UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

BRUNELLA PIANNA VERONEZ

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DO USO DO SOLO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NO NORDESTE PARAENSE, AMAZÔNIA ORIENTAL

VITÓRIA
2011

BRUNELLA PIANNA VERONEZ

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E DO USO DO SOLO SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS NO NORDESTE PARAENSE, AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Antônio Sérgio Ferreira de Mendonça, Ph.D.

VITÓRIA
2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Veronez, Brunella Pianna, 1983-
V549a Análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em microbacias hidrográficas no nordeste paraense - Amazônia Oriental / Brunella Pianna Veronez. – 2011.
172 f. : il.

Orientador: Antônio Sérgio Ferreira Mendonça.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Água - Qualidade. 2. Solo - Uso. 3. Recursos hídricos. 4. Precipitação (Meteorologia). I. Mendonça, Antônio Sérgio Ferreira. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

"Análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em microbacias hidrográficas no nordeste paraense – Amazônia Oriental".

BRUNELLA PIANNA VERONEZ

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antônio Sergio Ferreira Mendonça
Orientador – DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Daniel Rigo
Examinador Interno – DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira
Examinador Externo – UFRA

Coordenadora do PPGEA: Profa. Dra. Regina de Pinho Keller

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Vitória, ES, 8 de agosto de 2011.

DEDICATÓRIA

À DEUS

À minha mãe, fonte de minha persistência, pela garra e estímulo em busca do saber.

Ao meu pai, pelo apoio e incentivo.

Ao Allysson pela atenção e carinho, sempre ao meu lado.

Ao professor Antonio Sergio, ao Assis e ao Paulo que foram essenciais.

Brunella

AGRADECIMENTOS

À DEUS por ter tornado tudo isso possível.

Ao Professor Antônio Sérgio por acreditar que fosse possível a realização deste trabalho e toda ajuda para superarmos a barreira da distância.

Ao Paulo Pontes Araujo e ao Professor Francisco de Assis Oliveira... por tudo..... por toda ajuda dispensada, pela atenção e principalmente pela acolhida na UFRA e no CPRM. Sem eles o trabalho na Amazônia não seria possível

Ao Instituto Evandro Chagas pelo apoio na realização das análises químicas da água, ao Adaelson o Bruno e a Marina.

Meus agradecimentos à Estação Experimental de Castanhal (EEC), na pessoa do Engenheiro Agrônomo Raimundo Nonato da Silva, assim como seus funcionários e ajudantes de campo: Sr. Geraldo, Sr. Maradona.

Ao programa de bolsa da CAPES pelo apoio financeiro.

Aos amigos e amigas do Mestrado na UFES, pela amizade e companheirismo em todo o curso, principalmente a Amanda, a Andréia que facilitaram todo meu intercambio com o PPGEA fazendo a distância ficar menor.

À família Buraslan Cavalcante que me acolheu em Belém do Pará e me incentivou, sempre fazendo me sentir em casa.

Ao meu amigo, namorado, companheiro enfim, por ter me aturado esse tempo todo de stress, correria, leva e busca amostras, campanha de campo, etc: o Allysson.

Bem, sem eles, eu não estaria aqui, logo aos mais importantes, a mamãe e o papai...

Ao Renato apenas por ser meu amigo e grande e eterno chefe.

A todos que não citei e foram fundamentais meus agradecimentos.

RESUMO

Quando a floresta é retirada dando lugar a sistemas de produção agrícola, pastagens ou à implantação de cidades, não apenas a paisagem é desconfigurada mas a qualidade da água das bacias hidrográficas também sofrem modificações. Os usos múltiplos da água e as atividades antrópicas realizadas em uma bacia hidrográfica causam significativas alterações na qualidade dos recursos hídricos. Objetiva-se, com esse estudo, utilizar dados de pluviometria, monitoramento hídrico e mapeamento do uso do solo da microbacia hidrográfica do Igarapé Praquiquara no município de Castanhal, estado do Pará, para melhor conhecimento a respeito da influência da precipitação pluviométrica e de atividades antrópicas sobre a qualidade dos recursos hídricos de microbacias localizadas na Amazônia Oriental. SIG foi utilizado para a delimitação e mapeamento do uso do solo da microbacia e das 8 (oito) sub-bacias correspondentes a 8 (oito) pontos de monitoramento da qualidade da água. O monitoramento da qualidade da água ocorreu em 4 (quatro) campanhas distribuídas em períodos de chuva e de estiagem. Concluiu-se que o uso e a ocupação do solo nas microbacias exercem grande influência sobre vários parâmetros de qualidade de água, incluindo turbidez, sólidos totais em suspensão, sólidos totais, OD, DBO, Ferro e Coliformes termotolerantes. Os parâmetros que apresentaram violações dos padrões legais de qualidade de águas foram: pH, OD, DBO e Coliformes termotolerantes. Os resultados do monitoramento das águas demonstraram também a grande influência das precipitações pluviométricas sobre os parâmetros qualitativos, principalmente: DBO, Nitrato e Ferro apresentaram diminuição no período das chuvas. Sólidos Totais em Suspensão, OD, Nitrogênio Amoniacal, Amônio e Nitrito apresentam aumentos de concentração no período chuvoso.

ABSTRACT

When forest is removed, giving way to agricultural production systems, pastures and urbanization, not just the landscape is drastically changed but watercourses quality is modified. The multiple uses of water and human activities in a watershed may cause significant changes in water quality. This study aims to acquire better knowledge about the influence of rainfall and soil use on water quality of watersheds located in the Amazon biome. The field survey was developed in Praquiquara watershed, Castanhal city, Pará state, Brazil. GIS was used for the delineation and mapping of land use in Praquiquara watershed and 8 (eight) sub-basins corresponding to the water quality monitoring stations. Water quality monitoring occurred in 4 (four) field surveys, distributed during rainy and dry seasons. It was concluded that the use and occupation of land in the watershed have a great influence on several water quality parameters. Parameters showing the largest changes were: turbidity, total suspended solids, total solids, DO, BOD, Iron and thermotolerant coliforms. The parameters that showed violations of legal standards for water quality were: pH, Dissolved Oxygen, BOD and thermotolerant coliforms. The results of water monitoring also showed great influence of rainfall on water quality parameters. BOD, nitrate, and iron are among the parameters that have presented concentration reduction during the rainy season. Total Suspended Solids, Dissolved Oxygen, Ammonia Nitrogen, Ammonia and nitrite are among the parameters for which concentration increased during the rainy season.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - Localização geográfica da bacia do Igarapé Praquiquara no estado do Pará.....63
FIGURA 2 - Síntese dos trabalhos realizados em campo, laboratório e escritório.....68
FIGURA 3 - Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais do Igarapé Praquiquara.....71
FIGURA 4 - Estação pluviométrica de Castanhal-PA (ANA, 2009).....79
FIGURA 5 – Pluviometria Mensal entre os anos de 2000 e 2010 na microbacia do Igarapé Praquiquara (Castanhal, Pará).....83
FIGURA 6 - Precipitação acumulada mensal do ano de 2010. 85
FIGURA 7 - Delimitação da microbacia do Igarapé Praquiquara. 87
FIGURA 8 - Mapa de Localização das 8 (oito) sub-bacias hidrográficas do Igarapé Praquiquara – Castanhal – PA. 89
FIGURA 9 - Mapa de uso do solo da microbacia hidrográfica do Igarapé Praquiquara – Castanhal – PA 92
FIGURA 10 - Proporção de área de cada classe de uso do solo após classificação na imagem do ano de 2009.....93
FIGURA 11 – Domínio de ecossistemas sucessionais de floresta, planalto (tabuleiro) e ripários na sub-bacia P1 (VERONEZ, 2011) 97
FIGURA 12 - Domínio de ecossistemas sucessionais de floresta, planalto (tabuleiro) e ripários na sub-bacia P2 (VERONEZ, 2011) 98
FIGURA 13 - Domínio de ecossistemas sucessionais de floresta, planalto (tabuleiro) e ripários na sub-bacia P3 (VERONEZ, 2011) 99
FIGURA 14 - Domínio de ecossistemas urbano na sub-bacia P5 (VERONEZ, 2011) .100
FIGURA 15 - Domínio de ecossistemas de pastagens e urbanização na sub-bacia P6 (VERONEZ, 2011).....101
FIGURA 16 - Domínio de ecossistemas agrícola na sub-bacia P7 (VERONEZ, 2011)102
FIGURA 17 - Domínio de ecossistemas de agro-pastagens na sub-bacia P8 (VERONEZ, 2011).....103

