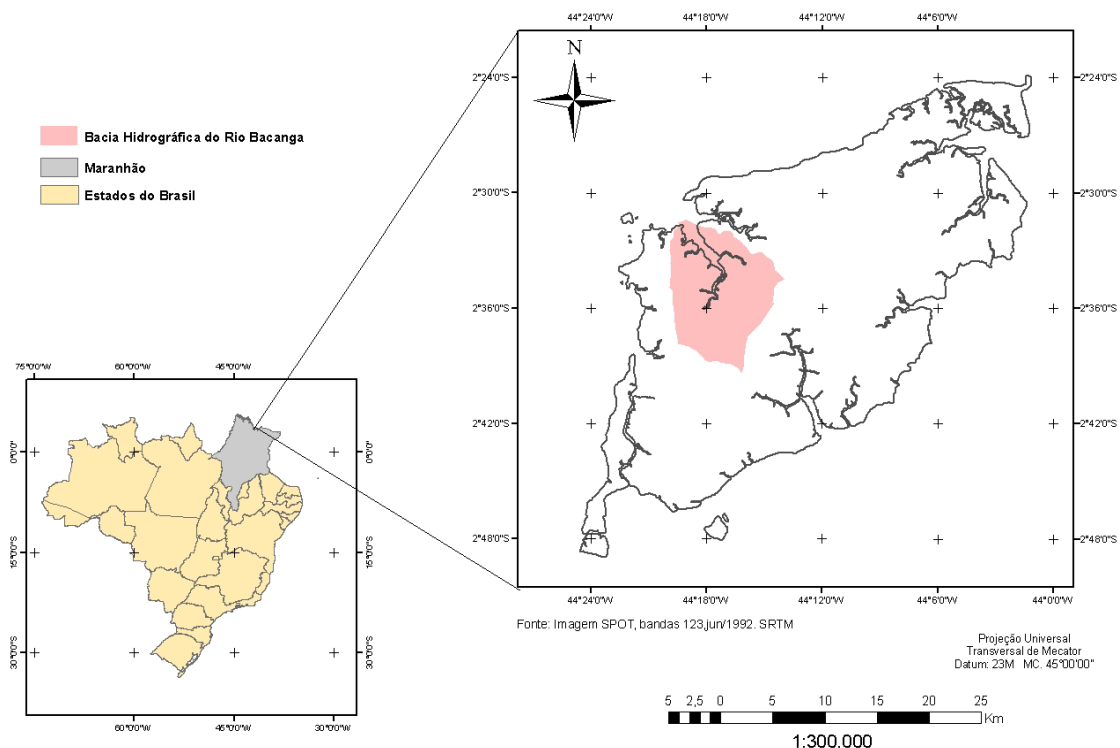
4.1 Caracterização da área de estudo

O Maranhão está localizado na área de transição entre os climas equatorial e tropical. A cidade de São Luís, capital do estado, possui clima tropical do tipo AW, segundo classificação proposta por Köppen, com temperaturas médias entre 19°C e 28°C, pluviosidade média pouco abaixo de 2.000 mm/ano e duas estações bem definidas: chuvosa, durante os meses de janeiro a junho e seca de julho a dezembro. A média anual da umidade relativa do ar está na faixa entre 75 a 90% (MMT, 2007; RHAMA, 2008).

A cidade de São Luís situa-se na ilha de São Luís, junto com os municípios de Raposa, São José de Ribamar e Paço do Lumiar. Segundo o IBGE (2008), a cidade de São Luís possui área territorial de 827 km² e uma população de 957.515 habitantes, sendo a principal cidade da Região Metropolitana da Grande São Luís.

A bacia hidrográfica do rio Bacanga corresponde a um sistema biofísico e sócio-econômico integrado e interdependente, contemplando atividades agrícolas, industriais, serviços, formações vegetais, nascentes, dentre outros (OLIVEIRA, 2008). Possui uma área de aproximadamente 110 km², ocupando a porção Noroeste da ilha de São Luís – MA estando inserida nas coordenadas 2° 32' 26" – 2° 38' 07" S e 44° 16' 00" – 44° 19' 16" W (MMT, 2007).

Limita-se ao norte com a baía de São Marcos e com a bacia do rio Anil; ao sul, o tabuleiro central da ilha na região do Tirirical; a leste, o divisor de águas que separa as bacias dos rios Anil, Paciência e Cachorros; e a oeste, com a bacia do Itaqui (COELHO, 2006) (Figura 4.1).



Fonte: OLIVEIRA, 2008

FIGURA 4.1- Localização da bacia hidrográfica do Bacanga, Ilha de São Luís/MA.

O rio Bacanga é o principal componente hidrológico da bacia do rio Bacanga, com regime hidrológico dependente das precipitações sazonais e dos níveis de marés, onde a participação das águas doces é mínima (LABOHIDRO, 1998). Possui suas nascentes difusas em bairros próximos à região do Maracanã, percorrendo uma distância de aproximadamente 22 Km. Os rios Gapara e Bicas constituem alguns dos mais importantes afluentes desse rio.

A bacia do rio Bacanga é a segunda bacia mais fortemente urbanizada da cidade de São Luís, perdendo apenas para a bacia do rio Anil, apresentando problemas associados à ocupação desordenada e lançamento de esgotos *in natura*. Apesar da ocupação urbana informal, a bacia possui uma extensa área de cobertura vegetal, formando o Parque Estadual do Bacanga, onde se encontra a barragem do Batatã, que produz 10% da água potável de São Luís, e a Área de Proteção Ambiental do Maracanã, criada como área de tamponamento da expansão urbana e industrial.

Além disso, a área abriga o centro histórico da cidade, a principal região industrial, bem como um alto percentual da população de baixa renda.

A concentração demográfica da bacia do rio Bacanga no ano de 2000 era de 195.353 habitantes, pouco mais de 20% da população total do município de São Luís no mesmo ano (MTT, 2007). Segundo o IBGE (2008), a população da ilha de São Luís tem uma taxa de crescimento anual de 2%, então, estima-se que a população para a área da bacia no ano de 2009 é cerca de 299.945 habitantes distribuídos irregularmente.

No estudo a bacia do rio Bacanga foi subdividida em 05 sub-bacias (Figura 4.2) de acordo com os principais fluxos de água e bairros, conforme descrição abaixo:

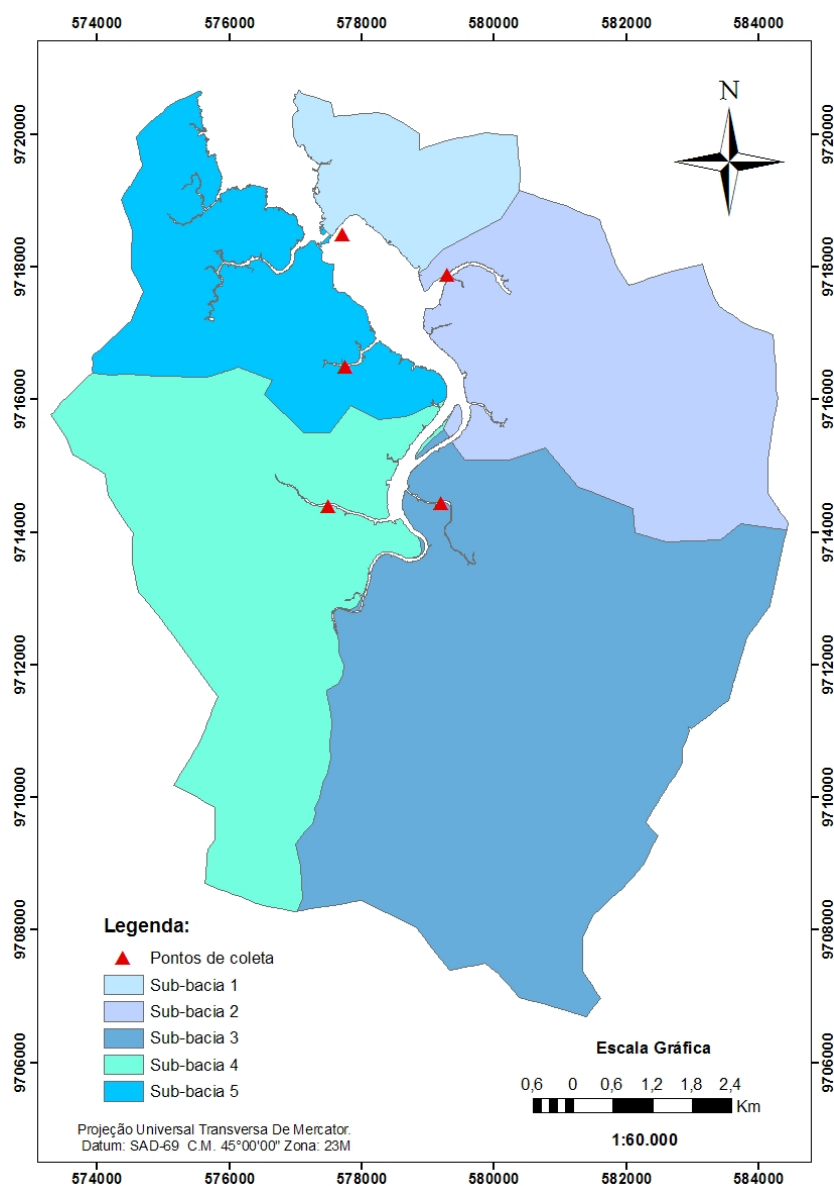


FIGURA 4.2 – Localização das 5 sub-bacias da bacia do rio Bacanga, São Luís/MA e pontos de coleta.

4.1.1 Sub-bacia 1

Corresponde a uma das regiões mais urbanizadas da bacia, onde se localiza o centro histórico e alguns dos bairros mais antigos de São Luís. Muitas casas foram construídas à beira do rio, abaixo da cota de 4 m, que durante o período chuvoso quando não ocorre abertura das comportas da barragem do bacanga, essas casas ficam inundadas. Observa-se a foz do Bacanga, e nas margens vegetações de mangue (Figura 4.3).

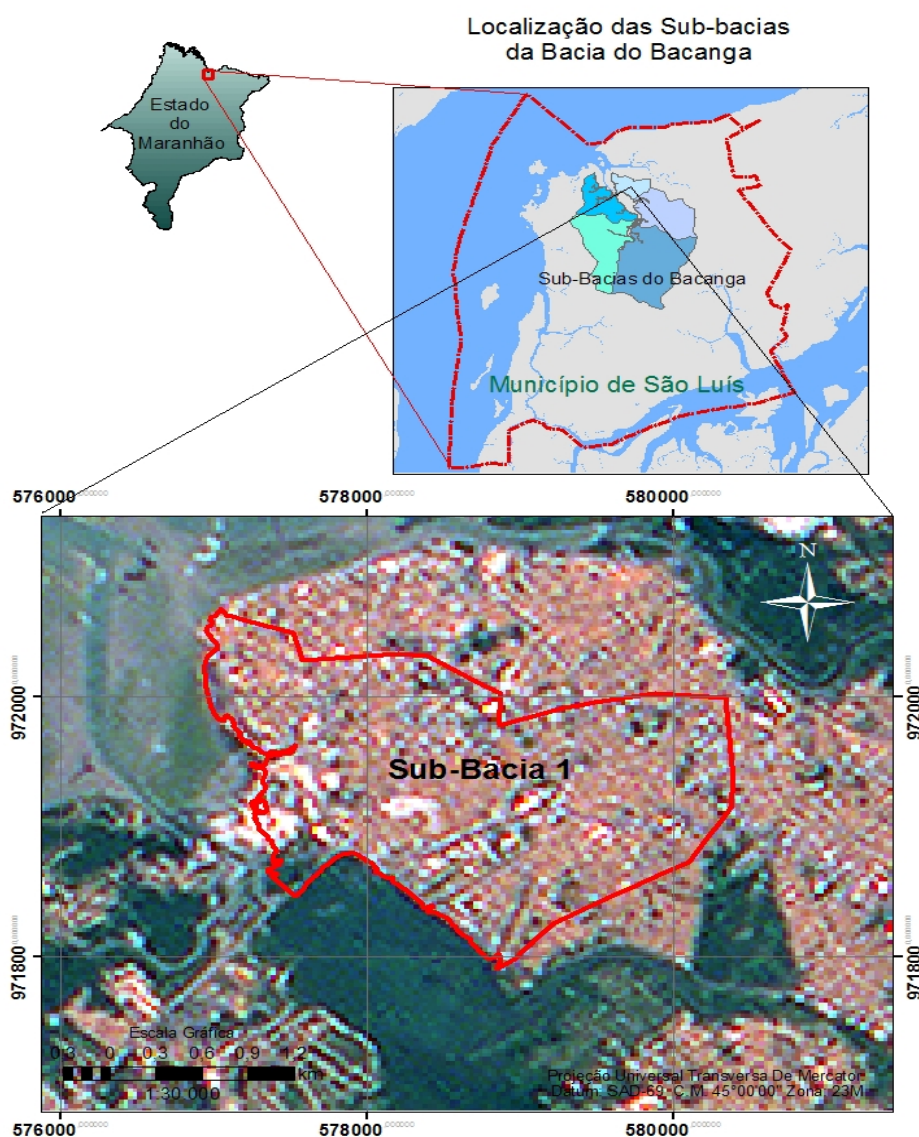


FIGURA 4.3 - Localização da sub-bacia 1, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.

4.1.2 Sub-bacia 2

Área mais exposta à degradação ambiental é nesse local que ocorre a descarga de grande parte dos esgotos da cidade. Localizam-se alguns bairros antigos, como a Coheb, o bairro de Fátima, Filipinho, além do Sítio do Físico. A cobertura vegetal é caracterizada por capoeira baixa, além de áreas de cultivos. Principais afluentes são o Rio Bicas e o Igarapé Coelho (Figura 4.4).

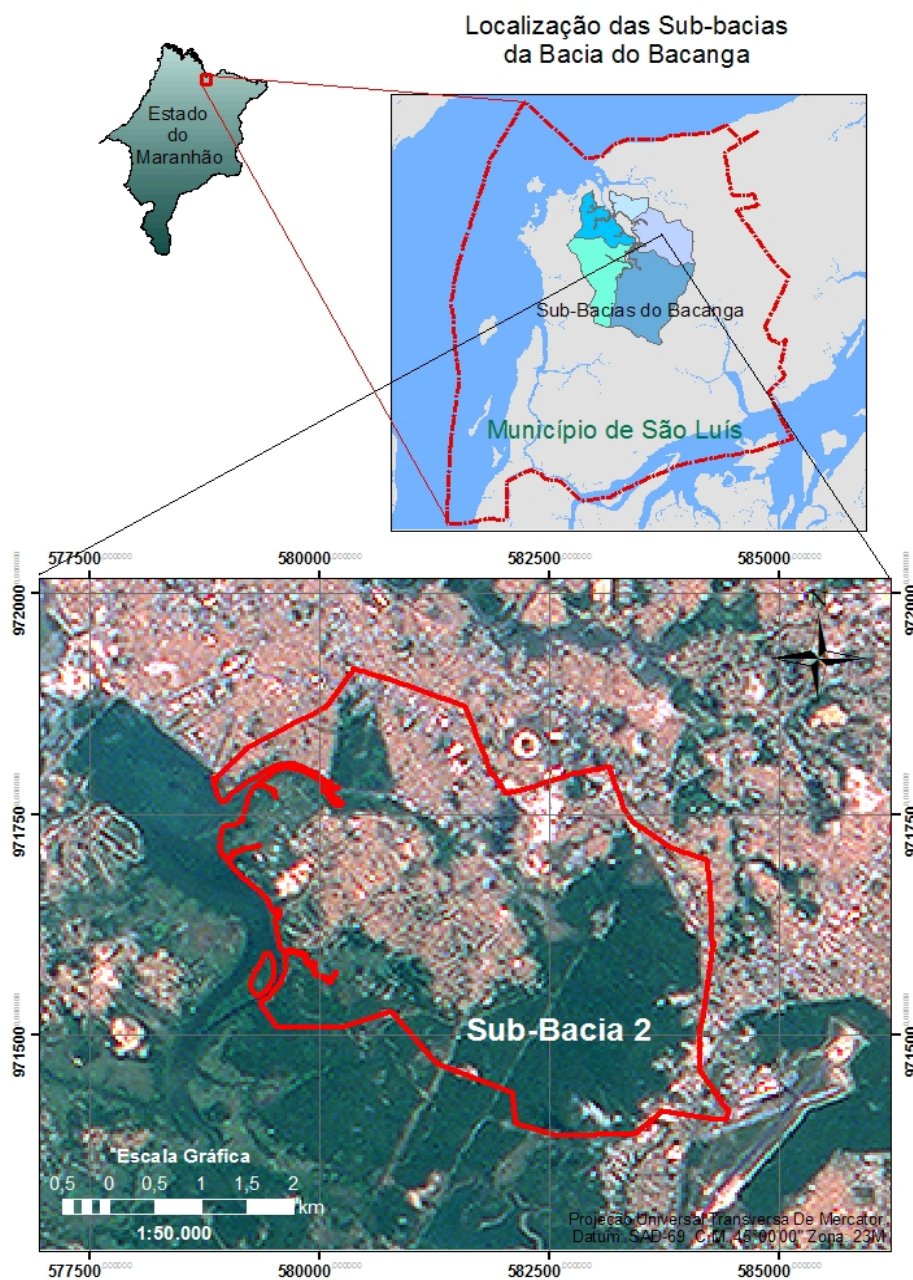


FIGURA 4.4 - Localização da sub-bacia 2, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.

4.1.3 Sub-bacia 3

Localizada nas proximidades do Parque Estadual do Bacanga, caracterizada por apresentar poucas habitações, contudo, encontram-se os núcleos habitacionais da Vila Itamar e Recanto Verde. Nesta sub-bacia encontra-se inserido o riacho Batatã, e o Igarapé do Mamão (Figura 4.5).

