

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE
ECOSSISTEMAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO “ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DE
BACIAS HIDROGRÁFICAS” COMO SUBSÍDIO PARA FORMULAÇÃO DE
POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONSERVAÇÃO NAS SUB-BACIAS DOS RIOS
BATATÃ E MARACANÃ, ILHA DE SÃO LUÍS – MA

LEONARDO SILVA SOARES

São Luís
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LEONARDO SILVA SOARES

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO “ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS” COMO SUBSÍDIO PARA FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONSERVAÇÃO NAS SUB-BACIAS DOS RIOS BATATÃ E MARACANÃ, ILHA DE SÃO LUÍS – MA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Maranhão para obtenção do Título de Mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Leal de Castro

São Luís
2010

Soares, Leonardo Silva.

Avaliação da aplicação do “Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas” como subsídio para formulação de políticas públicas de conservação nas sub-bacias dos rios Batatã e Maracanã, Ilha de São Luís/Leonardo Silva Soares – 2010.

217 f.

Impresso por computador (Fotocópia)

Orientador: Antônio Carlos Leal de Castro

Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Maranhão. Departamento de Oceanografia e Limnologia. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas, 2010.

1. Bacias Hidrográficas - Gestão Ambiental 2. Políticas Públicas 3. Conservação. I. Título

CDU 502.13: 566.51 (812.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
SUSTENTABILIDADE DE ECOSISTEMAS
MESTRADO

DEFESA DE DISSERTAÇÃO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS COMO SUBSÍDIO PARA FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONSERVAÇÃO DAS SUB-BACIAS DOS RIOS BATATÁ E MARACANÃ, ILHA DE SÃO LUIS-MA."

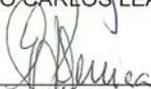
AUTOR : LEONARDO SILVA SOARES

ORIENTADOR: PROF. DR. ANTONIO CARLOS LEAL DE CASTRO

Aprovado pela Banca Examinadora:



PROF. DR. ANTONIO CARLOS LEAL DE CASTRO



PROFA. DRA. EDILÉA DUTRA PEREIRA



PROF. DR. MARCIO COSTA FERNANDES VAZ DOS SANTOS

Data de Realização: 16 DE ABRIL DE 2010


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
SUSTENTABILIDADE
DE
ECOSISTEMAS
MESTRADO
UFMA
COORDENAÇÃO

Dedicatória

Dedico este trabalho a todas as pessoas que participaram do meu processo de ensino e aprendizagem, principalmente àquelas relacionadas com minha carreira acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por está todos os dias me acompanhando, protegendo e realizando benções na minha vida.

Aos meus pais Afonso e Graça e aos meus irmãos Samarone e Polyanna pelo apoio e confiança em todos os momentos.

A duas meninas muito especiais na minha vida, minhas sobrinhas Giovanna e Isabella e ao bebê Heytor que está chegando para alegrar nossa família.

A todos meus familiares que me deram de alguma forma força para conclusão deste curso.

A minha namorada Karina por está comigo em todos os momentos de incerteza e por ter me dado muita força nas horas difíceis.

Ao mestre, professor Antonio Carlos Leal de Castro pela oportunidade, orientação, confiança, apoio, companhia e acima de tudo, amizade.

A todos os professores da graduação e pós-graduação que me ofereceram momentos de discussão e pensamento criativo, não só nas aulas como também fora delas.

Um agradecimento especial ao Professor Marcio Vaz pela disponibilização de informações indispensáveis a realização desta pesquisa.

A André, Daniela, Josinete, Gizelle e Tatiana pelo apoio fundamental na utilização das ferramentas de geoprocessamento, obrigado.

A todos os amigos da Graduação e Mestrado em especial aqueles que compartilharam aprendizados em sala de aula.

Aos amigos funcionários do Labohidro, Moacir, James, Amaral, Denílson, Marcelo, Henrique, Guimarães, César, Junior, Florípedes, Zezinho e Apolo, pelas ajudas.

A todos os amigos da SEMMAM em especial àqueles que contribuíram na disponibilização de informações e discussões referentes a este trabalho: Afonso, Dyego, Karina, Kleber, Rafael, Shintia, Viegas e Wosvaldo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa de estudo concedida.

E a todos que de alguma forma colaboraram de para a realização deste trabalho.

*“Feliz o homem que acha
sabedoria, e o homem que
adquire o conhecimento”.*

Provérbios 3: 13

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Número e área total das diferentes categorias de unidades de conservação Estaduais e Federais no Brasil.	57
Tabela 02 - Unidades de conservação inseridas no território de São Luís.	58
Tabela 03 - Sítios Ramsar brasileiros.	64
Tabela 04 - Classes de uso e ocupação do solo com suas respectivas características.	77
Tabela 05 - Organização hierárquica dos componentes do ISBH.	78
Tabela 06 - Pontuação do indicador cobertura vegetal.	80
Tabela 07 - Perda de solo anual por erosão laminar.	81
Tabela 08 - Pontuação do indicador de risco de erosão.	81
Tabela 09 - Valores de erodibilidade de solos (fator K) e fonte de dados.	83
Tabela 10 - Classes de uso e ocupação do solo, valores de CP e fonte de dados.	84
Tabela 11 - Valores médios para LS por classe de declividade.	85
Tabela 12 - Tolerância natural dos solos.	86
Tabela 13 - Pontuação do indicador densidade de estradas.	87
Tabela 14 - Classes de uso e ocupação do solo com as respectivas porcentagens de área impermeabilizada.	87
Tabela 15 - Pontuação do indicador de área impermeabilizada.	87
Tabela 16 - Classificação do IQA da CETESB.	89
Tabela 17 - Parâmetros determinados para cálculo do IQA com seus respectivos métodos de mensuração.	89
Tabela 18 - Pontuação do indicador índice de qualidade de água.	89
Tabela 19 - Pontuação do indicador de turbidez média.	90
Tabela 20 - Pontuação do indicador turbidez máxima.	90
Tabela 21 - Pontuação do indicador renda <i>per capita</i>	92
Tabela 22 - Pontuação da variável básica porcentagem de analfabetismo e porcentagem da população com 2º grau completo.	93
Tabela 23 - Pontuação das variáveis básicas de esgotamento sanitário e de abastecimento de água.	94
Tabela 24 - Pontuação do indicador taxa de urbanização do entorno.	95
Tabela 25 - Pontuação do indicador de integridade de área de preservação permanente (APP).	95
Tabela 26 - Pontuação do indicador de cobertura por unidades de conservação.	96
Tabela 27 - Pontuação do indicador unidades de conservação para a categoria de proteção integral.	96
Tabela 28 - Pontuação do indicador de cobertura vegetal nos anos de 1976 e 2008. ...	104

Tabela 29 - Área de ocupação por classe de solos em hectare e percentual com seus respectivos valores de erodibilidade para a sub-bacia do Batatã.....	108
Tabela 30 - Área de ocupação por classe de solos em hectare e percentual com seus respectivos valores de erodibilidade para a sub-bacia do Maracanã.....	108
Tabela 31 - Hipsometria das sub-bacias hidrográficas do Batatã e Maracanã.....	111
Tabela 32 - Classes de declividade com suas respectivas áreas e porcentagens para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.....	111
Tabela 33 - Classe de perda de solo por erosão com suas respectivas áreas de ocorrência e percentuais estimadas para os anos de 1976 e 2008 para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.....	114
Tabela 34 - Áreas das sub-bacias com tolerância do solo maior e menor que a perda de solos.....	117
Tabela 35 - Pontuação para o indicador de porcentagem de áreas impermeáveis para os anos de 1976 e 2008.....	127
Tabela 36 - Pontos de Amostragem dos Indicadores da Dimensão Qualidade de Água para a sub-bacia do Batatã.....	128
Tabela 37 - Pontos de Amostragem dos Indicadores da Dimensão Qualidade de Água para a sub-bacia do Maracanã.....	128
Tabela 38 - Valores dos parâmetros obtidos para calculo do IQA na estação de estiagem nas sub-bacias do Batatã e Maracanã no ano de 2009.....	130
Tabela 39 - Valores dos parâmetros obtidos para calculo do IQA na estação de chuva nas sub-bacias do Batatã e Maracanã no ano de 2009.....	130
Tabela 40 - Valores de $q_i w_1$ para as variáveis das sub-bacias do Batatã e Maracanã e seus respectivos valores para classificação do Índice de Qualidade de Água para o período de estiagem.....	131
Tabela 41 - Valores de $q_i w_1$ para as variáveis das sub-bacias do Batatã e Maracanã e seus respectivos valores para classificação do Índice de Qualidade de Água para o período chuvoso.....	131
Tabela 42 - Pontuação do Indicador de Educação.....	140
Tabela 43 - Pontuação do indicador de saúde pública.....	143
Tabela 44 - Áreas de Preservação Permanentes Legais nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.....	149
Tabela 45 - Uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente das sub-bacias do Batatã e Maracanã, referentes aos anos de 1976 e 2008.....	153
Tabela 46 - Dados da cobertura das Sub-bacias ocupadas pelas Unidades de Conservação.....	163
Tabela 47 - Pontuação do critério porcentagem de Cobertura por Unidade de Conservação.....	164
Tabela 48 - Resultados dos indicadores e dimensões que compõem o ISBH e o próprio ISBH para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.....	177

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Principais Dimensões da Sustentabilidade.....	24
Quadro 02 - Síntese dos principais instrumentos instituídos no Brasil referente à criação de áreas protegidas.	48
Quadro 03 - Limites mínimos de APP's de acordo com a largura dos corpos d'água... 51	
Quadro 04 - Número e Área de Terras Indígenas no Brasil, por situação de Regularização – situação em 2005	55
Quadro 05 - Grupos indígenas que ocorrem no Maranhão com suas respectivas números de terras e área ocupada.....	55
Quadro 06 - Exemplos de utilização de Categorias de Planos de Informação.....	67
Quadro 07 - Resumo do cálculo do ISBH.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Representação de uma bacia hidrográfica.	36
Figura 02 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Bacanga enfatizando as sub-bacia do Batatã e Maracanã.	72
Figura 03 - Fluxograma apresentando as dimensões, indicadores e variáveis básicas que compõe o Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas.	79
Figura 04 - Comparação da evolução das diferentes unidades de paisagens entre os anos de 1976 e 2008 em hectares para a sub-bacia do Batatã.	99
Figura 05 - Comparação da evolução das diferentes unidades de paisagens entre os anos de 1976 e 2008 em hectare para a sub-bacia do Maracanã.	99
Figura 06 - Uso e ocupação do solo nas sub-bacias do Batatã e Maracanã no ano de 1976.	101
Figura 07 - Uso e ocupação do solo nas sub-bacias do Batatã e Maracanã no ano de 2008.	102
Figura 08 - Comparação das áreas com vegetação em hectare com seus respectivos percentuais de ocupação para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.	104
Figura 09 - Representação da distribuição dos solos nas Sub-bacias do Batatã e Maracanã.	109
Figura 10 - Mapa de declividade das sub-bacias do Batatã e Maracanã.	112
Figura 11 - Áreas em hectare com Perda de Solos maiores que 100 (t/ha.ano) nas sub-bacias do Batatã e Maracanã para os anos de 1976 e 2008 e as respectivas pontuações do indicador Risco de Erosão.	116
Figura 12 – Mapa de classes de Perda de solos por erosão laminar para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 1976.	118
Figura 13 - Mapa de classes de Perda de solos por erosão laminar para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 2008.	119
Figura 14 - Mapa de sustentabilidade dos solos para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 1976.	120
Figura 15 - Mapa de sustentabilidade dos solos para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 2008.	121
Figura 16 - Comprimento (Km) das estradas de terra e asfalto para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.	122
Figura 17 - Mapeamento das estradas para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 1976.	124
Figura 18 - Mapeamento das estradas para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 2008.	125
Figura 19 - Comparação de área impermeabilizada e suas respectivas porcentagem nas sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 1976 e 2008.	126

Figura 20 - Pontos de amostragem de água (IQA e Turbidez) realizadas no período de estiagem e chuvoso de 2009 para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.	129
Figura 21 - Pontuação do Índice de Qualidade Água das sub-bacias do Batatã e Maracanã para as estações de estiagem e chuva nos seis pontos de amostragem no ano de 2009.	132
Figura 22 - Valores de turbidez (NTU) dos sete pontos de amostragem da sub-bacia do Batatã e suas respectivas médias na estação de estiagem e chuvosa no ano de 2009. .	135
Figura 23 - Valores de turbidez (NTU) dos sete pontos de amostragem da sub-bacia do Maracanã e suas respectivas médias na estação de estiagem e chuvosa no ano de 2009.	135
Figura 24 - Trecho do rio Sabino protegido por vegetação ciliar, foto referente ao período chuvoso.....	136
Figura 25 - Trecho do rio Maracanã exposto aos processos de erosão, foto referente ao período chuvoso.....	136
Figura 26 - Aplicação de questionário no bairro da Alegria, sub-bacia do Maracanã.	138
Figura 27 - Classes de escolaridade para a população da sub-bacia do Batatã, a partir de dados obtidos da aplicação de questionários em Janeiro de 2010.....	139
Figura 28 - Classes de escolaridade para a população da sub-bacia do Maracanã, a partir de dados obtidos da aplicação de questionários em Janeiro de 2010	140
Figura 29 - Porcentagem de rendimento das residências nas classes de salário mínimos (R\$) das sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 2010.	141
Figura 30 - Madeira extraída das vegetações remanescente das sub-bacias do Batatã e Maracanã para fabricação e carvão e venda para padarias.....	142
Figura 31 - Pedras extraídas ilegalmente de encosta na sub-bacia do Batatã, no Perímetro do Parque Estadual do Bacanga.....	142
Figura 32 – Tipos de esgotamento sanitário em seus respectivos percentuais de ocorrência nas residências inseridas nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.	144
Figura 33 – Esgotos <i>in natura</i> lançados no bairro da Nova República, região onde encontram-se as nascentes do rio Maracanã.....	145
Figura 34 – Disposição de resíduos sólidos nas proximidades do leito do rio Alegria, sub-bacia do Maracanã.	146
Figura 35 – Disposição de resíduos sólidos nas águas do rio Maracanã, sub-bacia do Maracanã.	146
Figura 36 - Modelo Digital de Elevação para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, São Luís - MA.	150
Figura 37 – Drenagem das sub-bacias do Batatã e Maracanã, São Luís - MA.	151
Figura 38 – Áreas de Proteção Ambiental Legais das sub-bacias do Batatã e Maracanã São Luís – MA.....	152

Figura 39 – Comparação entre as Áreas de Preservação Permanentes Legais e suas coberturas de vegetação (capoeira alta, média, baixa e mangue) em hectare e porcentagem para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.	154
Figura 40 – Integridade das Áreas de Preservação Permanente para as sub-bacias do Batatã e Maracanã referentes ao ano de 1976.	155
Figura 41 – Integridade das Áreas de Preservação Permanente para as sub-bacias do Batatã e Maracanã referentes ao ano de 2008.	156
Figura 42 – Trechos das Unidades de Conservação e da Zona de Reserva Floresta que estão inseridas nas sub-bacias do Batatã e Maracana.....	162
Figura 43 – Porcentagem e áreas em hectare de cobertura das sub-bacias do Batatã e Maracanã por Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável.....	163
Figura 44 – Porcentagem de cobertura vegetal e áreas públicas do trecho da Unidade de Conservação de Proteção Integral (Parque do Bacanga) inserida das sub-bacias do Batatã e Maracanã.	165
Figura 45 – Pontuação dos critérios Cobertura por Unidade de Conservação – CUC, Unidades de Conservação de Proteção Integral – UPI e do Indicador de Unidades de Conservação – IUC para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.....	166
Figura 46 - Resultados dos indicadores e da dimensão ambiental para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã	173
Figura 47 – Resultados da pontuação da dimensão de qualidade de água seus indicadores para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.....	174
Figura 48 – Resultados da pontuação da dimensão socioeconômica e seus indicadores para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.	175
Figura 49 – Resultados dos indicadores e da dimensão político-institucional para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.	176
Figura 50 – Resultados do ISBH e das dimensões ambiental (DA), qualidade de água (QA), socioeconômica (SE) e político-institucional (PI) para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.	176

LISTA DE SIGLAS

ABA – Associação Brasileira de Antropologia
ADCT – Ato das Disposições Constitucionais Transitórias
APA – Área de Preservação Ambiental
APP – Área de Preservação Permanente
CAEMA – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão
CDB – Comissão de Diversidade Biológica
CDS – Comissão de Desenvolvimento Sustentável
CEI – *Core Environmental Indicators*
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CDI – Índice de Desenvolvimento das Cidades
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CNUC – Cadastro Nacional de Unidade de Conservação
CORINE – *Coordination of Information on the Environment*
DA – Dimensão Ambiental
DEI – Decoupling Environmental Indicators
DOU – Diário Oficial da União
DP – Dimensão Político-Institucional
DPA – Diretoria de Proteção do Patrimônio Afro-Brasileiro
DQ – Dimensão Qualidade de Água
DS – Dimensão Socioeconômica
EPI – Índice de Desempenho Ambiental
EPPI – Indicador de Desempenho Ambiental de Políticas Públicas
FUNAI – Fundação Nacional do Índio
GPI – Indicador de Progresso Contínuo
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICCN – Índice de Consumo de Capital Natural
ICPI – Índice de Capacidade Político-Institucional
IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
IDPN – Índice de Degradação de Paisagem Natural
IEP – Índice de Emissão de Poluentes
INCRA – Instituto Nacional de Reforma Agrária
IQA – Índice de Qualidade de Água
IQSA – Índice de Qualidade do Sistema Ambiental
IQV – Índice de Qualidade de Vida

IRPA – Índice de Redução da Pressão antrópica
ISA – Índice de Sustentabilidade Ambiental
ISBH – Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas
ISEN – Índice de Bem-estar Econômico Sustentável
IPV – Índice Planeta Vivo
GPI – Indicador de Progresso Verdadeiro
KEI – *Kei Environmental Indicators*
MDE – Modelo Digital de Elevação
MEP – *Monitoring Environmental Progress*
MMA – Ministério de Meio Ambiente
OIT – Organização Internacional do Trabalho
PI – Plano de Informação
PNAP – Plano Nacional de Áreas Protegidas
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PRFS – Plano de Regularização Fundiária Sustentável
RL – Reserva Legal
RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Nacional
SEEA – *System of Integrated Environmental and Economic Accounting*
SEI – *Sectoral Environmental Indicators*
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TMC – Total de Material Consumido
TMI – Total de Material de Entrada
UC – Unidade de Conservação
UICN – União Internacional para Conservação da Natureza
UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
USLE – Equação Universal de Perda de Solos
ZEIS – Zona de Especial Interesse Social
ZRF – Zona de Reserva Florestal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	20
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	22
2.1 Desenvolvimento Sustentável e Indicadores de Sustentabilidade.....	22
2.1.1 <i>Desenvolvimento Sustentável x Sustentabilidade</i>	22
2.1.2 <i>Indicadores de Sustentabilidade</i>	25
2.1.3 <i>Sistemas de Indicadores</i>	29
2.2 Gestão de Bacias Hidrográficas.....	36
2.3 Áreas Protegidas.....	44
2.3.1 <i>Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais</i>	51
2.3.2 <i>Terras Indígenas</i>	53
2.3.3 <i>Unidades de Conservação</i>	56
2.3.4 <i>Territórios Quilombolas</i>	58
2.3.5 <i>Áreas Internacionais</i>	61
2.4 Sistema de Informação Geográfica como Ferramenta de Gestão Ambiental.....	65
3. OBJETIVOS.....	70
3.1 Geral.....	70
3.2 Específicos.....	70
4. METODOLOGIA.....	71
4.1 Caracterização da área de estudo.....	71
4.1.1 <i>Localização</i>	71
4.1.2 <i>Clima</i>	72
4.1.3 <i>Geologia</i>	73
4.1.4 <i>Hidrogeologia</i>	73
4.1.5 <i>Geomorfologia</i>	74
4.1.6 <i>Pedologia</i>	74
4.1.7 <i>Hidrografia/Hidrologia/Oceanografia</i>	75
4.2 Materiais utilizados.....	76
4.3 Mapeamento de uso e ocupação do solo.....	76
4.4 Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas.....	77
4.4.1 <i>Dimensão Ambiental</i>	80
4.4.2 <i>Dimensão de Qualidade da Água</i>	88
4.4.3 <i>Dimensão Socioeconômica</i>	91
4.4.4 <i>Dimensão Político-Institucional</i>	94
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	98

5.1 Mapeamento de uso e ocupação do solo das Sub-bacias do Batatã e Maracanã.....	98
5.2 Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas.....	102
5.2.1 <i>Dimensão Ambiental</i>	103
5.2.2 <i>Dimensão de Qualidade da Água</i>	128
5.2.3 <i>Dimensão Socioeconômica</i>	138
5.2.4 <i>Dimensão Político-Institucional</i>	147
5.3 Análise Integrada do Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas	173
6. CONCLUSÕES	178
7. REFERÊNCIAS	182
8. APÊNDICES	193

Avaliação da aplicação do “Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas” como subsídio para formulação de políticas públicas voltadas a conservação das sub-bacias dos rios Batatã e Maracanã, Ilha de São Luís – MA

Resumo. As bacias hidrográficas são consideradas como as unidades fundamentais de planejamento ambiental, estas em seu conjunto são entendidas como um sistema aberto de processo-resposta onde os fluxos de matéria e energia influenciam diretamente sobre o seu território. A qualidade ambiental destas áreas pode ser avaliada por um conjunto de indicadores específicos derivado de um modelo de informação que represente suas realidades. Historicamente, as bacias hidrográficas situadas no município de São Luís – MA são submetidas a diversos tensores ambientais, que na maioria dos casos, decorrem da falta de planejamento e de instrumentos que auxiliem a formulação políticas públicas de conservação. Neste sentido esta pesquisa objetivou avaliar a aplicação do “*Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (ISBH)*” como subsídio para formulação de políticas públicas de conservação para as sub-bacias dos rios Batatã e Maracanã. O ISBH é composto por quatro dimensões, a saber: Ambiental, Qualidade de Água, Socioeconômica e Político-Institucional. As dimensões são compostas por indicadores e estes, em alguns casos, por variáveis básicas, obtidas em campo e laboratório, sendo elas: percentual de cobertura vegetal; perda de solo por erosão laminar; percentual de área impermeabilizada; densidade de estradas; índice de qualidade de água; turbidez; renda; educação; esgotamento sanitário e abastecimento de água; cobertura por unidade de conservação; coeficiente de urbanização do entorno; e integridade das áreas de Preservação Permanente. Comparativamente, os valores obtidos para a sub-bacia do Batatã foram superiores em relação à sub-bacia do Maracanã em todas as dimensões analisadas. Este fato confirmou a aplicabilidade e capacidade da ferramenta refletir as peculiaridades entre diferentes áreas. Porém, foi constatada a necessidade de algumas adaptações referentes ao ISBH, tais como: inclusão e exclusão de alguns indicadores e mudança de terminologia em outros. De forma geral, obteve-se, no conjunto o ISBH é uma ferramenta eficaz que apresenta um diagnóstico sistêmico e integrado das regiões estudadas, demonstrando a situação das áreas de interesse ambiental, dos recursos hídricos, do quadro socioeconômico e da atuação político-institucional. Os dados gerados subsidiam os gestores públicos na formulação, aplicação e estabelecimento de prioridades na implementação de políticas públicas voltadas a conservação destas sub-bacias hidrográficas, assim como apontam as principais tendências de avanços e retrocessos na busca pela sustentabilidade destas áreas.

Palavras-chave: bacias hidrográficas; gestão ambiental; índices de sustentabilidade; políticas públicas; e conservação.

Application and Evaluation of "Watershed Sustainability Rate" as support for the public policies formulation related to conservation of sub - watershed of Batatã and Maracanã Rivers, São Luís Island – MA

Abstract. The watersheds are considered as the fundamental units of environmental planning, their whole are understood as an open system of process-response where the matter and energy flows have a direct influence on its territory. The environmental quality of these areas can be evaluated by a whole of specific indicators derived from an information model that represents their realities. Historically, the watersheds located in São Luís - MA are submitted to various environmental tensors, which in most cases, are from lack of planning and tools that help to formulate conservation policies. In this sense, this research aimed to evaluate the application of the "Watershed Sustainability Rate" (ISBH) as a subsidy for the formulation of conservation policies for the sub-basins of the Batatã and Maracanã Rivers. The ISBH is composed of four dimensions: Environment, Water Quality, Socioeconomic and Political-Institutional. The dimensions are composed of these indicators and, in some cases, by basic variables, obtained from field and laboratory, as follows: % of plant cover, soil loss by sheetflow erosion, % waterproof area, road density, rate of water quality, turbidity, income, education, sanitation sewer and water supply, coverage by conservation unit, urbanization coefficient from surrounding areas and integrity of permanent preservation area. Comparatively, the values obtained for the sub-basin of Batatã River in relation to sub-basin of the Maracanã River in all analyzed dimensions. This fact confirmed the applicability and capability of tool to reflect peculiarities among different areas. However, it was evident the need for some adjustments concerning the ISBH, such as inclusion and exclusion of some indicators and terminology changing in others. In general, we observed that in whole the *ISBH* is an effective tool that presents an integrated and systemic diagnosis of the studied regions, showing the situation of the areas of environmental interest, water resources, the socioeconomical and political-institutional performance. Data generated subsidize public managers in the formulation, application and establishment of priorities in the implementation of public policies for the conservation of these sub-basins, as well as point out the main trends of advances and setbacks in the search for sustainability of these areas.

Keywords: watersheds, environmental planning, sustainability index, public policies and conservation.

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são delimitadas a partir de uma área drenada por um rio principal e seus tributários, sendo limitadas pelos divisores de água. Estas áreas são consideradas unidades naturais de planejamento, podendo, também, serem usadas como unidades de manejo, uma vez que nelas se desenvolve todas as atividades de uso e ocupação do solo.

Segundo Ribeiro (2002), a qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica pode ser avaliada, por um conjunto de indicadores específicos, derivado de um modelo de informação que represente a realidade da bacia. Construir indicadores de sustentabilidade é algo complexo, uma vez que eles devem refletir a relação da sociedade com o meio ambiente numa perspectiva ampla, considerando todos os fatores envolvidos no processo.

Os indicadores podem ser utilizados como ferramenta para subsidiar o planejamento ambiental, pois ajudam a determinar as alterações no ambiente, selecionando medidas-chaves, que podem ser físicas, químicas, biológicas ou socioeconômicas, e que oferecem informações úteis à compreensão do ambiente como um todo (MEIRELLES *et al.*, 2005).

Campana e Tucci (1994) relatam que as bacias urbanas necessitam ser planejadas considerando os impactos do uso e ocupação do solo sobre os recursos hídricos. Contudo, a falta de planejamento adequado e as irregularidades na ocupação descontrolada tornam esta tarefa bastante difícil. Para Bossel (1999) devem ser reconhecidos indicadores apropriados para direcionar a sustentabilidade dos centros urbanos e seu entorno.

A busca por instrumentos que reduzam a incerteza na tomada de decisão, como os índices e indicadores, configuram uma importante ferramenta para os gestores, pois ocorrem situações em que o tomador de decisão tem pouco ou nenhum conhecimento ou informação para atribuir probabilidades a cada estado da natureza ou a cada evento futuro.

Neste contexto de ausência de planejamento, de utilização de critérios para tomada de decisão e de depreciação dos recursos naturais estão inseridas as bacias hidrográficas inseridas do São Luís - MA. Nestas áreas, historicamente observou-se o

rápido crescimento demográfico e a multiplicidade de atividades humanas que exploram e consomem os recursos naturais e, simultaneamente, produzem diversas quantidades de resíduos, poluentes e interferências no ambiente natural.

Dentre as principais bacias hidrográficas do município de São Luís, destaca-se a do Bacanga que apresenta grande complexidade e relevância ambiental. Segundo Coelho e Damásio (2006) o crescimento progressivo da população na bacia, aliada ao aumento do uso e ocupação do solo que se processa de forma desordenada, vem contribuindo para o aumento da compactação do solo, assoreamento e contaminação dos corpos de água da bacia. Devido estes aspectos os autores afirmam a necessidade de se planejar o crescimento da bacia, haja vista que, é considerada como uma das principais contribuintes para o abastecimento de água da cidade de São Luís.

Assim, este trabalho propõe em avaliar e aplicar o “*Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas- ISBH*” (ISAIAS, 2007) nas sub-bacias do Batatã e Maracanã que integram a bacia do Bacanga. A escolha destas sub-bacias justifica-se pela importância socioeconômica e ambiental destas áreas. A primeira (Batatã) integra grande parte da área do Parque Estadual do Bacanga e da Zona de Reserva Florestal do Sacavém. Nesta sub-bacia está situado o reservatório “Batatã” que é responsável pela captação de água que abastece parte da Cidade de São Luís. Enquanto na sub-bacia do Maracanã, estão localizadas as principais nascentes do rio Bacanga e grande parte da Área de Proteção Ambiental do Maracanã.

Diante do exposto, impõem-se como necessidade prioritária investigar cientificamente procedimentos e indicadores para a análise do processo de planejamento das sub-bacias, no sentido de propiciar a elaboração de instrumentos técnico-científicos para sua medição, auxiliando as tomadas de decisões e a gestão sustentável da atividade na região do Maracanã e Batatã.

As informações geradas com a pesquisa poderão contribuir para o estabelecimento de medidas de preservação, conservação e recuperação das sub-bacias estudadas. A utilização do ISBH como uma ferramenta de gestão almeja sustentar o processo de tomada de decisão, através da avaliação da informação, convertendo-a numa série de medidas úteis e significativas, subsidiando uma análise de tendências de agravamento de conflitos e reduzindo as probabilidades de se adotar decisões equivocadas, principalmente na formulação de políticas públicas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Desenvolvimento Sustentável e Indicadores de Sustentabilidade

2.1.1 Desenvolvimento Sustentável x Sustentabilidade

O termo “*Desenvolvimento Sustentável*” possui diversas definições e de acordo com Benetti (2006) não se sabe ou não se tem uma concordância sobre o que realmente este termo significa. Os conceitos mais utilizados e citados são os do Relatório Brundtland e o da Agenda 21. Para os dois documentos citados, o desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades (CMMAD,1991).

De acordo com Hanai (2008) o conceito de desenvolvimento sustentável advém das reflexões acadêmicas, ideológicas e tecnológicas sobre o processo atual de desenvolvimento social e econômico. O reconhecimento e a valorização de temas tais como, os problemas sociais e ambientais, as críticas ao purismo economicista, o intercâmbio entre sociedades e nações, o aprimoramento da consciência ambiental, o respeito ao ambiente natural, o respeito às singularidades culturais, a relação entre os homens e a qualidade de vida, têm levado à discussão e à proposição do denominado “*Desenvolvimento Sustentável*”.

O desenvolvimento sustentável busca responder a cinco amplas exigências (LÉLÉ, 1991): (1) integração da conservação e do desenvolvimento; (2) satisfação das necessidades básicas humanas; (3) alcance da equidade e social justiça; (4) provisão da autonomia social e da diversidade cultural; e (5) manutenção da integridade ecológica.

O conceito de sustentabilidade trata da possibilidade de se obterem continuamente condições iguais ou superiores de vida para um grupo de pessoas e seus sucessores em dado ecossistema. Assim sendo, o conceito de sustentabilidade equivale à idéia de manutenção de nosso sistema de suporte da vida, isto é, trata-se do reconhecimento do que é biofisicamente possível numa perspectiva de longo prazo. (CAVALCANTI, 1995).

Ruscheinsky (2004) denomina sustentabilidade como sendo a “*palavra mágica da ordem do dia*” que inspira a perspectiva dinâmica e de ampla utilização e variações

de acordo com interesses e posicionamentos. Considera, também, que as ambiguidades relativas ao seu uso e ao seu significado são decorrentes do seu recente surgimento.

Levando em consideração as definições apresentadas acima, os termos desenvolvimento sustentável e sustentabilidade seriam sinônimos, como afirma Dresner (2002), ou não, como acredita Ultramari (2003). Este último acredita ser a sustentabilidade algo de difícil consecução, e desenvolvimento sustentável um conceito que denota um processo com vistas ao futuro, ou um presente adiado, porém sustentável. Portanto, o autor trata o desenvolvimento sustentável como um processo e a sustentabilidade como um fim.

Segundo Leadbitter (2002), é importante distinguir desenvolvimento sustentável e sustentabilidade. Desenvolvimento sustentável é o processo a enfrentar para chegar à sustentabilidade: em outras palavras, é o processo que conduz à sustentabilidade, conceitos compartilhados por Vinyl (2002) e Everard *et al.* (2000).

Barbieri (1997) considera que a expressão desenvolvimento sustentável é formada por uma combinação de palavras contraditórias. O desenvolvimento evoca as idéias de crescimento econômico, mudança do padrão de vida da população e tem base no sistema produtivo. O termo sustentável é de origem biológica, ou seja, aplicável apenas aos recursos renováveis que podem ser extintos pela exploração descontrolada, como cardumes de peixes e espécies vegetais das florestas naturais. Bellia (1996) acredita que o problema está na “própria junção de um substantivo (desenvolvimento) com um adjetivo (sustentável), que representa um juízo de valor próprio de cada indivíduo e, portanto, não quantificável”.

Contrapondo a este entendimento, Silva e Mendes (2005), por sua vez, argumentam que “o foco principal ao se discutir e se preocupar com a sustentabilidade, está na vinculação do tema ao lugar a que se pretende chegar; enquanto, com o desenvolvimento, o foco está em como se pretende chegar”. E continuam considerando que os dois termos não são contraditórios, mas complementares, isto é, ao se discutir o desenvolvimento sustentável não se pode perder de vista a própria sustentabilidade, e o contrário também é verdadeiro. Os autores acreditam que “sustentabilidade e desenvolvimento sustentável têm objetivos distintos, mas com interesses comuns”.

O desenvolvimento sustentável é um processo de transformação qualitativa que permite destacar o caráter operacional da sustentabilidade ao afastar este conceito de um

estado utópico, dificilmente alcançável e argumento frequente para desqualificar as possibilidades reais de aplicação dos princípios de sustentabilidade (IVARS BAIDAL, 2001).

O consenso sobre a definição dos termos desenvolvimento sustentável e sustentabilidade são de suma importância, uma vez que está profundamente associada a uma suposta nova visão de mundo que abrange os aspectos econômicos, políticos, ecológicos e educacionais, isto é, considera todas as perspectivas sociais numa nova ética ambiental (BRÜGGER, 1994).

O debate sobre desenvolvimento sustentável e sustentabilidade necessita sair do plano teórico e se tornar operacional. Para que isso seja possível torna-se necessário pensar uma maneira de quantificar essa sustentabilidade. O grau de sustentabilidade é relativo, dependendo do ponto de vista considerado, isto é, em função do campo ideológico ambiental ou dimensão em que cada ator se coloca (LAFER, 1996).

Vários autores expressam a sustentabilidade em diferentes dimensões sistêmicas de integração, sendo elas: ambiental, ecológica, social, política, econômica, demográfica, territorial, cultural, institucional, espacial, tecnológica e legal, nos níveis internacional, nacional, regional e da comunidade local (BOSSEL, 1999; SACHS, 2002; BIDONE e MORALES, 2004; CHOI e SIRAKAYA, 2006). O quadro 01, abaixo apresenta as principais características das dimensões mais usualmente citadas.

Quadro 01 – Principais Dimensões da Sustentabilidade.

Dimensão	Componentes	Objetivos
Sustentabilidade Social	Criação de postos de trabalho que permitam habitação e renda adequada; Produção de bens dirigida prioritariamente às necessidades básicas sociais.	Redução das desigualdades.
Sustentabilidade Econômica	Fluxo permanente de investimentos públicos e privados; Manejo eficiente dos recursos; Absorção pela empresa, dos custos ambientais; Endogeneização: contar com suas próprias forças.	Aumento da Produção e da riqueza social sem dependência externa.
Sustentabilidade Ecológica	Produzir respeitando os ciclos ecológicos dos ecossistemas; Prudência no uso de recursos naturais não renováveis; Prioridade à produção de biomassa e a industrialização de insumos naturais renováveis; Redução da intensidade energética e aumento da conservação de energia; Tecnologias e processos produtivos de baixa geração	Melhoria da qualidade do meio ambiente e preservação das fontes de recursos energéticos e naturais para as próximas gerações.

	de resíduos; Cuidados ambientais	
Sustentabilidade Geográfica	Desconcentração espacial (de atividades econômicas de produção); Desconcentração/democratização do poder local e regional; relação cidade campo equilibrada.	Evitar excesso de aglomerações.
Sustentabilidade Cultural	Soluções adaptadas a cada ecossistema; Respeito a formação cultural comunitária.	Evitar conflito cultural com potencial regressivo.

No entanto as dimensões da sustentabilidade necessitam de medições, uma importante ferramenta para mensuração são os indicadores de desempenho. Estes possibilitam compreender a complexidade e os movimentos de transformação dos sistemas, tornar a informação acessível à sociedade, prever os rumos do crescimento e nortear ações empreendedoras de desenvolvimento sustentável (BITTENCOURT, 2006).

Para mensurar o grau de sustentabilidade, é fundamental que os tomadores de decisão possuam acesso a bons indicadores. Além de transmitir informações relevantes e coerentes a respeito da sustentabilidade, um bom indicador também deve ser capaz de alertar para um problema antes que este se agrave, isto é, de atuar com proatividade, pois assim é concedido um tempo mínimo para mudar a trajetória do problema que pode surgir (SATO, 2005).

Neste sentido, o próximo tópico tratará especificamente das questões referentes à utilização dos indicadores de sustentabilidade. Levando em consideração as principais temáticas conceituais e apresentando os principais modelos de avaliação da sustentabilidade, assim como os aspectos positivos e negativos na utilização desta ferramenta.

2.1.2 Indicadores de Sustentabilidade

Antes que seja abordada a temática dos “*Indicadores de Sustentabilidade*”, faz-se necessário compreender melhor o significado destes.

O termo indicador é originário do Latim “*indicare*” que significa revelar ou apontar para anunciar ou tornar de conhecimento público, ou para estimar ou colocar valor (HAMMOND *et. al.*, 1995). Ainda para o mesmo autor, pode-se considerar os indicadores fornecedores de indícios para um problema de grande significância ou, tornar perceptível uma tendência ou fenômeno que não sejam imediatamente detectáveis.

Indicadores são ferramentas constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, revelam significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem; também são essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentado (IBGE, 2002).

Os indicadores são necessários para informar o estado de um sistema e também para intervir e corrigir o seu direcionamento a determinados objetivos, identificando o sucesso de dada intervenção (GALLOPÍN, 1997; MITCHELL, 1997; BOSSEL, 1999; MARZALL e ALMEIDA, 2000; UNCSD, 2001).

A literatura atual sobre indicadores de sustentabilidade aborda duas concepções metodológicas básicas: uma reducionista, que é conduzida por especialistas (*top-down* em inglês, que numa tradução simples significa “de cima para baixo”); e outra participativa, que está fundamentada na comunidade (*bottom-up* em inglês, que significa “de baixo para cima”) (BELL e MORSE, 2003).

A primeira concepção (*top-down*) encontra-se em raízes epistemológicas do reducionismo científico e utiliza em evidência os indicadores quantitativos. As abordagens lideradas pelos especialistas reconhecem a necessidade de indicadores para quantificar as complexidades dos sistemas dinâmicos, mas não necessariamente salienta a complexa variedade das perspectivas dos usuários dos recursos dos sistemas (REED *et al.*, 2006).

A segunda concepção é baseada numa filosofia participativa (*bottom-up*), que se configura nas ciências sociais, enfatizando a importância da compreensão do contexto local para traçar metas e estabelecer prioridades, e que o monitoramento da sustentabilidade deve ser um processo de aprendizagem para ambos pesquisadores e a comunidade.

Entretanto, existem pontos favoráveis e desfavoráveis em ambas as abordagens metodológicas. A maioria dos indicadores existentes é baseada na concepção *top-down* de sustentabilidade, que é alimentada por dados de nível nacional (RILEY, 1998). Uma das vantagens da abordagem *top-down* é a de fornecer avaliação global dos problemas e os indicadores são cientificamente rigorosos e objetivos. Os indicadores que emergem da abordagem *top-down* são geralmente coletados rigorosamente, são examinados

minuciosamente por especialistas e avaliados quanto à pertinência utilizando ferramentas estatísticas.

Os indicadores do método *bottom-up*, por outro lado, propiciam uma compreensão mais contextualizada dos aspectos locais, oferecendo também à sociedade a oportunidade de ampliar a capacidade de aprendizado e de compreensão da realidade. Porém, os indicadores desta abordagem tendem a ser mais subjetivos, com medições mais dispendiosas de tempo, em maior quantidade do que a necessária, e há o perigo de que os indicadores desenvolvidos por meio de técnicas participativas isoladas podem não possuir a capacidade de monitorar a sustentabilidade com precisão e confiabilidade (REED *et al.*, 2006).

Enquanto é fácil visualizar as diferenças fundamentais entre os dois tipos de abordagens (*top-down* e *bottom-up*), há um aumento da consciência e no debate acadêmico da necessidade de desenvolver metodologias inovadoras e híbridas de ambas as concepções. A integração de ambas as abordagens produzirá resultados mais precisos e relevantes (REED *et al.*, 2006).

A definição de indicadores, assim como a elaboração de instrumentos e técnicas para sua medição, é um tema da atualidade que têm promovido reflexões, discussões e aplicações específicas para o estabelecimento de modelos e sistemas de indicadores. O sistema de indicadores constitui-se no desafio de tornar operativo o paradigma da sustentabilidade, pois contribui para reforçar os eixos essenciais de desenvolvimento sustentável com a visão estratégica, a perspectiva integral de desenvolvimento e a participação ativa da sociedade local (IVARS BAIDAL, 2001).

As características básicas dos indicadores implicam no cumprimento dos seguintes requisitos fundamentais no seu processo de seleção e definição: confiabilidade; baixo custo de coleta e análise; simples; limitados em número; significativos; relevantes; eficientes; reativos; pertinentes; claros; exequíveis; práticos; aceitos politicamente, mensuráveis e controláveis pela gestão; precisos, exatos; consistentes; sensíveis a alterações do ambiente; conceitualmente bem fundamentados; dependentes apenas nos dados prontamente disponíveis; hábeis para mostrar tendências ao longo do tempo; e comparáveis ao longo do tempo e entre jurisdições e regiões (STANKEY *et al.*, 1985; GALLOPÍN, 1997; BOSSEL, 1999; TWINING-WARD e

BUTLER, 2002; HARDI e ZDAN, 1997; MEADOWS, 1998; SPANGENBERG e VALENTIN, 2000; REED *et al.*, 2006).

O uso de indicadores, como medidores de processo do desenvolvimento sustentável, possui as seguintes funções principais (WATSON e COLE, 1992; GALLOPÍN, 1997; BOSSEL, 1999; REED *et al.*, 2006):

- ✓ Reconhecer metas e objetivos, mostrando se condições e tendências em relação às finalidades de gestão estão sendo atingidos e satisfeitos;
- ✓ Fornecer antecipadamente uma informação de advertência, sinalizando a necessidade de ações corretivas da estratégia de gestão;
- ✓ Subsidiar o processo de tomada de decisão, proporcionando informação relevante para apoiar a implementação de políticas em diferentes níveis da sociedade (bairros, distritos, cidades, estados, regiões, países);
- ✓ Tornar-se a base para o gerenciamento dos impactos ambientais (avaliar a eficiência de várias alternativas);
- ✓ Refletir a condição geral de um sistema, permitindo análise comparativa no tempo e no espaço (situações e locais);
- ✓ Antecipar condições e situações futuras de risco e de conflito;
- ✓ Orientar projetos e políticas de desenvolvimento;
- ✓ Monitoramento constante, conduzindo à melhoria contínua e incorporação de soluções para a gestão numa localidade.

Segundo Benetti (2006) cada indicador tem vantagens e desvantagens, porém 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.

Para Bossel (1999), os indicadores de sustentabilidade precisam ser mais efetivos e melhores em termos de confiabilidade e devem ser claramente definidos, reproduzíveis, compreensíveis e práticos, refletindo os interesses e visões de diferentes atores sociais.

As principais limitações evidenciadas na aplicação dos indicadores são descritas por Ivars Baidal (2001) e são apresentadas abaixo:

- ✓ Carência de uma visão estratégica orientada para a sustentabilidade que promova a criação de novos sistemas de informação territorial;
- ✓ Limitações de informações estatísticas de âmbito local, tanto quantitativas como qualitativas;
- ✓ Falta de integração e coordenação dos distintos setores de gestão municipal (meio ambiente, desenvolvimento, planejamento);
- ✓ Subutilização das possibilidades de obter sinergias mediante a disponibilidade de informações de atos e processos administrativos;
- ✓ Escasso aproveitamento das possibilidades de tecnologia da informação para sistematizar dados com valor estatístico.

Neste sentido, é necessário o aprimoramento técnico-científico dos indicadores para aumentar sua coerência, representatividade, poder de comparação e aceitação política e social (IVARS BAIDAL, 2001).

Deve-se mencionar ainda que os indicadores de sustentabilidade podem ir além do simples processo de medição de dados. Eles podem estimular o processo para intensificar a ampla compreensão dos problemas sociais e ambientais, bem como facilitar a capacidade da comunidade em criar e conduzir políticas e projetos de desenvolvimento (REED *et al.*, 2006).

Desta forma, presume-se que os indicadores podem ser utilizados como ferramentas que subsidiam compreender a complexidade e os movimentos de transformação das sub-bacias hidrográficas, permitindo tornar a informação acessível à sociedade, prevendo os rumos do crescimento e norteando ações empreendedoras de desenvolvimento sustentável.

2.1.3 Sistemas de Indicadores

Segundo Bellen (2005), os indicadores mais desejados são aqueles que simplifiquem um conjunto de informações relevantes, dando visibilidade a um determinado fenômeno. Portanto, uma dificuldade prática dos indicadores, é que estes apresentam um determinado grau de generalização, uma vez que qualificam e quantificam pontualmente um elemento, fator ou sistema que pretende analisar.

Bellen (2002) em sua pesquisa sobre análise da sustentabilidade, verificou que existem inúmeras ferramentas ou sistemas que buscam mensurar o grau de sustentabilidade do desenvolvimento. No entanto, são pouco conhecidas suas características técnicas e práticas. Assim sendo, apresenta os três sistemas de indicadores de sustentabilidade mais reconhecidos internacionalmente, selecionados pelos mais variados especialistas da área ambiental, que lidam com o conceito de desenvolvimento sustentável: Pegada ecológica (*Ecological Footprint Method*), Painel de Sustentabilidade (*Dashboard of Sustainability*) e o Barômetro de Sustentabilidade (*Barometer of Sustainability*). Abaixo são apresentadas as principais características de cada sistema:

✓ *Ecological Footprint Method* - consiste em estabelecer a área de um espaço ecológico necessária para a sobrevivência de uma determinada população ou sistema, que permite o fornecimento de energia e recursos naturais e seja capaz de absorver os resíduos ou dejetos do sistema. Emprega apenas uma dimensão, a ecológica, para realizar os cálculos necessários e possui pouca influência nos tomadores de decisão.

✓ *Barometer of Sustainability* - possibilita, através de uma escala de performances, a comparação de diferentes indicadores representativos do sistema, permitindo uma visão geral do estado da sociedade e do meio ambiente. Os resultados são apresentados por índices, em uma escala que varia de uma base 0 (ruim ou péssimo) a 100 pontos (bom ou ótimo). Utiliza duas dimensões: ecológica e social. Possuindo menor impacto sobre o público-alvo.

✓ *Dashboard of Sustainability* - é um índice que representa a sustentabilidade de um sistema englobando a média de vários indicadores com pesos iguais, catalogados em quatro categorias de performance: econômica, social, natureza e institucional. Possui uma forma de apresentação mais simples, quando comparada com os demais indicadores, através de uma escala de cores que varia do vermelho-escuro (resultado crítico), passando pelo amarelo (médio) até chegar ao verde-escuro (resultado positivo). Dentre os avaliados, este é o único que considera quatro dimensões para estimar o índice de sustentabilidade, além de ser visualmente atraente.

Outras iniciativas internacionais e nacionais de agregação de indicadores e índices de sustentabilidade são listadas a seguir (BELLEN, 2005; CASTANHEIRA e TABORDA, 2006; MAGALHÃES-JUNIOR, 2007).

✓ Human Development Index (Índice de Desenvolvimento Humano – IDH): desenvolvido pelo PNUD (1990), toma como base três elementos: escolaridade (taxas de alfabetização de adultos e de escolarização bruta combinada), expectativa de vida (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB per capita);

✓ Environmental Sustainability Index (Índice de Sustentabilidade Ambiental – ISA): lançado pelas Universidades de Yale e Columbia durante o Fórum Econômico Mundial realizado em 2002, faz uma medida do desempenho ambiental, social e institucional de uma esfera de análise, mediante a integração de 76 variáveis em 21 indicadores. O índice mede o progresso de cada país para sustentabilidade ambiental. O ESI (1) identifica assuntos de desempenho nacional (acima ou abaixo de expectativas); (2) investiga o conjunto de prioridades entre áreas de gestão dentro de países e regiões; (3) identifica tendências ambientais; (4) avalia quantitativamente o sucesso de políticas e programas; e (5) investiga a extensão da interação de desempenho ambiental e econômico e outros fatores que influenciam a sustentabilidade ambiental;

✓ Índice de Desempenho Ambiental (EPI) – O EPI foi desenvolvido em paralelo com o ESI pelas mesmas instituições, e classifica países de acordo com qualidade do ar e da água, proteção de terra, e prevenção de mudança climática. Este índice foi criado para avaliar a performance das decisões e avaliar os resultados obtidos no ESI;

✓ Index of Sustainable Economic Welfare – ISEW (Índice de Bem-Estar Econômico Sustentável): desenvolvido por Daly e Cobb (1989), ajusta as contas tradicionais com subtrações de influências negativas (despesas públicas defensivas, desigualdade econômica, custos de degradação ambiental, depreciação do capital natural) e adições de influências positivas (despesas não-defensivas, formação de capital, trabalho doméstico);

✓ Genuine Progress Indicator – GPI (Indicador de Progresso Genuíno – IPG): semelhante ao anterior, lançado em 1997 pelo Australia Institute, relaciona a economia com variáveis sociais e ambientais, incorporando o capital humano, social e

natural, além de atribuir valor a saúde humana, realização educacional, segurança da comunidade, trabalho voluntário e qualidade ambiental;

✓ Living Planet Index – LPI (Índice do Planeta Vivo – IPV): lançado pelo WWF em 1999, mede a tendência da diversidade biológica da Terra mediante a produção de índices separados de espécies terrestres, marinhas e de água doce, que são então ponderados e dão origem a um índice agregado;

✓ City Development Index – CDI (Índice de Desenvolvimento das Cidades – IDC): desenvolvido em 1997 pelo Programa de Indicadores Urbanos das Nações Unidas como um protótipo para o Habitat II, é uma medida, ao nível da cidade, do bem-estar médio e da acessibilidade dos indivíduos aos equipamentos urbanos, a partir de cinco sub-índices: infra-estrutura, tratamento de esgoto e disposição de resíduos sólidos, saúde, educação e produção;

✓ Environmental Policy Performance Indicator – EPPI (Indicador de Desempenho Ambiental de Políticas Públicas): originário da Holanda, monitora as tendências da pressão ambiental naquele país desde 1980, a partir de seis indicadores compostos: mudanças climáticas, acidificação, eutrofização, dispersão de substâncias tóxicas, disposição de rejeitos sólidos e incômodos de odor e barulho;

✓ Total Material Consumido – TMC e Total Material de Entrada – TMI (transporte e fluxo de material, e recursos e energia): lançados pelo Wuppertal Institute para a economia alemã, com propósito ambiental, mas metodologia econômica, fornecem uma ligação entre o consumo de materiais e seus impactos na natureza;

✓ System of Integrated Environmental and Economic Accounting – SEEA (Sistema de Contabilidade Integrada Ambiental e Econômica): sistema “paralelo” lançado pela Divisão de Estatística da ONU para cobrir a deficiência dos sistemas tradicionais de contas mediante a agregação da contabilidade ambiental;

✓ Monitoring Environmental Progress – MEP (Monitorando o Progresso Ambiental): desenvolvido pelo Banco Mundial, com base na idéia de que a sustentabilidade é medida por uma riqueza per capita não decrescente, incorporando aos balanços os recursos humanos e a infra-estrutura social.

✓ Índice de Bem-estar – O método desenvolvido por Prescott-Allen (2001) considera dois índices principais, isto é, um Índice de Bem-estar Humano, que mede a

qualidade de vida; e um Índice de Bem-estar Ambiental que mede a qualidade do ambiente. Eles são combinados para formar um Índice de Bem-estar. O bem-estar das nações está relacionado com pessoas e ecossistemas, com igual peso, por isso acredita que o desenvolvimento sustentável é uma combinação do bemestar humano com o bem-estar ambiental;

✓ Indicador de Progresso Verdadeiro (GPI) Criado em 1995, este índice anual mede com maior precisão o progresso para os Estados Unidos, e usa a mesma estrutura de estimativa do PIB. O GPI soma as contribuições econômicas da família e trabalho voluntário e subtrai fatores como crime, poluição e desagregação familiar. Embora inclua uma noção maior de bem-estar humano, o GPI ainda é limitado por não considerar como importantes assuntos relativos à natureza, que afetam o convívio social e a vida econômica.

✓ Core Environmental Indicators – CEI: Constitui um conjunto básico de indicadores ambientais utilizados na avaliação do progresso das políticas ambientais. Este conjunto de indicadores é formado por cerca de 50 indicadores que referem-se as principais preocupações ambientais. A OECD incentiva os países que adotam estes indicadores a adaptá-los as suas conjunturas locais;

✓ Kei Environmental Indicators – KEI: É um conjunto reduzido de indicadores utilizados para fins de comunicação com o público;

✓ Sectoral Environmental Indicators – SEI: São indicadores usados para integração das temáticas ambientais dentro das políticas setoriais. Cada conjunto focando um setor específico, tais como: transporte, energia, consumo doméstico, turismo, agricultura, etc;

✓ Indicators Derived from Environmental Accounting: Constitui um conjunto de indicadores aplicados na integração da temática ambiental no âmbito da economia e das políticas de gerenciamento de recursos;

✓ Decoupling Environmental Indicators – DEI: Grupo de Indicadores que medem a degradação do meio ambiente frente a pressão do crescimento econômico;

✓ Índice de Consumo de Capital Natural (ICCN) - voltado para medir o consumo de recursos naturais em termos físicos e monetários, sendo formado por

indicadores de perda de cobertura florestal, perda de solos agrícolas, consumo de recursos energéticos e qualidade da água;

✓ Índice de Emissão de Poluentes (IEP) - indica a degradação do ambiente a partir da deposição de poluentes formado pelos indicadores relativos a: disposição de resíduos sólidos, carga de resíduos orgânicos na água, dispersão de resíduos tóxicos, lançamento de efluentes industriais, emissão de gases;

✓ Índice de Degradação de Paisagens Naturais (IDPN) - considera a manutenção da qualidade ambiental da região analisada, sendo composto pelos indicadores de: perda de floresta primária, perda de floresta secundária, perda de planície aluvial, perda/ganho de habitats relevantes, intervenção em cursos d'água e perda de qualidade da paisagem natural;

✓ Índice de Qualidade do Sistema Ambiental (IQSA), consiste de um indicador de estado o qual externaliza a saúde do ambiente local através da qualidade das águas da bacia hidrográfica;

✓ Índice de Qualidade de Vida (IQV), outro indicador de estado que mede a qualidade de vida humana e do ambiente construído através de indicadores de renda, educação, saúde, longevidade, uso do solo e habitações.

✓ Índice de Redução da Pressão Antrópica (IRPA) - este indicador reflete a pressão exercida pela intervenção antrópica, através da urbanização e das atividades econômicas sobre o meio ambiente, sendo medido através de variáveis relativas a população, saneamento, frota de veículos, habitação, poluição hídrica, energia, uso da água, uso do solo, agricultura, etc.

✓ Índice de Capacidade Político-Institucional (ICPI) - consiste de um indicador de resposta voltado a medir a capacidade do sistema político, institucional, social e cultural quanto a sua capacidade de superar os obstáculos e oferecer respostas aos desafios da sustentabilidade. Para isso considera variáveis relativas a questão fiscal, do endividamento, peso eleitoral, política ambiental, organização civil, imprensa, participação, entre outros.

No Brasil, a formulação de um conjunto de indicadores capaz de mensurar o padrão de desenvolvimento brasileiro, bem como determinar um ponto de equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, a equidade social e a proteção ao meio ambiente

resultou na seleção de 59 indicadores, definidos a partir de estudos e levantamentos realizados pelo IBGE em conjunto com outras instituições. De acordo com o IBGE, a apresentação dos indicadores seguiu o marco ordenador proposto pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável - CDS, das Nações Unidas, que os organiza em quatro dimensões: ambiental, social, econômica e institucional. Na sua dimensão ambiental estão relacionadas informações pertinentes ao uso dos recursos naturais e à degradação ambiental, organizadas nos temas atmosfera, terra, água doce, mares e áreas costeiras, biodiversidade e saneamento. Na sua dimensão social, os indicadores abrangem os temas população, trabalho e rendimento, saúde, educação, habitação e segurança, vinculados à satisfação das necessidades humanas, melhoria da qualidade de vida e justiça social.

Nos casos específicos de indicadores aplicados a avaliação de sustentabilidade ambiental em bacias hidrográficas foram encontrados os seguintes exemplos: índice de cobertura vegetal natural (%); índice de abastecimento urbano/rural de coleta de esgotos (%); índice de tratamento de esgoto coletado (%); índice de cobertura de drenagem urbana (% área); índice de população urbana/rural atendida com coleta de lixo (%); índice de Falkenmark (m^3 recursos renováveis/hab/ano); índice de susceptibilidade do solo à erosão (% de área atingida); densidade populacional urbana e rural (hab/ km^2); índice de qualidade da água – IQA; taxa de lixo coletado (%); taxa de lixo corretamente disposto na bacia (%); índice de risco de acidentes de transporte de cargas poluentes; coeficiente de escoamento superficial; indicador de área impermeabilizada; porcentagem da bacia ocupada com atividade agrícola (%); índice de captação de água para irrigação (m^3 /hab); índice de urbanização (%/ano); entre outros (FERREIRA e MORETI, 1998; HERCULANO, 1998; RIBEIRO, 2002; TOLEDO e NICOLELLA, 2002; MAGALHÃES-JÚNIOR *et al.*, 2003; TURNES, 2004; SILVA *et al.*, 2003; BILICH e LACERDA, 2005; MEIRELLES, 2005).

Contudo, foi possível evidenciar que existe uma gama de modelos de indicadores atualmente em uso. O desenvolvimento de bons indicadores para o planejamento, monitoramento e medição de impactos em bacias hidrográficas é de suma importância, uma vez que subsidiarão os gestores públicos na tomada de decisão no que tange a sustentabilidade destas áreas, porém este caminho mostra-se como uma tarefa ainda árdua na caminhada pela sustentabilidade.

Dessa forma, ressalta-se a importância de pesquisas aprofundadas sobre indicadores ambientais e a necessidade de estudos que forneçam instrumentos e procedimentos de análise da sustentabilidade e de monitoramento das atividades em sub-bacias hidrográficas a fim de auxiliar o planejamento e a gestão de atividades nos seus espaços, o que se buscou desenvolver na proposta da presente pesquisa.

2.2 Gestão de Bacias Hidrográficas

Para iniciar o processo de gestão (do latim *gestione* - a ação de gerir, gerenciar ou ainda administrar) precisa-se em primeiro plano definir os espaços, ou seja, as unidades de planejamento, podendo estas no caso da gestão ambiental, ser, por ilustração, as bacias hidrográficas.

Segundo Tonello (2005) bacias hidrográficas são áreas de captação natural da água de precipitação, drenando essa água por ravinas, canais e tributários, para um curso d'água principal, tendo a vazão uma única saída, desaguando em um curso d'água maior, lago ou oceano (Figura 01).

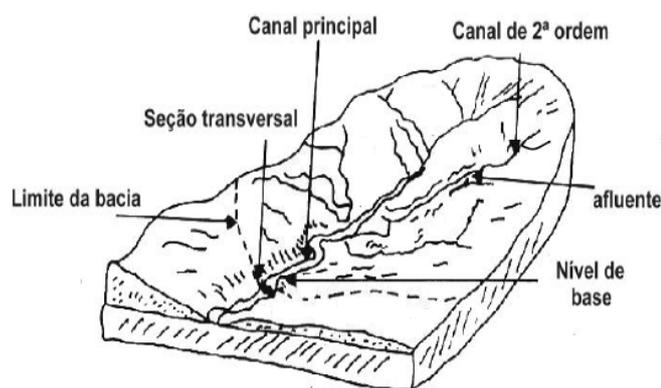


Figura 01 – Representação de uma bacia hidrográfica (LOMBARDI NETO *et al.*, 1994).

Cada bacia hidrográfica se interliga outra de maior tamanho, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. As bacias hidrográficas maiores são resultantes do conjunto de pequenas bacias. Portanto, os trabalhos de manejo de bacias hidrográficas devem ser iniciados, preferencialmente, nas bacias de menor porte (SANTANA, 2003).

Prochnow (1990) relata que, devido à importância alcançada pelo recurso natural água para a sociedade moderna, e por integrar qualquer área de terreno, por menor que seja, a bacia hidrográfica é tida como referencial geográfico quando utilizada como

unidade de estudos ambientais. Desta forma, a expressão “*bacia hidrográfica*” cabe tanto para grandes como para pequenas áreas, bastando somente localizá-las no espaço.

A utilização das bacias hidrográficas como unidades de gestão justifica-se devido estas serem entendidas como expressões territoriais do sistema ambiental, que em seu conjunto podem ser consideradas como um sistema aberto de processo-resposta, onde os fluxos de matéria e energia causam efeitos sobre o território. O caráter e comportamento do sistema fluvial são sempre complexos e refletem as inter-relações de seus componentes: energia solar, gravidade, clima, litologia, topografia, cobertura vegetal, solos, uso do território, etc. (BERMUDEZ *et al.* 1992).

Guerra (1996) afirma que as bacias hidrográficas devem compreender espaços de desenvolvimento econômico e preservação ambiental, integrando uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, fazendo-se necessário um planejamento sustentável de sua utilização.