FIGURA 18 - Domínio de ecossistemas de agro-pastagens e urbano na sub-bacia P9 (VERONEZ, 2011).....104
FIGURA 19 – Mapa de tipos de solo na microbacia do igarapé Praquiquara – Castanhal – PA. 106
FIGURA 20 – Resultados do monitoramento de Temperatura.....109
FIGURA 21 – Resultados do monitoramento de Turbidez. 112
FIGURA 22 – Resultados do monitoramento de Sólidos Totais Dissolvidos.....116
FIGURA 23 – Resultados do monitoramento de Sólidos Totais em Suspensão.....118
FIGURA 24 – Resultado do Monitoramento de Sólidos Totais.....119
FIGURA 25 – Resultado do monitoramento de pH. 121
FIGURA 26 – Resultados do monitoramento de Condutividade Elétrica. 125
FIGURA 27 – Resultados do monitoramento de OD.....127
FIGURA 28 – Resultados do monitoramento de DBO. 130
FIGURA 29 – Resultados do monitoramento de Nitrogênio Amoniacal 132
FIGURA 30 - Resultados do monitoramento de Amônio.....133
FIGURA 31 – Resultados do monitoramento de Nitrito.....135
FIGURA 32 – Resultados do monitoramento de Nitrato.....136
FIGURA 33 - Resultado do monitoramento de Ferro. 140
FIGURA 34 - Resultado do monitoramento de Fosfato.....142
FIGURA 35 - Resultado do monitoramento de Sulfato.....144
FIGURA 36 – Resultados do monitoramento de Manganês 146
FIGURA 37 – Resultado do monitoramento de Coliformes fecais.....148

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA.....32
TABELA 2 – USOS PRETENDIDOS POR CLASSE DE QUALIDADE PARA AS ÁGUAS DOCES 46
TABELA 3 - OS PADRÕES DE QUALIDADE DO CORPO HÍDRICO SEGUNDO OS PARÂMETROS UTILIZADOS NESSE TRABALHO, ASSOCIADOS ÀS DIVERSAS CLASSES DOS CORPOS D'ÁGUA.....48
TABELA 4 – COORDENADAS DA REDE DE AMOSTRAGEM DA MICROBACIA DO IGARAPÉ PRAQUIQUARA COM PONTOS DE COLETA (P1 A P9) E DESCRIÇÃO DOS ECOSSISTEMAS DOMINANTES (VERONEZ, 2011).....72
TABELA 5 - PERÍODO DE REALIZAÇÃO DAS CAMPANHAS DE MONITORAMENTO 73
TABELA 6 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE CASTANHAL.....78
TABELA 7 – PLUVIOMETRIA DO PERÍODO DE AMOSTRAGEM NA REGIÃO DA MICROBACIA DO IGARAPÉ PRAQUIQUARA, BAIXO RIO APEÚ, NORDESTE PARAENSE (ANA, 2011) 84
TABELA 8 – CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS 8 (OITO) SUB-BACIAS.....88
TABELA 9 – CLASSES DE USO DO SOLO ESTABELECIDAS PARA A REGIÃO DE ESTUDO. 91
TABELA 10 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE TEMPERATURA. 108
TABELA 11 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE TURBIDEZ. 112
TABELA 12 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS. 115
TABELA 13 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO. 117
TABELA 14 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE SÓLIDOS TOTAIS.....119
TABELA 15 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE PH. 120
TABELA 16 – pH DO SOLO REGISTRADO EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICOS MESOFÉRRICOS NO IGARAPÉ PRAQUIQUARA. PERFIIS 1, 2. 123

TABELA 17 – pH DO SOLO REGISTRADO EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO HIPOFÉRICO. PERFIL 3.....123
TABELA 18 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....124
TABELA 19 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE OD.....126
TABELA 20 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE DBO. 129
TABELA 21 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE NITROGÊNIO AMONIACAL. 132
TABELA 22 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE AMÔNIO 133
TABELA 23 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE NITRITO.....134
TABELA 24 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE NITRATO 136
TABELA 25 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE FERRO. 140
TABELA 26 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE FOSFATO 142
TABELA 27 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE SULFATO.....144
TABELA 28 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE MANGANÊS 146
TABELA 29 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE COLIFORMES FECAIS. 148

LISTA DE SIGLAS

µS/cm - Micro siemens por cm

Ca^{2+} - Cálcio

CO_2 - Gás carbônico

DBO – Demanda Bioquímico de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

EPA – US Environmental Protection Agency

Fe – Ferro

$FeCO_3$ – Carbonato de Ferro II

H^+ - Íons hidrogênio

IFPA - Instituto Federal do Pará

K^+ - Potássio

Mg^{2+} - Magnésio

N – Nitrogênio

N_2 - Nitrogênio molecular

NO^{2-} - Nitrito

NO_3 - Nitrato

Na^+ - Sódio

O_2 - Oxigênio

OD – Oxigênio Dissolvido

OMM/UNESCO - Organização Meteorológica Mundial/ Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

P - Fósforo

PA - Pará

pH – Potencial Hidrogeniônico

SECTAM

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SST – Sólidos Suspensos Totais

UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez

UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 17
2. OBJETIVOS 21
2.1. OBJETIVO GERAL 21
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 21
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 24
3.1. ASPECTOS HIDROLÓGICOS 24
3.1.1. A situação e importância da água no século XXI 24
3.1.2. A bacia hidrográfica como unidade de estudo 25
3.1.3. Qualidade da Água 28
3.1.4. Parâmetros de Qualidade da Água 32
a) Parâmetros Físicos 32
3.1.4.1. Temperatura 32
3.1.4.2. Turbidez 33
b) Parâmetros Químicos 35
3.1.4.4. pH – Potencial Hidrogeniônico 35
3.1.4.5. Condutividade Elétrica 37
3.1.4.7. Séries Nitrogenadas 38
3.1.4.8. Ferro (Fe) 40
3.1.4.9. Compostos de Fósforo 41
3.1.4.10. Sulfato 43
3.1.4.11. Manganês 43
c) Parâmetros Biológicos 44
3.1.4.12. Coliformes Fecais 44
3.1.5. Enquadramento dos Corpos D'água e Padrões de Qualidade da Água Superficial 44
3.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO 49
3.2.1. Aspectos Gerais 49
3.2.2. A Dinâmica de Ocupação do solo e o Impacto sobre a Qualidade da Água 50