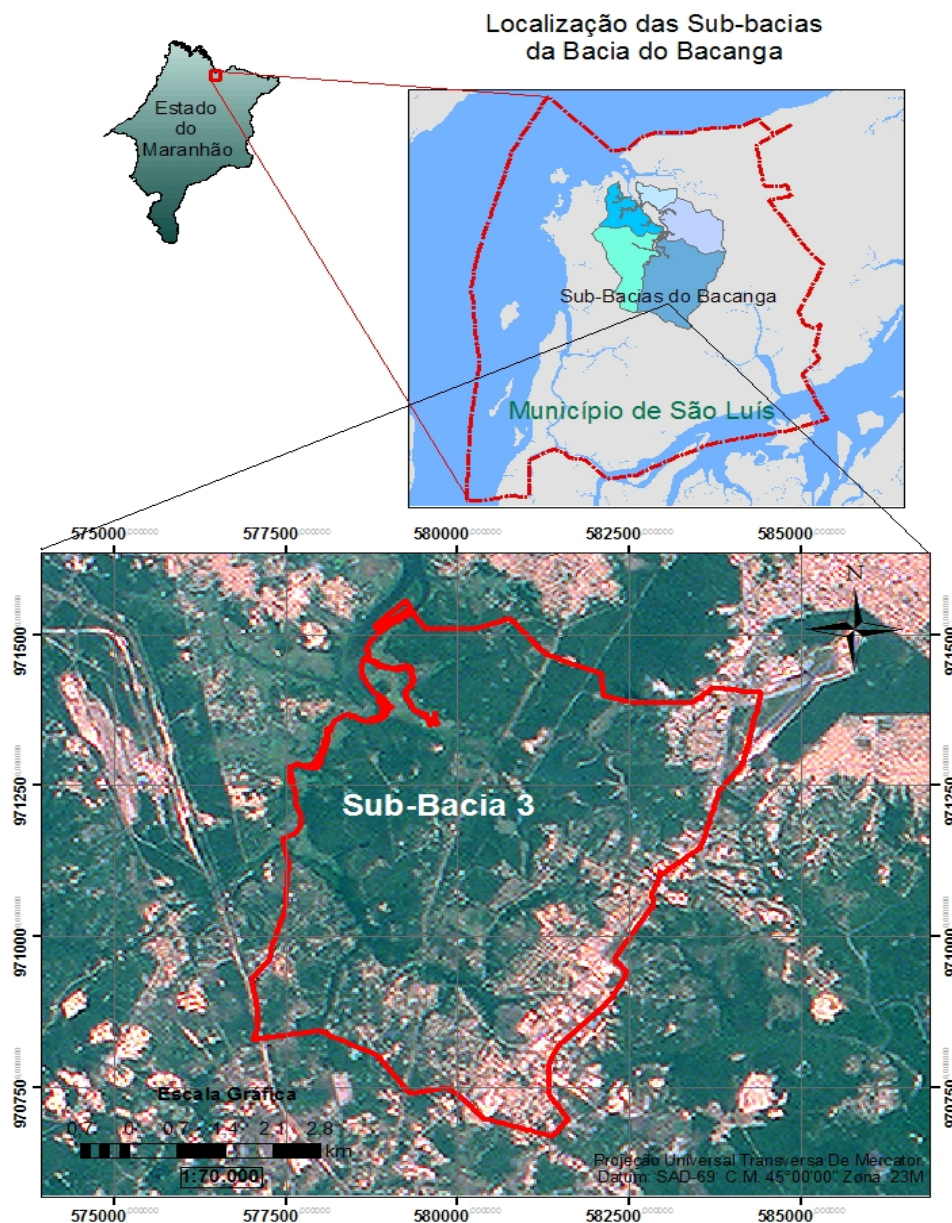


FIGURA 4.5 - Localização da sub-bacia 3, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.

4.1.4 Sub-bacia 4

Possui poucas residências nas suas margens, porém alguns locais apresentam-se desmatados em função do cultivo do arroz que é plantado pela comunidade próximo à desembocadura do rio Gapara. Nessa sub-bacia encontra-se um bairro bastante populoso, a Vila Embratel (Figura 4.6).

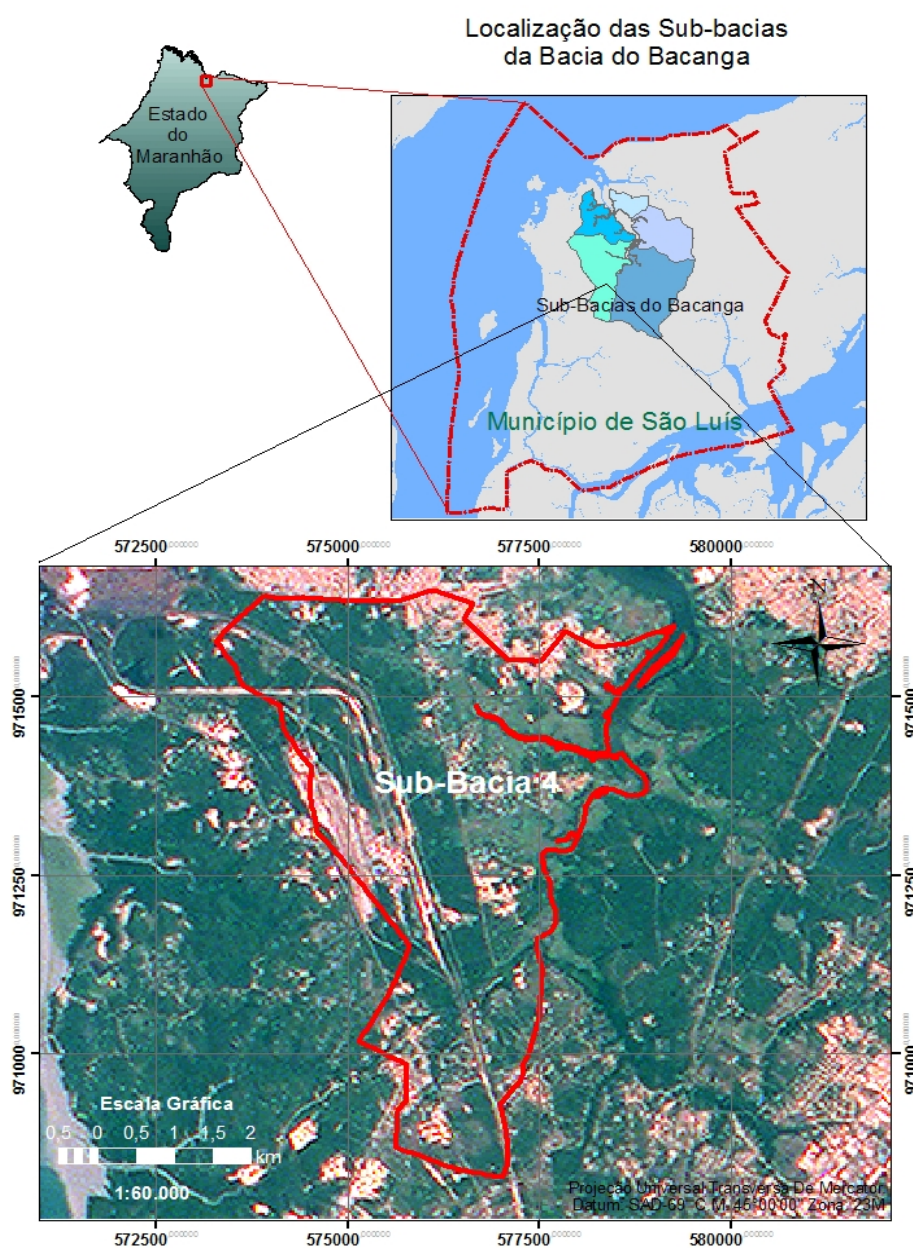


FIGURA 4.6 - Localização da sub-bacia 4, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.

4.1.5 Sub-bacia 5

Evidencia-se grande influência urbana, com muitas casas localizadas às margens do curso d'água, às quais tem substituído cada vez mais as vegetações de mangue. Nesse local encontram-se bairros mais novos, mas que são bastante populosos como o Anjo da Guarda, Sá Viana, Vila Nova e, ainda, o Campus Universitário da UFMA. (Figura 4.7)

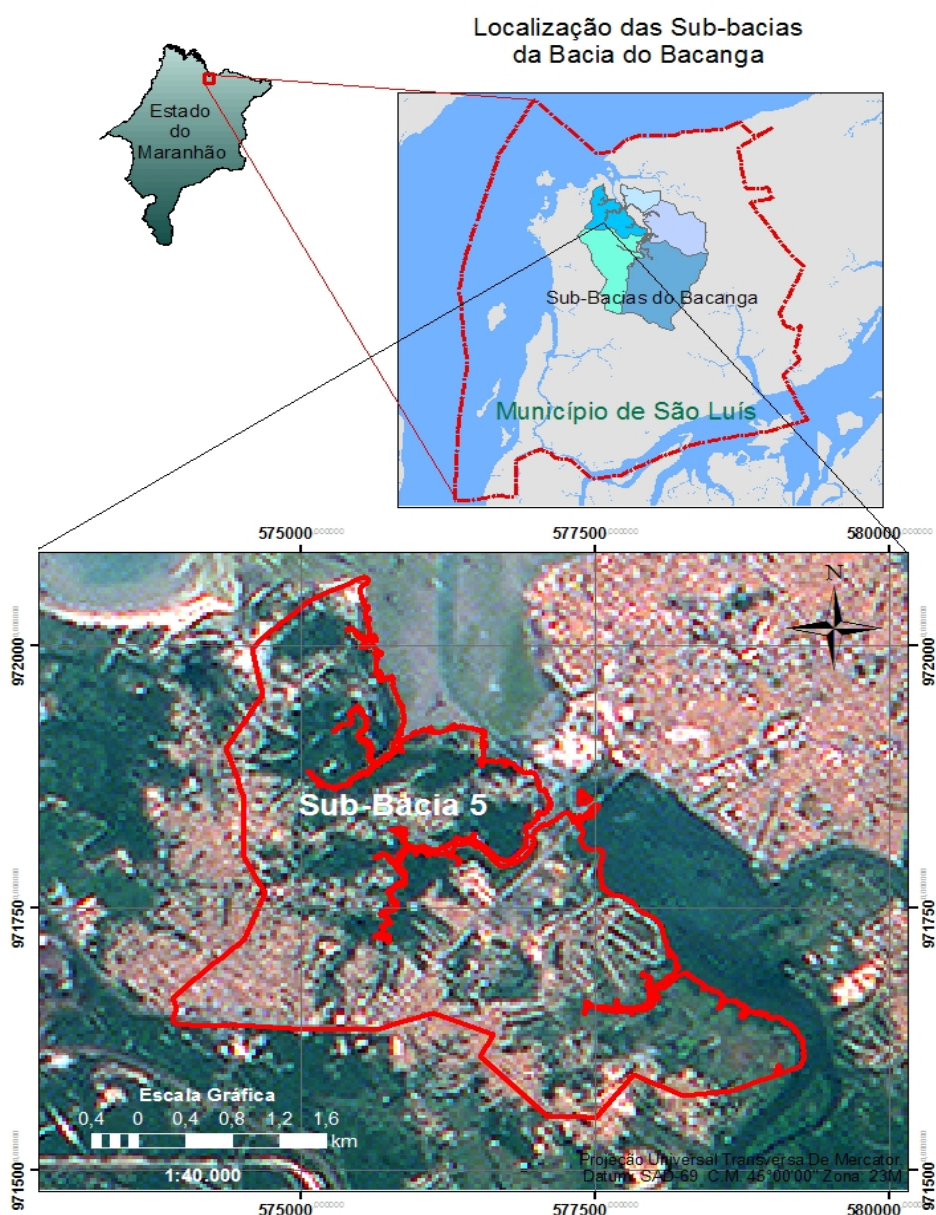


FIGURA 4.7 - Localização da sub-bacia 5, bacia do rio Bacanga, São Luís/MA.

4.2 Metodologia

4.2.1 Interpretação dos dados pretéritos

Esta parte do trabalho constitui-se da interpretação de dados pretéritos de Martins (2008) e Costa (2008) das análises físico-químicas da água e da composição fitoplanctônica. Esses autores realizaram coletas bimestrais (outubro de 2007 a junho de 2008) em pontos fixos e pré-determinados, ao longo do estuário do rio Bacanga. (Anexo A)

Os pontos de coleta foram distribuídos ao longo das cinco sub-bacias representados por: Barragem (sub-bacia 1), Rio das Bicas (sub-bacia 2), Igarapé do Mamão (sub-bacia 3), Rio Gapara (sub-bacia 4), Igarapé Jambeiro (sub-bacia 5).

4.2.2 Construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água (ISA)

A proposta metodológica do Índice de Sustentabilidade do uso da Água (ISA) tem como foco avaliar a sustentabilidade ambiental dos recursos hídricos por sub-bacia, usando dados pretéritos e atuais, criando-se instrumentos de mensuração, tais como indicadores de sustentabilidade ambiental.

O ISA constitui-se de duas dimensões, ecológica e sócio-econômica. Para o cálculo do índice foram utilizadas as metodologias de Isaias (2008) e Fay (2006) com modificações, além de dados censitários cedidos pelo Instituto das Cidades e IBGE. Cada dimensão possui indicadores que irão refletir a realidade de cada uma das cinco sub-bacias, para ao final compor o ISA da bacia do Bacanga.

Considerou-se o mesmo peso entre as dimensões envolvidas no índice, para o cálculo do ISA de cada sub-bacia da bacia do Bacanga. Cada indicador representa as dimensões envolvidas na fórmula e variam de 0 a 1, onde 0 significa a pior situação do indicador e 1 a melhor, sendo o resultado final de cada indicador a média de seus valores, segundo metodologia proposta por Isaias (2008).

Dessa maneira, teremos a seguinte fórmula (1):

$$ISA = \frac{\{DE (0-1) + DS (0-1)\}}{2}$$

Onde:

ISA = Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água

DE = Dimensão Ecológica

DS = Dimensão Socioeconômica

A composição e o cálculo do ISA serão apresentados nas partes seguintes. A tabela 01, apresenta resumidamente as dimensões, indicadores e variáveis que constituem o ISAsub e o ISA.

TABELA 4.1- Resumo do cálculo do ISA por sub-bacia e o ISA da bacia do rio Bacanga.

ÍNDICE	DIMENSÕES	INDICADORES E VARIÁVEIS
$\text{ISAsub} = \frac{\{\text{DE (0-1)} + \text{DS (0-1)}\}}{2}$	Ecológica (DE) $\text{DE} = \frac{\{\text{VF (0-1)} + \text{VB (0-1)} + \text{IP (0-1)}\}}{3}$	DE = Dimensão Ecológica VF = Variáveis físico-químicas da água VB = Variáveis Biológicas IP = Índice de Preservação Ambiental
	Socioeconômica (DS) $\text{DS} = \frac{\{\text{IR (0-1)} + \text{IE (0-1)} + \text{IS (0-1)}\}}{3}$	DS = Dimensão socioeconômica; IR = Indicador de renda; IE = Indicador de educação; IS = Indicador de saneamento

$$\text{ISA} = \frac{(\text{ISAsub1} + \text{ISAsub2} + \text{ISAsub3} + \text{ISAsub4} + \text{ISAsub5})}{5}$$

Fonte: Adaptado de ISAIAS (2008).

O Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA) da bacia como um todo é a média de todos os ISAsub, considerando o total de sub-bacias. Para tanto, temos a seguinte fórmula (2):

$$\text{ISA} = \frac{(\text{ISAsub1} + \text{ISAsub2} + \text{ISAsub3} + \text{ISAsub4} + \text{ISAsub5})}{5}$$

Onde:

ISA = Índice de Sustentabilidade da Água

ISAsub = Cada sub-bacia que compõe a unidade em estudo.

Dessa forma, pode ser calculado o Índice de Sustentabilidade do uso da Água (ISA) de cada sub-bacia e da bacia como um todo. O ISA das sub-bacias permite que se identifiquem as áreas mais críticas do ponto de vista da sustentabilidade no âmbito da bacia.

4.2.3 Dimensão Ecológica (DE)

Os padrões de qualidade das águas são as características de ordem física, química e biológica, desejáveis, em função dos usos preponderantes estabelecidos por normas definidas pela sociedade. Usos preponderantes são os usos benéficos determinados para um certo corpo d'água, já os usos benéficos são os que promovem benefícios econômicos e/ou o bem estar e a boa saúde da população.

Dessa forma, a dimensão ecológica analisou a qualidade ambiental dos recursos naturais, para tal aplicou-se indicadores simultaneamente com o fim de obter uma imagem integrada do sistema, uma vez que diferentes indicadores enfocam diferentes aspectos da integridade do ecossistema. Essa dimensão é construída por meio da análise integrada de 03 indicadores, representados por:

4.2.3.1 Variáveis físico-químicas da água (VF)

Para as variáveis físico-químicas foram utilizados os dados pretéritos de Martins (2008) para posteriormente classificá-los quanto à qualidade ambiental, em melhor condição (1), aqueles que apresentarem valores iguais aos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 ou pior condição (0), os que estiverem em desacordo com a Resolução.

A classificação adotada da Resolução CONAMA 357/05 (Tabela 02), refere-se a águas salobras que pertencem a classe 1, destinadas a:

- recreação de contato primário;
- proteção das comunidades aquáticas;
- aquicultura e a atividade de pesca;
- irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película;
- irrigação de parques, jardins, campo de esporte e lazer com os quais o público possa vir a ter contato direto.

TABELA 4.2 - Variáveis físico-químicas e valores preconizados pela Resolução CONAMA 357/05.

VARIÁVEIS	pH	OD	Nitrato	Amônia
CONAMA 357/05	6,5-8,5	≥ 5 mg/L	$\leq 0,4$ mg/L	$\leq 0,4$ mg/L

Para a classificação do fosfato utilizou-se a metodologia proposta por Baumgarten *et al.* (1996) cujo valor adotado para estuários não poluídos é de $1,2\mu\text{M}$, sendo este valor a melhor condição (1) e valores diferentes (0).

Os indicadores utilizados foram: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido e nutrientes (amônia, nitrato e fosfato).

- Potencial hidrogeniônico

A determinação do potencial hidrogeniônico da água foi obtido *in situ* com um ph metro digital, marca Hanna.

- Oxigênio dissolvido na água

A concentração de oxigênio dissolvido (mg/L) foi determinada conforme o método de Winkler (modificado por GOLTERMAN *et al.*, 1978).

- Sais nutrientes

As análises dos sais nutrientes foram realizadas em laboratório, segundo as seguintes metodologias: Amônio - método azul de Indufenol descrito por Koroleff (1976) e citado em Aminot; Chaussepied (1982); nitrato, método de Wood *et al.* (1967), citado por Aminot; Chaussepied (1983); fosfato, método de Murphy; Riley (1962) através da reação de paramolibdato de fosfato.

4.2.3.2 Variáveis biológicas: densidade fitoplanctônica (VB)

Para as variáveis biológicas foram utilizadas a densidade fitoplanctônica que corresponde ao número de células/litro.

- **Densidade Fitoplanctônica:**

A contagem foi realizada em microscópio invertido, marca Zeiss, com aumento de 400x, segundo o método de Utermohl (1958), empregando-se a técnica de contagem por campos iluminados, sistematizados em cruz. Os resultados da contagem foram utilizados na fórmula (3) abaixo:

$$N_{cub} = (N_{ind} / N_{camp}) \cdot (A_2 / a_2), \text{ onde:}$$

N_{cub} = Número total de indivíduos observados na cubeta;

N_{ind} = Número de indivíduos observados nos campos aleatórios;

N_{camp} = Número de campos iluminados contados (100 a 120 campos);

A = Área da cubeta;

a = Área do campo iluminado no aumento de 400x; $(A_2 / a_2) = 2.406,62$.

O número de indivíduos por volume da amostra foi estimado usando regra de três simples e os resultados serão expressos em células.L⁻¹.

Da obtenção dos valores de células/litros foram calculados os índices de:

- **Diversidade:**

Para o cálculo da diversidade (H') foi utilizado o índice de Shannon (1948), expresso pela seguinte fórmula (4):

$$H' = - \sum P_i \cdot \ln P_i \quad P_i = N_i / N, \text{ onde}$$

P_i = Probabilidade de coleta da espécie i na população;

N_i = Número de indivíduos de cada espécie;

N = Número total de indivíduos;

H' = Índice de diversidade de Shannon, em bits.cel⁻¹ (1 nits.cel⁻¹ = 0,693 bits.cel⁻¹).

Sendo os valores (MARGALEF, 1958):

$\geq 2,1$ nits.cel⁻¹ - alta diversidade = 1

$\geq 1,4$ a $< 2,1$ nits.cel⁻¹ - média diversidade = 0,7

$\geq 0,7$ a $< 1,4$ nits.cel⁻¹ - baixa diversidade = 0,3

$< 0,7$ nits.cel⁻¹ - diversidade muito baixa = 0

4.2.3.3 Índice de Preservação Ambiental (IP) (BITTON, 2000 – Modificado)

As coberturas terrestres indicam o nível de degradação da bacia de drenagem, evidenciando as classes existentes nesses locais como áreas urbanizadas, atividades de cultivo, as matas secundárias e áreas encharcadas. Uma bacia com maiores atividades antrópicas e menor cobertura vegetal, estaria mais comprometida ambientalmente.