Seabra (2001) destaca que o planejamento de bacias hidrográficas deve seguir um modelo desenvolvimentista não-concentrador, que possibilite o uso dos recursos naturais com respeito ao ambiente, permitindo harmonização e prosperidade à comunidade, com expressiva melhoria das condições de vida e da qualidade ambiental da população residente. Neste contexto, para as intervenções em área natural, o autor sugere que o procedimento metodológico do planejamento esteja alicerçado no “*planejamento ambiental*” e este deve ser realizado, pelo menos, em sete fases (caracterizadas por seus componentes específicos, seus produtos e por instrumentos concretos de análise regional), quais sejam:

1) Fase de organização: identificação do problema, escolha e delimitação da área, elaboração do projeto, seleção bibliográfica e cartográfica;

2) Fase de inventário: caracterização física e socioeconômica do objeto a ser pesquisado;

3) Fase de diagnóstico: avaliação potencial dos recursos, das formas de uso e dos impactos sobre o meio ambiente;

4) Fase de análise: identificação funcional e interativa das unidades ambientais, sistematização dos indicadores ambientais básicos;

5) Fase de zoneamento ambiental: caracterização e espacialização de zonas homogêneas, mediante critérios físico-bióticos, socioeconômicos e níveis de interferências antrópica;

6) Fase propositiva: elaboração do modelo gerencial, com base no zoneamento ecológico-territorial, mediante os tipos fundamentais de uso dos recursos e o prognóstico dos resultados da aplicação do modelo e de instrumentos administrativos, jurídicos, legais e sociais que assegurem a aplicação do programa de ordenamento territorial;

7) Fase de execução: instrumentalização dos mecanismos de gestão territorial, dirigidos para assegurar a aplicação do modelo proposto.

Neste sentido, a gestão de bacias hidrográficas corresponde ao processo que permite formular um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, a estrutura social, econômica, institucional e legal de uma bacia, a fim de promover a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais e desenvolvimento sustentável (TONELLO, 2005).

Segundo este autor a bacia hidrográfica deve ser considerada como uma unidade de planejamento quando se deseja a preservação dos recursos hídricos, já que as atividades desenvolvidas no seu interior têm influência sobre a quantidade e qualidade da água. Constitui-se na mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais, pois seus limites são imutáveis dentro do horizonte de planejamento humano, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou introduzidas pelo homem na área. Assim, o disciplinamento do uso e da ocupação dos solos da bacia hidrográfica é o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram.

Botelho e Silva (2004) afirmam que cresceu enormemente o valor da bacia hidrográfica como uma unidade de análise e planejamento ambiental e estudos como erosão, manejo e conservação do solo, água e planejamento ambiental, são aqueles que utilizam com maior frequência a bacia hidrográfica como unidade de análise. Uma importante ferramenta para auxiliar nas definições dos usos de uma bacia é o zoneamento ambiental, ele consiste no parcelamento da área em setores, ou zonas, onde, depois de devidas análises, certas atividades são permitidas e outras são proibidas. Ou

seja, ele consiste em identificar quais áreas da bacia são mais adequadas para cada uso ou objetivo de manejo.

Lanna (1993) destaca algumas vantagens e desvantagens quando considera a bacia hidrográfica como uma das alternativas para o planejamento e gerenciamento ambiental. Dentre as vantagens, o autor destaca a importância da rede de drenagem como um dos caminhos preferenciais das relações de causa-efeito que envolve o meio hídrico. Dentre as desvantagens comenta que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores da bacia.

Historicamente, uma importante experiência na gestão de bacias hidrográficas foi a aprovação, em 1922, pelo Congresso dos Estados Unidos, do pacto do Rio Colorado, o qual decidia sobre a partição da utilização da água do rio entre os Estados que compartilhavam a sua bacia hidrográfica. Esse pacto utilizou, aliás, um conceito muito interessante e atual, que coloca, sob a égide do mesmo processo decisório, territórios com produtividade hídrica elevada (Estados doadores) e territórios com produtividade hídrica menor (Estados recebedores), e a utilização conjunta das águas de um mesmo rio (GRIGG, 1991).

Nos anos subsequentes é importante destacar a formação do “*Tennessee Valley Authority*” em 1933 no EUA. A agência proposta pelo então presidente Roosevelt deveria cuidar, no contexto de uma bacia hidrográfica que envolve sete Estados, de todos os usos da água do rio. A agência da bacia foi proposta com o fim de gerir navegação, controle de cheias, controle de erosão, reflorestamento, desenvolvimento agrícola e industrial e uso das áreas ribeirinhas. Posteriormente, esta metodologia foi adotada no Reino Unido, França, Nigéria e em outros países (OYEBANDE e AYOADE 1986).

No Brasil, o “*Código das Águas*” de 1934 é considerado como um marco histórico para o início da gestão e disciplinamento do uso e conservação de recursos hídricos, também é citado como um dos primeiros e mais avançados instrumentos legais voltados ao gerenciamento da água no mundo moderno (ROCHA *et al.*, 2000).

Em 1976, o reconhecimento da crescente complexidade dos problemas relacionados ao uso da água levou ao estabelecimento de acordo entre o Ministério das Minas e Energia e o governo do Estado de São Paulo para a melhoria das condições sanitárias das bacias do Alto Tietê e Cubatão. O êxito dessa experiência fez que, em

seguida, fosse constituída, em 1978, a figura do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH), e a subsequente criação de comitês executivos em diversas bacias hidrográficas, como no Paraíba do Sul (SP, RJ e MG), São Francisco (SE, AL, PE, BA, GO, MG e DF) e Ribeira de Iguape (PR e SP). Esses comitês tinham apenas atribuições consultivas, nada obrigando a implantação de suas decisões, e dele participavam apenas órgãos do governo. Mesmo assim, constituíram-se em experiências importantes e foram importantes embriões para a evolução futura da gestão por bacia hidrográfica.

Chega à década de 1980 e várias experiências baseadas na gestão de bacias hidrográficas surgem. No Estado do Espírito Santo, é constituído o primeiro Consórcio Intermunicipal Santa Maria/Jucu, de maneira a facilitar a negociação entre usuários, num período seco naquele Estado, e, portanto, com dificuldades de gerir seus conflitos.

A Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH) mobiliza-se e produz, com grande repercussão no meio técnico, as Cartas de Salvador em 1987 e de Foz do Iguaçu em 1989. Ambas conclamam a criação de um sistema organizado de gestão, e, em particular, a Carta de Foz do Iguaçu delinea os princípios básicos que deveriam ser seguidos no estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos. São eles, por exemplo, a gestão integrada, a bacia como unidade de gestão, o reconhecimento do valor econômico da água e gestão descentralizada e participativa.

Surgem, em 1988, os Comitês das Bacias Sinos e Gravataí, afluentes do Guaíba no Estado do Rio Grande do Sul, que se constituem em iniciativas pioneiras por terem surgido da própria comunidade das bacias hidrográficas, com o apoio do governo do Estado. Apesar de na sua origem esses comitês terem surgido apenas com atribuições consultivas, a grande mobilização os tornou produtivos, e, posteriormente, eles foram incorporados ao sistema de gestão daqueles Estados.

Em 1989, numa iniciativa pioneira, algumas cidades das bacias dos rios Piracicaba e Capivari (SP e MG) unem-se para formar o Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, com o objetivo de promover a recuperação ambiental dos rios, a integração regional e o planejamento do desenvolvimento da bacia, é uma atitude inovadora por ter nascido na administração local e por prever um plenário de entidades, em que a sociedade civil é convidada a participar no processo de tomada de decisão.

Posteriormente, nos anos da década de 1990 a gestão de recursos hídricos baseada no recorte territorial das bacias hidrográficas ganhou força quando os Princípios de Dublin foram acordados na reunião preparatória à Rio-92. Diz o Princípio n.1 que a gestão dos recursos hídricos, para ser efetiva, deve ser integrada e considerar todos os aspectos, físicos, sociais e econômicos. Para que essa integração tenha o foco adequado, sugere-se que a gestão esteja baseada nas bacias hidrográficas (WMO, 1992).

Em 1992 a “*Agenda 21*”, foi promulgada, no Rio de Janeiro. No seu capítulo 18, seção II versou sobre a “*Conservação e Gestão dos Recursos para o Desenvolvimento*” (CNUMAD, 1992), neste item tal documento propõe, entre outros, os seguintes objetivos que devem ser implementados para obter o manejo integrado dos recursos hídricos no âmbito das bacias ou sub-bacias hidrográficas integrando aspectos relacionados à terra e à água:

- ✓ Fazer planos para a utilização, proteção, conservação e manejo sustentável e racional de recursos hídricos baseados nas necessidades e prioridades da comunidade, dentro do quadro da política nacional de desenvolvimento econômico;

- ✓ Traçar, implementar e avaliar projetos e programas que sejam economicamente eficientes e socialmente adequados, no âmbito de estratégias definidas com clareza, baseadas numa abordagem que inclua ampla participação pública, inclusive da mulher, da juventude, das populações indígenas e das comunidades locais, no estabelecimento de políticas e nas tomadas de decisão do manejo hídrico; [...]

Mais recentemente, a Lei Federal nº 9.433/97 que instituiu a “*Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*”, elegeu a bacia hidrográfica como unidade territorial de atuação das políticas de recursos hídricos, planejamento e gerenciamento. Assim, a água passou a ser considerada um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico, que tem uso prioritário para consumo humano e dessedentação de animais em caso de escassez. Sua gestão deve proporcionar o uso múltiplo, ser descentralizada e participativa.

No tocante a participação social a gestão integrada das bacias hidrográficas visa tornar compatível a produção com preservação ambiental (SOUZA, 2002). Entre as ações e intervenções que visam à salvaguarda da disponibilidade quali e quantitativa dos

recursos hídricos, que devem ser determinadas em comum acordo com todos os representantes da bacia, estão a:

- ✓ Definição das áreas de proteção às nascentes e demais áreas de preservação permanente;
- ✓ Definição das áreas prioritárias a ações de re-vegetação;
- ✓ Definição das áreas prioritárias a ações de recuperação ambiental ou proteção as áreas de recarga de aquíferos;
- ✓ Definição áreas prioritárias a preservação;
- ✓ Definição de implementação de obras infra-estruturais que reduzam o aporte de poluentes as águas da bacia como estações de tratamento de esgoto;
- ✓ Definição de possíveis remanejamentos de atividades agrícolas para áreas mais aptas a essa atividade identificadas a partir do mapa de aptidão agrícola;
- ✓ Possibilidade de capacitação dos agricultores da bacia para a adoção de práticas agrícolas conservacionistas do solo e das águas, como o plantio direto.

Um ponto importante que merece destaque sobre a dificuldade de implantação desse modelo de gestão descentralizada e compartilhada é o entendimento, que até ocorre com muita frequência, de que a gestão social "substitui" o poder central. Ao poder central cabe a responsabilidade do disciplinamento e da garantia de uso do bem comum (MMA, 2007) à gestão social competem, de fato, a vigilância e a construção do pacto de sustentabilidade.

Pela Lei Federal n. 9.433/97, essa instância de decisão (gestão social) é denominada Comitê de Bacia Hidrográfica, por meio da qual a decisão é trazida para o nível local. Em razão do caráter sistêmico do conceito de bacia hidrográfica, a Lei Federal n. 9.433/97 deixou que as bacias, na forma de unidades de gestão, fossem definidas caso a caso, dando a possibilidade de conformá-las de acordo com a escala e as características da problemática local.

Os comitês de bacia têm em sua composição, embora em diferentes partições do número de assentos dependendo da titularidade das águas, membros dos diversos níveis de governo, dos agentes privados e da sociedade civil. Sabe-se que as decisões que saem do consenso formam pactos e tendem a ser mais sustentáveis, mas sabe-se também que são mais demoradas. Buscam-se soluções que contemplem de forma satisfatória os interesses dos diversos agentes envolvidos e isso é parte do processo de negociação.

É preciso se ter claro que esse processo não cumpre, necessariamente, a necessidade de integração para a gestão. A integração se dará quando a decisão tomada e implantada contemplar os múltiplos aspectos da gestão das águas. Isso se dá, portanto, numa etapa posterior à da decisão participativa.

Outro detalhe que merece ser ressaltado é que a Lei Federal nº. 9.433/97 não obriga a aplicação de todos os instrumentos de gestão a todas as bacias hidrográficas nem limita que os instrumentos de gestão utilizados possam ser apenas estes. Por exemplo, é discutível a aplicação do instrumento de cobrança pelo uso da água aos rios da região amazônica, mas talvez bacias muito críticas, como o Alto Tietê, em São Paulo, necessitem de mais instrumentos de incentivo a boas práticas do que aqueles listados na lei. Esse é um dos pontos fortes da lei, pois permite adaptar a gestão às particularidades de cada bacia hidrográfica.

Os instrumentos de gestão possuem objetivos de aplicação distintos e devem ser utilizados para alcançar diferentes fins. Por exemplo, há instrumentos de disciplinamento (outorga), há instrumentos de incentivo (cobrança) e há instrumentos de apoio (sistemas de informação). Esses, com suas respectivas facilidades/dificuldades e vantagens/desvantagens, não são excludentes entre si. Embora não seja trivial sua implantação conjunta e de modo articulado, a maior eficácia certamente virá da aplicação conjunta dos diversos instrumentos, utilizando-os de acordo com sua potencialidade para melhor resolver o problema em questão (PORTO e LOBATO, 2004).

No mais, as dificuldades podem e devem ser enfrentadas. O país avançou muito na aplicação dos instrumentos de gestão de bacias hidrográficas. Hoje já há maturidade para se perceber, por exemplo, que os mecanismos de comando e controle são atrativos e apresentam boa eficácia durante os períodos iniciais do processo de gestão da bacia. Entretanto, à medida que os problemas a serem atacados tornam-se mais complexos, os instrumentos baseados somente nos conceitos de comando e controle tendem a se esgotar, e a gestão precisa apoiar-se em instrumentos de aplicação mais difícil, como são os mecanismos econômicos, em outros mais caros, como os sistemas de informação.

Diante do exposto, conclui-se que o planejamento e gerenciamento das bacias hidrográficas devem ser pautadas nas características físicas, bióticas, abióticas, sociais, econômicas e culturais dos indivíduos que interagem neste espaço geográfico. Para tal,

deve-se proceder a análise dos principais componentes da paisagem, integrando aspectos naturais e antrópicos, visando à utilização racional dos recursos, desenvolvendo estudos e propostas de medidas preventivas e corretivas objetivando propor critérios ao desenvolvimento de determinadas atividades degradantes aos recursos hídricos na bacia. Acrescenta-se, ainda ações de intervenção ambiental em algumas áreas e a restrição a ocupação do solo em outras, visando à conservação da qualidade das águas dos corpos hídricos locais e a manutenção da disponibilidade hídrica que atenda as demandas atuais e futuras.

2.3 Áreas Protegidas

As áreas protegidas são espaços territorialmente demarcados cuja principal função é a conservação e/ou a preservação de recursos, naturais e/ou culturais, a elas associados (MEDEIROS, 2003). Segundo a União Mundial para a Conservação da Natureza (UICN), elas podem ser definidas como “uma área terrestre e/ou marinha especialmente dedicada à proteção e manutenção da diversidade biológica e dos recursos naturais e culturais associados, manejados através de instrumentos legais ou outros instrumentos efetivos” (UICN, 1994).

Segundo Gastal (2002), as áreas protegidas são o principal mecanismo hoje utilizado para a conservação da biodiversidade. A Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB conceitua área protegida como uma área definida geograficamente, que é destinada, ou regulamentada e administrada para alcançar objetivos específicos de conservação.

O objetivo principal das áreas protegidas é proteger as espécies raras, ameaçadas e endêmicas, além dos habitats e ecossistemas representativos. Ao manter os habitats naturais e a funcionalidade dos ecossistemas, as espécies podem manter seus processos evolutivos e, portanto, se conservam melhor (LÉVÊQUE, 1999).

As primeiras áreas naturais protegidas foram criadas por povos antigos que protegiam determinados locais por terem consciência do seu valor associado a fontes de alimentação, água pura, plantas medicinais, matérias primas, ocorrências históricas, a mitos e a ritos sagrados (MILLER, 1997). Embora fossem protegidas, era permitido o acesso controlado a essas áreas (McNEELY *et al.*, 1990).

No Brasil, os primeiros dispositivos voltados à proteção de áreas ou recursos em terras têm seu registro ainda no período colonial. Mas foi somente em 1876, por sugestão do engenheiro André Rebouças – já inspirado na criação do Parque de Yellowstone nos Estados Unidos em 1872 – que houve a primeira iniciativa para a criação de um Parque Nacional no Brasil. A idéia original era a de criar dois Parques Nacionais: um em Sete Quedas e outro na Ilha do Bananal. Esta proposta, que acabou não se concretizando, abriu espaço para uma ampla discussão e mobilização nos anos seguintes, que contribuiu significativamente para a criação dos primeiros parques nacionais brasileiros (MEDEIROS *et al.*, 2004).

Posteriormente, foram criados vários dispositivos legais que versam sobre a gestão e criação de espaços protegidos no Brasil. O Código Florestal de 1934 (Brasil, 1934) foi o primeiro e um dos mais importantes instrumentos de proteção da natureza, pois estabeleceu “*os critérios para a proteção dos principais ecossistemas florestais e demais formas de vegetação naturais do país, além de introduzir a idéia de categorias de manejo em função dos objetivos e finalidades da área criada*”. O texto contemplava duas visões distintas: uma, na qual os recursos renováveis poderiam ser explorados sob a concessão e controle do Estado, chamada de Florestas Nacionais, e outra, que privilegiava a noção de uma natureza intocada, que deveria ser mantida sob proteção do Estado, denominada Parques Nacionais (MEDEIROS *et al.*, 2004).

Para consolidar a idéia de proteção, foi incorporado na Constituição de 1934, um texto que definia como responsabilidade da União “*proteger belezas naturais e monumentos de valor histórico e artístico*”. A partir desses fatos, foi definido um quadro favorável para a criação dos primeiros Parques e Florestas Nacionais do Brasil, ocorrendo à criação do Parque Nacional de Itatiaia em 1937.

No ano de 1965, entrou em vigor o “*Código Florestal*” (Lei Federal Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965), extremamente progressista, que é válido até hoje. A segunda versão do Código enfatiza que a proteção da natureza é tarefa executada solidariamente entre o estado e a sociedade, cabendo assim ao conjunto da sociedade, a responsabilidade de proteger as áreas de vegetação nativa de domínio privado. Nesta Lei foram instituídos os espaços protegidos chamados de Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL).

Verifica-se que desde a criação do Código Florestal de 1934 (BRASIL, 1934) até o início dos anos noventa, surgiram diversos documentos voltados para a criação de tipologias distintas de espaços protegidos e, como consequência disso, instituiu-se no país um sistema complexo e desarticulado de criação de áreas protegidas, conforme relata Medeiros (2004), cujo resultado foi uma precária gestão, com grande desperdício de recursos e oportunidades.

Neste sentido, surgiu a necessidade de uma reflexão sobre a elaboração de um sistema mais integrado para a criação e gerenciamento das áreas protegidas. Esse sistema só se efetivou após muitos anos de estudos, com a aprovação da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC - Lei Federal nº 9985 de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000). A Lei do SNUC deixa claro que toda unidade de conservação é uma área protegida, mas nem toda área protegida é uma unidade de conservação.

Mais recentemente foi instituído o Plano Nacional de Áreas Protegidas - PNAP pelo Decreto Presidencial nº 5.758 de 13 de abril de 2006 (BRASIL, 2006) que se propõe a ser um instrumento fundamental para pactuação das metas que permitirão a redução da perda da biodiversidade por meio da consolidação de um sistema ampliado de áreas protegidas. O PNAP define áreas protegidas como *“as áreas definidas geograficamente, cuja regulamentação e administração promovam a proteção, conservação, recuperação e o uso sustentável da biodiversidade, bem como a repartição justa e equitativa dos benefícios, contemplando de forma prioritária as Unidades de Conservação, as Terras Indígenas e os Territórios Quilombolas”*. As demais áreas protegidas são tratadas no âmbito do PNAP segundo a abordagem ecossistêmica, no planejamento da paisagem. (MMA, 2006).

No quadro 02, apresenta-se uma síntese dos principais instrumentos instituídos no Brasil voltados para a criação de áreas protegidas. Eles estão agrupados por período e com a indicação de suas principais características. A periodização adotada utilizou como critério a criação de instrumentos legais que modificaram ou contribuíram significativamente para alterar a estrutura e a lógica de criação de áreas protegidas vigentes até então. Dessa forma, o ano que marca o início de um novo período é o mesmo em que este instrumento foi criado. Assim, a instituição do Código Florestal, em 1934, estabelece o marco inicial deste período, tal como o Novo Código Florestal de

1965 e o SNUC em 2000, estabelecem, respectivamente, o início dos períodos subsequentes.

O quadro 02 demonstra que no Brasil existem seis tipologias de áreas protegidas, quais sejam: Área de Preservação Permanente; Reserva Legal; Terra Indígena; Unidades de Conservação; Terras Quilombolas; e Áreas de Reconhecimento Internacional. Neste sentido, será tratado no próximo tópico as principais abordagens e características referentes a cada tipologia.

Quadro 02 - Síntese dos principais instrumentos instituídos no Brasil referente à criação de áreas protegidas.

Período	Instrumento	Instrumento Incorporado	Tipologias	Categorias
De 1934 até 1964	Código Florestal (Dec. 23.793/1934)	-	Floresta Protetora; Floresta Remanescente; Floresta de Rendimento; Floresta Modelo	Parque Nacional; Floresta Nacional; Reserva de Proteção Biológica ou Estética.
	Código de Caça e Pesca (Dec. 23.793/1934)	-	Parques de Criação e Refúgio de Animais	Parque de Reserva, Refúgio e Criação de Animais Silvestres
De 1965 até 1999	Novo Código Florestal (Lei 4.771/1965)	Código Florestal (Dec. 23.793/34)	Parque Nacional; Floresta Nacional; Área de Preservação Permanente; Reserva Legal	-
	Lei de Proteção aos Animais (Lei 5.197/67)	Lei de Proteção aos Animais (Dec. 24.645/1934)	Reserva Biológica; Parque de Caça Federal	-
	Programa MaB, 1970 (Dec. 74.685/74 e Dec. Pres. 21/09/99)	-	Áreas de Reconhecimento Internacional	Reserva da Biosfera
	Convenção sobre Zonas Úmidas, 1971 (promulgada pelo Dec. 1.905/96)	-	Áreas de Reconhecimento Internacional	Sítios Ramsar
	Conv. Patrimônio Mundial, 1972 (promulgada pelo Dec. 80.978/1977)	-	Áreas de Reconhecimento Internacional	Sítios do Patrimônio Mundial Natural
	Estatuto do Índio (Lei nº 6.001 de 19/12/1973)	-	Terras Indígenas	Reserva Indígena, Parque Indígena, Colônia Agrícola Indígena e Território Federal Indígena
	Lei de Criação das Estações Ecológicas (Lei 6.902/1981)	-	Estação Ecológica	-
	Lei de Criação das	-	Área de Proteção	-

Continuação Quadro 02.

Período	Instrumento	Instrumento Incorporado	Tipologias	Categorias
De 1965 até 1999	Áreas de Proteção Ambiental (Lei 6.902/1981)		Ambiental	
	Decreto de Criação das Reservas Ecológicas (Dec. 89.336/1984)	-	Reserva Ecológica	-
	Lei de Criação das ARIEs (Dec. 89.336/1984)		Área de Relevante Interesse Ecológico	-
	Lei de Criação das RPPNs (Lei 1.922/1996)	-	Reserva Particular do Patrimônio Natural	-
A partir de 2000	Novo Código Florestal (Lei 4.771/1965)	Código Florestal (Dec. 23.793/1934)	Área de Preservação permanente	1) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água; 2) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água; 3) nas nascentes e "olhos d'água" num raio de 50m de largura; 4) no topo de morros, montes, montanhas e serras; 5) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45º, equivalente a 100% na linha de maior declive; 6) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; 7) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas, a partir da linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100m em projeções horizontais; 8) em altitude superior a 1800m, qualquer que seja a vegetação.
			Reserva Legal	1) 80% da Propriedade (PR) na Amazônia Legal; 2) 35% na PR em área de cerrado localizada na Amazônia Legal; 3) 20% na PR em área de floresta ou vegetação nativa nas demais regiões; 4) 20% na PR em área de campos gerais em qualquer região.
	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei 9.985/2000)	Lei de Proteção aos Animais (Lei 5.197/67); Lei de Criação das Estações Ecológicas e APAs (Lei 6.902/81); Decreto de Criação das RESECs e ARIEs (Dec. 89.336/84); Lei de Criação das RPPNs (Lei 1.922/96); parte do Novo	Unidades de Proteção Integral (PI) e Unidades de Uso Sustentável (US)	PI: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre. US: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Continuação Quadro 02.

Período	Instrumento	Instrumento Incorporado	Tipologias	Categorias
		Código Florestal (Lei 4.771/65)		
	Programa MaB, 1970 (Dec. 74.685/74 e Dec. Pres. 21/09/99)		Áreas de Reconhecimento Internacional	Reserva da Biosfera
	Convenção sobre Zonas Úmidas, 1971 (promulgada pelo Dec. 1.905/96)		Áreas de Reconhecimento Internacional	Sítios Ramsar
A partir de 2000	Conv. Patrimônio Mundial, 1972 (promulgada pelo Dec. 80.978/1977)		Áreas de Reconhecimento Internacional	Sítios do Patrimônio Mundial Natural
	Estatuto do Índio (Lei nº 6.001 de 19/12/ 1973)		Terras Indígenas	Reserva Indígena, Parque Indígena, Colônia Agrícola Indígena e Território Federal Indígena

OBS: Para cada período mantiveram-se indicados todos os instrumentos criados em períodos anteriores mas que ainda encontram-se vigentes. Os novos instrumentos que substituíram ou incorporaram objetivos e/ou funções de seus antecessores também estão indicados no Quadro.

Fonte: Medeiros (2005).

2.3.1 Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais

De acordo com o Código Florestal entende-se por Área de Preservação Permanente - APP a:

“área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. (BRASIL, 1965)

As Áreas de Preservação Permanente – APP são áreas nas quais, por imposição da lei, a vegetação deve ser mantida intacta, tendo em vista garantir a preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica e da biodiversidade, bem como o bem-estar das populações humanas. Como exemplos de APP temos os manguezais, a margem dos rios e os topos de morros. O regime de proteção das APP é bastante rígido: a regra é a intocabilidade, admitida excepcionalmente a supressão da vegetação apenas nos casos de utilidade pública ou interesse social legalmente previstos.

De acordo com o Código Florestal e suas regulamentações são considerados como APP's as seguintes áreas:

- ✓ Margens de rios ou de qualquer curso d'água. A largura mínima de APP deve ser calculada a partir do ponto mais alto da margem e varia de acordo com largura do rio ou curso d'água, respeitando os limites mínimos de largura expostos no Quadro 03, abaixo:

Quadro 03 – Limites mínimos de APP's de acordo com a largura dos corpos d'água.

Largura do rio ou curso d'água (m)	Largura mínima da APP
Inferior a 10	30
De 10 a 50	50
De 50 a 100	100
De 100 a 600	200
Superior a 600	500

Fonte: Resolução CONAMA 302/02

- ✓ Ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- ✓ No topo de morros, montes, montanhas e serras;
- ✓ Nas encostas ou nas partes destas com declividade superior a 45°;
- ✓ Nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- ✓ Nas bordas dos tabuleiros ou chapadas; a partir da linha de ruptura do relevo, deve se destinar no mínimo 100 m horizontais à APP;

- ✓ Em altitude superior a 1.800 m, independente da vegetação;
- ✓ Nas áreas metropolitanas definidas em lei;
- ✓ Nas nascentes, ainda que intermitentes, e nos chamados “olhos d’água”, independente da situação topográfica; nesses casos a APP deve ter no mínimo de 50 m de largura.

As Reservas Legais assim como as APP’s foram instituídas pelo novo Código Florestal. A Reserva Legal é definida no inciso III, parágrafo 2º, do art 1º, do novo Código Florestal como:

“área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, excetuada a de preservação permanente, necessária ao uso sustentável dos recursos naturais, à conservação e reabilitação dos processos ecológicos, à conservação da biodiversidade e ao abrigo e proteção de fauna e flora nativas”

De acordo com o conceito não é permitido o corte raso da cobertura vegetal. Esse espaço deve ter o seu perímetro e sua localização definidos, sendo obrigatório por lei, a sua averbação a margem do registro no cartório de imóveis, onde a propriedade está registrada.

O novo Código Florestal, ao estabelecer o instituto da Reserva Legal, definiu percentuais que variam de 20% a 80%, a depender da região, conforme art. 16, da Lei Federal 4.771/1965:

I - oitenta por cento, na propriedade rural situada em área de floresta localizada na Amazônia Legal;

II - trinta e cinco por cento, na propriedade rural situada em área de cerrado localizada na Amazônia Legal, sendo no mínimo vinte por cento na propriedade e quinze por cento na forma de compensação em outra área, desde que esteja localizada na mesma microbacia, e seja averbada nos termos do § 7º deste artigo;

III - vinte por cento, na propriedade rural situada em área de floresta ou outras formas de vegetação nativa localizada nas demais regiões do País; e

IV - vinte por cento, na propriedade rural em área de campos gerais localizada em qualquer região do País.”

A localização da Reserva Legal deve ser aprovada pelo órgão ambiental competente (estadual, municipal ou, na falta destes, federal – o IBAMA), deve levar em conta as seguintes variáveis: o plano da bacia hidrográfica; o plano diretor municipal; o zoneamento ecológico-econômico ou outras categorias de zoneamento ambiental; a proximidade com outra RL, com APP, ou com UC's ou outra área legalmente protegida.

O Código Florestal confere o caráter de perpetuidade e inalterabilidade das RL's, inclusive nos casos de transmissão, desmembramento e retificação da área. É exigida a averbação da RL em cartório, para que seja efetivamente reconhecida.

Há uma dificuldade generalizada dos órgãos gestores ambientais para manter uma fiscalização efetiva e exigir que as detalhadas obrigações legais sejam obedecidas, tanto no que diz respeito a RL's quanto a APP's. Contribui para o descumprimento das RL's e das APP's a mentalidade imediatista e devastadora disseminada entre muitos produtores rurais.

Por outro lado, o Estado não oferece grandes estímulos (faltam reforços positivos) para aqueles que cumprem ou desejem cumprir a lei. Não se pode esquecer que o próprio Estado - por meio de outras políticas (agrária, energética, transportes etc.) hegemônicas em relação às políticas ambientais - tem privilegiado ações e percepções de caráter muito mais produtivista do que conservacionista.

De toda forma, a aplicação plena dos conceitos de APP e RL tem um potencial de contribuir muito para (1) multiplicar as áreas destinadas à preservação de paisagens e ecossistemas nativos e à conservação dos seus recursos e (2) dar apoio às UC's, em todas as regiões e em todos os biomas do país. Fossem as APP's e RL's amplamente respeitadas e houvesse uma gestão integrada das áreas por elas preservadas, o sistema de UC's teria um caráter mais complementar do que essencial, as suas falhas não teriam efeitos tão graves e os seus muitos problemas seriam menos urgentes e menos críticos.

2.3.2 Terras Indígenas

A Constituição de 1988 consagrou o princípio de que os povos indígenas são os primeiros e naturais senhores das terras brasileiras. Esta é a fonte primária de seu direito, que é anterior a qualquer outro.

Tanto é assim que o texto constitucional trata especificamente do tema, ao conceituar, no parágrafo 1º do artigo 231, as terras tradicionalmente ocupadas pelos povos indígenas:

“são aquelas terras "por eles habitadas em caráter permanente, a utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e as necessárias à sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições.”

Essas terras, segundo o inciso XI do artigo 20 do mesmo texto constitucional, "são bens da União". Pelo § 4º do artigo 231, elas são "inalienáveis e indisponíveis e os direitos sobre elas são imprescritíveis". Além disso, as terras indígenas não podem ser objeto de qualquer forma de uso por outros que não os próprios povos indígenas. As terras indígenas têm, pois, forte apoio legal e institucional e estão marcadas pela intenção de perpetuidade.

As primeiras terras indígenas começaram a ser demarcadas no país apenas em 1905, quando seis delas foram demarcadas em terras que hoje se localizam no estado do Acre. Por muitas décadas, o ritmo de demarcação foi lento. Nos 50 anos transcorridos entre 1920 e 1970, foram demarcadas apenas sete outras terras indígenas - duas no estado da Paraná, duas no estado do Mato Grosso, e uma em cada um dos estados da Bahia, Alagoas e Mato Grosso do Sul. Porém Foi só a partir da década de 1980 que as demarcações das terras indígenas se aceleraram e se tornaram mais sistemáticas, com a demarcação de 59 delas.

Hoje no Brasil, existem 488 terras indígenas cujos processos de demarcação estão minimamente na fase “delimitadas” representando cerca de 105.673.003 hectares, perfazendo 12,41% do total do território brasileiro. Outras 123 terras ainda estão por serem identificadas, não sendo suas possíveis superfícies somadas ao total indicado. Registra-se, ainda, que há várias referências a terras presumivelmente ocupadas por índios e que estão por serem pesquisadas, no sentido de se definir se são ou não indígenas. O quadro 04 a seguir aponta com detalhes a situação das 611 terras indígenas do País quanto ao seu procedimento administrativo de regularização.

Quadro 04 - Número e Área de Terras Indígenas no Brasil, por situação de Regularização – situação em 2005

	Regularizadas	Em estudo	Declaradas	Delimitadas	Homologadas	Total
Quant	398	123	30	33	27	611
Área	92.219.200	-	8.101.306	1.751.576	3.599.921	105.672

Fonte: Funai/MMA. Acessado em janeiro de 2010.

Essas terras indígenas estão espalhadas por todo o território nacional, em 24 estados da federação. O estado do Maranhão tem uma população de 18.371 indígenas e possui 17 terras indígenas, com área total de 1.905.747 ha, o que corresponde a 5,7% do território estadual. O quadro 05, abaixo, contém os dados referentes às terras indígenas no Maranhão, por grupo.

Quadro 05 – Grupos indígenas que ocorrem no Maranhão com suas respectivas números de terras e área ocupada.

Grupo Indígena	Número de Terras	Área (ha)
Kanela	3	206.164
Guajá	1	116.583
Guajá, Guajajara	1	413.288
Guajajara	10	580.470
Timbira	1	18.506
Urubu Kaapor	1	530.525
Total	17	1.905.747

Fonte: Funai/MMA. Acessado em janeiro de 2010.

Conclui-se que a regularização destes espaços protegidos, por meio da demarcação, é de fundamental importância para a sobrevivência física e cultural dos vários povos indígenas que vivem no Brasil, por isso, esta tem sido a sua principal reivindicação. Sabe-se que assegurar o direito à terra para os índios significa não só assegurar sua subsistência, mas também garantir o espaço cultural necessário à atualização de suas tradições.

Outro aspecto a ser mencionado, e que está em evidência nos dias atuais, é o fato de que a defesa dos territórios indígenas garante a preservação de um gigantesco patrimônio biológico e do conhecimento milenar detido pelas populações indígenas a respeito deste patrimônio.

A proteção das terras indígenas é, portanto, uma medida estratégica para o País, seja porque se assegura um direito dos índios, seja porque se garantem os meios de sua sobrevivência física e cultural, e ainda porque se garante a proteção da biodiversidade brasileira e do conhecimento que permite o seu uso racional.

2.3.3 Unidades de Conservação

A Lei Federal 9.985/2000 dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC e estabelece preceitos técnicos e eletivos para a criação e instituição de um espaço especialmente protegido. Estes preceitos vão desde o interesse da comunidade em preservar determinado local, de extrema beleza, até necessidades ambientais de preservação de um uma espécie da fauna em extinção, bem como a guarda e proteção de nascentes, etc.

As UC's segundo o art. 2º, I, da Lei Federal nº 9.985/2000, são:

“os espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas a proteção.”

Estas são divididas em dois grandes grupos, somando doze categorias distintas. No primeiro grupo, Unidades de Proteção Integral aplica-se o conceito de preservação, sendo permitido apenas utilização indireta, a exemplo de atividades de educação ambiental e pesquisa científica, desde que autorizadas. A Lei Federal 9.985/2000 (inciso VI, art.2º) define que proteção integral é a *“manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais”*. O uso indireto, conforme inciso IX, da mesma Lei é *“aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais”*.

Compõem o grupo Unidades de Conservação de Proteção Integral: Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Nacional; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre.

O segundo grupo são as Unidades de Uso Sustentável, considerando-se o conceito de conservação, onde é permitido o uso sustentável dos atributos naturais, conjugando o consumo com a sustentabilidade dos recursos naturais ali existentes. Da mesma forma, o inciso XI, define como uso sustentável a *“exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável”*.

Compõem o grupo Unidades de Uso Sustentável: Área de Proteção Ambiental; Área de Relevante Interesse Ecológico; Floresta Nacional; Reserva Extrativista; Reserva de Fauna; Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

As particularidades de cada categoria citada são implementadas de acordo ao Plano de Manejo. Este é um documento técnico mediante o qual, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas fiscais necessárias à gestão da unidade. Dentro deste zoneamento é especificado a “zona de amortecimento”, ou seus similares “zona tampão” e “zona de transição”, que se refere ao entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas às normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos negativos sobre a unidade.

O cenário brasileiro de unidades de conservação é apresentado na tabela 01, abaixo, o Brasil possui 914 Unidades de Conservação considerando as áreas Federais e Estadual e excluindo as RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) este número representa cerca de 111.612.388 hectares.

Tabela 01 - Número e área total das diferentes categorias de unidades de conservação estaduais e federais no Brasil (fevereiro de 2005).

Categoria	Unidades de Conservação Federais		Unidades de Conservação Estaduais	
	N	Área (hectare)	N	Área (hectare)
Proteção Integral				
Parque Nacional/Estadual	54	17.493.010	180	7.697.662
Reserva Biológica	26	3.453.528	46	217.453
Estação Ecológica	30	7.170.601	136	724.127
Refúgio de Vida Silvestre	1	128.521	3	102.543
Monumento Natural	0	0	2	32.192
Subtotal	111	28.245.729	367	8.773.977
Uso Sustentável				
Floresta Nacional/Estadual	58	14.471.924	58	2.515.950
Reserva de Desenvolvimento Sustentável	0	0	9	2.515.950
Reserva extrativista	36	8.012.977	28	2.880.921
Área de Proteção Ambiental	29	7.666.689	181	30.711.192
Área de Relevante Interesse Ecológico	18	43.394	19	12.612
Subtotal	141	30.194.984	295	44.397.707
Total	252	58.440.704	662	53.171.684

No tocante as UC's que têm seus limites totalmente ou parcialmente inseridas no território do município de São Luís, a tabela 02 apresenta um diagnóstico com as principais características de cada área.

Tabela 02 – Unidades de Conservação Inseridas no território do município de São Luís.

Categoria/Unidade	Esfera	Diploma Legal	Área (ha)	Plano de Manejo
Proteção Integral				
¹ EE do Rangedor	Estadual	Decreto Nº 21.797/2005 Decreto Nº 23.303/2007	134,15	Sim
² PE Bacanga	Estadual	Decreto Nº 7545/1980 Lei Nº 4232 de 22/07/2003	3349,03	Sim
Uso Sustentável				
³ RPPN do Rio Jaguaré	Federal	Portaria Nº 56/2001	30,01	Não
³ RPPN Jaguaré	Federal	Portaria Nº 100/1998	2,63	Não
³ RPPN Fazenda Boa Esperança	Federal	Criada em 1997	75	Não
⁴ APA Maracanã	Estadual	Decreto Nº 12.103/1991	2845,7	Não
⁴ APA Itapiraco	Estadual	Decreto Nº 15.618/1997	365,11	Não
⁴ APA Upaon-açú/Miritiba	Estadual	Decreto Nº 12.428/1992	1.535,310	Não
⁵ ARIE das Nascentes	Municipal	Lei Nº 4.770 de 22/03/2007	43,21	Não
Outras Áreas				
⁶ ZRF Sacavém	Municipal	Lei 3.253, de 29/12/1992	213,32	-
⁶ ZRF Santa Eulália	Municipal	Lei 3.253, de 29/12/1992	3349,03	-

1 – Estação Ecológica; 2 – Parque Estadual; 3 – Reserva Particular do Patrimônio Natural; 4 – Área de Proteção Ambiental; 5 – Área de Relevante Interesse Ecológico; e 6 – Zona de Reserva Florestal.

Nesta pesquisa, um dos indicadores refere-se à situação das Unidades de Conservação dentro dos limites das sub-bacias estudadas, neste sentido serão levantados alguns aspectos legais e práticos relativo a algumas UC's apresentadas acima, especificadamente àquelas que possuem território na área de estudo, sendo elas: Parque Estadual do Baganga, APA do Maracanã, APA de Upaon-Açú/Miritiba/Alto Preguiça e a Zona de Reserva Florestal do Sacavém, que apesar de não ser considerada como unidade de conservação, será tratada com uma unidade de proteção integral devido suas restrições de usos que são estabelecidas na Lei Municipal 3.253/92.

2.3.4 Territórios Quilombolas

O processo de reconhecimento de Territórios de Quilombos no Brasil teve início em momento relativamente recente. A população dos territórios certificados e a certificar tem crescido e tende a continuar a crescer. O seu número total ainda não é conhecido. Essa população habita terras que, em grande parte, podem desempenhar um papel importante com relação às políticas de conservação da biodiversidade e de uso sustentável dos recursos naturais, garantindo o bem-estar da população quilombola e as necessidades de sua reprodução física e cultural.

A distribuição atual das comunidades que têm sido contempladas com o reconhecimento de suas terras como Territórios de Quilombos é resultado de processos históricos de fugas de áreas onde existia a escravidão e de expulsão violenta de áreas

circunvizinhas. Isso implica em direitos afinal reconhecidos oficialmente pela Constituição de 1988. Foi a partir do texto constitucional em vigor que o conceito de quilombo adquiriu uma significação atualizada, ao ser inscrito no artigo 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias (ADCT). O objetivo deste artigo foi conferir direitos territoriais aos descendentes de quilombolas, em caso de estarem ocupando as suas terras, sendo-lhes garantida a titulação definitiva pelo Estado brasileiro.

A luta pelo reconhecimento dos direitos dos descendentes de quilombolas avançou com a Convenção 169, sobre Povos Indígenas e Tribais em Países Independentes, aprovada pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), em 27 de junho de 1989. No Brasil, a Convenção 169 só foi promulgada em 2003, por meio do Decreto Nº. 5.051, publicado no Diário Oficial da União de 20 de abril de 2004. Até então, o reconhecimento étnico exigia a realização de um estudo de etnicidade, feito por um antropólogo filiado à Associação Brasileira de Antropologia (ABA). Assim, as comunidades quilombolas do Brasil estão agora amparadas também pela Convenção 169.

Com base no Decreto Federal nº. 4.887, de 20/11/03, e na Instrução Normativa nº. 16, de 24/03/04, que regulamentam os procedimentos de identificação dos Territórios de Quilombos, o processo administrativo de regularização fundiária das comunidades quilombolas segue o seguinte procedimento geral:

- ✓ Conceituação: consideram-se remanescentes das comunidades dos quilombos os grupos étnico-raciais com trajetória histórica própria, dotados de relações territoriais específicas, com presunção de ancestralidade negra relacionada com a resistência à escravidão;
- ✓ Competência de atuação: compete ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) identificar, reconhecer, delimitar, demarcar e titular as terras ocupadas pelos descendentes de comunidades dos quilombos;
- ✓ Processo administrativo: inicia-se por intermédio de requerimentos ou ofícios remetidos ao INCRA pelas associações quilombolas, contendo informações acerca da área pleiteada;
- ✓ Reconhecimento das comunidades quilombolas mediante a sua auto-definição: iniciam-se com base em dados sobre a sua ancestralidade negra, a sua trajetória histórica, os seus cultos e costumes;

- ✓ Identificação das terras ocupadas: diagnóstico por meio de um Relatório Técnico de Identificação, elaborado pelo órgão competente;
- ✓ Publicação no Diário Oficial da União e no Diário Oficial da unidade federativa: oficializa através do extrato do edital de reconhecimento dos descendentes de comunidades de quilombos e da notificação de realização da vistoria;
- ✓ Última etapa: Titulação da terra ocupada pela comunidade quilombola.

Há hoje, no Brasil, 1.953 comunidades quilombolas reconhecidas e inventariadas, distribuídas por 24 estados das cinco regiões do país. A maior concentração delas ocorre nos estados do Maranhão, Pará, Bahia e Minas Gerais.

Apesar de presentes na grande maioria dos estados brasileiros, fica patente que as comunidades quilombolas são desigualmente distribuídas pelo território nacional. O Nordeste é a região com a maior parcela de comunidades quilombolas, com 1.159, ou seja, 59% do total. Em segundo lugar, vem a Região Norte, com 357 (18%). A Região Sudeste tem 303 comunidades quilombolas (16%), ocupando o terceiro lugar. Com 100 comunidades quilombolas (5%), a Região Centro Oeste está em quarto lugar, vindo por último o Sul, com 32 comunidades quilombolas (2%). Esta dispersão, de um lado, retrata, a multiplicidade geográfica dos processos de fuga da escravidão e de resistência cultural. De outro, ela retrata a localização desses territórios em múltiplos biomas e ecorregiões, o que é um fator favorável ao seu possível papel de agente de preservação e uso racional dos recursos da biodiversidade brasileira. No Maranhão existem 531 Territórios Indentificados, sendo que destes 169 são certificados, equivalente a 31,8% do total.

O documento Relação das Certidões de Auto-Reconhecimento das Comunidades Quilombolas emitidas pela Fundação Cultural Palmares - disponibilizado pela Diretoria de Proteção do Patrimônio Afro-brasileiro (DPA/Fundação Cultural Palmares/Ministério da Cultura), datado de 28 de junho de 2005, mostra que, deste total de 1.953 comunidades, apenas 394 (20,17%) estão tituladas e/ou certificadas, enquanto outras 42 aguardam a publicação de seus registros no DOU.

Feitas estas considerações, não há problema em se reconhecer que, da mesma forma que as Terras Indígenas, as Terras de Quilombos podem desempenhar um papel importante para a conservação da biodiversidade e para o uso sustentável dos recursos naturais. Também neste caso, isto só ocorrerá se houver a disposição de se investir em

estratégias que estejam fundamentadas no diálogo, na persuasão, na sensibilização e em possíveis compensações às comunidades quilombolas, bem como em monitoramento e fiscalização.

2.3.5 *Áreas Internacionais*

Além das diversas categorias de UC's, nos vários níveis administrativos, das Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente, das Terras Indígenas e Terras de Quilombo, que são modalidades de áreas protegidas, existem no Brasil (e em outros países) áreas criadas a partir de outras estratégias e diretrizes oriundas de convenções e programas de organismos internacionais.

Estas áreas se destinam a prover mecanismos de proteção ambiental que sejam complementares aos oferecidos por intermédio das demais modalidades. O Brasil já conta com considerável número de áreas desse tipo, comprovando a sua capacidade de se engajar nas iniciativas internacionais no campo da conservação da biodiversidade. As principais áreas internacionais protegidas são as Reservas da Biosfera, os Sítios do Patrimônio Natural e os Sítios Ramsar. A seguir serão apresentados as principais características de cada uma destas tipologias.

- **Reserva da Biosfera**

As Reservas da Biosfera são áreas constituídas por ecossistemas terrestres e costeiros, reconhecidas internacionalmente pelo Programa "*O Homem e a Biosfera*" (*Man and the Biosphere* - MAB), da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Esse programa conta com a parceria do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), da União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) e de agências internacionais de desenvolvimento.

Essas reservas são propostas pelos governos nacionais e devem cumprir uma série de critérios e condições para serem criadas e homologadas. Em conjunto, elas formam uma Rede Mundial.

O conceito de "*reserva da biosfera*" foi usado pela primeira vez em 1971 para designar áreas que deviam ser providas com recursos logísticos para a instalação de bases de pesquisa, intercâmbio de informações e monitoramento da biodiversidade.

Posteriormente, foi agregada ao conceito uma dimensão sócio-econômica, a partir da constatação de que a sensibilização e melhoria das condições de vida das populações do entorno das reservas era fundamental para o seu sucesso.

Atualmente, a Rede Mundial de Reservas da Biosfera abrange unidades espalhadas por 97 países. Ela se propõe a cumprir três funções básicas:

- ✓ Função de conservação – assegurar a conservação de paisagens, ecossistemas, espécies e a variabilidade genética;
- ✓ Função de desenvolvimento – promover, em nível local, um desenvolvimento econômico que seja cultural, social e ecologicamente sustentável;
- ✓ Função logística – dar apoio à investigação, ao monitoramento, à educação e ao intercâmbio de informações relacionadas com a conservação e com o desenvolvimento nos âmbitos local, nacional e global.

No Brasil, A Rede Brasileira de Reservas da Biosfera foi criada em 1995 e é coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). A Rede possui 6 Reservas da Biofera: Mata Atlântica incluindo o Cinturão Verde, Pantanal, Amazônia, Cerrado, Caatinga e Espinhaço.

- **Sítios do Patrimônio Natural**

Quanto aos Sítios do Patrimônio Natural (Sítios Culturais e Sítios Mistos) é importante ressaltar as funções da Convenção sobre a Proteção do Patrimônio Mundial, aprovada pela UNESCO em 1972, que reconhece áreas denominadas sítios naturais, de acordo com o reconhecimento internacional do valor do patrimônio, a partir de uma série de critérios acordados entre os Estados-Partes, considerando aspectos culturais e naturais.

A Convenção busca complementar as medidas de proteção locais, respeitando a legislação local e sem impor medidas coercitivas. Ao solicitar a inscrição na lista dos Sítios do Patrimônio Mundial de uma área do seu território, um país reconhece que se trata de um patrimônio cuja proteção é de interesse da comunidade internacional. Os sítios ameaçados de deterioração, depois de esgotados os esforços de assistência e cooperação, são considerados como sítios em perigo e podem ser excluídos da lista.

O Brasil possui cinco sítios do patrimônio mundial, sendo eles: Sítio Mata Atlântica - Reservas do Sudeste (468.193 ha); Sítio Área de Conservação do Pantanal

(187.817 ha); Sítio Parque Nacional do Iguaçu (185.262 ha); Sítio Costa do Descobrimento -Reservas do Sudeste (111.930 ha); Complexo de Conservação da Amazônia Central (6.088.344,48 ha).

Além destes cinco sítios, o Brasil tem mais dois, que serão incluídos na execução da segunda fase do Programa para Conservação da Biodiversidade nos Sítios do Patrimônio Mundial Natural do Brasil: (1) Áreas Protegidas do Cerrado, com área de 368.000 ha, composto pelos parques nacionais da Chapada dos Veadeiros e das Emas, em Goiás; e (2) Ilhas Atlânticas Brasileiras, com área de 45.719 ha, composto pelo Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha e pela Reserva Biológica do Atol das Rocas, estratégicos para a conservação da biodiversidade marinha na costa brasileira.

- **Sítio Ramsar**

A ideologia dos Sítios Ramsar concebeu-se na Convenção de Zonas Úmidas de Importância Internacional em 1971, em encontro realizado na cidade de Ramsar, Irã. Por isso, é conhecida também como Convenção de Ramsar.

O nome original do tratado – Convenção de Zonas Úmidas de Importância Internacional especialmente como Habitat para Aves Aquáticas – reflete a sua ênfase inicial na conservação e no uso sustentável de zonas úmidas, principalmente para fornecer habitat para aves aquáticas.

Posteriormente, a Convenção passou a abordar o tema de forma mais abrangente, reconhecendo, em 1993, que o interesse pelas zonas úmidas vai além da conservação de áreas específicas tendo em vista o seu valor intrínseco e o valor de sua biodiversidade. Foi incorporado o conceito de que a sustentabilidade desses ambientes é benéfico também para a vida humana. O enfoque inicial nas aves aquáticas mudou para um enfoque mais sócio-ambiental e, por esta razão, generalizou-se hoje o uso do nome “*Convenção sobre Zonas Úmidas*”.

A Convenção de Ramsar assumiu como o seu principal objetivo a conservação e o uso racional de zonas úmidas do planeta, por meio de ação nacional e cooperação internacional. As partes contratantes, ao solicitarem que uma área seja reconhecida como Sítio Ramsar, devem atender a uma série de critérios relacionados com a representatividade da zona úmida (rara ou única) e com a sua importância internacional

para a conservação da diversidade biológica (envolvendo espécies importantes, sobretudo de aves aquáticas e peixes, e comunidades ecológicas).

O Brasil assinou a Convenção de Ramsar em 24 de setembro de 1993. Ela foi promulgada pelo Decreto nº. 1.905, de 16 de maio de 1996, que instituiu o compromisso do Brasil de promover a conservação e o uso racional das zonas úmidas brasileiras.

Atualmente o Brasil possui oito áreas designadas como Sítios Ramsar. Todas elas coincidem com áreas abrangidas por UC's. Esta condição, entretanto, não é imposta pela Convenção, que afirma que qualquer área poderá entrar para a Lista de Sítios Ramsar se atender aos critérios definidos. Algumas razões podem ser aventadas para que, no Brasil, os sítios tenham sido co-localizados com UCs. Em primeiro lugar, como as UCs são áreas em que pelo menos as características ecológicas e sociais mais básicas são conhecidas, torna-se mais fácil reunir os dados e justificar o reconhecimento da área como Sítio Ramsar. Em segundo lugar, existe um gestor responsável pela UC, capaz de estabelecer uma interlocução direta com a autoridade administrativa, para que o processo seja levado a cabo. Por fim, existe maior possibilidade de atendimento dos compromissos assumidos pelo país, no sentido de manter as características ecológicas do Sítio Ramsar, já que as UCs são, por sua natureza, áreas sob cuidados especiais de proteção.

A tabela 03, apresenta as informações básicas sobre as áreas consideradas como Sítios Ramsar no Brasil. É importante ressaltar que o Maranhão possui três Área contempladas, sendo elas: Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses e Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luiz.

Tabela 03 – Sítios Ramsar Brasileiros.

Nome	UF	Ano	Área (ha)
Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá	AM	1993	1.124.000
Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense	MA	2000	1.775.036
Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses	MA	1993	2.680.911
Parque Estadual Marinho do Parcel Manuel Luiz	MA	2000	34.556
Parque Nacional do Araguaia	TO	1993	562.312
Parque Nacional do Pantanal Matogrossense	MT	1993	135.000
Parque Nacional da Lagoa do Peixe	RS	1993	34.400
Reserva Particular do Patrimônio Natural do SESC Pantanal	MT	2003	87.871,44

2.4 Sistema de Informação Geográfica como Ferramenta de Gestão Ambiental

Foi graças à evolução dos recursos computacionais e o surgimento das técnicas de computação gráfica, que foi possível o surgimento de sistemas de informações capazes de manipular dados geográficos e associá-los a mapas em formato digital, possibilitando a realização de análises de caráter espacial a partir do cruzamento de dados alfanuméricos e gráficos, estas técnicas deram origem ao que é reconhecido atualmente como Sistemas de Informação Geográfica – SIG.

De acordo com Christofletti (1999), os SIG's começaram a ser desenvolvidos na década de 1960, paralelamente no Canadá e Estados Unidos, visando aplicações voltadas respectivamente ao planejamento territorial e a operação de sistemas de transporte em larga escala. Em função dessas necessidades, os SIG's foram concebidos de forma a extrair os dados armazenados em um banco de dados, a fim de que fossem analisados e os resultados dessas análises apresentadas na forma de mapas.

Ao se examinar a bibliografia referente aos SIG's, logo se constata uma grande diversidade de conceitos relativos ao tema, esta diversidade em parte se deve a própria natureza multidisciplinar destes sistemas, mas também a abordagem pela qual estes sistemas são estruturados. Neste aspecto, Lisboa Filho *et al.* (1997), afirma:

“[...] existem quatro abordagens distintas para se definir um SIG: a abordagem orientada a processos, a abordagem da aplicação; a abordagem toolbox (caixa de ferramenta), e a abordagem de banco de dados.”

Devido esta gama de abordagens e considerando a dificuldade de eleger um conceito ao SIG, Silva (2003), elencou algumas das definições mais usuais na literatura referente a essa temática. Desse modo, destacamos a seguir alguns dos conceitos mais frequentemente utilizados:

- ✓ Burrough (1986): “Um poderoso elenco de ferramentas para colecionar, armazenar, recuperar, transformar e exibir dados espaciais referenciados ao mundo real;”
- ✓ Cowen (1988): “Um SIG é um sistema de suporte à decisão que envolve a integração de dados referenciados espacialmente em um ambiente de solução de problemas;”

- ✓ Aronoff (1989): “Qualquer conjunto de procedimentos manual ou computacional usado para armazenar e manipular dados geograficamente referenciados;”
- ✓ Worboys (1995): “Um SIG é um sistema de informações, baseado em computador, que possibilita a captura, modelagem, manipulação, recuperação, análise e apresentação de dados referenciados geograficamente.”

A principal característica desse segmento tecnológico de acordo com Silva (2003), refere-se a sua capacidade de integrar e transformar dados espaciais. Esta capacidade de manipulação de dados, repercute sobre a possibilidade da utilização do geoprocessamento em todas aquelas tarefas onde a localização espacial seja importante, razão pela qual Christofolletti (1999) compreende que “os sistemas são de informações a respeito de dados em unidades espacialmente distribuídas focalizando os fenômenos ocorrentes na superfície terrestre e os seus atributos”.

Outra característica importante dessas ferramentas diz respeito a sua multidisciplinaridade - recorrente tanto no desenvolvimento das técnicas quanto na sua aplicação, possibilitando o seu emprego nas mais diversas atividades, e com diferentes objetivos. Nesse aspecto, Silva (2003) afirma que os SIG's possuem “uma convergência de campos tecnológicos e disciplinas tradicionais”, tais como: a Ciência da Computação, Gerenciamento das Informações, Cartografia, Geodésia, Fotogrametria, Topografia, Processamento Digital de Imagens e a Geografia.

Segundo Câmara e Medeiros (2001), um SIG tem por objetivo principal prover os meios computacionais para que analistas de diferentes áreas de atuação possam determinar “as evoluções espacial e temporal de um fenômeno geográfico e as interrelações entre diferentes fenômenos”, por esse motivo graças a sua ampla gama de aplicações, os SIG's têm sido utilizados nas mais diversas atividades, tanto na geração de informações de caráter geográfico (localização, dimensões, distâncias, etc.) mas principalmente no apoio à tomada de decisão.

Embora existam diferentes enfoques e objetivos, invariavelmente um projeto de SIG é composto por planos de informação ou *layers*, havendo uma diversidade tanto na sua quantidade quanto nos tipos de formatos e temas de acordo com as características de cada projeto. Cada plano de informação (PI) corresponde a um determinado tema da área em estudo, ou seja, representa uma determinada categoria do arranjo espacial

existente, a qual estabelece relações específicas com as demais. Esta forma de organização da informação espacial é que permite a sua integração em um banco de dados geográfico e a execução de análises espaciais através da combinação dos diversos PI's.

Os PI's podem variar quanto à sua tipologia, dependendo do tipo de dado ao qual está associado, desta forma um *layer* poderá ser numérico quanto associado a um modelo matemático representativo de uma determinada categoria da área estudada, por exemplo um Modelo Numérico do Terreno. Um *layer* ainda poderá ter outras tipologias conforme mostra o quadro 06 abaixo:

Quadro 06 – Exemplos de utilização de Categorias de Planos de Informação.

Categoria	Exemplo	Unidade Manipulável	Forma de Representação
Temático	Uso do Solo, cultura, lotes, etc...	Área	Vetorial, Varredura
Numérico	Altimetria, geofísica, geoquímica	Elemento do Terreno	Amostras, Grades, Varredura ou Vetorial
Imagem	Imagem de Satélite	Banda	Varredura

Fonte: Haertel, 1995.

Outro fator determinante a ser considerado em um sistema dessa natureza corresponde à estrutura de dados de um SIG, ou seja, a forma como esses dados são representados e armazenados. Segundo Mendes e Cirilo (2001), “os fenômenos do mundo real necessitam ser identificados, agregados, classificados, etc., em conformidade com os interesses dos usuários”, havendo para isso a necessidade de estabelecer modelos para essa representação considerando a tipologia dos fenômenos ou feições geográficas, seus relacionamentos, bem como a forma de mapeamento, captura e análise desses dados.

Neste sentido, a utilização dos SIG's, constitui atualmente uma importante ferramenta para as atividades voltadas à execução de análise e diagnóstico ambiental, sobretudo no que se refere à geração e manipulação de uma base de dados ambientais, pois de acordo com Xavier da Silva (2001), os SIG's, são os instrumentos mais adequados para a análise real dos dados ambientais, pois respeitam e integram em si próprios as características fundamentais dos dados ambientais, as quais são:

- ✓ Os dados ambientais são extremamente numerosos, exigindo o uso do processamento de dados no seu tratamento;
- ✓ São extremamente variados, provenientes de diversas fontes;

- ✓ São sujeitos à classificações e têm graus variados de complexidade e aplicabilidade, o que impõe o trabalho multi e interdisciplinar;
- ✓ Tem por definição uma localização geográfica, podendo ser geocodificados.

Entre as atividades voltadas para o gerenciamento, controle e preservação do meio ambiente onde atualmente o uso das tecnologias de geoprocessamento, são empregadas de forma intensiva, pode-se citar:

- ✓ Definição de limites de bacias hidrográficas em diferentes escalas;
- ✓ Definição de zoneamentos ambientais aplicados no ordenamento territorial;
- ✓ Levantamentos ambientais voltados à elaboração de inventários;
- ✓ Análise de impactos ambientais;
- ✓ Determinação de riscos sócio-ambientais e áreas críticas;
- ✓ Análise de vulnerabilidades das unidades ecodinâmicas;
- ✓ Avaliação da sustentabilidade ambiental.

Em todas essas atividades a contribuição das geotecnologias é relevante, possibilitando não só maior eficiência nos processos de avaliação, mas também uma significativa melhoria na apresentação dos resultados, facilitando a compreensão das análises realizadas, através dos produtos gerados na forma de mapas, gráficos e relatórios.

No caso dos mapas, estes são considerados como uma das principais ferramentas do SIG, estes são classificados em mapas básicos e temáticos. Os mapas básicos são elaborados segundo normas e padrões estabelecidos, tendo como objetivo a representação do espaço territorial por meio de cartas em diversas escalas e para fins diversos, gerais ou específicos. Os mapas temáticos são mapas básicos enriquecidos através de temas e sua elaboração fundamenta-se nas atividades de interpretação, em imagens orbitais, em fotos aéreas, em cartas topográficas e em atividades de campo.

Segundo Silva (2003), os mapas temáticos têm se mostrado como um importante instrumento na análise científica e técnica do espaço geográfico. A elaboração desses mapas temáticos permite estudos quanto à distribuição espacial de recursos naturais, fornecendo informações específicas sobre determinado tema ou fenômeno, mostrando sua localização e respectiva distribuição no espaço geográfico, como, por exemplo, rede de drenagem, rede viária, uso do solo, declividade, dentre outros. Portanto, os mapas

temáticos são mapas elaborados a partir dos mapas básicos e utilizados por profissionais das mais variadas áreas do conhecimento (ORTH e GARCIA NETTO, 2000).

Sendo assim, pelas características inerentes a esses sistemas, especialmente pela capacidade de tratar de forma integrada e manusear grandes quantidades de dado, o SIG é uma ferramenta importante na elaboração de estudos que subsidiem a gestão de bacias hidrográficas. O SIG permite que as informações da área sejam armazenadas digitalmente e apresentadas visual ou graficamente, permitindo a comparação e a correlação entre informações.

De acordo com Cruz (2003) o SIG fundamenta-se na coleta, armazenamento, recuperação, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais, auxiliando as tomadas de decisões e dando suporte às diferentes atividades como, por exemplo, no gerenciamento, análise e planejamento de bacias hidrográficas e aplicação em diversas áreas de conhecimento, podendo ser utilizado desde uma simples divisão territorial até grandes projetos de gerenciamento de banco de dados.