3.2.2.1. Florestas 52
3.2.2.2. Agricultura 54
3.2.2.3. Urbanização 57
4. MATERIAIS E MÉTODOS 61
4.1. ÁREA DE ESTUDO 61
4.1.1. Microbacia do Igarapé Praquiquara 64
4.1.2. Clima 64
4.1.3. Hidrografia 65
4.1.4. Geomorfologia 65
4.2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES 66
4.2.1. Procedimentos de Campo 69
4.2.1.1. Uso do Solo 69
a) Área urbana 69
b) Área agrícola 69
c) Área florestada 70
4.2.1.2. Monitoramento da Qualidade da Água 70
4.2.2. Procedimentos de Laboratório 73
4.2.3. Procedimentos de Escritório 75
4.2.3.1. Delimitação Automática 76
4.2.3.3. Análise da Pluviometria das Sub-bacias do Igarapé Praquiquara 78
4.2.3.4. Características do Solo 80
5. Resultados e Discussões 82
5.1. ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA 82
5.2. MAPEMAMENTO DA MICROBACIA DO IGARAPÉ PRAQUIQUARA 85
5.2.1. Delimitação Automática da Microbacia 85
5.2.2. Delimitação das Sub-bacias 88
5.2.3. Mapeamento do Uso do Solo na Microbacia 90
5.2.4. Mapeamento do Uso do Solo nas Sub-bacias 94
5.2.4. Tipos de Solo 105
5.3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA 107
5.3.1. Temperatura 108

5.3.2. Turbidez 111
5.3.3. Sólidos 115
5.3.4. pH – Potencial Hidrogeniônico 120
5.3.5. Condutividade Elétrica 124
5.3.6. Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) 126
5.3.7. Series Nitrogenadas 131
5.3.8. Ferro (Fe) 139
5.3.9. Fosfato 141
5.3.10. Sulfato 143
5.3.11. Manganês 145
5.3.12. Coliformes Fecais 147
5.4. SÍNTESE DOS RESULTADOS 149
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 155
6.1. CONCLUSÕES 155
7. REFERÊNCIAS 159
APÊNDICE 1 - FICHA DE COLETA DE ÁGUA SUPERFICIAL 173

Capítulo 1

Introdução

1 INTRODUÇÃO

Os problemas ambientais que a humanidade tem enfrentado evidenciam que a utilização dos recursos naturais pelo homem não tem sido feita de forma adequada, indicando a necessidade do desenvolvimento econômico e social ser compatível com a conservação do meio ambiente (MOTA, 2003).

A água, além de indispensável à sobrevivência no planeta, é um fator determinante para o desenvolvimento não só pela amplitude de utilização, mas, também, pela vantagem como indicadora da manipulação do uso do solo em bacias hidrográficas.

No Brasil embora a água seja considerada recurso abundante**,** existem áreas muito carentes, a ponto de transformá-la em um bem limitado às necessidades do homem. Normalmente, a sua escassez é muito grave em regiões onde o desenvolvimento ocorreu de forma desordenada, provocando a deterioração das águas disponíveis devido ao lançamento indiscriminado de esgotos domésticos, despejos industriais, agrotóxicos e outros poluentes (MOITA e CUDO, 1991; REBOUÇAS, 2006).

Em bacias hidrográficas com cobertura de floresta natural, a vegetação promove proteção contra erosão do solo, sedimentação e lixiviação excessiva de nutrientes (SOPPER, 1975), sendo essas áreas importantes para o abastecimento de água com boa qualidade. Por outro lado, as práticas que se seguem após a retirada das árvores tendem a produzir intensa e prolongada degradação da qualidade da água (DONADIO, GALBIATTI e PAULA, 2005).

Segundo Oliveira-Filho *et al*. (1994), a devastação das florestas tem contribuído para assoreamento, aumento da turbidez das águas, desequilíbrio do regime das cheias, erosão das margens de grande número de cursos d’água, além de comprometimento da fauna silvestre.

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser influenciada por diversos fatores. Dentre eles estão: precipitação pluviométrica, cobertura vegetal, topografia, geologia, bem como tipo, uso e manejo do solo da bacia hidrográfica (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997). Segundo Arcova *et al*. (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática na bacia hidrográfica podem modificar a sua qualidade.

Tendo em vista a necessidade de novas abordagens com relação ao planejamento dos recursos hídricos, tais como o ordenamento territorial ou o zoneamento ecológico-econômico, é necessário que se busque o entendimento das inter-relações entre as forças que estimulam o processo produtivo na bacia hidrográfica. A tarefa demanda um amplo estudo da bacia hidrográfica, considerando as relações entre as diversas ações empreendidas pelo homem nessa unidade do espaço geográfico (DORNELLES, 2003).

Diante disso, a importância do assunto é evidente**,** especialmente quando se considera que o uso intensivo da terra, seu manejo inadequado e o desmatamento geram efeitos na qualidade da água. Neste contexto, a avaliação desses efeitos é de grande importância para destaque do papel relevante da vegetação na conservação das reservas hídricas superficiais.

O presente estudo se justifica pela grande importância do conhecimento a respeito da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em bacias hidrográficas. O grande interesse científico a respeito deste assunto é evidenciado em diversas publicações podendo ser citados: Pekaróvá e Pekár, 1996; Prévost, Plamondon e Belleau, 1999; Ometo *et. al*., 2000; Castro, 2001; Gergel *et. al*., 2002; Tucci, 2002; Dornelles, 2003; Santos, 2004; Brito *et. al*., 2005; Donadio, Galbiatti e Paula, 2005; Santos, 2006; Silva *et al*., 2008; Figueiredo, 2009 e Rabelo *et. al*., 2009, dentre outros. Os estudos que geraram estas publicações analisaram o uso e ocupação do solo e relacionaram a conversão de áreas florestadas com alterações na qualidade da água em bacias hidrográficas.

A microbacia do Igarapé Praquiquara está localizada no município de Castanhal, na região nordeste amazônica. A escolha se justifica por apresentar, em seu interior, sub-bacias com diferentes características de uso e ocupação do solo, incluindo parcelas agrícolas, urbanas e florestadas.

Capítulo 2

Objetivos

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Adquirir maior conhecimento a respeito da influência de precipitações pluviométricas e de atividades antrópicas (uso e ocupação do solo) sobre a qualidade dos recursos hídricos em microbacias hidrográficas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Análise da influência de precipitações pluviométricas e de ações antrópicas sobre a qualidade de água em sub-bacias florestadas e sub-bacias com alto grau de degradação ambiental, em uma microbacia localizada no nordeste do estado do Pará, Amazônia Oriental, que no passado era coberta por floresta.

Mapeamento e avaliação de áreas apresentando diferentes tipos de solo e cenários de ocupação na microbacia e em suas sub-bacias, com uso de tecnologias de Sistemas de Informações Geográficas.

Análise comparativa entre as características específicas de sub-bacias cobertas atualmente por florestas e sub-bacias degradadas.