A drenagem fluvial de uma bacia é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados que formam a bacia de drenagem. A quantidade de água que chega aos cursos fluviais depende da área ocupada pela bacia, da precipitação total e do seu regime e das perdas devidas à evapotranspiração e infiltração (ALCÂNTARA, 2004).

O contorno das bacias não é uma fronteira rígida, dependendo do escoamento e do tipo de solo. O escoamento subterrâneo altera muitas vezes a definição superficial da bacia hidrográfica, em particular nos terrenos muito permeáveis ou com abundantes cavidades, como é o caso das regiões cársticas e vulcânicas.

Características morfológicas das bacias hidrográficas que influenciam o processo de escoamento: a forma da bacia, bastante importante pela sua influência nas cheias. O relevo é outro fator que influencia largamente na forma do escoamento (LANA *et al.*, 2001)

Entende-se por densidade de drenagem (Dd) como a relação entre o comprimento total dos cursos de água de uma bacia hidrográfica e a área dela. A estimativa da densidade de drenagem depende da escala da carta topográfica em que se trabalha, pois nas cartas de menor escala não são representados os cursos de água das bacias elementares.

Consoante a densidade da drenagem ser alta ou baixa, representará geralmente uma bacia hidrográfica impermeável e de relevo muito acentuado ou muito permeável e de relevo suave respectivamente. A densidade da drenagem varia diretamente com a

extensão do escoamento superficial e fornece assim a indicação sobre a eficiência da drenagem natural da bacia.

- $Dd = 0,5 \text{ km/km}^2$ Bacia mal drenada
- $Dd = 3,5 \text{ km/km}^2$ Bacia bem drenada

As bacias com maior densidade de drenagem tenderão a estar mais sujeitas a cheias do que as bacias com menor densidade de drenagem.

O cálculo desse índice analisará o estado de conservação das sub-bacias e da bacia como um todo, representado pela maior ocorrência de coberturas naturais. Uma bacia que apresente uma densidade de drenagem igual a 1 e uma cobertura natural 10 vezes maior que a alterada pelo homem, é uma bacia de drenagem bem preservada (IP = 10,0).

A densidade de drenagem é representada pela relação entre o comprimento total dos cursos fluviais de uma bacia de drenagem e a área total da mesma bacia. Conforme a fórmula (5):

$$Dd = \frac{CR}{AT}$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem

CR = Cursos fluviais de uma bacia de drenagem

AT = Área total da bacia

O Índice de Preservação Ambiental (IP) é representado pela seguinte fórmula (6):

$$IP = \frac{(1)}{Dd} \times \frac{[(MS + AE)]}{(AA)}$$

Onde:

Dd = Densidade de drenagem

AV = Área Vegetada

AE = Percentual de áreas encharcadas

AA = Percentual de áreas antropizadas

De acordo com a proposta do trabalho, se considera como principais características de cada classe, as descrições abaixo:

- Mata Secundária: representando as áreas de vegetação arbustivas e arbóreas.
- Áreas Antropizadas: apresenta grande adensamento urbano, zona residencial com bairros (vilas ou invasões) de pouca ou nenhuma infraestrutura, desprovidos de rede de esgoto, com ou sem asfalto e áreas com grande potencial para o fluxo superficial providas de grande impermeabilidade, além disso, possuem solo exposto e áreas agropastoris.
- Áreas Encharcadas: representa áreas onde o limite superior do lençol freático se encontra próximo da superfície terrestre. Em relação à vegetação, esta foi caracterizada como mata ciliar e manguezal.

O cálculo da dimensão ecológica é representado pela fórmula (7):

$$DE = \frac{\{VF (0-1) + VB (0-1) + IP (0-1)\}}{3}$$

Onde:

DE = Dimensão Ecológica

VF = Variáveis físico-químicas da água

VB = Variáveis biológicas

IP = Índice de Preservação Ambiental

4.2.4 Dimensão Socioeconômica (DS)

Expressa as diferenças sociais e econômicas entre as sub-bacias; para esse perfil foram utilizados 03 indicadores. Para tal utilizou-se dados pretéritos da Prefeitura Municipal de São Luis e dados secundários do IBGE, dos bairros que compõem a bacia (Anexo B), que representaram as características demográficas da comunidade retratando seus anseios, e o atendimento aos serviços básicos. Os dados referentes a esta dimensão são do ano 2000, em virtude do recenseamento ocorrer apenas em 2010.

4.2.4.1 Indicador de Renda (IR)

O Indicador de renda foi baseado nos dados de renda per capita dos bairros que compõem cada sub-bacia, disponibilizados pelo IBGE (2000) e Instituto das Cidades. Esse indicador permitirá uma análise da população em nível de renda e refletirá

indiretamente a consciência ambiental da população. Para tal, será utilizada a seguinte pontuação, conforme tabela 4.3.

TABELA 4.3 - Valores do Indicador de renda dos responsáveis pelos domicílios e sua respectiva pontuação.

INDICADOR DE RENDA/IR (salários mínimos)			
$0 \leq IR < 1 = \text{Valor } 0$	$1 \leq IR \leq 3 = \text{Valor } 0,25$	$3 < IR \leq 5 = \text{Valor } 0,75$	$IR > 5 = \text{Valor } 1$

4.2.4.2 Indicador de Educação (IE)

O Indicador de educação foi baseado em dados disponibilizados pela IBGE (2000) e Instituto das Cidades para cada bairro que compõem as sub-bacias (Anexo C). Esse indicador está pontuado em quatro variáveis (Tabela 4.4) que demonstrará o grau de instrução da população e indiretamente a consciência ambiental da população.

TABELA 4.4. Valores do indicador de educação e sua respectiva pontuação.

INDICADOR DE EDUCAÇÃO/IE			
Sem instrução = 0	Ens. Fundamental = 0,3	Ens. Médio = 0,7	Ens. Superior = 1

4.2.4.3 Indicador de Saneamento (IS)

O indicador de saneamento compreende os serviços urbanos disponibilizados para a população da área, como abastecimento de água e rede de esgoto. Esse indicador demonstrará se esses serviços essenciais à população estão sendo promovidos pelo poder público.

Para o cálculo, utilizaram-se dados referentes ao abastecimento de água e esgoto fornecidos pela Companhia de Água e Esgoto do Maranhão (CAEMA), que correspondem ao percentual desses serviços fornecidos aos bairros de cada sub-bacia, sendo o indicador a média desses serviços por sub-bacia.

4.2.5 Confeção de mapas temáticos

Para a confeção dos mapas temáticos das sub-bacias e da bacia do rio Bacanga foram utilizados:

- Imagens Landsat-5, TM, multiespectral, bandas 1, 2, 4 e 7, referentes à 20/06/1984 e 10/09/2008, órbita/ponto: 220/62;
- Arquivo digital, em formato shapefile, referentes ao tema: divisão territorial política, produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2006);
- Arquivo digital, em formato shapefile, referentes ao tema: Unidades de Conservação, produzido pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão – SEMA
- Programa para processamento de imagem, ER MAPPER 6.4;
- Programa para processamento de imagem, SPRING 5.1.3;
- Programa para produção de mapa temático, ArcGis 9.2.

Para o processamento digital da imagem neste trabalho foi utilizado o sensor TM do satélite Landsat 5. Este sensor possui uma resolução espacial de 30 m, de maneira que nos permite, em uma escala regional, a visualização de diferentes classes da cobertura, uso e ocupação do solo. Além disso, apresenta uma resolução espectral composta por 7 faixas do espectro, logo é possível diferenciar as diferentes assinaturas espectrais das áreas em estudo.

A escala utilizada foi de 1:100.000 m para o mapa de visualização. Porém a vetorização das unidades de uso do solo foi feita em uma resolução de 30 m.

Primeiramente foi adquirido a imagens no site do INPE e seu Registro foi realizado no ER MAPPER 6.4. Em seguida foi criado um banco de dados no programa SPRING 5.1.3, com essas especificações: sistema de projeções UTM; Modelos da Terra em DATUM – SAD69; zona 23M; hemisfério sul. Com as respectivas coordenadas planas: 537050/773540 Leste e 9579010/9780850 Norte.

No SPRING 5.1.3 foi executado algumas funções de restauração, filtragem e contraste das imagens em estudo para um melhoramento e realce a mais dos alvos em

questão, com isso foi feito uma classificação supervisionada de acordo com a técnica máxima verossimilhança (MAXVER).

Com os shapefiles criados na etapa anterior, foi importado ao programa ArcGis 9.2 e com isso foi possível elaborar os mapas, na sua função LAYOUT VIEW deste programa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Sub-bacia 1

A sub-bacia 1 está localizada próxima a área da barragem do Bacanga (foz do rio). A ocupação desta sub-bacia iniciou-se por volta de 1612 com a invasão francesa. Nela encontram-se alguns dos bairros mais antigos da cidade de São Luís como o Centro, Madre Deus, Desterro e Bairro de Fátima, que tiveram o seu início de ocupação às margens da bacia do rio Bacanga.

5.1.1 Dimensão Ecológica (DE)

5.1.1.1 Variáveis Físico-químicas (VF)

As variáveis ambientais constituem fator de grande importância para complementar o entendimento da situação de um determinado corpo hídrico, revelando características de sua bacia hidrográfica.

Dentre as variáveis físico-químicas o pH foi a única que obteve o valor satisfatório para essa sub-bacia, uma vez que está de acordo com o preconizado pela Resolução CONAMA 357/05, sendo de grande utilidade, pois nos fornece informações a respeito da qualidade da água do ambiente. (Tabela 5.1)

TABELA 5.1 - Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 1, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador para a variável e média dos indicadores.

VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS – VF			
VARIÁVEIS	VALOR MÉDIO X± DP	CONAMA 357/05	VALOR DO INDICADOR
pH	7,96 (±0,59)	6,5 – 8,5	1
OD	4,16 (±1,53) mg/L	≥ 5 mg/L	0
AMÔNIA	0,77 (±0,67) mg/L	≤ 0,4 mg/L	0
NITRATO	0,99 (± 1,40) mg/L	≤ 0,4 mg/L	0
FOSFATO	2,69 (±3,46) µM	1,2 µM	0
MÉDIA DOS INDICADORES			0,20

Medidas de pH muito ácidas ou muito alcalinas estão associadas a despejos industriais e domésticos. Além das alterações físicas (transparência da água) e químicas

(diferentes compostos precipitados), a acidificação dos corpos d'água causa sérias mudanças na estrutura das comunidades aquáticas (ESTEVES, 1998).

O oxigênio dissolvido consiste em um sensível indicador de fenômenos biológicos e químicos, sendo uma das variáveis mais importantes na caracterização ambiental. (HORNE; GOLDMAN, 1994)

As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese, já as perdas são o consumo por decomposição de matéria orgânica, perdas para atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos. O OD apresentou resultado baixo (4,16) revelando que pode haver atividade intensa de bactérias decompondo a matéria orgânica lançada no corpo d'água, já que a sub-bacia 1 é uma área bastante urbanizada. (Tabela 5.1)

Os valores dos nutrientes amônia (0,77 mg/L), nitrato (0,99 mg/L) e fosfato (2,6 μM) apresentaram-se valores elevados com relação à Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 5.1). A amônia, apesar de ser uma substância tóxica, não persistente e não cumulativa, em grandes concentrações pode causar sufocamento dos peixes (MARTINS, 2008).

A presença dessa substância indica poluição recente, uma vez que a amônia é o primeiro estágio para se chegar ao nitrato. Em locais poluídos seu teor costuma ser alto (ESTEVES, 1998).

De acordo com o LABOHIDRO (1998), o principal fornecedor de nitrogênio amoniacal e de outros nutrientes para o sistema estuarino de São Luís é o esgoto doméstico da cidade.

5.1.1.2 Variável Biológica (VB)

Segundo MARGALEF (1983) regiões costeiras costumam apresentar diversidade específica baixa 0,7 a 1,7 nits.cel^{-1} , podendo ser ainda mais baixos em estuários, em comunidades em início de sucessão e em ambientes poluídos. A região da barragem do Bacanga é o ponto mais próximo da foz da bacia do rio Bacanga, sofrendo maior influência da salinidade.

O valor da variável biológica observada na sub-bacia 1 foi de 0,5, considerado valor médio, indicando que esse ambiente está em processo de degradação (Tabela 5.2).

Costa (2008) realizou um estudo na bacia do rio Bacanga, obtendo como maior valor de diversidade (H') 2,45 bits.cel^{-1} no afluente Bicas e o menor valor, 0,59 bits.cel^{-1}

no afluente Jambeiro. O mesmo trabalho demonstrou o predomínio de diatomáceas que são organismos eurialinos.

TABELA 5.2 - Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de Diversidade de Shannon), valor do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 1.

VARIÁVEL BIOLÓGICA – FITOPLÂNCTON		
COLETAS	ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (mits.cel⁻¹)	VALOR DO INDICADOR
1	1,71	0,7
2	1,66	0,7
3	1,32	0,3
4	1,03	0,3
MÉDIA DO INDICADOR		0,50

Para Tundisi (1970), a agitação das águas pelos ventos causa modificações sazonais na transparência da água estuarina e influência na biodiversidade, abundância e na produção primária do fitoplâncton, interagindo fortemente, portanto com as comunidades bentônicas e planctônicas nas áreas rasas, controlando a composição do fitoplâncton (BERGESCH; ODEBRECHT, 1997).

5.1.1.3 Índice de Preservação Ambiental (IP)

A sub-bacia 1 possui uma área de 5,29 km²; o comprimento total dos cursos fluviais é de 2,98 km, possuindo uma densidade de drenagem (Dd) da ordem de 0,56 km/km², considerado baixo (Tabela 5.3).

TABELA 5.3 - Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 1.

ÍNDICE DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – IP	
CLASSES DE USO DO SOLO	VALORES
Densidade de Drenagem (Dd)	0,56 Km/ Km ²
Mata Secundária (MS)	0,002 Km ²
Áreas Encharcadas (AE)	0,10 Km ²
Áreas Antropizadas (AA)	5,18 Km ²
Índice de Preservação Ambiental (IP)	0,03 Km²

Áreas de baixa densidade de drenagem ($\leq 0,5 \text{ km}^2/\text{km}^2$) são caracterizadas por relevo plano e suave, cuja condição de alta permeabilidade permite rapidez de infiltração de água e conseqüente formação de lençóis aquíferos. (VILLELA; MATOS, 1975)

O adensamento populacional desordenado ao longo dos anos na sub-bacia 1 ocasionou a ocupação das áreas mais baixas, onde estavam localizados os manguezais e as várzeas.

O regime pluvial apresenta escoamento superficial pouco significativo, gerando mecanismos de erosão hídrica ligados ao processo inicial da gota de chuva e provocando a erosão laminar ou em lençol, decorrente do atrito do próprio escoamento superficial que conduz material erodido dos pontos abaixo das encostas para as calhas fluviais (BRANCO, 1986).

Para o IP obteve-se um resultado de $0,03 \text{ Km}^2$ que indica um alto nível de degradação para essa sub-bacia (Tabela 5.3). Uma vez que essa bacia possui um valor de área antropizada bem maior que a área de mata secundária ou áreas encharcadas, ou seja, uma bacia com maior densidade de drenagem, maior ocupação antropogênica e menor cobertura florestal, estaria mais comprometida ambientalmente (Figura 5.1).

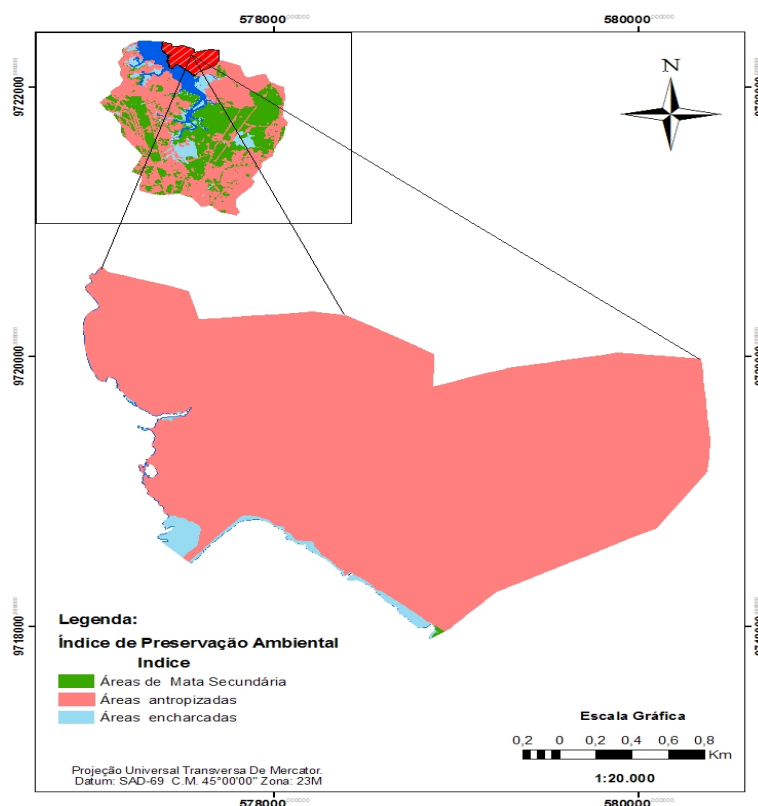


FIGURA 5.1- Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 1.

Para a dimensão ecológica (DE) obteve-se o índice de 0,24, evidenciando uma fraca sustentabilidade. Isso se deve ao fato de essa sub-bacia apresentar núcleos populacionais bastante antigos, desde a época da colonização de São Luís, acarretando assim, danos à vegetação e a qualidade da água.

5.1.2 Dimensão Socioeconômica (DS)

5.1.2.1 Indicador de Renda (IR)

O resultado do indicador de renda 0,48, demonstrou que a sub-bacia 1 é composta por uma população que possui um nível de renda média, porém alguns bairros como Desterro, Vila Passos e Bom Milagre possuem renda inferior a um salário (Tabela 5.4).

TABELA 5.4 - Valores do indicador de renda para a sub-bacia 1.

INDICADOR DE RENDA – IR	
BAIRROS	INDICADOR
Centro	1
Madre Deus	0,25
Apicum	1
Desterro	0
Goiabal	0,25
Lira	0,25
Vila Passos	0
Monte Castelo	1
Areinha	0,25
Bom Milagre	0
Parque Amazonas	1
Bairro de Fátima	0,25
Apeadouro	1
TOTAL	6,25
MÉDIA DO INDICADOR	0,48

Camargo Mora (2003) investigando os fatores determinantes dos valores ambientais entre países observou que a riqueza econômica tem influência direta sobre a consciência ambiental. O artigo demonstra que o grau de urbanização, o nível de bem-

estar subjetivo e o nível de igualdade de renda têm efeitos diretos sobre a consciência, enquanto que, a educação, a pressão demográfica e a felicidade são significativamente correlacionadas com o comportamento ambiental.

5.1.2.2 Indicador de Educação (IE)

Aspectos biológicos e físicos constituem a base natural do meio humano, as dimensões sócio-culturais e econômicas e os valores éticos definem, por sua parte, as orientações e os instrumentos com os quais o homem poderá compreender e utilizar melhor os recursos da natureza (sustentabilidade) com o objetivo de satisfazer as suas necessidades (DIAS, 2004).

Conforme o indicador de educação (IE) com valor de 0,47, (Tabela 5.5) a sub-bacia 1 localizada no centro comercial da cidade de São Luís apresenta uma oferta razoável de escolas, evidenciando um fácil acesso para essa população.

TABELA 5.5 - Valores do indicador de educação para a sub-bacia 1.