Outro aspecto relevante quanto às aplicações do SIG refere-se à possibilidade deste segmento tecnológico subsidiar a geração de informações que servirão de base para a formulação de indicadores ambientais, quanto para a espacialização desses indicadores e de seus componentes. Neste caso o uso do geoprocessamento como elemento de apoio em sua formulação e aplicação torna-se fundamental, pois permite a organização, manipulação e o processamento de uma grande diversidade de dados, possibilitando a geração de inúmeras informações de natureza espacial, uma vez que “a espacialidade é característica inerente aos sistemas ambientais” (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Dessa forma, entende-se que o SIG deve necessariamente constituir parte essencial de um sistema voltado para formulação de indicadores ambientais, pois além de agilizar a obtenção de informações através de seus módulos de armazenamento, fusão e análise de dados, estes sistemas permitem otimizar a divulgação e a compreensão dos resultados por todos elementos envolvidos no processo nos diferentes níveis de decisão abrangidos, através da comunicação visual dos resultados, oportunizado pelas ferramentas de saída de dados presentes nesses sistemas, as quais possibilitam a geração de gráficos, relatórios e mapas temáticos referentes aos indicadores.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a aplicação do “Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas” nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, São Luís - Maranhão como instrumento de planejamento ambiental e socioeconômico de auxílio à formulação de políticas públicas no sentido de promover a sustentabilidade da região.

3.2 Específicos

- ✓ Caracterizar o uso e ocupação do solo das sub-bacias nos anos de 1976 e 2008;
- ✓ Estimar a perda de solos anual por erosão baseado na Equação Universal de Perda de Solos - USLE;
- ✓ Mapear as Áreas Protegidas, com base na legislação vigente e compará-la com o uso do solo atual;
- ✓ Compor um banco de indicadores para posterior avaliação ambiental das sub-bacias estudadas;
- ✓ Analisar comparativamente os resultados da aplicação do “Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas” nas sub-bacias do Batatã e Maracanã;
- ✓ Possibilitar a identificação das principais tendências de melhoria ou dificuldade na busca pela sustentabilidade das sub-bacias estudadas;
- ✓ Discutir a importância dos índices e indicadores de sustentabilidade, em especial, no contexto do desenvolvimento sustentável;
- ✓ Propor medidas de preservação e conservação ambiental para os ecossistemas remanescentes nas sub-bacias estudadas, em especial àqueles localizados em área protegidas.

4. METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área de estudo

4.1.1 Localização

A Ilha do Maranhão (Ilha de São Luís) está localizada entre as coordenadas de 02°24'09" e 02°46'13" S e 44°01'20" e 44°29'47" W de Greenwich, encontrando como limites a oeste a baía de São Marcos; a leste a baía de São José; ao sul o Estreito dos Mosquitos e ao norte o Oceano Atlântico. Na ilha, existem quatro municípios: São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa (COELHO, 2006).

No espaço da ilha, a bacia do rio Bacanga, com uma superfície da ordem de 11.030,00 ha, ocupa a porção Noroeste, fazendo parte do município de São Luís com localização definida pelas coordenadas 2°32'26" e 2°38'07" S e 44°16'00" e 44°19'16" W. Limita-se: ao norte com a baía de São Marcos; ao sul com o tabuleiro central da ilha na região do Tirirical; a leste com o divisor de águas que separa as bacias dos rios Anil, Paciência e Tibiri e a oeste, pelo divisor de águas que a separa das bacias do Bacanga da bacia Litorânea oeste (banhada pelas águas da baía de São Marcos).

A bacia do Bacanga correspondente a 12,33% do território no município de São Luis, com perímetro de 44,2 km e curso d'água principal com 19 km de extensão. É composta por 12 (doze) sub-bacias hidrográficas, onde encontram-se aproximadamente 64.000 domicílios, o que corresponde a uma estimativa populacional de aproximadamente 256.000 habitantes, distribuídos por cerca de 60 bairros, entre conjuntos habitacionais e invasões. Estes seus limites estão inseridos trechos de três Unidades de Conservação, sendo elas: a APA de Maracanã e a APA de Upaon-Açu/Miritiba/Alto Preguiça e o Parque Estadual do Bacanga. Possui também em seu território a Reserva Florestal do Sacavém, além da presença do Distrito Industrial de São Luis (CASTRO, 2008).

Dentre as 12 sub-bacias destacam-se as do Batatã e Maracanã que estão situadas nas cabeceiras do sistema Bacanga, possuindo atributos ambientais relevantes caracterizados por ecossistemas remanescentes, disponibilidade de recursos hídricos, potencial turístico e possibilidade da implementação de políticas públicas voltadas para o planejamento e gestão ambiental.

A sub-bacia do Batatã possui uma área de 1.732 hectares e está compreendida entre as coordenadas 2°34'26" e 2°36'50" S e 44°14'10" e 44°18'19" W de Greenwich. Quanto à sub-bacia do Maracanã sua área compreende 2.700 hectares e está abrangida entre as coordenadas 2°35'35" e 2°39'17" S e 44°14'23" e 44°19'30" W (Figura 02). O acesso rodoviário principal se faz pela BR-135, após atravessar o Estreito dos Mosquitos, canal que liga a ilha ao continente maranhense (PEREIRA, 2006).

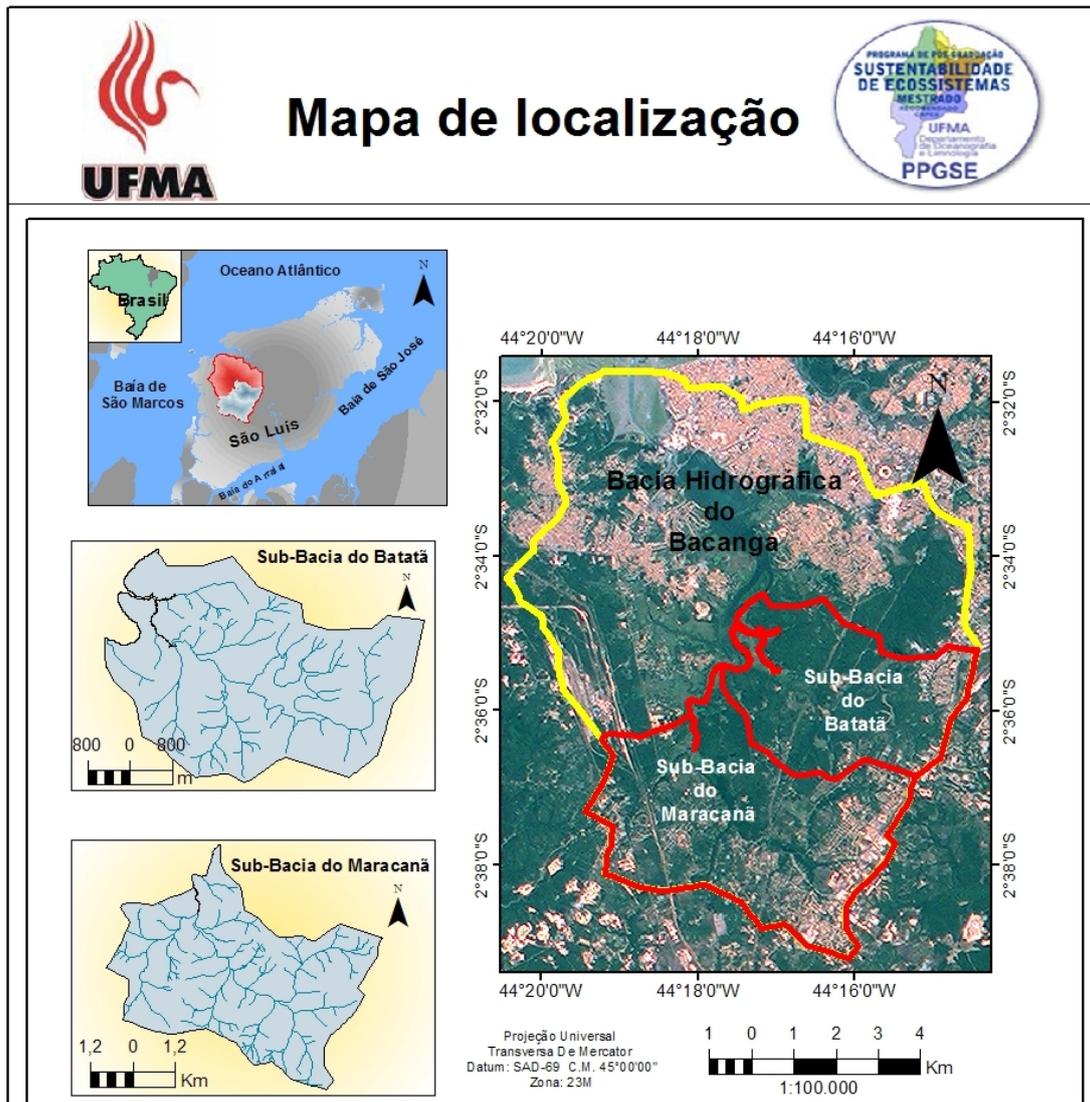


Figura 02 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Bacanga, enfatizando as sub-bacia do Batatã e Maracanã.

4.1.2 Clima

O clima da região apresenta classificação climática, definida pelo IBGE, como quente úmido tropical de zona equatorial. De acordo com os dados climatológicos da

série temporal entre 1993 –2009, da Estação Meteorológica Cunha Machado – Tirirical, a chuva apresenta média anual de 1.857,16 mm com valor mínimo anual de 1.239,5mm e máximo de 2.563,9 mm, temperatura média anual de 27°C e umidade média anual de 80%. A sazonalidade da chuva na área é marcante indicando o período chuvoso de janeiro a junho e o período seco de julho a dezembro.

O regime dos ventos é composto por ventos de nordeste (43,3%) e velocidade média anual de 3,1 m/seg; ventos leste (13,8%) e velocidade média anual de 3,5 m/seg; ventos de sudeste (4,4%) e velocidade média anual de 2 m/seg. Quanto à circulação atmosférica, observa-se coincidência das calmarias com o período da estação chuvosa (TARIFA, 1981 *apud* ALMEIDA, 1988).

4.1.3 Geologia

A Ilha do Maranhão ocupa parte setentrional do Golfão Maranhense, parte integrante da Bacia Costeira de São Luís, formada por rifteamento durante o Cretáceo (Eocretáceo- Albiano). Limita-se a norte pela plataforma continental, a sul pelos Altos Estruturais Arco Ferrer - Urbano Santos, disposto aproximadamente E-W, a leste pelo Horst de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins (PEREIRA, 2006).

A sedimentação na Bacia de São Luís iniciou-se com os sedimentos do Cretáceo da Formação Itapecuru, Formação Terciário-Paleogeno, Formação Barreiras e, finalmente, pelos sedimentos recentes da Formação Açuí (PEREIRA, 2006).

Na área da bacia do Rio Bacanga existe basicamente a presença de Aluviões fluvio-marinhos, que são depósitos aluvionares recentes, constituídos por cascalhos, areias e argilas inconsolidadas (MARANHÃO, 2002).

4.1.4 Hidrogeologia

O modelo hidrogeológico da Ilha de São Luís caracteriza-se por dois aquíferos, sendo o primeiro semi-confinado, relacionado aos sedimentos cretácicos, pertencentes à Formação Itapecuru e o segundo aquífero livre, constituído pelos níveis arenosos dos sedimentos terciários Barreiras (PEREIRA, 2006).

O aquífero Itapecuru é considerado como um aquíclode na região (LEAL, 1977 *apud* PEREIRA, 2006). Entretanto, a camada confinante superior tem uma sequência cíclica de níveis de composição variável de argila e areia, permitindo a realimentação do aquífero a partir da infiltração das águas pluviais, caracterizando-o como semi-

confinado. O nível de variação média de profundidade das águas (nível dinâmico e nível estático) é da ordem de 9 m e vazão específica média de 2,94 m³/h/m, verificando-se um valor máximo de 21,5 m³/h/m e mínimo de 1,4 m³/h/m (RODRIGUES *et al.*, 1994 *apud* PEREIRA, 2006).

O aquífero livre Barreiras tem uma espessura variável de 15 a 38 metros, constituído por areia de granulometria fina a média, com intercalações de silte e argila. Os níveis arenosos não são espessos, implicando no rápido trânsito das águas subterrâneas, que logo infiltram para o aquífero semi-confinado ou surgem em áreas de descarga ao longo das encostas, nos grotões da região (COSTA, 2003 *apud* PEREIRA, 2006).

As áreas potenciais para recarga do Aquífero Barreiras na bacia do Bacanga em função do índice topográfico coincidem com a região do Tabuleiro (cotas acima de 40 metros), ao leste e sul da bacia, e as áreas de menor potencial também definidas pelo índice topográfico coincidem com as regiões de suaves colinas (cotas de 20 a 30 metros) (CASTRO, 2008).

4.1.5 Geomorfologia

A Ilha de São Luis está situada no centro da Planície Flúvio-Marinha do Golfão Maranhense, sendo formada por rochas e sedimentos da Formação Itapecuru e Barreiras respectivamente, e estão cobertas por uma superfície de crosta ferruginosa que acompanha o relevo. Na ilha são encontradas algumas formas de relevo características do Estado do Maranhão, pois se apresentam nas faixas de baixas altitudes (0 - 5 m), as planícies flúvio-marinhas, formadas por extensivos mangues; nos níveis de 20 a 30 metros, as suaves colinas; e nas altitudes maiores, 40 a 60 metros, têm-se a presença dos tabuleiros. A maior altitude encontrada na ilha atinge 60 metros (PEREIRA, 2006).

4.1.6 Pedologia

Os solos típicos encontrados ao longo da área de estudo consistem em solos autóctones derivados das rochas e sedimentos do Terciário Paleogeno e da Formação Barreiras, respectivamente (PEREIRA, 2006).

Os tipos de solos que predominam na região de acordo com mapeamento de 1:100.000 são Argilossolos, Gleissolos, Neossolos e Solos Indiscriminados de Manguê (MARANHÃO, 2002).

4.1.7 Hidrografia/Hidrologia/Oceanografia

O rio Bacanga tem suas nascentes situadas na chapada do Tirirical, na sua borda voltada para Oeste, a uma altitude de aproximadamente 58m. Com uma extensão de cerca de 16,8 Km, seu curso segue aproximadamente de sul para norte desde as nascentes até a desembocadura na baía de São Marcos, na qual se junta com o rio Anil. (PIDU, 1995).

A bacia apresenta baixa densidade de drenagem, com 2,26 km/km² e baixa densidade hidrológica, 2,71 canais/km², ou seja, menos de 3 (três) canais por km² (CASTRO, 2008).

Segundo (PITOMBEIRA *et al.*, 1979), o rio Bacanga representa um braço de mar que entra na região continental fronteira a cidade de São Luís, tendo dimensões reduzidas. Seu maior tributário é o rio das Bicas, que também apresenta pequenas dimensões.

Embora apresente um regime hidrológico perene, a contribuição fluvial é discreta (fraco caudal) e sujeita a variações que acompanham o comportamento sazonal do clima. Este aspecto favorece uma expressiva influência marinha, provocada pelo avanço das águas oceânicas, que inundam periodicamente a ampla planície flúvio-marinha, estendendo-se basicamente por toda a extensão do seu médio e baixo curso. Como resultado deste processo, a massa de água apresenta-se com características estuarinas, e se comporta obedecendo ao regime semidiurno das marés com amplitudes que variam entre 4 e 6 m de altura, correspondentes, em média, aproximadamente 6 h de fluxo e 6 h de refluxo (PIDU, 1995).

A topografia da calha revela que a lâmina d'água à montante da barragem está confinada basicamente em um canal situado na margem esquerda, com profundidades que variam de aproximadamente 2,0 a 4,0 m, o que sugere que o prisma de maré seja o fator determinante do volume de água circulante no sistema. Antes da construção da barragem, o canal principal de descarga, situava-se pela margem direita. Isso modificou significativamente a hidrodinâmica local. (PITOMBEIRA *et al.*, 1979).

A movimentação hidráulica obedece a um padrão circular, unidirecional e irreversível. Origina-se na altura das comportas, e projeta-se para a montante pela

margem esquerda e volta pela margem direita até a barragem. Esse comportamento se repete nos dois períodos de maré.

Essa barragem determinou o aumento uma tendência natural de ocorrência dos processos de deposição e assoreamento, concentrados principalmente na margem direita da calha do estuário. Isso provoca uma gradativa diminuição no prisma de maré.

Segundo, (ALMEIDA, 1988), medições hidrosedimentométricas revelam que em média penetra pela barragem, um volume em peso da ordem de 2,45 ton/ciclo de maré, o que representa um incremento anual da ordem de 1.733 ton/ano de material depositado (Intensificando o processo de assoreamento a jusante). Já com relação ao material que escapa do estuário, temos em média 670 ton/ciclo de maré, o que representa 472.439 ton/ano (toneladas por ano) (um nítido processo de erosão à montante).

4.2 Materiais utilizados

Para subsidiar a aplicação do ISBH foram utilizados os materiais listados abaixo:

- ✓ Cartas Planialtimétricas DSG (1980), folhas 30, 31 e 38 na escala 1:10.000: Obtidas no ZEE-MA (2003);
- ✓ Aerofoto do Serviço Aéreo do Cruzeiro do Sul da bacia do Bacanga, capturada em 1976 (Diretoria de Hidrografia e Navegação Marinha – 1976).
- ✓ Fusão de Imagem SPOT, QUICKBIRD e IKONOS II capturadas em 2008;
- ✓ Mapa pedológico de São Luís, na escala 1:100.000 (MARANHÃO, 2002);
- ✓ Bases digitais (Curvas de nível, hidrografia, arruamento, unidades de paisagem, unidades de conservação da natureza e zonas de reserva florestal, áreas de preservação permanente, limites de bacias hidrográficas, todas em formato SHP);
- ✓ Dados históricos de pluviometria de duas estações climatológicas de São Luís (UEMA e INMET) no período de 1993 a 2008.

4.3 Mapeamento de uso e ocupação do solo

Para subsidiar as composições das dimensões e indicadores do “*Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas*” foi realizado o mapeamento do uso e ocupação do solo referente aos anos de 1976 e 2008 das sub-bacias estudadas.

Foram utilizadas as seguintes classes de uso e ocupação do solo: áreas urbanas, rurais, solo exposto e vegetação (capoeira alta, média, baixa e mangue). A tabela 04 apresenta as principais características das classes de uso e ocupação do solo que foram utilizadas neste trabalho.

Tabela 04 – Classes de uso e ocupação do solo com suas respectivas características.

Classe de Uso e Ocupação	Característica
Área Urbana	Áreas com grande concentração populacional, densamente urbanizada, com solos impermeabilizados e com trechos que apresentam certa organização e infra-estrutura (conjuntos habitacionais ou bairros) e áreas com média concentração populacional, com ocupação desorganizada, com pouca ou nenhuma infra-estrutura (vilas ou invasões).
Área Rural	Corresponde a áreas caracterizadas com propriedades de pequeno e médio porte onde a densidade populacional é relativamente baixa.
Vegetação	Subdividida em quatro tipologias, a saber: capoeira alta, média, baixa e mangue. As classes de capoeira foram estabelecidas de acordo com a interpretação visual das imagens. Já as áreas de mangue são aquelas encontradas nas regiões mais baixas do terreno, inferior a cota 5m, que sofrem forte influência marinha.
Solo exposto	Áreas territoriais que apresentam exposição total do solo, contribuindo para o processo de erosão deste.
Agricultura	Envolve áreas destinadas a atividades agrícolas, tais como: Plantações de frutas, legumes e verduras..
Área Industrial	São as áreas onde está instalado o Distrito Industrial do Município de São Luis.

4.4 Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas

O ISBH apresentado neste trabalho foi desenvolvido por Isaias (2008) e integra indicadores nas seguintes dimensões: Ambiental, de Qualidade da Água, Socioeconômico e Político-Institucional.

Segundo este autor a dimensão ambiental abrange, conceitualmente e, de certo modo também na prática, a dimensão de qualidade da água. No entanto, sob a justificativa de conferir maior peso aos fatores relacionados à qualidade da água, uma vez que trata-se de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas, optou-se por se elevar ao *status* de dimensão o conjunto de indicadores de qualidade da água.

Esta opção é considerada apropriada, pois, entende-se que a qualidade da água reflete o grau de sustentabilidade do conjunto de ações e atividades desenvolvidas na

bacia hidrográfica, devendo assim compor uma dimensão do ISBH. Desta forma, a dimensão de qualidade de água, mesmo podendo está inserida na dimensão ambiental, no caso do índice utilizado compõe uma dimensão própria.

Para o cálculo ISBH considera-se o mesmo peso entre as dimensões envolvidas no índice. Cada indicador representante das dimensões envolvidas na fórmula varia na escala de 0 a 1, onde 0 indica à pior situação do indicador e 1 a melhor. A fórmula (01) representa o valor adimensional do ISBH.

$$ISBH = \{DA (0-1) + DQ (0-1) + DS (0-1) + DP (0-1)\}/4 \quad (01)$$

Onde:

(DA) = Indicador da Dimensão Ambiental;

(DQ) = Indicador da Dimensão de Qualidade da Água;

(DS) = Indicador da Dimensão Socioeconômico;

(DP) = Indicador da Dimensão Político Institucional.

A estruturação do ISBH segue a organização composta por: variáveis básicas; indicadores; dimensões e índice. A tabela 05 resume a rede hierárquica do ISBH.

Tabela 05- Organização hierárquica dos componentes do ISBH.

Componentes do ISBH	Características
Índice	Representa a integração equitativa das dimensões do ISBH
Dimensão	As dimensões que compõem o ISBH são representadas pela equação dos indicadores
Indicador	Representam os fatores que compõem as dimensões.
Variável básica	Constitui a base de dados que compõe os Indicadores.

Todas as informações (variáveis básicas, indicadores e dimensões) que compõe o ISBH foram estruturadas em planos de informação PI's que associados em ambiente SIG originaram um banco de informações temáticas e cadastrais.

A composição e o cálculo do ISBH são apresentados nas partes subsequentes da metodologia. No entanto, o Quadro 07, a seguir, resume as dimensões, indicadores e variáveis básicas que constituem o ISBH.

Quadro 07 - Resumo do cálculo do ISBH.

Índice	Dimensões	Indicadores e Variáveis Básicas
Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas $ISBH = \{DA (0-1) + DQ (0-1) + DS (0-1) + DP (0-1)\} / 4$	Dimensão Ambiental $DA = \{CV (0-1) + RE (0-1) + De (0-1) + AI (0-1)\} / 4$	CV = Indicador de Cobertura Vegetal; RE = Indicador de Risco de Erosão; De = Indicador Densidade de Estradas; AI = Indicador de Área Impermeabilizada.
	Dimensão de Qualidade de Água $DQ = \{IQA (0-1) + T(0-1)\} / 2$	IQA = Indicador referente ao Índice de Qualidade da Água; T = Indicador de Turbidez.
	Dimensão socioeconômica $DS = \{R (0-1) + Ed(0-1) + SP(0-1)\}$	R = Indicador de Renda; Ed = Indicador de Educação; SP = Saúde Pública.
	Dimensão Político Institucional $DP = \{TUE (0-1) + IAPP (0-1) + IUC (0-1)\} / 3$	TUE = Indicador de Taxa de Urbanização do Entorno da sub-bacia; IAPP = Indicador de Integridade de Área de Preservação Permanente; CUC = Indicador de cobertura por unidade de Conservação

O fluxograma apresentado abaixo (Figura 03), objetiva facilitar a visualização do ISBH, destacando as dimensões, indicadores e variáveis básicas que o compõem.

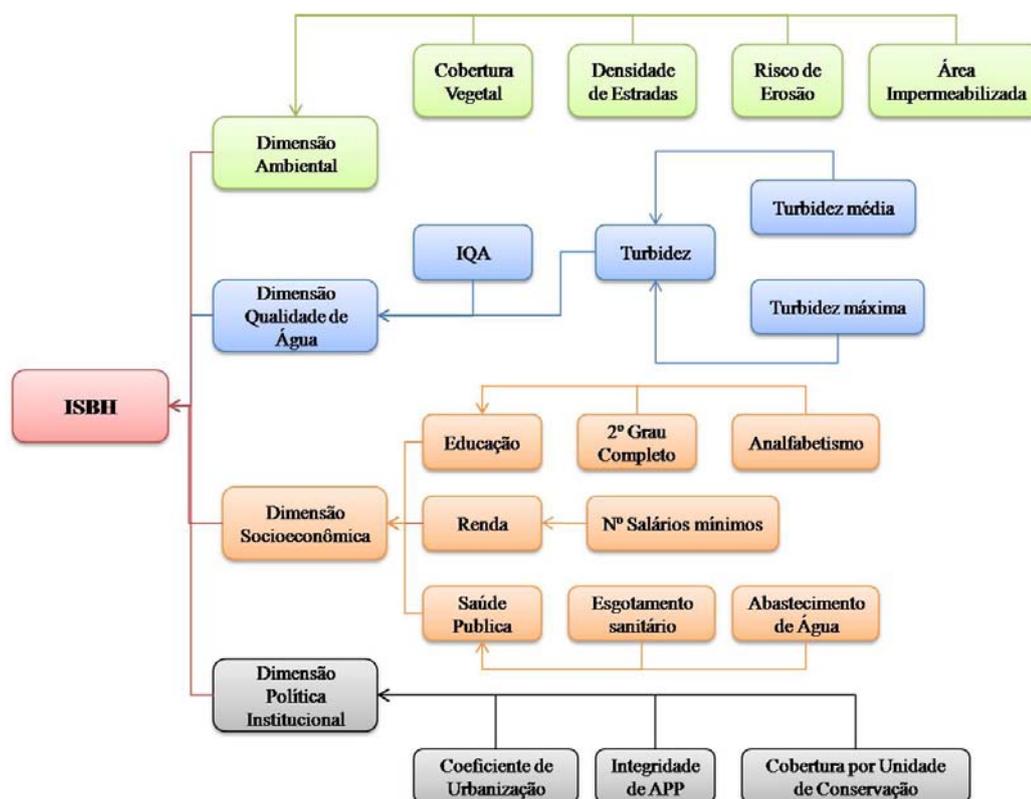


Figura 03 – Fluxograma apresentando as dimensões, indicadores e variáveis básicas que compõem o Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (Fonte: Isaias, 2008).

A composição e metodologias para cálculo dos componentes do ISBH são apresentadas abaixo.

4.4.1 Dimensão Ambiental

A dimensão ambiental do ISBH é composta pelos indicadores: cobertura vegetal; risco de erosão; densidade de estradas; e área impermeabilizada na sub-bacia.

O cálculo da dimensão ambiental consiste na soma de cada um dos indicadores, que variam de 0 a 1 (onde 0 representa a pior condição do indicador e 1 a melhor) e divisão do total por 4. A fórmula (02) apresenta o cálculo do indicador representante da dimensão ambiental do ISBH.

$$DA = \{CV (0-1) + RE (0-1) + De (0-1) + AI (0-1)\}/4 \quad (02)$$

Onde:

(DA) = Dimensão Ambiental;

(CV) = Indicador de Cobertura Vegetal;

(RE) = Indicador de Risco de Erosão;

(De) = Indicador de Densidade de Estradas;

(AI) = Indicador de Área Impermeabilizada.

Indicador de Cobertura Vegetal - foi definido através do cálculo da porcentagem de cobertura vegetal nas sub-bacias estudadas, a pontuação para o indicador de cobertura vegetal está apresentada na tabela 06.

Tabela 06 - Pontuação do indicador cobertura vegetal.

Porcentagem de cobertura vegetal (CV)	Pontuação
CV > 90	1
90 ≥ CV > 80	0.8
80 ≥ CV > 70	0.6
70 ≥ CV > 60	0.4
60 ≥ CV > 50	0.2
CV ≤ 50	0

Indicador de Risco de Erosão – Este indicador reflete a porcentagem da bacia com perdas de solo nas classes: moderada a forte; forte; muito forte; ou extrema (Tabela 07). Essas classes são definidas de acordo com o trabalho de Ribeiro e Alves (2007).

Tabela 07 - Perda de solo anual por erosão laminar.

Classes	Perda de Solo (t/ha/ano)
Muito baixa	0 – 1
Baixa	1 – 10
Baixa à moderada	10 – 50
Moderada	50 – 100
Moderada a forte	100 – 500
Forte	500 – 1.000
Muito forte	1.000 – 5.000
Extrema	> 5.000

Fonte: Ribeiro e Alves (2007).

Para a pontuação do indicador leva-se em consideração a classe de perda do solo por erosão laminar que a sub-bacia se enquadra (Tabela 08). A tabela 08 apresenta os valores de pontuação do indicador.

Tabela 08 – Pontuação do indicador de risco de erosão.

Porcentagem da bacia com perda de solo (PS) acima de 100 (t/ha/ano)	Pontuação
$PS > 12$	0
$12 \geq PS > 9$	0,2
$9 \geq PS > 6$	0,4
$6 \geq PS > 4$	0,6
$4 \geq PS > 2$	0,8
$PS \geq 2$	1

Para cálculo da perda de solos adotada neste estudo foi utilizado a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) esta equação foi desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978), modificada por Bertoni e Lombardi Neto (1993), e é expressa genericamente pela fórmula (03) a seguir:

$$A = R.K.(L.S).(C.P) \quad (03)$$

Onde:

(A) = Perda de solo acumulada por unidade de área, em t/(ha.ano);

(R) = Fator de erosividade da chuva, em MJ.mm/(ha.ano);

(K) = Corresponde ao fator erodibilidade do solo, em t.h/(MJ.mm);

(L) = Fator comprimento de rampa, em metros;

(S) = Fator inclinação da encosta, em porcentagem;

(C) = Fator de uso e manejo do solo (adimensional);

(P) = Fator prática conservacionista (adimensional).

O cálculo da EUPS foi realizado com base no banco de dados desenvolvido para esta pesquisa em ambiente SIG. A modelagem de um banco de dados de um SIG

consiste, principalmente, na definição de planos de informação (PI), também denominados de níveis ou camadas (*layers*). Os PI's variam em número, tipos de formatos e de temas, conforme as necessidades de cada tarefa ou estudo (CÂMARA *et al.*, 2001).

Para se chegar ao PI de perda de solo anual (A), foram gerados PI's para a cada variável descrita pela equação. No caso das variáveis uso e manejo do solo (C) e práticas conservacionistas (P), optou-se pela combinação das variáveis e constituição de um único PI (CP) descrito a seguir.

O fator erosividade da chuva (R) expressa à capacidade da chuva, de uma dada localidade, causar erosão em uma área sem proteção. Esse fator é determinado pela soma dos valores mensais dos índices de erosividade (EI), os quais foram determinados conforme proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), formula (04) a seguir.

$$EI = 68,730 (r^2/P)^{0,841} \quad (04)$$

Onde:

(EI) = Média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(ha.h.ano);

(r) = Precipitação média mensal, em milímetros;

(P) = precipitação média anual, em milímetros.

A soma dos EI mensais dá o valor de R anual.

Para o calculo de e erosividade das chuvas utilizou-se os dados médios dos totais mensais e anuais do período de 1993 a 2002 da estação meteorológica do INMET localizada nas coordenadas 2°53' S e 44°23'W e de 2003 a 2009 da estação da UEMA localizada nas coordenadas 2°35'S e 44°12 W'.

A erodibilidade do solo (fator K) é a propriedade do solo que representa a sua susceptibilidade á erosão, podendo ser definida como a quantidade de material que é removido por unidade de área quando os demais fatores determinantes da erosão permanecem constantes.

A erodibilidade do solo tem seu valor quantitativo determinado experimentalmente em parcelas e é expresso como a perda de solo por unidade de índice de erosão da chuva (EI) Bertoni e Lombardi Neto (1993).

O PI de erodibilidade do solo (K) foi constituído a partir de um PI formado pelo mapa de reconhecimento de solos de São Luís (MARANHÃO, 2002), onde foram correlacionadas as classes de solo com os valores adotados para o fator K. Os valores de K estão de acordo com os trabalhos de Baptista (1997) e Ribeiro e Alves (2007), e são apresentados na tabela 09.

Tabela 09 – Valores de erodibilidade de solos (fator K) e fonte de dados.

Tipo de Solo	Erodibilidade t.h/(MJ.mm)	Fonte
Neossolos	0.027	Baptista, 1997
Gleissolos	0,036	Crestana, 2006
Argilossolos	0.030	Baptista, 1997
Solos indiscriminados de mangue	-*	-*

* Não foram encontrados valores em referências bibliográficas (considerou-se que não tem erosão)

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1993), o fator uso e manejo do solo (C) é a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado e em um terreno desprotegido. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo.

O mesmo autor considera que o fator práticas conservacionistas (P), refere-se à relação entre a intensidade esperada de perda de solo com determinada prática conservacionista, a exemplo de plantios em curva de nível, plantio direto, entre outros.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1993), se o que se pretende é adequar as formas de produção agrícola de maneira a minimizar os efeitos negativos causados no meio físico, as variáveis antrópicas da EUPS devem ser tratadas separadamente. Mas se o objetivo da pesquisa é espacializar fenômenos por meio do geoprocessamento, a obtenção dos dados de C e P podem ser analisados de forma integrada em função do uso e ocupação do solo. Neste caso, adota-se o fator $P = 1$, como sendo uma constante, por representar a pior situação de perdas de solo em função de práticas conservacionistas.

Santos *et al.* (2006) considera os fatores C e P como a participação antrópica nos cálculos da EUPS e também considera possível a combinação das duas variáveis. Neste trabalho optou-se por seguir a metodologia sugerida por Santos *et al.* (2006) e apontada como viável por Bertoni e Lombardi Neto (1993), onde os fatores C e P são combinados em um único PI, denominado CP.

Os valores adotados para CP foram adaptados dos trabalhos de Stein *et al.* (1987), Brito *et al.* (1998), Tomazoni *et al.* (2005), Ribeiro e Alves (2007) e Oliveira *et al.* (2007).

Na tabela 10 estão listadas as classes de usos e ocupação do solo, os valores do fator CP (adaptados de acordo com as classes de uso e ocupação utilizadas neste trabalho) e os autores dos quais este fator foi extraído.

Tabela 10 – Classes de uso e ocupação do solo, valores de CP e fonte de dados.

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Fator CP	Fonte
Consolidada alta densidade (Área urbana e Distrito Industrial*)	0	Stein <i>et al.</i> (1987); Brito <i>et al.</i> (1998)
Chácara/parcelamento Rural (Zona rural*)	0,3	Brito <i>et al.</i> (1998)
Mangue	0,0004	Oliveira <i>et al.</i> (2007)
Vegetação de porte alto/Vegetação Secundária (Capoeira alta*)	0,00004	Stein <i>et al.</i> (1987)
Vegetação de porte médio (Capoeira média*)	0,0007	Stein <i>et al.</i> (1987)
Regeneração inicial (Capoeira baixa*)	0,01	Tomazoni <i>et al.</i> (2005)
Agricultura	0,2	Brito <i>et al.</i> (1998)
Solo exposto	0,8	Ribeiro e Alves (2007)

* Valores adaptadas a partir das classes de uso e ocupação do solo definidos pelos respectivos autores.

Os Planos de Informação de comprimento de rampa (L) e declividade (S) foram obtidos separadamente, mas para facilitar a aplicação na EUPS foram integrados, compondo o PI fator topográfico (LS), conforme formula (05) publicada por Bertoni e Lombardi Neto (1993) e apresentada abaixo.

$$LS = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot S^{1,18} \quad (05)$$

Onde:

(LS) = Fator topográfico

(L) = Comprimento de rampa, em metros;

(S) = Declividade, em porcentagem.

Bertoni e Lombardi Neto (1993) definem o fator (LS) como sendo “a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação a perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 25m de comprimento com 9% de declive”.

Este fator é muito importante na equação, pois quanto maior for o comprimento de rampa e o grau de declive maior será a velocidade e a força de carreamento das partículas de solo (BAPTISTA, 1997).

Os valores utilizados para o fator LS nas diferentes classes de declividade estão representados na tabela 11.

Tabela 11 - Valores médios para LS por classe de declividade.

Classe de Declividade (%)	Fator LS
0 – 5	0,5
5 – 15	3,5
15 – 30	9
> 30	16

Fonte: Kok *et al.* (1995).

As porcentagens das classes de declividade utilizadas neste trabalho foram obtidas a partir da elaboração do Modelo Digital de Elevação de cada sub-bacias estudadas.

- **Tolerância de perdas de solo por erosão laminar**

A tolerância dos solos em relação à erosão laminar é dada pela taxa máxima de erosão que pode ocorrer no solo, mantendo sua sustentabilidade de produção (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1993). Os mesmos autores desenvolveram, para expressar a tolerância de perdas de solo por erosão laminar, a equação apresentada na fórmula (06) abaixo:

$$C = h \cdot r \quad (06)$$

Onde:

(C) = camada de solo possível de ser removida (mm/ano);

(h) = espessura dos horizontes A e B (m); e

(r) = fator que expressa o efeito da relação textural.

Para os solos das sub-bacias estudadas os valores de tolerância de perdas para cada grande grupo foram extraídos de literaturas disponíveis, os valores utilizados podem ser observados na tabela 12.

Tabela 12 – Tolerância Natural dos Solos.

Tipos de solos	Tolerância t/(ha.ano)	Autor
Neossolos	17,39	Bertoni <i>et al.</i> (1993).
Gleissolo	5,82	Baptista, 1997
Argilossolos	14,45	Baptista, 1997
Solos indiscriminados de mangue	-	-

Indicador Densidade de Estradas - Para o cálculo da densidade de estradas adotou-se a fórmula (07), apresentada a seguir.

$$De = L/Am \quad (07)$$

Onde:

(De) = Densidade de estradas;

(L) = Comprimento total de estradas dentro da sub-bacia, em Km;

(Am) = Área da sub-bacia em Km².

Para definição do referido indicador foi realizada uma correção para as estradas asfaltadas em relação às estradas de terra. Essa correção deve-se ao fato da área necessária para implementação das estradas asfaltadas ser maior, ou seja, maior área impermeável e maior movimentação do terreno para construção das estradas asfaltadas.

Sendo assim, para o cálculo do comprimento de estradas nas sub-bacias adotou-se a soma do comprimento das estradas de terra com a soma do comprimento das estradas de asfalto multiplicada pelo fator de correção 1,5.

Desta forma, o comprimento total de estradas dentro da sub-bacia “L” segue a fórmula 08 abaixo:

$$L = \sum (ET) + \sum (EA.1.5) \quad (08)$$

Onde:

(L) = Comprimento total de estradas dentro da sub-bacia, em Km;

(ET) = Comprimento das estradas de terra em Km;

(EA) = Comprimento das estradas de asfalto em Km;

(1.5) = Fator de correção das estradas de asfalto em relação às estradas de terra.

Os cálculos do indicador de densidade de estradas foram desenvolvido em ambiente SIG, por meio do *software* ArcGis 9.2. A tabela 13, a seguir, apresenta a pontuação adotada para o indicador em questão.

Tabela 13 - Pontuação do indicador densidade de estradas.

Densidades de estradas (DE)	Pontuação
DE < 2	1
2 < DE ≤ 2.5	0,8
2.5 < DE ≤ 3	0,6
3 < DE ≤ 4	0,4
4 < DE ≤ 5	0,2
DE > 5	0

Indicador de Área impermeabilizada - A área impermeável nesta pesquisa foi obtida, diretamente do levantamento de uso e ocupação do solo, por meio da determinação da porcentagem média de área impermeável das sub-bacias estudadas.

As taxas de área impermeável por classe de uso e ocupação do solo, foram adaptadas a partir valores encontrados por Valério Filho *et al.* (2003) e Tucci (1997). Estes valores são apresentados na tabela 14.

Tabela 14 – Classes de uso e ocupação do solo com as respectivas porcentagens de impermeabilizada.

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Porcentagem de Área Impermeabilizada
Consolidada alta densidade (Área urbana e Distrito Industrial*)	91%
Chácara/parcelamento Rural (Zona rural*)	20%
Capoeira média*	7%
Regeneração avançada (Capoeira alta*)	2%
Mangue*	0,5%
Regeneração inicial (Capoeira baixa*)	15%
Agrícola	17%
Solo exposto	59%

* Valores adaptadas a partir das classes de uso e ocupação do solo definidos pelos respectivos autores.

Para o indicador de área impermeabilizada será conferida pontuação conforme tabela 15, para o total de área impermeabilizada em cada sub-bacia. Essa porcentagem será calculada pela divisão da área total da sub-bacia pela soma de áreas impermeabilizadas de cada sub-bacia.

Tabela 15 - Pontuação do indicador de área impermeabilizada.

Área impermeabilizada (AI) em %	Pontuação
AI ≤ 5	1
5 < AI ≤ 8	0,8
8 < AI ≤ 12	0,6
12 < AI ≤ 15	0,4
15 < AI ≤ 20	0,2
AI > 20	0

4.4.2 Dimensão de qualidade da água

A dimensão de qualidade de água do ISBH é composta pelo indicador Índice de Qualidade da Água (IQA) e pelo indicador de Turbidez conforme a fórmula (09).

$$DQ = \{IQA (0-1) + T(0-1)\}/2 \quad (09)$$

Onde:

(DQ) = Dimensão de Qualidade da Água;

(IQA) = Indicador Índice de Qualidade da Água;

(T) = Indicador de Turbidez.

Índice de Qualidade da Água (IQA) - O IQA adotado na pesquisa de Isaias (2008) foi extraído a partir da fórmula proposta pela CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal). Neste estudo o IQA utilizado foi desenvolvido pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo).

Os parâmetros e os pesos utilizados no IQA da CETESB são os seguintes: oxigênio dissolvido (0,17), coliformes termotolerantes (0,15), pH (0,12), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20°}) (0,10), temperatura (0,10), nitrogênio total (0,10), fósforo total (0,10), turbidez (0,08), resíduo total (0,08).

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros, de acordo com a fórmula 10.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (10)$$

Onde:

(IQA) = um número entre 0 e 100;

(qi) = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, em função de sua concentração ou medida;

(wi) = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme tabela 16 a seguir

Tabela 16 - Classificação do IQA da CETESB.

Índice de qualidade da água (IQA)	Pontuação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

As metodologias utilizadas para determinação dos parâmetros do IQA são apresentados na tabela 17, abaixo:

Tabela 17 – Parâmetros determinados para cálculo do IQA com seus respectivos métodos de mensuração.

Parâmetro	Método
Oxigênio Dissolvido	Método de Winkler
Coliformes termotolerantes	Turbidímetro La Motte
pH	Kit Multiparâmetro <i>Horiba</i>
DBO ₅	Método de Winkler
Temperatura	Kit Multiparâmetro HORIBA
Nitrogênio Total	Espectrofotometricamente
Fósforo Total	Espectrofotometricamente
Turbidez	Turbidímetro <i>La Motte</i>
Sólidos Totais	Gravimétrico

Para o cálculo do IQA foram realizadas duas amostragens (estação seca e chuvosa) em três pontos de coleta em cada sub-bacia, após as análises, a média foi extraída para a pontuação do indicador. O IQA calculado varia de 0 a 100, no entanto, para composição do ISBH o IQA foi pontuado de 0 a 1 conforme tabela 18, a seguir.

Tabela 18 - Pontuação do indicador Índice de Qualidade de Água.

Índice de qualidade da água (IQA)	Pontuação
$IQA > 90$	1
$80 < IQA \leq 90$	0,8
$70 < IQA \leq 80$	0,6
$60 < IQA \leq 70$	0,4
$50 < IQA \leq 60$	0,2
$IQA \leq 50$	0

Indicador de Turbidez - O indicador de turbidez é composto por leituras do valor de turbidez dos corpos hídricos inseridos nas sub-bacias estuda. Para este cálculo levou-se em consideração os valores médios e máximos encontrados para este parâmetro. Foram realizadas amostragens em 7 e 11 pontos de coleta nas sub-bacias do Maracanã e Batatã, respectivamente.

Para o cálculo dos valores de turbidez média foi realizado duas leituras em cada ponto de amostragem (estiagem e chuvoso) das sub-bacias. Sendo assim, o valor do

indicador é o resultado da média aritmética entre a variável básica turbidez da estação chuvosa e a variável básica turbidez da estação seca por sub-bacia. A fórmula (11), apresentada a seguir, representa o cálculo do indicador de turbidez média.

$$T_m = \{T_{bme} (0-1) + T_{bmc} (0-1)\} / 2 \quad (11)$$

Onde:

(T_m) = Indicador de Turbidez médio;

(T_{bme}) = Variável básica de turbidez estação da estiagem;

(T_{bmc}) = Variável básica de turbidez estação chuvosa.

A pontuação para turbidez média das sub-bacias está apresentada tabela 19, a seguir.

Tabela 19 – Pontuação do Indicador de Turbidez média.

Turbidez média (T_{bm})	Pontuação
$T_{bm} \leq 1$	1
$1 < T_{bm} \leq 2$	0,8
$2 < T_{bm} \leq 3$	0,6
$3 < T_{bm} \leq 4$	0,4
$5 < T_{bm} \leq 6$	0,2
$T_{bm} > 5$	0

A segunda pontuação referente à turbidez corresponde aos picos deste parâmetro nos diferentes pontos da sub-bacia, ou seja, o valor máximo de turbidez em cada sub-bacia no ano. A pontuação para turbidez máxima está apresentada tabela 20, a seguir.

Tabela 20 - Pontuação do indicador Turbidez Máxima.

Turbidez máxima (T_{bmx})	Pontuação
$T_{bmx} \leq 10$	1
$10 < T_{bmx} \leq 25$	0,8
$25 < T_{bmx} \leq 50$	0,6
$50 < T_{bmx} \leq 75$	0,4
$75 < T_{bmx} \leq 100$	0,2
$T_{bmx} > 100$	0

Sendo assim, o valor do indicador de turbidez é o resultado da média aritmética entre a variável básica turbidez média e a variável básica turbidez máxima. A fórmula (12), apresentada a seguir, representa o cálculo do indicador de turbidez.

$$T = \{T_{bmd} (0-1) + T_{bmx} (0-1)\} / 2 \quad (12)$$

Onde:

(T) = Indicador de Turbidez;

(T_{bmd}) = Variável básica de turbidez média;

(T_{bmx}) = Variável básica de turbidez máxima.

Vale destacar que a turbidez é um dos parâmetros que compõe o IQA, que constitui um dos indicadores da dimensão de qualidade da água (DQ). No entanto, pelo que foi exposto anteriormente, em especial no que se refere à capacidade da turbidez de refletir o grau de uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica, esse parâmetro foi escolhido para compor um indicador específico da DQ.

4.4.3 Dimensão socioeconômica

A dimensão socioeconômica do ISBH é composta pelos indicadores: renda, educação e saúde.

O cálculo da dimensão socioeconômica consiste na soma de cada um desses indicadores, que variam de 0 a 1 (onde 0 representa a pior condição do indicador e 1 a melhor) e a divisão do total por 3. A fórmula (13) apresenta o cálculo do indicador representante da dimensão socioeconômica do ISBH.

$$DS = \{R (0-1) + Ed (0-1) + SP (0-1)\} / 3 \quad (13)$$

Onde:

(DS) = Dimensão Socioeconômica;

(R) = Indicador de Renda;

(Ed) = Indicador de Educação;

(SP) = Indicador de Saúde Pública;

Para mensuração destas variáveis foram aplicados um total de 80 e 100 questionários semi-estruturados para os moradores das sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. A aplicação dos questionários buscou contemplar todas as localidades inseridas em cada sub-bacia.

Indicador de Renda - O indicador de renda foi baseado nos estudos de renda *per capita* das localidades das sub-bacias. De acordo com o autor da metodologia, essa variável foi escolhida para permitir uma análise da situação de renda da população inserida, ou no entorno, das áreas estudadas. Então, considerou-se que o nível de renda reflete, mesmo que indiretamente, uma maior consciência ambiental.

O cálculo de renda per capita das sub-bacias estudadas tomou como base a média dos valores das classes de salário mínimos informadas pelos entrevistados referentes à renda total das pessoas que integram em suas residências, este valor foi multiplicado pelo número de ocorrências de cada classe de salário mínimo. Quando a

resposta dos entrevistados contemplava a classe maior que 3 ou menor que 0,75 salários mínimos, o entrevistado era questionado sobre o valor específico do rendimento. Este procedimento foi realizado para extrair o valor médio das classes acima de 3 e abaixo de 0,75 salários mínimos. Para o cálculo de renda per capita somou-se a renda média mencionada de cada residência e dividiu-se pelo número de pessoas levantadas nas entrevistas.

A tabela 21 apresenta a pontuação do indicador de renda.

Tabela 21 – Pontuação do indicador renda *per capita*.

Renda per capita em salários mínimos (R)	Pontuação
R > 3	1
3 > R < 2,5	0,8
2,5 ≤ R < 2	0,6
2 ≤ R < 1,5	0,4
1,5 ≤ R < 0,75	0,2
R ≤ 0,75	0

Indicador de Educação - O indicador de educação é composto por duas variáveis baseadas no grau de instrução da população das sub-bacias. As variáveis utilizadas serão a porcentagem da população analfabeta e a porcentagem da população com segundo grau completo.

O cálculo do indicador de educação, apresentado por meio da fórmula (14), é o resultado da média aritmética entre a variável básica porcentagem da população analfabeta (Anf) e a variável básica, porcentagem da população com segundo grau completo (2ºcomp).

$$Ed = \{Anf (0-1) + 2^\circ comp (0-1)\} / 2 \quad (14)$$

Onde:

(Ed) = Indicador de Educação;

(Anf) = Variável básica da porcentagem da população analfabeta;

(2ºcomp) = Variável básica da população com segundo grau completo.

A definição da pontuação das duas variáveis básicas do indicador de educação está baseada na hipótese de que o grau de instrução, principalmente nos grandes centros urbanos, possui relação com a consciência ambiental da população. Desta forma, a tabela 22 a seguir, apresenta a pontuação adotada para as duas variáveis em questão.

Tabela 22 - Pontuação da variável básica porcentagem de analfabetismo e porcentagem da população com 2º grau completo por sub-bacia estudada.

Analfabetismo, em % (Anf)	Pontuação	2º grau completo, em% (2º comp)	Pontuação
Anf ≤ 1	1	2ºcomp > 25	1
1 < Anf ≤ 2	0.8	25 ≤ 2ºcomp < 20	0.8
2 < Anf ≤ 4	0.6	20 ≤ 2ºcomp < 15	0.6
4 < Anf ≤ 6	0.4	15 ≤ 2ºcomp < 10	0.4
6 < Anf ≤ 8	0.2	10 ≤ 2ºcomp < 5	0.2
Anf > 8	0	2ºcomp ≤ 5	0

Indicador de Saúde Pública - o indicador de saúde pública adotado é definido pela análise da cobertura da população residente nas sub-bacias atendidas por redes de abastecimento de água e pelo sistema de esgotamento sanitário.

O cálculo do indicador de saúde pública (SP) é definido pela fórmula (15), a seguir, que contém a média aritmética entre as variáveis básicas Esgotamento Sanitário (ES) e Abastecimento de Água (AA).

$$SP = \{ES (0-1) + AA (0-1)\} / 2 \quad (15)$$

Onde:

(SP) = Indicador de Saúde Pública;

(ES) = Variável básica de esgotamento sanitário;

(AA) = Variável básica de abastecimento de água.

A variável básica esgotamento sanitário (ES) refere-se à porcentagem da população atendida pelo sistema de esgotamento sanitário, e a variável básica abastecimento de água (AA) refere-se à porcentagem da população atendida pela rede de abastecimento de água. A pesquisa enquadrou a porcentagem das residências com sistema de fossa na variável esgotamento sanitário e as que possuem poço próprio na variável abastecimento de água.

A tabela 23, a seguir, apresenta a pontuação que será aferida para cada uma das variáveis em questão.

Tabela 23 - Pontuação das variáveis básicas de esgotamento sanitário e de abastecimento de água.

Abastecimento de água (AA), em %	Pontuação	Esgotamento sanitário (ES), em %	Pontuação
AA > 95	1	ES >95	1
95 ≥ AA > 90	0.8	95 ≥ ES > 90	0.8
90 ≥ AA > 85	0.6	90 ≥ ES > 80	0.6
85 ≥ AA > 80	0.4	80 ≥ ES > 70	0.4
80 ≥ AA > 70	0.2	70 ≥ ES > 50	0.2
AA ≤ 70	0	ES ≤ 50	0

4.4.4 Dimensão Político-Institucional

De acordo com o autor da metodologia, para aplicação do ISBH nas sub-bacias estudadas são adotados três indicadores que compõem a dimensão político institucional: Taxa de Urbanização do Entorno; Integridade de Áreas de Preservação Permanente; e Cobertura das sub-bacias por Unidade de Conservação. Para este estudo optou-se por uma adaptação referente à dimensão Cobertura de Unidades de Conservação (apresentada no item específico). O cálculo da dimensão político institucional do ISBH está apresentado pela fórmula (16) a seguir.

$$DP = \{TUE (0-1) + IAPP (0-1) + IUC (0-1)\}/3 \quad (16)$$

Onde:

(DP) = Dimensão Político Institucional;

(TUE) = Indicador de Taxa de Urbanização do Entorno;

(IAPP) = Indicador de Integridade de Áreas de Preservação Permanente;

(IUC) = Indicador de Unidade de Conservação.

Indicador de Taxa de Urbanização do Entorno - A área de entorno considerada nesse indicador corresponde a um *buffer* de 1.000 metros em relação ao perímetro das sub-bacias. Essa área foi obtida por meio da ferramenta *ArcEditor* do *ArcGis* 9.2. O valor do coeficiente utilizado variou de acordo com o grau de urbanização, sendo: 0,4 para áreas rurais e 0,8 para áreas urbanas.

Sendo assim, para obtenção da área urbanizada no entorno das sub-bacias, a área existente de cada classe de uso e ocupação do solo adotada para este indicador foi multiplicada pelo coeficiente de urbanização. Posteriormente as áreas das classes foram somadas e, em seguida, o resultado desta soma foi dividido pela área total do entorno urbanizada.

A tabela 24, a seguir, apresenta a pontuação aferida ao indicador de acordo com a porcentagem de área urbanizado no entorno de cada sub-bacia.

Tabela 24 - Pontuação do indicador taxa de urbanização do entorno.

Taxa de Urbanização do Entorno (TUE), em %	Pontuação
$TUE \leq 5$	1
$5 < TUE \leq 10$	0,8
$10 < TUE \leq 15$	0,6
$15 < TUE \leq 20$	0,4
$20 < TUE \leq 25$	0,2
$TUE > 25$	0

Indicador de Integridade de APP - O indicador de integridade de APP foi definido com base nas Áreas de Preservação Permanente definidas pelo Código Florestal brasileiro e suas alterações (BRASIL, 1965; BRASIL, 1986; e BRASIL, 2002).

O procedimento para definição do indicador de integridade de APP seguiu os seguintes passos: primeiro foi feita a vetorização da rede hidrográfica das sub-bacias; segundo foi gerado um *buffer* de 30, 50 e 100 metros em relação às margens dos corpos hídricos e um *buffer* de 50 metros ao redor dos pontos de prováveis áreas de nascentes, que foram estabelecidas de acordo com o Modelo Digital de Elevação – MDE; terceiro foi constituindo o Plano de informação (PI) de APP de cada sub-bacia; quarto foi feita uma interpolação entre o PI de APP com o PI de uso e ocupação do solo, o resultado desse procedimento foi o estabelecimento do PI integridade de APP para cada sub-bacia.

A soma das porcentagens de cobertura vegetal nas classes de uso do solo existente na poligonal da APP indica a porcentagem da integridade da APP. Desta forma, o cálculo do indicador de integridade de APP apresentado na tabela 25, consiste em uma pontuação aferida em função do nível de cobertura vegetal das Áreas de Preservação Permanente.

Tabela 25 - Pontuação do indicador de integridade de Área de Preservação Permanente (APP).

Integridade de APP (IAPP) em %	Pontuação
$IAPP > 95$	1
$95 \geq IAPP > 90$	0,8
$90 \geq IAPP > 80$	0,6
$80 \geq IAPP > 70$	0,4
$70 \geq IAPP > 60$	0,2
$IAPP \leq 60$	0

Indicador de Unidade de Conservação - A pontuação do indicador de cobertura por UC nas sub-bacias estudadas foi determinado segundo dois critérios. O primeiro foi estabelecido de acordo com a categoria da unidade de conservação (proteção integral ou uso sustentável) e suas respectivas porcentagens de cobertura na área das sub-bacias. A tabela 26 apresenta os atributos e a pontuação deste critério.

Tabela 26 - Pontuação do indicador de cobertura por unidades de conservação.

Cobertura por Unidades de Conservação (CUC), em %.	Pontuação
Maior que 75% de CUC (integ.)* /ou/ maior que 50% CUC (integ.) e maior que 25% CUC (sust.).	1
Maior que 90% CUC (sust.)* /ou/ entre 50% e 75% de CUC(integ.).	0,8
Entre 75% e 90% CUC (sust.)* /ou/ entre 25% e 50% CUC(integ.)	0,6
Entre 50% e 75% CUC(sust.)* / ou/ menor que 25% CUC(integ.)	0,4
Entre 25% e 50% CUC (sust)*	0,2
Menor que 25% CUC (sust)*	0

* CUC (sust.) Cobertura por Unidades de Conservação de Uso Sustentável

** CUC (integ.) Cobertura por Unidades de Conservação de Proteção Integral

O segundo critério é utilizado somente nos casos em que existir cobertura por UC da categoria de Proteção Integral. A pontuação foi realizada de acordo com as porcentagens de cobertura vegetal e áreas de domínio público da UC dentro dos limites da sub-bacia. A tabela 27 apresenta os valores da pontuação deste indicador.

Tabela 27 - Pontuação do indicador Unidades de Conservação para a categoria de Proteção Integral.

Área Verde (%)	Pontuação	Áreas públicas em %	Pontuação
IAV >95	1	AP >90	1
95 ≥ IAV > 90	0,8	90 ≥ AP > 80	0,8
90 ≥ IAV > 80	0,6	80 ≥ AP > 70	0,6
80 ≥ IAV > 70	0,4	70 ≥ AP > 60	0,4
70 ≥ IAV > 60	0,2	60 ≥ AP > 50	0,2
IAV ≤ 60	0	AP ≤ 50	0

A fórmula 17 abaixo apresenta o cálculo para o indicador de cobertura de UC da categoria de proteção integral.

$$IPI = \{IAV (0 - 1) + IAP (0 - 1)/2\} \quad (17)$$

Onde:

(IPI) = Indicador Unidades de Conservação de Proteção Integral;

(IAV) = Indicador Integridade da Área Verde;

(IAP) = Indicador Porcentagem de áreas públicas.

Desta forma, o indicador de unidades de conservação foi calculado conforme fórmula 18 apresentada abaixo:

$$IUC = \{CUC (0 - 1) + IPI (0 - 1)/2\} \quad (18)$$

(IUC) = Pontuação do Indicador Unidades de Conservação;

(CUC) = Indicador Cobertura por Unidades de Conservação;

(IPI) = Indicador Unidades de Conservação de Proteção Integral.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Mapeamento de uso e ocupação do solo das Sub-bacias do Batatã e Maracanã

O mapeamento do uso e ocupação do solo de bacias hidrográficas constitui uma importante ferramenta para a gestão, servindo como suporte para a análise da evolução espacial e temporal de tendências de crescimento e definição de áreas prioritárias de preservação e conservação ambiental.

Segundo Salomão *et al.* (1995) a ocupação humana constitui um fator decisivo de modificação de processos geradores de impacto, tais como: erosão, assoreamento e supressão de áreas de preservação permanentes. A deflagração deste processo é iniciada por atividades como o desmatamento, o cultivo de terra, a construção de estradas e a criação ou a expansão de cidades.

Considerando estes argumentos, este trabalho mapeou e analisou a evolução do uso e ocupação do solo nas sub-bacias hidrográficas do Batatã e Maracanã, São Luís – MA, utilizando-se de dados cartográficos de 1976 e 2008. O mapeamento foi fundamental para realização desse estudo uma vez que subsidiou a mensuração de diversas dimensões, indicadores e variáveis básicas adotadas na pesquisa. As evoluções, distribuições espaciais e respectivas variações das categorias de uso e ocupação do solo das sub-bacias do Batatã e Maracanã são apresentadas nos apêndices A e B, respectivamente.

Na sub-bacia do Batatã as mudanças mais expressivas referem-se às tipologias vegetacionais de capoeiras alta e média, pois de acordo com figura 04, observa-se que estas áreas diminuíram de 799,65 ha e 505,28 ha no ano de 1976 para 606,89 ha e 475,86 ha para o ano de 2008, respectivamente.

Na figura 04, observa-se uma diminuição da classe solo exposto entre os anos analisados. Houve uma redução de 69,83 ha em 1976 para 19,9 ha em 2008. A análise dos mapas temáticos de uso e ocupação do solo mostrou que as áreas classificadas como solo exposto no ano de 1976 transformaram-se em áreas urbanas e rurais em 2008 (Figuras 06 e 07).

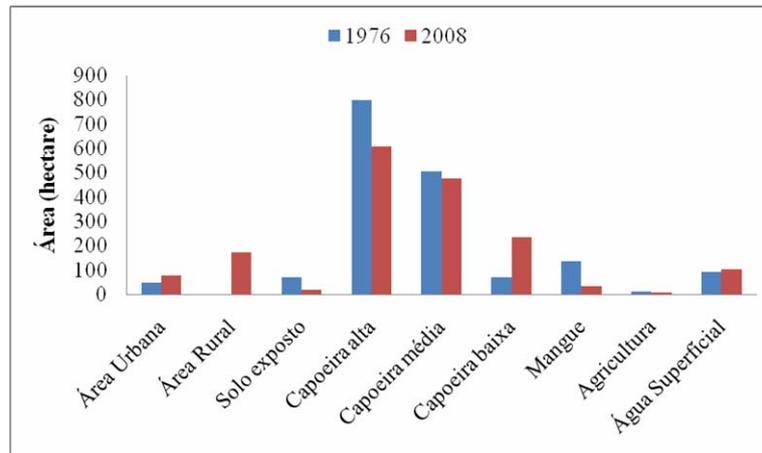


Figura 04 – Comparação da evolução das diferentes unidades de paisagem (ha) entre os anos de 1976 e 2008 para a sub-bacia do Batatã.

Com relação à sub-bacia do Maracanã, as principais mudanças referem-se à diminuição das classes de capoeira alta e média, estas reduziram de 1.069,98 ha e 1.197,81 ha em 1976 para 245,29 ha e 479,07 ha no ano de 2008, respectivamente (Figura 05 e Apêndice B). Observando os mapas temáticos para esta sub-bacia (Figuras 06 e 07) verifica-se que o crescimento das áreas urbanas e rurais foi responsável pela diminuição das tipologias de cobertura de vegetação. De acordo com o mapeamento, estas áreas não existiam em 1976, porém para o ano de 2008 totalizaram 1.338,76 ha, que correspondem a 49,27% da sub-bacia hidrográfica.