Análise da variação sazonal de parâmetros de qualidade da água, nas diferentes sub-bacias, em função das precipitações pluviométricas, das características da bacia e do uso e ocupação do solo.

Análise da inter-relação uso do solo-água existentes nas áreas monitoradas.

Comparação dos resultados obtidos no estudo com aqueles descritos na literatura para outras bacias hidrográficas.

Verificação do atendimento de padrões legais correspondentes aos diversos parâmetros de qualidade de água monitorados.

Capítulo 3

Revisão Bibliográfica

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. ASPECTOS HIDROLÓGICOS

3.1.1. A situação e importância da água no século XXI

Os volumes de água estocados nas calhas dos rios e nos lagos de água doce somam cerca de 200 mil km³. Esses mananciais são os mais acessíveis e utilizados para atendimento das necessidades sociais e econômicas da humanidade e são absolutamente vitais aos ecossistemas (REBOUÇAS, 2006).

Vale ressaltar, porém, que esses potenciais estão muito mal distribuídos no espaço. Dados do *World Resources Institute* (1991) mostram que, se for considerada a distribuição dos fluxos de água pelas zonas climáticas, por exemplo, verifica-se que nas zonas intertropicais úmidas e temperadas as descargas dos rios representam 98% do total do correspondente ao mundo.

O Brasil se destaca no cenário mundial pela grande descarga de água doce dos seus rios, cuja produção hídrica, 177.900 m³/s e mais 73.100 m³/s da Amazônia internacional, representa 53% da produção de água doce do continente sul-americano (334 mil m³/s) e 12% do total mundial (1.488 milhões de m³/s) (REBOUÇAS, 2006).

Apesar da aparente abundância de água doce, o que serve de suporte à cultura do desperdício da água disponível, a não realização de investimentos necessários ao seu uso e proteção mais eficiente e a sua pequena valorização econômica, é importante considerar que 80% da produção hídrica total do país está localizada em três grandes unidades hidrográficas – Amazonas, São Francisco e Pará sendo que a região Amazônica ocupa uma área equivalente a 57% da superfície do Brasil, mas apresenta uma densidade populacional de 2 a 5 hab/km², correspondendo sua produção hídrica a cerca de 78% do total nacional. Mostra-se claramente a distribuição desigual dos

recursos hídricos em território nacional já que a maior parte da produção hídrica ocorre na região com menor demanda (REBOUÇAS, 2006).

Contudo, ainda mais importante que a distribuição desigual da quantidade de água disponível para os diversos usos pelo homem e para a manutenção dos ecossistemas naturais, encontra-se a qualidade da mesma para tal. Várias partes do planeta já sofrem por sua escassez, seja pela diminuição da quantidade ou pela má qualidade das águas doces disponíveis para consumo humano e animal, principalmente nos grandes aglomerados urbanos. Esta má qualidade é, em diversas vezes, ocasionada pela poluição decorrente de ações do ser humano (REIS, FADIGAS e CARVALHO, 2005).

Populações dos grandes centros urbanos, industriais e áreas de desenvolvimento agrícola com uso intensivo de insumos químicos já se defrontam com problemas de escassez qualitativa de água para consumo. Deve-se ressaltar, ainda, que, se a escassez quantitativa de água constitui fator limitante ao desenvolvimento, a escassez qualitativa engendra problemas muito mais sérios à saúde pública, à economia e ao ambiente em geral (REBOUÇAS, 2006).

Com base neste quadro, conclui-se que a água, em melhores condições técnicas e econômicas para sua utilização, é um bem que, caso não seja preservado, pode vir a se esgotar em um futuro próximo, tornando de grande importância a preservação dos rios e lagos (RUAS, 2006).

3.1.2. A bacia hidrográfica como unidade de estudo

Denomina-se bacia hidrográfica à área de drenagem a montante de uma determinada seção no curso de água da qual aquela água é tributária. Essa área é limitada por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes e que pode ser determinado nas cartas topográficas (PORTO e ZAHED F^{o}, 1986).

As bacias hidrográficas são sistemas ecológicos que suportam uma ou mais biotas/ecossistemas diversificados e altamente adaptados às condições existentes. Essa adaptação se estabelece não ao longo de algumas gerações e sim ao longo de milênios, o que dirige a questão ao ritmo e à intensidade das transformações provocadas pela ação antrópica direta, extremamente mais rápidas do que as respostas às mudanças induzidas por processos naturais, que concedem tempo para que os ajustes ocorram (MARANHÃO, 2007).

A bacia hidrográfica é considerada a unidade territorial básica para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, de acordo com o Inciso V do Artigo 1° da Lei n° 9.433/97 – Política Nacional de Recursos Hídricos.

> [...]
> Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:
> [...]
> V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
> [...]

Para Valente e Castro (1981) as bacias hidrográficas são ótimas unidades para estudo e planejamento integrado dos recursos naturais renováveis e constituem unidades naturais para a análise de ecossistemas. Elas apresentam características próprias, as quais permitem utilizá-las para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas. Os cursos de água formados numa bacia servem como indicadores da manipulação do solo pelo homem. Assim, os rios que drenam uma região apresentam suas águas com características físico-químicas próprias, as quais refletem as atividades de uso de solo nas áreas a montante (FERNANDES e SILVA, 1994; BARUQUI e FERNANDES, 1985).

A bacia se apresenta, desta forma, como um sistema dinâmico, submetido à contínua ação instabilizadora de múltiplas forças físicas e bióticas instaladas e ao ajustamento às novas condições estabelecidas. Quando exposta à ação antrópica, a capacidade de ajustamento dinâmico da bacia é perturbada e, à medida que o seu desenvolvimento econômico e social vai acontecendo, ela gradualmente se distancia da sustentabilidade

na razão direta da intensidade, continuidade e extensão da ação antrópica instalada (MARANHÃO, 2007).

Segundo Cunha e Guerra (1998), a bacia hidrográfica apresenta uma visão integradora das características naturais e das atividades humanas que se processam na área compreendida pela bacia, retratando qualquer mudança significativa que ocorra nessas características, que possam oferecer impactos à jusante e nos fluxos energéticos de saída (descargas, cargas sólidas e dissolvidas).

Nessas atividades podem ser incluídas expansão de áreas urbanas e erosão, resíduos domésticos e industriais, galerias de águas pluviais e esgotos, depósitos de lixos, monoculturas com uso indiscriminado de agrotóxicos, erosão das áreas rurais, divisão fundiária, produção animal e desmatamento em ritmo acelerado (PALMIERI e LARACH, 1996).

Desse modo, a bacia hidrográfica desempenha uma excelente unidade integradora da dinâmica ambiental, propícia a um planejamento baseado na racionalidade ambiental. O seu gerenciamento envolve todos os atores sociais, com a participação imprescindível da sociedade, para que as normas e diretrizes de uso, de apropriação e de conservação dos recursos existentes sejam aceitas e obedecidas. (SANTOS, 2006)

O intenso uso da água e a conseqüente poluição resultante das ações antrópicas sem planejamento remetem a uma necessidade urgente de acompanhamento e monitoramento da qualidade dos recursos hídricos disponíveis, a fim de se propor medidas urgentes de contenção dessa degradação.

3.1.3. Qualidade da Água

A NBR 9896/1993, define qualidade da água como o resultado de características físicas, químicas, biológicas e organolépticas de uma água, relacionado com o seu uso para um fim específico (ABNT, 1993).