INDICADOR DE EDUCAÇÃO – IE	
BAIRROS	INDICADOR
Centro	0,7
Madre Deus	0,3
Apicum	1
Desterro	0,3
Goiabal	0,3
Lira	0,3
Vila Passos	0,7
Monte Castelo	0,7
Areinha	0,3
Bom Milagre	0,3
Parque Amazonas	0,3
Bairro de Fátima	0,3
Apeadouro	0,7
TOTAL	6,2
MÉDIA DO INDICADOR	0,47

Quanto aos bairros Desterro e Bom Milagre, os mesmos possuem o menor nível de renda. Essa realidade implica, diretamente no baixo grau de escolaridade, uma vez que a falta de recursos monetários “obriga” a maioria das pessoas a abandonar a escola para ingressar no mercado de trabalho informal, com intuito de ajudar na renda familiar. O combate à desigualdade na distribuição de renda é fundamental para assegurar a redução da pobreza, um dos principais desafios do desenvolvimento sustentável.

Portilho (2009) cita que o nível de consciência ambiental de um povo pode ser avaliado no desenvolvimento de uma compreensão integrada do meio ambiente em suas múltiplas e complexas relações, envolvendo aspectos físicos, biológicos, sociais, culturais, econômicos, científicos e também éticos.

5.1.2.3 Indicador de Saneamento (IS)

O valor verificado para o indicador de saneamento, 0,95 (Tabela 5.6), evidenciou que essa sub-bacia possui serviços de abastecimento de água e rede de esgoto. Por outro lado, do esgoto coletado apenas 15% é tratado (com.pessoal), sendo o restante depositado *in natura* na bacia do rio Bacanga.

TABELA 5.6 - Valores do indicador de Saneamento para a sub-bacia 1.

INDICADOR DE SANEAMENTO – IS		
BAIRROS	ÁGUA	ESGOTO
Centro	1	1
Madre Deus	1	1
Apicum	1	1
Desterro	1	1
Goiabal	1	0,7
Lira	1	0,9
Vila Passos	1	1
Monte Castelo	1	1
Areinha	1	0,85
Bom Milagre	1	1
Parque Amazonas	1	1
Bairro de Fátima	1	1
Apeadouro	1	1
MÉDIA DO INDICADOR	1	0,95

Os bairros que apresentaram menores valores no índice de educação e renda foram os mesmos que apresentaram menores valores no índice de saneamento, demonstrando assim uma relação muito próxima. Quanto maior o nível educacional maior exigência da população em ter melhor qualidade de vida.

A Dimensão Socioeconômica (DE) apresentou um índice de 0,63. Essa sub-bacia usufrui de serviços essenciais como escolas, abastecimento de água e rede de esgoto.

Os fatores que impactam a sustentabilidade dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica estão relacionados aos aspectos sociais, econômicos e ecológicos.

Sendo assim, o ISAsub1 encontrado foi de 0,43. Esse valor mediano deve-se ao fato de a DE possuir um valor muito baixo, oriundos de um crescimento irregular da população urbana, que causou fortes impactos afetando o solo, a vegetação, a qualidade da água e, por conseguinte o próprio homem.

5.2 Sub-bacia 2

Assim como a sub-bacia 1, a sub-bacia 2 também possui ocupação antiga, com crescimento desordenado e bairros populosos, como o coroadinho. Seu rio principal é o Bicas, o qual possui uma de suas nascentes localizada no bairro da Salinas do Sacavém, em meio às casas de onde os esgotos escorrem *in natura* para o rio.

5.2.1 Dimensão Ecológica (DE)

5.2.1.1 Variável Físico-química (VF)

Assim como a sub-bacia 1, a sub-bacia 2 apresentou apenas a variável pH em conformidade com a CONAMA 357/05, com valor de 7,54, enquanto que as demais variáveis apresentaram valores fora do padrão proposto (Tabela 5.7).

De acordo com Macêdo (1978), em regiões estuarinas, o pH está relacionado com a quantidade de matéria orgânica em decomposição, o qual é um fator limitante, tanto para a mistura do dióxido de carbono como para o oxigênio dissolvido.

Os teores de nutrientes estão frequentemente relacionados ao grau de poluição de um ecossistema aquático, e quando elevados geralmente são interpretados como indicadores de meio poluído, demonstrando um estado avançado de eutrofização (CARMOUZE, 1994). Na sub-bacia 2 os valores de 0,87 mg/L de nitrato demonstraram estar acima do valor padrão CONAMA 357/05, o mesmo verificado para amônia com

1,81 mg/L e fósforo 4,67 μ M. Esses valores demonstram um estado de poluição mais acentuado que o verificado na sub-bacia 1 (Tabela 5.7).

TABELA 5.7 - Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 2, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador por variável e média dos indicadores.

VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS – VF			
VARIÁVEIS	VALOR MÉDIO X\pm DP	CONAMA 357/05	VALOR DO INDICADOR
pH	7,54 (\pm 0,78)	6,5 – 8,5	1
OD	2,27 (\pm 1,00) mg/L	\geq 5 mg/L	0
AMÔNIA	1,81 (\pm 1,26) mg/L	\leq 0,4 mg/L	0
NITRATO	0,87 (\pm 1,06) mg/L	\leq 0,4 mg/L	0
FOSFATO	4,67 (\pm 4,63) μ M	1,2 μ M	0
MÉDIA DO INDICADOR			0,2

Todas as formas de fósforo são importantes, no entanto os ortofosfatos assumem a maior relevância por ser a principal forma de fósforo assimilado pelos vegetais aquáticos (CHESTER, 1990).

Em estuários do NE, as emissões antrópicas de N e P correspondem a valores 20 a 50 vezes maiores que as entradas naturais, via solos e atmosfera (MARINS *et al.*, 2003).

5.2.1.2 Variável Biológica (VB)

Para o indicador da variável biológica obteve-se o valor de 0,75, evidenciando maior diversidade que a encontrada na sub-bacia 1 (Tabela 5.8). Em águas estuarinas a predominância de um ou outro grupo depende principalmente, das características dominantes do meio, sendo a estrutura da comunidade fitoplanctônica um importante parâmetro para a avaliação da qualidade da água (ESKINAZI-LEÇA *et al.*, 2002).

Labohidro (1998) em estudo realizado no estuário do rio Bacanga, identificou 34 táxons, distribuídos em duas divisões: Bacillariophyta (91%) e Cyanophyta (9%). A divisão Bacillariophyta tem preferência em áreas ricas em nutrientes, suportando

maiores variações, já a presença de cianobactérias é sinal de influencia dulcícola no estuário.

TABELA 5.8 - Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de Diversidade de Shanonn), valor por do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 2.

VARIÁVEL BIOLÓGICA – FITOPLANCTON		
COLETAS	ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (nits.cel⁻¹)	VALOR DO INDICADOR
1	1,26	0,3
2	2,45	1
3	2,43	1
4	1,71	0,7
MÉDIA DO INDICADOR		0,75

De acordo com Paula Filho (2004), o florescimento algal provém do aumento de nutrientes nos mananciais, produzindo alguns efeitos sobre a qualidade da água. Discorre sobre a relação entre a comunidade fitoplanctônica e variações ambientais, essenciais para o conhecimento desses ambientes. As algas sofrem influência das condições ambientais naturais e artificiais. Variam em quantidade e frequência de acordo com diversos fatores, como clima, temperatura da água, estações do ano, além das influências antrópicas.

Segundo Labohidro (1998) o rio das Bicas, principal integrante da sub-bacia 2, está exposto a degradação ambiental e é considerado o mais poluído.

Segundo Margalef (1983), valores de diversidade específica que variam de 1 a 2,5 bits/cel. caracterizam a região costeira, podendo ser especialmente baixos em estuários, em comunidades em início de sucessão e em ambientes poluídos. Valores entre 3,5 e 4,5 bits/cel. são encontrados em região oceânica ou em comunidades costeiras em etapas mais avançadas de sucessão.

5.2.1.3 Índice de Preservação Ambiental (IP)

Apesar de a sub-bacia 2 apresentar uma área significativa de mata secundária, as áreas antropizadas conferem um valor maior evidenciando diversas atividades realizadas pelo homem.

Esta bacia está circundada por bairros populosos como Coheb, Coroado e o Pólo Coroadinho, cujas áreas pavimentadas contribuíram para um menor escoamento superficial da sub-bacia. O IP (0,40) (Tabela 5.9) dessa sub-bacia evidenciou um nível de degradação acentuada.

TABELA 5.9 - Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 2.

ÍNDICE DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – IP	
CLASSES DE USO DO SOLO	VALORES
Densidade de Drenagem (Dd)	2,55 Km/ Km ²
Mata Secundária (MS)	7,81 Km ²
Áreas Encharcadas (AE)	1,49 Km ²
Áreas Antropizadas (AA)	8,99 Km ²
Índice de Preservação Ambiental (IP)	0,40 Km²

A ocupação dessas áreas é totalmente ilegal e representa um risco social e econômico para essas famílias, uma vez que estão situadas em uma área que apresenta risco de inundação das residências, vez que essa área está situada em uma das partes mais baixas da cidade.

Alcântara; Amorim (2005) realizaram estudo na bacia do rio Anil e verificaram que de 1980 para 1999 a bacia de drenagem do rio Anil foi intensamente modificada pela crescente urbanização na bacia, evento verificado também na bacia do rio Bacanga.

Nessa sub-bacia pode-se verificar ainda, que durante o período chuvoso ocorrem alagamentos na avenida que dá acesso a esses bairros (Avenida Médice) e em muitas ruas do Coroado e Coroadinho, demonstrando a drenagem urbana deficiente.

A área encharcada (Figura 5.2) corresponde ao rio das Bicas, principal afluente dessa sub-bacia, que recebe descarga de efluentes domésticos, possuindo teores altíssimos de fosfato e amônia, além de baixos teores de OD.

Sendo assim, a dimensão ecológica (DE) apresentou o valor de 0,45, diferente do valor da sub-bacia 1 (DE = 0,24). Essa diferença é referente ao Índice de Preservação Ambiental (IP) que na sub-bacia 2 é maior que a 1. Isso se deve ao fato de a sub-bacia 1 possuir uma grande área antropizada e pouca área de vegetação, enquanto que a sub-bacia 2 apesar de possuir níveis elevados de poluição no rio das Bicas, influenciando nas variáveis físico-químicas, possui ainda uma extensa área de vegetação.

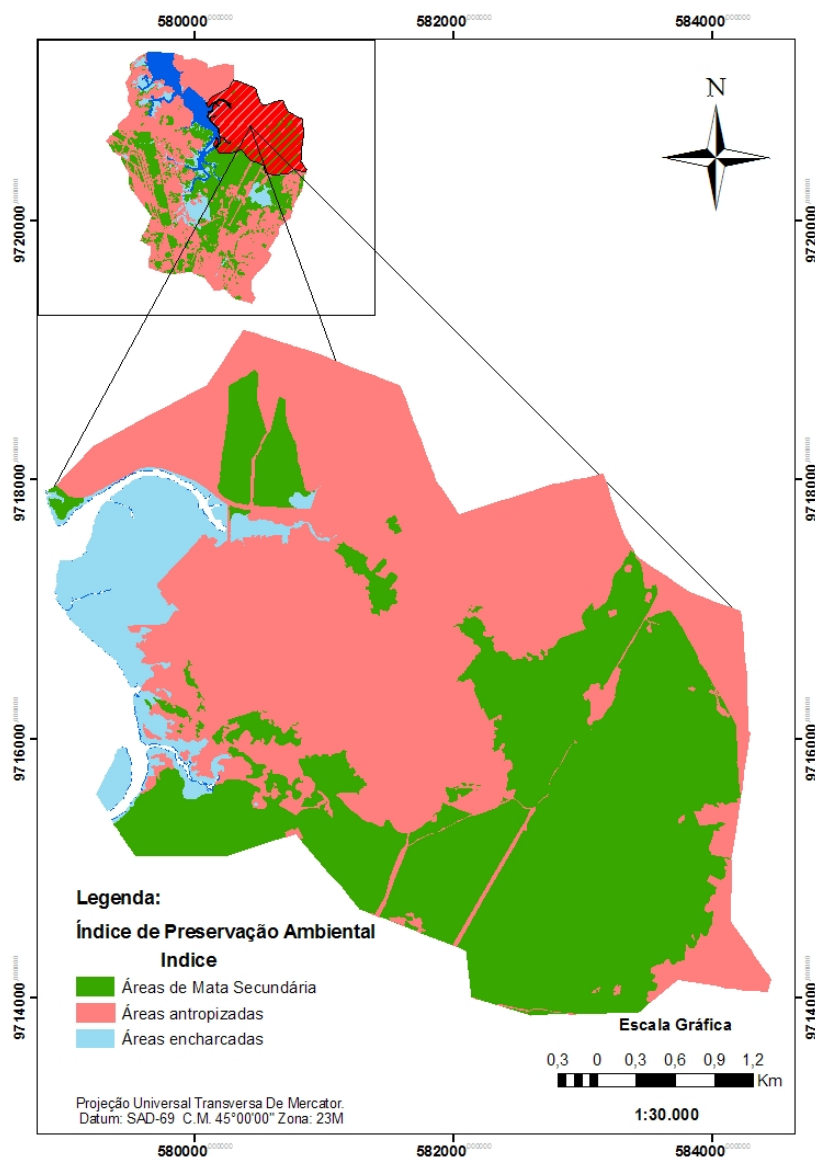


FIGURA 5.2 - Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 2.

5.2.2 Dimensão Socioeconômica (DS)

A população dessa sub-bacia é representada por uma renda abaixo de um salário, valor considerado insuficiente para uma família sobreviver, caracterizando uma população de baixa renda (IPEA, 1998)

5.2.2.1 Indicador de Renda (IR)

Nesta sub-bacia, os bairros que apresentaram uma renda acima de cinco salários mínimos foram Filipinho, Sítio Leal e Pindorama, enquanto que os demais estavam entre menos de um e um salário. (Tabela 5.10).

TABELA 5.10 - Valores do indicador de renda para a sub-bacia 2.

INDICADOR DE RENDA – IR	
BAIRROS	VALOR
Jordoa	0
Coroado	0,25
Filipinho	1
Sítio Leal	1
Salina Sacavém	0
Sacavém	0,25
Coheb	0
Outeiro da Cruz	0,25
Sítio Pirapora	0,25
Vila dos Frades	0
Coroadinho	0
Parque Timbira	0,25
Conj. Dom Sebastião	0
Vila dos Nobres	0
Pindorama	1
Primavera	0
Vila Conceição	0
TOTAL	4,25
MÉDIA DO INDICADOR	0,25

O crescimento urbano desordenado, muitas vezes devido ao êxodo rural ou pela alta taxa de natalidade, gera o aparecimento de invasões, que se caracterizam por uma população de baixa renda que vive em locais sem infra-estrutura e serviços assistenciais. Essa população geralmente não possui mão-de-obra qualificada, sobrevivendo de serviços informais.

Existe uma associação entre posição socioeconômica da população e níveis de fecundidade, no sentido de que os grupos menos instruídos ainda apresentam taxas de fecundidade mais elevadas, enquanto os grupos intermediários e os mais instruídos, detêm menores valores, pois possuem meios e informações para fazer um planejamento

familiar, além do que são pessoas mais conscientes de suas responsabilidades socioeconômicas e ambientais. (IBGE, 2009)

5.2.2.2 - Indicador de Educação (IE)

Os bairros Sítio Leal e Pindorama (Tabela 5.11) apresentaram os maiores valores com relação à educação e renda. Estes áreas são oriundas de loteamentos destinados à construção de conjuntos habitacionais para a classe média alta.

TABELA 5.11- Valores do indicador de educação para a sub-bacia 2.

INDICADOR DE EDUCAÇÃO – IE	
BAIRROS	VALOR
Jordoa	0,3
Coroado	0,3
Filipinho	0,3
Sítio Leal	1
Salina Sacavém	0,3
Sacavém	0,3
Coheb	0,3
Outeiro da Cruz	0,3
Sítio Pirapora	0,3
Vila dos Frades	0,3
Coroadinho	0,3
Parque Timbira	0,3
Conj. Dom Sebastião	0,3
Vila dos Nobres	0,3
Pindorama	0,7
Primavera	0,3
Vila Conceição	0,3
TOTAL	6,2
MÉDIA DO INDICADOR	0,36

A educação é fundamental para consciência ambiental. O papel do ensino no processo educativo é enfatizado no Capítulo 36 da AGENDA 21 - Promoção do Ensino, da Conscientização e do Treinamento: o ensino tem fundamental importância na promoção do desenvolvimento sustentável e para aumentar a capacidade do povo para abordar questões de meio ambiente e desenvolvimento. Tanto o ensino formal como o informal são indispensáveis para modificar a atitude das pessoas, para que estas tenham capacidade de avaliar os problemas do desenvolvimento sustentável e abordá-los.

5.2.2.3 -Indicador de Saneamento (IS)

Mais de 50% dos bairros (Tabela 5.12) dessa sub-bacia apresentaram como valor para a variável esgoto zero, isso se deve ao fato de esses bairros serem invasões do pólo Coroadinho.

TABELA 5.12 - Valores do indicador de saneamento para a sub-bacia 2.

INDICADOR DE SANEAMENTO – IS		
BAIRROS	ÁGUA	ESGOTO
Jordoa	1	0,9
Coroado	1	0
Filipinho	1	1
Sítio Leal	1	0,95
Salina Sacavém	1	0
Sacavém	1	0,2
Coheb	1	1
Outeiro da Cruz	1	0,6
Vila Conceição	0,75	0
Vila dos Frades	0,75	0
Coroadinho	1	0,7
Parque Timbira	1	1
Conjunto Dom Sebastião	0,75	0
Vila dos Nobres	1	0,8
Pindorama	1	0
Primavera	0,25	0
Sítio Pirapora	0,5	0
MÉDIA DOS INDICADORES	0,88	0,42

Aliado a inexistência de esgoto e a irregularidade no abastecimento de água, a imagem dessa sub-bacia está normalmente associada à pobreza de sua população onde a maioria encontra-se excluída do sistema em decorrência do preconceito da sociedade para com suas condições socioeconômicas e culturais, contribuindo dessa forma para a alta taxa de desemprego.

As condições de precariedade observadas nessa sub-bacia caracterizam-se quanto à carência de infra-estrutura e serviços essenciais, como a rede de esgoto incipiente. O escoamento é feito, quase sempre, a céu aberto e, embora a maioria das casas possua banheiros domésticos, os dejetos humanos são destinados, em boa parte, à fossa séptica ou à “fossa negra” (FROES, 2004).

A Dimensão Socioeconômica (DS) da sub-bacia 2 é representada pelo valor de 0,42. O valor do ISAsub 2 é representado pelo mesmo valor da sub-bacia 1 (0,43). As regiões de periferia são resultantes dos acelerados processos de urbanização que marcam as sociedades modernas e são portadoras de inúmeros problemas estruturais, sociais e humanos, com conseqüências que extrapolam seus limites geográficos e atingem a cidade como um todo. As duas sub-bacias passaram pelo mesmo processo de expansão populacional desordenado, principalmente a sub-bacia 1 que teve sua ocupação mais antiga.

A região conhecida como Pólo Coroadinho surgiu por volta do ano de 1976, formando-se à margem do rio das Bicas. As famílias, em sua maioria, vindas do interior do Estado em busca de melhores condições de vida.