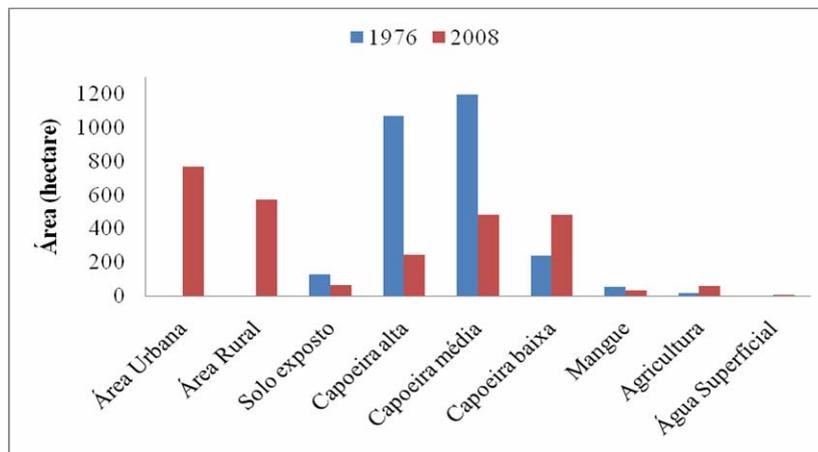


Figura 05 – Comparação da evolução das diferentes unidades de paisagem (ha) entre os anos de 1976 e 2008 para a sub-bacia do Maracanã.

Outro aspecto que merece atenção refere-se à diminuição das áreas de mangue nas sub-bacias estudadas, no Batatã houve uma redução de 136,94 ha em 1976 para

32,52 ha em 2008. Já na sub-bacia do Maracanã a supressão de manguezais durante os 34 anos foi de 21,05 hectares.

Quando se analisa comparativamente a ocupação urbana e rural nas duas sub-bacias, é clara e acentuada a diferença de porcentagem entre ambas, sendo que na sub-bacia do Batatã o nível de ocupação é menor que do Maracanã. Este fato deve-se à boa parte da sub-bacia do Batatã está inserida no Parque Estadual do Bacanga, que apesar de não implementado têm cerca de 1.099,7 hectares que correspondem a 63,45% da área da Unidade de Conservação de propriedade da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão – CAEMA.

No todo, verifica-se que a região é carente de políticas públicas destinadas a conter o crescimento urbano desordenado e coibir a implantação de novas invasões. A contenção desta problemática mostra-se urgente e prioritária, uma vez que a instalação de novas aglomerações urbanas e o crescimento das existentes influenciaram diretamente nos recursos ambientais que remanescem nas sub-bacias. Neste sentido, sugere-se a elaboração e implementação de um plano de ordenamento territorial que vise a busca de um equilíbrio entre os equipamentos habitacionais e de produção e a distribuição fundamental da população, levando em consideração os ecossistemas remanescentes das sub-bacias.

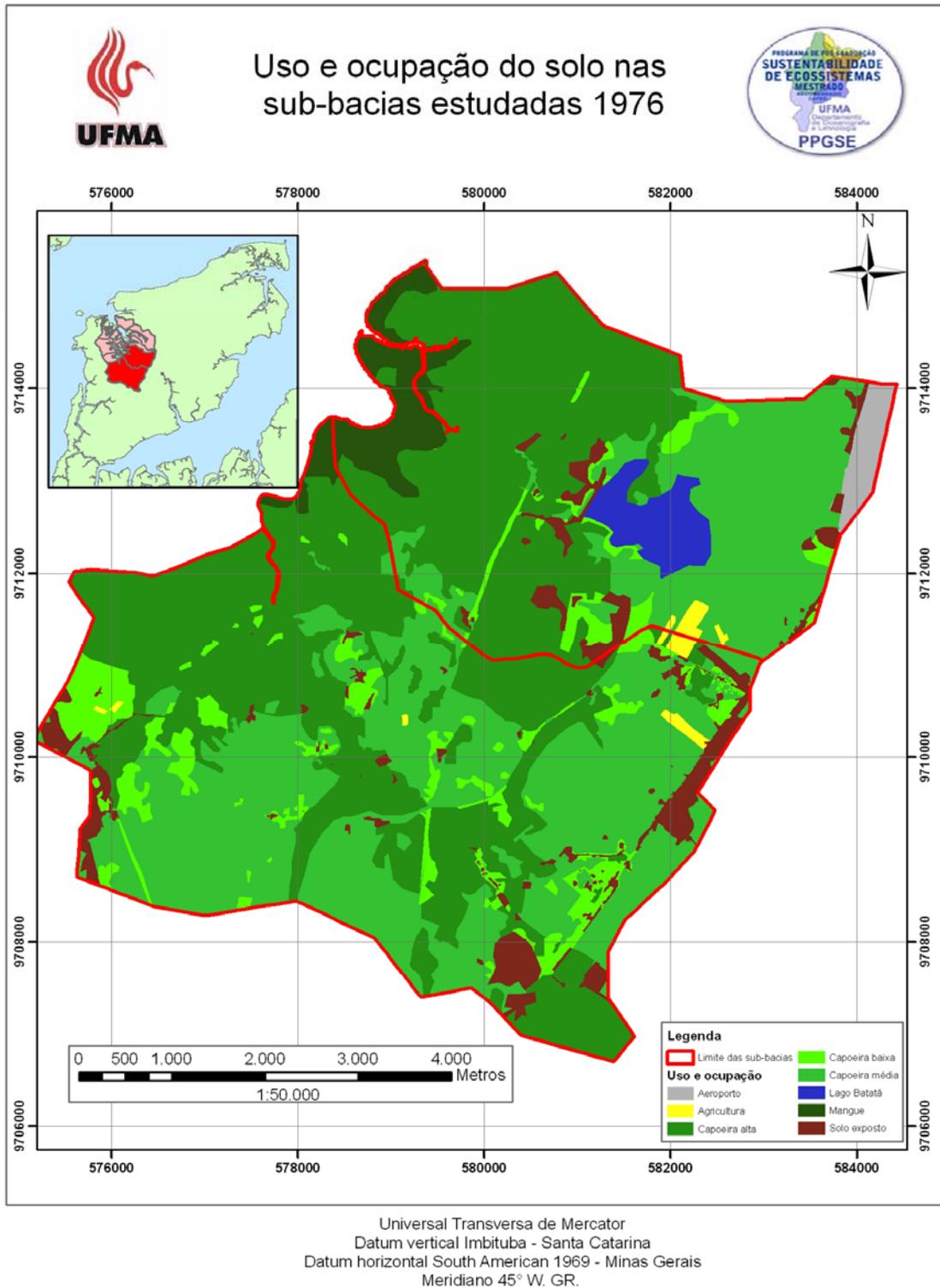


Figura 06 – Uso e ocupação do solo nas sub-bacias do Batatã e Maracanã no ano de 1976.

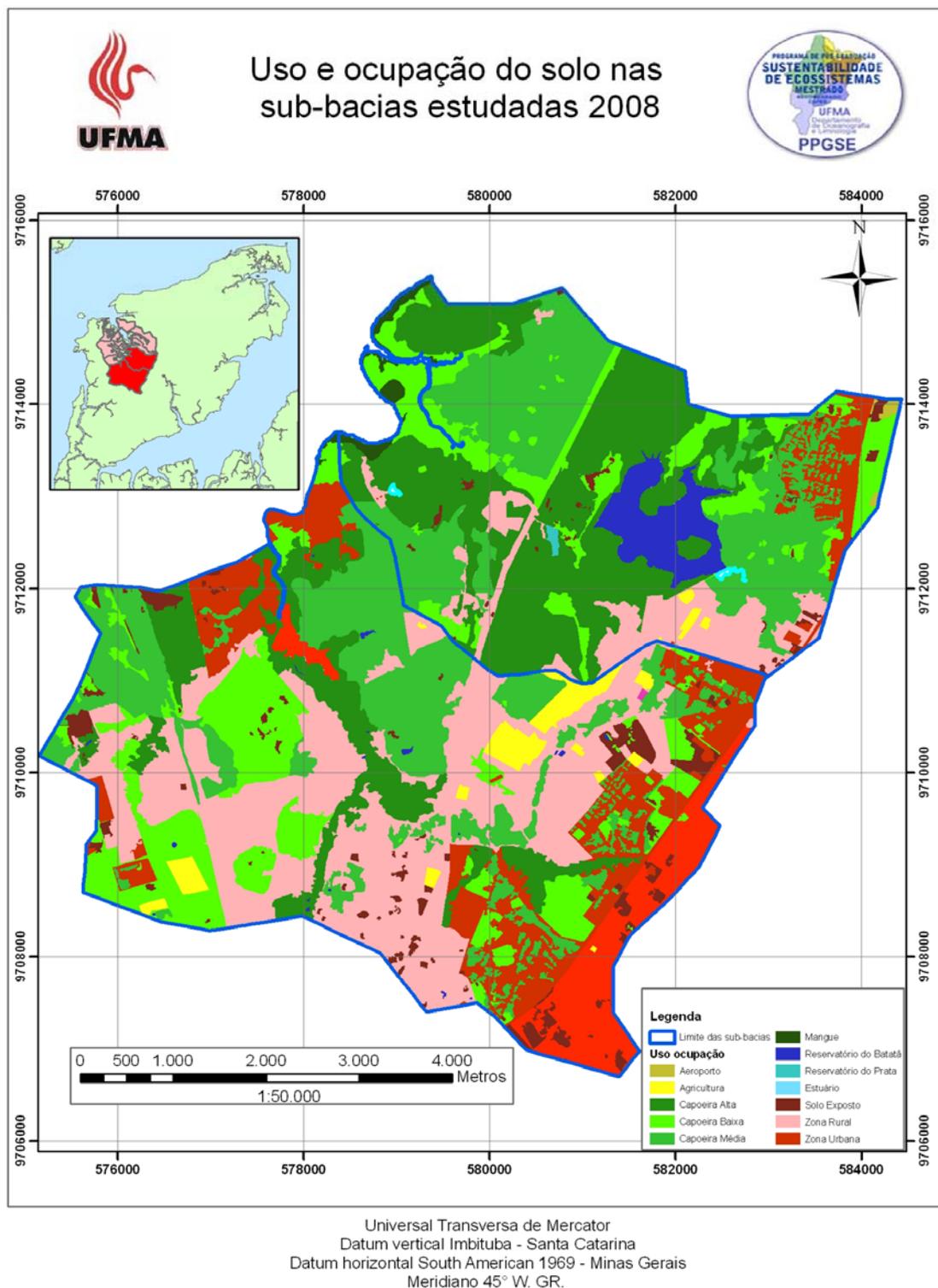


Figura 07 - Uso e ocupação do solo nas sub-bacias do Batatã e Maracanã no ano de 2008.

5.2 Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas

Neste item serão apresentados os resultados e discussão das variáveis e indicadores que compõe as dimensões do “*Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas (ISBH)*”. Serão abordadas as principais características de cada indicador e como estes podem subsidiar no planejamento e ordenamento das sub-bacias hidrográficas estudada. Posteriormente, será apresentada a análise comparativa e integrada da aplicação e pontuação do ISBH entre as sub-bacias hidrográficas estudadas.

5.2.1 Dimensão Ambiental

O cálculo dos indicadores desta dimensão tomou como base o mapeamento do uso e ocupação do solo, desta forma foi possível obter os valores de cada indicador para os anos de 1976 e 2008.

Indicador de Cobertura Vegetal

A vegetação constitui um elemento regularizador da biodiversidade, do clima, da composição atmosférica e do ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica, sendo sua integridade indispensável para a manutenção do equilíbrio ambiental em bacias hidrográficas. Tucci e Clarke (1997) reportam que modificações causadas por processos naturais e antrópicos na cobertura vegetal das bacias hidrográficas têm produzido alterações significativas. De acordo com estes autores com a retirada da vegetação os fluxos envolvidos no ciclo hidrológico se alteram trazendo principalmente as seguintes consequências:

- ✓ Aumento do albedo;
- ✓ Maiores flutuações de temperatura e déficit de tensão de vapor das superfícies das áreas desmatadas;
- ✓ Volume evaporado é menor devido à redução da interceptação vegetal;
- ✓ Menor variabilidade da umidade das camadas profundas do solo, já que a floresta pode retirar umidade de profundidades superiores a 3,6m, enquanto que a vegetação rasteira como pasto age sobre profundidades de cerca de 20 cm;
- ✓ Mudanças na distribuição espacial e temporal da precipitação, se a precipitação local não for dependente dos movimentos de massas de ar globais;

- ✓ Redução da capacidade de armazenamento, da infiltração de água e de recarga dos aquíferos subterrâneos;
- ✓ Alterações no escoamento superficial, o que pode ocasionar cheias e enchentes;
- ✓ Alterações na descarga de água e de sedimentos;
- ✓ Alterações na morfologia dos canais de drenagem;
- ✓ Erosão hídrica, caracterizada pela presença de sulcos, ravinas e voçorocas.

De acordo com o mapeamento realizado para uso e ocupação do solo, foram calculadas as áreas de vegetação (capoeira alta, média, baixa e mangue) para as sub-bacias estudadas nos anos de 1976 e 2008. Os valores com suas respectivas porcentagens de ocupação vegetal são apresentados na figura 08.

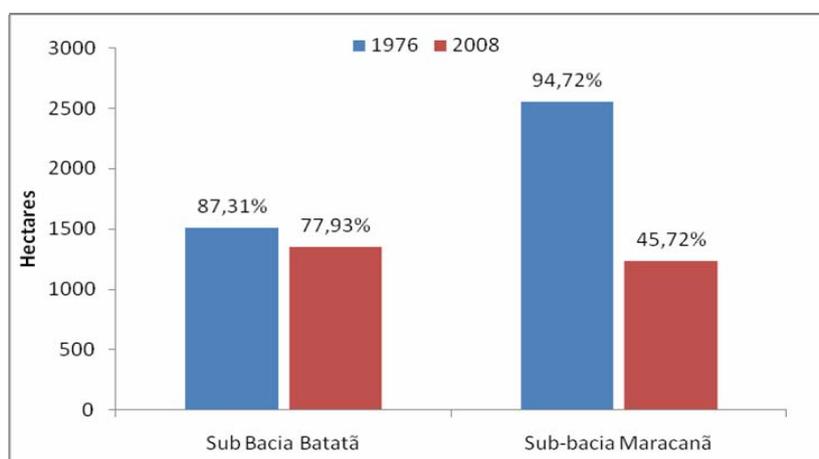


Figura 08 – Comparação das áreas com vegetação (ha) com seus respectivos percentuais de ocupação para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.

A tabela 28 abaixo apresenta a pontuação do indicador cobertura vegetal que foi calculado de acordo com a porcentagem de vegetação para os anos de 1976 e 2008.

Tabela 28 – Pontuação para o indicador de cobertura vegetal para os anos de 1976 e 2008.

Sub-bacias		
Anos	Sub Bacia Batatã	Sub-bacia Maracanã
1976	0,8	1
2008	0,6	0

Pode-se verificar uma diminuição na pontuação do indicador para as duas sub-bacias entre os anos de estudo. Este aspecto demonstra que a pontuação atribuída ao critério reflete as alterações da cobertura vegetal na área em estudo ao longo do tempo,

muito embora, constatamos algumas limitações no indicador. A primeira refere-se à sua rusticidade, que não avalia as variações das tipologias da vegetação, sendo este aspecto de suma importância, pois os diferentes estratos de vegetação interferem de formas peculiares nos sistemas em que estão integradas.

A outra limitação diz respeito às porcentagens de cobertura vegetal que foram atribuídas para a pontuação do indicador, pois constatou-se a necessidade de adequação deste critério para melhor comparação entre diferentes áreas de estudo. De acordo com os resultados a sub-bacia do Maracanã apesar de possuir 45,72% de sua área coberta por vegetação obteve pontuação 0, sendo assim outras sub-bacias que apresentarem porcentagens inferiores de vegetação serão enquadradas no mesmo critério de pontuação.

Desta forma, levando-se em consideração que os indicadores devem ser utilizados para comparação de diferentes áreas a fim de auxiliar na tomada de decisão para determinar o que é prioritário, sugere-se que o critério da pontuação do indicador em questão seja re-categorizado para melhor expressar as diferenças de cobertura de vegetação em bacias hidrográficas urbanas. A nova pontuação deve ser estimada com base no aumento ou diminuição do potencial de impacto que determinados fatores ambientais (erosão do solo, assoreamento dos corpos hídricos e potencial de enxurradas) relacionados com a integridade de vegetação possam vir a expressar.

Devido os benefícios promovidos pela manutenção das faixas de vegetação em bacias hidrográficas é necessário que no planejamento destas unidades sejam definidas áreas de manutenção da vegetação. A delimitação destas áreas deve levar em consideração o potencial natural de perda do solo por erosão laminar, a declividade da área, a proteção de corpos hídricos e nascentes, a conectividade para fluxos gênicos e principalmente, a relação com o escoamento superficial.

Indicador Risco de Erosão

A estimativa de perda de solo por erosão para uma determinada área é o princípio para planejar ações corretivas. Contudo, existem dificuldades para se avaliar de forma exata e precisa a extensão, magnitude e taxas da erosão acelerada, assim como os seus impactos ambientais e econômicos. Além das dificuldades técnicas, a pesquisa em erosão é cara e morosa, pois os processos erosivos variam no tempo e espaço sobre a

ação de numerosas variáveis físicas e de manejo que determinam as condições específicas de um local (WEILL, 1999).

Dentre os muitos modelos que tentam exprimir a ação dos principais fatores que exercem influência nas perdas de solo pela erosão hídrica, o que trata o assunto de modo mais dinâmico, devido ao fato de superar parcialmente restrições climáticas e geográficas e ter uma aplicação generalizada, é a chamada “*Equação Universal de Perda de Solo*” - EUPS (no inglês, *Universal Soil Loss Equation - USLE*) (WISCHMEYER e SMITH, 1978). A equação resulta de expressões empíricas, ainda limitadas no seu uso pelo fato de considerarem somente a produção anual de sedimentos (TUCCI, 1997).

Diversos autores relacionam os processos erosivos com a degradação dos recursos hídricos (SILVA *et al.*, 2003; PEDRO e LORANDI, 2004; MARCOMIN, 2002; TOMAZONI e GUIMARÃES, 2005a; SANTOS *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2007; RIBEIRO e ALVES, 2007). Esses autores adotaram Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS), normalmente acompanhada de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como ferramentas para quantificar a perda de solo por erosão hídrica e principalmente para identificar as áreas com potencial de erosão.

Segundo Machado (2003) a EUPS é a equação de estimativa de erosão mais conhecida e aplicada até hoje. Todos os modelos desenvolvidos após a EUPS foram elaborados a partir dela, ou contêm parâmetros dessa equação (RENARD e MAUSBACH, 1990). O objetivo básico da EUPS é de fazer previsão de médio e longo prazos de erosão do solo com base em séries de longos períodos de coleta de dados e daí então promover o planejamento de práticas conservacionistas para minimizar as perdas de solo em níveis aceitáveis.

A EUPS foi proposta por Wischmeier e Smith (1978) e adaptada para realidade brasileira por Bertoni e Lombardi Neto (1993). A equação permite uma análise da perda de solo levando em conta a intensidade da chuva na região, a erodibilidade dos solos, o comprimento da encosta, o declive e as medidas de uso e conservação do solo (TOMAZONI *et al.*, 2005). Para cálculo da EUPS na região de estudo foi necessário a mensuração de todas as variáveis citadas acima que compõe a equação. A seguir serão apresentados os resultados de cada um destes fatores.

Erosividade das Chuvas (R)

Na mensuração da erosividade optou-se em fazer a fusão das series históricas das duas estações e considerar para as sub-bacias hidrográficas estudadas um valor de erosividade de chuvas padrão para série histórica de 16 anos.

De acordo com a aplicação equação (03 - *ver metodologia*), o valor total da erosividade das chuvas (R) foi de 10.714,05 MJ.mm/(ha.ano) para as sub-bacias do Batatã e Maracanã. Este valor foi considerado para o fator R no calculo da EUPS para os anos de 1976 e 2008.

Os valores das médias dos totais mensais e anuais de precipitação entre os anos de 1993 e 2008 e seus respectivos índices de erosividade (R) são apresentados no Apêndice C. Pode-se observar que entre os meses de janeiro e maio ocorrem os maiores índices de erosividade das chuvas, fato este que está relacionado com período chuvoso do município de São Luís. O mês de abril apresenta os maiores valores totalizando 3613,59 MJ.mm/ha.ano e o mês de outubro os menores, correspondendo a 0,007335 mm/ha.ano.

Erodibilidade dos Solos (K)

Através do cruzamento do mapa de solos de São Luís (MARANHÃO, 2002) com o limite das sub-bacias do Batatã e Maracanã, obtiveram-se os mapas de solos para cada área da sub-bacia, representado na figura 09.

De acordo com Baptista (1997), a erodibilidade pode ser determinado experimentalmente, em condições específicas de declividade e comprimento de rampa, ou de forma indireta por meio de um nomograma desenvolvido por Wischmeier *et al.* (1971) *apud* Baptista (1997). O cálculo de K foi realizado através do cruzamento do tipo de solo nas sub-bacias com os valores de erodibilidade (K) extraídos na literatura.

Os tipos de solos encontrados em cada sub-bacias, as áreas ocupadas por cada classe, seus respectivos percentuais em relação à área total e os valores do fator de erodibilidade utilizados são expostos nas Tabelas 29 e 30 para cada sub-bacia.

Tabela 29 – Área de ocupação (ha) por classe de solos em hectare e percentual com seus respectivos valores de erodibilidade para a sub-bacia do Batatã.

Tipo de Solo	Área (ha)	%	Erodibilidade (t.h/(MJ.mm))
Neossolos	1.197,80	69,16	0,027
Gleissolos	392,08	22,64	0,036
Argissolos	116,19	6,71	0,042
Solos indiscriminados de mangue	25,93	1,50	-
Total	1732	100	

Tabela 30 – Área de ocupação (ha) por classe de solos em hectare e percentual com seus respectivos valores de erodibilidade para a sub-bacia do Maracanã.

Tipo de Solo	Área (ha)	%	Erodibilidade (t.h/(MJ.mm))
Neossolos	1.684,54	62,39	0,027
Gleissolos	584,72	21,66	0,036
Argissolos	429,16	15,89	0,042
Solos indiscriminados de mangue	2,57	0,10	-
Total	2700	100	-

Como observado nas tabelas 29 e 30 os tipos de solos que predominam são semelhantes para as duas sub-bacias estudadas, sendo eles: Neossolos que totalizam 69,16% da área da sub-bacia do Batatã e 62,39% no Maracanã e Gleissolos que corresponde a 22,64% e 21,66%, em cada sub-bacia, respectivamente. Os valores de erodibilidade são de 0,027 t.h/(MJ.mm) para as Neossolos e 0,036 t.h/(MJ.mm) para os Gleissolos.

Nas áreas cobertas por solos indiscriminados de mangue considerou-se o fator de erodibilidade igual a zero por nestas áreas ser incomum a perda de matérias particulados por erosão e pela ausência de referências bibliográficas que estimem estes valores.

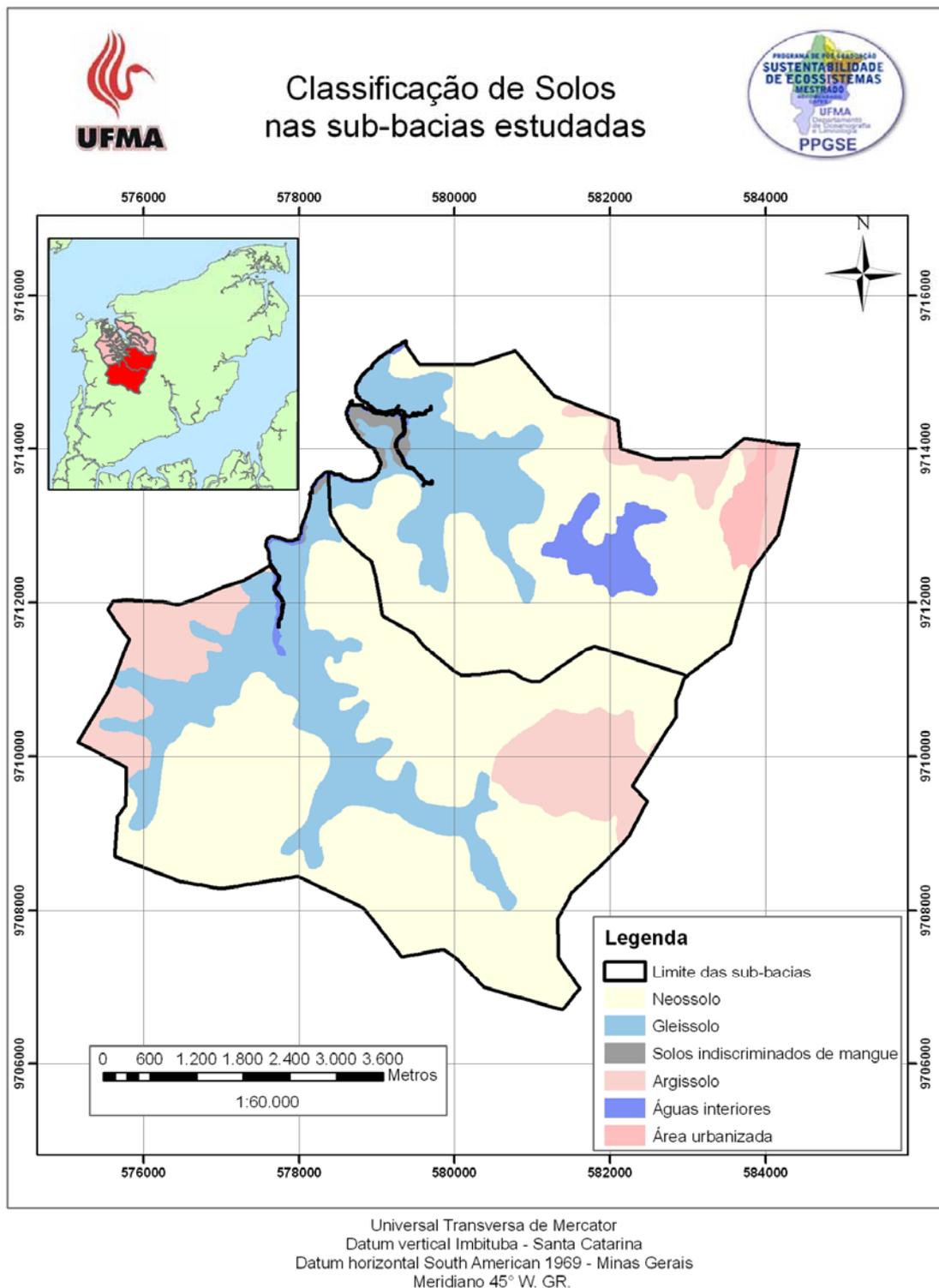


Figura 09 – Representação da distribuição dos solos nas Sub-bacias do Batatã e Maracanã. (Fonte: MARANHÃO, 2002).

Fator Topográfico (LS)

A influência do relevo na intensidade erosiva verifica-se, principalmente, pela declividade e comprimento da rampa da encosta ou da vertente, que interferem diretamente na velocidade do escoamento superficial das águas pluviais. O comprimento da encosta é definido como a distância que vai do ponto de origem do escoamento superficial até o ponto onde a inclinação diminui e começa a deposição de sedimentos ou até onde o escoamento atinge um canal bem definido, integrante de uma rede de drenagem (SMITH e WISCHIMEIER, 1957, *apud* STELLFELD *et al.*, 1999).

Os terrenos com maiores declividades e comprimentos de rampa apresentam maiores velocidades de escoamento superficial e, conseqüentemente, maior capacidade erosiva, mas uma encosta com baixa declividade e comprimento de rampa grande também pode ter alta intensidade erosiva, desde que sujeita a grande vazão do escoamento das águas superficiais.

É muito comum nos trabalhos de determinação das variáveis da EUPS por meio de geoprocessamento, considerar a integração da declividade com o comprimento de rampa, gerando uma única variável, conhecida como LS (BAPTISTA, 1997).

Tendo em vista que um valor constante da declividade de uma vertente tende a superestimar ou subestimar a erosão; Kok *et al.* (1995), tomaram um valor médio de declividade por classes para o cálculo do Fator LS da equação da EUPS, segundo os autores, os valores medidos foram calculados a partir das relações estabelecidas entre comprimento da vertente e o gradiente.

A partir do Modelo Digital de Elevação calcularam-se as classes hipsométricas (Tabela 31) e de declividade (Tabela 32) das sub-bacias estudadas. A figura 10 representa o mapa temático de declividade para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

Quanto à hipsometria observou-se que as altitudes máximas foram de 56 metros para a sub-bacia do Batatã e 51,9 metros para a do Maracanã.

Tabela 31 - Hipsometria das sub-bacias hidrográficas do Batatã e Maracanã.

Classes de Hipsometria (m)	Sub-bacias			
	Batatã		Maracanã	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
0 – 5	159,31	9,20	159,02	5,89
5 – 10	91,00	5,25	319,50	11,83
10 – 15	100,92	5,83	200,56	7,43
15 – 20	254,52	14,70	141,43	5,24
20 – 25	151,52	8,75	378,21	14,01
25 – 30	174,02	10,05	377,09	13,97
30 – 35	168,34	9,72	414,81	15,36
35 – 40	163,98	9,47	326,41	12,09
40 – 45	164,18	9,48	259,56	9,61
50 – 55	302,31	17,45	123,40	4,57
55 – 60	1,91	0,11	-	-
Total	1.732	100	2.700	100

Como o Fator LS é calculado a partir dos valores da declividade em percentagem, foi necessária a conversão da matriz declividade em graus para valores percentuais, sendo em seguida reclassificada a partir dos valores propostos por Kok *et al.* (1995), expressos na Tabela 11 (*ver metodologia*). A tabela 32 apresenta a área ocupada por cada classe de declividade e seu respectivo percentual em relação à área total.

Tabela 32 – Classes de declividade com suas respectivas áreas e porcentagens para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Classe de Declividade	Sub-bacias			
	Batatã		Maracanã	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
0 – 5	1.220,46	70,47	2.126,24	78,75
5 - 10	358,05	20,67	436,96	16,18
10 - 15	103,9	6	93,67	3,47
> 30	49,59	2,86	43,13	1,60

Como pode ser observado na tabela 32, predominam as classes de declividade entre 0° e 5° na área das duas sub-bacias, sendo que para o Batatã esta classe correspondeu com 70,47% do total e para o Maracanã a porcentagem foi de 78,75%.

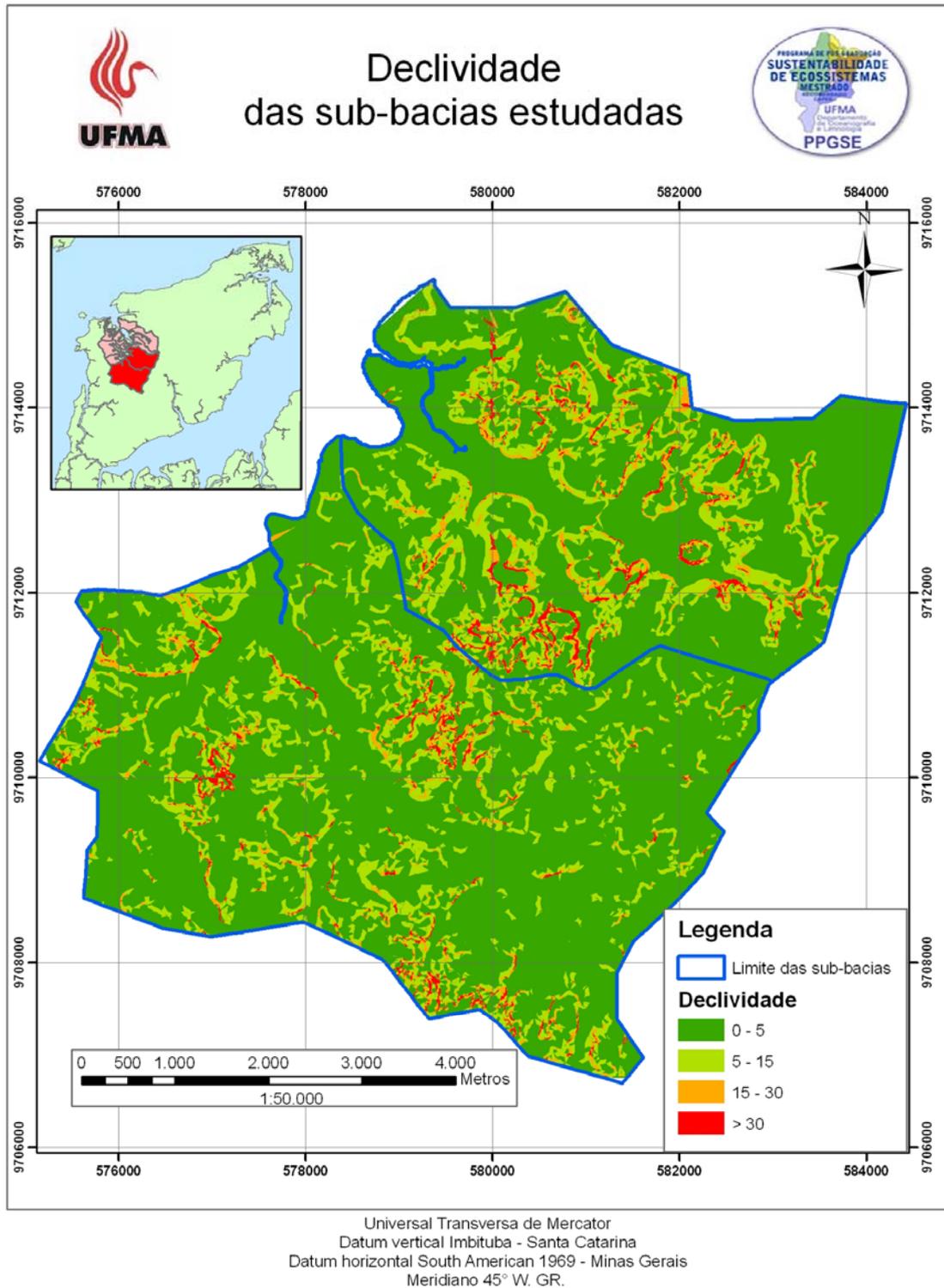


Figura 10 – Mapa de declividade das sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Fator de Uso e Conservação do Solo (CP)

A partir do cruzamento do *layer* de uso e ocupação do solo dos anos de 1976 e 2008 com os valores de CP extraídos na literatura obteve-se o valor desta variável em cada ano em cada célula de uso e ocupação do solo. Nos apêndices D e E, são apresentadas as áreas e porcentagens dos usos e ocupações do solo nas sub-bacias com seus respectivos valores do fator CP.

Conforme observado nos apêndices D e E, no ano de 1976 para as duas sub-bacias as classes de uso e ocupação predominantes são as de capoeira alta e média, estas por sua vez apresentam valores relativamente baixos de CP, sendo de 0,00004 para a primeira e de 0,0007 para a segunda, conforme apresentado na tabela 10 (*ver metodologia*). Estes resultados evidenciam que para a sub-bacia do Batatã e Maracanã no ano de 1976, cerca de 75,34% e 83,99% de suas áreas estão relacionadas com baixos valores de CP.

Para o ano de 2008 os valores predominantes de CP para cada sub-bacia foram os referentes às classes de capoeira alta e média para o Batatã, correspondendo com 62,51% da sub-bacia. Na sub-bacia do Maracanã as classes predominantes foram as de áreas urbanas e rurais que totalizam 49,57% da sub-bacia.

A análise dos valores de CP é indispensável para a melhor compreensão dos resultados da perda de solos acumulada por unidade de área (A), pois, os demais valores da equação (Fórmula 03 – *ver metodologia*) são constantes para as duas sub-bacias nos dois anos analisados. Sendo assim, presume-se que o uso e ocupação do solo, assim como as práticas conservacionistas são os fatores que tem maior influencia nas mudanças dos valores de perda de solo anual de uma determinada área. Santos *et al.* (2006) destaca ainda que os menores valores de CP estão relacionados com as áreas onde se espera menores perdas de solos, e os valores mais altos indicam a expectativa de perdas de solos mais elevadas, refletindo usos com cultivos que oferecem menor proteção.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1993), o fator uso e manejo do solo (C) é a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado e em um terreno desprotegido. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo. Santos *et al.* (2006)

considera os fatores C e P como a participação antrópica nos cálculos da EUPS e também considera possível a combinação das duas variáveis.

Perda de Solo por Erosão Laminar (A) – Indicador Risco de Erosão

A partir dos resultados da “Equação Universal de Perda de Solos (EUPS)”, as sub-bacias foram qualificadas para os anos de 1976 e 2008 de acordo com as classes de perdas de solo propostas por Ribeiro e Alves (2007), conforme apresentado na Tabela 07 (ver metodologia). As figuras 12 e 13 apresentam os mapas temáticos da classificação da EUPS.

De acordo com os resultados a classe de perda de solos predominante para os dois anos de estudo (1976 e 2008) para ambas as sub-bacias foi “*muito baixa*”, ou seja, com perda de solo entre 0 e 1 tonelada/hectare.ano (Tabela 33).

Tabela 33 – Classe de Perda de Erosão com suas respectivas áreas de ocorrência e percentuais estimadas para os anos de 1976 e 2008 para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Classes de Perda de Solo (ton/h.ano)	Sub-bacia do Batatã				Maracanã			
	1976		2008		1976		2008	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Muito baixa	1.579,10	91,17	1.284,90	74,19	2.252,79	83,44	1.478,70	54,77
Baixa	59,45	3,43	213,05	12,30	230,40	8,53	396,16	14,67
Baixa a moderada	32,91	1,90	183,87	10,62	62,01	2,30	460,74	17,06
Moderada	1,50	0,09	7,64	0,44	0,03	0,001	145,69	5,40
Moderada a forte	43,77	2,53	37,69	2,18	131,69	4,88	189,77	7,03
Forte	9,06	0,52	3,41	0,20	12,98	0,48	20,27	0,75
Muito Forte	6,23	0,36	1,38	0,08	9,86	0,37	8,58	0,32
Extrema	0	0,00	0	0	0,23	0,01	0,0004	0,00001

Observando a tabela 33, acima, verifica-se que para o ano de 1976 a sub-bacia do Batatã possuía 91,17% de sua área na classe muito baixa, já para o ano de 2008 os resultados demonstraram uma redução de 16,98%, pois esta classe correspondeu com 74,19% do total.

A sub-bacia do Maracanã possuía 83,44% de seu território classificado como muito baixo em 1976, no ano de 2008 este valor reduziu para 54,17%. Outras modificações relevantes para esta sub-bacia referem-se ao aumento das áreas classificadas como “*baixa a moderada*”, “*moderada*” e “*moderada a forte*”.

De acordo com a literatura a perda de solo por erosão laminar é preocupante quando apresenta resultados acima de 100 (t/ha.ano) (TOMAZOLI e GUIMARÃES,

2005; SANTOS *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2007; RIBEIRO e ALVES, 2007). Neste estudo para o ano de 1976 foi determinado que 3,41% e 2,45% da área das sub-bacias do Batatã e Maracanã perdiam acima de 100 (t/ha.ano) de solo, respectivamente.

Estes resultados demonstram que mesmo sem ocupação antrópica as sub-bacias possuíam áreas com perda de solos acima da classe moderada, provavelmente pelos altos valores de erosividade da chuva e da porcentagem de áreas com declividades acima de 10°, onde o fator LS teria maior peso na equação da EUPS. Estes fatores são sinérgicos e por si só, podem potencializar a erosão de uma área com cobertura vegetal.

Em 2008 as porcentagens destas áreas aumentaram para 5,73% e 13,49% para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. No Batatã este aumento foi menor devido à manutenção da cobertura vegetal. Quanto à sub-bacia do Maracanã, os resultados são preocupantes, devido principalmente a dois fatores. O primeiro refere-se ao aumento de forma desordenada da zona urbana e o segundo ao assoreamento dos corpos hídricos remanescentes.

Visualizando de forma conjunta estes dois fatores, e analisando as variáveis que contemplam a EUPS, verifica-se que o aumento das zonas urbanas, no cálculo da equação não contribui com perda de solo, pois de acordo com a literatura o fator de erodibilidade (K) destas áreas é igual a zero. Por outro lado, a porcentagem de impermeabilização de áreas urbanas é maior (91%) o que provocará um maior escoamento superficial. Desta forma, aliando o aumento do escoamento superficial com o aumento da perda de solo por erosão laminar; e associado ao crescimento urbano desordenado, constatou que na sub-bacia do Maracanã, existem maiores níveis de assoreamento dos corpos hídricos da região, pois neste cenário os sedimentos são mais facilmente carregados para seus leitos.

Corroborando com esta afirmação estão os resultados referentes aos indicadores da “*Dimensão da Qualidade de Água*”, onde os valores de resíduos totais das águas (Tabela 38 e 39 – *ver resultados IQA*) e de turbidez da sub-bacia do Maracanã são relativamente maiores que os da sub-bacia do Batatã.

Neste sentido a utilização da EUPS como ferramenta de diagnóstico ambiental mostra-se apropriado para a gestão de sub-bacias hidrográficas. Os resultados da EUPS evidenciam a necessidade de manutenção das áreas verdes, do ordenamento do crescimento da região do Maracanã, do reflorestamento das matas ciliares

remanescentes e principalmente da proteção das áreas com declividade superior a 10 graus.

Com relação à pontuação do indicador para as sub-bacias, a figura 11 apresenta as áreas em hectare com perda de solo acima de 100 (t/ha.ano) para os anos de 1976 e 2008 e as respectivas pontuações para o Risco de Erosão.

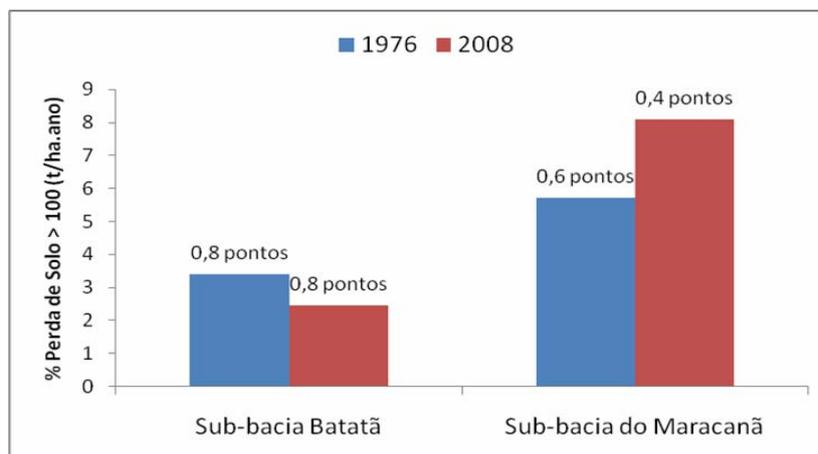


Figura 11 – Áreas em hectare com Perda de Solos maiores que 100 (t/ha.ano) nas sub-bacias do Batatã e Maracanã para os anos de 1976 e 2008 e as respectivas pontuações do indicador Risco de Erosão.

Os resultados da pontuação do indicador evidenciaram as modificações nas sub-bacias estudadas, esta afirmativa pode ser confirmada averiguando-se dois aspectos. O primeiro é referente à pontuação para o ano de 1976, onde em ambas sub-bacias foi constatado, que mesmo sem ocupação antrópica haveria a necessidade do ordenamento das áreas que fossem vir a ser ocupadas, devido ao potencial natural de perda de solos por erosão laminar. O segundo aspecto refere-se à diminuição da pontuação na sub-bacia do Maracanã para o ano de 2008, constatando que o indicador representou as variações temporais das influências dos usos e ocupações irregulares e desordenadas do solo nas áreas estudadas.

Neste sentido, para o controle do processo erosivo laminar é necessária a readequação do uso da terra, que pode ser disciplinada de duas formas básicas: a primeira delas é adotando-se de coberturas que sejam capazes de proteger os solos expostos adequadamente; e a outra é a adoção de práticas conservacionistas mecânicas que fragmentem o comprimento de rampa e diminuam o espaço de escoamento superficial da água.

Sustentabilidade dos Solos (Tolerância do Solo x Perda de Solo)

A partir do cruzamento dos Planos de Informação (PI) dos tipos de solos das sub-bacias com seus respectivos valores de tolerâncias e os PI de perda de solo por erosão laminar (A), obteve-se os mapas de sustentabilidade dos solos das sub-bacias para os anos de 1976 e 2008, demonstrados nas figuras 14 e 15, respectivamente.

Os mapas de sustentabilidade dos solos obtidos neste trabalho representam as áreas das sub-bacias que possuem erosões laminares menores ou maiores que suas respectivas tolerâncias (capacidade de renovação). A Tabela 34, expressa as áreas de perda de solo maior e menor que suas respectivas tolerâncias, bem como o percentual em relação à área total, para cada sub-bacia nos anos de 1976 e 2008.

Tabela 34 – Áreas das sub-bacias com tolerância do solo (T) maior e menor que a perda de solos (PS).

Sub-bacias	Anos	PS > T		PS < T	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%
Batatã	1976	276,06	15,94	1.455,94	84,06
	2008	402,59	23,24	1.329,41	76,76
Maracanã	1976	208,75	7,73	2.491,25	92,27
	2008	795,38	29,46	1.904,62	70,54

Foi constatado um aumento significativo de áreas com perda de solos maiores que suas respectivas tolerâncias para as duas sub-bacias estudadas entre os anos de 1976 e 2008. Os resultados demonstraram que em 1976, 15,94% e 7,73% das áreas das sub-bacias do Batatã e Maracanã tinham áreas com perda de solos maiores que suas tolerâncias. Estes valores aumentaram em 2008 para 23,24% e 29,46% para cada sub-bacia, respectivamente.

Os resultados de sustentabilidade dos solos servem como base para estabelecer prioridades no estabelecimento de áreas para implementação de medidas de contenção de erosão. As áreas com erosão acima da tolerância dos solos devem ser consideradas como áreas degradadas ou em estagio de degradação, impondo, portanto a elaboração de estudos para definição de adoção de práticas conservacionistas de proteção do solo.

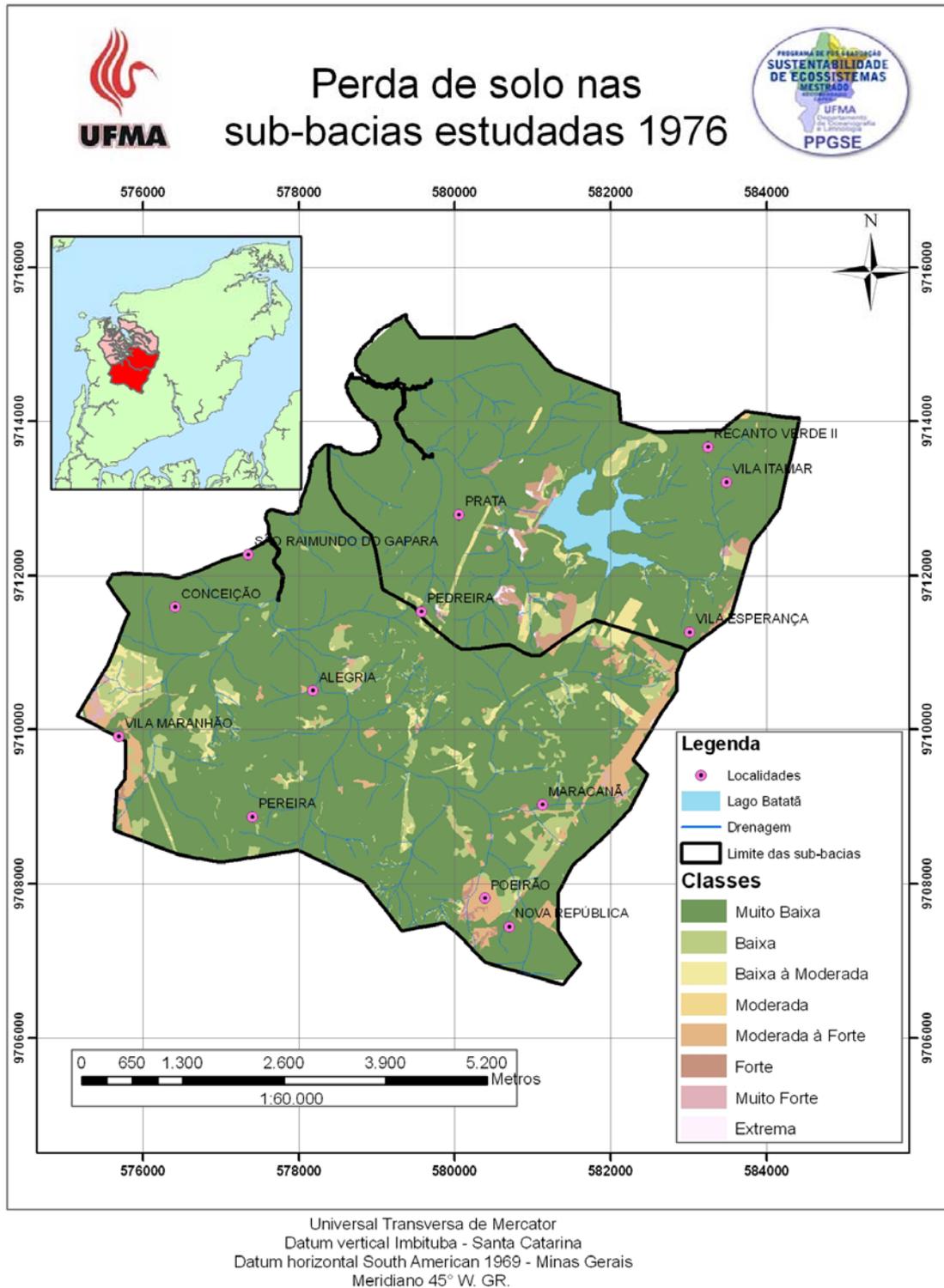


Figura 12 – Mapa de classes de Perda de solos por erosão laminar para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 1976.

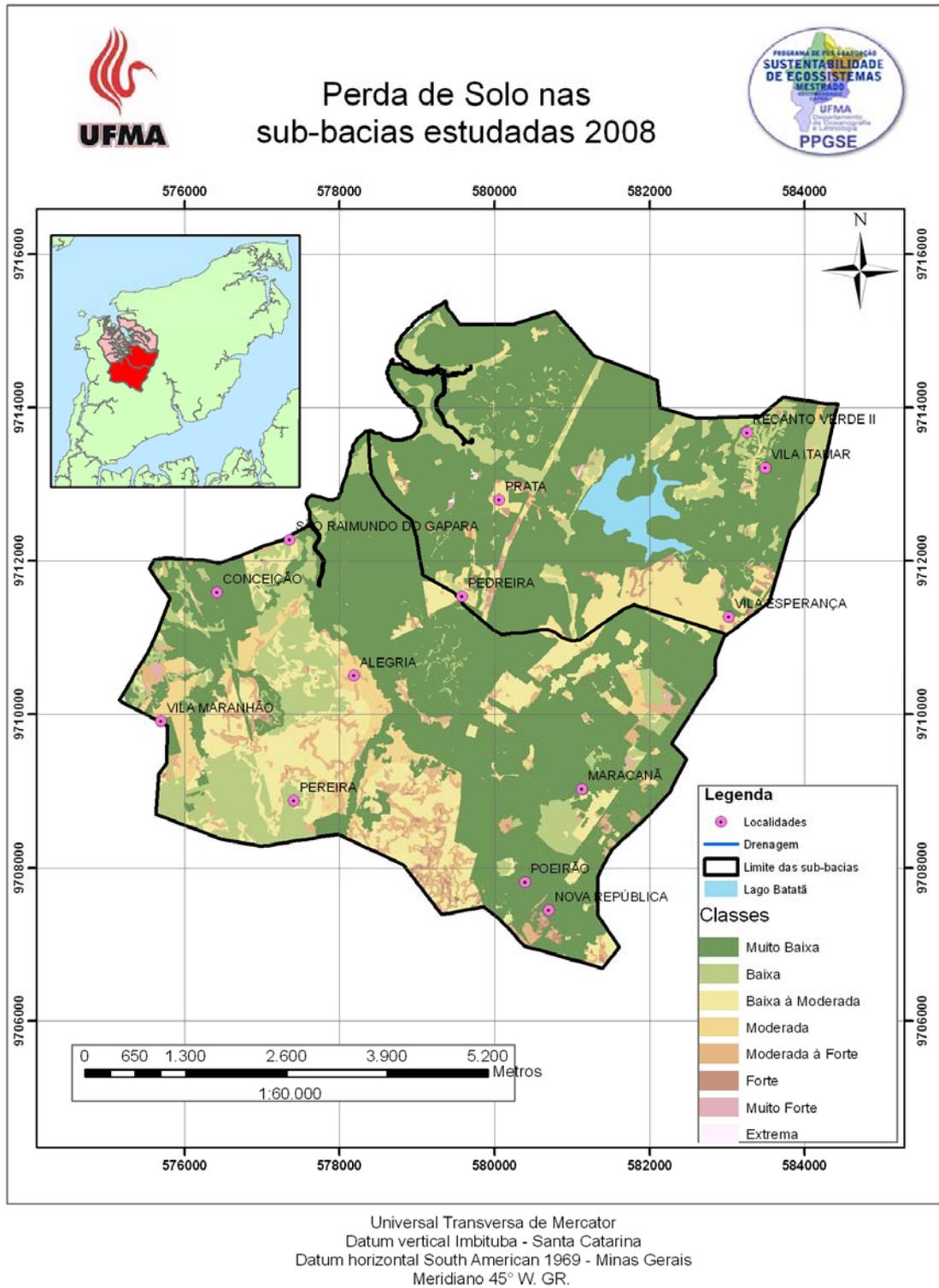


Figura 13 – Mapa de classes de Perda de solos por erosão laminar para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 2008.

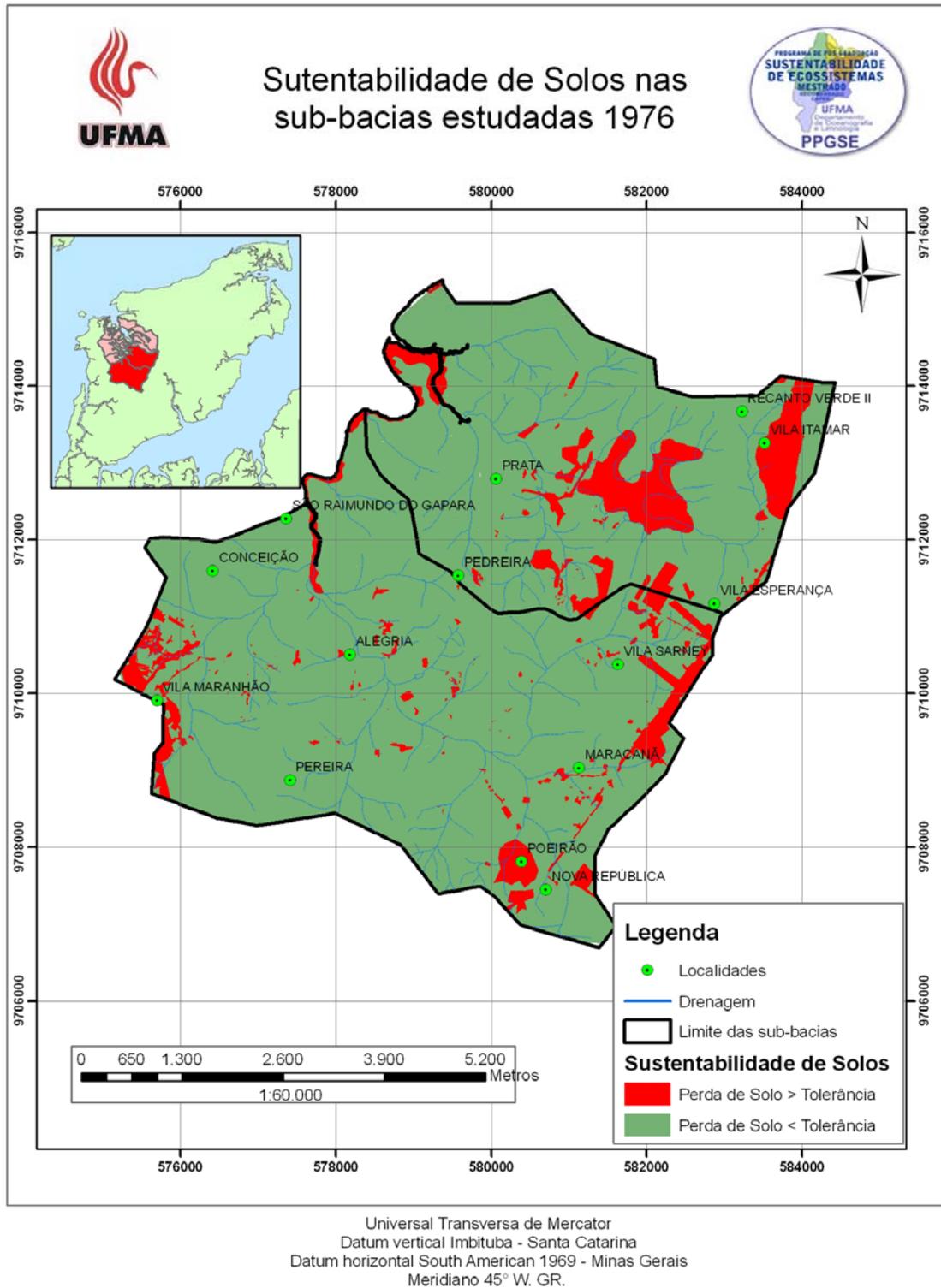


Figura 14 – Mapa de sustentabilidade dos solos para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 1976.

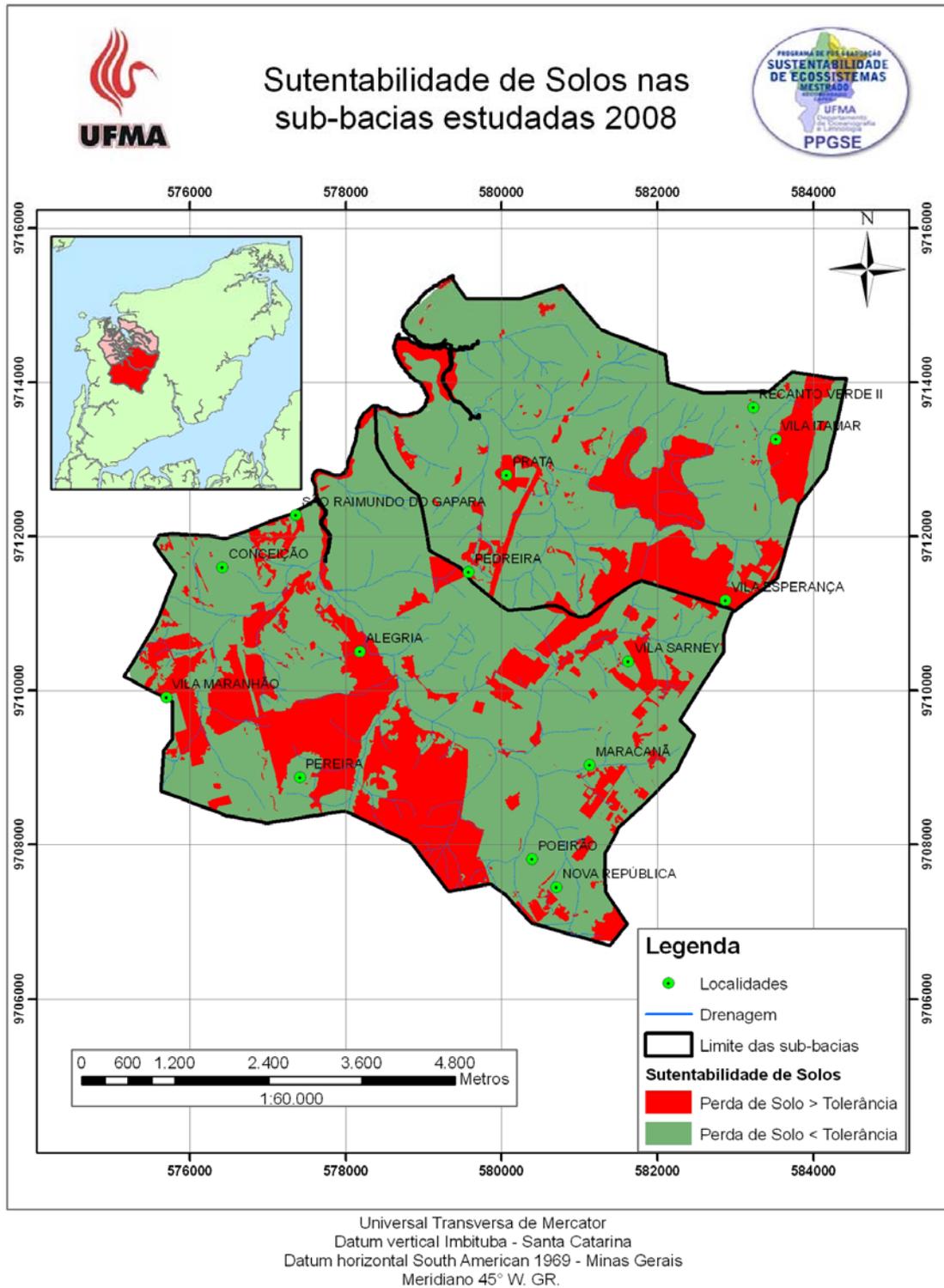


Figura 15 – Mapa de sustentabilidade dos solos para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 2008.

Indicador de Densidade de Estradas (DE)

Segundo trabalho de Seixas e Magro (1998), quando foram analisados indicadores ambientais relacionados às operações florestais, a densidade de estradas foi apontada como um valioso indicador dos impactos das atividades florestais sobre o meio ambiente, notadamente os recursos hídricos.

Outro aspecto relacionado à implantação de estradas refere-se ao impacto erosivo sobre a qualidade dos recursos hídricos, já que uma maior quantidade de estradas aumenta as oportunidades para escoamento das águas, com uma velocidade maior e aumentando, portanto, o aporte de sedimentos aos cursos de água (MEIRELLES, 2005).

De acordo com Lima (2000), se o traçado da malha viária não considera os atributos da bacia hidrográfica, constitui-se em um foco permanente de erosão, principalmente em solos mais sensíveis.

Foi realizado o mapeamento das estradas para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã (Figuras 17 e 18). Os valores de comprimento de estradas (L) de terra e asfalto (corrigida) para as sub-bacias são apresentadas na figura 16, abaixo.

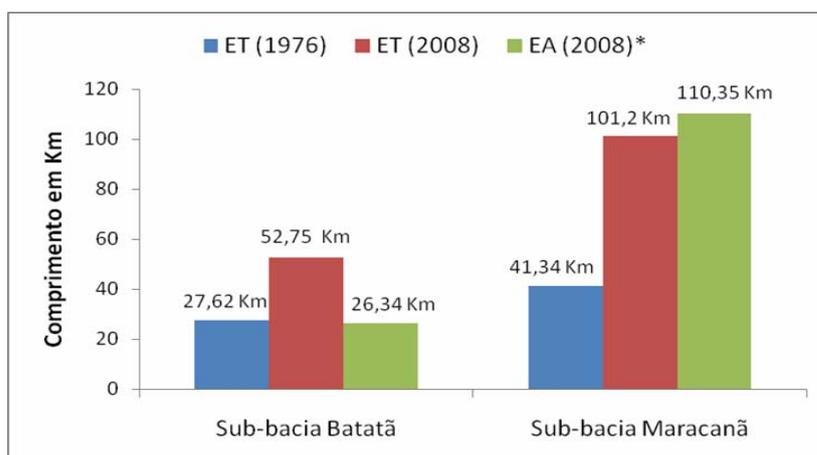


Figura 16 – Comprimento (Km) das estradas de terra e asfalto para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã. (* valores corrigidos – Fator de 1,5).