Para Branco (1991), a expressão “qualidade da água” não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, mas sim a um padrão tão próximo quanto possível do “natural”, isto é, tal como se encontra nas nascentes, antes do contato com o homem. Além disso, há um grau de pureza desejável o qual depende de seu uso, que inclui abastecimento, irrigação, industrial, pesca, entre outros.

A bacia hidrográfica, mesmo quando preservada em suas condições naturais, influencia na qualidade das águas de seus corpos hídricos através do carreamento de partículas, substâncias e impurezas dos solos decorrentes da precipitação atmosférica. A água, ao mover-se pelos diferentes compartimentos de uma bacia, tem sua qualidade alterada, e qualquer alteração nas condições da microbacia pode causar alterações significativas na qualidade da água. Neste caso, a cobertura e composição do solo da bacia hidrográfica em questão terão grande influência na definição da qualidade de suas águas. Pode-se observar, também, que as condições sazonais do clima influenciam indiretamente na qualidade das águas (RUAS, 2006).

Nas bacias com cobertura de florestas natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água (SOPPER, 1975). Estas áreas são reconhecidas como mananciais da mais elevada qualidade para o abastecimento público, para a proteção das comunidades aquáticas, além de outros benefícios. Por outro lado, as práticas da exploração florestal podem produzir degradação de efeito prolongado na qualidade da água.

Assim, a qualidade da água em determinado ponto de um rio é produto da qualidade da água em um ponto anterior modificada por diversos fatores atuantes no trecho que separa os pontos, tais como as características físicas do leito do rio e suas características geomorfológicas, mistura da água com qualidades diferentes, presença de vegetação ciliar, regime climático, presença de comunidades e interferências antrópicas (ANIDO, 2002)

As características físicas e químicas de todo corpo de água são determinadas, em grande parte, pelo clima, geomorfologia e condições geoquímicas prevalecentes na bacia de drenagem. O intemperismo de rochas é, geralmente, determinante das características químicas das águas, e essas variam com a geologia e com a intensidade das entradas por outras vias, incluindo a precipitação pluviométrica e a poluição (MEYBECK e HELMER, 1992 e RODRÍGUEZ, 2001).

Jeffrey (1973) considera o uso da terra como um elemento da paisagem hidrológica que pode, deliberadamente, ser manipulado para produzir água de características benéficas para a sociedade. No entanto, cita outros parâmetros da paisagem, tais como os fisiograficos, geomorfológicos e climáticos que não são facilmente controláveis.

Meybeck e Helmer (1992) citam que as variações de qualidade da água fluvial dependem do regime do rio, isto é, da variabilidade da descarga, do número de inundações por ano e de sua magnitude. Durante os períodos de inundação, a qualidade da água geralmente apresenta variações marcantes devido às diferentes origens da água: escoamento superficial, escoamento sub-superficial (circulação de água dentro da camada de solo) e descarga da água subterrânea. O escoamento superficial normalmente apresenta alta turbidez e carrega grandes somas de SST (sólidos suspensos totais). O escoamento sub-superficial lixivia carbono orgânico dissolvido e nutriente (N e P) dos solos e as águas subterrâneas produzem a maioria dos elementos resultantes do desgaste de rochas (SiO_2, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}).

Arheimer e Liden (2000), em estudos em bacias suecas, analisaram a variação espacial e temporal dos parâmetros nitrogênio, fósforo, sedimentos, alcalinidade e sílica e observaram a variação dos mesmos com a alteração da precipitação e concluíram pela influência da mesma sobre os parâmetros. Kneale e Mcdonald (1999) também observaram em seus estudos variação da qualidade da água em função da precipitação.

Em um estudo desenvolvido por Carone *et. al.* (2009), no alto vale do Rio Agre, na região sul da Itália, foram observadas diferenças de qualidade da água entre estações secas e chuvosas, sendo pontuado que, devido à redução da vazão na estação seca a qualidade da água nesta foi inferior à observada na estação chuvosa.

A Agência de Proteção Ambiental Norte Americana considera o escoamento superficial um dos grandes responsáveis pela contaminação da água superficial por pesticidas em áreas agrícolas, sendo a ação agravada em épocas de altas precipitações, resultando no aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, do aporte de nutrientes aos corpos d'água (EPA, 2005).

Estudo relacionando o parâmetro turbidez com uso do solo e pluviometria da região foi realizado por Raposo, Barros e Magalhães Jr.(2009) no Quadrilátero Ferrífero – MG. Arcova e Cicco (1997) também encontraram influência da precipitação na qualidade da água em estudos na região de Cunha (SP).

Silva *et. al.* (2008), em estudos na região amazônica, analisou a influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus (AM) e encontrou correlação entre a precipitação e temperatura, condutividade, oxigenio dissolvido, sólidos suspensos totais e pH. Além disso, observou que o uso do solo, juntamente com o regime de precipitação parecem ser os fatores principais que determinam a qualidade da água nos pontos de amostragem.

Um estudo realizado por Santos (2006) na bacia hidrográfica do rio Apeú, cujo Igarapé Praquiquara é afluente, analisou o uso do solo e dos recursos hídricos na bacia e concluiu que o desmatamento, a falta de saneamento, ocupação desordenada e agricultura praticada de forma irregular são alguns dos fatores que agravam a qualidade dos recursos hídricos da bacia.

Segundo Von Sperling (1996), a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Tal fato se deve aos seguintes fatores:

- Condições Naturais: mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultante da precipitação atmosférica. O impacto nas mesmas é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. Assim, a incorporação de sólidos em suspensão (ex: partículas do solo) ou dissolvidos (ex: íons oriundos da dissolução de rochas) ocorre, mesmo na condição em que a bacia hidrográfica esteja totalmente preservada em suas condições naturais (ex: ocupação do solo com matas e florestas). Neste caso apresentam grandes influências a cobertura e a composição do solo.

- Interferência do homem: a interferência do homem, quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem implicação direta na qualidade da água.

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Na TABELA 1

são apresentados parâmetros determinados rotineiramente em laboratórios de análise de água (VON SPERLING, 1995):

TABELA 1 - PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Parâmetros de Qualidade da Água	
Classificação	**Tipos**
Parâmetros Físicos	- cor; - turbidez; - temperatura; - sabor; - odor;
Parâmetros Químicos	- pH; - alcalinidade; - acidez; - dureza; - ferro; - manganês; - cloretos; - nitrogênio; - fósforo; - oxigênio dissolvido; - matéria orgânica; - metais pesados; - micro poluentes orgânicos.
Parâmetros Biológicos	- organismos indicadores; - algas e bactérias.

Fonte: VON SPERLING (1995).

3.1.4. Parâmetros de Qualidade da Água

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. A seguir, são apresentados os parâmetros considerados nesse trabalho:

a) Parâmetros Físicos

3.1.4.1. Temperatura

Donadio, Galbiatti e Paula (2005), ao analisarem bacias hidrográficas, comparando duas nascentes florestadas com vegetação natural remanescente e duas com

predominância de atividades agrícolas observaram que a temperatura da água aumentou, sucessivamente, à medida que os pontos de coleta se distanciavam das nascentes, variando de 17,5 °C a 19,8 °C nos pontos de nascentes com vegetação natural e de 20 °C a 22,6 °C nas nascentes com agricultura.