Após a ocupação, a população se expandiu para outras áreas dando origem a 16 (dezesseis) vilas e aglomerações que formam o pólo, as quais são: Coroadinho, Vila dos Frades, Bom Jesus, Primavera, Sítio do Pica Pau Amarelo, Vila Conceição, Vila dos Nobres, Vila Natal, Vila Atêncio Queiroga, Vila São Sebastião, Terra Preta, Alto da Bela Vista, Alto do São Francisco, Alto do Parque Timbiras, Vila Maruim e Vila Nice Lobão. (RIBEIRO JÚNIOR, 1999)

5.3 Sub-bacia 3

A sub-bacia 3 compõe parte do Parque Estadual do Bacanga, que representa, enquanto Unidade de Conservação (UC), Patrimônio Ambiental da Ilha de São Luís. Essa sub-bacia possui dois bairros: a Vila Itamar e o Distrito Industrial, além da invasão Recanto Verde.

5.3.1 Dimensão Ecológica (DE)

5.3.1.1 Variável Físico-química (VF)

Nesta sub-bacia verificou-se que apenas as variáveis físico-químicas OD e fosfato não estavam dentro do padrão exigido pela Resolução CONAMA 357/05. Os baixos valores de oxigênio, 3,51 mg/L (Tabela 5.13) podem ser atribuídos à maior presença de carga orgânica oriunda dos despejos de resíduos domésticos das ocupações urbanas da Vila Itamar e Recanto Verde.

TABELA 5.13 - Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 3, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador para a variável e média dos indicadores.

VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS - VF			
VARIÁVEIS	VALOR MÉDIO $\bar{X} \pm DP$	CONAMA 357/05	VALOR DO INDICADOR
pH	7,32 ($\pm 0,99$)	6,5 – 8,5	1
OD	3,51 ($\pm 1,72$) mg/L	≥ 5 mg/L	0
AMÔNIA	0,14 ($\pm 0,14$) mg/L	$\leq 0,4$ mg/L	1
NITRATO	0,37 ($\pm 0,45$) mg/L	$\leq 0,4$ mg/L	1
FOSFATO	1,46 ($\pm 1,13$) μ M	1,2 μ M	0
MÉDIA DOS INDICADORES			0,6

Os valores de amônia (0,14), nitrato (0,37) e pH (7,32) apresentaram valores dentro dos limites da Resolução CONAMA 357/05, diferentemente dos valores observados para as outras sub-bacias estudadas, demonstrando um menor grau de poluição (Tabela 5.13).

Cavalcante (2005) realizou um estudo sobre o uso e ocupação da sub-bacia do Batatã e os reflexos na degradação de seus recursos hídricos, encontrando níveis baixos de oxigênio em vários pontos de sua amostragem, obtendo valores de 0,7 a 2,9 mg/L, indicando o comprometimento dessas águas.

O fósforo é um nutriente essencial para os organismos vivos, sua presença em níveis ideais favorece o desenvolvimento de algas. As fontes naturais do fósforo podem estar contidas em descargas de esgotos domésticos, efluentes industriais e lixiviação de áreas de agricultura, dentre outras (GASTALDINI *et al.*, 2003).

5.3.1.2 - Variável Biológica (VB)

A poluição das águas põe fim a várias formas de vida que dela necessitam, tanto vegetal quanto animal, desde o fitoplâncton e o zooplâncton até os maiores seres que habitam os cursos d'água, os peixes, além de atingir os seres humanos que são consumidores obrigatórios de água desses ambientes. Alterações nas condições ambientais promovem uma reestruturação nas assembléias íctias, refletindo as condições vigentes na bacia hidrográfica em que estão inseridas (MARTINS, 2008).

O valor referente à variável biológica foi o menor encontrado, se comparado com as sub-bacias 1 e 2 (Tabela 5.14). Em relação a estuários, a diversidade pode ser baixa, devido ao alto grau de eutrofização. Quando as concentrações dos nutrientes são altas, ocorre uma maior presença de espécies r-estrategistas ou oportunistas de pequena dimensão e com alta taxa de reprodução, aumentando a biomassa algal e diminuindo a diversidade (MARGALEF, 1983).

TABELA 5.14 - Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de Diversidade de Shanonn), valor do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 3.

VARIÁVEL BIOLÓGICA – FITOPLANCTON		
COLETAS	ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (mits.cel⁻¹)	VALOR DO INDICADOR
1	1,32	0,3
2	1,08	0,3
3	0,69	0
4	2,38	1
MÉDIA DO INDICADOR		0,4

5.3.1.3 - Índice de Preservação Ambiental (IP)

Pereira (2003) em levantamento “in loco” nessa sub-bacia, constatou alto grau de antropismo e de degradação ambiental na rede de drenagem, na sua porção compreendida na área de ocupação habitacional da Vila Itamar e Recanto Verde. Houve significativa descaracterização do quadro natural, através de pontos de intermitência da rede de drenagem, devido ao desencadeamento de processos erosivos, assoreamento e depósitos de resíduos sólidos domésticos distribuídos ao longo dos canais.

As áreas de mata secundária (20,99 km²) apresentam maior valor que nas outras sub-bacias estudadas (Tabela 5.15). Isso se deve ao fato de nesta sub-bacia se encontrar o parque Estadual do Bacanga, uma Unidade de Conservação e, inserida nesta a represa do Batatã, responsável pelo abastecimento de água de vários bairros de São Luís.

TABELA 5.15 - Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 3.

ÍNDICE DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – IP	
CLASSES DE USO DO SOLO	VALORES
Densidade de Drenagem (Dd)	2,90 Km/ Km ²
Mata Secundária (MS)	20,99 Km ²
Áreas Encharcadas (AE)	2,24 Km ²
Áreas Antropizadas (AA)	15,25 Km ²
Índice de Preservação Ambiental (IP)	0,52 Km²

O Parque Estadual do Bacanga foi a primeira manifestação governamental no sentido de preservar o equilíbrio ecológico e determinar o aproveitamento dos recursos hídricos.

Em 1984, através do Decreto nº 9550, de 10 de abril, estabeleceu-se novos limites para a Unidade de Conservação (UC) passando de 3.075 ha para 2.634 ha. Esta redefinição ocorreu devido algumas ocupações irregulares, exploração dos recursos naturais, além de instalações da estrada de Ferro São Luís – Teresina e linhas de transmissão da Eletronorte levando sérios impactos ambientais sobre os ecossistemas naturais existentes e as espécies inseridas dentro do mesmo (CAVALCANTE, 2005).

Infelizmente os municípios possuem pouca capacidade de fiscalização, e acabam se desenvolvendo nas áreas mananciais com loteamentos irregulares ou clandestinos. A representação gráfica (Figura 5.3) do IP para essa sub-bacia demonstrou uma grande área antropizada próximos aos lagos do Batatã, a consequência da expansão sem uma visão ambiental é a deterioração dos mananciais e a redução da cobertura de água segura para a população. Este processo necessita de diferentes ações preventivas de planejamento urbano e ambiental, visando minimizar os impactos e buscar o desenvolvimento sustentável.

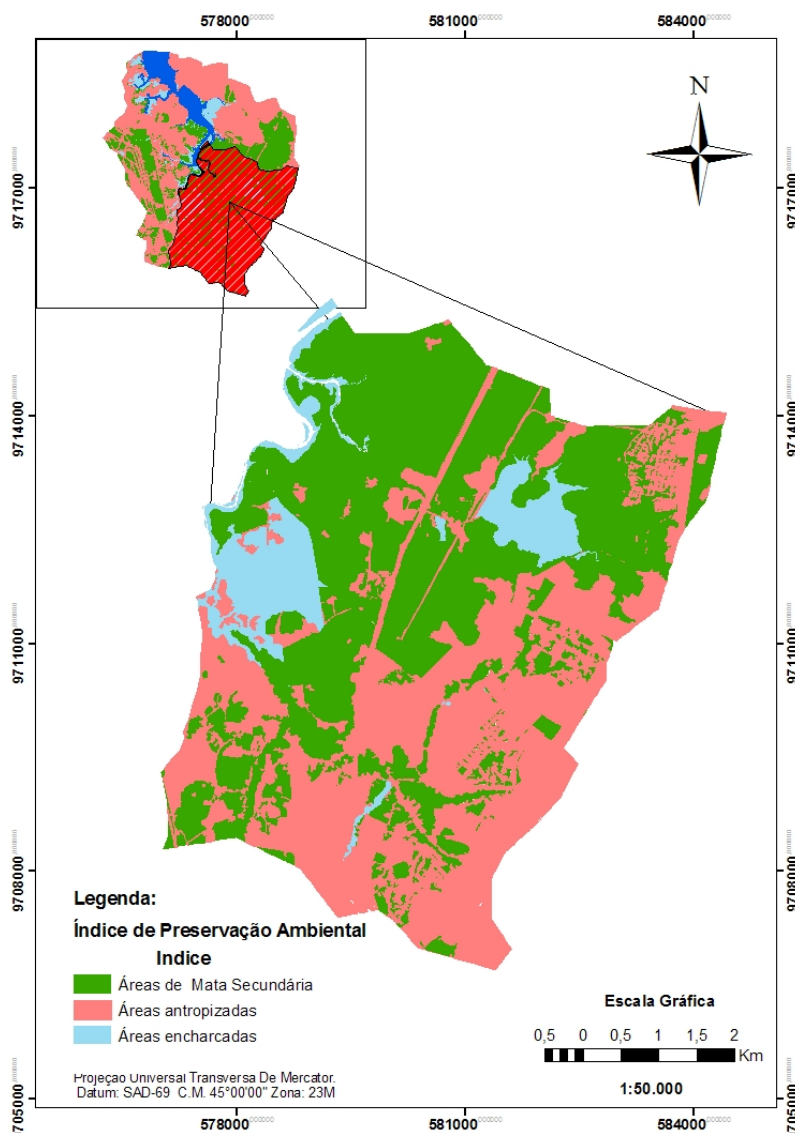


FIGURA 5.3 - Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 3.

5.3.2 Dimensão Socioeconômica (DS)

O processo de criação dos bairros Vila Itamar e Distrito Industrial têm origem semelhante. A decisão nacional de implantar em São Luís, grandes projetos como a fábrica de alumínio da Alumar, o porto exportador do Itaqui e a ferrovia Carajás, da Companhia Vale do Rio Doce atraíram inúmeras empresas prestadoras de serviço e contribuíram para consolidar a idéia de uma iminente explosão habitacional (BURNETT, 2006).

Em 1964 famílias de funcionários do Departamento de Estradas e Rodagem - D.E.R. passaram a ocupar a área que servia de garagem para aquela instituição, nas

imediações da BR 135, próximo à pista de pouso do aeroporto Marechal Cunha Machado (PEREIRA, 2003).

Esses bairros e posteriormente a Vila Recanto Verde (invasão), contribuíram para descaracterização e degradação da UC.

Os equipamentos sociais, como as escolas são insuficientes para a demanda da área. As principais atividades econômicas são os serviços informais como: feirantes, ajudantes de pedreiro, carpinteiros, comerciantes, eletricitas, motoristas, domésticas, pescadores e sacoleiras. (PEREIRA, 2003)

O ensino é fundamental para conferir consciência ambiental e ética, valores e atitudes, técnicas e comportamentos em consonância com o desenvolvimento sustentável e que favoreçam a participação pública efetiva nas tomadas de decisão.

Uma população sem formação educacional jamais exigirá seus direitos pelos serviços básicos (abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo) e também não terá consciência para examinar suas atitudes referentes aos recursos naturais.

5.3.2.1 - Indicador de Renda (IR)

O valor referente ao indicador de renda (0,12) foi muito baixo, quando comparados com as outras sub-bacias (Tabela 5.16). Sendo que o bairro Vila Itamar apresentou uma população vivendo com salários abaixo do mínimo.

TABELA 5.16 - Valores do indicador de renda para a sub-bacia 3.

INDICADOR DE RENDA – IR	
BAIRROS	VALOR
Distrito Industrial	0,25
Vila Itamar	0
MÉDIA DO INDICADOR	0,12

A baixa qualificação da mão de obra é, normalmente, um fator limitante de possibilidades de obtenção de rendimentos mais elevados.

A educação não é apenas uma questão de cidadania, mas também de saúde pública; esta tem relação direta com a produtividade. Uma família pobre sem condições

de saneamento tem maior probabilidade de ser acometida por doenças, principalmente em crianças desnutridas.

Diante da intensa necessidade do morar na cidade, desencadeia-se uma forte agressão ao meio ambiente, com efeitos negativos para os cursos d'água, que passam a sofrer as conseqüências de um problema sócio-educacional, resultantes da falta de moradia e insuficiência de uma prática de educação ambiental que trate de sensibilizar a população migrante a conservar estes ambientes.

5.3.2.2 - Indicador de Educação (IE)

A média do indicador de educação, 0,30 (Tabela 5.17) demonstram que a população tem apenas o ensino fundamental, porém este vem funcionando de forma precária no que diz respeito ao processo ensino-aprendizagem, comprometendo a base para a formação do cidadão. Constata-se nesse nível de ensino a predominância do supletivo para adiantar os anos perdidos e disponibilizar tempo para trabalhar.

TABELA 5.17 - Valores do indicador de educação para a sub-bacia 3.

INDICADOR DE EDUCAÇÃO – IE	
BAIRROS	VALOR
Distrito Industrial	0,3
Vila Itamar	0,3
MÉDIA DO INDICADOR	0,3

A participação histórica e precoce de jovens pobres trabalhadores é reveladora não apenas de como a sociedade brasileira vem se configurando ao longo da sua trajetória, mas do agravamento que potencializa nas famílias de baixa renda a entrada cada vez mais recorrente de seus filhos no trabalho precário, marginal e até em atividades do tráfico de drogas, para compor a renda familiar. Mesmo em atividades onde predomina um mínimo de escolarização e de conhecimentos, tem-se uma relação de incompatibilidade entre trabalho e escola. Uma realidade que impulsiona para os bancos escolares noturnos, braços e corpos imersos no cansaço, no sono, na concentração inexpressiva e, marcadamente, na ausência de tempo para dedicar-se aos poucos conhecimentos produzidos em sala de aula.

5.3.2.3 Indicador de Saneamento (IS)

A disponibilidade de água para os bairros dessa sub-bacia chega apenas a 42% dos moradores da Vila Itamar e 45% para o Distrito Industrial (Tabela 5.18). Ressalta-se que na Vila Itamar, grande parte da área existente atualmente corresponde a invasão.

TABELA 5.18 - Valores do indicador de Saneamento para a sub-bacia 3.

INDICADOR DE SANEAMENTO – IS		
BAIRROS	ÁGUA	ESGOTO
Distrito Industrial	0,45	0,2
Vila Itamar	0,42	0,13
MÉDIA DO INDICADOR	0,43	0,16

O resultado da DS = 0,23 para essa sub-bacia demonstra o não compromisso dos órgãos públicos com a comunidade; aglomerados urbanos sem infra-estrutura, falta de escolas, irregularidades no abastecimento de água e inexistência de rede de esgoto refletindo na qualidade ambiental local.

O IS_{sub 3} foi igual a 0,36; valor inferior ao verificado nas duas sub-bacias estudadas anteriormente, entendendo-se que essa sub-bacia está em um estágio de degradação acelerado.

5.4 Sub-bacia 4

Esta sub-bacia localiza-se na área Itaqui-Bacanga, margem esquerda do rio Bacanga, é composta pelos bairros Vila Embratel e Gapara. O processo de ocupação dessa área está associado à construção da barragem do rio Bacanga na década de 60.

5.4.1 Dimensão Ecológica (DE)

5.4.1.1 Variável Físico-química (VF)

Para as variáveis físico-químicas o OD (2,93) apresentou um valor baixo, que pode estar associado aos efluentes que aportam uma grande quantidade de compostos orgânicos aos corpos hídricos, levando ao processo de eutrofização (Tabela 5.19).

Eskinazi-Leça *et al.* (1984), pesquisando o rio Botafogo (PE), que vem sofrendo ação antrópica, constataram valores de OD entre 1,63 e 4,73 mg/L.

As demais variáveis (amônia, nitrato e fosfato) também obtiveram valores superiores aos da Resolução CONAMA 357/05. Quanto ao pH, obteve-se valor dentro do limite proposto.

A média dos valores das variáveis físico-químicas foi igual a 0,2 (Tabela 5.19) resultado igual ao encontrado para as sub-bacias 1 e 2. Deve-se atentar ao fato de a sub-bacia 4 ser uma área onde a expansão urbana é recente, evidenciando que essa sub-bacia está num processo célere de degradação.

TABELA 5.19 - Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 4, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador para as variáveis e média dos indicadores.

VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS – VF			
VARIÁVEIS	VALOR MÉDIO X ± DP	CONAMA 357/05	VALOR DO INDICADOR
pH	7,06 (± 1,39)	6,5 – 8,5	1
OD	2,93 (±0,63) mg/L	≥ 5 mg/L	0
AMÔNIA	1,06 (±0,91) mg/L	≤ 0,4 mg/L	0
NITRATO	1,35 (±0,98) mg/L	≤ 0,4 mg/L	0
FOSFATO	1,89 (±3,02) µM	1,2 µM	0
MÉDIA DOS INDICADORES			0,2

Segundo MOTA (1995), as elevadas concentrações de compostos de nitrogênio (amoniacal, nitritos, nitratos, entre outros) podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas.

5.4.1.2 Variável Biológica (VB)

A diversidade dos organismos fitoplanctônicos encontrada nessa sub-bacia foi de 0,67 (Tabela 5.20). Várias propostas têm sido levantadas para explicar a diversidade de espécies planctônicas sendo resultado da interação de fatores como competição, predação, tamanho, habitat, tempo e estabilidade ambiental (KREBS, 1989).

TABELA 5.20 - Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de Diversidade de Shanonn), valor do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 4.

VARIÁVEL BIOLÓGICA – FITOPLANCTON		
COLETAS	ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (nits.cel-1)	VALOR DO INDICADOR
1	2,07	1
2	1,99	0,7
3	1,42	0,7
4	1,20	0,3
MÉDIA DO INDICADOR		0,67

Organismos planctônicos estabelecem relações intra e interespecíficas complexas, competindo por espaço e recursos orgânicos e inorgânicos na coluna de água. Mudanças na comunidade planctônica acarretam profundas modificações estruturais em todos os níveis tróficos dos ecossistemas aquáticos, pois, devido ao seu caráter dinâmico, com elevadas taxas de reprodução e perda, essa comunidade responde rapidamente às alterações físico-químicas do meio.

As variações no regime meteorológico, as características geomorfológicas regionais e os impactos antropogênicos nas áreas costeiras e estuarinas estabelecem, conjuntamente, o regime hidrográfico particular de cada região e, conseqüentemente, as características taxonômicas e a dinâmica espaço-temporal de suas comunidades (SANTOS, 2009).

5.4.1.3 Índice de Preservação Ambiental (IP)

A densidade de drenagem é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia. Sendo assim, este índice, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. (ANTONELI; THOMAZ, 2007).

A bacia em estudo apresenta uma densidade de drenagem média, 2,50 km/km² (Tabela 5.21); esse valor é reflexo de um relevo de maior movimentação topográfica e menor tempo de concentração (VILLELA; MATTOS, 1975). As áreas de mata secundária apresentaram um valor relativamente baixo quando comparado ao valor da

área antropizada (Figura 5.4). Esse fato deve-se ao aumento populacional ocorrido de maneira acelerada nessa sub-bacia desde a década de 60.

TABELA 5.21 - Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 4.

ÍNDICE DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – IP	
CLASSES DE USO DO SOLO	VALORES
Densidade de Drenagem (Dd)	2,50 Km/ Km ²
Mata Secundária (MS)	11,97 Km ²
Áreas Encharcadas (AE)	1,44 Km ²
Áreas Antropizadas (AA)	9,48 Km ²
Índice de Preservação Ambiental (IP)	0,56 Km²

Devido ao crescimento urbano não planejado, algumas bacias apresentam altos índices de impermeabilização, o que tem provocado aumento nos volumes de escoamento superficial, enchentes, erosões e assoreamento da macrodrenagem. Isto concorda com as afirmações de Tucci (2000) acerca da relação entre aumento da área impermeável e aumento no coeficiente de cheia e no volume do escoamento superficial.