Segundo o mapeamento realizado para o ano 1976 não foram encontradas estradas de asfalto, todas as estradas foram consideradas como de terra. De acordo com o mapeamento (Figura 16) o comprimento (L) foi de 27,62 Km e 41,34 Km para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. Os resultados foram de $1,6 \text{ km}^{-1}$ e $1,53$

Km^{-1} , para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. Desta forma a pontuação para este indicador no ano de 1976 foi de 1 para ambas sub-bacias.

Para o ano de 2008 foram mapeados 52,75 Km e 17,56 Km de estradas de terra e asfalto para a sub-bacia do Batatã, respectivamente. Com relação ao Maracanã os valores obtidos foram de 101,2 Km de estradas de terra e 73,59 Km de asfalto. É importante ressaltar que para o cálculo de DE é necessário a correção dos valores de L para as estradas de asfalto (fator 1,5). Desta forma os valores do L de asfalto das sub-bacias do Batatã e Maracanã correspondem a 26,34 Km e 110,38 Km, respectivamente (Figura 16).

Para o cálculo de DE em 2008, primeiramente foi realizado o somatório do L de terra e asfalto corrigido para cada sub-bacia (Fórmula 08 – *ver metodologia*) e posteriormente foi aplicada a fórmula 07 (*ver metodologia*), referente à DE. Os resultados de DE foram de $4,57 \text{ Km}^{-1}$ para a sub-bacia do Batatã equivalendo a 0,2 pontos para o indicador e de $6,47 \text{ Km}^{-1}$ para a sub-bacia do Maracanã, correspondendo a pontuação 0.

Os resultados demonstraram um crescimento significativo da DE na sub-bacia do Maracanã, pois o L cresceu de 41,34 Km em 1976 para 174,49 Km em 2008. Estes resultados eram esperados, pois 49,57% desta bacia são ocupadas por áreas urbanas e rurais, o que conseqüentemente aumenta a DE. O que é preocupante e ratifica a falta de planejamento e ordenamento no crescimento da urbanização e de infra-estrutura oferecida pelo poder público nesta região é a grande quantidade de estradas de terra, que corresponde aproximadamente a 60% do total.

Outro aspecto que merece destaque é o aumento de L na sub-bacia do Batatã, este resultado está relacionado ao grande número de estradas vicinais encontradas no interior da sub-bacia. Provavelmente, os fatores que desencadearam este aumento de DE foram a instalação da comunidade da Prata, a implantação de diversas propriedades na área do Parque do Bacanga e Zona de Reserva Florestal do Sacavém e o crescimento das ocupações irregulares do Recanto Verde I e II.

O indicador demonstrou a relação entre o aumento de DE e as taxas de urbanização das sub-bacias. Os resultados do mapeamento evidenciaram a necessidade de melhorias na malha viária da sub-bacia do Maracanã, relacionado principalmente ao asfaltamento do trecho de terra e a implantação de estruturas de drenagem.

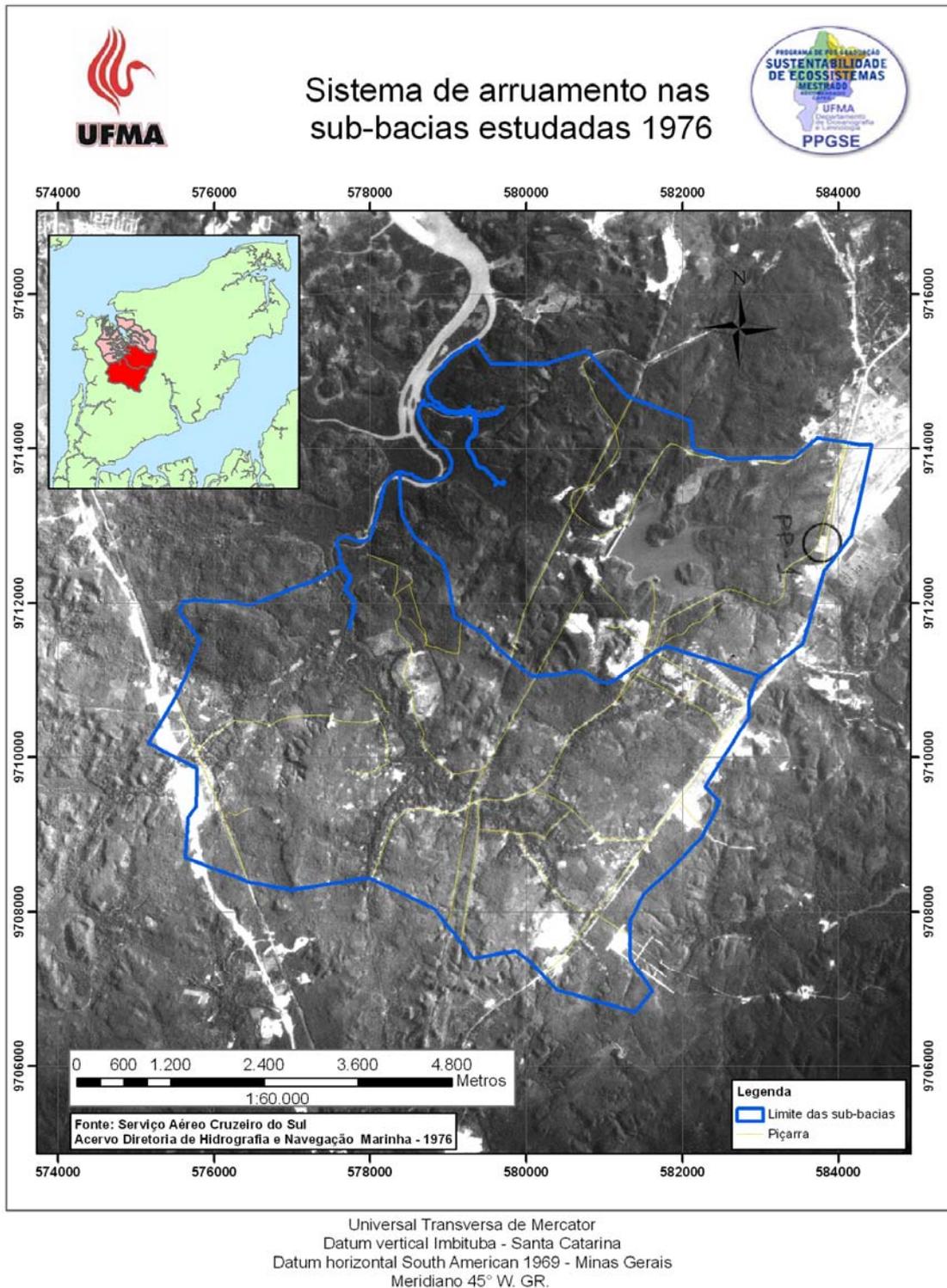


Figura 17 – Mapeamento das estradas para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 1976.

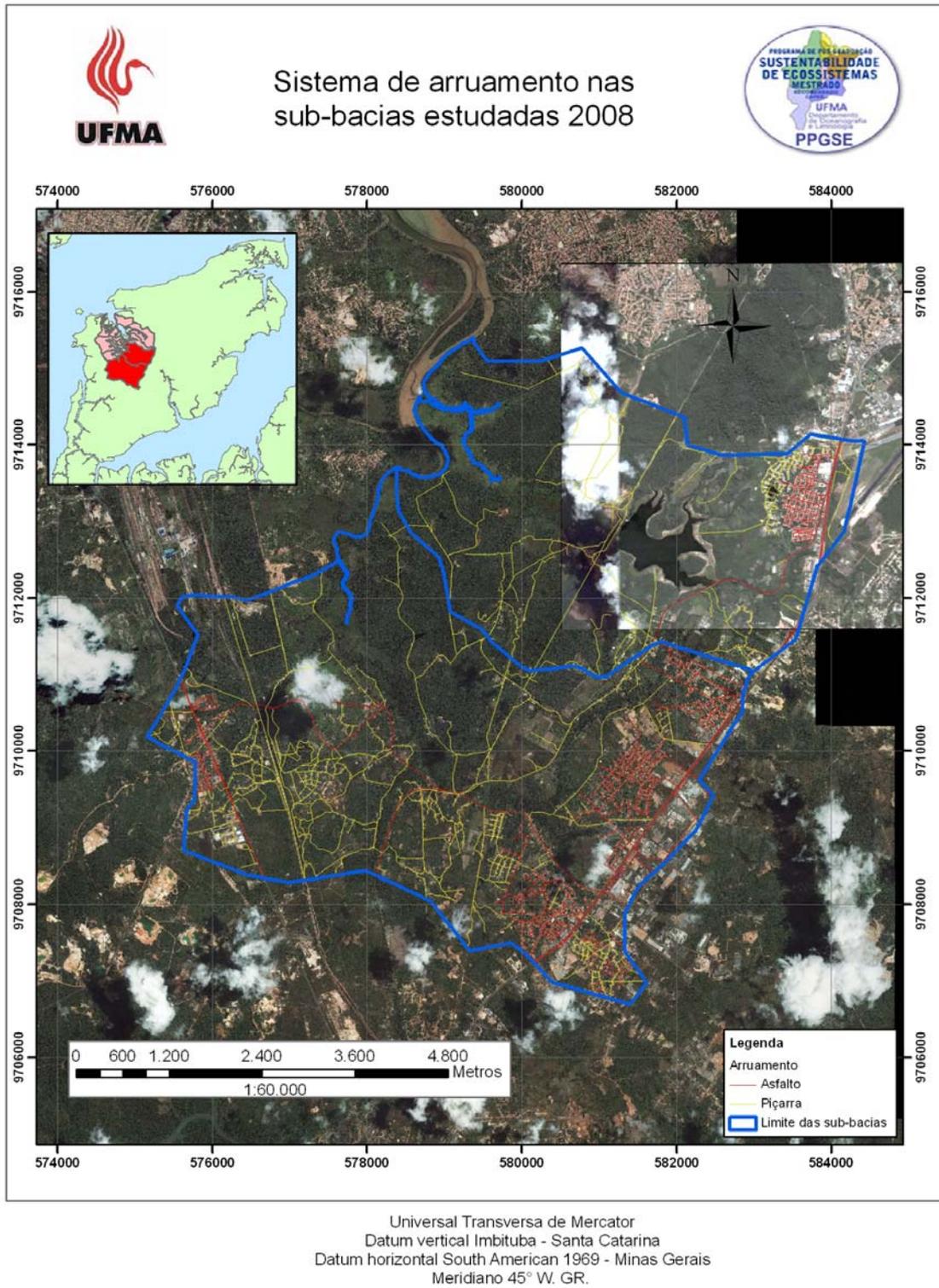


Figura 18 – Mapeamento das estradas para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 2008.

Indicador de Área Impermeabilizada

Diversos estudos têm abordado os efeitos das ações antrópicas negativas ao meio ambiente, relacionando o processo de urbanização, o aumento das áreas impermeabilizadas dos solos das bacias hidrográficas e a ocupação de margens de rios e de encostas com a interferência negativa nos processos hidrológicos, contribuindo para o agravamento de inundações e dificultando a manutenção dos ecossistemas naturais hídricos, além do aumento da poluição e outros impactos indiretos (ISAIAS, 2008).

A questão da impermeabilização do solo tem sido registrada frequentemente na legislação urbanística, nos processos de planejamento urbano e na gestão dos recursos hídricos, bem como em diversos trabalhos que discutem o assunto e que o relacionam aos efeitos e impactos diretos e indiretos no regime hidrológico e no equilíbrio do meio ambiente, ressaltando assim a sua importância como indicador de sustentabilidade (KAUFFMANN *et al.* 2004).

Estudos como os de Smith (2000) e Costa *et al.* (2005) relacionam diretamente o percentual de área impermeabilizada de bacias hidrográficas à qualidade da água e o grau de poluição dos recursos hídricos. Tucci (1997) define área impermeável como a área que não permite infiltração da água da chuva, significando que a água precipitada sobre a mesma escoia diretamente para a rede pluvial.

Os resultados dos cálculos de áreas impermeabilizadas neste estudo demonstram que as sub-bacias do Batatã e Maracanã possuíam 8,69 e 8,34 de porcentagem de áreas impermeáveis no ano de 1976, respectivamente. Estes valores aumentaram em 2008 para 11,67% e 36% para cada uma destas sub-bacias, respectivamente (Figura 19).

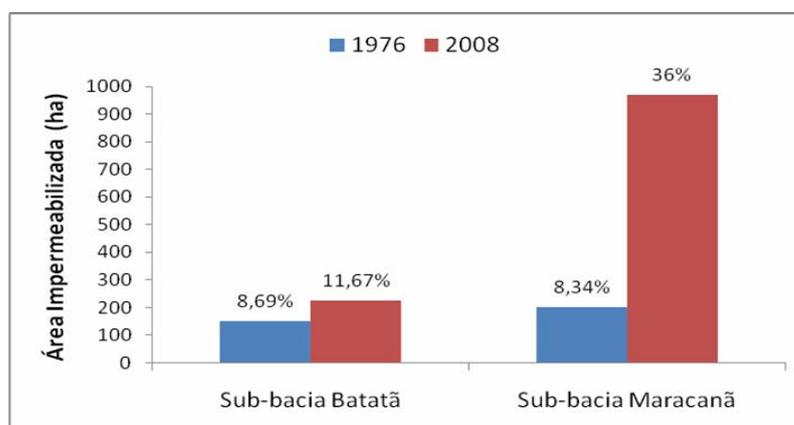


Figura 19 – Comparação de área impermeabilizada e suas respectivas porcentagens nas sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 1976 e 2008.

Os apêndices F, G, H e I apresentam os cálculos de áreas impermeáveis para cada sub-bacia estudada referente aos anos de 1976 e 2008.

A tabela 35 apresenta as pontuações obtidas para o indicador de porcentagem de áreas impermeáveis para as sub-bacias do Batatã e Maracanã referente aos anos de anos de 1976 e 2008.

Tabela 35 – Pontuação para o indicador de porcentagem de áreas impermeáveis para os anos de 1976 e 2008.

Sub-bacias		
Anos	Sub-Bacia Batatã	Sub-bacia Maracanã
1976	0,6	0,6
2008	0,6	0

A pontuação deste indicador mostrou-se eficiente e variou de acordo com as mudanças de taxas de áreas impermeáveis para os anos em estudo. Este fato pode ser claramente observado na pontuação referente à sub-bacia do Maracanã, onde o resultado foi de 0,6 para o ano 1976 e 0 para 2008, sendo assim, mesmo sem conhecer a área e apenas observando as variações da pontuação seria possível inferir que na região houve aumento da ocupação antrópica e que as porcentagem de cobertura vegetal diminuíram.

O cálculo de área impermeável (AI) para bacias hidrográficas relaciona-se diretamente com o efeito do aumento da vazão máxima e dos volumes de escoamento superficial, estes por sua vez demonstram os potenciais de cheias. Vários autores consideram o cálculo e mapeamento de AI como um dos principais indicadores quando pretende-se realizar estudos de drenagem. Em bacias semi-urbanas as AI podem integrar os indicadores de planejamento do crescimento urbano, uma vez que este fator se integra a diversas equações de modelagem da drenagem.

De acordo com Tucci (1997) o aumento das áreas impermeáveis sem planejamento podem acarretar uma serie de impactos físicos em bacias hidrografias, dentre eles, podemos destacar: aumento do volume de escoamento superficial, já que a água que antes infiltrava ou era evaporada, esco para jusante; aumento do pico do hidrograma de eventos chuvosos; e aumento do coeficiente de escoamento que retrata a relação entre a vazão e a precipitação aumenta. Estes efeitos produzem como consequência inundações, erosão do leito do rio alterando a sua seção e gerando áreas degradadas, poluição das águas e alterações na fauna e flora dos rios. Com a

impermeabilização também diminuem a infiltração e a redução da recarga dos aquíferos.

Neste sentido, mais uma vez fica evidente a necessidade de planejamento do crescimento da urbanização em bacias hidrográficas, de modo a compatibilizar as mudanças de paisagem com as capacidades de sustentação das possíveis interferências antrópicas nos sistemas ambientais.

5.2.2 Dimensão de Qualidade da Água

A dimensão Qualidade de Água é composta por dois indicadores: Índice de Qualidade de Água – IQA e Turbidez. Devido à ausência de informações de qualidade água para a área de estudo o cálculo destes indicadores tomaram como base o ano de 2009.

As tabelas 36 e 37 correlacionam os pontos de amostragem com seus respectivos rios e coordenadas em UTM. A figura 20, representa os pontos de amostragem de água para cada sub-bacia.

Tabela 36 – Pontos de Amostragem dos Indicadores da Dimensão Qualidade de Água para a sub-bacia do Batatã.

Pontos	Denominação	Indicadores	Coordenadas	
Ponto 1	Reservatório Batatã	IQA e Turbidez	581230	9712940
Ponto 2	Rio da Prata	IQA e Turbidez	580638	9712276
Ponto 3	Foz do Batatã	IQA e Turbidez	579477	9713626
Ponto 4	Rio Sabino	Turbidez	580515	9713476
Ponto 5	Rio Sabino	Turbidez	580796	9713528
Ponto 6	Foz do rio da Prata	Turbidez	580511	9712630
Ponto 7	Riacho laranjeira	Turbidez	579932	9714554

Tabela 37 – Pontos de Amostragem dos Indicadores da Dimensão Qualidade de Água para a sub-bacia do Maracanã.

Pontos	Denominação	Indicadores	Coordenadas	
Ponto 1	Rio Maracanã	IQA e Turbidez	579312	9709504
Ponto 2	Rio Alegria	IQA e Turbidez	578540	9709724
Ponto 3	Foz Maracanã	IQA e Turbidez	577699	9711546
Ponto 4	Rio Maracanã	Turbidez	580435	9709582
Ponto 5	Rio Maracanã	Turbidez	580113	9709172
Ponto 6	Riacho Vila Sarney	Turbidez	580680	9708880
Ponto 7	Rio Maracanã	Turbidez	580537	9708372
Ponto 8	Rio Maracanã	Turbidez	580687	9708112
Ponto 9	Rio Alegria	Turbidez	578168	9708720
Ponto 10	Rio Vila Maranhão	Turbidez	576305	9710584
Ponto 11	Rio Alegria	Turbidez	578230	908705

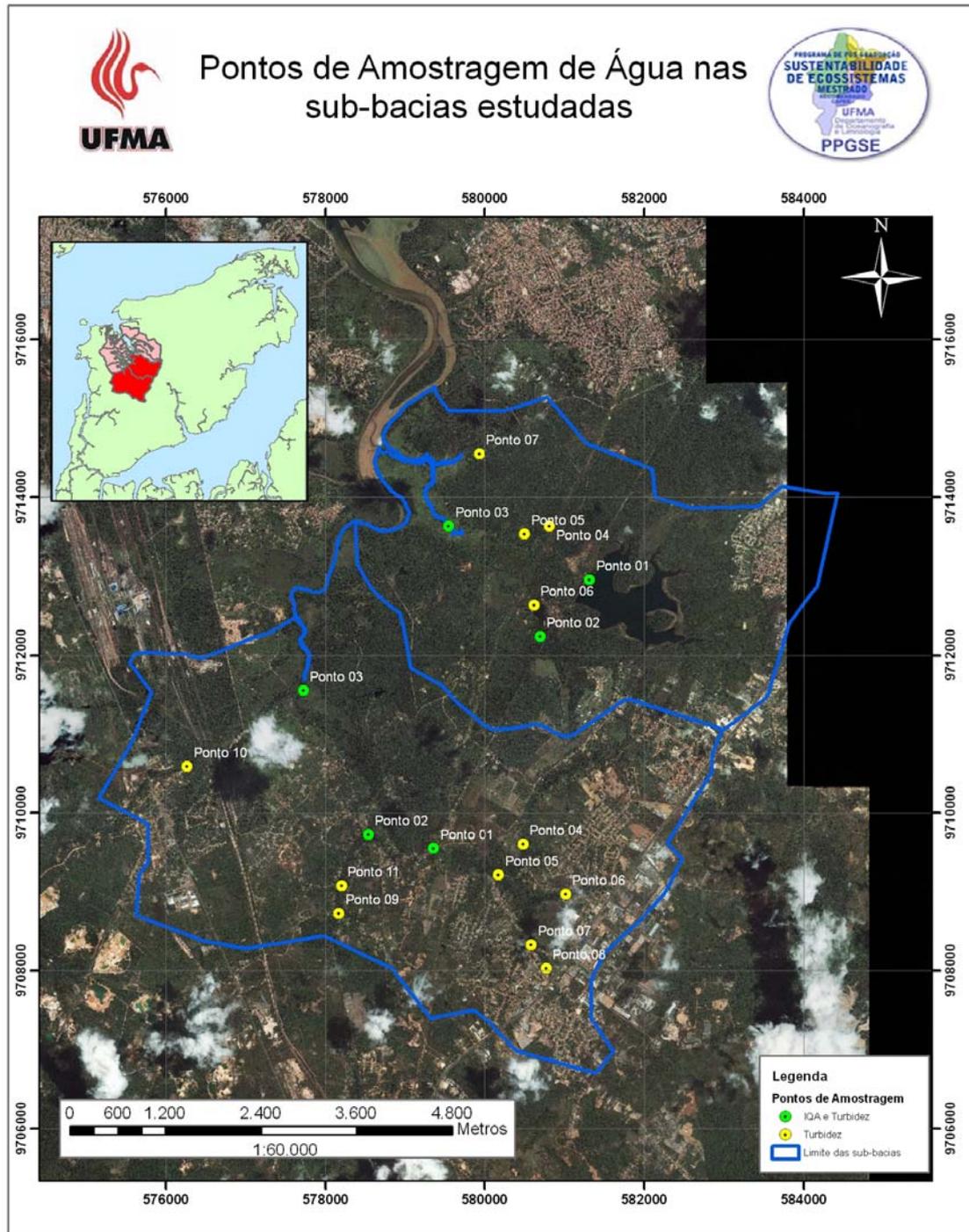


Figura 20 – Pontos de amostragem de água (IQA e Turbidez) realizadas no período de estiagem e chuvoso de 2009 para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

Indicador Índice de Qualidade da Água (IQA)

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas em bacias hidrográficas, sejam estas de origem antrópica ou natural (TOLEDO e NICOLELLA, 2002). De modo geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é em função do uso e ocupação do solo na região hidrográfica (CHERNICHARO, 1994).

Nesta pesquisa utilizou-se do IQA proposto pela CETESB para monitoramento de Qualidade de Água. As tabelas 38 e 39 apresentam os resultados das variáveis que foram analisados para determinação do IQA das sub-bacias do Batatã e Maracanã para os períodos de estiagem e chuvoso, respectivamente.

Tabela 38 – Valores dos parâmetros obtidos para cálculo do IQA na estação de estiagem nas sub-bacias do Batatã e Maracanã no ano de 2009.

Parâmetro	Sub-Bacia Batatã			Sub-Bacia do Maracanã		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto2	Ponto 3
pH	7,41	7,37	6,91	7,09	6,9	7,37
Temperatura (°C)	29,7	28,3	27,7	28	28,7	26,8
Turbidez (NTU)	7,59	6,84	12,9	14,4	10,57	22
Nitrogênio Total (mg/l)	0,45	0,28	0,73	0,41	0,45	0,24
Fósforo Total (mg/l)	0,0023	0,023	0,041	0,022	0,061	0,032
Resíduos Totais (mg/l)	6,5	4	8	9	25	8
Coliformes Termotolerantes (NMP/ml)	3,1	2400	2400	2400	2400	150
Oxigênio Dissolvido (% Sat.)	64,81	30,99	25,06	26,32	35,85	35,99
DBO (mg/l)	1,38	0,56	0,1	0,18	1,38	0,5

Tabela 39 – Valores dos parâmetros obtidos para cálculo do IQA na estação de chuva nas sub-bacias do Batatã e Maracanã no ano de 2009.

Parâmetro	Sub-Bacia Batatã			Sub-Bacia do Maracanã		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto1	Ponto2	Ponto 3
pH	6,48	6,58	6,81	6,73	7,01	6,4
Temperatura (°C)	28,3	29,5	29	28,6	28,7	28,3
Turbidez (NTU)	5,26	2,56	5,27	28,9	20,4	20,9
Nitrogênio Total (mg/l)	0,29	0,09	0,22	0,47	0,14	0,34
Fósforo Total (mg/l)	0,41	0,01	0,12	0,09	0,02	0,03
Resíduos Totais (mg/l)	20,6	1,4	16,6	16,6	19,8	20,4
Coliformes Termotolerantes (NMP/ml)	1100	2400	2400	2400	2400	2400
Oxigênio Dissolvido (% Sat.)	106,48	41,42	54,97	43,66	55,41	53,64
DBO (mg/l)	1,48	0,68	0,66	1,47	0,45	0,14

Após a mensuração das nove variáveis que compõem o IQA foram obtidos seus respectivos valores da qualidade (q_i) através da curva média de variação de qualidade

das águas fornecidas pela CETESB (Anexo A). Os valores calculados de “ q_i ” para cada variável são apresentados nos apêndices J e K.

Posteriormente, para cada valor de q_i foi aplicado o peso correspondente (w_i) da variável que é atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade. Os valores de $q_i w_i$ e seus respectivos produtórios (valor para Classificação do IQA) são apresentados abaixo nas tabelas 40 e 41 para os períodos chuvoso e de estiagem nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

Tabela 40 – Valores de $q_i w_i$ para as variáveis das sub-bacias do Batatã e Maracanã e seus respectivos valores para classificação do Índice de Qualidade de Água para o período de estiagem.

Parâmetro	Sub-Bacia Batatã			Sub-Bacia do Maracanã		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
Temperatura	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Turbidez	1,42	1,42	1,40	1,40	1,41	1,39
Nitrogênio Total	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Fósforo Total	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Resíduos Totais	1,42	1,42	1,42	1,42	1,43	1,42
Coliformes						
Termotolerantes	1,99	1,65	1,65	1,65	1,65	1,87
Oxigênio Dissolvido	2,01	1,68	1,65	1,68	1,76	1,77
DBO	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
IQA (\prod de $q_i w_i$)	86,72	60,07	58,23	59,03	62,71	69,97

Tabela 41 – Valores de $q_i w_i$ para as variáveis das sub-bacias do Batatã e Maracanã e seus respectivos valores para classificação do Índice de Qualidade de Água para o período de chuvoso.

Parâmetro	Sub-Bacia Batatã			Sub-Bacia do Maracanã		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH	1,67	1,68	1,70	1,70	1,72	1,68
Temperatura	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57
Turbidez	1,42	1,44	1,43	1,37	1,39	1,39
Nitrogênio Total	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Fósforo Total	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
Resíduos Totais	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
Coliformes						
Termotolerantes	1,57	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
Oxigênio Dissolvido	2,18	1,79	2,01	1,78	2,01	2,01
DBO	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58
IQA (\prod de $q_i w_i$)	73,12	63,45	71,56	60,81	70,37	68,67

A figura 21, abaixo apresenta os valores calculados para o IQA e as respectivas classificações obtidos para as sub-bacias do Batatã e Maracanã nos períodos de estiagem e chuvoso.

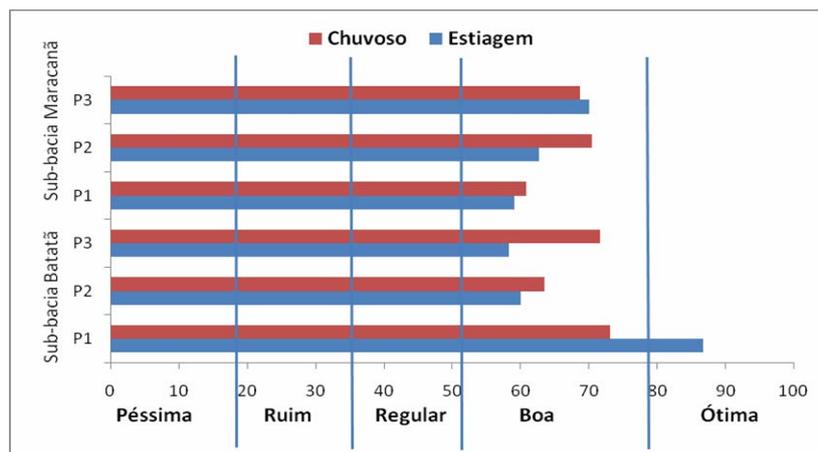


Figura 21 – Pontuação do Índice de Qualidade Água das sub-bacias do Batatã e Maracanã para as estações de estiagem e chuva nos seis pontos de amostragem no ano de 2009.

A figura 21 demonstra claramente que todos os pontos de amostragem de água tanto no período chuvoso como na estiagem foram classificadas como Boa, com exceção do Ponto 1 (Reservatório Batatã) na estação de estiagem que obteve a pontuação máxima no estudo (86,72 pontos) sendo enquadrada na classe ótima.

Apesar do IQA ter apresentado valores elevados para todo o período amostral é necessário destacar que em ambas as estações foram encontrados valores de Coliformes Termotolerantes acima do permitido pela Resolução CONAMA 357/05 que “*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*”.

É importante ressaltar que os resultados deste trabalho não podem ser utilizados para fins de enquadramento de água com relação aos coliformes termotolerantes, pois segundo a Resolução CONAMA 357/05 são necessários pelo menos seis amostras que devem ser coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral para a classificação desta variável biológica.

No entanto, os resultados da variável em questão demonstraram claramente a necessidade de estudos mais aprofundados referentes à qualidade bacteriológicas das águas na região, uma vez que estas são utilizadas por boa parte da população inserida na região para o consumo humano. Os altos valores de coliformes termotolerantes,

provavelmente estão relacionados à precariedade dos serviços de saneamento dos bairros localizados nas sub-bacias.

Com relação aos demais variáveis que compõem o IQA, merece destaque a variável turbidez que apresentou as maiores variações espaço-temporal. Devido a Dimensão de Qualidade de Água abordar o indicador “Turbidez”, estas variações e suas implicações serão tratadas na próxima seção (*Indicador Turbidez*).

Para a pontuação do indicador foi extraído a média dos períodos de estiagem e chuvoso dos pontos de amostragem para cada sub-bacia. Os valores médios foram de 68,86 para a sub-bacia do Batatã, e 65,26 para a sub-bacia do Maracanã, as duas área totalizando 0,4 pontos para o indicador.

Verifica-se que apesar da qualidade das águas das duas sub-bacias terem sido classificadas como boa e ótima nas categorias de IQA os valores médios do indicador para a sub-bacia foram baixos. Desta forma, conclui-se que a pontuação da metodologia do ISBH utilizado os valores bases de IQA, mesmo que de forma indireta, expressou a realidade da qualidade das águas das sub-bacias de forma mais condizente com a realidade observada em campo.

As principais vantagens da utilização dos índices de qualidade de águas são a facilidade de comunicação com o público não técnico, o *status* maior do que os parâmetros individuais e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em um única unidade. No entanto, sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da interação entre as mesmas. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica.

A caracterização do IQA e sua respectiva pontuação nas sub-bacias estudadas fornecem uma idéia sobre a qualidade da água para o abastecimento público e demais usos. Porém, apenas a aplicação deste índice não é suficiente para caracterizar a qualidade da água das sub-bacias, sendo necessário realizar análises de metais pesados e agrotóxicos, pois são parâmetros que não entram no cálculo do IQA, e que podem interferir significativamente na qualidade de um manancial pondo em risco a saúde pública, fauna e flora da região.

Para subsidiar o planejamento e controle dos recursos hídricos da região de estudo, sugere-se a implantação de uma rede de monitoramento de recursos hídricos para a melhor compreensão das variações e comportamento da qualidade de águas ao longo das duas sub-bacias estudadas. É interessante ressaltar que o caudal fluvial dos rios Batatã, Maracanã e de seus contribuintes, caso seja realizado um trabalho de recuperação ambiental, mostram-se estratégicos para contribuir com o abastecimento de água do município de São Luís.

Para tornar este potencial em realidade, seria necessário a implementação de um “*Plano Estratégico de Aproveitamento dos Recursos Hídricos na Região*”, onde seriam diagnosticados e apresentados os potenciais de usos múltiplos das águas, as áreas propícias para construção de pequenos reservatórios que sustentassem a capacidade do nível de água do Reservatório Batatã, programas para a conservação das nascentes e matas ciliares e propostas para incentivos da participação popular na sua implementação.

Indicador de Turbidez

Um dos parâmetros físicos da água mais afetados pelo aporte de sedimentos aos cursos d’água é a turbidez. Águas com alta turbidez afetam a entrada de luz na coluna d’água. Não havendo entrada de luz, diminui a taxa de produção primária do ecossistema, afetando toda cadeia alimentar, inclusive com alterações nos padrões de produção e consumo de gases (SILVA *et al.*, 2003).

A turbidez corresponde à redução da transparência da água, ocasionada pelo material em suspensão, que reflete a luz, dificultando a sua passagem pela solução. Segundo Tomazoni *et al.* (2005), a quantificação de luz refletida pelas partículas suspensas dá uma ordem de grandeza de sólidos em suspensão na amostra. Para este autor a turbidez das águas deixou de ser um parâmetro estético para ser correlacionado com a concentração de cloro residual, número de colônias de coliformes termotolerantes totais, casos de hepatite A e Poliomelite. Outro aspecto é a correlação da turbidez com a eficácia da desinfecção da água, o que dá a esse parâmetro grande importância sanitária.

Os valores de turbidez e suas respectivas médias para as sub-bacias do Batatã e Maracanã para as estações de estiagem e chuvosa são apresentadas nas figuras 22 e 23, respectivamente.

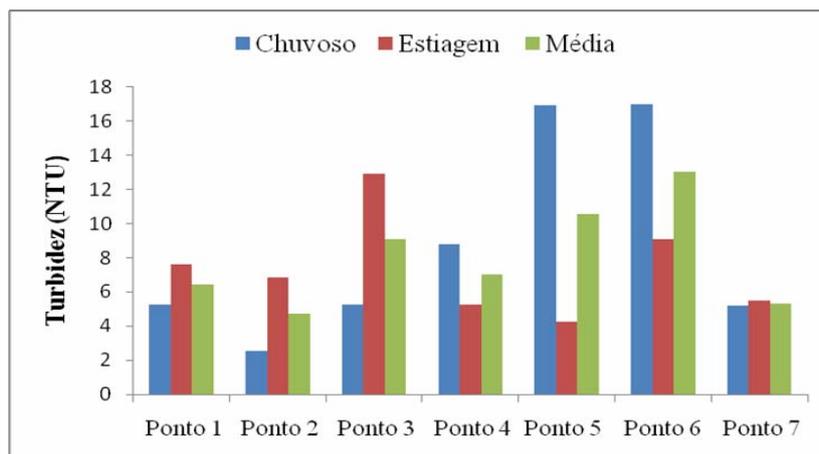


Figura 22 – Valores de turbidez (NTU) dos sete pontos de amostragem da sub-bacia do Batatã e suas respectivas médias na estação de estiagem e chuvosa no ano de 2009.

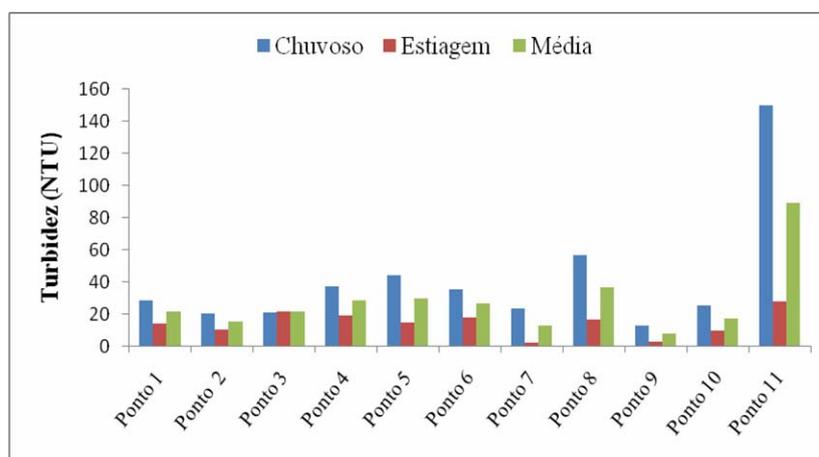


Figura 23 – Valores de turbidez (NTU) dos sete pontos de amostragem da sub-bacia do Maracanã e suas respectivas médias na estação de estiagem e chuvosa no ano de 2009.

Observado os resultados apresentados nas figuras 22 e 23 fica evidente a relação entre cobertura vegetal, sazonalidade e os valores de turbidez encontrados para os corpos hídricos. As diferenças da influencia da integridade da vegetação nos valores de turbidez pode ser visualizada nas figuras 24 e 25, que correspondem a fotos de dias de chuvas referentes a uma área preservada do rio Sabino (sub-bacia do Batatã) e uma área exposta aos processos de erosão no rio Maracanã (sub-bacia do Maracanã).

Notadamente na sub-bacia do Batatã, onde encontram-se as melhores condições de integridade da vegetação, ocorreram menores valores de turbidez em relação à sub-bacia do Maracanã. Os valores de turbidez no Batatã variaram de 5,17 (NTU) no ponto 7 – período chuvoso a 16,9 (NTU) ponto 5 – período chuvoso. Para a sub-bacia do

Maracanã a menor medição ocorreu no ponto 9 com 2,8 (NTU) no período de estiagem e a maior no ponto 11 com 150 (NTU) na estação chuvosa.



Fonte: Leonardo Soares – 2010

Figura 24 – Trecho do rio Sabino protegido por vegetação ciliar. Foto referente ao período chuvoso.



Fonte: Leonardo Soares – 2010

Figura 25 – Trecho do rio Maracanã exposto aos processos de erosão. Foto referente ao período chuvoso.

Os resultados de Turbidez associados com os valores de coliformes termotolerantes dos pontos amostrados corroboraram com a revisão bibliográfica realizada por Tomazoni *et al.* (2005), que considera que mesmo em água tratada, pode haver presença de coliformes termotolerantes em turbidez maior que 1 NTU.

Outro aspecto que foi possível de se avaliar, refere-se a influência do uso e ocupação do solo e da erosão laminar sobre os resultados de turbidez da água, pois os valores desta variável foram maiores nos rios amostrados na sub-bacia do Maracanã, área onde possuem os menores percentuais de cobertura vegetal, as maiores porcentagens de áreas urbanas e rurais, assim como os maiores valores de perda de solo por erosão laminar.

Para cálculo do indicador levaram-se consideração dois critérios, sendo eles: a turbidez média e máxima da água em cada sub-bacia.

Para a sub-bacia do Batatã o valor de turbidez média anual foi de 8,03 (NTU) e a máxima de 19,9 (NTU) que corresponderam a pontuação 0 e 0,8, respectivamente. A pontuação geral para este indicador nesta sub-bacia foi de 0,4.

Na sub-bacia do Maracanã o valor de turbidez média anual foi de 27,94 (NTU) e a máxima de 150 (NTU) que corresponderam a pontuação 0 para os dois critérios. A pontuação geral para este indicador nesta sub-bacia foi 0.

A pontuação aferida para o indicador turbidez demonstrou a diferença da influência dos atributos físicos-bióticos e antrópicos na presença de sólidos em suspensão na água. Pois foi conferida a pontuação 0 para a sub-bacia do Maracanã, onde os fatores agem com maior potencial.

Já na sub-bacia do Batatã a baixa pontuação deve-se a mensuração obtida em dois rios, que claramente estão com suas margens influenciados por tensores ambientais relacionados aos processos erosivos, sendo eles: A foz do rio da Prata e o rio Sabino. No primeiro constatou-se a presença da comunidade da Prata e de estradas de terra e o no segundo de uma zona de desmatamento em áreas de declividade acentuada para instalação de torres de energia.

No entanto, os resultados deste indicador demonstram a necessidade uma análise isolada dos valores de turbidez em relação aos pontos de amostragem, sendo desta forma possível a visualização do maior ou menor grau de erosão e assoreamento por corpo hídrico do sistema em estudo. Neste contexto, observou-se que o rio Alegria, contribuinte do rio Maracanã é o corpo hídrico remanescente da região que encontra-se em piores situações em relação ao assoreamento.

5.2.3 Dimensão Socioeconômica

Várias pesquisas que mensuram a sustentabilidade de bacias hidrográficas optam em incluir a dimensão socioeconômica na composição de seus índices. Segundo Couto (2007) estas variáveis são indispensáveis porque expressam o impacto do modelo de desenvolvimento adotado sobre a sociedade, assim como os efeitos que são desencadeados no meio ambiente. Estes indicadores podem refletir as consequências da inserção da região no sistema econômico, como na avaliação de políticas públicas voltadas à saúde, educação, saneamento e à geração de emprego e renda.

A Dimensão Socioeconômica utilizada neste trabalho é composta por indicadores de educação, renda e saúde pública. Para mensuração destas variáveis foram aplicados um total de 80 e 100 questionários semi-estruturados para os moradores das sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. A aplicação dos questionários buscou contemplar todas as localidades inseridas em cada sub-bacia.

O questionário abordou questões referentes à educação e renda de todos os moradores da residência dos entrevistados, assim como a situação do abastecimento de água e esgotamento sanitário de suas casas.

Sendo assim, o tamanho da amostra para os indicadores de renda e educação foram de 148 pessoas para a sub-bacia do Batatã e 338 para a sub-bacia do Maracanã. Já para a situação do abastecimento de água e esgotamento sanitário a amostra foi igual ao número de questionários aplicados, uma vez que cada entrevistado correspondeu a uma residência. A figuras 26 representa a aplicação de questionário no bairro de Alegria na sub-bacia do Maracanã.



Fonte: Leonardo Soares – 2010

Figura 26 – Aplicação de questionário no bairro de Alegria, sub-bacia do Maracanã.

Indicador Educação

Os resultados de escolaridade em percentual da sub-bacia do Batatã são apresentados na figura 27, estes dados foram extraídos a partir da aplicação de questionário realizados no mês de janeiro de 2010.

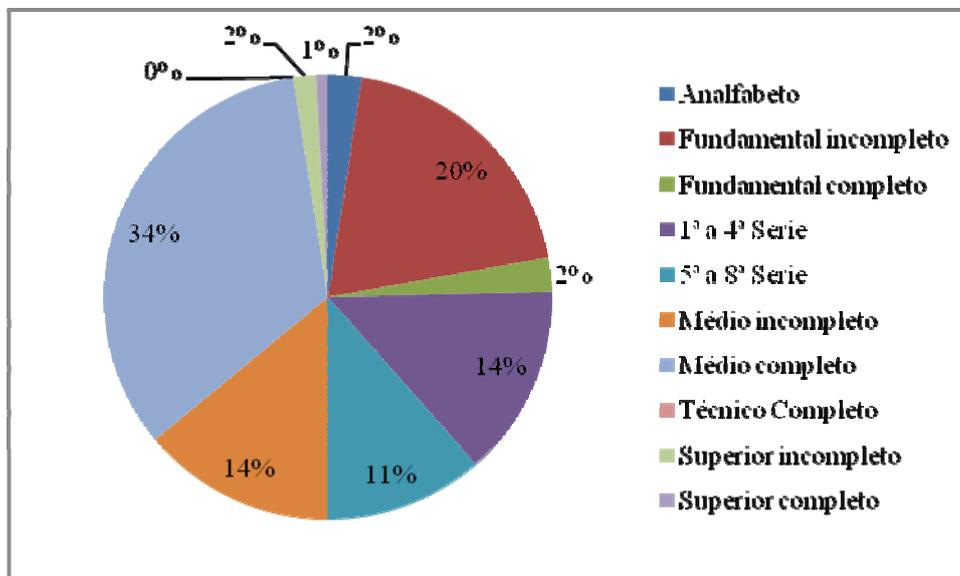


Figura 27 – Percentual das classes de escolaridade para a população da sub-bacia do Batatã, a partir de dados obtidos da aplicação de questionários em Janeiro de 2010.

Os resultados demonstram que apenas 34% da população possuem o ensino médio completo, cerca de 47,54% tem a escolaridade entre o ensino fundamental incompleto e oitava série. Quanto às porcentagens de pessoas cursando ou com 3º grau concluído apenas 2,4% estão enquadradas nestas duas classes.

Com relação à sub-bacia do Maracanã, a maioria da população concluiu o ensino médio (48%), 33,22% pessoas cursaram entre o ensino fundamental e a oitava série, a porcentagem de analfabetismo é de 5,7%. A figura 28, abaixo apresenta resultados da escolaridade em percentual da sub-bacia do Maracanã.

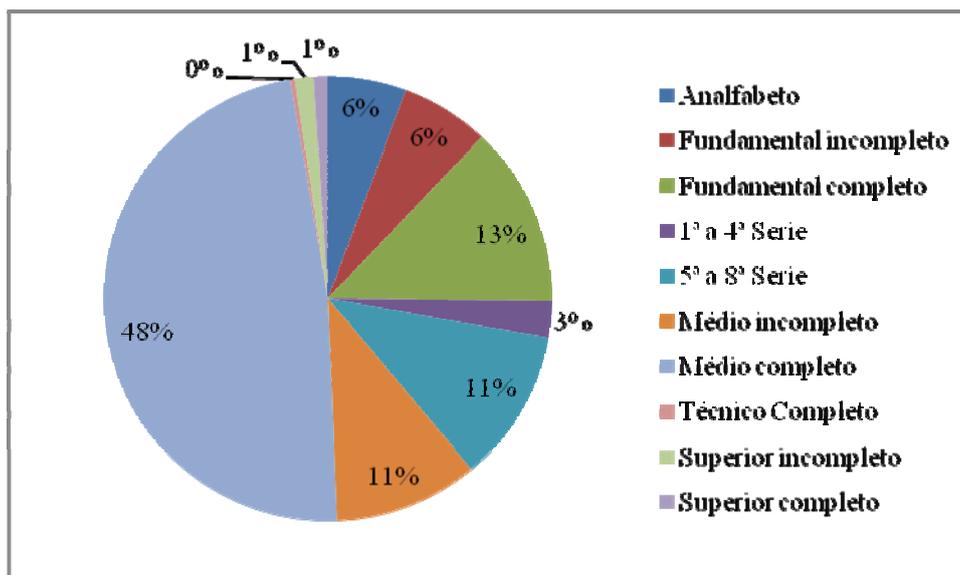


Figura 28 – Percentual das classes de escolaridade para a população da sub-bacia do Maracanã, a partir de dados obtidos da aplicação de questionários em Janeiro de 2010.

Apesar dos resultados demonstrarem os baixos índices de educação da região estudada, analisando comparativamente as duas sub-bacias observamos que a população do Batatã no geral possui níveis de escolaridade inferior a do Maracanã. Os resultados para a escolaridade revelaram a ausência ou fragilidade de políticas públicas de incentivo a educação em regiões pobres inseridas no município de São Luís.

Para o cálculo do indicador em questão, levaram-se em consideração os percentuais da população sem escolaridade (analfabeta) com ensino médio completo. Os resultados estão apresentados na tabela 42.

Tabela 42 – Pontuação do Indicador de Educação

Indicador Educação	Sub-bacias			
	Batatã		Maracanã	
	%	Pontuação	%	Pontuação
Analfabetismo	2,46	0,6	5,7	0,4
Ensino Médio Completo	33,61	1	47,99	1
Média da Pontuação	0,8		0,7	

A pontuação do indicador não refletiu diretamente o quadro educacional das sub-bacias estudadas uma vez que levou em consideração apenas a porcentagem de pessoas analfabetas e com 2º grau completo. É necessário que a pontuação do indicador seja calibrada e contemple a porcentagem da população com escolaridade entre o ensino fundamental e o 2º grau incompleto, assim como aqueles com 3º grau completo e

incompleto. Nas sub-bacias estudadas estas faixas de escolaridades corresponderam com 63,94% e 45,97% para as sub-bacias Batatã e Maracanã, respectivamente.

O aumento dos índices de escolaridade mostra-se como um grande desafio para a promoção da sustentabilidade na área de estudo, e não menos importante, é a educação (formal e não formal) para o desenvolvimento sustentável com a exigência de incluir novas concepções e atitudes à responsabilidade humana, enquanto indivíduo e enquanto sociedade articulada. É necessário que o indivíduo deseje e conheça as possibilidades de contribuir na construção da sustentabilidade, para que ele e os coletivos, dos quais participa, possam atuar nessa direção.

Indicador de Renda

A interpolação dos questionários mostrou que a *renda per capita* das sub-bacias estudadas é de R\$ 280,00 e R\$ 310,00 para do Batatã e Maracanã, respectivamente. Com estes rendimentos a pontuação deste indicador foi de 0 para as duas sub-bacias. A figura 29 apresenta a porcentagem das residências distribuídas em classes de renda para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. De acordo com a figura 29 verifica-se que a maioria das residências para as duas sub-bacias estão enquadradas na classe de 0,75 e 1,5 salários mínimos, o que corresponde a um rendimento entre R\$ 386,25 e R\$ 772,5.

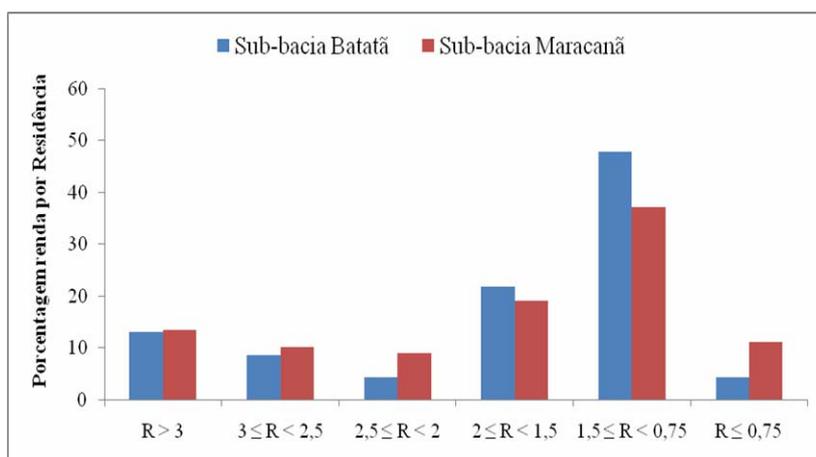


Figura 29 – Porcentagem de rendimento das residências nas classes de salário mínimos (R\$) das sub-bacias do Batatã e Maracanã para o ano de 2010.

A pontuação do indicador *renda per capita* refletiu a realidade socioeconômica dos bairros e comunidades inseridos nas sub-bacias estudadas. Em ambas a *renda per capita* mostrou-se inferior a 1 salário mínimo, o que provavelmente influencia

diretamente na qualidade ambiental da região, pois muitas famílias precisam extrair recursos naturais remanescentes na região para sua subsistência. As figuras 30 e 31 apresentam casos de explorações irregulares observados nas visitas de campo na área de estudo.



Fonte: Leonardo Soares - 2010

Figura 30 – Madeira extraída das vegetações remanescente das sub-bacias do Batatã e Maracanã para fabricação de carvão e venda para padarias.



Foto: Leonardo Soares - 2010

Figura 31 – Pedras extraídas ilegalmente de encosta na sub-bacia do Batatã, no Perímetro do Parque Estadual do Bacanga.

Para minimizar o quadro socioeconômico da região é necessário que o Poder Público crie instrumentos que viabilizem mais empregos para as pessoas inseridas nas sub-bacias estudadas, bem como promova cursos periódicos de capacitação para a população. Assim, a mão-de-obra fica capacitada para preencher as vagas existentes na

região, aumentando, por consequência, a renda das famílias que passam a poder investir mais em educação e cultura.

Indicador de Saúde Pública

Os serviços de saneamento são de vital importância para proteger a saúde da população, minimizar as consequências da pobreza e proteger o meio ambiente. No entanto, os recursos financeiros disponíveis para o setor são escassos no Brasil, a despeito das carências observadas. Logo, a inclusão das questões de saneamento nos índices e indicadores, além da função de apontar fontes de poluição e problemas de saúde, evidenciam uma das maiores deficiências estruturais das cidades brasileiras (ISAIAS, 2008).

Corroborando com a afirmativa anterior, segundo a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1997), na maioria dos países em desenvolvimento, a impropriedade e a carência de infra-estrutura sanitária é responsável pela alta mortalidade por doenças de veiculação hídrica e por um grande número de mortes evitáveis a cada ano.

O indicador saúde pública do ISBH é composto por dois critérios, sendo eles: as porcentagens das residências das sub-bacias atendidas pelas redes de Abastecimento de Água (1) e de Esgotamento Sanitário (2).

Os levantamentos em campo mostraram que na sub-bacia Batatã 87,5% das residências são atendidas pelo sistema de abastecimento de água e apenas 8,33% possuem interligação com a rede de esgotos. Para a sub-bacia do Maracanã 46,29% possuem interligação com a rede de abastecimento de água e 3% possuem rede de coleta de esgotos. Seguindo estes critérios foi dada a pontuação para este indicador (Tabela 43).

Tabela 43– Pontuação do indicador de saúde pública.

Indicador Saúde Pública	Sub-bacias			
	Batatã		Maracanã	
	%	Pontuação	%	Pontuação
Rede de Abastecimento Água	87,5	0,6	46,29	0
Rede de Esgotamento Sanitário	8,33	0	3	0
Média da Pontuação	0,3		0	

As pontuações deste indicador demonstraram a precariedade dos serviços de esgotamento sanitário e abastecimento de água das sub-bacias estudadas. A sub-bacia

do Batatã obteve a pontuação 0,3 devido os serviços que são oferecidos pela CAEMA nos bairros Vila Itamar, Vila Sarney e Vila Esperança. Nestes três bairros concentram-se mais de 85% das residências que estão inseridas nesta sub-bacia. As demais regiões que não são atendidas com serviço de abastecimento de água pública utilizam águas provenientes de poços.

Na sub-bacia do Maracanã a situação é mais crítica, quanto ao abastecimento de água. De acordo com os questionários aproximadamente 50% das residências utilizam-se de águas de poços próprios e de vizinhos para suas necessidades básicas.

A aplicação dos questionários subsidiou o diagnóstico dos tipos de esgotamento sanitário que ocorrem nas residências das sub-bacias, estando os resultados representados na figura 32.

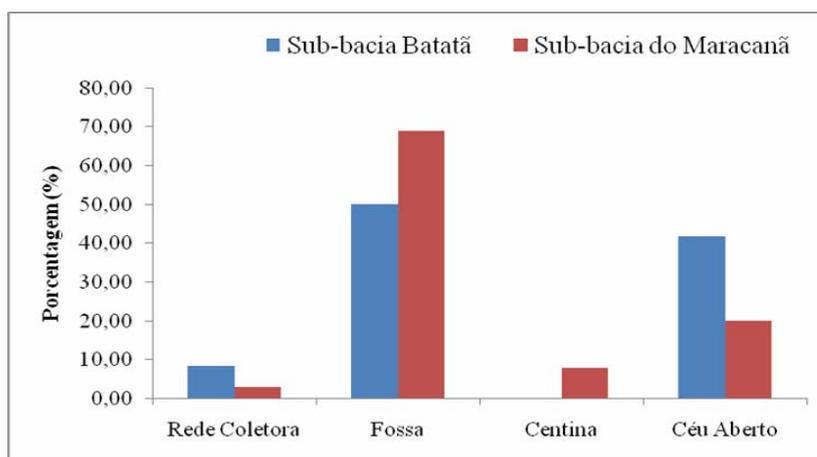


Figura 32 – Tipos de esgotamento sanitário e seus respectivos percentuais de ocorrência nas residências inseridas das sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Como observado na figura 32 acima mais de 90% das residências visitadas destinam seus dejetos em fossas, centinas ou a céu aberto nas duas sub-bacias estudadas.

A utilização de fossas (tipo de esgotamento predominante nas sub-bacias) pode ser considerada um fator favorável ou não para a manutenção da qualidade ambiental. No caso específico deste estudo, observou-se em campo que estas não foram construídas maneira adequada e que mesmo minimizando o efeito prejudicial do esgoto que seria lançado *in natura* no corpo d'água esta redução pode não ser suficiente para eliminar o potencial de contaminação dos recursos hídricos subterrâneos da região.

A situação torna-se mais preocupante quando os dados de esgotamento sanitário são cruzados com o tipo predominante de abastecimento de água da região, que é proveniente de poços próprios e provavelmente não passa por nenhum tratamento pré-consumo.

Os resultados mostram a urgência de realização de estudos mais aprofundados no sentido do monitoramento das águas para consumo humano nas sub-bacias estudadas, assim como a avaliação do potencial de contaminações dos lençóis freáticos por resíduos provenientes principalmente das fossas. Outro aspecto que a mensuração do indicador em questão permitiu inferir refere-se à urgência de implementação de uma política pública voltada à ampliação do abastecimento de água e esgotamento sanitário das sub-bacias. A figura 33 apresenta alguns pontos de lançamento de esgotos *in natura* na sub-bacia do Maracanã.



Foto: Leonardo Soares - 2010

Figura 33 – Esgotos *in natura* lançados no bairro da Nova República, região onde encontram-se as nascentes do rio Maracanã.

Quanto à avaliação do indicador, sugere-se uma mudança de terminologia, pois a denominação saúde pública têm uma abrangência maior que as questões referentes apenas ao esgotamento sanitário e abastecimento de água. Diante do exposto, recomenda-se que a terminologia “Indicador de Saúde Pública” seja alterada para “Indicador de Saneamento” e que seja incluída a variável de “Resíduos Sólidos” na pontuação do indicador.

Na área de estudo foram constatados diversos focos de disposição inadequada de resíduos sólidos, onde estes são lançados de forma indiscriminada em áreas verdes das sub-bacias ou são queimados. Segundo os moradores locais esta prática é realizada

devido ausência e/ou precariedade dos serviços de coleta de lixo na região. Neste sentido, entende-se como oportuna a inclusão desta variável no Indicador Saúde Pública, para que esta problemática seja contabilizada no valor do ISBH. As figuras 34 e 35 apresentam alguns locais onde foram encontrados disposições inadequadas de resíduos sólidos.



Foto: Leonardo Soares - 2010

Figura 34 – Disposição de resíduos sólidos nas proximidades do leito do rio Alegria, sub-bacia do Maracanã.



Foto: Leonardo Soares - 2010

Figura 35 – Disposição de resíduos sólidos nas águas do rio Maracanã, sub-bacia do Maracanã.

5.2.4 Dimensão Político-Institucional

Indicador de Taxa de Urbanização do Entorno

Atualmente o processo de urbanização desordenada no município de São Luís representa uma forte pressão sobre os recursos naturais remanescentes, notadamente sobre os recursos hídricos. A metodologia proposta por Isaias (2008) visa em seu indicador taxa de urbanização de entorno refletir a taxa de urbanização das áreas situadas no entorno das sub-bacias estudadas a fim de projetar possíveis cenários de ocupação antrópica na área de aplicação do índice.

A área de entorno considerada neste indicador corresponde a um buffer de 1 Km em relação ao perímetro das sub-bacias. As áreas de entorno totalizam 2.138 ha e 3.056 ha para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. A taxa de urbanização adotada foi definida de acordo com a porcentagem de áreas urbanas e rurais em relação à área de estudo.

Os Apêndices L, M, N, O apresentam os mapas temáticos de uso e ocupação do solo das sub-bacias do Batatã e Maracanã e de suas respectivas zonas de amortecimento para os anos de 1976 e 2008, respectivamente. Nos apêndices P e Q são apresentados os resultados de uso ocupação para os anos de 1976 e 2008 da zona de amortecimento de 1 Km das respectivas sub-bacias hidrográficas.

Para o ano de 1976 a taxa de urbanização do entorno foi igual a zero para as duas sub-bacias estudadas, sendo assim a pontuação para o referido indicador foi igual a 1. Com relação ao ano de 2008 as taxas de urbanização do entorno calculadas foi de 21,46% para a sub-bacia do Batatã totalizando 0,4 pontos e 16,74% para a sub-bacia do Maracanã, correspondendo a 0,8 pontos para o indicador em questão.

Analisando os resultados, verifica-se que a pontuação do indicador representou a realidade de taxa de urbanização do entorno das sub-bacias, sendo que a sub-bacia do Maracanã obteve pontuação maior que a sub-bacia do Batatã. Este fato era esperado devido boa parte da zona de amortecimento da sub-bacia do Maracanã (aproximadamente 50%) está inserido na sub-bacia do Batatã que conserva ainda 87,31% de vegetação.

Indicador de Integridade de Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente - APP - são áreas nas quais, por imposição da lei, a vegetação deve ser mantida intacta, tendo em vista garantir a preservação dos recursos hídricos, da estabilidade geológica e da biodiversidade, bem como o bem-estar das populações humanas. O regime de proteção das APP é bastante rígido: a regra é a intocabilidade, admitida excepcionalmente a supressão da vegetação apenas nos casos de utilidade pública ou interesse social legalmente previstos.

Corson (1996) indica que as áreas ciliares provêem serviços essenciais, uma vez que controlam a temperatura do ar, mantendo o ciclo das águas, absorvendo a água das chuvas e lançando umidade na atmosfera, retiram o dióxido de carbono e geram oxigênio, através da fotossíntese. Reciclam nutrientes e restos orgânicos; detêm a erosão do solo e a sedimentação dos cursos d'água ao nível natural; e regulam os fluxos dos riachos e rios, ajudando na moderação das enchentes e secas.

Segundo Lima e Zákia (2004), se levarmos em consideração que a bacia hidrográfica se encontra íntegra, compete dizer que “as matas ciliares ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, tanto em termo hidrológicos, como ecológicos e geomorfológicos”, carecendo de maior atenção e compreensão dos seus fatores e suas inter-relações.

O monitoramento das áreas de preservação permanente tem sido um grande desafio sob o aspecto técnico e econômico, pois os critérios de delimitação com base na topografia, exigem o envolvimento de pessoal especializado e de informações detalhadas da unidade espacial em análise. Entretanto, com o desenvolvimento de sofisticados algoritmos e a sua incorporação ao conjunto de funções dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem sido possível o processamento rápido e eficiente dos dados necessários para caracterização das variáveis morfométricas do terreno (OLIVEIRA, 2002), essenciais para análise das intervenções antrópicas em bacias hidrográficas sobre as APP's.

A abordagem com base em produtos derivados a partir de algoritmos tem substituído, com vantagens, os métodos manuais tradicionalmente utilizados, permitindo a obtenção de resultados menos subjetivos, em menor tempo e replicáveis (TRIBE, 1992; RIBEIRO *et al*, 2002) e apresentado níveis de exatidão comparáveis aos obtidos por métodos manuais (GARBRECHT e MARTZ, 1993; EASH, 1994). A

funcionalidade e eficácia desses procedimentos podem produzir diagnósticos e fornecer subsídios capazes de identificar e mensurar a ocorrência de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente, fortalecendo as ações ambientais de monitoramento e como suporte para os instrumentos jurídicos de controle e fiscalização desses ambientes.