Santos (2006), ao analisar a bacia hidrográfica do igarapé Apéu, no município de Castanhal, no nordeste paraense encontrou uma temperatura média de 24,3 °C em um igarapé e de 30,5 °C em outro, onde a cobertura vegetal em suas margens é inexistente.

Elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases (exemplo o Oxigênio Dissolvido), aumentam a taxa de transferência dos gases (VON SPERLING, 1996). A remoção da cobertura vegetal aumenta a entrada de radiação e pode promover aumento de temperatura em rios.

3.1.4.2. Turbidez

Representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Os sólidos em suspensão são os constituintes predominantes em sua formação. Em corpos d'água, pode prejudicar a fotossíntese. (VON SPERLING, 1996)

Donadio, Galbiatti e Paula (2005), estudando a qualidade da água em microbacias com diferentes usos de solo, no estado de São Paulo, verificaram que os valores de turbidez da água nas microbacias com agricultura foram superiores aos registrados nas microbacias florestadas. A proteção exercida pelas florestas implica a redução de partículas em suspensão, propiciando boas condições de luz para fotossíntese (CASTRO, 2001).

O tipo e a concentração do material suspenso controlam a turbidez e a transparência. Os valores normais alcançam de 1 a 1.000 UNT (Unidades Nefelometricas de Turbidez) e os níveis podem ser aumentados pela presença de poluição, de matéria orgânica, outros efluentes, ou escoamento com alto conteúdo de material suspenso (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992).

3.1.4.3. Sólidos

Em saneamento, sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. Em linhas gerais, as operações de secagem, calcinação e filtração são as que definem as diversas frações de sólidos presentes na água (sólidos totais, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis). Os métodos empregados para a determinação de sólidos são gravimétricos (utilizando-se balança analítica ou de precisão) (CETESB, 2008). Os parâmetros utilizados nessa pesquisa compreendem os sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos totais em suspensão (STS) e os sólidos totais.

Nos estudos de controle de poluição das águas naturais, principalmente nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, as determinações dos níveis de concentração das diversas frações de sólidos resultam em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos). Este quadro não é definitivo para se entender o comportamento da água em questão, mas constitui-se em uma informação preliminar importante (CETESB, 2008).

Para os recursos hídricos, os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática. Eles podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos ou, também, danificar os leitos de desova de peixes. Os sólidos podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo a decomposição

anaeróbia. Altos teores de sais minerais, particularmente sulfato e cloreto, estão associados à tendência de corrosão em sistemas de distribuição, além de conferir sabor às águas (CETESB, 2008).

b) Parâmetros Químicos

3.1.4.4. pH – Potencial Hidrogeniônico

O Potencial Hidrogeniônico representa a concentração de íons hidrogênio H^+ (em escala anti-logaritmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14. No meio natural está associado à dissolução de rochas, à absorção de gases da atmosfera, à oxidação da matéria orgânica e à fotossíntese. Pode também estar associado a efluentes domésticos e industriais (VON SPERLING, 1996).

Bonnet (2007), em análise de bacias hidrográficas no território do estado de Goiás associou o pH a variáveis afins à matéria orgânica, como turbidez, cor aparente e coliformes totais adsorvidos a sedimentos carreados por escoamento superficial, associados ao uso agropecuário da terra. Para Silva, Galvincio e Almeida (2009), o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre, relacionando suas variações para ácido com a drenagem pluvial, intervenções no solo e vegetação e cultivos agrícolas presentes.

Brito *et al*. (2005), em bacias florestadas no estado da Bahia, concluiu após análises, aumentos significativos no pH da água em áreas sob influência da irrigação.

Em estudos em rios da região amazônica, a tendência é apresentar o pH ligeiramente ácido, sem causar danos ao ambiente aquático (HORBE *et al*., 2005; HORBE e OLIVEIRA, 2008; HORBE e SANTOS, 2009).

Horbe *et al*. (2005) em análise de rios no município de Manaus encontrou variações de pH entre 3,8 e 4,1 no igarapé Água Branca no período chuvoso. O pH se tornou um pouco menos ácido no período seco, entre 4,8 e 5,4. Carvalho, Schlittler, Tornisielo (2000) afirmam que, com o aumento das chuvas, o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido. Isso é causado pelo aumento no volume de água que faz com que a acidez da água diminua.

Esteves (1998) afirma que na maioria das águas naturais o pH é influenciado pela concentração de H^+ originado da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH, e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina. Apesar de se inter-relacionarem, as variáveis físico-químicas podem ser influenciadas pelo meio externo, como a ocorrência de precipitação.

Horbe e Oliveira (2008) obtiveram valores para pH variando entre 4,44 e 6,21 em rios do Nordeste Amazônico. Horbe e Santos (2009), ao analisarem a composição química dos principais afluentes de águas pretas dos rios da Amazônia Ocidental, encontraram variações de pH entre 4,9 e 6,3.

Na maioria dos rios de pequeno porte da Amazônia, classificados como de cor preta, o processo de erosão é reduzido pela mata pluvial. Consequentemente, a carga de sedimentos é baixa e os rios são transparentes. A cor escura das águas é devida à presença de material orgânico solúvel de coloração marrom ou avermelhada (ácidos húmicos e fúlvicos) produzidos pela decomposição da floresta, ao ser inundada parte do ano (SIOLI, 1965).

As pesquisas realizadas no mais conhecido rio de águas pretas da Amazônia, o Negro, descrevem suas águas como levemente ácidas e de baixa condutividade elétrica, o que reflete a pobreza em elementos alcalinos e alcalino-terrosos e nutrientes como fósforo livre, nitrito e nitrato (LOPES, 1992).

3.1.4.5. Condutividade Elétrica

A Condutividade Elétrica é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica, dependente das concentrações iônicas e da temperatura. Indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, representando, portanto, uma medida indireta da concentração de poluentes. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente.

A condutividade da maioria das águas doces está entre 10 e 1.000 µS/cm. Contudo, pode exceder 1.000 µS/cm, especialmente em águas poluídas ou naquelas que recebem grandes quantidades de escoamento superficial de solo (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992).

Brito *et al.* (2005), encontrou aumento significativo na variável condutividade elétrica nas áreas sob influência da irrigação, ao estudar uma microbacia no estado da Bahia.

Para Esteves (1998), a condutividade elétrica, que depende da composição iônica dos corpos d'água, pode ser influenciada, também pelo volume de chuvas.

Figueiredo (2007), em um estudo no município de Paragominas – PA, relacionou o aumento da condutividade elétrica com o aumento de áreas de agricultura de grãos em bacias hidrográficas.

3.1.4.6. Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Considerando que os organismos fotossintetizantes que habitam o ecossistema aquático consomem gás carbônico (CO_2) e liberam oxigênio (O_2) e que para suas atividades de metabolismo utilizam nutrientes dissolvidos na água, toda cadeia alimentar é sustentada pelo teor de nutrientes presentes na água (PORTO, BRANCO e LUCA, 1991).

Uma das fontes de nutrientes para os corpos d'água é a matéria orgânica originada dos ecossistemas florestais (CASTRO, 2001). Utilizam-se normalmente métodos indiretos para a quantificação da matéria orgânica, ou do seu potencial poluidor. A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) retrata de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial de consumo do oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996).