A impermeabilização e a compactação do solo, assim como o assoreamento causado pela retirada da vegetação, causam sérios prejuízos, visto que a influência do fluxo de água doce, das marés e dos ventos resulta em padrões específicos de circulação da água no estuário. Christofolletti (1979) supõe que a redução do aporte de água doce seja o efeito físico mais sério gerado por alterações na bacia de drenagem, uma vez que intensifica o agravamento da poluição pela redução da circulação estuarina.

O valor da DE para essa sub-bacia é de 0,47, valor próximo ao encontrado na sub-bacia 2. Da forma como se apresentam, os problemas se agravam e as cidades tornam-se palco de uma ação descontrolada e desorganizada, tanto se referindo a má distribuição e falta de controle da freqüente urbanização no espaço, quanto ambientalmente, uma vez que a urbanização efetivada sem um planejamento urbano eficiente reflete uma crise conjunta socioeconômica.

Entre os fatores que proporcionam a transformação ambiental destacam-se o desmatamento e a ocupação das margens dos cursos d'água urbanos para fins de habitação, constituindo-se em fatores de degradação ambiental, acelerando o processo de erosão do solo e conseqüente assoreamento dos igarapés, gerando com isso uma

diminuição no nível de qualidade de vida da parcela populacional que habita aqueles locais.

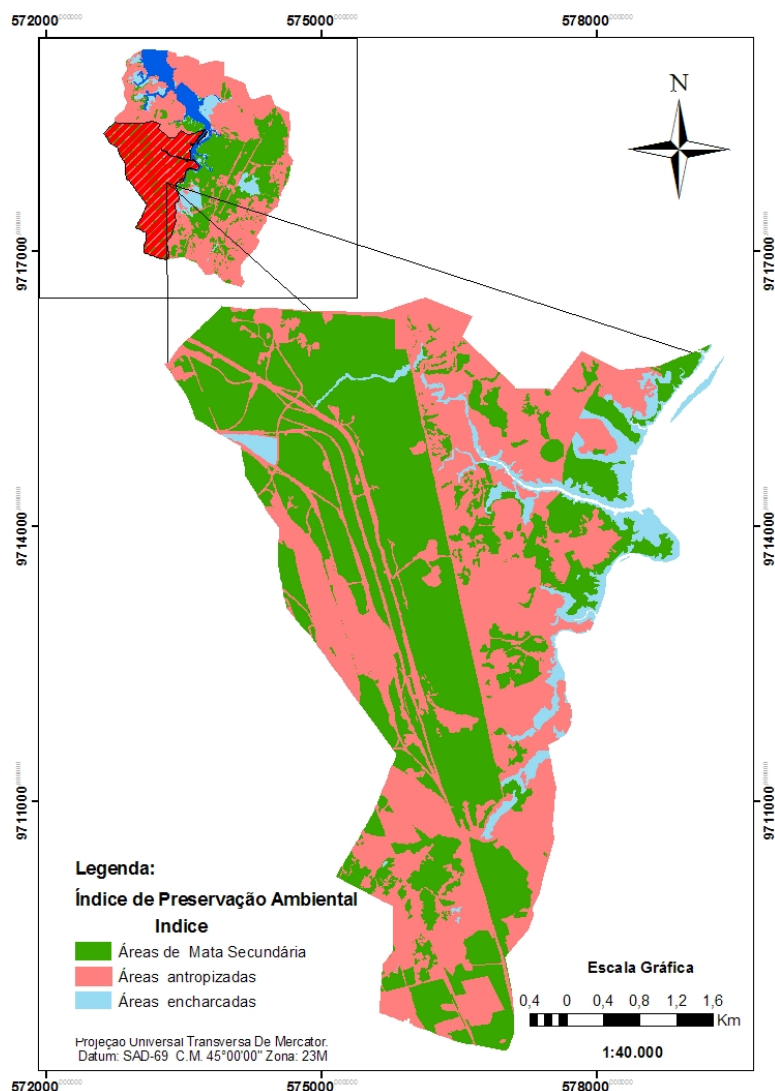


FIGURA 5.4 - Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a sub-bacia 4.

5.4.2 Dimensão Socioeconômica (DS)

Em função de uma série de fatores, principalmente sociais e econômicos, o número de ocupações irregulares continua a crescer, igualmente ampliando os problemas urbanos, sobretudo de caráter metropolitano.

Determinados conceitos devem ser revistos quanto ao que vem a ser uma ocupação irregular, tomando-se como base caracterizações socioeconômicas, culturais e ambientais, pois existe uma grande instabilidade socioambiental composta por uma população carente e usualmente localizada em áreas de sensibilidade ambiental.

5.4.2.1 Indicador de Renda (IR)

Grande parte da população residente nessas áreas é oriunda do interior do estado, atraída pela expectativa de emprego e por melhoria de vida, criadas pela implantação das indústrias na área Itaqui-Bacanga, o que acabou originando maior demanda que oferta de trabalho, tendo como consequência o desemprego.

O valor do IR (0,12) nessa sub-bacia também foi verificado para a sub-bacia 3. Os bairros Vila Embratel e Gapara possuem uma população de baixa renda que vive de serviços informais, muitas vezes tendo que abandonar os estudos para contribuir com o orçamento da família (Tabela 5.22). Outra opção encontrada por essas famílias vem do governo através do Programa Assistencial Bolsa Família.

TABELA 5.22 - Valores do indicador de renda para a sub-bacia 4.

INDICADOR DE RENDA – IR	
BAIRROS	VALOR
Vila Embratel	0,25
Gapara	0
MÉDIA DO INDICADOR	0,12

Na Vila Embratel encontra-se um Núcleo de Extensão da UFMA que trabalha com diversos projetos em prol da comunidade, inclusive cursos profissionalizantes, dando a essa população uma oportunidade para a melhoria da qualidade de vida. Contudo, o que se constata é o desinteresse por parte daqueles que realmente precisam de uma alternativa de renda.

5.4.2.2 Indicador de Educação (IE)

Na paisagem urbana encontra-se um sistema complexo, onde diferentes elementos e componentes representam fluxos de energia e matéria em processos interativos. A compreensão da paisagem urbana como um sistema, pode levar a uma análise, classificação e um diagnóstico de síntese. Os elementos que vão dominar estas paisagens são antrópicos, embora os bióticos e abióticos também tenham seu papel. A energia antrópica, sem dúvida, prevalece sobre a natural. (SILVA, 2009)

A desigualdade social costuma ser analisada em termos das diferenças entre as classes alta e baixa e pensada, sobretudo enquanto desigualdade de renda e de educação. Ressalta-se que nem todas as pessoas de baixa renda são iguais e que é importante reconhecer a existência de desigualdades dentro de uma própria classe. Em outras palavras, muito embora renda e educação sejam dimensões centrais na diferenciação social, não se deve negligenciar a dimensão espacial da desigualdade que se manifesta pelas diferentes modalidades de segregação socioespacial. (PRETECEILLE; RIBEIRO, 1999)

Esse fato é verificado nos referidos bairros, uma vez que dentro dos limites dos mesmos existe uma estratificação física, ou seja, existem locais com ruas asfaltadas, próximas às escolas, às praças, à feira e à igreja. Em contrapartida, há áreas marginalizadas tais como: América do Norte, Piancor, Residencial Resende, que fazem parte da Vila Embratel, porém não dispõem da mesma infraestrutura.

Para o IE obteve-se o resultado de 0,3 (Tabela 5.23) que nos demonstra que essa população possui apenas o nível fundamental. Pode-se inferir que a educação tem o impacto de perpetuação do ciclo de pobreza, uma vez que pais com baixa escolaridade têm dificuldade em garantir um maior nível de escolaridade para seus filhos de tal forma gerando um ciclo vicioso de perpetuação da pobreza entre gerações.

TABELA 5.23 - Valores do indicador de educação para a sub-bacia 4.

INDICADOR DE EDUCAÇÃO – IE	
BAIRROS	VALOR
Vila Embratel	0,3
Gapara	0,3
MÉDIA DO INDICADOR	0,3

5.4.2.3 Indicador de Saneamento (IS)

A falta de infra-estrutura e serviços tornaram grande parte da população desta sub-bacia cada vez mais vulnerável a doenças, revelando uma profunda desigualdade social causada pelo processo de segregação da maioria da população para as porções ambientalmente mais frágeis (áreas conhecidas como baixios, com potencialidades de inundações ou nas encostas), insalubres e deterioradas, criando uma geografia de

exclusão com profundas diferenças na qualidade das moradias, acesso a bens e serviços (Tabela 5.24). A ausência do serviço de esgoto, assim como verificado nas outras sub-bacias é apresentado nos bairros dessa sub-bacia, principalmente no Gapara. A principal conseqüência é a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos. Isso demonstra a falta de investimento nos serviços básicos para a população e o descaso com o meio ambiente.

TABELA 5.24 - **Valores do indicador de saneamento para a sub-bacia 4.**

INDICADOR DE SANEAMENTO – IS		
BAIRROS	ÁGUA	ESGOTO
Vila Embratel	0,80	0,10
Gapara	0,50	0
MÉDIA DO INDICADOR	0,65	0,05

A DS para essa sub-bacia foi de 0,25, representando um valor muito baixo para as questões referentes ao desenvolvimento socioeconômico populacional, sendo refletido na consciência ambiental do cidadão.

O ISAsub para a sub-bacia 4 apresentou o mesmo valor da sub-bacia 3, demonstrando que a situação socioeconômica ambiental é a mesma para as duas sub-bacias.

Na perspectiva do desenvolvimento sustentável, o crescimento populacional deve ser acompanhado das condições de satisfação das necessidades humanas, como o combate à pobreza, diminuição do desemprego, dessa maneira minimizando o impacto ao ambiente.

5.5 Sub-bacia 5

Assim como na sub-bacia 4, o processo de ocupação dessa sub-bacia esteve relacionado diretamente com a construção da barragem. Além de possibilitar o acesso à margem esquerda do rio Bacanga permitindo a ocupação urbana, a barragem também se tornou um obstáculo ao fluxo e refluxo das águas da maré, alterando a hidrodinâmica natural do sistema estuarino e o volume d'água circulante e residente no sistema. Nessa

sub-bacia encontra-se um dos bairros mais populosos da região Itaqui-Bacanga, o Anjo da Guarda.

5.5.1 Dimensão Ecológica (DE)

5.5.1.1 Variável Físico-química (VF)

O valor do indicador para as variáveis físico-químicas referentes a essa sub-bacia são os mesmos encontrado nas sub-bacias 1, 2 e 4. Esse padrão reflete as ações antrópicas na qualidade da água.

Verificou-se que o nível de nitrato (1,37) nessa sub-bacia foi o maior registrado quando comparado às outras sub-bacias (Tabela 5.25). O nitrogênio exportado através de fontes pontuais e difusas pode resultar no aumento da produtividade primária, que induz a uma aceleração no processo de eutrofização dos corpos d'água, com potencial desenvolvimento sazonal de algas tóxicas, podendo ter grandes impactos na qualidade global das águas (ESCHRIQUE, 2007).

TABELA 5.25 - Valores das variáveis físico-químicas para a sub-bacia 5, valor médio das coletas, valor de referência CONAMA 357/05, valor do indicador para variável e média dos indicadores.

VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS			
VARIÁVEIS	VALOR MÉDIO X ± DP	CONAMA 357/05	VALOR DO INDICADOR
pH	7,32 (±1,08)	6,5 – 8,5	1
OD	3,51 (±1,14) mg/L	≥ 5 mg/L	0
AMÔNIA	0,72 (±0,46) mg/L	≤ 0,4 mg/L	0
NITRATO	1,37 (±1,19) mg/L	≤ 0,4 mg/L	0
FOSFATO	2,37 (±3,29) µM	1,2 µM	0
MÉDIA DOS INDICADORES			0,2

A eutrofização natural ocorre de forma bastante lenta, através do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas, águas superficiais e processos de ressuspensão. A aceleração artificial desse processo decorre principalmente do volume dos aportes de compostos nitrogenados e fosfatados oriundos de efluentes domésticos, industriais e de atividades agrícolas. (BENDO *et al.* 2000)

Os nitratos são muito solúveis em água, sendo a forma mais oxidada e estável do nitrogênio nesse ambiente. Como esse nutriente é a forma primária de nitrogênio utilizada pelos vegetais que convertem o nitrato em nitrogênio orgânico para estimular o crescimento, quantidades excessivas podem resultar em proliferações em massa de fitoplâncton e macrófitas aquáticas. As principais fontes de poluição são os adubos de solo, esgotos sanitários humanos e animais, e ainda, a deposição atmosférica. (BRITISH COLUMBIA, 1998)

5.5.1.2 Variável Biológica (VB)

Análises dos fatores físico-químicos contribuem para o entendimento da distribuição espacial de organismos fitoplanctônicos, base da teia trófica dos ambientes aquáticos, com importância fundamental para a avaliação qualitativa e quantitativa do nível de degradação que sofre uma bacia hidrográfica.

O resultado obtido para a variável biológica foi de 0,60 (Tabela 5.26); esse valor também foi observado na sub-bacia 4 e, representa uma média diversidade. O enriquecimento artificial de sais nutrientes decorrente do lançamento indiscriminado de efluentes domésticos “in natura” nesse ambiente produz a modificação da composição específica das populações algais, com a conseqüente alteração na sua estrutura, diversidade, biomassa, metabolismo e fisiologia. (TUNDISI, 1986).

TABELA 5.26 - Valores da variável biológica por coleta (densidade – Índice de diversidade de Shanonn), valor do indicador por coleta e média dos indicadores da sub-bacia 5.

VARIÁVEL BIOLÓGICA – FITOPLÂNCTON		
COLETAS	ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE SHANNON (nits.cel-1)	VALOR DO INDICADOR
1	2,43	1
2	1,97	0,7
3	1,55	0,7
4	0,59	0
MÉDIA DO INDICADOR		0,60

Os estuários estão entre as regiões mais férteis do mundo e sua produtividade se constitui num importante meio de vida para as populações ribeirinhas, que vivem em

suas margens e deles retiram a maior parte do seu sustento. Porém, apesar da importância que esses ecossistemas desempenham para as populações humanas e para as várias espécies de organismos que dependem dos estuários, estes têm sido alvos de inúmeros impactos antrópicos, funcionando como receptores de efluentes domésticos e industriais que vêm alterando, sobremaneira, suas condições ambientais.

5.5.1.3 Índice de Preservação Ambiental (IP)

Nessa sub-bacia pode-se observar uma grande área antropizada (6,38 km²) em detrimento das áreas de mata secundária e encharcada; comparado às outras sub-bacias foi o segundo pior valor. A ocupação urbana desordenada e irregular gerou problemas provocando o desequilíbrio dos sistemas ambientais, causando ônus ao Poder Público e riscos às populações (Tabela 5.27).

TABELA 5.27 - Valores do Índice de Preservação Ambiental (IP) da sub-bacia 5.

ÍNDICE DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL – IP	
CLASSES DE USO DO SOLO	VALORES
Densidade de Drenagem (Dd)	2,62 Km/ Km ²
Mata Secundária (MS)	2,84 Km ²
Áreas Encharcadas (AE)	2,97 Km ²
Áreas Antropizadas (AA)	6,38 Km ²
Índice de Preservação Ambiental (IP)	0,34 Km²

Entre eles destacam-se aqueles relacionados ao meio físico e às atividades antrópicas indiscriminadas, tais como, a ocupação de áreas de várzeas, áreas sujeitas a inundações, áreas com declividades acentuadas e áreas de solos suscetíveis aos processos de erosão (VALÉRIO FILHO *et al.*, 2002).

As inundações em áreas urbanas representam um sério problema para grande parte dos municípios brasileiros, principalmente quando atingem áreas densamente ocupadas, ocasião em que geram prejuízos consideráveis e muitas vezes irreparáveis, com perdas de vidas humanas (CARVALHO *et al.*, 2001).

O bairro do Sá Viana, situado nas proximidades do Campus da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) ocupou uma área irregular onde existia manguezal. A

falta de manutenção da barragem associada ao período chuvoso ocasionou enchentes no bairro.

O controle de inundações em bacias urbanizadas envolve um conjunto de medidas estruturais e não estruturais que vão desde o planejamento do uso da terra urbano e rural à realocação humana, até o convívio com o problema.

Pela representação gráfica (Figura 5.5) pode-se observar que apesar de ser uma região onde a ocupação é recente, esta se deu de forma acelerada, causando a degradação dos recursos naturais, principalmente nas áreas próximas aos rios.

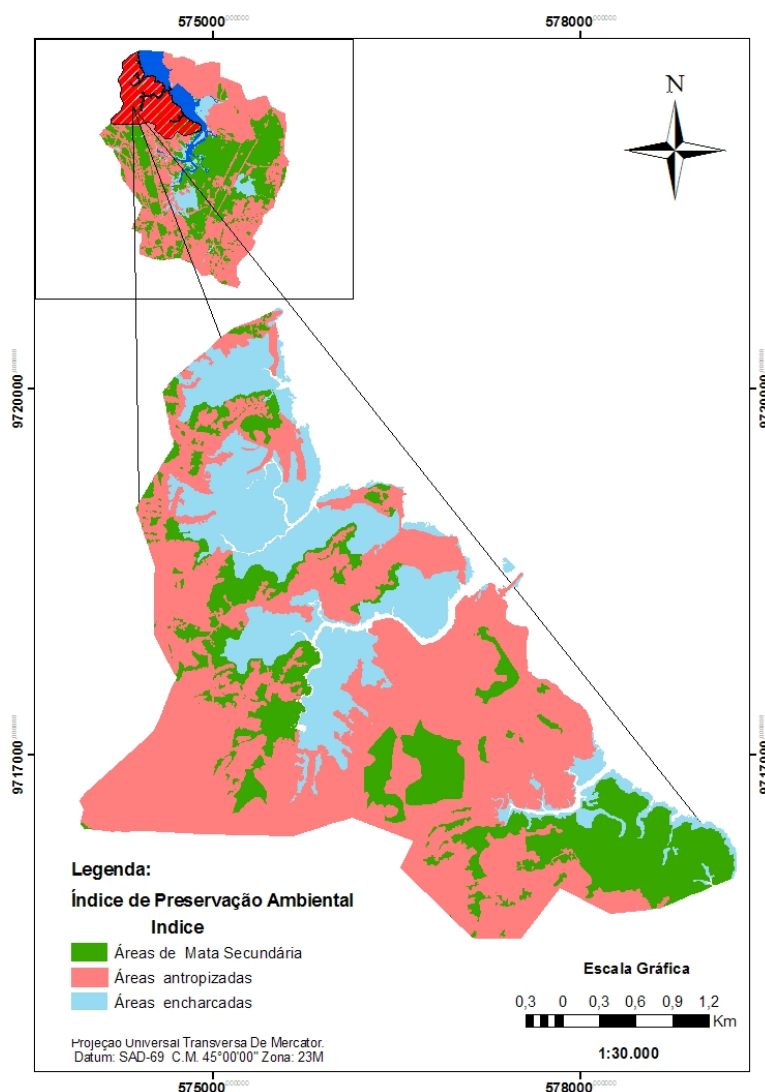


FIGURA 5.5 - Representação gráfica o do Índice de Preservação Ambiental para a sub-bacia 5.