Para calcular este indicador foi realizado o mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes – APP's determinadas pela legislação pertinente nas sub-bacias do Batatã e Maracanã. Foram delimitadas as faixas de 50 metros de vegetação a partir das prováveis áreas de nascentes, as faixas de matas ciliares que variaram de acordo com a largura dos corpos hídricos e as áreas de manguezais. A definição dos limites para as áreas de matas ciliares de nascentes e de rios tomou como base o Modelo Digital de Elevação (Figura 36) e a Drenagem (Figura 37) que foram construídos com base das Cartas DSG de 1988 da região.

Posteriormente foram determinados os polígonos das APP's para as sub-bacias (Figura 38).

Para cálculo da integridade dos manguezais, tomou-se como base a área mapeada para o ano de 1976 como a APP de manguezal com 100% de integridade. Estas áreas corresponderam a 136,94 ha e 50,62 ha para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

A delimitação mostrou que 474,94 ha e 525,62 ha que correspondem a 27,43% e 19,41% das áreas das sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente, são de Preservação Permanente. A tabela 44 apresenta as tipologias de APP's em hectares e suas respectivas porcentagens de áreas legais nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Tabela 44 – Áreas de Preservação Permanentes Legais nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Tipologia de Área de Preservação Permanente	Área Legal de APP's			
	Sub-bacia Batatã		Sub-bacia Maracanã	
	Área (ha)	% sub-bacia	Área (ha)	% sub-bacia
Mata ciliar (rios)	287	16,57	407	15,07
Mata ciliar (nascentes)	51	2,96	68	2,51
Mangue (1976)	136,94	7,9	50,62	1,87
Total	474,94	27,43	525,62	19,41

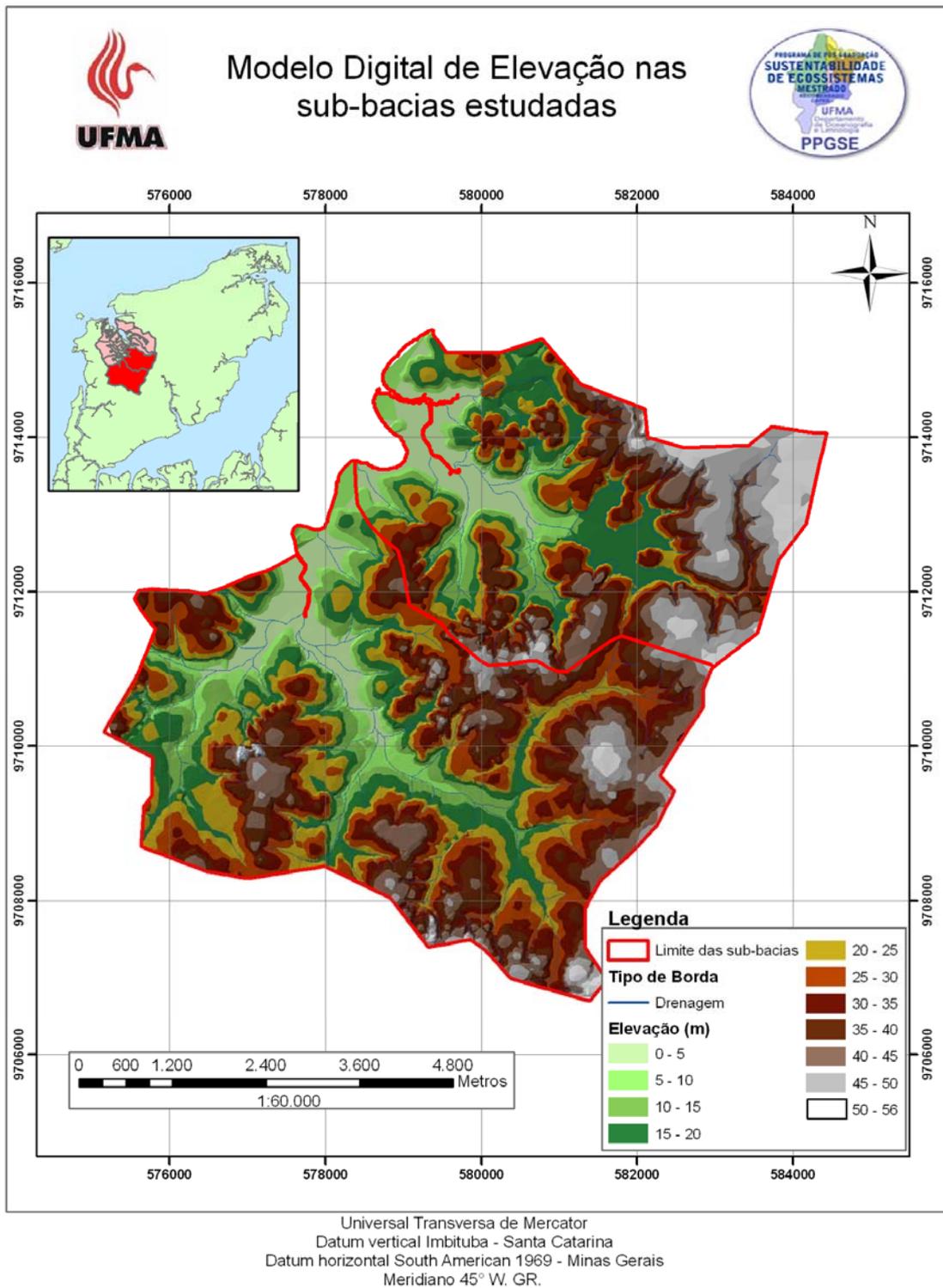


Figura 36 - Modelo Digital de Elevação para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, São Luís - MA.

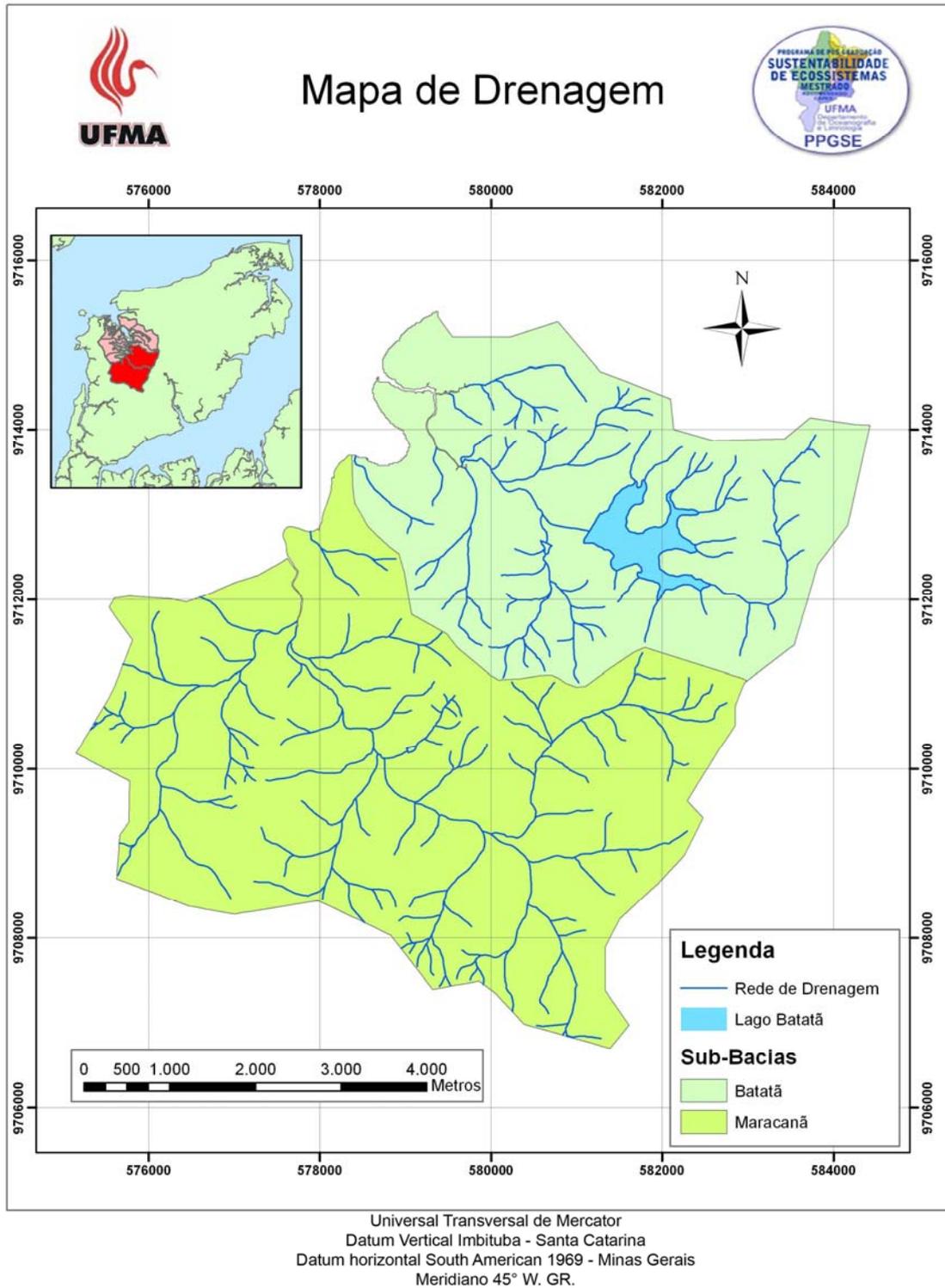


Figura 37 – Drenagem das sub-bacias do Batatã e Maracanã, São Luís - MA.

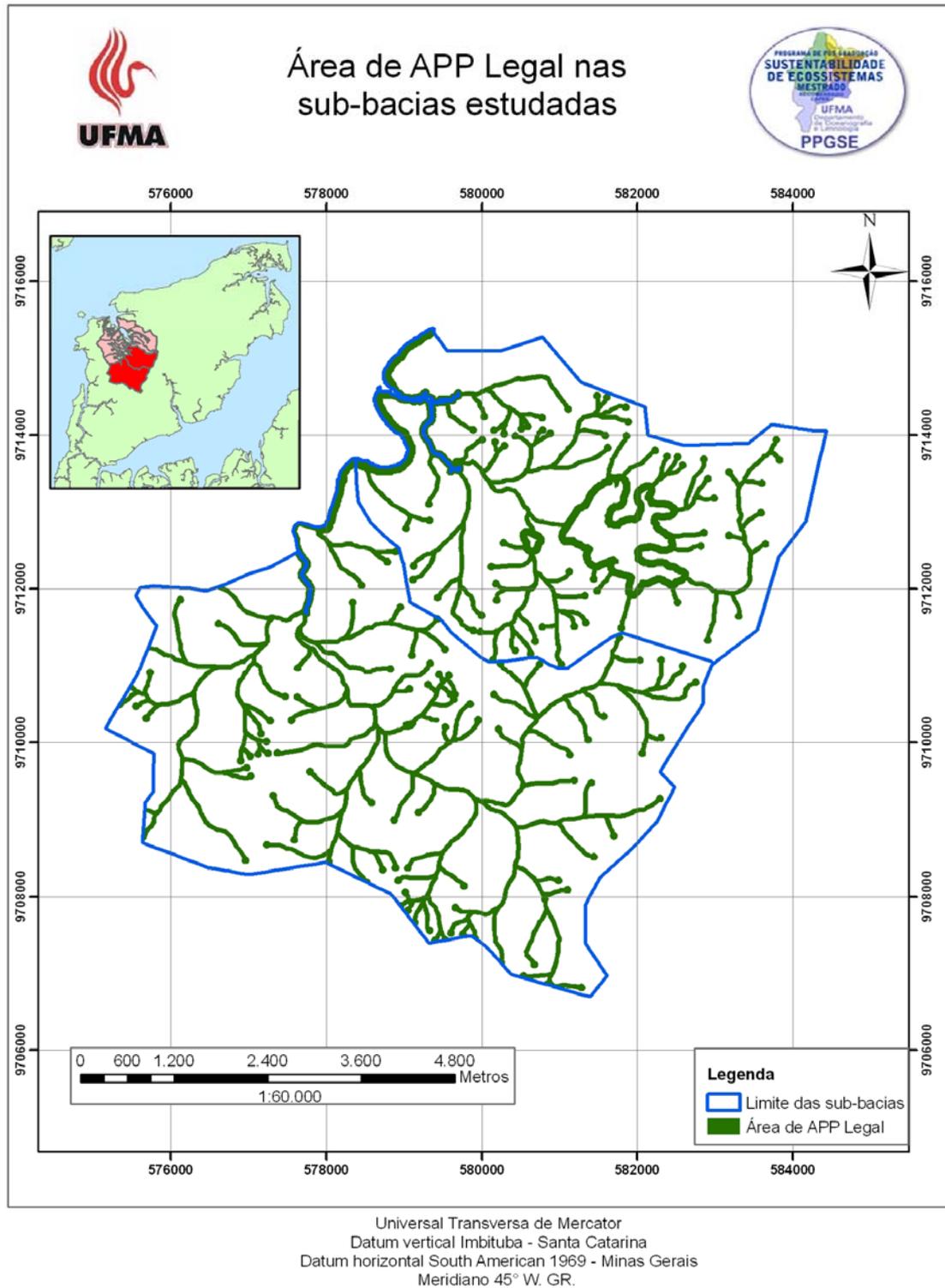


Figura 38 – Áreas de Proteção Ambiental Legais das sub-bacias do Batatã e Maracanã São Luís – MA.

Após definição das áreas de APP's legais foram realizados os cruzamentos entre os *layers* de usos e ocupação do solo dos anos de 1976 e 2008 e os limites de APP's legais para as sub-bacias do Batatã e Maracanã (Figuras 40 e 41). A tabela 45 apresenta os valores das unidades de paisagem identificadas nas áreas de APP's legais em hectare e porcentagem para as sub-bacias estudadas nos anos de 1976 e 2008.

Tabela 45 – Uso e ocupação do solo nas Áreas de Preservação Permanente das sub-bacias do Batatã e Maracanã, referentes aos anos de 1976 e 2008.

Sub-bacia Batatã	1976				2008			
	Mata Ciliar (Nascentes)		Mata Ciliar (Rios)		Mata Ciliar (Nascentes)		Mata Ciliar (Rios)	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Área Urbana	0	0,0	0	0	2,18	4,28	2,48	0,86
Área Rural	0	0,0	0	0	4,08	8,00	11,38	3,97
Solo exposto	0,3	0,6	9,82	3,42	0,23	0,45	0,93	0,32
Capoeira alta	29,09	57,0	156,84	54,65	22,76	44,65	132,25	46,08
Capoeira média	19,34	37,9	107,44	37,44	18,21	35,73	89,6	31,22
Capoeira baixa	2,27	4,5	12,9	4,49	3,51	6,89	50,33	17,54
Agricultura	0	0,0	0	0	0	0,00	0,03	0,01
Total	51	100,0	287	100	50,97	100,00	287	100,00
Sub-bacia Maracanã	1976				2008			
Área Urbana	0	0	0	0	17,25	25,37	94,27	23,16
Área Rural	0	0	0	0	19,37	28,49	79,51	19,54
Solo exposto	1,93	2,84	18,97	4,66	4,2	6,18	8,13	2,00
Capoeira alta	18,44	27,12	192,99	47,42	1,99	2,93	84,72	20,82
Capoeira média	43,05	63,31	155,93	38,31	15,37	22,60	80,99	19,90
Capoeira baixa	4,56	6,71	36,57	8,99	8,19	12,04	56,07	13,78
Agricultura	0,02	0,03	2,54	0,62	1,63	2,40	3,31	0,81
Total	68	100	407	100	68	100,00	407	100,00

Os resultados de integridade das APP's foram baseados nos valores de integridade de cobertura vegetal existentes na poligonal de APP legal (MARCONES, 2001). Desta forma, o somatório de cobertura vegetal em cada sub-bacia na poligonal APP legal indica a porcentagem da integridade de APP. A figura 39 apresenta os valores de cobertura vegetal (capoeira alta, média, baixa e mangue) em hectare e porcentagem de integridade dentro das poligonais das APP's para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

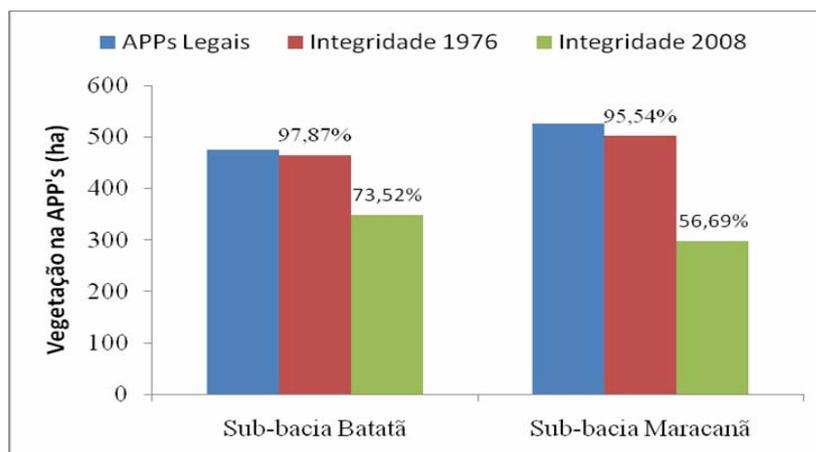


Figura 39 – Comparação entre as Áreas de Preservação Permanentes Legais e suas coberturas de vegetação (capoeira alta, média, baixa e mangue) em hectare e porcentagem para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

Conforme apresentado na figura 39 a integridade de vegetação das APP's reduziu 24,35% e 38,85% nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. Estes percentuais correspondem a 115 ha e 204 ha de supressão de vegetação protegida por lei entre os anos de 1976 e 2008 para as sub-bacias estudadas.

Com relação à sub-bacia do Maracanã a diminuição de integridade de APP era esperada, devido o crescimento urbano e rural que vem se processando de forma crescente e desordenada nesta sub-bacia. No caso do Batatã a diminuição está relacionada principalmente com a ocupação irregular e desordenada da Vila Itamar, Vila Esperança, Vila Sarney e Recanto Verde I e II.

A pontuação do indicador foi de 1 para ambas sub-bacias no ano de 1976 . Com relação ao ano de 2008 o valor foi de 0,4 para o Batatã e Maracanã. A pontuação do indicador demonstrou a diminuição da vegetação das áreas de preservação permanente da área de estudo ao longo do tempo, confirmando a maleabilidade da pontuação e mostrando que esta pode servir como base para os gestores compararem a integridade de APP's de diferentes bacias hidrografias ou outra unidade de planejamento ambiental.

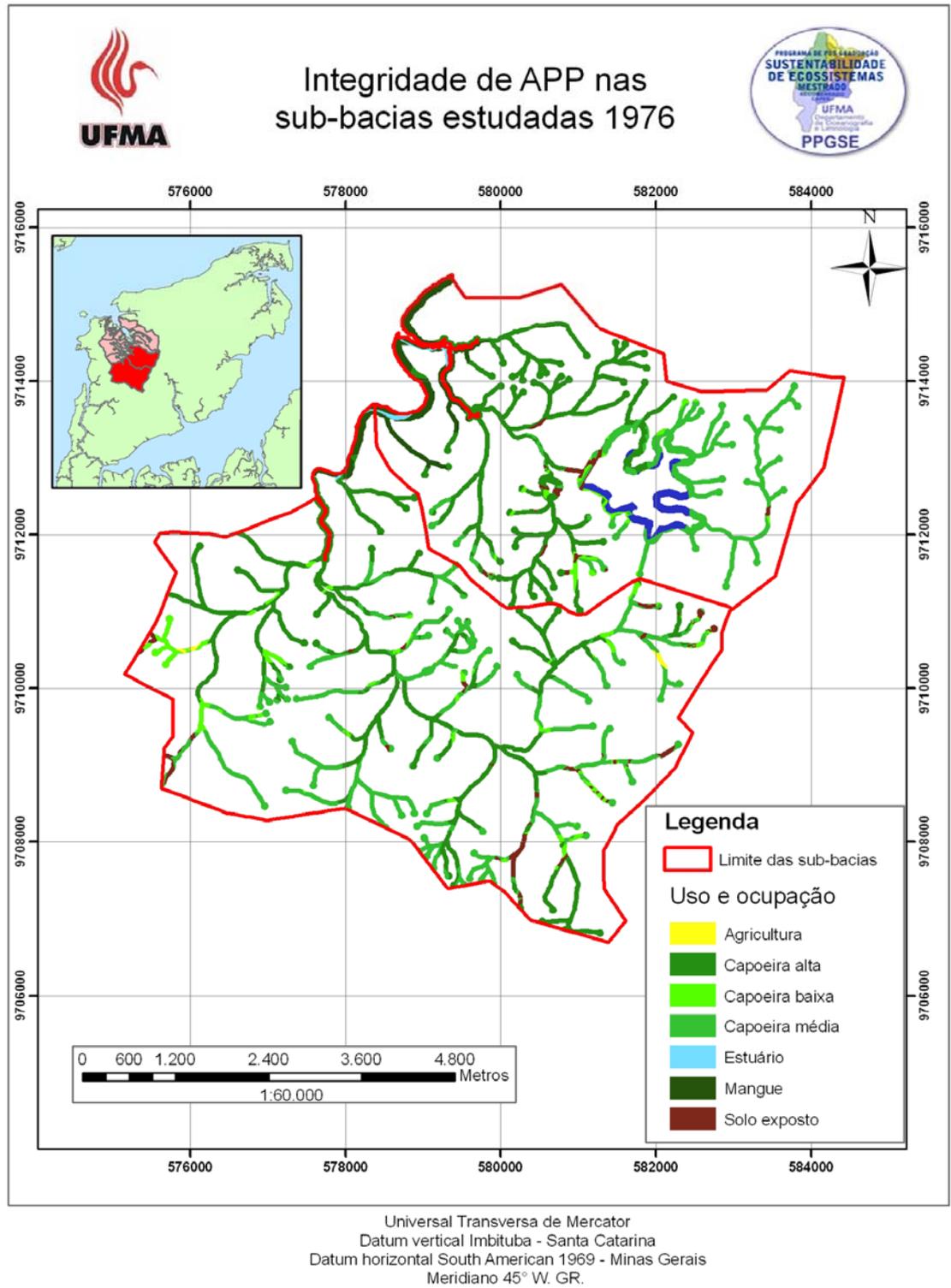


Figura 40 – Integridade das Áreas de Preservação Permanente para as sub-bacias do Batatã e Maracanã referentes ao ano de 1976.

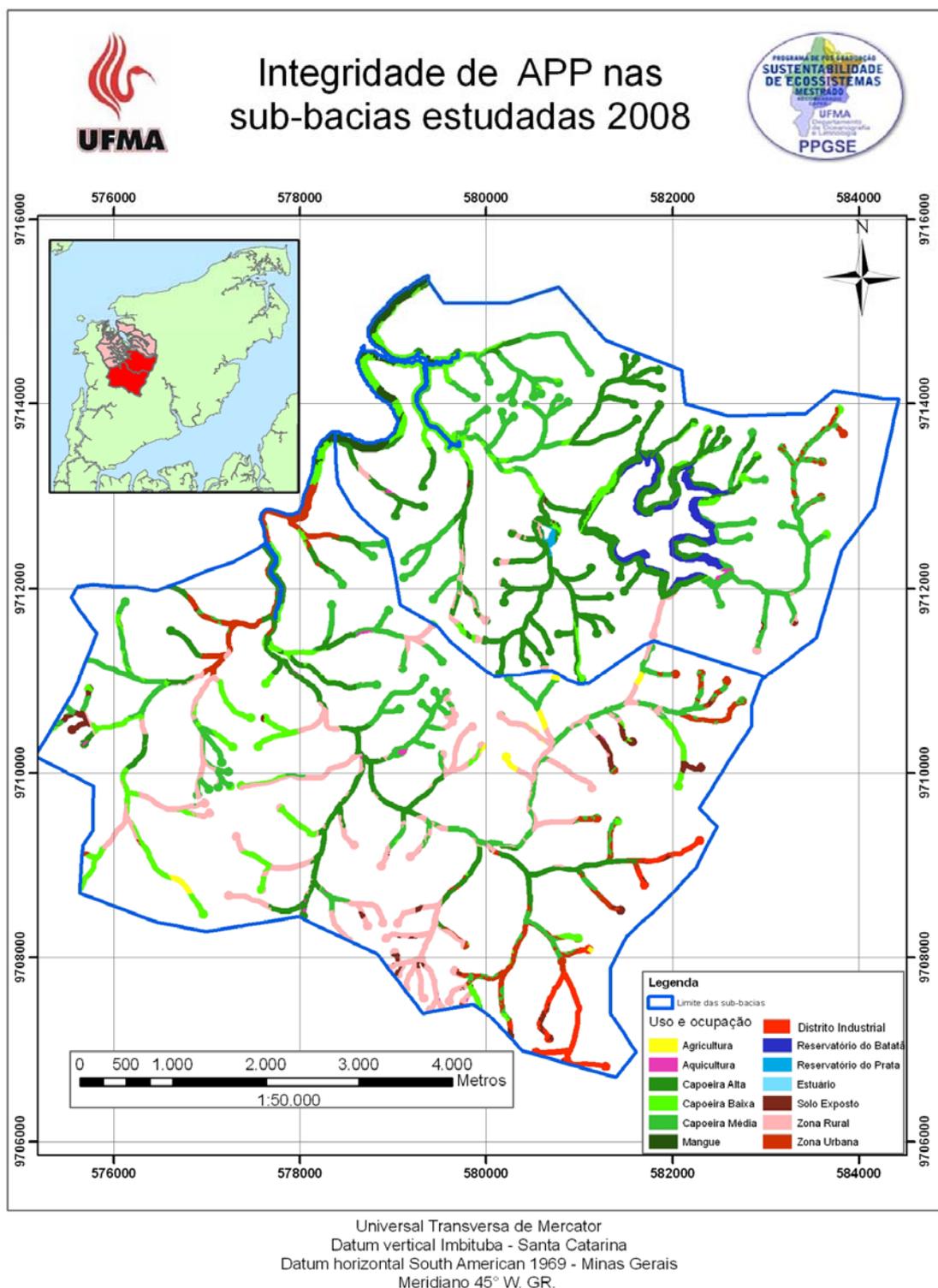


Figura 41 – Integridade das Áreas de Preservação Permanente para as sub-bacias do Batatã e Maracanã referentes ao ano de 2008.

No trabalho de campo foi possível identificar, especialmente na sub-bacia do Maracanã que algumas áreas de preservação permanentes estão localizadas no interior de propriedades ditas “*particulares*”. Esta peculiaridade levantou o seguinte questionamento: Como deve ser a atuação do poder público no tocante a esta situação?

O levantamento bibliográfico demonstrou que existem formas legais de conter esta problemática e responder tal pergunta. De acordo com o conceito as faixas de APPs devem ser mantidas intactas, não havendo previsão de nenhum tipo de uso e ocupação do solo em tais áreas a não ser, excepcionalmente, em casos de utilidade pública ou interesse social, conforme inserções legais mais atualizadas.

Neste sentido, aplica-se a Resolução CONAMA, nº 369 de 2006, que pode ser considerada como um avanço ou retrocesso na tentativa de construção de uma visão urbana da aplicação de APP. Seu teor trata da problemática da ocupação ilegal, com parte do conteúdo dedicado especificamente à regularização fundiária. A Resolução dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação, mediante autorização do órgão ambiental competente, conforme disposto no seu art. 9º.

“Art. 9º A intervenção ou supressão de vegetação em APP para a regularização fundiária sustentável de área urbana poderá ser autorizada pelo órgão ambiental competente, observado o disposto na Seção I desta Resolução, além dos seguintes requisitos e condições:[...]”

No caso da situação de ocupação irregular de APP nas sub-bacias estudadas, para que sejam atendidos os requisitos da legislação para regularizar a situação das propriedades deve-se em primeiro plano realizar um levantamento individual das ocupações em APP’s e constatar se foi ou não promovida por população de baixa renda.

Após a comprovação de uso por população de baixa renda o poder público municipal deve declarar as áreas como ZEIS - Zona Especial de Interesse Social - através do Plano Diretor ou de lei complementar. Neste caso um requisito obrigatório é a apresentação pelo órgão competente do Plano de Regularização Fundiário Sustentável - PRFS (Resolução CONAMA 369/06) que deve garantir a implantação de instrumentos de gestão democrática e de controle e monitoramento ambiental destas áreas. Após a regularização é indispensável o monitoramento das APP’s remanescentes a fim de impedir novas ocupações.

Os resultados deste indicador evidenciaram a necessidade do mapeamento das APP remanescentes, assim como a implementação de medidas de recuperação das áreas degradadas e de caráter preventivas das áreas remanescentes de Preservação Permanentes nas sub-bacias em estudo. Sugere-se a elaboração de um projeto que vise todos estes aspectos em conjunto entre as instituições públicas ligadas à gestão do meio ambiente de São Luís, Universidades, Ong's e comunidade local da região.

Outra particularidade que os resultados remetem, refere-se à necessidade de elaboração de estudos mais detalhados sobre a migração das nascentes. Estas áreas devem ser consideradas, principalmente na sub-bacia do Maracanã, as quais estão mais expostas às interferências antrópicas, como prioritárias para recuperação e preservação ambiental.

As excussões de campo mostraram que existem peculiaridades referentes às nascentes e suas matas ciliares da área de estudo. A primeira é referente à sub-bacia do Maracanã, onde a maioria das nascentes estão localizadas no interior de propriedades particulares e possuem algum grau de perturbação. Levando-se em consideração a ausência de fiscalização ambiental e de conservação destas áreas, este aspecto mostra-se positivo nos casos onde o morador utiliza a água para realizar atividades cotidianas, pois o “*dono do olho d’água*” (como se denominam) mesmo que indiretamente adotam posturas conservacionistas.

Ainda assim, nestes casos, foi possível diagnosticar alguns problemas relacionados à falta de conscientização e acompanhamento ambiental, pois, onde o proprietário conserva as APP's, muitas das vezes as praticas conservacionistas utilizadas indiretamente não são apropriadas, tais como: plantio de espécies de vegetais exóticas nos raios de proteção das nascentes, construção de taludes para desenvolver a prática de piscicultura e desvios do fluxo de água para irrigação.

Em vários casos observados em campo, as áreas de nascentes e matas ciliares, quando localizadas no interior de propriedades são alvo de diversos impactos, tais como: supressão da vegetação provocando a erosão do solo e conseqüente assoreamento dos corpos hídricos, lançamento de esgotos domésticos, lançamento de lixo, edificações, lavagem de veículos e roupas dentre outros.

Vinhote (2008) estudando as a sustentabilidade das formas de ocupação, usos e conservação das matas ciliares nas nascentes do rio Bacanga, São Luís – MA

evidenciou que os principais tensores de efeito direto sobre as nascentes foram crescimento populacional com a conseqüente expansão urbana, as estradas, a ausência de saneamento básico, o surgimento de novos povoados por meio de ocupações irregulares e a má disposição do lixo no ambiente.

A outra peculiaridade relacionada às áreas protegidas refere-se à sub-bacia do Batatã, que em comparação ao Maracanã encontra-se em melhores estágios de conservação. As matas ciliares dos rios e nascentes do Batatã, de acordo com a tabela 39, ainda apresentam 73,52% de integridade. Esta integridade remanesce devido à sub-bacia está inserida em parte no Parque Estadual do Bacanga, onde 1.024 ha que corresponde a 81% da área inserida na sub-bacia, são de propriedade da CAEMA.

Diante dos resultados e da lógica em empreender medidas corretivas para reduzir a degradação em áreas de APP's das sub-bacias hidrográficas, a região mostra-se como prioritária em ações de defesa do ambiente, buscando resultados positivos para toda a bacia hidrográfica em que se insere (Bacia do Bacanga), uma vez que as principais nascentes do rio Bacanga e o Reservatório de água que abastece 20% da cidade de São Luís encontram-se na área em questão.

A presença de nascentes perenes nos indica que existem regiões capazes de captar, armazenar e administrar água, onde os condicionantes ambientais estimulam a evasão da água destes ambientes. Por este motivo estas áreas são importantes de serem estudadas, uma vez que constituem regiões onde as funções hidrológicas operam de modo a gerar excedentes de água durante o ano.

Sugere-se a implementação de um projeto de conservação e preservação destas sub-bacias que se sustentem no mínimo, nos pilares especificados abaixo:

✓ Educação Ambiental: tornar a educação ambiental uma ferramenta adicional que busca a releitura dos processos educacionais com ênfase na interação mais positiva entre sociedade e meio ambiente; fomentar a melhoria contínua do ensino de Ciências nas escolas públicas;

✓ Recursos Hídricos: estimular a conscientização ambiental dos produtores rurais com vistas à proteção das nascentes; bem como reforçar nas comunidades rurais a necessidade de medidas de proteção destas áreas;

✓ Saneamento Básico: informar o público da área rural sobre a importância das medidas de saneamento básico; e, por meio de oficinas, promover a transferência de tecnologia de baixo custo para disponibilização final de esgotos sanitários no meio rural;

✓ Agricultura: aumentar nas comunidades rurais o nível de informação sobre os perigos do uso incorreto dos agrotóxicos; reforçar a necessidade de ter cuidado com agrotóxicos por meio de recursos visuais; capacitar agentes de difusão de conhecimentos sobre o tema agricultura orgânica;

✓ Vegetação: estimular a recuperação de áreas de preservação permanente nas micro-propriedades rurais da região; orientar e estimular a recomposição de mata ciliar; estimular a criação de viveiros e, ao mesmo tempo, oferecer mudas desenvolvidas regionalmente para cobrir as demandas locais;

✓ Transferência de Tecnologias e Apoio a Sociedade Civil Organizada: identificar demandas de mobilização popular; auxiliar na formação de organizações preocupadas com as questões ambientais; diagnosticar as limitações e os obstáculos ao pleno desempenho de seus objetivos sociais e ambientais; efetivar o contato entre os detentores do conhecimento científico e tecnológico e a comunidade com sua sabedoria local;

✓ Turismo: propiciar novas perspectivas aos moradores locais da região pela inserção de novas funções e novas alternativas econômicas emergentes associadas ao desenvolvimento sustentável do turismo, incentivando-o como opção social a ser considerada em decisões futuras pela população local.

Indicador de Unidade de Conservação

As Unidades de Conservação segundo o art. 2º, I, da Lei Federal nº 9.985/2000, são os espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo poder público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas à proteção.

É amplamente reconhecido que as unidades de conservação têm um papel importante no padrão geral de uso da terra e no desenvolvimento econômico dos povos

(TERBORGH, *et al.*, 2002; WWF, 1999; CIFUENTES *et al.*, 2000, HOCKINGS, 2003; FARIA, 2004). As contribuições específicas para o bem estar da sociedade incluem:

- ✓ Manutenção dos processos ecológicos essenciais que dependem de ecossistemas naturais;
- ✓ Preservação da diversidade de espécies e da variação genética dentro delas;
- ✓ Manutenção das capacidades produtivas dos ecossistemas;
- ✓ Preservação das características históricas e culturais de importância para os estilos de vida tradicionais e bem estar dos moradores locais;
- ✓ Salvaguarda dos *habitats* críticos para sustentação de espécies;
- ✓ Provisão de oportunidades para o desenvolvimento de comunidades, pesquisa científica, educação, capacitação, recreação, turismo e mitigação de ameaças de forças naturais;
- ✓ Provisão de bens e serviços ambientais;
- ✓ Manutenção de fontes de orgulho nacional e inspiração humana.

Para cálculo deste indicador, primeiramente foram determinados os limites das áreas das Unidades de Conservação (UC) por categoria (Proteção Integral e Uso Sustentável) que inserem-se nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Na área de estudo transcorrem parte dos limites de três UC's e uma Zona de Reserva Florestal, sendo elas: Parque Estadual do Bacanga – UC de Proteção Integral criada pelo Decreto Lei Estadual Nº 7545/80 (MARANHÃO, 1980) ; Área de Proteção Ambiental do Maracanã – UC de Uso Sustentável criada pelo Decreto Estadual Nº 12.103/91 (MARANHÃO, 1991); Área de Proteção Ambiental Upaon-açu Miritiba/Alto Preguiça – UC de Uso Sustentável criada pelo Decreto Estadual Nº 12428/92 (MARANHÃO, 1992); e a Zona de Reserva Florestal do Sacavém, que apesar de não ser considerada como UC possui restrições quanto ao seu uso, sendo criada pela Lei Municipal Nº 3.253/92 (SÃO LUÍS, 1992).

A figura 42, apresenta os limites destas áreas protegidas em relação às sub-bacias estudadas. Nos apêndices R, S e T são apresentados os mapas do limite de cada UC individualmente em relação às sub-bacias estudadas.

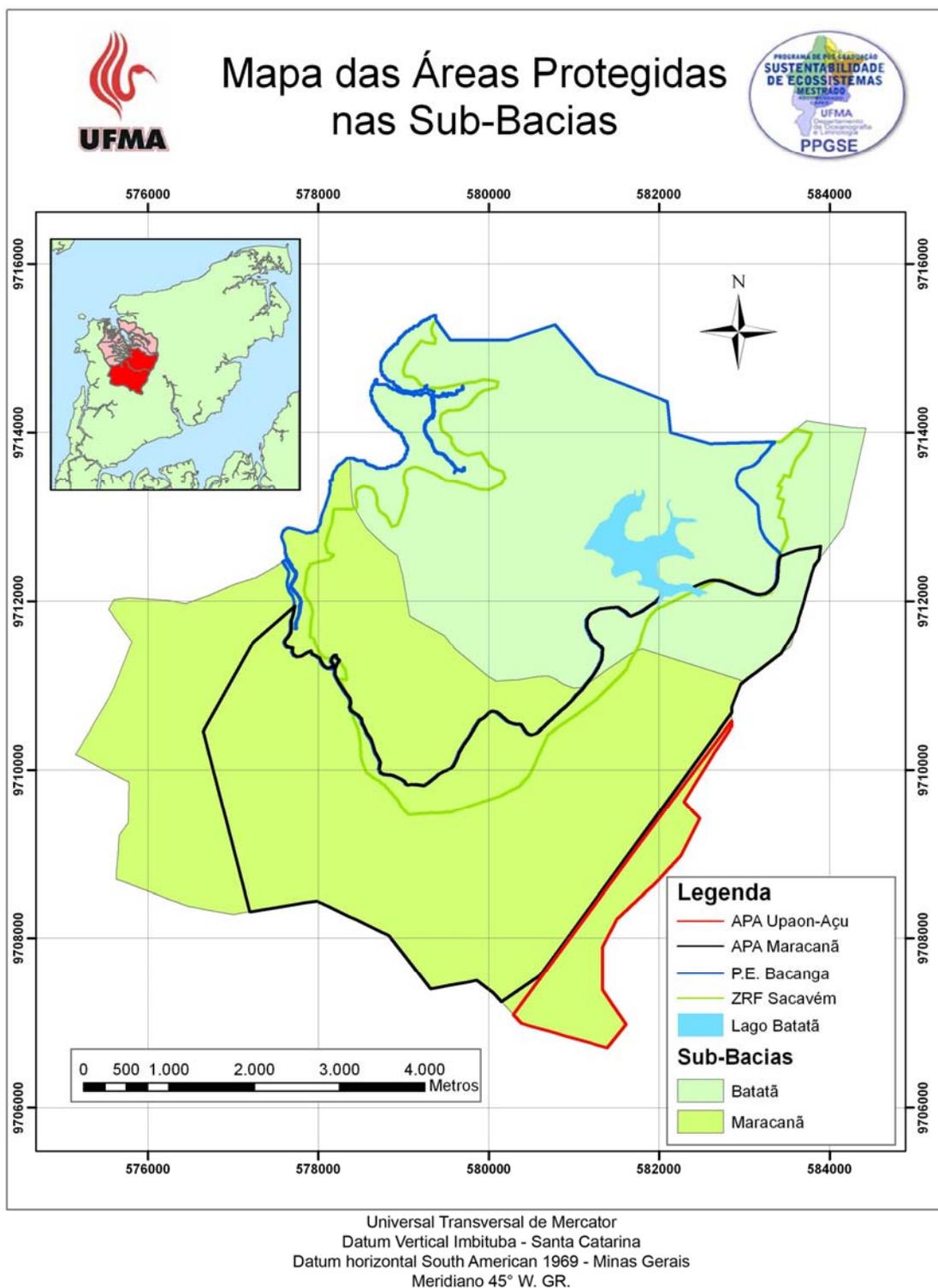


Figura 42 – Trechos das Unidades de Conservação e da Zona de Reserva Florestal que estão inseridas nas sub-bacias do Batatã e Maracana.

A tabela 46 apresenta um resumo dos dados de área total e do trecho de cobertura em hectares e porcentagem das UC's e ZRF em relação às sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

Tabela 46 – Dados da cobertura das Sub-bacias ocupadas pelas Unidades de Conservação.

Sub-Bacias	Unidade de Conservação - UC	Área da UC (ha)	Área da UC na Sub-Bacia (ha)	% da UC na Sub-Bacia	% da Área da Sub-Bacia ocupada pela UC
Batatã	P.E. Bacanga	2.634,06	1.356,86	51,51	78,32
Maracanã			487,45	18,51	18,05
Batatã	APA Maracanã	2.147,74	214,85	10,00	12,41
Maracanã			1.486,65	69,22	55,06
Batatã	APA Upaon-Açú	1.535.310,00	0	0	0,00
Maracanã			184,00	0,01	6,81
Batatã	ZRF Sacavém	2.654,94	1.300,40	49	78,32
Maracanã			560,79	21,12	18,05

De acordo com os resultados da tabela 46, constatou-se que a sub-bacia do Batatã possui 1.356 ha que correspondem a 78% de sua área coberta por UC de Proteção Integral (PE do Bacanga) e 487,4 ha de cobertura por UC de uso sustentável (APA Maracanã), o que corresponde a 12,4% do seu território.

Para o Maracanã os valores foram de 214,8 ha e 1.670 ha de coberturas por UC's de uso sustentável (APA Maracanã e APA Upaon-açú/Miritiba/Alto Preguiça) e proteção integral (PE do Bacanga) que corresponderam a 18,05% e 61,88% do seu território, respectivamente.

A figura 43 apresenta as porcentagens de coberturas das sub-bacias por tipologia de UC e suas respectivas áreas.

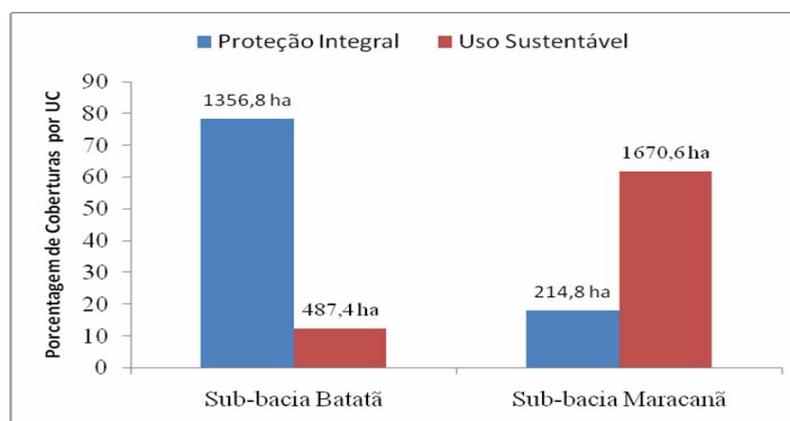


Figura 43 – Porcentagem e áreas em hectare de cobertura das sub-bacias do Batatã e Maracanã por Unidades de Conservação de Proteção Integral e Uso Sustentável.

Após o cálculo de porcentagem de cobertura por UC foi conferida a pontuação para o critério de Cobertura por Unidades de Conservação do indicador em questão, a tabela 47, apresenta estes valores.

Tabela 47 – Pontuação do critério porcentagem de Cobertura por Unidade de Conservação

Sub-bacias	% Unidade de Conservação	Pontuação
Batatã	78% PI e 12,4% US	1
Maracanã	18,05% PI e 61,88% US	0,4

De acordo com a metodologia quando ocorrem UC de Proteção Integral é necessário aplicar a pontuação para área da UC nas sub-bacias tomando como base as porcentagens de cobertura vegetal e áreas públicas. Desta forma foram realizadas as referidas pontuações para o Parque Estadual do Bacanga.

O cálculo da porcentagem de Vegetação da UC levou em consideração o somatório das áreas de capoeira alta, média, baixa e mangue que ocorrem no limite do PE do Bacanga em relação às sub-bacias. Enquanto para as áreas publicas considerou-se a porcentagem da propriedade da CAEMA inserida na poligonal do Parque do Bacanga em cada sub-bacia. De acordo com os levantamentos realizados junto ao setor de Patrimônio da CAEMA foi constatado que suas terras totalizam 1.767,4 hectares na região do Bacanga, onde 1.159,7 hectares destes estão inseridos nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.

As porcentagens de áreas públicas inseridas no Parque do Bacanga, assim como as áreas cobertas por vegetação e suas respectivas pontuações para o critério UC de Proteção Integral são apresentados nas figuras 44.

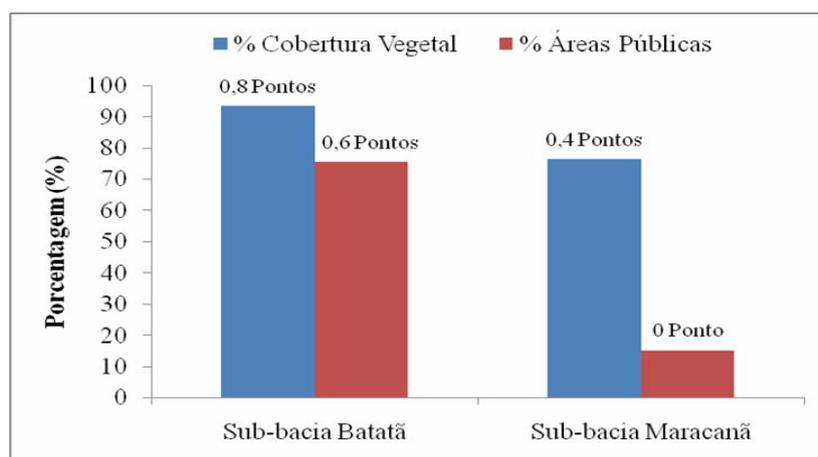


Figura 44 – Porcentagem de cobertura vegetal e áreas públicas do trecho da Unidade de Conservação de Proteção Integral (Parque do Bacanga) inserida das sub-bacias do Batatã e Maracanã.

De acordo com a figura 44 podemos observar que os dois componentes da pontuação da UC de Proteção Integral são superiores para a sub-bacia do Batatã. Os resultados ratificam que apesar de não implementado o Parque do Bacanga influencia diretamente na manutenção de vegetação das sub-bacias, e nos trechos onde esta UC foi considerada de domínio público, e provavelmente existe maior controle, a vegetação apresentou melhores condições de conservação.

A pontuação para as UC de Proteção Integral foi realizada através da extração da média da pontuação atribuída para as porcentagens de Vegetação e Áreas Públicas do Parque do Bacanga, inserido em cada sub-bacia estudada. Sendo assim, foi conferido o valor de 0,7 pontos para a sub-bacia do Batatã e 0,2 pontos para o Maracanã.

Com relação ao Indicador Unidade de Conservação a pontuação levou em consideração a média entre os critérios de Cobertura por UC e UC de Proteção Integral. A figura 45 apresenta os valores da pontuação de cada critério e suas respectivas médias, que correspondem ao valor do Indicador Unidade de Conservação para as sub-bacias estudadas.

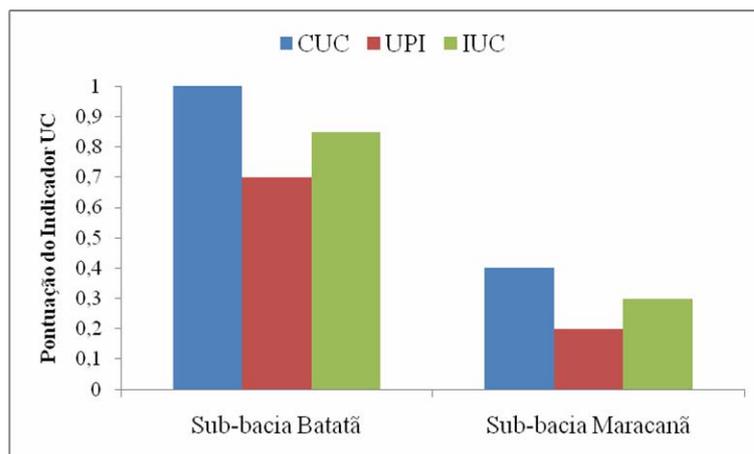


Figura 45 – Pontuação dos critérios Cobertura por Unidade de Conservação – CUC, Unidades de Conservação de Proteção Integral – UPI e do Indicador de Unidades de Conservação – IUC para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

O indicador Unidades de Conservação variou em função dos critérios utilizados, sendo assim, a pontuação atribuída evidenciou claramente as diferenças entre as sub-bacias estudadas, neste sentido ficou comprovada a aplicabilidade e maleabilidade da pontuação.

Tomando como base o estudo do trecho das UC's nas sub-bacias e visando gerar subsídios para análise da avaliação do estado de conservação e dos aspectos legais das UC's inseridas nos territórios das sub-bacias estudadas de forma a fundamentar as discussões a respeito da gestão destas áreas, foi realizado o mapeamento de uso e ocupação do solo para os anos de 1976 e 2008 destes setores do Parque Estadual do Bacanga e das Áreas de Proteção Ambiental do Maracanã e Upaon-Açú/Miritiba/Alto Preguiça (Apêndices U a AG). Abaixo são apresentados os principais resultados do mapeamento e demais aspectos levantados à problemática de cada UC inserida nas sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Parque Estadual do Bacanga e Zona de Reserva Florestal do Sacavém

O Parque Estadual do Bacanga foi criado pelo Decreto Estadual nº 7.545 de 02 de março de 1980, com uma área de 3.065 ha, correspondendo à parte restante da antiga Floresta Protetora dos Mananciais da Ilha de São Luís (criada pelo Decreto Federal nº 6.833 de 26 de agosto de 1944) (PETROBRAS, 2009).

De acordo com o Decreto criação desta UC no seu art. 6º ficou definido que *“ficaria a cargo do órgão gestor promover as desapropriações e indenizações*

necessárias a execução do presente Decreto”. Porém, avaliando historicamente o contexto da gestão do Parque verifica-se que esta disposição nunca foi implementada. O que fica evidente é a utilização do art. 4º do referido Decreto “*que atribui poder ao órgão gestor em excluir áreas que já estejam, de forma definitiva e irreversível, ocupadas ou utilizadas, desde que esta situação não afete as características ecológicas do Parque*”. Utilizando-se deste argumento o Parque do Bacanga já foi redefinido duas vezes.

A primeira redefinição ocorreu no ano de 1984, através do Decreto Nº 9.550 que estabeleceu novos limites para o Parque, retirando as áreas consideradas como irreversíveis para a recuperação. Às áreas excluídas, foram dadas novas destinações através dos Decretos nº 9.677/84, nº 10.084/86 e nº 12.448/92. O primeiro e segundo decretos destinaram 13,19 ha e 6,50 ha para o assentamento de 273 e 416 famílias carentes, respectivamente. O terceiro decreto 1,80 ha para a implantação do Projeto Minha Gente.

A segunda exclusão veio através da Lei Estadual nº 7.712/03, que em seu art. 1º exclui dos limites do Parque as áreas edificadas do Parque Pindorama, Parque Timbira, Parque dos Nobres, Bom Jesus, Primavera, Vila dos Frades e Coroadinho, bem como as áreas que se encontram instalado o acampamento da empreiteira da Andrade Gutierrez, duas moradias de terceiros ao lado do acampamento, a Associação dos Servidores da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA), Usina de Asfalto da Prefeitura de São Luís, Vila Itamar, Vila Esperança e parte da Vila Sarney. Consta, no Parágrafo Único deste decreto que não será permitido a expansão das áreas ocupadas e excluídas, mediante a construção de moradias ou outra forma de ocupação, que venha atingir a área do Parque. Esta determinação não foi cumprida, pois além do crescimento de várias localidades citadas acima, verifica-se a implantação de novos assentamentos humanos irregulares, tais como o Recanto Verde I e II.

Verifica-se que desde sua criação o Parque do Bacanga é exposto ao crescimento urbano e desordenado da região em que se encontra, ficando claro e evidente a omissão e/ou ineficiência do órgão gestor desta UC em desempenhar políticas públicas voltadas para a gestão e implementação da área.

As observâncias de ilegalidade das UC's estaduais do Maranhão podem ser verificadas através da Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério de Meio

Ambiente que dentro das suas competências coordena a ampliação e implementação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. De acordo com o levantamento realizado a Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Recursos Naturais do Maranhão – SEMA/MA, teoricamente gestora das UC estaduais, não é cadastrada como órgão gestor de Unidades de Conservação, sendo assim, o Parque Estadual do Bacanga e as demais UC's Estaduais do Maranhão não fazem parte do Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC). Este aspecto é de suma importância, uma vez que de acordo com o art. 11 da Resolução CONAMA 371/06 *“os recursos provenientes de compensação ambiental serão destinados exclusivamente para unidades de conservação reconhecidas pelo CNUC”*.

Outro aspecto que merece destaque refere-se à aplicação de recursos de compensação ambiental nesta área, de acordo com levantamentos realizados através de informantes-chave observou-se que estes não foram destinados de acordo com a ordem de prioridade regulamentada no art. 33 do Decreto Federal 4.340/02 que prioriza a regularização fundiária. A elaboração ou atualização de Plano de Manejo, fins o qual o recurso foi aplicado, segundo os informantes, é considerada pelo Decreto como a segunda prioridade.

Quanto a Proteção do Parque do Bacanga, além do seu Decreto de Criação e da Lei Federal 9.985/00 que institui o *“Sistema Nacional de Unidades de Conservação”* onde são atribuídas, dentre outros aspectos os princípios fundamentais de proteção e gestão das UC's, a área propriamente dita desta UC foi instituída na forma da Lei Municipal N° 3.253/92 que versa sobre *“Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo Urbano e dá outras providências do município de São Luís”*, como Zona de Reserva Florestal do Sacavém. De acordo com a lei municipal a *“zona destina-se exclusivamente à recreação pública, parque municipal, fins turísticos e jardim botânico”* (art. 92), e *“todo e qualquer projeto deve ser analisado pela Prefeitura, conjuntamente com órgãos federais e estaduais afins com assuntos relativos a preservação ambiental”* (art. 93).

Neste sentido, o levantamento do uso e ocupação do solo referente ao ano de 2008 foi de suma importância para mostrar a não aplicabilidade da legislação de proteção desta área, tanto na esfera estadual como municipal, uma vez que os resultados demonstraram que 62,46 ha e 97,18 ha que correspondem a 4,6% e 19,94% da área

desta UC nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente, estão ocupadas por zonas urbanas e rurais (Apêndice U, V, AC e AE). O mapeamento evidenciou mais uma vez a ausência de controle no crescimento de áreas irregulares no interior do Parque, assim como a repetida necessidade da aplicação do art. 4º do Decreto-Lei de Criação desta UC, que dá poder ao órgão gestor em excluir do Parque as áreas irreversivelmente ocupadas.

De acordo com Pinheiro Jr. (2006) que utilizou geotecnologia como subsídio a gestão ambiental do Parque Estadual do Bacanga e gerou cenários de evolução de uso e ocupação do solo as mudanças de paisagem no Parque tendem a continuar caso não haja decisões energéticas por parte dos gestores para reduzir as ocupações irregulares nos seus limites, o desmatamento e a retirada de minerais de maneira irregular, os problemas fundiários e para o estabelecimento de ações que contribuam para o fortalecimento do objetivo a que se propõe esta UC.

A afirmativa de Pinheiro Jr. (2006) está se concretizando, pois o mapeamento realizado neste estudo evidenciou a necessidade de exclusão de 9% da área do Parque inserido nas sub-bacias estudadas que corresponde 159,64 ha por estarem ocupadas pela urbanização. Diante desta problemática, e a fim de subsidiar a gestão desta UC serão apresentadas algumas propostas que devem ser avaliadas e na medida do possível implementadas, tendo em vista a preservação das áreas remanescentes do Parque Estadual do Bacanga, são elas:

- ✓ Mapeamento do uso e ocupação do solo para o ano de 2010;
- ✓ Levantamento de todas as residências inseridas na poligonal do Parque;
- ✓ Regularização fundiária do Parque;
- ✓ Cadastramento da SEMA como órgão gestor de Unidade de Conservação junto ao MMA.
- ✓ Atualização e implementação do Plano de Manejo;
- ✓ Instituição de Conselho Gestor da Unidade de Conservação; e
- ✓ Instalação de um Centro de Controle Ambiental para efetivação da fiscalização da área.

Área de Proteção Ambiental do Maracanã

A APA do Maracanã foi criada pelo Decreto nº 12.103/91, possui área de 1.831 ha, contendo em sua extensão diferentes unidades de paisagem. A APA foi instituída tendo em vista a necessidade de conservação desta área, não só pelo aspecto paisagístico de relevantes belezas, mas também visando a recreação e turismo, bem como proteção dos Recursos Hídricos que ali afloram. Contudo, o que se pode observar é que essa Unidade de Conservação foi apenas criada legalmente, mas não existe, de fato, nenhum plano de manejo para controle das atividades humanas no local, sobretudo, com relação à retirada da cobertura vegetal e manutenção da qualidade dos recursos hídricos (PETROBRAS, 2009).

Os resultados do mapeamento do uso e ocupação do solo, da integridade de APP e da situação dos recursos hídricos da zona da APA do Maracanã inseridos nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, configuram uma realidade preocupante quanto à manutenção das áreas de interesse ambiental remanescente nesta região.

Foi evidenciado que dos 1.702,85 ha da APA inseridos nas sub-bacias 510 ha configuram-se como áreas urbanas e 587,5 ha com áreas rurais (Apêndice X, Z, AD e AF). Este aumento desordenado da ocupação humana foi refletido diretamente na manutenção da vegetação e da qualidade dos recursos hídricos da região. Nesta área, existia em 1976 cerca de 1.583,52 ha de vegetação, sendo este valor reduzido para 332,73 ha no ano de 2008. Além do crescimento urbano desordenado, foram evidenciados outros fatores ambientais que têm influenciado diretamente na qualidade ambiental da APA, dentre eles destacam-se: o aumento da erosão; assoreamento dos rios; lançamento indiscriminado de esgotos; a supressão de APP; a extração mineral de forma ilegal; a disposição inadequada de resíduos sólidos; o uso de agrotóxicos; e extração sem controle dos recursos hídricos subterrâneos.

Legalmente, as APA's são conceituadas pela Lei Federal 9985/00 (SNUC), onde no seu art. 15 as denomina como *“uma área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”*

Aplicando o conceito legal de APA na APA do Maracanã, apesar de todos os tensores ambientais identificados e da sua descaracterização desde a criação em 1992 é uma UC a ser mantida e implementada. Isto justifica-se devido ao número de nascentes e das faixas APP's remanescentes, ao aspecto sócio-cultural do Festival da Juçara que está inserido na cultura ludovicense e principalmente devido ao potencial hídrico das sub-bacias em que está inserida.

Contudo, para que haja viabilidade de implementação e recuperação desta UC são necessários a elaboração de seu plano de manejo, a recuperação das áreas degradadas, em especial as de preservação permanente, a revitalização dos recursos hídricos, o disciplinamento do solo urbano e rural, a alocação de infra-estrutura básica para a comunidade como implantação das redes de abastecimento de água e coletora de esgotos, a coleta de resíduos sólidos e a implementação de um plano de drenagem.

Em paralelo, é necessário que seja promovido o incentivo a implantação dos planos de desenvolvimento locais que levem em consideração no mínimo o estímulo turístico da região, o fortalecimento do festival da Juçara e o desenvolvimento da agricultura orgânica. Aliado a todos estes aspectos levantados é fundamental que seja desenvolvido um trabalho de melhoria da qualidade educacional das comunidades inseridas na APA e seu entorno, assim como a elaboração e aplicação de um projeto de educação ambiental voltado à realidade da área.

Área de Proteção Ambiental Upaon-Açu-Miritiba/Alto Preguiça

A APA Upaon-Açú/Miritiba/Alto Preguiça foi criada em 1992, através do Decreto Estadual nº 12.428/92, a APA abrange os municípios de Axixá, Bacabeira, Barreirinhas, Humberto de Campos, Icatu, Morros, Paço do Lumiar, Presidente Juscelino, Primeira Cruz, Raposa, Rosário, Santa Quitéria do Maranhão, Santa Rita, São Benedito do Rio Preto, São Bernardo, São José de Ribamar, "São Luís", Tutóia e Urbano Santos, perfazendo um total aproximado de 1,5 milhões de ha.

Na área de estudo apenas a sub-bacia do Maracanã insere-se no território da APA Upaon-açú/Miritiba/Alto Preguiça com 184 hectares que corresponde com apenas 0,01% do território da UC. De acordo com os resultados do mapeamento 56,8%, 31,02%, 11,35% dos 184 ha da APA na sub-bacia, pertencem às classes de área rural, urbana e solo exposto, respectivamente (Apêndices AA, AB e AG).

Os resultados demonstraram que o território da sub-bacia do Maracanã não enquadra-se no objetivo proposto no ato de criação da APA pois de acordo com o art. 1º do seu Decreto de criação o objetivo da UC foi *“disciplinar o uso e a ocupação do solo, a exploração dos recursos naturais, as atividades de caça e pesca, a proteção à fauna e à flora, a manutenção das biocenoses daqueles ecossistemas e o padrão de qualidade das águas”*.

Neste sentido, propõem-se ao órgão gestor da UC a realização de uma análise da aplicabilidade e praticidade de criar um território protegido com exorbitantes dimensões. Deve ser realizado um estudo multidisciplinar visando um levantamento das características ambientais, socioeconômicas e culturas do território desta APA. O levantamento de dados deve subsidiar a re-definição dos limites desta UC, assim como apontar as áreas que devem ser transformadas em UC da categoria de proteção integral e o mapeamento das áreas de preservação permanente. É importante ressaltar que os aspectos levantados estão legalmente resguardados nos artigos 4º e 5º do Decreto de Criação desta UC.

Também, é de suma importância o fortalecimento dos órgãos ambientais dos demais municípios que integram esta UC. Por fim, após a redefinição de limites e o re-enquadramento de trechos da UC é necessário a elaboração e implementação do seu plano de manejo.

5.3 Análise Integrada do Índice de Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas – ISBH

Dentre as dimensões que compõe o ISBH, temporalmente só foram calculados os indicadores da dimensão ambiental e dois da dimensão político-institucional (integridade de APP e urbanização de entorno – apresentado na seção específica), os demais indicadores não foram mensurados devido à escassez de dados referentes às variáveis básicas que os compõem.

Devido a esta limitação de dados das demais dimensões, a análise comparativa do ISBH entre os anos de 1976 e 2008 ficou impossibilitada de ser realizada, porém procurou-se evidenciar as mudanças de pontuações entre a dimensão ambiental e seus indicadores entre os anos de estudo. A figura 46, abaixo, representa as variações temporais para esta dimensão.