O Oxigênio Dissolvido (OD) é de essencial importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar redução na concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes (VON SPERLING, 1996). Estudos citados por Castro (2001) mostram que as cargas de DBO são maiores em regiões de pastagens do que em regiões com florestas.

Segundo Brown e Binkley (1994) é esperada uma menor DBO nos ecossistemas florestais e, conseqüentemente, quantidade maior de OD. Em águas naturais, encontram-se níveis de 8 a 12 mg O_2/l. Em locais onde há alta concentração de matéria orgânica e alta temperatura, essa concentração cai a níveis menores.

Concentrações de OD abaixo de 5 mg/L podem adversamente afetar o funcionamento e sobrevivência de comunidades biológicas e abaixo de 2 mg/L podem levar à morte muitos peixes (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992).

3.1.4.7. Séries Nitrogenadas

Nas séries nitrogenadas, no meio aquático, o nitrogênio se encontra nas seguintes formas: (a) nitrogênio molecular (N_2), escapando para a atmosfera, (b) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), (c) amônia, (d) nitrito (NO_2^-) e (e) nitrato (NO_3). O

nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos (processo denominado eutrofização) (VON SPERLING, 1996).

Nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e destes à nitrato, implica no consumo de oxigênio dissolvido do meio (o que pode afetar a vida aquática) (VON SPERLING, 1996).

Nitrogênio orgânico e amoniacal são formas reduzidas do nitrogênio. Nitrito e nitrato são formas oxidadas. Pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas significa que o foco de poluição se encontra próximo. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram distantes. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas (CETESB, 2007).

Soares *et al.* (2003), ao monitorar corpos d'água urbanos no município de Belém, coletando amostras de água à jusante de fontes de lançamento de efluentes domésticos encontraram baixíssimas concentrações de nitrato, atribuindo este fato à insuficiência de tempo necessário para ocorrer a oxidação do nitrogênio amoniacal.

Bonnet (2007), ao estudar o impacto do uso do solo sobre a qualidade da água em uma bacia hidrográfica na região de cerrado sugere que a contribuição de formas nítricas em águas superficiais é proporcional aos usos agropecuário e urbano em estações secas. Ele associou ainda o pequeno aporte de nitrato aos corpos d'água estudados, à ampla proporção de pastagens no uso agropecuário da bacia, nas quais não se pratica adubação química regular.

Em estações chuvosas, em áreas com floresta ripária, esta atenua a influência do uso agropecuário do solo e as maiores contribuições são associadas ao solo urbano (BONNET, 2007).

A agricultura, assim como a pecuária, são fontes expressivas de nutrientes. A primeira através do carreamento pelo escoamento superficial para os corpos d'água dos agroquímicos e fertilizantes adsorvidos em partículas do solo e a segunda através da fácil lixiviação dos compostos nitrogenados em forma de nitratos presentes nos dejetos animais *in natura* para os corpos d'águas superficiais (TELLES e DOMINGUES, 2006).

Horbe *et al*. (2005), ao estudar uma região Amazônica praticamente toda florestada observou a presença praticamente insignificante de nitratos nas águas superficiais, concluindo que este composto não influenciaria na composição das águas em regiões florestadas.

Rees *et al*. (1989) observa que a água subterrânea pode possuir uma composição química dominada pelas formas inorgânicas oriundas de horizontes mais profundos dos solos, retratando os processos de mineralização ocorridos no sistema rocha-solo e esta água, quando aportada no curso d'água, traz consigo essa composição. Sendo assim, existe a possibilidade de os compostos nitrogenados presentes na água superficial serem oriundos da água subterrânea.

3.1.4.8. Ferro (Fe)

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água, conforme a reação:

$$Fe + CO_2 + ½\ O_2 \rightarrow FeCO_3$$

O carbonato ferroso é solúvel e frequentemente encontrado em águas de poços contendo elevados níveis de concentração de ferro. Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens (CETESB, 2008).

O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários (CETESB, 2008). Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Pereira *et. al*. (2007), atribuiu as altas concentrações de Ferro, cerca de 3,6 vezes maior que o permitido pela Resolução CONAMA 357/05, encontradas em seu estudo sobre o Rio Murucupi, região impactada pela produção de alumínio (Bracarena-PA), à fontes existentes no ambiente, pois o mineral faz parte da geoquímica local, confirmada por estudos de correlação.

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas, devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens. Em estudo realizado por Menezes *et. al*. (2009), sobre a qualidade da água na Bacia do Rio São Domingos - RJ, os autores justificam o alto percentual de amostras com maior quantidade de ferro nas águas superficiais à chuva, já que a maioria das amostras foi coletada em dias de chuva. Segundo eles, os resíduos agrícolas também são importantes fontes de ferro para as águas da bacia, por ser o Ferro constituinte de diversos agrotóxicos.

3.1.4.9. Compostos de Fósforo

O Fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos são a forma em que o Fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um

detergente, por exemplo. Os ortofosfatos são representados pelos radicais, que se combina com cátions, formando sais inorgânicos nas águas e os polifosfatos, ou fosfatos condensados, polímeros de ortofosfatos. Esta terceira forma não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque sofre hidrólise, convertendo-se rapidamente em ortofosfatos nas águas naturais (CETESB, 2008).

O fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes super-fosfatados, empregados em larga escala domesticamente, constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB, 2008).

A entrada de material originado de áreas agrícolas e de fontes urbanas contribui para o aumento na carga de fósforo e amônia e promove decréscimo na concentração de Oxigênio Dissolvido, devido ao consumo deste elemento nos processos respiratórios da comunidade hídrica, principalmente material orgânico (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

Nos ambientes aquáticos, o Fósforo pode estar sob várias formas, que vão desde o fósforo orgânico (solúvel na matéria orgânica dissolvida, ou particulada na biomassa dos organismos), ao fósforo inorgânico (solúvel como sais de Fósforo, ou particulado nos compostos minerais). Sua origem dentro do corpo d’água pode ser a dissolução natural de rochas, carreamento de solo, decomposição de matéria orgânica, chuva ou atividades antrópicas (CASTRO, 2001).

A falta de vegetação sobre o terreno para utilização de fosfato dissolvido durante o período pré-plantio sugere o acúmulo de resíduos agrícolas e aumento da concentração no decorrer do período (CASTRO, 2001).

3.1.4.10. Sulfato

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são as descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais. Nas águas tratadas é proveniente do uso de coagulantes (CETESB, 2008).

É importante o controle do sulfato na água tratada, pois a sua ingestão provoca efeito laxativo. Já no abastecimento industrial, o sulfato pode provocar incrustações nas caldeiras e trocadores de calor. Na rede de esgoto, em trechos de baixa declividade onde ocorre o depósito da matéria orgânica, o sulfato pode ser transformado em sulfeto, ocorrendo a exalação do gás sulfídrico, que resulta em problemas de corrosão em coletores de esgoto de concreto e odor, além de ser tóxico (CETESB, 2008).

3.1.4.11. Manganês

O manganês raramente atinge concentrações de 1 mg/L em águas superficiais naturais. Em geral, está presente em quantidades inferiores à 0,2 mg/L. É muito usado na indústria do aço e na fabricação de ligas metálicas e de baterias, bem como, na indústria química, em tintas vernizes, fogos de artifício e fertilizantes, entre outros.