A DE encontrada para a sub-bacia 5 foi de 0,2 demonstrando que essa sub-bacia possui uma fraca sustentabilidade. O'Connor (1999) ressalta a importância da qualidade

ambiental como pré-condição para o bem-estar da sociedade humana e sua sustentabilidade (econômica) no longo prazo.

5.5.2 Dimensão Socioeconômica (DS)

Nos últimos anos observou-se uma série de modificações através do desenvolvimento tecnológico, do crescimento populacional desordenado, das crises econômicas, da formação da periferia degradada, fruto da desigualdade social e do fenômeno de metropolização devido ao forte poder de atração exercido pelos grandes centros urbanos.

Este fenômeno gerou, e continua a gerar, problemas de ordem econômica, social e ambiental. O agravamento destes é resultado direto da falta de políticas adequadas que possibilitem o enfrentamento da deterioração da qualidade de vida, sobretudo nos principais pólos de atividades econômicas.

A ponte sobre o rio Anil, que abriu caminho para a conquista da faixa litorânea pelas classes média e alta, tem seu oposto na barragem do rio Bacanga, que possibilitou o acesso ao porto do Itaqui e disponibilizou áreas para loteamentos populares dos quais o bairro do Anjo da Guarda, com moradias executadas no sistema de autoconstrução, foi seu principal e primeiro núcleo habitacional. A ele se seguiram inúmeras ocupações irregulares na área, denominadas genericamente em São Luís como vilas e identificadas por referências geográficas (Vila Embratel) ou por nomes políticos (Vila Mauro Fecury), atraídas pelos empregos indiretos produzidos pelo Porto e pela construção do campus da Universidade Federal (BURNETT, 2002).

5.5.2.1 Indicador de Renda (IR)

A distribuição do número de famílias segundo as classes de rendimento familiar per capita é um indicador importante para subsidiar políticas voltadas à redução da pobreza, da desigualdade e das diferenças regionais. Portanto, a quantificação da população cuja renda se situa abaixo de um determinado patamar é um aspecto essencial para o desenvolvimento sustentável, na medida em que a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades são objetivos nacional e universal (IBGE, 2009).

O IR verificado para essa sub-bacia foi de 0,02 (Tabela 5.28), sendo o menor valor encontrado para a bacia do rio Bacanga; apenas o bairro Vila Isabel obteve uma renda entre um e três salários.

TABELA 5.28 - Valores do indicador de renda para a sub-bacia 5.

INDICADOR DE RENDA – IR	
BAIRROS	INDICADOR
Sá Viana	0
Vila Isabel	0,25
Vila Dom Luís	0
Vila Bacanga	0
São Raimundo	0
Gancharia	0
Anjo da Guarda	0
Vila Nova	0
Jambeiro	0
Alto da Esperança	0
TOTAL	0,25
MÉDIA DO INDICADOR	0,02

Segundo o IPEA a renda per capita mensal necessária para que um indivíduo faça parte dos 10% mais ricos do país é de R\$ 571, ou seja, uma família com quatro pessoas que tenha renda familiar de R\$ 2.284 pertence ao grupo dos 10% da população mais rica. Dos chefes de família, 83% se encontram em situação de extrema pobreza no país trabalham por conta própria ou são trabalhadores sem carteira.

Das sub-bacias estudadas, essa foi a que apresentou o pior indicador de renda, dos dez bairros, apenas a Vila Isabel apresentou valor 0,25 (entre 1 e 3 salários mínimos). Esse dado demonstra que essa população é extremamente carente.

5.5.2.2 Indicador de Educação (IR)

Muitas investigações estão focalizadas nos problemas de reprodução social. Os comportamentos de atraso escolar, abandono da escola, jovens que não trabalham e não estudam e não buscam trabalho, são reflexos da pobreza. Esses comportamentos estão afetados pela composição social dos bairros.

O ensino fundamental é predominante nessa sub-bacia (Tabela 5.29). Essa realidade é preocupante, pois identifica um baixo nível de escolaridade e,

consequentemente, um nível de informação muito limitado, não compreendendo o mínimo necessário para viver como cidadão no gozo dos direitos e deveres.

TABELA 5.29 - Valores do indicador de escolaridade para a sub-bacia 5.

INDICADOR DE EDUCAÇÃO – IE	
BAIRROS	INDICADOR
Sá Viana	0,3
Vila Isabel	0,3
Vila Dom Luís	0,3
Vila Bacanga	0,3
São Raimundo	0,3
Gancharia	0,3
Anjo da Guarda	0,3
Vila Nova	0,3
Jambeiro	0,3
Alto da Esperança	0,3
TOTAL	3
MÉDIA DO INDICADOR	0,3

5.5.2.3 Indicador de Saneamento (IS)

O abastecimento de água é um problema muito grave nessa sub-bacia, pois mesmo que grande maioria esteja ligada à rede, o abastecimento torna-se insuficiente, pois a população aumenta cada dia e ocupa locais de difícil canalização, criando muitas vezes poços clandestinos ou utilizando a água dos vizinhos que possuem o abastecimento (Tabela 5.30). Muitos moradores não possuem hidrômetros ligados às suas casas, o que facilita o desperdício, já que a prestadora desse serviço não pode avaliar a quantidade de água utilizada nesses locais.

Um dos maiores problemas de núcleos urbanos no Brasil é a falta de redes de esgoto. Segundo o IBGE (2009) em 52% dos municípios é feita coleta domiciliar que, quase sempre, é descartado sem qualquer tratamento, principalmente em rios.

Dos dez bairros dessa sub-bacia, apenas o bairro do Anjo da Guarda apresentou maior valor para o abastecimento de água (1) e rede de esgoto (0,15). Medidas

emergenciais devem ser tomadas pelos órgãos competentes, pois a saúde da população e a qualidade da água estão relacionadas com esses serviços.

TABELA 5.30 - Valores do indicador de saneamento para a sub-bacia 5.

INDICADOR DE SANEAMENTO – IS		
BAIRROS	ÁGUA	ESGOTO
Sá Viana	0,7	0
Vila Isabel	0,6	0
Vila Dom Luís	0,8	0
Vila Bacanga	0,6	0
São Raimundo	0,6	0
Gancharia	0,7	0
Anjo da Guarda	1	0,15
Vila Nova	0,75	0
Jambeiro	0,8	0
Alto da Esperança	0,5	0
TOTAL	7,05	0,15
MÉDIA DO INDICADOR	0,70	0,01

Essa sub-bacia apresentou também um valor para DS baixo (0,20), uma vez que essa população não possui os serviços essenciais necessários, como abastecimento de água que funciona de forma precária em toda sub-bacia; inexistência de rede de esgoto e apesar de haver coleta de resíduos sólidos, os moradores dispõem seus resíduos a céu aberto, refletindo a inexistência da percepção ambiental.

A falta de implementação de políticas voltadas para a questão da habitação popular propiciou a deflagração de uma situação de déficit habitacional. A maioria dos territórios ocupados pelas classes de baixa renda culminou em ocupações subnormais, colocando a maior parte dessa população em situação de risco pela possibilidade de desmoronamentos, enchentes, contaminação por poluentes, entre outros.

5.6 Análise das Sub-bacias e ISA total

A aplicação do ISA para as cinco sub-bacias estudadas, além de permitir conclusões pontuais sobre a sustentabilidade de cada sub-bacia possibilita também o estabelecimento de análise comparativa entre as sub-bacias. Esta análise pode atingir diversos objetivos como o estabelecimento de critérios para a hierarquização das sub-bacias com maior, ou menor grau de conflito; identificação das sub-bacias com necessidades de ações prioritárias e a análise de tendências de sustentabilidade para as sub-bacias.

A sub-bacia 5 apresentou o menor ISA (0,29) comparado às outras sub-bacias. Esse baixo valor pode-se atribuir aos indicadores de renda, escolaridade e saneamento. Os dados obtidos sobre esses indicadores demonstram que os níveis baixos de renda e escolaridade são forçantes para que as pessoas ocupem áreas de risco, sem infraestrutura como encostas e margens de cursos fluviais.

O melhor resultado do ISA foi obtido na sub-bacia 1 (0,43), isso se deve às melhores condições socioeconômicas da população, pois nessa sub-bacia encontraram-se os melhores resultados para a DS. Entretanto, quanto a DE, essa dimensão apresentou o menor resultado, principalmente para o IP (0,03), a área antropizada é de 5,18, em detrimento ao somatório da área de mata secundária e encharcada, demonstrando que a qualidade ambiental da sub-bacia está bastante comprometida.

Valor aproximado ao da sub-bacia 1 foi verificado na sub-bacia 2, apresentando um ISA de 0,42, suas dimensões também obtiveram o mesmo valor. Nessa sub-bacia foi verificado os valores mais altos de fosfato (3,37) e de amônia (1,92). Níveis discordantes da Resolução CONAMA 357/05 também foram verificados para oxigênio dissolvido.

Chama-se atenção em especial para a sub-bacia 3, por se tratar de uma UC. Os aglomerados urbanos Recanto Verde, Vila Itamar, Vila Esperança situados nas proximidades dos mananciais que alimentam a represa do Batatã estão comprometendo a qualidade ambiental dos corpos hídricos locais através dos esgotos domésticos.

Cavalcante (2005) realizou trabalho na sub-bacia 3 e observou presença de coliformes termotolerantes em 58,3% dos dados amostrado. As variáveis físico-químicas pH, OD, fósforo total e ferro total apresentaram alterações que não condizem com o padrão de potabilidade da água.

A sub-bacia 4 apresentou resultado igual ao encontrado na sub-bacia 3 (0,36). A dimensão socioeconômica (DS) obteve um resultado baixo (0,25), demonstrando que mais incentivos devem partir dos órgãos públicos para subsidiar essa população carente oferecendo serviços de saneamento, renda e educação.

No processo de urbanização da bacia do rio Bacanga verifica-se a ocorrência de duas situações: na margem direita áreas de urbanização consolidada, com densidades próximas da saturação, tornando-se menos densa na medida em que se aproxima do bairro do Sacavém, porém em franca expansão; e a margem esquerda com áreas mais rarefeitas, com exceção aos bairros do Anjo da Guarda e Vila Embratel já mais consolidados. (MMT, 2007)

Na representação gráfica (Figura 5.6) da bacia do rio Bacanga demonstra que tanto a margem direita (ocupação mais antiga) quanto a margem esquerda (ocupação mais recente) estão densamente povoadas.

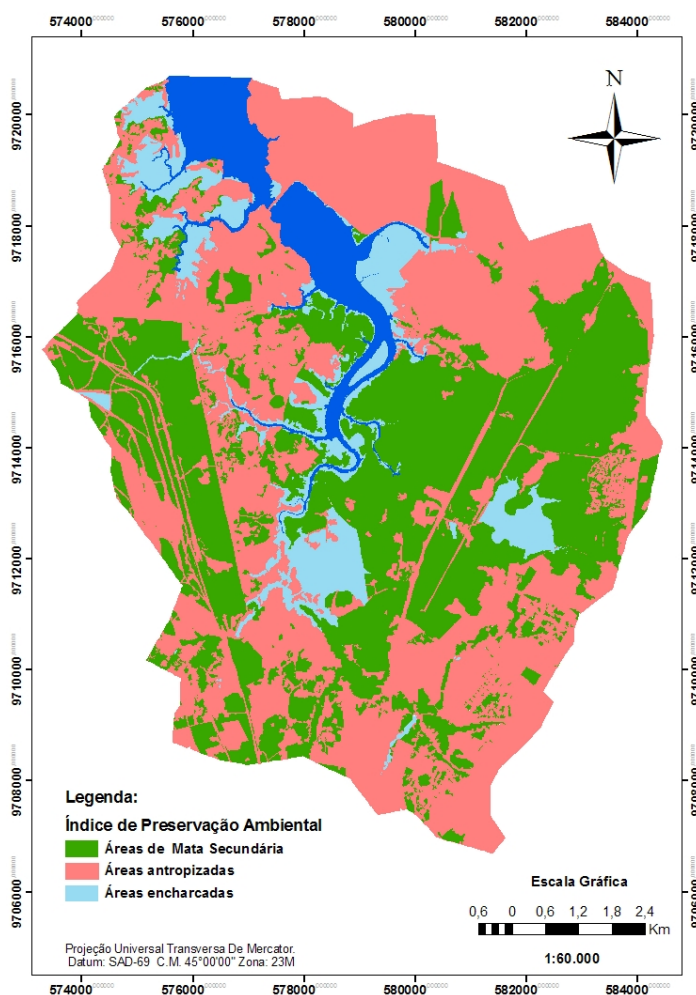


FIGURA 5.6 - Representação gráfica do Índice de Preservação Ambiental (IP) para a bacia do rio Bacanga.

Faz-se imprescindível explicar que a expansão populacional das sub-bacias 3, 4 e 5 são mais recentes, de forma acelerada, apresentando níveis de degradação próximos aos encontrados nas sub-bacias 1 e 2 que apresentam aglomerados populacionais mais antigos.

Após uma análise minuciosa dos valores de cada sub-bacia, verifica-se que o ISA encontrado para a bacia do rio Bacanga como um todo foi de 0,37 (Tabela 5.31), revelando assim, uma sustentabilidade fraca, que é aquela que assume a possibilidade ilimitada de substituições entre as diferentes formas de capital.

TABELA 5.31 - Valores referentes a Dimensão Ecológica (DE), Dimensão Socioeconômica (DS), Índices de Sustentabilidade do uso da Água por sub-bacia (ISAsub) para a bacia do rio Bacanga.

SUB-BACIAS	DE	DS	ISAsub
SUB1	0,24	0,63	0,43
SUB2	0,42	0,42	0,42
SUB3	0,50	0,23	0,36
SUB4	0,47	0,25	0,36
SUB5	0,38	0,20	0,29
ISAtotal	0,40	0,34	0,37

Segundo BIDONE *et al.*, (2004) o capital total de uma economia é descrito pelo somatório de diferentes formas de capital, a saber: o capital feito pelo homem (bens de serviços gerados pelo homem); o capital humano (medido pelo nível de escolaridade médio da população); o capital natural (recursos naturais) e o capital social e moral população. A sustentabilidade forte (além do incremento do capital feito pelo homem e capital humano) assume que o capital não deveria ser substituído de maneira irremediável por outras formas de capital.

Daí, um sistema é considerado mais ou menos sustentável na medida em que é capaz de manter ou melhorar a qualidade do meio ambiente, minorar a degradação e o impacto antrópico, reduzir a desigualdade social e prover os habitantes de condições básicas de vida, ou seja, de um ambiente construído saudável e seguro, bem como construir pactos políticos que permitam enfrentar desafios presentes e futuros.

Dessa maneira, podemos inferir que dentro do meio ambiente estão contidas nossas possibilidades de desenvolvimento e melhoria da qualidade de vida, bem como das futuras gerações. Pois todo sistema produtivo depende, direta ou indiretamente, dos recursos naturais.

Segundo a Política Nacional do Meio Ambiente um ambiente poluído é aquele que apresenta degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetam desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do ambiente; lancem matérias ou energias em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. Todas essas condições são verificadas na bacia do rio Bacanga, portanto, pode ser enquadrada como uma bacia poluída.

Nesta região o lançamento de efluentes domésticos, a disposição de lixo, os aterros, o corte de mangue, além da intensa atividade de pesca, constituem os principais fatores de pressão antrópica que, em graus de magnitude diferenciados, contribuem para a degradação e descaracterização deste importante ecossistema.

Apesar do grau de poluição constatado na bacia, Martins (2008) através de um trabalho com os pescadores, considerou a bacia importante no ponto de vista social e econômico, pois promove o sustento das populações residentes na área e que vivem dessa atividade, apesar da reduzida qualidade ambiental.

5.7 Medidas mitigadoras

Considerou-se ao final que, os atrasos da ação municipal local com ausência de programas e financiamentos dirigidos para a população de baixa renda, bem como a falta de convergência dos esforços em termos metropolitanos das diferentes esferas municipais (incluindo a estadual) para a consolidação de uma Política Metropolitana de Habitação, conduziu a um cenário caótico e crescente de ocupações desordenadas e invasões de áreas ambientalmente inadequadas.

Na bacia estudada, encontram-se dois programas em execução: Programa de recuperação ambiental e melhoria da qualidade de vida da bacia do Bacanga que se estrutura nos eixos de ação – urbanístico, socioeconômico, ambiental e institucional – com premissas dos conceitos de desenvolvimento sustentável e desenvolvimento humano, desenvolvido pela prefeitura municipal de São Luís e pelo Banco Mundial – BIRD. O outro programa é o PAC do Bacanga, programa do governo Federal que tem como unidade executora a prefeitura de São Luís, possuindo como prioridades o abastecimento de água e esgotamento sanitário da área Itaqui-Bacanga (margem esquerda da bacia) além de ações direcionadas ao aspecto socioeconômico da população.

Como todas as sub-bacias e conseqüentemente a bacia do rio Bacanga obtiveram um valor abaixo de 0,5, pode-se aferir que as medidas mitigadoras são para a bacia do Bacanga. Dentre as medidas mitigadoras, podemos citar:

- Desenvolvimento econômico local através da geração de trabalho e renda capacitando a população fora do mercado formal de trabalho, por exemplo, como guia na UC;
- Inclusão digital com a implantação de telecentros;
- Articulação da rede de proteção social, para que possa haver o cadastro das famílias nas esferas municipais e estaduais;
- Ampliação e melhoramento dos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, além da drenagem urbana evitando a contaminação dos corpos hídricos;
- Recuperação da estação de tratamento de água (ETA) do Batatã, pois atualmente a ETA funciona com apenas 43% de sua capacidade total, sendo responsável pelo abastecimento de muitos bairros da margem direita da bacia do rio Bacanga;

- Recuperação da barragem do rio Bacanga para normalização do fluxo de água, impedindo enchentes;
- Relocação dos moradores das áreas de risco, como baixios, áreas alagadas;
- Respeito aos limites do Parque Estadual do Bacanga;
- Adoção de soluções que contribuam para a recuperação e preservação de áreas de proteção e de interesse ambiental.

6 CONCLUSÕES

- A bacia do rio Bacanga mostrou-se poluída devido o comprometimento de suas sub-bacias, causados pela falta de planejamento da expansão urbana e conseqüentemente à inexistência de rede de esgoto, falta de tratamento dos efluentes domésticos, ineficiência na distribuição da água, exposição do solo devido ao desmatamento da vegetação, falta de fiscalização na UC, população de baixa renda, sem escolaridade, mão de obra não qualificada, sem perspectiva de melhor emprego vivendo em locais de risco;
- Nas sub-bacias as populações de baixa renda e escolaridade ocupam áreas periféricas, muitas vezes com risco de morte;
- Apesar da sub-bacia 1 ter apresentado o melhor ISA, a dimensão ecológica esteve bastante comprometida devido ter uma grande área desmatada, isto é, baixo índice de preservação ambiental;
- A sub-bacia 2 apresentou resultados incompatíveis aos da Resolução CONAMA 357/05 para as variáveis físico-químicas, fosfato, amônia e OD, sendo os piores valores observados em toda a bacia, demonstrando assim, um alto grau de poluição ambiental;
- A expansão de uma população carente, aliada a uma grande área com solo exposto devido aos desmatamentos para construção de casas e o favorecimento de inundações, juntamente com a ineficiência dos serviços de coleta, do tratamento esgoto e abastecimento de água, contribuíram para que as sub-bacias 4 e 5 apresentassem o pior ISA;
- A metodologia do ISA mostrou-se eficiente, porém precisa ser aprimorada, colocando-se um peso maior para as variáveis físico-químicas e biológicas inserindo indicadores como DBO, DQO, metais pesados, qualidade microbiológica da água; no âmbito socioeconômico poderiam ser inseridos ainda, os indicadores da saúde, projetos sociais, participação política; esses indicadores dariam um resultado mais completo sobre a situação socioeconômica ambiental;

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento populacional e o conseqüente aumento da área impermeabilizada na bacia do rio Bacanga, o assoreamento dos leitos de seus rios, a poluição dos corpos d'água e as deficiências no planejamento da drenagem urbana formam um quadro dos principais problemas que afligem muitos municípios brasileiros.