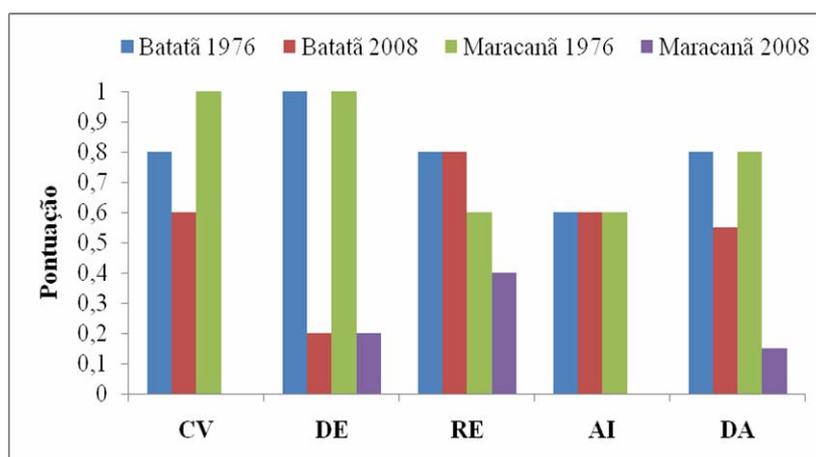


Figura 46 - Resultados dos indicadores e da dimensão ambiental para os anos de 1976 e 2008 nas sub-bacias do Batatã e Maracanã (CV – cobertura vegetal; DE – densidade de estradas; RE – risco de erosão; AI – área impermeabilizada; DA – dimensão ambiental).

Analisando a figura 46, verifica-se que as pontuações de todos os indicadores reduziram entre os anos de 1976 e 2008, dentre elas destacam-se a pontuação para cobertura vegetal e área impermeabilizada para a sub-bacia do Maracanã que reduziram de 1 e 0,6 no ano de 1976 para 0 no ano de 2008.

Com relação à pontuação obtida para a dimensão ambiental os valores foram de 0,8 para as duas sub-bacias em 1976 e 0,55 e 0,15 referentes ao ano de 2008 para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

A dimensão de qualidade de água foi mensurada para o ano de 2009, os valores para as pontuações do indicador IQA foram iguais para as duas sub-bacias estudadas. Porém o indicador turbidez pontuou com 0,4 na sub-bacia do Batatã e 0 na sub-bacia do Maracanã, demonstrando entre outros aspectos, a influência do aumento da erosão sobre os recursos hídricos da região. A pontuação da dimensão de qualidade de água foi de 0,4 e 0,2 para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. A figura 47 apresenta as pontuações obtidas para a dimensão de qualidade de água e seus respectivos indicadores.

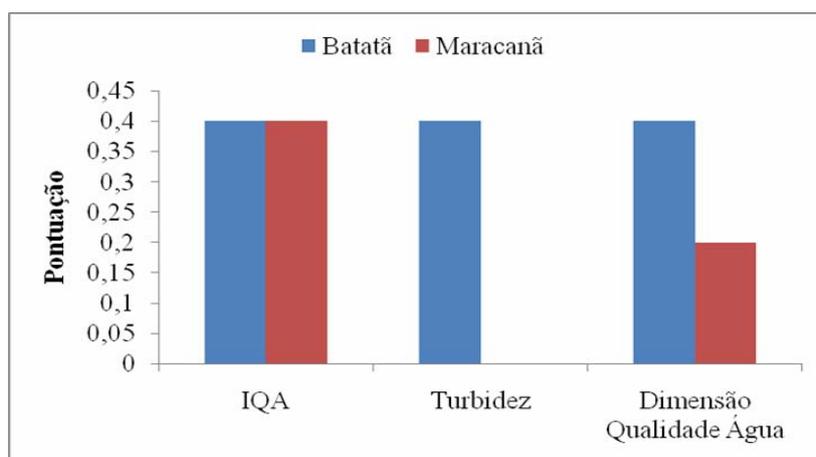


Figura 47 – Resultados da pontuação da dimensão de qualidade de água seus indicadores para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Com relação à dimensão socioeconômica os resultados são preocupantes, com exceção do indicador educação que obteve as pontuações de 0,8 e 0,7 para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente, os demais indicadores e critérios apresentaram valores muito baixos.

É importante ressaltar que a análise crítica da aplicação do indicador educação abordada neste estudo verificou a necessidade de adaptar a pontuação para que as pessoas com escolaridade entre o ensino fundamental e médio incompleto sejam incorporadas na pontuação, pois a metodologia do indicador levou em consideração apenas a porcentagem das pessoas analfabetas e com segundo grau completo, sendo assim não incluiu a porcentagem da bacia com escolaridades intermediárias ou superiores. Porém é importante destacar que este fator é minimizado quando no próprio estudo são apresentadas as diferentes porcentagens dos níveis de escolaridade em cada sub-bacia.

O indicador renda obteve a pontuação 0 para as duas sub-bacias, evidenciando a baixa *renda per capita* da região estudada. Com relação ao indicador saúde pública que está diretamente relacionada com o esgotamento sanitário e abastecimento de água da área estudada os valores foram de 0,3 e 0 para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente, neste indicador foi constatado a necessidade de inclusão do critério de coleta de resíduos sólidos e de sua re-denominação, uma vez que “*saúde pública*” abrange um portfólio bem superior aos critérios utilizados.

A pontuação da dimensão socioeconômica foi de 0,37 e 0,23 as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. A figura 48 apresenta as pontuações obtidas para a dimensão socioeconômica e seus respectivos indicadores.

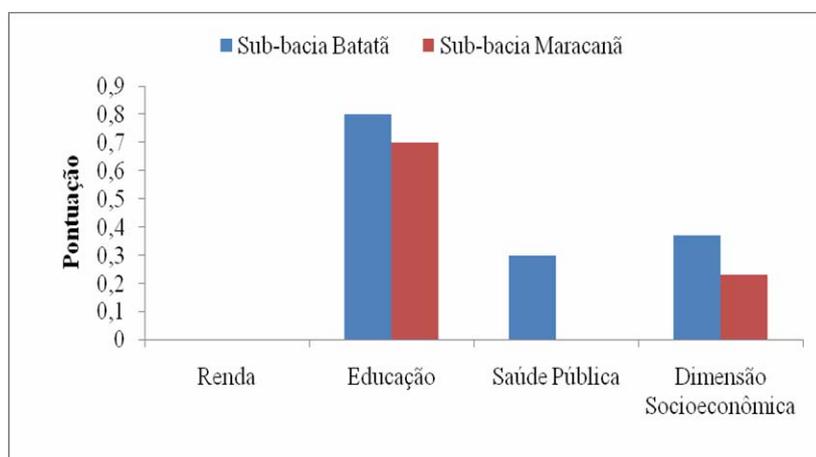


Figura 48 – Resultados da pontuação da dimensão socioeconômica e seus indicadores para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.

A dimensão político-institucional foi pontuada com 0,55 e 0,37 pontos para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. Analisando os indicadores verificou-se que com exceção da urbanização do entorno as demais pontuações foram superiores para a sub-bacia do Batatã. A pontuação da urbanização do entorno reflete as taxas de urbanização das sub-bacias adjacentes, devido aproximadamente 50% da sub-bacia do Maracanã está ao lado do Batatã, onde as taxas de urbanização são menores, e consequentemente obteve o valor de pontuação maior. A figura 49 apresenta os valores das pontuações da dimensão político-institucional e dos seus respectivos indicadores.

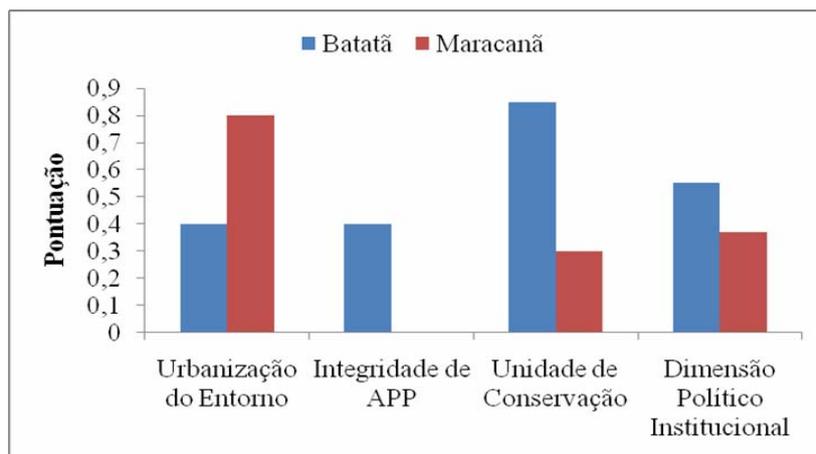


Figura 49 – Resultados dos indicadores e da dimensão político-institucional para as sub-bacias do Batatã e Maracanã.

Quando ao ISBH, os resultados obtidos foram de 0,47 e 0,24 pontos para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. Dentre as dimensões a que apresentou maiores valores variações entre estas duas sub-bacias foi a ambiental, seguida pela de qualidade de água, político-institucional e socioeconômica, respectivamente. A figura 50, apresenta os valores do ISBH com as respectivas pontuações das dimensões que o compõem para as sub-bacias estudadas. A tabela 48 apresenta resumo integrado de todas as pontuações dos indicadores, dimensões que compõem o ISBH e do próprio ISBH.

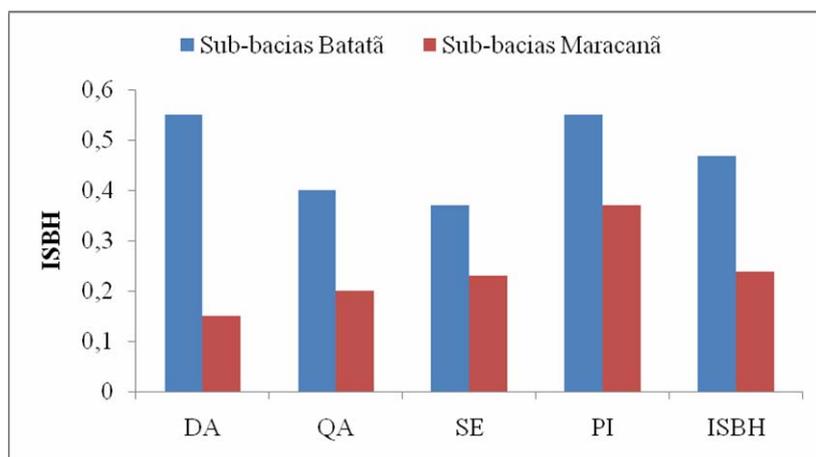


Figura 50 – Resultados do ISBH e das dimensões ambiental (DA), qualidade de água (QA), socioeconômica (SE) e político-institucional (PI) para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

Tabela 48 – Resultados dos indicadores e dimensões que compõem o ISBH e o próprio ISBH para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente.

Indicadores/Dimensões	Sub-bacia Batatã	Sub-bacia Maracanã
Cobertura Vegetal	0,6	0
Risco de Erosão	0,8	0,4
Densidade de Estradas	0,2	0,2
Área Impermeabilizada	0,6	0
Dimensão Ambiental	0,55	0,15
IQA	0,4	0,4
Turbidez	0,4	0
Dimensão Qualidade de Água	0,4	0,2
Educação	0,8	0,7
Renda	0	0
Saúde Pública	0,3	0
Dimensão Socioeconômica	0,37	0,23
Urbanização do entorno	0,4	0,8
Integridade de APP	0,4	0
Unidades de Conservação	0,85	0,3
Dimensão Político-Institucional	0,55	0,37
ISBH	0,47	0,24

De forma geral, pode-se verificar que a pontuação do ISBH, assim como de seus indicadores retrataram as diferenças e semelhanças entre as sub-bacias estudadas, mostrando que a ferramenta utilizada permite uma análise comparativa entre diferentes áreas.

Para que ISBH seja utilizado como ferramenta para a gestão pública de modo a estabelecer critérios de conservação de bacias ou sub-bacias hidrográfica da Ilha do Maranhão é necessário que sejam feitas as adaptações sugeridas neste trabalho.

Outro aspecto que merece destaque, refere-se à necessidade de atribuir qualidade aos dados da pontuação das dimensões e do ISBH, permitindo assim uma visualização mais fácil dos problemas e tendências pelos tomadores de decisão e sociedade. A atribuição de qualidade aos dados quantitativos só será possível com a aplicação do ISBH em diferentes escalas temporais e espaciais em uma mesma região, permitindo ao pesquisador inferir sobre as expressões e influências dos fatores que influenciam na pontuação dos indicadores que compõem o ISBH.

Por fim, entende-se que o ISBH apesar da subjetividade em alguns indicadores é uma ferramenta capaz de estabelecer hierarquização de diferentes sub-bacias quanto ao maior ou menor grau de conflito, identificação ou necessidades de ações prioritárias e análise de tendências de sustentabilidade das áreas estudadas.

6. Conclusões

✓ O mapeamento do uso e ocupação do solo demonstrou que as principais mudanças das unidades de paisagem ocorreram na sub-bacia do Maracanã. As porcentagens de cobertura por tipologias vegetacionais reduziram de 94,71% em 1976 para 45,72% no ano de 2008;

✓ Os valores da erosividade das chuvas para a série histórica entre os anos de 1993 e 2008 foi de 10.714,05 MJ.mm/(ha.ano) para as sub-bacias. O mês de abril apresentou os maiores valores (3613,59 MJ.mm/ha.ano) e o mês de outubro os menores, correspondendo a 0,007335 mm/ha.ano;

✓ Os solos predominantes nas duas sub-bacias foram do tipo neossolos e gleissolos, os valores de erodibilidade utilizados para cada um destes respectivamente, foi de 0,027 t.h/(MJ.mm) e 0,036 t.h/(MJ.mm);

✓ As classes predominantes de declividade variaram entre 0° e 5° sendo que este valor correspondeu 70,47% e 78,75% da área total das sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente;

✓ Para o ano de 1976 o fator de uso e conservação dos solos (CP) obteve valores relativamente baixos, onde 75,34% e 83,99% da área das sub-bacias do Batatã e Maracanã obteve valores de 0,00004 e 0,0007 que foram relativos à porcentagem de capoeira alta e média para as duas sub-bacias no respectivo ano. Em 2008 os valores de CP que predominaram foram os referentes às classes de capoeira alta e média para o Batatã, correspondendo com 62,51% e áreas urbanas e rurais para a sub-bacia do Maracanã que totalizam 49,57% da sub-bacia;

✓ A classe de perda de solos predominante para os dois anos de estudo (1976 e 2008) para ambas as sub-bacias foi “muito baixa”, ou seja, com perda de solo entre 0 e 1 tonelada/hectare.ano;

✓ Os resultados obtidos com a aplicação da EUPS evidenciam a necessidade de manutenção das áreas verdes, do ordenamento do crescimento da região do Maracanã, do reflorestamento das matas ciliares remanescentes e principalmente da proteção das áreas com declividade superior a 10 graus;

✓ Houve aumento de áreas com perda de solos maiores que suas respectivas tolerâncias para as duas sub-bacias estudadas entre os anos de 1976 e 2008.

Estas áreas devem ser consideradas como degradadas ou em estágio de degradação, impondo, portanto a elaboração de estudos para definição de adoção de práticas conservacionistas de proteção do solo;

✓ A Densidade de Estrada - DE variou de 1,6 km-1 e 1,53 Km-1, para as sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente;

✓ As áreas impermeabilizadas aumentaram nas duas sub-bacias entre os anos de 1976 e 2008. No Batatã os valores aumentaram de 8,69% para 11,67% e no Maracanã de 8,34% para 36%. No que tange a sub-bacia do Maracanã é necessário que sejam realizadas ações para o planejamento da urbanização, assim como a implementação de medidas de contenção de cheias, uma vez que, na sub-bacia já são registrados eventos de inundação em áreas urbanas e semi-urbanas em eventos de chuvas;

✓ Os valores de IQA variaram de 58,23 a 86,72 na sub-bacia do Batatã, o que corresponde às classes de Boa e Ótima, respectivamente. Quanto ao Maracanã a variação foi de 59,03 a 70,37, em todos os pontos amostrados para esta sub-bacia a pontuação foi enquadrada como Boa;

✓ Das 12 amostragens realizadas para avaliação do IQA, 10 apresentaram valores de coliformes termotolerantes acima dos limites toleráveis pela Resolução CONAMA 357/05 que versa sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Os resultados ratificam a necessidade de estudos mais detalhadas da potabilidade das águas da região de estudo;

✓ Os valores de turbidez variaram em função da integridade da vegetação no entorno dos pontos amostrados e da sazonalidade. Notadamente, os maiores valores da variável ocorreram na sub-bacia do Maracanã onde os corpos hídricos estão mais expostos a ação do carreamento de partículas do solo provenientes dos processos de erosão;

✓ O nível de escolaridade predominante nas duas sub-bacias foi o médio completo. Porém em ambas sub-bacias o percentual de pessoas com escolaridade entre fundamental incompleto e médio incompleto foi alto;

✓ A renda per capita das sub-bacias estudadas correspondeu a R\$ 280,00 e R\$ 310,00 para do Batatã e Maracanã, respectivamente. O baixo valor provavelmente

influencia diretamente na qualidade ambiental da região, pois muitas famílias precisam extrair recursos naturais remanescentes na região para sua subsistência;

✓ Nas duas sub-bacias ocorrem problemas relacionados ao saneamento ambiental. Nas sub-bacias do Batatã e Maracanã 87,5% e 46,29% das residências são atendidas pelo sistema de abastecimento de água pública e apenas 8,33% e 3% possuem interligação com a rede de esgotos, respectivamente. Foram constatados problemas relacionado à disposição inadequada de resíduos sólidos nas duas sub-bacias;

✓ Em 1976 não havia urbanização no entorno das duas sub-bacias. Para o ano de 2008 as taxas de urbanização do entorno calculadas foram de 21,46% para a sub-bacia do Batatã e 16,74% para a sub-bacia do Maracanã;

✓ O mapeamento das APP's utilizando-se de ferramentas de geoprocessamento mostrou que 474,94 ha e 525,62 ha que correspondem a 27,43% e 19,41% das áreas das sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente, são de Preservação Permanente;

✓ Foi constatado que a vegetação das APP's reduziu 24,35% e 38,85% nas sub-bacias do Batatã e Maracanã, respectivamente. O que corresponde a 115 ha e 204 ha de supressão de vegetação protegida por lei entre os anos de 1976 e 2008 para as sub-bacias estudadas;

✓ Na área de estudo transcorrem parte dos limites de três UC's e uma Zona de Reserva Florestal, sendo elas: Parque Estadual do Bacanga; Área de Proteção Ambiental do Maracanã; Área de Proteção Ambiental Upaon-açu Miritiba/Alto Preguiça; e a Zona de Reserva Florestal do Sacavém;

✓ A sub-bacia do Batatã possui 1.356 ha que correspondem a 78% de sua área coberta por UC de Proteção Integral e 487,4 ha de cobertura por UC de uso sustentável, o que corresponde a 12,4% do seu território. Quanto ao Maracanã os valores foram de 214,8 ha e 1.670 ha de coberturas por UC's de uso sustentável e proteção integral que corresponderam a 18,05% e 61,88% do seu território, respectivamente.

✓ Os objetivos desta pesquisa foram alcançados de forma satisfatória tendo em vista que a metodologia empregada para a aplicação e avaliação do índice de

sustentabilidade de bacias hidrográficas - ISBH apresentou resultados coerentes com a realidade da área de estudo, ratificando inclusive observações de campo;

✓ O ISBH em seu conjunto e com as propostas de adaptações pode ser utilizado para diagnósticos e comparações das condições de diferentes sub-bacias hidrográficas;

✓ O ISBH poderá ser aproveitado pelo poder público a fim de subsidiar o estabelecimento de prioridades nas tomadas de decisões referentes à elaboração e implementação de planos, programas e políticas que visem à gestão de sub-bacias hidrográficas;

✓ O emprego de técnicas integradas de geoprocessamento foram fundamentais no desenvolvimento do trabalho e se mostraram totalmente eficientes tanto na manipulação e armazenagem dos dados como nas análises realizadas, mostrando-se totalmente adequadas como instrumental de apoio a metodologia utilizada;

✓ Na proposição de um sistema de indicadores, recomenda-se não somente considerar quais indicadores serão usados ou apresentar apenas uma listagem com os nomes dos indicadores, mas também contemplar a descrição das orientações e indicações dos procedimentos de medição e aplicação prática dos indicadores para a obtenção e o processamento de dados com maior facilidade e disponibilidade;

✓ As ferramentas de gestão da sustentabilidade não devem ser encaradas como panacéia, solução ou resultado final. São parte do processo de aprendizagem que procura redirecionar sua trajetória com base em uma estratégia socialmente focada que, por sua própria natureza, é contínua e dinâmica;

7. Referências

- ALMEIDA, T. R. V. 1988. *Aspectos do Processo de Degradação Ambiental na Bacia do Rio Bacanga*. Monografia. Curso de Geografia Bacharelado- Universidade Federal do Maranhão – UFMA.
- ARONOFF, S. 1989. *Geographic information systems: a management perspective*. Ottawa: WDL Publications, 294 p.
- BARBIERI, J. C. 1997. *Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da agenda 21*. Petrópolis: Vozes.
- BAPTISTA, G. M. M. 1997. *Diagnóstico Ambiental da Perda Laminar de Solo, no Distrito Federal, por meio de Geoprocessamento*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília – Brasília.
- BELLEN, H. M. 2002. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Engenharia de produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 235p.
- BELLEN, H. M. 2005. *Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa*. Rio de Janeiro: FGV.
- BELL, S.; MORSE, S. *Measuring Sustainability*. 2003. London: Earthscan.
- BELLIA, V. 1996. *Introdução à Economia do Meio Ambiente*. Brasília, IBAMA.
- BENETTI, L. B. 2006. *Avaliação do Índice de Desenvolvimento Sustentável do Município de Lages (SC) através do Método do Painel de Sustentabilidade*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BERMÚDEZ, F. L.; RECIO, J. M. R.; CUADRAT, J. M. 1992. *Geografia Física*. Madrid: Cátedra, 596 p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 1993. *Conservação do solo*. 3.ed. Ícone, 355 p. São Paulo.
- BIDONE, E. D.; MORALES, P. R. D. 2004. *Desenvolvimento Sustentável e Engenharia (Enfoque Operacional)*. Rio de Janeiro, Fundação Ricardo Franco, 247p.
- BILICH M. R.; LACERDA M. P. C. 2005. *Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento*. Anais XII simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, Goiânia, Brasil, INPE, p. 2059-2065.
- BITTENCOURT, C. M. A. 2006. *A informação e os indicadores de sustentabilidade : um estudo de caso no observatório regional base de indicadores de sustentabilidade metropolitana de Curitiba – ORBIS-MC*. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 235 f.
- BOSSEL, H. 1999. *Indicators for sustainable developmet: theory, method, applications – a report to the Balaton Group*. Manitoba: International Institute for Sustainable Development. Canada.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. 2004. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. 1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.153-157.
- BRASIL. 1934. *Decreto Federal nº 23.793/1934*. Aprova o Código Florestal.
- BRASIL. 1965. *Lei Federal nº 4.771/1965*. Dispõe sobre o Código Florestal.
- BRASIL. 1965. *Lei Federal nº 5.197/1967*. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências.
- BRASIL. 1973. *Lei Federal nº 6.001/1973*. Dispõe sobre o Estatuto do Índio.

BRASIL. 1974. *Decreto Federal 74.685/1974*. Cria, no Ministério das Relações Exteriores, a Comissão Brasileira do Programa sobre o Homem e a Biosfera, promovido pela UNESCO.

BRASIL. 1977. *Decreto Federal nº 80.978/1977*. Promulga a Convenção relativa à Proteção do Patrimônio Mundial, Cultura e Natural.

BRASIL. 1981. *Lei Federal 6902/1981*. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências.

BRASIL. 1984. *Decreto Federal nº 89.336/1984*. Dispõe sobre as Reservas Ecológicas e Áreas de Relevante Interesse Ecológico, e dá outras providências.

BRASIL. 1986. *Lei Federal nº 7.511/1986*. Altera os dispositivos da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal.

BRASIL. 1988. *Constituição da República Federativa do Brasil*.

BRASIL. *Lei Federal nº 7.754/1989*. Estabelece medidas para proteção das florestas existentes nas nascentes dos rios e dá outras providências.

BRASIL. 1989. *Lei Federal nº 7.803/1989*. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nºs 6.535, de 15 de junho de 1978, e 7.511, de 7 de julho de 1986.

BRASIL. 1996. *Decreto Federal nº 1.905/1996*. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, Especialmente como "*Habitat*" de Aves Aquáticas, Conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fevereiro de 1971.

BRASIL. 1996. *Decreto Federal nº 1.922/1996*. Dispõe sobre o reconhecimento das Reservas Particulares do Patrimônio Natural, e dá outras providências.

BRASIL. 2000. *Lei Federal nº 9.985/2000*. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

BRASIL. 2001. *Medida Provisória nº 2.166-67/2001*. Altera os arts. 1º, 4º, 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que institui o Código Florestal, bem como altera o art. 10 da Lei nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996, que dispõe sobre o Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural - ITR, e dá outras providências.

BRASIL. 2002. *Resolução CONAMA nº 302/2002*. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

BRASIL. 2002. *Resolução CONAMA nº 303/2002*. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

BRASIL. 2003. *Decreto Federal nº 4.887/2003*. Regulamenta o procedimento para identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos de que trata o art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias.

BRASIL. 2005. *Resolução CONAMA nº 357/2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília, DF, 2005.

BRASIL, 2006. *Decreto nº 5758/2006*. Institui o Plano Nacional de Áreas Protegidas.

BRASIL, 2006. *Resolução CONAMA nº 369/2006*. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Áreas de Preservação Permanente.

BRÜGGER, P. 1994. *Educação ou adiestramento ambiental?* Florianópolis: Letras Contemporâneas.

- BURROUGH, P. A. 1986. *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press, Oxford. 193 p.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. 1996. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. São José dos Campos, INPE, 246 p.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. 2001. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos: INPE, <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd>. Acessado em (10/10/2009).
- CAMPANA, N. A.; TUCCI, C. E. M. *Estimativa de Áreas Impermeável de Macrobasias Urbanas*. Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, vol.12, n. 2, 1994.
- CASTANHEIRA, A. R.; TABORDA, F. 2006. *Indicadores ambientais*. Instituto Superior Técnico. Portugal.
- CASTRO, T. C. S. 2008. *Identificação de áreas potenciais para a recarga de aquífero na bacia hidrográfica do rio Bacanga*. São Luís. 56p. Monografia (Curso Ciências Aquáticas). Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão.
- CAVALCANTI, C. 1995. *Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável*. São Paulo, Cortez Editora, 429 p.
- CHERNICHARO, C. A. L. 1994. *Curso Tratamento anaeróbio de esgotos sanitários*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1999. *Geomorfologia*. Ed. Edgar Blücher. EDUSP. São Paulo.
- CHOI, H. C.; SIRAKAYA, E. 2006. *Sustainability indicators for managing community tourism*. Tourism Management, n. 27, p. 1274-1289.
- CIFUENTES, M; IZURIETA, A; FARIA, H. H. 2000. *Medición de la efectividad del manejo de áreas protegidas*. Turrialba, CC. R. WWF: IUCN: GTZ,. 105 p.
- CMMAD. 1991. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso Futuro Comum* (2ª ed.). Rio de Janeiro: Ed. da Fundação Getulio Vargas, 430p.
- CNUMAD. 1997. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Agenda 21*. Brasília: Senado Federal, Sub-secretaria de Edições Técnicas, 1997, 2ª Ed.
- COELHO, C. J. C. 2006. *Aspectos da Disponibilidade e dos Usos da Água na Bacia do Bacanga/Ilha do Maranhão (Ilha de São Luis)-MA*. São Luis, 125 p. Monografia (Curso Ciências Aquáticas). Departamento de Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão.
- COELHO, C. J. C.; DAMÁZIO, E. 2006. Aspectos da Disponibilidade e dos Usos da Água na Bacia do Bacanga/Ilha do Maranhão (Ilha de São Luis) - MA. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 19:73-84.
- CORSON, W. H. 1996. *Manual global de ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente*. 2a ed. São Paulo: Augustus, 412 p.
- COSTA, H. B.; ROSSI M. *Mapa de Impermeabilização do Solo da Bacia do Ribeirão das Anhumas, Campinas-SP*. 2005. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – USP.
- COUTO, O. F. V. 2008. *Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para bacias hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento*. Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Porto Alegre, RS – BR.
- CRUZ, L S. B. 2003. *Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba*. Campinas – SP. Tese de Doutorado, Feagri, Unicamp, 181p.

- COWEN, D. J. 1988. *GIS versus CAD versus DBMS: What Are the Differences?* Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54: 1551- 1555.
- DRESNER, S. 2002. *The Principles of sustainability*. London: Earthscan,
- EASH, D. A. A. 1994. *Geographic information system procedure to quantify drainage-basin characteristic*. Water Resources Bulletin, 30: 1-8.
- EVERARD, M.; MONAGHAN, M.; RAY, D. 2000. *PVC: an evaluation using the natural step framework*. Bristol: The natural Step UK and Environmental Agency.
- FARIA, H. H. 2004. *Eficácia de gestão de unidades de conservação gerenciadas pelo instituto florestal de São Paulo, Brasil*. 401 p. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro.
- FERREIRA, M. C.; MORETI, E. 1998. *Um indicador de degradação de bacias hidrográficas obtido a partir de modelos digitais do terreno e dados orbitais em ambiente de geoprocessamento*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9. (SBSR). INPE, p. 549-560. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/deise/1999/02.10.14.43>>. Acesso em: 11 nov. 2009.
- GALLOPÍN, G. C. 1997. Indicators and their use: information for decision-making. In: MOLDAN, B.; BILLHARZ, S. *Sustainability indicators: report of the project on Indicators of sustainable development*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W. 1993. Digital elevation model issues in water resources modeling. In: 1999 Annual esri users Conference, GARBRECHT J.; MARTZ, L. W. *Network and subwatershed parameters extracted from digital elevation models: the bills creek experience*. Water Resources Bulletin, 29:909-916.
- GERCO. 1998. *Gerenciamento Costeiro do Estado do Maranhão*. Macrozoneamento do Golfão Maranhense: Diagnostico Ambiental da Microrregião de Aglomeração Urbana de São Luis e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário – Estudo de Geologia/Hidrogeologia/Pedologia/Cobertura Vegetal/ XXX. São Luis, Secretária Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.
- GONÇALVES, T. D. 2007. *Geoprocessamento como ferramenta de apoio à gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Distrito Federal*. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- GRIGG, N. S. 1991. *Delph Carpenter, Father of Colorado River Treaties: Text of Governor Ralph L. Carr's 1943 Salute to Delph Carpenter*. Fort Collins: Colorado Water Resources Research Institute.
- GUERRA, A. J. 1996. *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 1.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. 1995. *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*. Washington: World Resources Institute.
- HANAI, F. Y. 2008. *Análise do processo de inserção do turismo sustentável em espaços naturais e rurais: o caso da região da bacia hidrográfica de montante do rio Mogi-Guaçu*. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) – Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 191f.
- HARDI, P.; ZDAN, T. 1997. *Assessing sustainable development: principles in practice*. Canada: International Institute for Sustainable Development.
- HERCULANO, S. 1998. A qualidade de vida e seus indicadores. *Revista Ambiente e Sociedade*, Campinas, v. 1, n. 2, p. 77-99.

- HOCKINGS, M. 2003. System for Assessing the effectiveness of management in Protected Areas. *Bioscience*, v. 53, n. 9, p. 823 – 831.
- IBGE. 2002. Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. *Indicadores de desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro.
- ISAIAS, F. B. 2008. *A Sustentabilidade da água: proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas*. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília. 169 f.
- IVARS BAIDAL, J. A. 2001. *Planificación y gestión dell desarrollo turístico sostenible: Propuesta para la creación de um sistema de indicadores*. Universidad Alicante, 75p.
- KAUFFMANN, M. O.; ROSA, E. U.; PIMENTEL DA SILVA, L. 2004. Parametrização da Sustentabilidade em Bacia Urbanas: A Contribuição da Taxa de Impermeabilização. In: *Energy, Environment and Technological Innovation*. New Technical and Cultural Challenges for Environmental Sustainability. Rio de Janeiro, RJ.
- KOK, K.; CLAVAUUX, M. B. W.; HEEREBOUT, W. M.; BRONSVELD, K. 1995. *Land degradation and land cover change detection using low-resolution satellite images and the CORINE database: a case study in Spain*. ITC Journal, (3). p. 217-228.
- LAFER, C. 1996. Abertura do seminário: O projeto CIEDS. In: *Definindo uma agenda de pesquisa sobre desenvolvimento sustentável*: Rio de Janeiro. Brasília: Fundação Alexandre Gusmão.
- LANNA, A. E. L. 1993. *Gestão dos recursos hídricos*. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre, ABRH.
- LEADBITTER, J. 2002. PVC and sustainability. *prog. polym. Sci.* 27 2197-2226.
- LÉLÉ, S. M. 1991. *Sustainable development: a critical review*. World Development, 19 (6): 607-621.
- LÉVÊQUE, C. 1999. *A biodiversidade*. Tradução: Valdo Mermeslstein. Bauru, SP: Edusc, 246p.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. 2004. Hidrologia de Matas Ciliares. In: *Matas Ciliares – Conservação e Recuperação*. Rodrigues e Leitão Filho 2. ed. 1 reimpr. São Paulo. EDUSP/FAPESP: p. 33 – 44.
- LISBOA FILHO, J.; IOCHPE, C.; GARAFFA, I. M. 1997. *Modelos conceituais de dados para aplicações geográficas: uma experiência com um SIG interinstitucional*. Em Anais do 4º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, São Paulo.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. 1992. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, v.51, n.2, p.189-196.
- MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A. 2003. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do ribeirão dos Marins (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, v. 27, p. 735-741,
- MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; CORDEIRO NETTO O. M.; NASCIMENTO N. O. 2003. 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.
- MAGALHÃES JUNIOR, A. P. 2007. *Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos – Realidade e Perspectivas para o Brasil a Partir da Experiência Francesa*. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro 686 p.

- MARANHÃO. 1980. *Decreto Estadual nº 7.545/1980*. Cria o Parque Estadual do Bacanga e dá outras providências.
- MARANHÃO. 1984. *Decreto Estadual nº 9.677/1984*. Dá Destinação à Área Excluída da Reserva Florestal do Parque Estadual do Bacanga e dá Outras Providências.
- MARANHÃO. 1988. *Lei Estadual nº 4.878/1988*. Transforma a Lagoa da Jansen em parque ecológico e dá outras providências.
- MARANHÃO. 1991. *Decreto Estadual nº 11.900/1991*. Cria, no Estado do Maranhão, a Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense.
- MARANHÃO. 1991. *Decreto Estadual nº 12.103/1991*. Cria, no Estado do Maranhão a Área de Proteção Ambiental da Região de Maracanã, com limites que especifica e dá outras providências.
- MARANHÃO. 1992. *Decreto Estadual nº 12.428/1992*. Cria no Estado do Maranhão, a Área de Proteção Ambiental de Upaon-Açú/Miritiba/Alto Preguiças com os Limites que especifica e dá outras providências.
- MARANHÃO. 1997. *Decreto Estadual nº 15.618/1997*. Cria a Área de Proteção Ambiental do Itapiracó e dá outras providências.
- MARANHÃO. 2002. *Decreto Estadual nº 19.145/2002*. Dispõe sobre a Gestão do Parque Ecológico Estadual da Lagoa da Jansen, criado pela Lei Nº 4.878/1988 e dá outras providências.
- MARANHÃO. 2002. *Atlas do Maranhão, São Luís*: GEPLAN/LABGEO-UEMA.
- MARANHÃO. 2005. *Decreto Estadual nº 21.797/2005*. Cria a Estação Ecológica do Sítio Rangedor, com limites que especifica, e dá outras providências.
- MARANHÃO. 2007. *Decreto Estadual nº 23.303/2007*. Dá nova redação ao art. 2º do Decreto nº 21.797, de 15 de dezembro de 2005, que cria a Estação Ecológica do Sítio Rangedor.
- MARCOMIN, F. E. 2002. *Análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Pinheiros (municípios de Orleans e São Ludgero, SC), com base na caracterização e diagnóstico dos elementos da paisagem, e da perda de solo por erosão laminar*. Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- MARCONDES, D. A. S. 2001. *Mata Ciliar e a Qualidade da Água*. São Paulo: Companhia Energética de São Paulo, CD-ROM.
- MARZALL, K.; ALMEIDA, J. O estado da arte sobre indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v.17, n.1, p.41-59, jan./abr. 2000
- MEADOWS, A. J. 1998. *Communicating Research*. San Diego: Academic Press. 266p.
- MEDEIROS, R. A. 2003. *Proteção da Natureza: das Estratégias Internacionais e Nacionais às demandas Locais*. Rio de Janeiro: UFRJ/PPG. 391p. Tese de Doutorado em Geografia.
- MEDEIROS, R.; IRVING, M.; GARAY, I. 2004. A Proteção da Natureza no Brasil: evolução e conflitos de um modelo em construção. *RDE. Revista de Desenvolvimento Econômico*, nº V, ano VI, no. 9, p. 83-93.
- MEIRELLES M. S. P.; BUENO M. C. D.; DIAS T. C. S.; COUTINHO H. L. C. 2005. *Sistema de suporte a decisão para avaliação do risco de impactos ambientais em bacias hidrográficas por redes de dependência e lógica fuzzy*. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril, INPE, p. 2259-2266.
- MENDES; C. A. B.; Cirilo, J. A. 2001. *Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação*. Porto Alegre: BRH.

- MILLER, K. R. 1997. Evolução do Conceito de Áreas de Proteção – Oportunidade para o Século XXI. In: *Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba*,
- MITCHELL, G. 1997. *Problems and fundamentals of sustainable development indicators*. Disponível em: <<http://www.lec.leeds.ac.uk/people/gordon.html>>. Acesso em: 20 nov de 2009.
- MMA. 2006. Plano Nacional de Áreas Protegidas. Brasília. 38 pg. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em 24 de novembro de 2006.
- MMA. 2007. *GEO Brasil: Recursos Hídricos*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente,
- OLIVEIRA, M. J. 2002. *Proposta Metodológica para Delimitação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e em Linha de Cumeada*. Viçosa: UFV. 53p. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal – Universidade Federal de Viçosa.
- OLIVEIRA, A. M. M.; PINTO, S. A. F.; LOMBARDI NETO, F. 2007. Caracterização de indicadores da erosão do solo em bacias hidrográficas com o suporte de geotecnologias e modelo predictivo. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, 5(1): 63- 86.
- ORTH, D. M.; GARCIA NETTO, L, R. 2000. Novas tecnologias para a gestão do espaço urbano. In *ENLAC*, Salvador, 2000. Anais. Salvador.
- OYEBANDE, L.; AYOADE, J. O. 1986. The watershed as a unit planning and land development. In: *Land clearing an development in the tropics*. Edited by: Lal, R.; Sanchez P. A.; Cummings Jr, R. W. A. A. Balkema/Rotterdam/Boston. p. 37-52.
- PEDRO F. G.; LORANDI R. 2004. Potencial Natural de Erosão na Área Periurbana de São Carlos-SP. *Revista Brasileira de Cartografia* nº 56/01.
- PEMI. 2002. *Parque Estadual do Bacanga*. Atualização do Plano de Manejo São Luís, Maranhão. 30p.
- PEREIRA, E. D. 2006. *Avaliação da Vulnerabilidade Natural à Contaminação do Solo e Aquífero do Reservatório Batatã - São Luís (MA)*. Tese de Doutorado. Rio Claro – SP: UNESP.
- PETROBRAS. 2009. *Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental EIA-RIMA da Refinaria PREMIUM I*. Bacabeira – Maranhão.
- PIDU. 1995. *Plano Integrado de Desenvolvimento Urbano de São Luís-PIDU*. São Luís: Prefeitura municipal de São Luís.
- PINHEIRO JR. J. R . 2006. *Uso De Geotecnologias Como Subsídio à Gestão do Parque Estadual do Bacanga, São Luís, Maranhão, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas.
- PITOMBEIRA, E. S.; MORAIS, J. O. 1979. *Comportamento hidrodinâmico e sedimentológico do estuário do Rio Bacanga*. Simpósio de Geologia do Nordeste, 9, Natal (RN), 1979, Anais.Natal: SBG, p. 135- 159.
- PORTO, M. F. A.; LOBATO, F. 2004. Mechanisms of Water Management: Command & Control and Social Mechanisms. *Revista de Gestion Del'Agua de America Latina*, v.2, p.113-29.
- PROCHNOW, M. C. R. 1990. *Análise Ambiental da sub-bacia do Rio Piracicaba: Subsídios ao Planejamento e manejo*.1990, 330f. Tese de Doutorado em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro,
- REED, M.; FRASES, E. D. A. 2006. An adaptative learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecological Economics*. Vol. 59, , pp. 406-418.
- RENARD, K. G.; MEYER, L. D.; FORSTER, G. R. 1997. Introduction and history. In: RENARD, K. G.; FORSTER, G. R.; WEESIES, G. A; McCOOL, D. K.; YODER, D. C. (Coord.). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation, planning with the revised*

universal soil loss equation (RUSLE). Washington: USDA, ARS, p. 2 – 18, (Agriculture Handbook, 703).

RENARD, K. G.; MAUSBACH, M. J. 1990. Tools for conservation. In: *Proc. Soil Erosion and Productivity Workshop*. LARSON, W. E.; FOSTER G. R.; ALLMARAS R. R.; SMITH, C. M. (eds.). University of Minnesota. St. Paul, Mn. USA . pp: 55-64.

RIBEIRO, A. L. 2002. *Sistemas, indicadores e desenvolvimento sustentável*. Disp. em: <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/sti/publicacoes>. Acessado em setembro de 2009.

RIBEIRO, C. A. A. S.; OLIVEIRA, M. J.; SOARES, V. P.; PINTO, F. A. C. 2002. Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros e em linhas de cumeada: Metodologia e estudo de caso. In: *Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicadas à Engenharia Florestal*. Curitiba, Paraná. Anais, 7 – 18p.

RIBEIRO, L. S. & ALVES, M. G. 2007. *Quantificação de Perda de Solo por Erosão no município de Campos dos Goytacazes/RJ através de Técnicas de Geoprocessamento*. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE.

RILEY, A. L. 1998. *Restoring Streams in Cities: A Guide for Planners, Policymakers, and Citizens*. Washington: Island Press.

ROCHA, O; PIRES, J. S; SANTOS, J. E. dos. 2000. A bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento. In: *A bacia hidrográfica do rio do Monjolinho. Uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar*. ESPINDOLA, E. L. G; SILVA, J. S. V; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. (Org.). São Carlos: RIMA, P. 1 a 25.

SACHS, I. 1993. *Estratégias de transição para o século XXI*. São Paulo: Nobel.

SACHS, I. 1999. Social sustainability and whole development: exploring the dimensions of sustainable development, In: E. Becker e T. Jahn, (orgs.), *Sustainability and the Social Sciences*, Londres/Nova Iorque, Zed Books, pp. 25-36.

SACHS, I. 2004. *Desenvolvimento: incluyente, sustentável, sustentado*. 1 ed. Rio de Janeiro: Garamond, 1152 p.

SACHS, I. 2002. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. 3 ed. Rio de Janeiro: Garamond,. 96 p.

SALOMÃO, F. X. de T. 1995. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: *Erosão e Conservação dos solos*. Jurandir L. S. Ross (org). São Paulo: Edusp.

SANTANA, D. P. 2003. *Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo,. 63 p. (Embrapa Milho & Sorgo. Documentos, 30).

SÃO LUÍS. 1989. *Lei Municipal n° 3.019/1989*. Dispõe sobre áreas “*non aedificandi*” no Município de São Luís e determina outras providências.

SÃO LUÍS. 1992. *Lei Municipal n° 3.253/1992*. Dispõe sobre o Zoneamento, Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo Urbano e dá outras providências.

SÃO LUÍS. 2003. *Lei Municipal n° 4.232/2003*. Dispõe sobre a exclusão de Áreas Ocupadas e já Consolidadas de forma irreversível, da Zona de Reserva Florestal (Parque Estadual do Bacanga) e dá outras providências.

SÃO LUÍS. 2003. *Lei Municipal n° 4.177/2003*. Cria Área de Preservação Ambiental na Área Itaqui/Bacanga.

SÃO LUÍS. 2007. *Lei Municipal n° 4770/2007*. Declara como Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE as áreas de Influência das Nascentes do rio Jaguarema, afluente do Rio Anil, Localizado No Município de São Luís, e dá outras providências.

SANTOS, C. A., SOBREIRA, F. G., SILVA, S. P. 2006. Cartografia geomorfológica como subsídio ao ordenamento territorial das bacias do Ribeirão Carioca, Córrego do Baçõ e Córrego Carioca, Itabirito, MG. In: *Simpósio Nacional de Geomorfologia*, 6. CD Anais... Goiânia-GO: UGB.

SATO, A. C. 2005. *Índices de sustentabilidade*. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/temas530/anacarla.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

SEABRA, G. F. 2001. *Ecos do Turismo: o turismo ecológico em áreas protegidas*. Campinas: Papirus, (Coleção Turismo).

SEIXAS, F.; MAGRO, T. C. 1998. *Indicadores ambientais e paisagísticos relacionados às operações florestais*. Série Técnica IPEF. Departamento de Ciências Florestais ESALQ/USP, v. 12,

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO P. B. 2003. *Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas*. Rima. São Carlos.

SILVA, A. D. B. 2003. *Sistema de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: UNICAMP, 240 p.

SILVA, C. L.; MENDES, J. T. G. 2005. *Reflexões sobre o desenvolvimento sustentável: agentes e interações sob a ótica multidisciplinar*. Petrópolis, RJ: Vozes.

SMITH, A. J. 2000. *Subpixel Estimates of Impervious Surface Cover Using Landsat TM Imagery*. M.A. Scholarly Paper, Geography Department, University of Maryland, College Park. December 1.

SPANGENBERG, J. H.; VALENTIN, A. 2000. A Guide to community sustainability indicators. *Environmental Impact Assessment Review* 20: 381-392.

STANKEY, G.; COLE, D.; LUCAS, R.; PETERSON, M.; FRISSELL, S. 1985. *The Limits of Acceptable Change (LAC) system for wilderness planning*. USDA Forest Service.

STELLFELD, M. C.; FIORI, A. P. 1999. *SIG e Análise Multitemporal da Folha Ribeirão Taquaruçu, Pantanal – MS*. Universidade Federal do Paraná. Dep. de Geologia. Boletim Paranaense de Geociências, n.47, p 73-88

TERBORGH, J; VAN SCHAIK, C; DAVENPORT, L; RAO, M. 2002. *Tornando os parques eficientes - Estratégias para a conservação da natureza nos trópicos*. Curitiba: Ed. UFPR/ Fundação o Boticário, 518 p.

TOLEDO L. G.; NICOLELLA G. 2002. Índice de qualidade da água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, v.59, n.1, p.181-186, jan./mar.

TOLEDO, L. G. 2006. Índice da qualidade de água em microbacia sob o uso agrícola e urbano. Piracicaba: *Scientia Agrícola*.

TOMAZONI, J. C.; GUIMARÃES, E. 2005a. A Sistematização dos Fatores da EUPS em SIG para Quantificação da Erosão Laminar da Bacia do Rio Jirau. *Revista Brasileira de Cartografia*, nº 57/03.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L; ROSA FILHO, E. F. 2005. Utilização de medidas de turbidez na qualificação da movimentação de sólidos de veiculação hídrica nas bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau – Sudoeste do estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*. Editora UFPR.

TONELLO, K. C. 2005. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Viçosa.

TRIBE, A. 1992. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. *Journal of Hydrology*, v. 139, p. 263-293.

- TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).
- TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. 1997. Impacto das mudanças de cobertura vegetal no escoamento: Revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Vol 2. No.1. pp. 135-152.
- TURNES, V. A. 2004. *Sistema Delos: indicadores para processos de desenvolvimento local sustentável*. Florianópolis, Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, 237p. (disponível no site <http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/7851.pdf>).
- TWINING-WARD, L.; BUTLER, R. 2002. Implementing STD on a Small Island: development and use of sustainable tourism development indicators in Samoa. *Journal of Sustainable Tourism*, vol. 10, n. 5, p. 363-387.
- UICN. 1994. *Guidelines protected Area Management Categories*. Gland.
- ULTRAMARI, C. 2003. *A respeito do conceito de sustentabilidade*. Curitiba: Iparde/IEL PR.
- UNCSD. 2001. *Indicators of Sustainable Development: framework and methodologies*. Background paper n. 3. Commission on Sustainable Development. 9th Session. New York: United Nations,. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/sustdev/isd.htm>> Acesso em: 15 out de 2009.
- VALERIO-FILHO, M.; ALVES, M.; GARCIA, R.; FANTIN, M. 2003. *Caracterização de Bacias Hidrográficas Impermeabilizadas Pelo Processo de Urbanização com o Suporte de Geotecnologias*. Anais XI SBSR, Belo Horizonte. INPE, p. 1977 – 1983.
- VINHOTE, H. C. A. 2008. *Sustentabilidade das Formas de Ocupação, Usos e Conservação das Matas Ciliares nas Nascentes do Rio Bacanga, São Luís – MA*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas – UFMA.
- VINIL, 2010. 2003. *Desenvolvimento sustentado: Relatório de progresso Bruxelas*: Conselho Europeu dos produtores vinícolas – ECVM, Conselho Europeu para plastificantes e intermediários – ECPI, Associação dos produtores Europeus de estabilizantes – ESPA e Transformadores Europeus de plásticos – EuPC, maio, 2003. Disponível em: <<http://www.vinyl2010.org>>. Acesso em: 29 dez. 2009.
- WATSON, A.; COLE, D. 1992. *Indicators: na evaluation of progress and list of proposed indicators*. In: *Ideas for limits of acceptable change process*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Recreation, Cultural Resources, and Wilderness Management Staff, Book Two. p. 65-84.
- WEILL, M. A. M. 1999. *Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP) através do índice de tempo de vida*. Piracicaba. 100 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. 1978. *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington: USDA, 58 p. (USDA. Agriculture Handbook, 537).
- WMO. 1992. *The Dublin Statement and Report of the Conference*. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century. 26-31 January Dublin, Ireland.
- WORBOYS, M. F. 1995. *GIS: a computer perspective*. Keele: Taylor&Francis,. 376p.
- WWF. 1999. *Áreas Protegidas ou Espaços Ameaçados? Relatório do WWF sobre o grau de implementação e vulnerabilidade das unidades de conservação federais brasileiras de uso indireto*. Brasília: WWF Brasil. 18 p.(Série técnica 3).
- XAVIER-DA-SILVA, J. 2001. *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. Rio de Janeiro. pp. 1-56.

ZEE-MA. 2003. *Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão*. Cartas DSG (Diretoria de Serviços Geográficos). Disponível em: <http://www.zee.ma.gov.br/>. Acessado em: 28 de julho de 2009.

8. Apêndices

Apêndice A – Classes de uso e ocupação do solo, valores das áreas em hectare, porcentagem, total de mudanças e variações em percentual para os anos de 1976 e 2008 na sub-bacia do Batatã.

Unidades de Paisagem	Sub-bacia Batatã				
	1976 Área (ha)	%	2008 Área (ha)	%	Mudança (ha)
Área Urbana	46,42	2,68	78,08	4,51	31,66
Área Rural	0	0,00	173,52	10,02	173,52
Solo exposto	69,83	4,03	19,9	1,15	49,93
Capoeira alta	799,65	46,17	606,89	35,04	192,76
Capoeira média	505,28	29,17	475,86	27,47	29,42
Capoeira baixa	70,41	4,07	234,43	13,53	164,02
Mangue	136,94	7,91	32,52	1,88	104,42
Agricultura	11,17	0,64	8,72	0,50	2,45
Água Superficial	92,3	5,33	102,08	5,89	9,78

Apêndice B – Classes de uso e ocupação do solo, valores das áreas em hectare, porcentagem, total de mudanças e variações em percentual para os anos de 1976 e 2008 na sub-bacia do Maracanã.

Unidades de Paisagem	Sub-bacia Maracanã				
	1976 Área (ha)	%	2008 Área (ha)	%	Mudança (ha)
Área Urbana	0	0	765,25	28,34	765,25
Área Rural	0	0	573,21	21,23	573,21
Solo exposto	127,88	4,74	63,60	2,36	64,28
Capoeira alta	1069,98	39,63	245,29	9,08	824,69
Capoeira média	1197,81	44,36	479,07	17,74	718,74
Capoeira baixa	238,96	8,85	480,56	17,80	241,60
Mangue	50,62	1,87	29,57	1,10	21,05
Agricultura	14,75	0,55	59,67	2,21	44,92
Água Superficial	0	0	3,78	0,14	3,78

Apêndice C – Média dos totais mensais e anuais de precipitação dos anos de 1993 a 2008 com seus respectivos valores de erosividade (R) em MJ.mm/ha.h.ano

Meses	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Totais	Média
1993	119,3	265,6	340,5	247,7	215,6	71,7	113,8	24,6	0	0,2	0,4	185,6	1585	132,08
1994	366,1	218,3	657,1	360	466,8	201	143,1	68,3	10	1,1	3	69,1	2563,9	213,66
1995	79,1	372,4	291,9	510,5	424,7	200,7	123,6	19,5	0	11,4	95,8	36,6	2166,2	180,52
1996	238,6	218,2	337,3	346,7	348,5	128,8	142,2	36,7	0	2,9	0,2	1,2	1801,3	150,11
1997	96	45,3	398,6	572,8	132	0,6	18	0	0	0	9,3	13,6	1286,2	107,18
1998	218,6	64,2	279,9	188,3	156,6	106,2	113,7	30,7	0,6	0	1,8	78,9	1239,5	103,29
1999	115,8	342,7	581,9	433,8	260,2	181,6	106,6	47,8	0,7	0	17,6	156,2	2244,9	187,08
2000	223,3	353,7	415,4	497,6	423,1	151	242,8	58,5	5	0,8	0	28,7	2399,9	199,99
2001	238,9	352	286,6	596	94,5	220,7	26	0	7,9	0	0,2	43,8	1866,6	155,55
2002	411,1	109	344,2	433,8	231,9	204,6	87	9	0	0	4,5	16,8	1851,9	154,33
2003	261,5	434	394	273,5	147,75	176,75	33,5	30,5	20,5	2,25	6,5	56	1836,75	153,06
2004	376	321,75	208,25	325	215,5	117,25	191,75	65,5	6,5	2	2,5	0,25	1832,25	152,69
2005	78,75	198,75	245	446,25	242,5	236,25	124	5,5	1	3,25	1,25	130,25	1712,75	142,73
2006	205	216	272,25	529,75	299,25	131,75	45,75	18,5	15,5	0	28,75	26,5	1789	149,08
2007	28,25	381	274,5	568,25	228	97,75	114,5	0,25	0	0	0	35,25	1727,75	143,98
2008	194,5	261,75	653,45	509,35	309,4	237,2	79,8	34,2	0,4	0	0	40,6	2320,65	193,39
2009	252,2	253,4	442,2	537,6	422	131,2	82,4	23,2	0	0,2	0	7,8	2152,2	179,35
Média	218,6	261,75	340,5	446,25	242,5	151	113,7	24,6	0,6	0,2	1,8	36,6	1838,1	153,18
R	1074,14	1459,02	2281,68	3613,59	1281,34	572,68	353,54	26,196	0,04	0,007	0,30	51,47	10714,05	892,84

Fonte da Série Histórica das chuvas – Estação INMET (1993 a 2002) e Estação da UEMA (1993 a 2008).

Apêndice D – Classes de usos do solo com suas respectivas áreas e porcentagem e o fator CP para a sub-bacia hidrográfica do Batatã.

Uso e Ocupação	Sub-bacia Batatã				Fator CP
	1976		2008		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Área Urbana	46,42	2,68	78,08	4,51	0
Área Rural	0	0,00	173,52	10,02	0,3
Solo exposto	69,83	4,03	19,9	1,15	0,8
Capoeira alta	799,65	46,17	606,89	35,04	0,00004
Capoeira média	505,28	29,17	475,86	27,47	0,0007
Capoeira baixa	70,41	4,07	234,43	13,53	0,01
Mangue	136,94	7,91	32,52	1,88	0,0004
Agricultura	11,17	0,64	8,72	0,50	0,2
Espelho d'água	92,3	5,33	102,08	5,89	0

Apêndice E – Classes de usos do solo com suas respectivas áreas e porcentagem e o fator CP para a sub-bacia hidrográfica do Maracanã.

Uso e Ocupação	Sub-bacia Maracanã				Fator CP
	1976		2008		
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	
Área Urbana	0,00	0,00	765,25	28,34	0
Área Rural	0,00	0,00	573,21	21,23	0,3
Solo exposto	127,88	4,74	63,60	2,36	0,8
Capoeira alta	1069,98	39,63	245,29	9,08	0,00004
Capoeira média	1197,81	44,36	479,07	17,74	0,0007
Capoeira baixa	238,96	8,85	480,56	17,80	0,01
Mangue	50,62	1,87	29,57	1,10	0,0004
Agricultura	14,75	0,55	59,67	2,21	0,2
Espelho d'água	0,00	0,00	3,78	0,14	0

Apêndice F – Área impermeabilizada para a sub-bacia do Batatã para o ano de 1976.

Uso e Ocupação	Área (ha)	Fator de Impermeabilização (%)	Área Impermeabilizada (ha)
Área Urbana	46,42	91	42,24
Área Rural	0	20	0,00
Solo exposto	69,83	59	41,20
Capoeira alta	799,65	2	15,99
Capoeira média	505,28	8	37,90
Capoeira baixa	70,41	15	10,56
Mangue	136,94	0,5	0,68
Agricultura	11,17	17	1,90
Total	1639,7	-	150,48

Apêndice G – Área impermeabilizada para a sub-bacia do Maracanã para o ano de 1976.

Uso e Ocupação	Área (ha)	Fator de Impermeabilização (%)	Área Impermeabilizada (ha)
Área Urbana	0	91	0,00
Área Rural	0	20	0,00
Solo exposto	127,88	59	75,45
Capoeira alta	1069,98	2	21,40
Capoeira média	1197,81	8	89,84
Capoeira baixa	238,96	15	35,84
Mangue	50,62	0,5	0,25
Agricultura	14,75	17	2,51
Total	2700	-	225,29

Apêndice H – Área impermeabilizada para a sub-bacia do Batatã para o ano de 2008.

Uso e Ocupação	Área (ha)	Fator de Impermeabilização (%)	Área Impermeabilizada (ha)
Área Urbana	78,08	91	71,05
Área Rural	173,52	20	34,70
Solo exposto	19,9	59	11,74
Capoeira alta	606,89	2	12,14
Capoeira média	475,86	8	35,69
Capoeira baixa	234,43	15	35,16
Mangue	32,52	0,5	0,16
Agricultura	8,72	17	1,48
Total	1629,92	-	202,13

Apêndice I – Área impermeabilizada para a sub-bacia do Maracanã para o ano de 2008.

Uso e Ocupação	Área (ha)	Fator de Impermeabilização (%)	Área Impermeabilizada (ha)
Área Urbana	765,25	91	696,38
Área Rural	573,21	20	114,64
Solo exposto	63,60	59	37,52
Capoeira alta	245,29	2	4,91
Capoeira média	479,07	8	35,93
Capoeira baixa	480,56	15	72,08
Mangue	29,57	0,5	0,15
Agricultura	59,67	17	10,14
Total	2696,22	-	971,76

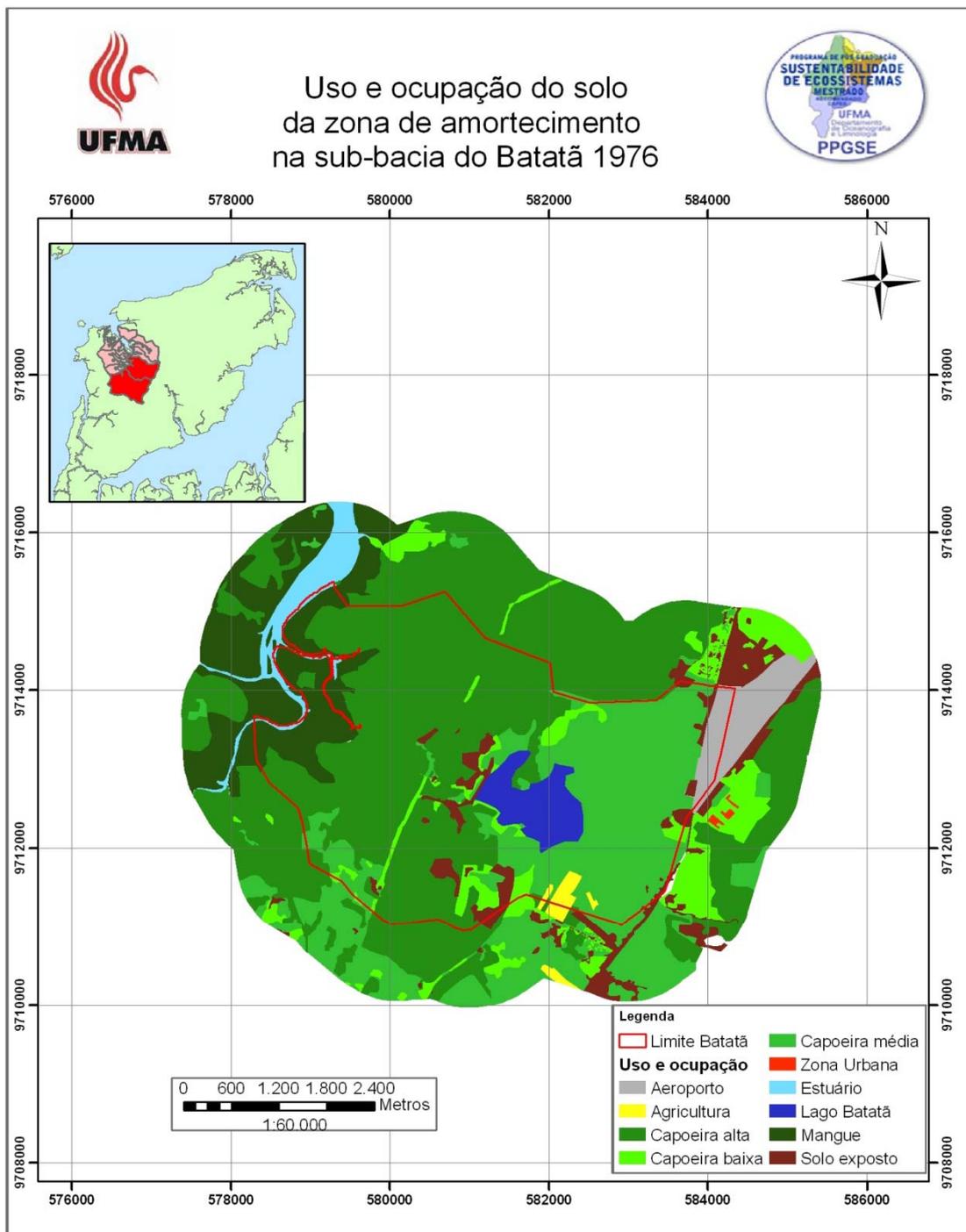
Apêndice J – Valores das qualidades dos parâmetros para cálculos do IQA extraídos a partir da interpolação das variáveis mensuradas em campo e gráficos das curvas médias de variação de qualidade de águas proveniente da CETESB para a sub-bacia do Batatã e Maracanã no período de estiagem.

Parâmetro	W _i	Sub-Bacia Batatã (q _i)			Sub-Bacia do Maracanã (q _i)		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
pH	0,12	91	91	90	90	90	91
Temperatura	0,1	92	92	92	92	92	92
Turbidez	0,08	82	83	69	67	73	59
Nitrogênio Total	0,1	100	100	100	100	100	100
Fósforo Total	0,1	100	100	100	100	100	100
Resíduos Totais	0,08	80	80	81	81	87	81
Coliformes Totais	0,15	98	28	28	28	28	64
Oxigênio Dissolvido	0,17	61	21	19	21	28	29
DBO	0,1	98	99	100	99	98	99

Apêndice K – Valores das qualidades dos parâmetros para cálculos do IQA extraídos a partir da interpolação das variáveis mensuradas em campo e gráficos das curvas médias de variação de qualidade de águas proveniente da CETESB para a sub-bacia do Batatã e Maracanã no período chuvoso.

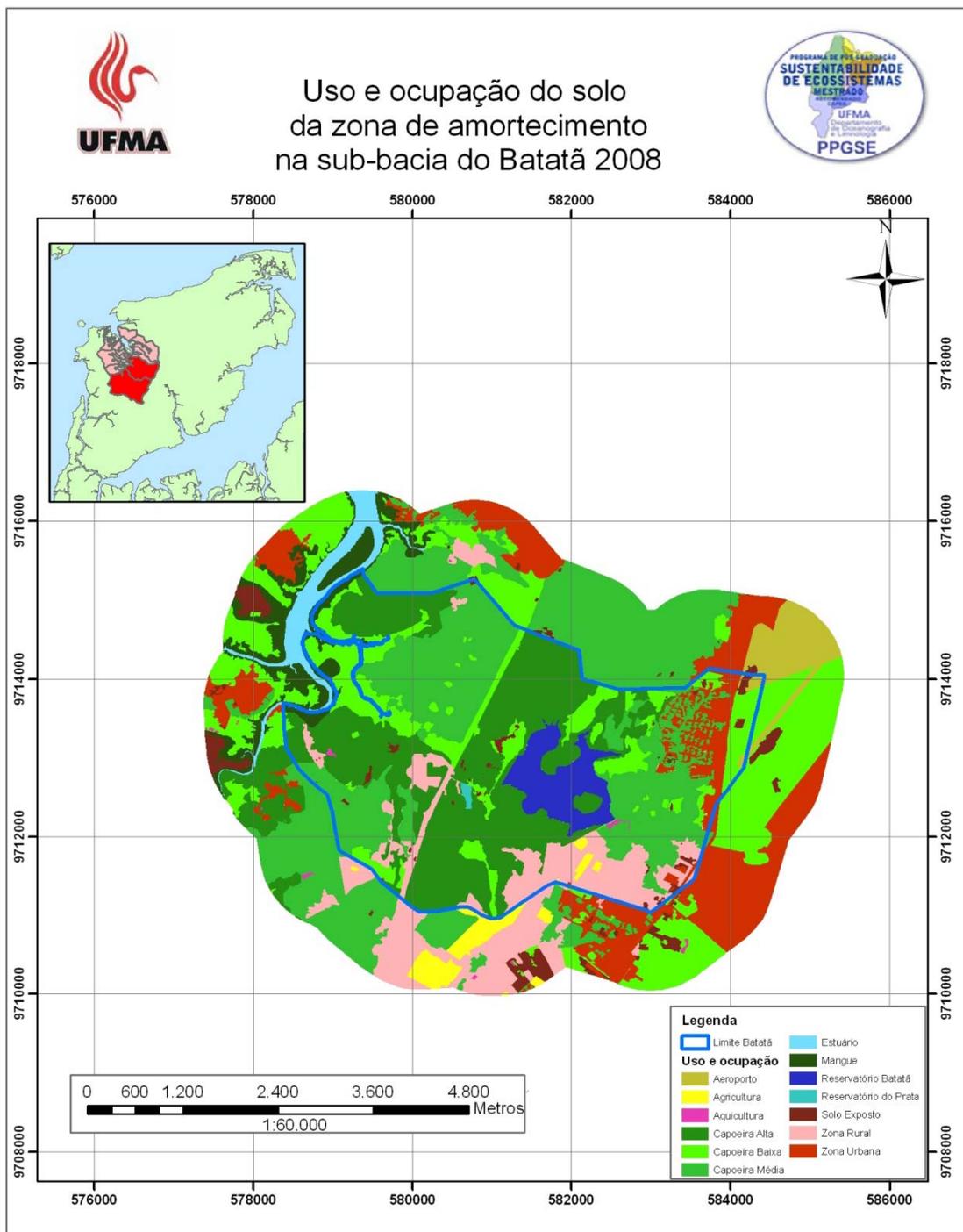
Parâmetro	W _i	Sub-Bacia Batatã (q _i)			Sub-Bacia do Maracanã (q _i)		
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
pH	0,12	73	74	85	82	90	74
Temperatura	0,1	92	92	92	92	92	92
Turbidez	0,08	84	98	84	53	61	61
Nitrogênio Total	0,1	100	100	100	100	100	100
Fósforo Total	0,1	100	100	100	100	100	100
Resíduos Totais	0,08	81	80	81	81	82	82
Coliformes Totais	0,15	21	28	28	28	28	28
Oxigênio Dissolvido	0,17	100	31	61	30	61	61
DBO	0,1	98	99	99	98	100	99

Apêndice L – Uso e ocupação da sub-bacia do Batatã e da sua zona de amortecimento de 1 Km para o ano de 1976.

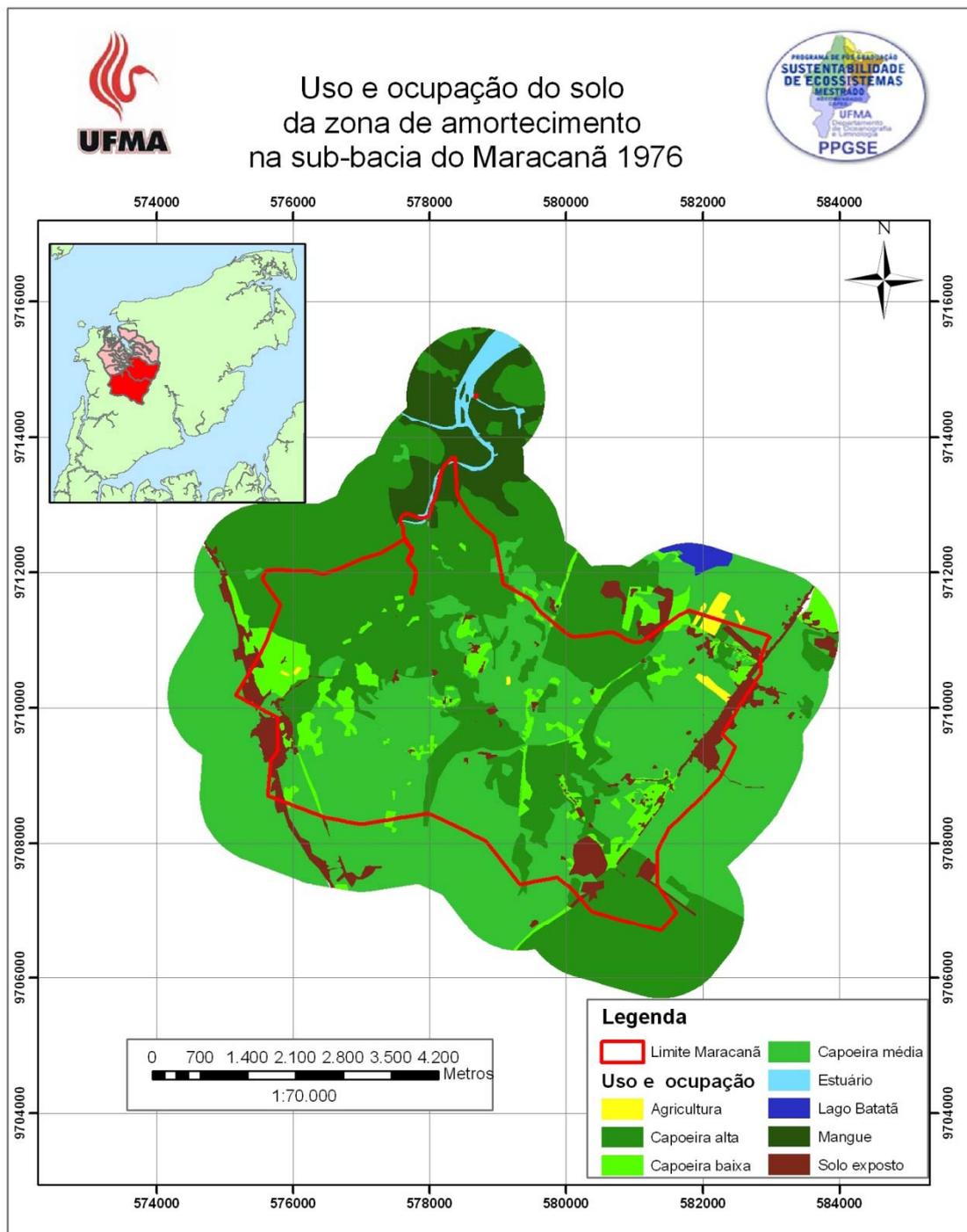


Universal Transversa de Mercator
Datum vertical Imbituba - Santa Catarina
Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
Meridiano 45° W. GR.

Apêndice M – Uso e ocupação da sub-bacia do Batatã e da sua zona de amortecimento de 1 Km para o ano de 2008.

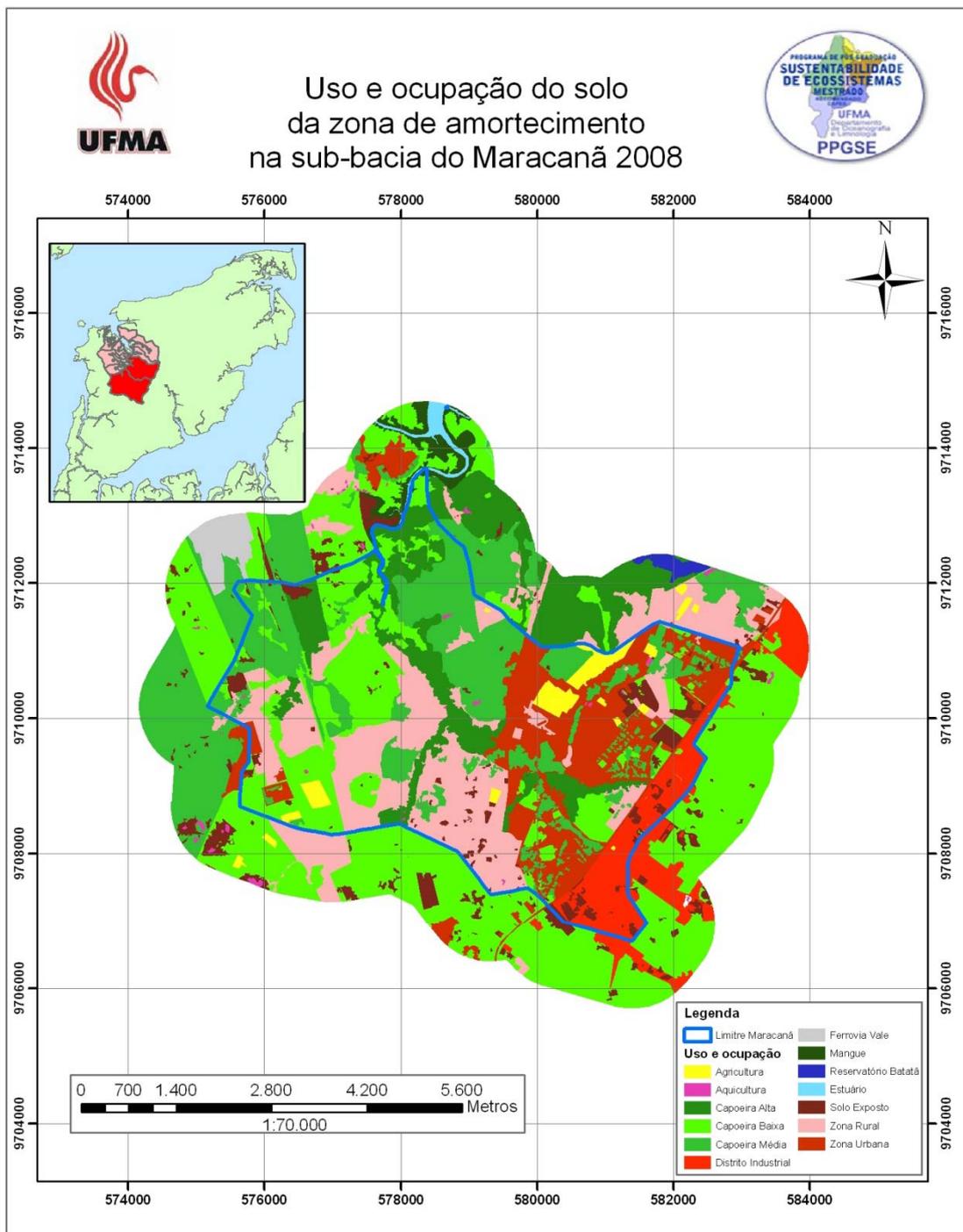


Apêndice N – Uso e ocupação da sub-bacia do Maracanã e da sua zona de amortecimento de 1 Km para o ano de 1976.



Universal Transversa de Mercator
Datum vertical Imbituba - Santa Catarina
Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
Meridiano 45° W. GR.

Apêndice O – Uso e ocupação da sub-bacia do Batatã e da sua zona de amortecimento de 1 Km para o ano de 2008.



Universal Transversa de Mercator
Datum vertical Imbituba - Santa Catarina
Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
Meridiano 45° W. GR.

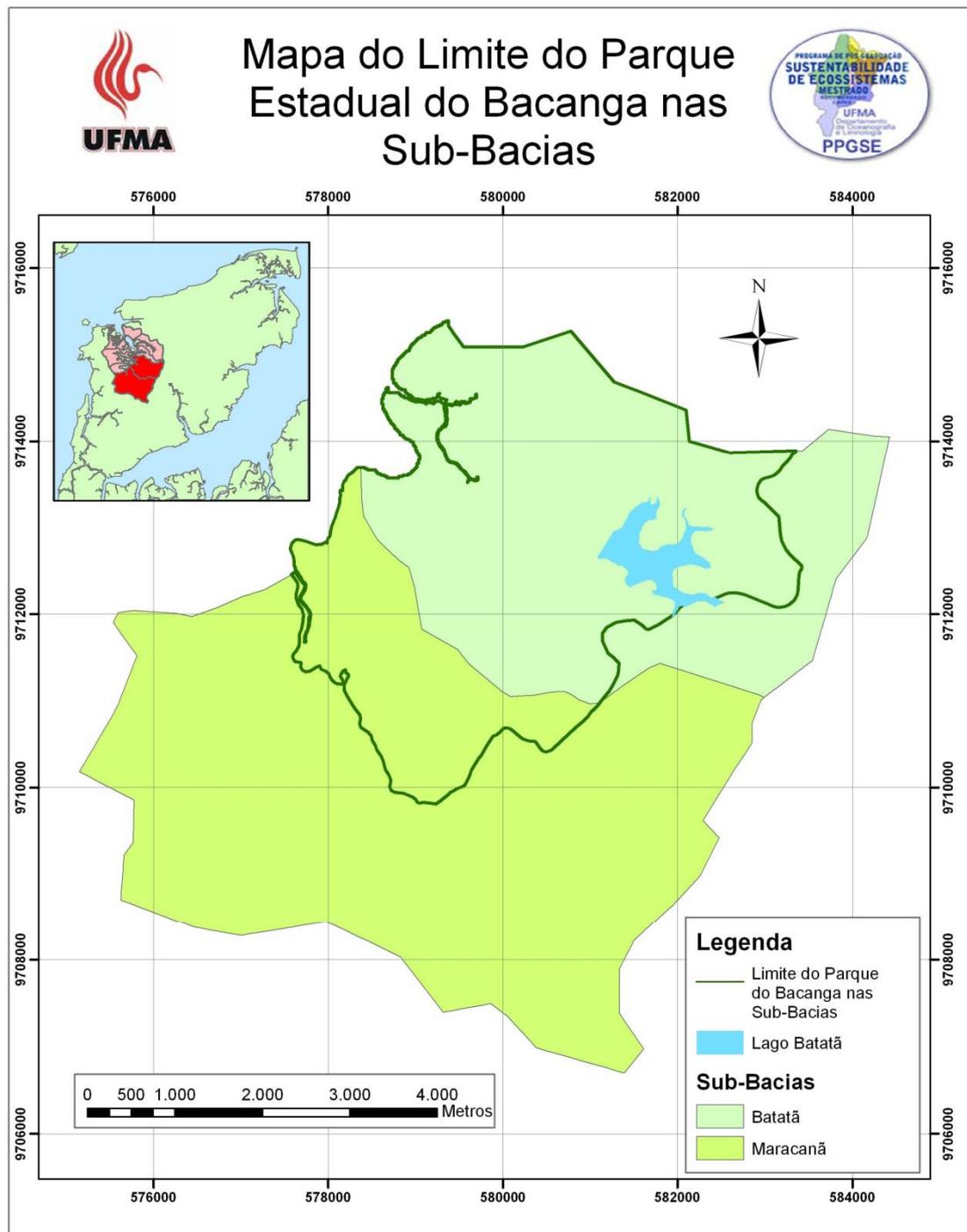
Apêndice P – Uso e ocupação para os anos de 1976 e 2008 para a área de amortecimento de 1 Km para a sub-bacia do Batatã

Unidades de Paisagem (ha)	Sub-bacia Batatã			
	1976	%	2008	%
Aeroporto	61,26	2,87	86,39	4,04
Área Urbana	0	0,00	407,65	19,07
Área Rural	0	0,00	159,31	7,45
Solo exposto	115,75	5,41	55,79	2,61
Capoeira alta	957,3	44,78	85,28	3,99
Capoeira média	335,72	15,70	621,56	29,07
Capoeira baixa	197,78	9,25	479,03	22,41
Mangue	293,69	13,74	113,82	5,32
Agricultura	10,74	0,50	48,27	2,26
Água Superficial	165,76	7,75	80,9	3,78
Total	2138	100	2138	100

Apêndice Q – Uso e ocupação para os anos de 1976 e 2008 para a área de amortecimento (1 Km) para a sub-bacia do Maracanã.

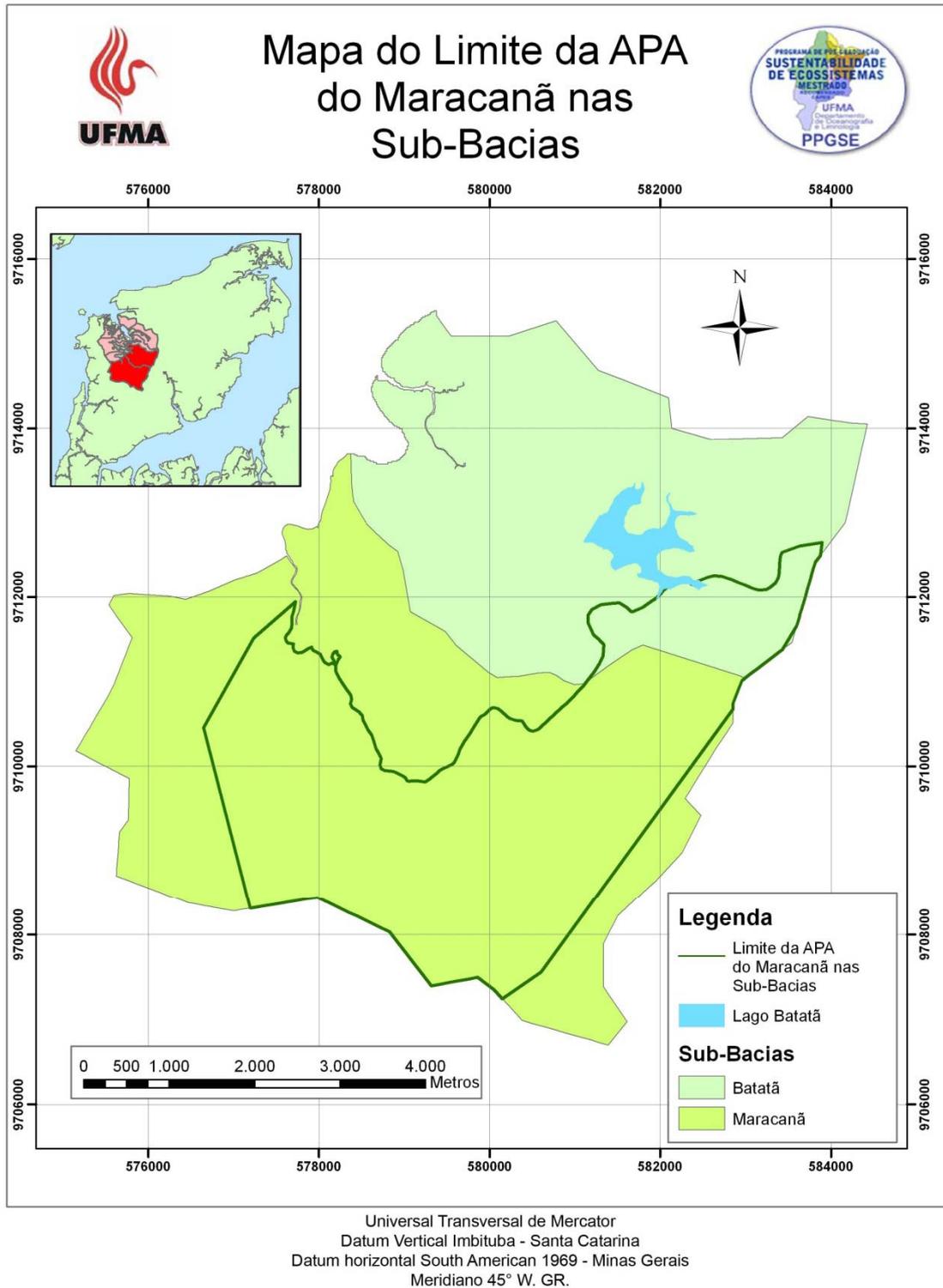
Unidades de Paisagem (ha)	Sub-bacia Maracanã			
	1976	%	2008	%
Área Urbana	0	0	225,33	7,37
Área Rural	0	0	276,23	9,04
Solo exposto	121,97	3,99	205,03	6,71
Capoeira alta	1018,41	33,32	297,55	9,74
Capoeira média	1395,61	45,67	486,66	15,92
Capoeira baixa	78,16	2,56	1343,03	43,95
Mangue	297,26	9,73	119,73	3,92
Agricultura	10,88	0,36	20,28	0,66
Água Superficial	133,71	4,38	82,16	2,69
Total	3056	100	3056	100,00

Apêndice R – Limite do Parque Estadual do Bacanga em relação as sub-bacias estudadas.

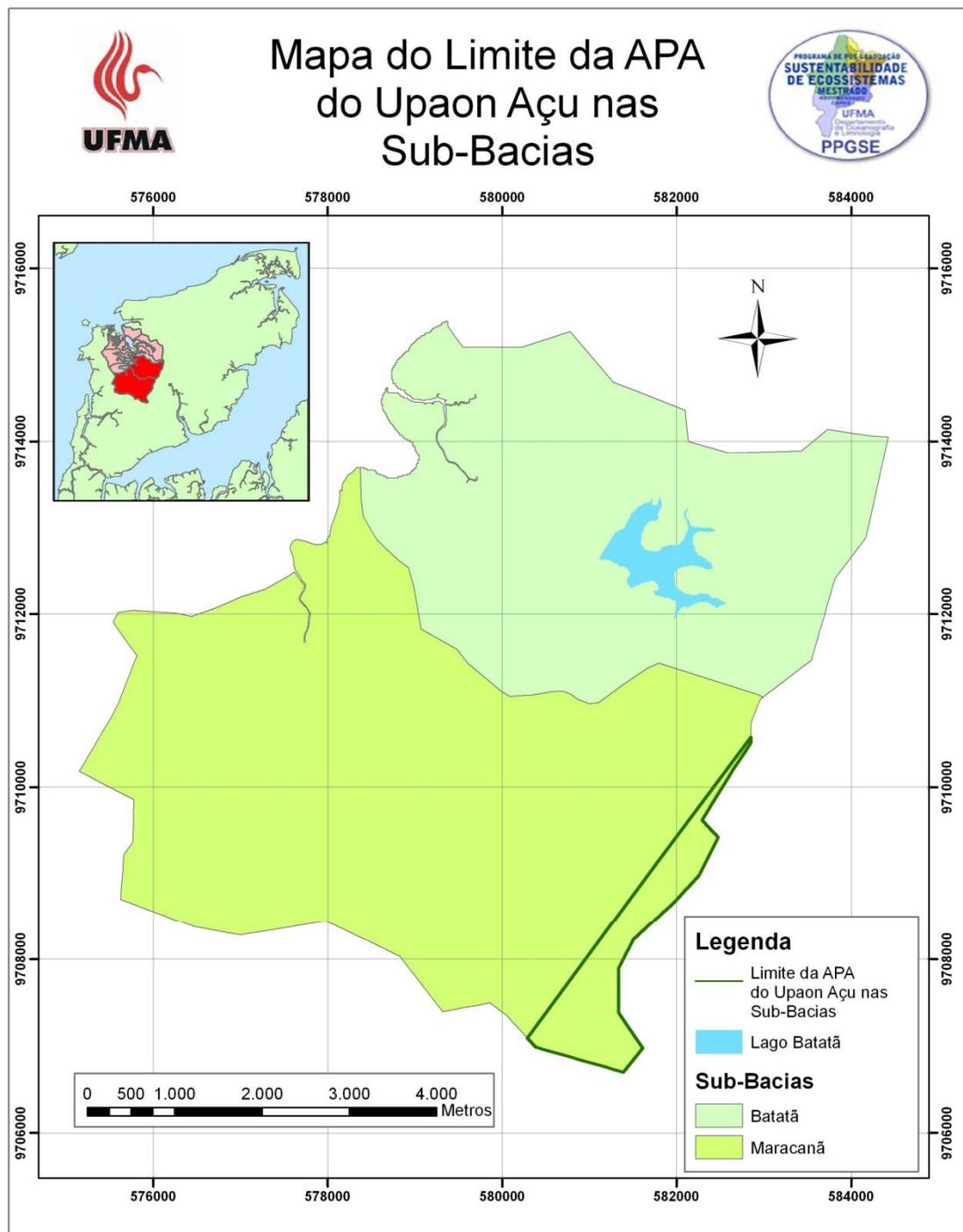


Universal Transversal de Mercator
Datum Vertical Imbituba - Santa Catarina
Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
Meridiano 45° W. GR.

Apêndice S – Limite da Área de Proteção Ambiental do Maracanã em relação as sub-bacias estudadas.

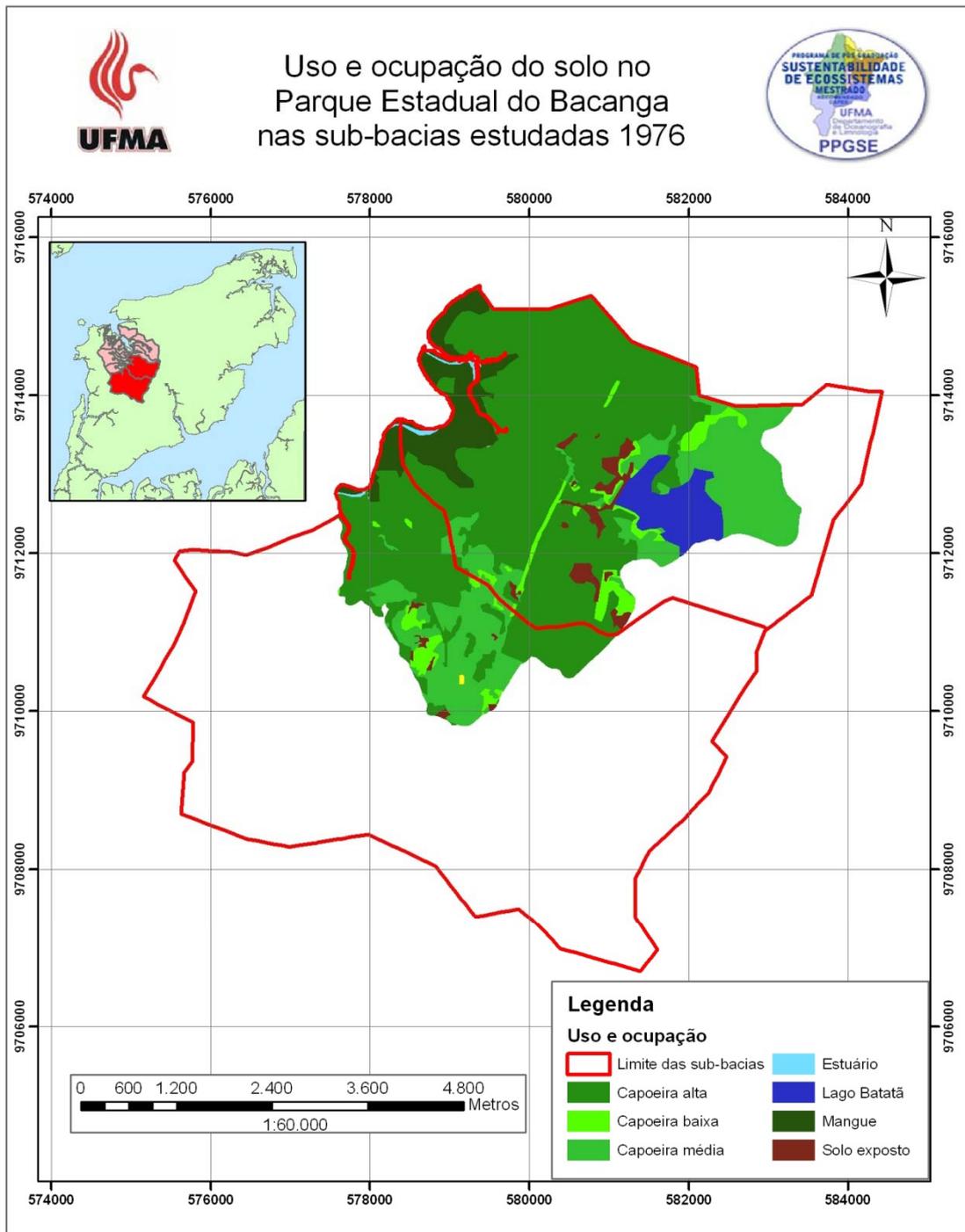


Apêndice T – Limite do Área de Proteção Ambiental Upaon-Açú/Miritiba em relação as sub-bacias estudadas.



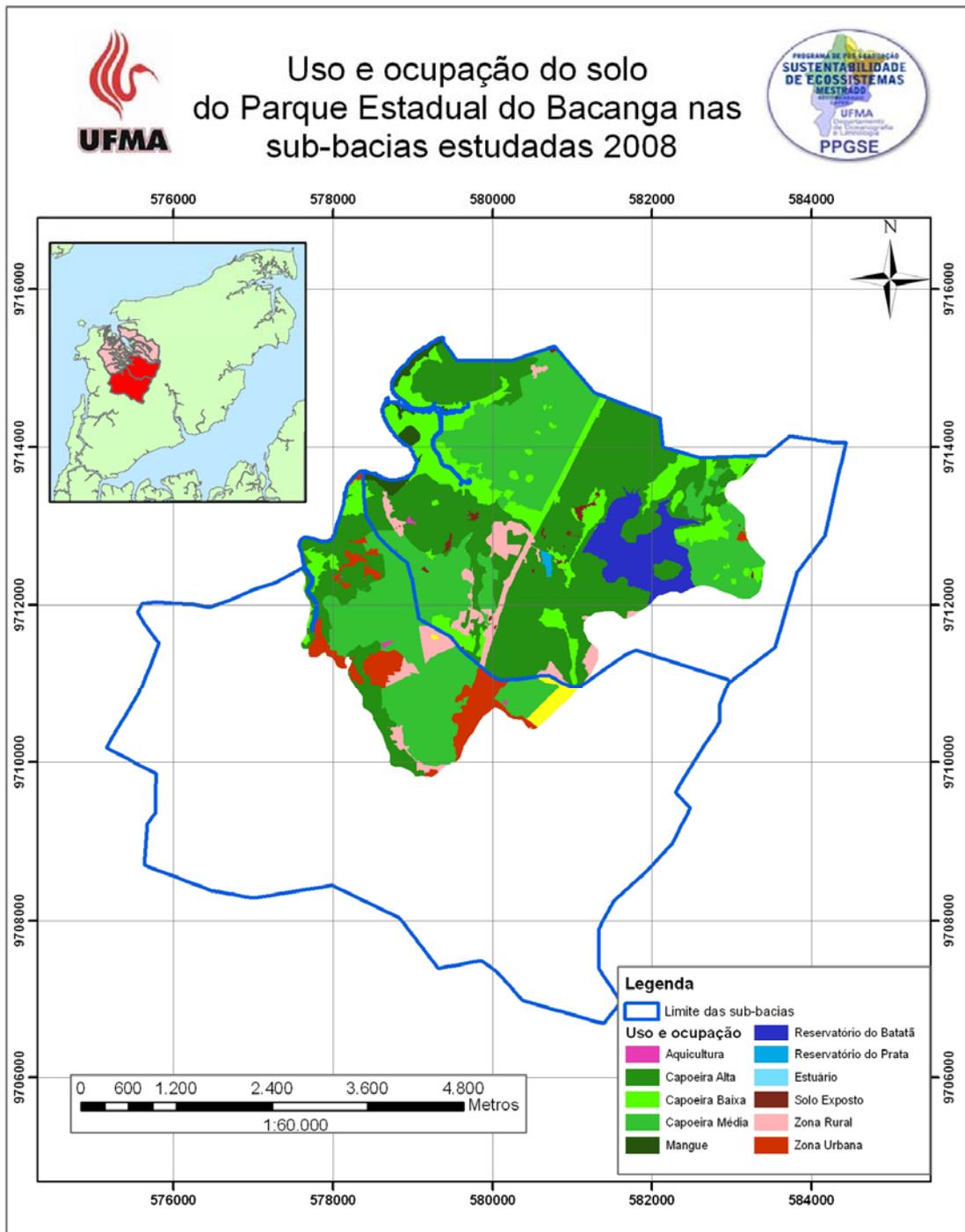
Universal Transversal de Mercator
 Datum Vertical Imbituba - Santa Catarina
 Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
 Meridiano 45° W. GR.

Apêndice U – Uso e Ocupação do trecho do Parque Estadual do Bacanga inserido nas sub-bacias do Batatã e Maracanã referente ao ano de 1976.



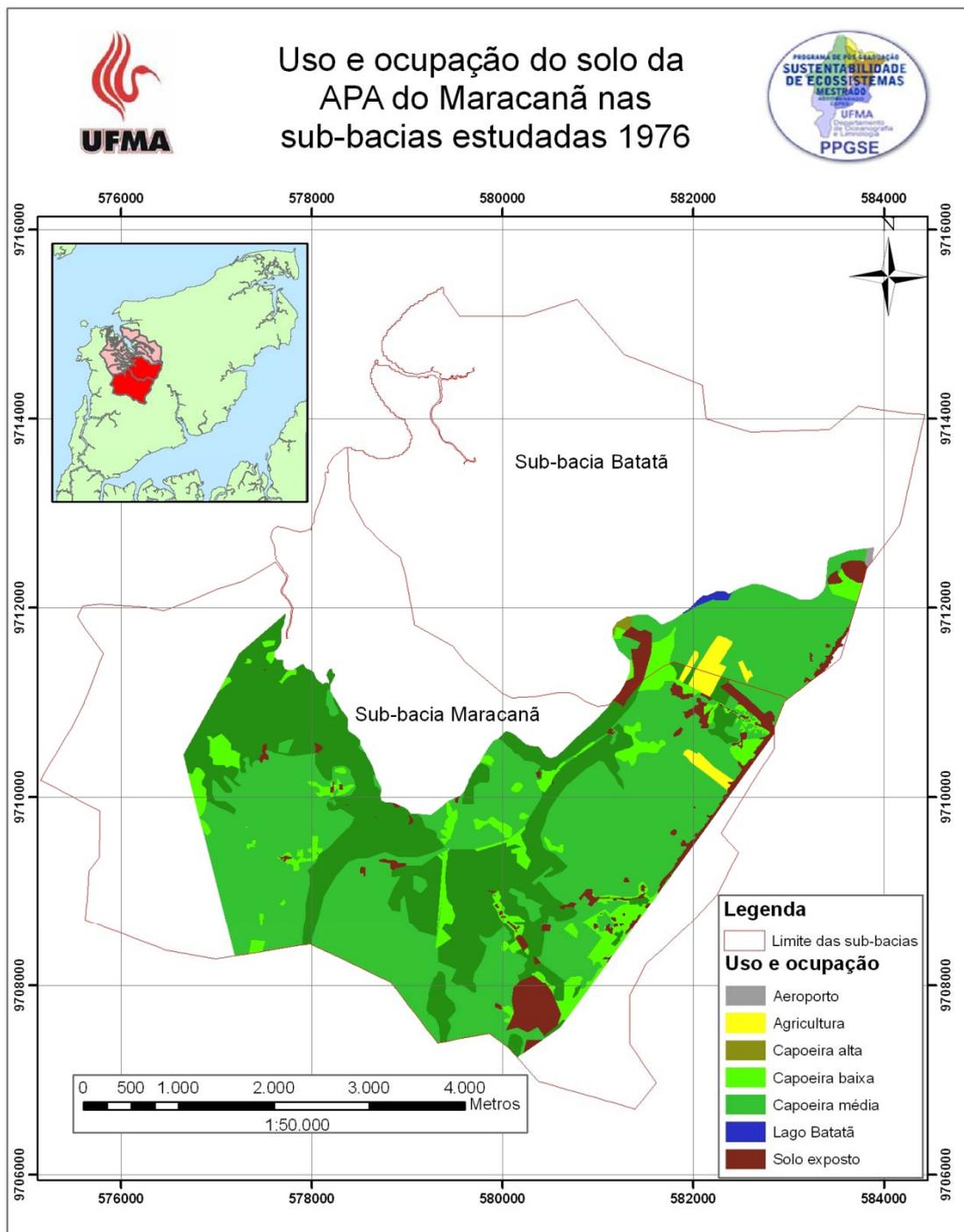
Universal Transversa de Mercator
 Datum vertical Imbituba - Santa Catarina
 Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
 Meridiano 45° W. GR.

Apêndice V – Uso e Ocupação do trecho do Parque Estadual do Bacanga inserido nas sub-bacias do Batatã e Maracanã referente ao ano de 2008.



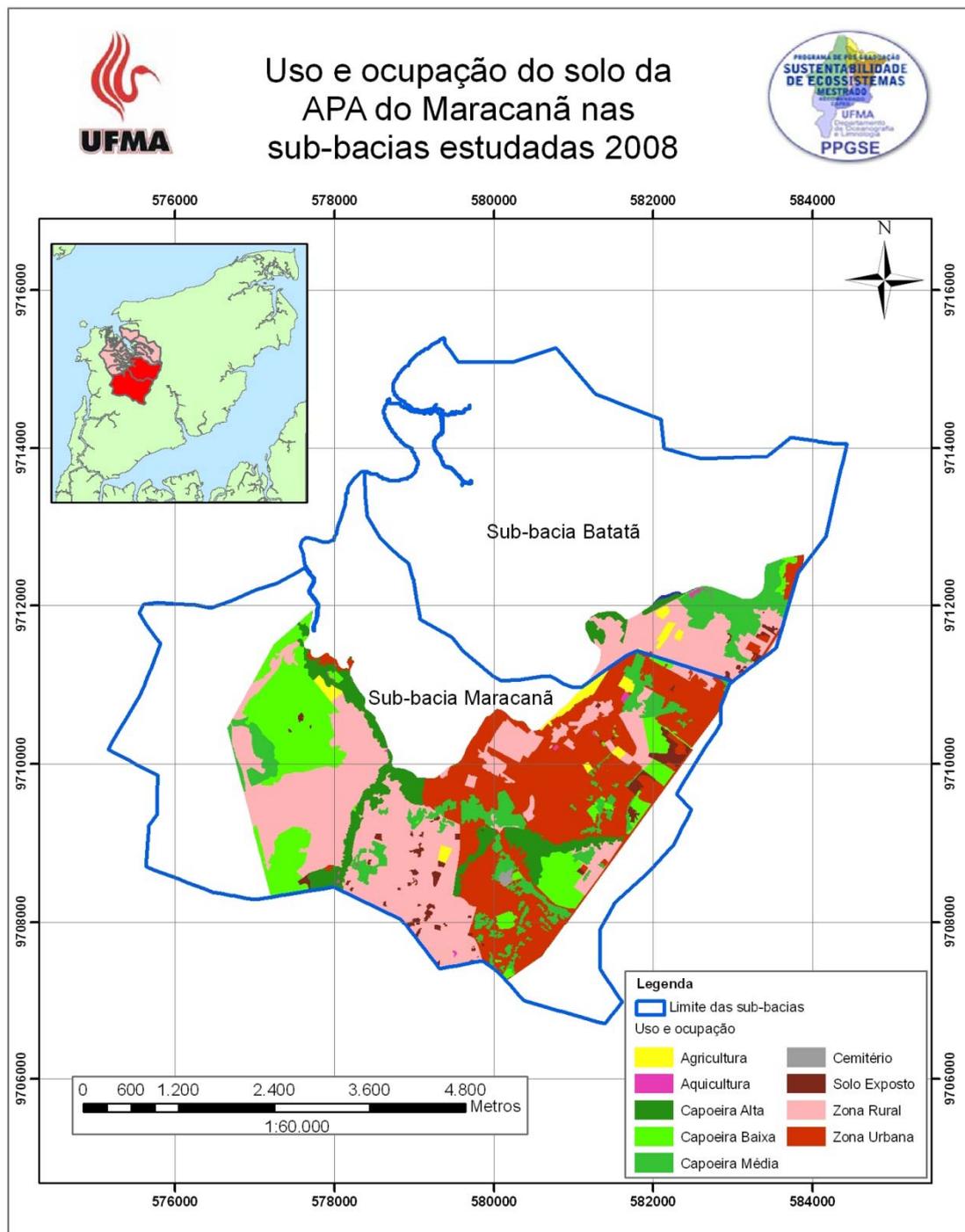
Universal Transversa de Mercator
 Datum vertical Imbituba - Santa Catarina
 Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
 Meridiano 45° W. GR.

Apêndice X – Uso e Ocupação do trecho da Área de Proteção Ambiental do Maracanã inserido nas sub-bacias do Batatã e Maracanã referente ao ano de 1976.



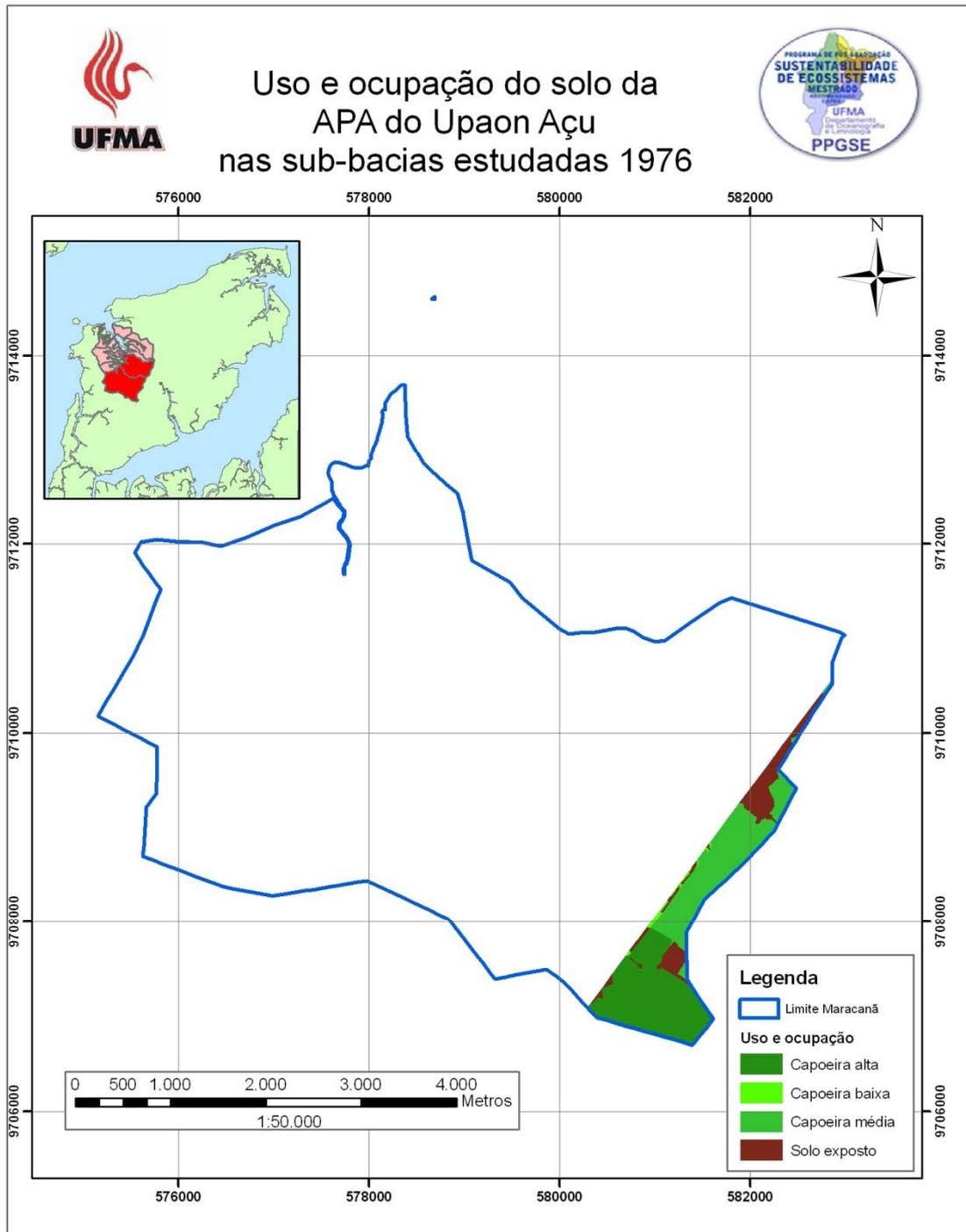
Universal Transversa de Mercator
Datum vertical Imbituba - Santa Catarina
Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
Meridiano 45° W. GR.

Apêndice Z – Uso e Ocupação do trecho da Área de Proteção Ambiental do Maracanã inserido nas sub-bacias do Batatã e Maracanã referente ao ano de 2008.



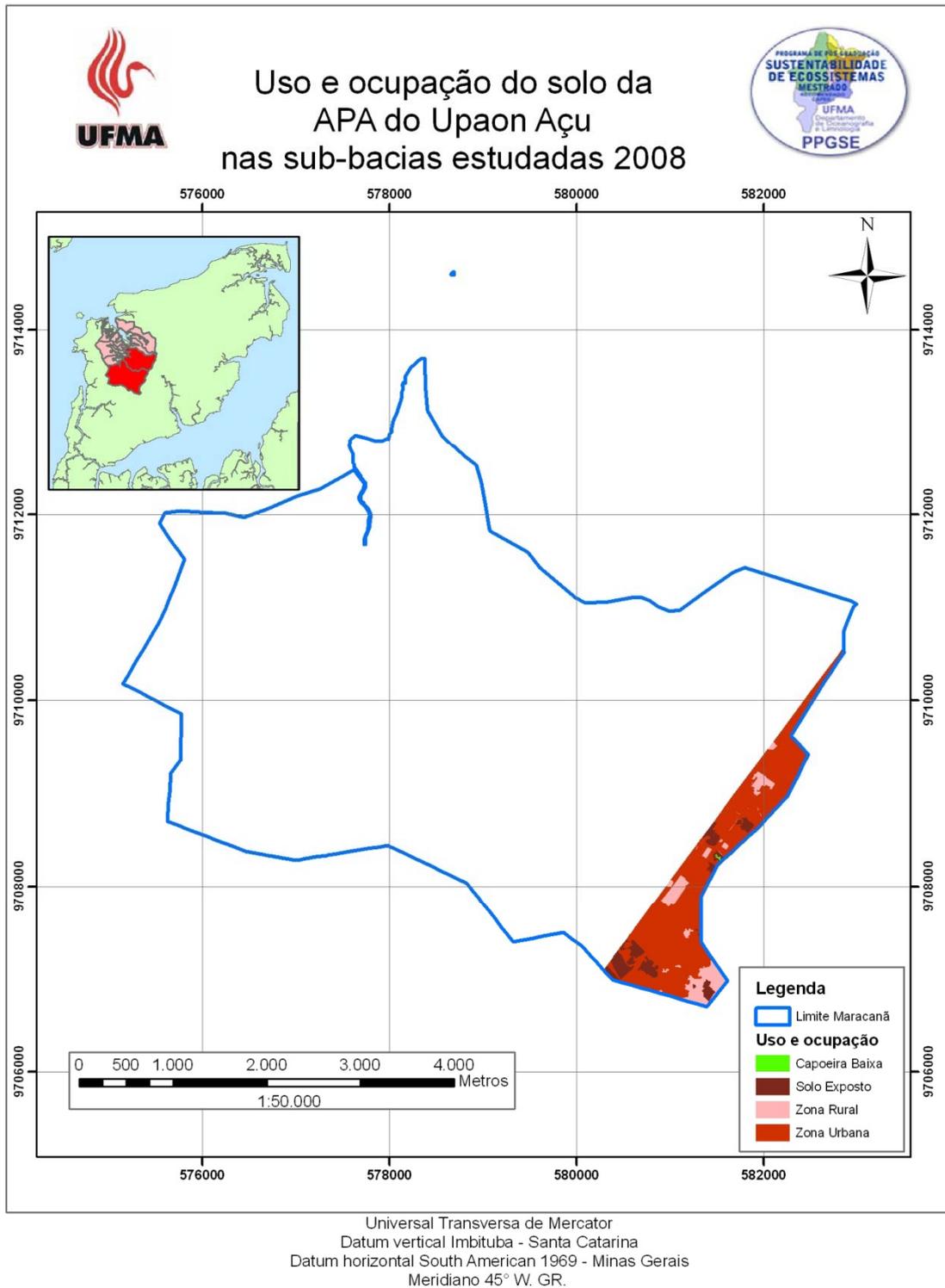
Universal Transversa de Mercator
Datum vertical Imbituba - Santa Catarina
Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
Meridiano 45° W. GR.

Apêndice AA – Uso e Ocupação do trecho da Área de Proteção Ambiental Upaon-Açu/Miritiba/Alto Preguiças inserido nas sub-bacias do Batatã e Maracanã referente ao ano de 1976.



Universal Transversa de Mercator
Datum vertical Imbituba - Santa Catarina
Datum horizontal South American 1969 - Minas Gerais
Meridiano 45° W. GR.

Apêndice AB – Uso e Ocupação do trecho da Área de Proteção Ambiental Açú/Miritiba/Alto Preguiças inserido nas sub-bacias do Batatã e Maracanã referente ao ano de 2008.



Apêndice AC – Uso e ocupação do solo nos anos de 1976 e 2008 do trecho do Parque Estadual do Bacanga inserido na sub-bacia do Batatã.

Unidades de Paisagem	1976 (ha)	%	2008 (ha)	%
Área Urbana	0	0	1,51	0,11
Área Rural	0	0	60,94	4,49
Solo exposto	4,87	0,36	8,01	0,59
Capoeira alta	811,7	59,84	597,14	44,04
Capoeira média	255,6	18,84	365,9	26,98
Capoeira baixa	54,58	4,02	189,6	13,98
Mangue	139,94	10,32	31,37	2,31
Água Superficial	89,73	6,62	101,54	7,49
Total	1356,42	100	1356	100,00

Apêndice AD – Uso e ocupação do solo nos anos de 1976 e 2008 do trecho da Área de Proteção Ambiental do Maracanã inserido na sub-bacia do Batatã.

Unidades de Paisagem	1976 (ha)	%	2008 (ha)	%
Área Urbana	0	0	12,72	5,88
Aeroporto	1,4	0,7	1,4	0,65
Área Rural	21,47	10,0	110,49	51,09
Solo exposto	0	0,0	4,41	2,04
Capoeira alta	2,01	0,9	12,78	5,91
Capoeira média	158,93	74	60,45	27,95
Capoeira baixa	16,7	7,8	4,9	2,27
Agricultura	11,11	5,2	6,42	2,97
Água Superficial	3,23	1,5	2,68	1,24
Total	214,85	100	216,25	100,00

Apêndice AE – Uso e ocupação do solo nos anos de 1976 e 2008 do trecho do Parque Estadual do Bacanga inserido na sub-bacia do Maracanã.

Unidades de Paisagem	1976 (ha)	%	2008 (ha)	%
Área Urbana	0	0	73,07	14,99
Área Rural	0	0,00	24,11	4,95
Solo exposto	6,39	1,31	0,73	0,15
Capoeira alta	206	42,26	116,17	23,83
Capoeira média	220,67	45,27	235,57	48,33
Capoeira baixa	29,39	6,03	20,89	4,29
Mangue	24,22	4,97	0	0,00
Agricultura	0,75	0,15	15,7	3,22
Água Superficial	0	0	1,16	0,24
Total	487,42	100	487,4	100,00

Apêndice AF – Uso e ocupação do solo nos anos de 1976 e 2008 do trecho da Área de Proteção Ambiental do Maracanã inserida na sub-bacia do Maracanã.

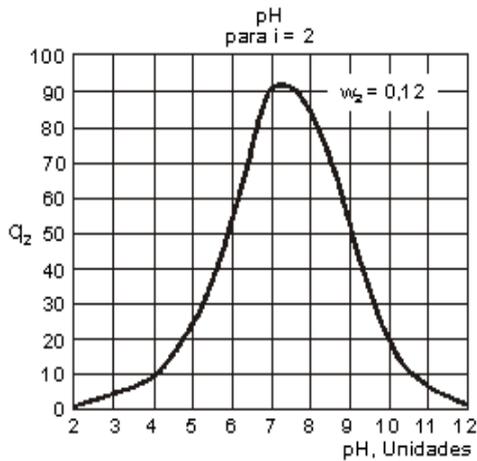
Unidades de Paisagem	1976 (ha)	%	2008 (ha)	%
Área Urbana	0	0	498	33,50
Área Rural	0	0	466,7	31,39
Solo exposto	68,52	4,61	30,05	2,02
Capoeira alta	447,61	30,11	98,6	6,63
Capoeira média	837,07	56,31	132,03	8,88
Capoeira baixa	121,1	8,15	218,97	14,73
Agricultura	12,32	0,83	40,02	2,69
Água Superficial	0	0	2,23	0,15
Total	1486,6	100	1486,6	100,00

Apêndice AG – Uso e ocupação do solo nos anos de 1976 e 2008 do trecho da Área de Proteção Ambiental Upaon-Açú/Miritiba/Alto Preguiças inserida na sub-bacia do Maracanã.

Unidades de Paisagem	1976 (ha)	%	2008 (ha)	%
Área Urbana	0	0	57,07	31,02
Área Rural	0	0	104,51	56,80
Solo exposto	42,82	23,27	20,88	11,35
Capoeira alta	53,09	28,85	0	0,00
Capoeira média	62,57	34,01	0,29	0,16
Capoeira baixa	25,51	13,86	0,94	0,51
Mangue	0	0	0	0,00
Agricultura	0	0	0,31	0,17
Água Superficial	0	0	0	0,00
Total	184	100	184	100,00

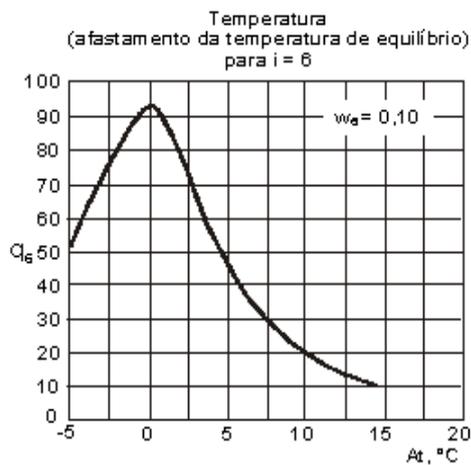
Anexo I – Curvas médias de variação da qualidade de água

pH ($w_i = 0,12$)



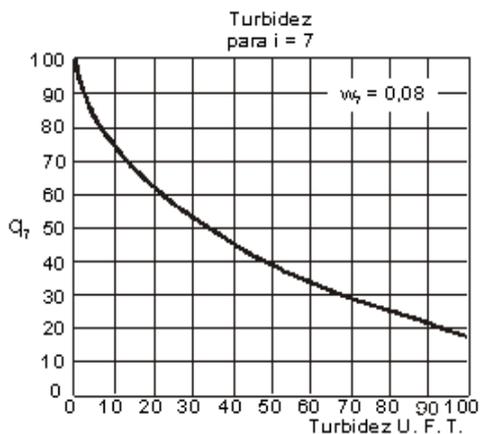
Nota: se pH < 2,0, $q_2 = 2,0$
se pH > 12,0, $q_2 = 3,0$

Temperatura ($w_i = 0,10$)



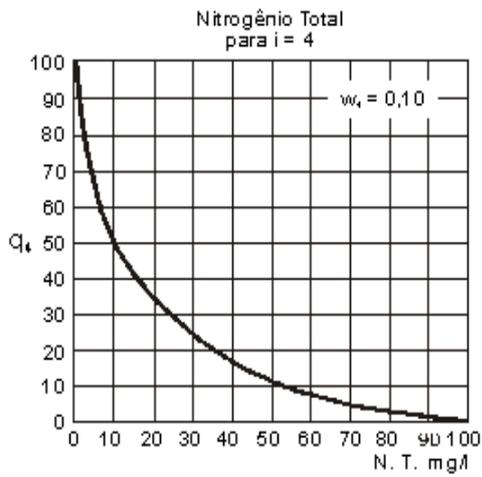
Nota: se $\Delta t < -5,0$, q_6 é indefinido
se $\Delta t > 15,0$, $q_6 = 9,0$

Turbidez ($w_i = 0,08$)



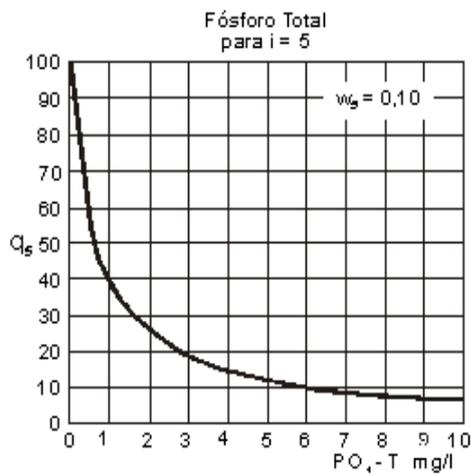
Nota: se turbidez > 100, $q_7 = 5,0$

Nitrogênio Total ($w_i = 0,10$)



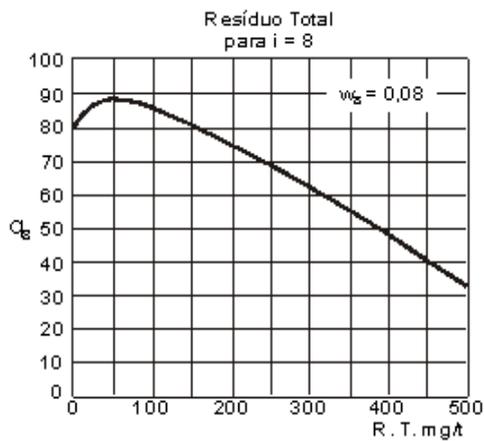
Nota: se N. T. > 100,0, $q_4 = 1,0$

Fósforo Total ($w_i = 0,10$)



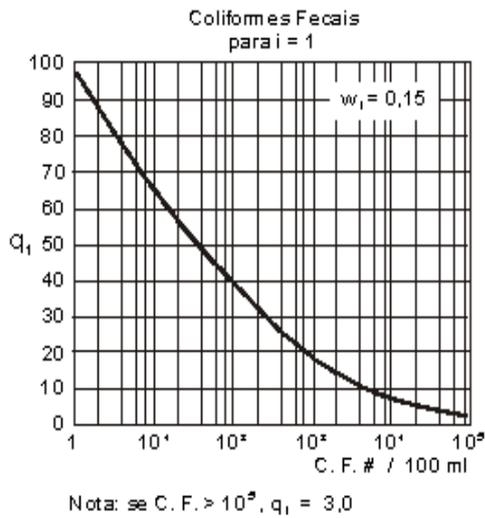
Nota: se P.O₄-T > 10,0, $q_5 = 1,0$

Resíduo Total ($w_i = 0,08$)

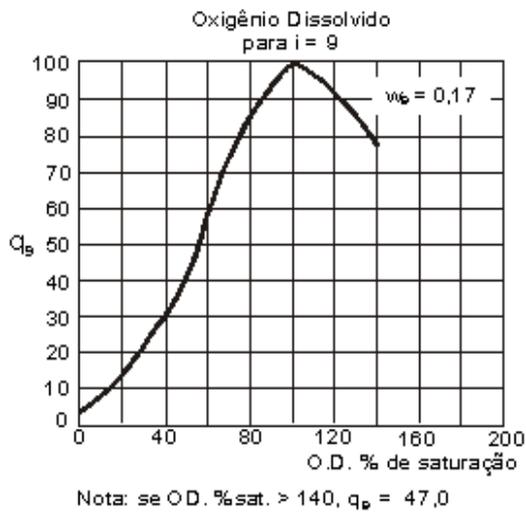


Nota: se R. T. > 500, $q_8 = 32,0$

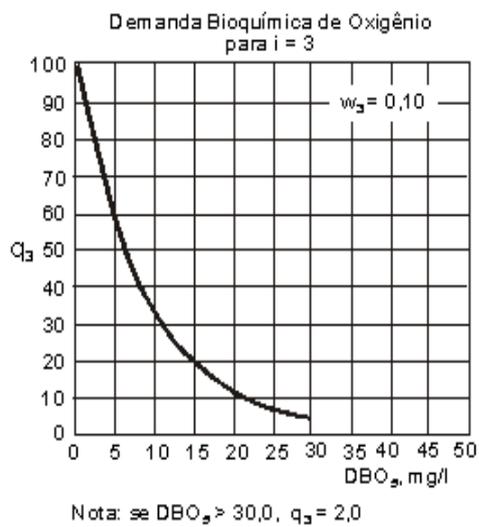
Coliformes Termotolerantes ($w_i = 0,15$)



Oxigênio Dissolvido ($w_i = 0,17$)



Demanda Bioquímica de Oxigênio ($w_i = 0,10$)



Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)