O histórico da ocupação da área em estudo revela um crescimento progressivo e desordenado, bem como a ausência de uma política eficiente por parte de um poder público. O abastecimento da água mesmo com a distribuição inadequada foi o melhor serviço prestado à população; já a rede de esgoto foi o pior. O saneamento é um importante componente para a melhoria da qualidade de vida da população e das condições ambientais na área em estudo.

No cenário atual e com relação às oportunidades de inserção no mercado de trabalho, considera-se que o trabalho para as famílias de baixa renda se constitua numa das poucas oportunidades de mobilidade social. A educação se reafirma como o único instrumento, em resposta à pobreza, propiciador para o desenvolvimento econômico e produtivo.

Em função da natureza dos problemas, obstáculos e possibilidades inerentes à gestão urbana ainda agrega a este conceito três dimensões inter-relacionadas, evidenciando seu caráter multidisciplinar: gestão político-institucional, gestão político-social e gestão político-administrativa.

Neste sentido, fica evidente a importância de se gerir todos os espaços da cidade, mas com especial atenção àqueles que fogem dos padrões urbanísticos convencionais, exigindo, por conseguinte, ações mais específicas para mediação de conflitos sociais, econômicos, ambientais e urbanos.

A percepção ambiental é um importante campo de estudo para melhor entender as inter-relações entre o homem e o seu meio. Manifestações de insatisfação para com o ambiente construído da cidade são constantes em função da baixa qualidade dos espaços urbanos, sobretudo nas áreas periféricas.

A base para os estudos e pesquisas em educação ambiental se fundamenta no entendimento de que a vivência dos seres humanos com seu ambiente está instruída pela percepção. As pessoas, tanto em ambientes urbanos como em ambientes não urbanizados, exercitam um reconhecimento das condições ambientais através de seus processos perceptivos. Passam a processar em suas mentes aquilo que é percebido

através de suas sensações e progressivamente passam a adquirir uma compreensão sobre o ambiente que as cerca, ou seja, a compreensão sobre a antropização da natureza, a ocupação de um território natural pelo ser humano, transformando-o em uma paisagem cultural.

A metodologia de monitoramento desenvolvida com base no ISA permite que ações corretivas ou mitigadoras de impactos ambientais negativos sejam deflagradas no momento em que forem detectados. A pesquisa gerou um importante banco de dados sobre a sustentabilidade da bacia do rio Bacanga, o mesmo poderá ser alimentado com informações espaciais e temporais e possibilitará o uso de mais indicadores.

O desenvolvimento sustentável do uso da água na bacia do rio Bacanga é um processo em construção, cujas quantificação e qualificação foram expressas por meio de duas dimensões. A concepção da sustentabilidade por meio do ISA foi elaborada com a finalidade de classificar as sub-bacias hidrográficas, a qualidade da água da bacia do rio Bacanga, qualidade ambiental e fontes de poluição.

Como resultado preponderante da aplicação dessa metodologia, observou-se o aumento significativo de demanda e alteração das águas superficiais, devidos às necessidades urbanas das populações ribeirinhas ao longo do rio Bacanga. É consenso a degradação da qualidade das águas pelas atividades antrópicas, porém o grau de impacto dessas atividades pode ser reduzido pela implementação de práticas de manejo e conservação dos recursos naturais, bem como a aplicação e cumprimento de legislação existente.

Ressalta-se que essa análise é capaz de indicar as possíveis causas que estariam levando ao uso não sustentável da água, sejam em sub-bacias que apresentaram bons indicadores no perfil socioeconômico, seja em relação aos seus aspectos ecológicos. Para a bacia em estudo faz-se as seguintes considerações quanto ao baixo valor obtido pelo ISA:

- Deficiência no sistema de educação;
- Baixo nível de investimento em serviços básicos (abastecimento de água e esgotamento sanitário);
- Impactos ambientais decorrentes do destino inadequado de efluentes urbanos e de resíduos sólidos domésticos, associados à concentração de renda e suscetibilidade à poluição urbana.

Deve haver maior investimento social em áreas onde o desenvolvimento de atividades econômicas incorpora-se à dinâmica de ocupação do solo mais intensiva.

Pode-se, enfim avaliar que a grande vantagem do ISA é a sua utilização para avaliação estratégica em políticas públicas e para grupos de gestão ambiental. Serve de suporte para a gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, permitindo o estabelecimento de áreas prioritárias para o monitoramento da qualidade da água, como também identificando as variáveis que devam ser priorizadas nestes estudos, facilitando a intervenção no entorno.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E. H. **Aplicação do sensoriamento remoto e da geoestatística no estudo de variáveis físico-químicas e biológicas do estuário do rio Anil. São Luís, Maranhão – Brasil.** São Luís, 2004. 53p. Monografia (Bacharelado em Ciências Aquáticas), Universidade Federal do Maranhão.

ALCÂNTARA, E. H. AMORIM, A. J. de.; Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. **Caminhos da geografia- Revista online.** 70-77, fev. 2005. Disponível em <www.ig.ufu.br/caminhos_da_geografia.html> Acesso em 13 nov 2009.

ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. **Rev. Caminhos da Geografia,** Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.

AZEVEDO, J. de. **Ferramenta para análise de dados socioeconômicos e ambientais para definição de políticas públicas,** Estudo de Caso, Bacia ambiental do Rio Imboassu, Município de São Gonçalo/RJ, 2006. 200p. Tese (Doutorado), Universidade Federal Fluminense.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; ROCHA, J. M. B.; NIENCHESKI, L. F. H. **Manual de análise em oceanografia química.** Rio Grande do Sul: Ed. FURG, 1996. 132p.

BENDO, A., *et al.* 2000. Nutrientes dissolvidos na Lagoa da Conceição e região central da cidade de Florianópolis, SC. Itajaí, **Anais da XIII** Semana Nacional de Oceanografia, 2000, p. 249-251.

BENETTI, L. B. **Avaliação do índice de desenvolvimento sustentável do município de Lajes (SC) através do método do painel de sustentabilidade.** Santa Catarina, 2006. 198p Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina.

BIDONE, E. D.; MORALES, P. R. D. **Desenvolvimento Sustentável e Engenharia (Enfoque Operacional)** Rio de Janeiro: Fundação Ricardo Franco, 2004. 260p.

BIDONE, E. D.; CASTILHOS, Z. C.; AZEVEDO, J. de. Avaliação socioeconômica de impactos ambientais em estruturas do tipo de Pressão – Condicionamento – Impacto – Resposta (PCIR). ROMEIRO, A. R. (Org). In: ---**Avaliação e contabilização de impactos ambientais.** São Paulo, SP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2004, p. 183 -195.

BITTON, C. C.; **Ferramentas estatísticas e modelo de simulação dos processos ambientais das Lagoas Costeiras de Piratininga e Guarapina – RJ – Brasil.** Tese (Doutorado), Universidade Federal Fluminense, 2000. 233p.

BRAGA, T. M.; FREITAS, A. P. G. de; DUARTE, G. de S.; SOUSA, J. C. **Nova Economia_Belo Horizonte.** 14(3)_11- 33_setembro – dezembro de 2004.

BRAGA, E. S. **Nutrientes dissolvidos e produção primária do fitoplâncton em dois sistemas estuarinos do Estado de São Paulo**. 1995, 120p. Tese (doutorado), Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3 ed. São Paulo, CETESB/ASCESTEB, 1986. 640P

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005;

BRITISH COLUMBIA (Canadá). **Guidelines for interpreting water quality data**: versão 1.0, 1998. Disponível em: <<http://srmwww.gov.bc.ca/rise/pubs/aquatic/interp/interp-01.htm>> Acesso em 22 out. 2009.

BURNETT, C. F. L.; **Além do rio Anil, urbanização e Desenvolvimento Sustentável: estudos sobre a sustentabilidade dos tipos de urbanização na cidade de São Luís do Maranhão**. 2002, 200p Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco.

BERGESCH, M.; ODEBRECHT, C. Análise do fitoplâncton, protozooplâncton e de alguns fatores abióticos no estuário da lagoa dos Patos. *Atlântica*, 19: 31-50.

CAMARGO MORA, M. G. Calidad de vida y capacidades humanas. *Revista geográfica venezolana* – 040 (2) 1012-1617; 247-258, semestral, 2003.

CARMOUSE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas**. São Paulo: Editora Edgard Blücher / FAPESP, 1994. 255 p.

CARVALHO, P. F. de; BRAGA, R. (orgs.) **Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias**. Rio Claro: LPM-UNESP, 2001, 95 – 109.

CAVALCANTE, A. de J. B. D. **Uso e ocupação da micro-bacia do Batatã, no Parque Estadual de Bacanga (São Luís, MA) e seus reflexos na degradação dos recursos hídricos**. São Luís, 2005, 75 p. Monografia (Graduação em Ciências Aquáticas) Universidade Federal do Maranhão;

CHESTER, R. **Marine Geochemistry**. Unwin Hyman, London: 346-421p, 1990.

COELHO, C. J. C. **Aspectos da disponibilidade e dos usos da água na bacia do rio Bacanga/Ilha do Maranhão) Ilha de São Luís – MA**. São Luís, 2006, 125p. /Monografia (Bacharel em Ciências Aquáticas) Universidade Federal do Maranhão;

COSTA, P. R. **Distribuição da comunidade fitoplanctônica em relação aos fatores físico-químicos, no estuário do rio Bacanga, São Luís/MA**. São Luís, 2008, 50 p. Monografia (Graduação em Ciências Aquáticas) Universidade Federal do Maranhão;

COUTO, O. F. V. **Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento**. Curitiba, 2007. 172p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul;

CHRISTOFOLETTI, A. A análise da densidade de drenagem e suas implicações geomorfológicas. **Geografia**. v.36. n.8. 1979, p.23-42.

DIAS, G.F. **Atividades Interdisciplinares de Educação Ambiental: Manual do Professor**. São Paulo: Global/Gaia, 2004. Disponível em: <<http://www.ciesin.columbia.edu>> Acesso em: 01 mar 2010.

ESCHRIQUE, S.A.; **Hidrogeoquímica do fósforo no estuário do Jaguaribe (CE)**. 2007. 100p Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Ceará,

ESI, **Environmental Sustainability Index** – an initiative of the global leaders of tomorrow environmental task force. (In collaboration with: Yale Center for Environmental Law and Policy Yale University and Center for International Earth Science Information Network Columbia University) 2002.

ESKINAZI-LEÇA, E., FRANCA, L. M. B., MACÊDO, S. J. Estudo ecológico da área de Itamaracá (Pernambuco-Brasil). XXIV “standing stock” do fitoplâncton do estuário do rio Botafogo, durante janeiro a dezembro/75. **Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**, Recife, v.18, p.153-192, 1984.

ESKINAZI-LEÇA, E.; KOENING, M. L.; SILVA-CUNHA, M. da G. G. Microalgas marinhas de Pernambuco: A vegetação que você nunca vê. In: ARAÚJO, E. de L.; MOURA, A do N.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; GESTINARI, L. M. de S.; CARNEIRO, J. de M. T. **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**. Recife: SBB/EDUFRPE, 2002. p. 186-189.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 601p.

FAY, E. F. Índice do uso sustentável da água (ISA-ÁGUA) na região do submédio São Francisco. Jaguariúna: **EMBRAPA**, Meio Ambiente, 2006. 157p.

FERNANDES, D. R. **Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial**. Revista da FAE, Curitiba, V.7, N.1, P.1-18, jan./jun., 2004.

FIDALGO, E. C. C. **Critérios para a análise de métodos e indicadores ambientais usados na etapa de diagnóstico de planejamentos ambientais**. Campinas, 2003. 276f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.

FRÓES, J. F. **Impactos sócio-urbanos no alto curso do Rio das Bicas: contextualizando o bairro do Coroadinho**. São Luís, 2004, 189p. Monografia (Graduação em geografia) – Universidade Federal do Maranhão.

HERCULANO, S. A qualidade de vida e seus indicadores. **Ambiente & Sociedade**, v.1, nº 2,1. Sem. 1998.

HORNE, A. J.; GOLDMAN, C. R. **Limnology**. 2.ed. Singapura: McGraw-Hill, 1994.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2008. Disponível em: <<http://www.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 13 mai. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2009. Disponível em: <<http://www.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 13 mai. 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados do Censo**. 2002 – São Luís/MA.

IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas, <<http://www.ipea.gov.br/pub/td/td.html>> Acesso em: 15 jan. 2010.

ISAIAS, F. B. **A sustentabilidade da água: proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas**. Brasília/DF, 2008. 168p Tese (Doutorado) Universidade de Brasília.

ISLA, M. **A review of the urban indicators experience and a proposal to overcome current situation. The application to the municipalities of the Barcelona province**. (Paper to World Congress of Environmental and Resource Economists) Isola de San Giorgio, Venice, Italy: June 25-27, 1998.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. New York, Harper Collins, 1989, 645p.

LABOHIDRO- Laboratório de Hidrobiologia da Universidade Federal do Maranhão. Relatório Técnico: **Diagnóstico Ambiental do estuário do Rio Bacanga, Ilha de São Luís – MA**. São Luís, 1998.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, June 2001.

MACEDO, S. J. COSTA, K. M. P. Estudos ecológicos da região da Itamaracá, Pernambuco – Brasil. Condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. **Ciência Cultura** 30: 346 – 368, 1978.

MACÊDO, L.A.A. **Qualidade ambiental dos rios da Ilha de São Luís**. São Luís; UFMA, 2003. 76p.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P., CORDEIRO NETTO, O. M., NASCIMENTO, N. O. Os indicadores como instrumentos potenciais de gestão das águas no atual contexto Legal – Institucional do Brasil – resultados de um painel de especialistas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. Vol. 08, n. 04, out/dez, 49 – 67p. 2003.

MARGALEF, R. **Temporal sucession and spatial heterogenity in phytoplankton**. In: BUZZATI--TRAVERSO, A.A. (Ed.). Perspectives in marine biology. Berkely: California Ubniversity Press,p.323-349. 1958.

MARGALEF, R. 1983. **Limnología**. Barcelona, Omega S. A.1010p.

MARINS, R V.; ABREU, I. M.; AGUIAR, J. E. Distribuição de carbono e fósforo em sedimentos estuarinos do Rio Jaguaribe - Ceará. Em: **Livro de resumos - A Química torna sua vida melhor 26a Reunião Anual da SBQ**, Poços de Caldas. Sociedade Brasileira de Química, São Paulo: 2003, 1p.

MARTINS, A. L. P. **Avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga (São Luís – MA) com base em variáveis físico-químicas, biológicas e populacionais: subsídios para um manejo sustentável**. São Luís, 2008, 113p. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas), Universidade Federal do Maranhão.

MMT Planejamento e Consultoria. Relatório de consultoria ambiental. **Programa de recuperação e melhoria da qualidade de vida do Bacanga**. São Luís, 2007.83p. mo.htm# FOOTNOTE> Acesso em: 28 set. 2009.

MORAES, D. S. de L. & JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev. Saúde Pública** 36(3):370-374, 2002.

MOTTA, R. S. da. Indicadores ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos. **Texto para discussão nº 403**. ISSN 1415-4765 Rio de Janeiro – RJ – IPEA, 1996.

MOTA, A. da S. **Coroadinho: Histórico de ocupação de terras desde a década de 40 até os dias atuais**. São Luís, 1995, 149p. Monografia (Graduação em História) Universidade Federal do Maranhão.

O'CONNOR, M. **Natural capital**. Policy Research Brief Series, n. 3, Cambridge Research for the Environment, 1999, 22 p.

OLIVEIRA, C. C. C. de. **O padrão de ocupação urbana e sua influência nas formações vegetais ciliares do rio Bacanga**. São Luís, 2008, 50 p. (Monografia Ciências Aquáticas) Universidade Federal do Maranhão.

PAULA FILHO, F. J. **Distribuição e participação geoquímica do fósforo em sedimentos estuarinos do Rio Jaguaribe/CE**. Fortaleza, 2004, 88p. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas tropicais). Universidade Federal do Ceará.

PEREIRA, L. S. **Mobilização social para a gestão ambiental: construção de uma metodologia a partir da discussão dos problemas da bacia hidrográfica**. São Luís, 2003. 79 p. Monografia (Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente) Universidade Estadual do Maranhão.

PORTILHO, F. Consumo “verde”, **democracia ecológica e cidadania: possibilidades de diálogo?** Disponível em:< www.rubedo.psc.br> Acesso: 25/out./09.

PRETECEILLE, E., RIBEIRO, L. C. de Q. Tendências da segregação social em metrópoles globais e desiguais: Paris e Rio de Janeiro nos anos 80. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 14, n. 40, p. 143-162, Anpocs, jun. 1999.

RAMIERI, E.; COGO, V. Indicators of Sustainable Development for The City and The Lagoon of Venice. (**Paper to World Congress of Environmental and Resource Economists**) Isola de San Giorgio, Venice, Italy: June 25-27, 1998.

RHAMA Consultoria Ambiental. Relatório Final. **Modelagem Hidrodinâmica e da qualidade da água da embocadura estuarina de São Luís/MA**. 2008. 141p.

RIBEIRO JÚNIOR, J. **Formação do espaço urbano de São Luís: 1612 – 1991**. São Luís: Edições Func, 1999.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de geografia**, nº 8, FFLCH/USP, 1994, p. 63 – 74.

SANTOS, T. G.; BEZERRA – JÚNIOR, J. L.; COSTA, K. M. DA.; FEITOSA, F. A. do N. Dinâmica da biomassa fitoplancônica e variáveis ambientais em um estuário tropical (Bacia do Pina, Recife/ PE) **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca** 4 (1), jan 2009.

SILVA, J. P. R. P. da. **Riscos e desastres ambientais causados por inundações em áreas urbanas**: um estudo da paisagem sob a visão sistêmica. 2009, 75 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

TAYLOR, D. Using Sustainability Indicators to Implement Local Agenda 21. (**Paper to World Congress of Environmental and Resource Economists**) Isola de San Giorgio, Venice, Italy: June 25-27, 1998.

TUCCI, C.E.M. **Avaliação e controle dos impactos ambientais decorrentes da urbanização: apresentação do projeto**. In: Avaliação e controle da drenagem urbana. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2000. p. 15-21;

TUNDISI, J. G. O plâncton estuarino. **Contribuições Avulsas [do] Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo**, São Paulo, n. 19, p. 1-22, 1970. (Série Oceanografia Biológica). 1970.

TUNDISI, J. G. Estudos ecológicos do fitoplâncton marinho e lacustre no Brasil. In: BICUDO, C. E. M.; TEIXEIRA, C.; TUNDISI, J. G. (Ed.) **Algas: a energia do amanhã**. São Paulo: [s.n.], 1986. p. 27-48.

TURNES, V. A. **Sistema Delos: indicadores para processos de desenvolvimento local sustentável**. 2004. 237p. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina.

VALÉRIO FILHO, M.; ALVES, M.; GARCIA, R.; FANTIN, M. Caracterização de bacias hidrográficas impermeabilizadas pelo processo de urbanização com o suporte de geotecnologias. **Anais XI SBSR**, Belo Horizonte. INPE, p.1977 – 1983, 2003.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGRAWHill, 1975
150p.

WCED – World comission on Environment and Development. **Our Commun future.**
The Brundtland Report. Oxford University Press, 1987. 43p.