Sua presença em quantidades excessivas é indesejável em mananciais de abastecimento público, em razão de seu efeito no sabor, do tingimento de instalações sanitárias, aparecimento de manchas nas roupas lavadas e do acumulo de depósitos em sistemas de distribuição. As águas superficiais raras vezes contêm níveis tóxicos de manganês. Porém, as nascentes e as águas de poços podem conter concentrações tóxicas, principalmente nas falhas sísmicas e em áreas geotérmicas (AYRES e WESTCOT,1991).

c) Parâmetros Biológicos

3.1.4.12. Coliformes Fecais

Bactéria presentes nos sistemas digestivos de animais de sangue quente, que normalmente não é nociva, mas que é usada como indicativo de contaminação por fezes (MOTA, 2003).

Os indicadores de contaminação fecal incluem os coliformes fecais, grupo de bactérias encontradas no trato intestinal humano e de animais de sangue quente. Os coliformes fecais passaram a ser denominados coliformes termotolerantes, recentemente, pelo fato de resistirem a elevadas temperaturas do teste para coliformes fecais, não sendo necessariamente fecais. A bactéria Escherichia coli é a principal pertencente a este grupo. Ela é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal Porém não garante que a contaminação seja humana, visto que, pode ser encontrada em fezes de outros animais (VON SPERLING, 2005).

3.1.5. Enquadramento dos Corpos D'água e Padrões de Qualidade da Água Superficial

Em função de seus usos previstos, os corpos d'água são enquadrados em classes, conforme a legislação ambiental pertinente. No Brasil, a legislação que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais para seu enquadramento, dentre outras providências, no âmbito federal, é a Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Dentre as considerações da referida Resolução, estabelece que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade da águas (RUAS, 2006).

Esta resolução define a classificação das águas doces (que possuem salinidade inferior a 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 3%) e salinas (salinidade superior a 3%) do território nacional, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade, sendo que cada classe estabelece condições e padrões específicos a serem atingidos e/ou mantidos no corpo d'água. Também define o enquadramento dos corpos d'água como sendo o "estabelecimento de uma meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento do corpo d'água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo" (CONAMA, 2005).

Um meio de facilitar a fixação e o controle de metas visando atingir gradativamente os objetivos propostos consiste no monitoramento, que é um instrumento para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento (CONAMA, 2005).

A TABELA 2 apresenta as classes de enquadramento e respectivos usos possíveis para as águas doces.

TABELA 2 – USOS PRETENDIDOS POR CLASSE DE QUALIDADE PARA AS ÁGUAS DOCES

Classes de Qualidade da Água por Usos Pretendidos	
Classes de Qualidade	**Usos Pretendidos**
Classe Especial	- Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; - Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
Classe 1	- Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; - Proteção das comunidades aquáticas; - Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho (a); - Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; - Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
Classe 2	- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; - Proteção das comunidades aquáticas; - Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho (a); - Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; - Aquicultura e à atividade de pesca;
Classe 3	- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; - Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; - Pesca amadora; - Recreação de contato secundário; - Dessedentação de animais;
Classe 4	- Navegacao; - Harmonia Paisagistica.

(a) conforme Resolução CONAMA n.º 247, de 2000

Fonte: Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Os padrões de qualidade de água são utilizados para regulamentar os níveis de qualidade a serem mantidos em um corpo d' água, dependendo do uso a que ele está destinado. A utilização de padrões de qualidade atende a dois propósitos: manter a qualidade do curso d'agua ou definir a meta a ser atingida e, ser a base para definir os níveis de tratamento a serem adotados na bacia, de modo que os efluentes lançados não alterem as características do curso d'água estabelecidas pelo padrão (PORTO, BRANCO e LUCA, 1991).

Segundo Von Sperling (1996), em termos práticos, há três tipos de padrões de interesse direto dentro da Engenharia Ambiental, no que tange à qualidade da água:

- Padrões de lançamento no corpo receptor;
- Padrões de qualidade do corpo receptor;
- Padrões de qualidade para determinado uso imediato (ex: padrões de potabilidade);

Os padrões devem ser cumpridos, por força da legislação, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizada. Além de padrões, também é previsto que a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se de organismos e/ou comunidades aquáticas.

A TABELA 3 apresenta os padrões de qualidade do corpo hídrico segundo os parâmetros utilizados nesse trabalho, associados às diversas classes dos corpos d'água, segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005.

TABELA 3 - OS PADRÕES DE QUALIDADE DO CORPO HÍDRICO SEGUNDO OS PARÂMETROS UTILIZADOS NESSE TRABALHO, ASSOCIADOS ÀS DIVERSAS CLASSES DOS CORPOS D'ÁGUA

Parâmetro	Unidade	Padrões para Corpo D'Água Doce Classe 2
Temperatura	°C	-
Turbidez	UNT	< 100
Sólidos Dissolvidos	mg/L	500
Sólidos em Suspensão	mg/L	-
Sólidos Totais	mg/l	-
pH	-	De 6,0 a 9,0
Condutividade Elétrica		-
OD	mg/L de O_2	> 5,0
DBO_5	mg/L de O_2	< 5,0
Nitrato	mg/L N	10,0
Nitrito	mg/L N	1,0
Nitrogênio Total	mg/L N	2,18
Nitrogênio Amoniacal	mg/L N	3,7 para pH < 7,5
Ferro Dissolvido	mg/L Fe	0,3
Fosfato	mg/L P	-
Sulfato	mg/L SO_4	250
Manganês	mg/L Mn	0,1
Coliformes Termotolerantes	org./100ml	1000

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA n.º 357/2005

3.2. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

3.2.1. Aspectos Gerais

Um dos grandes desafios ambientais reside na capacidade de compreender as inter-relações entre o recurso natural e a pressão evolutiva empreendida pelo ser humano (pressão socioeconômica). Para compreender esta relação é necessário que se possa avaliar, ou quantificar, de alguma forma o padrão da evolução da ação do homem na bacia (DORNELLES, 2003).

Neste contexto, o uso do solo e seu padrão de alteração se inserem como variáveis fisicamente discerníveis, que possibilitam analisar a expansão da atividade antrópica no espaço.

Em função do tipo de ação antrópica realizada, diferentes efeitos sobre os corpos d'água podem ocorrer. Essas atividades podem ser basicamente classificadas em agrícolas, industriais e de ocupação urbana. Cada atividade apresenta características distintas, que resultam em impactos de maneiras diferenciadas nos recursos naturais. A ocupação urbana e as atividades industriais causam, em sua maioria, poluição do tipo pontual, diferentemente da atividade agrícola, que é difusa, de difícil estudo e detecção (PRADO e NOVO, 2005).

MAILLARD e SANTOS (2008), para estudarem o efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio das Velhas – MG dividiram-na em dezesseis sub-bacias de contribuição, (conforme a distribuição das estações de coleta de água), utilizando ferramentas de SIG. Em cada sub-bacia foi identificada e quantificada a porcentagem de cada classe de uso e cobertura do solo.

3.2.2. A Dinâmica de Ocupação do solo e o Impacto sobre a Qualidade da Água

O meio liquido apresenta duas características distintas que condicionam a qualidade da água: capacidade de dissolução e meio de transporte. O conjunto dessas características conduz ao fato de que qualidade é resultante dos processos que ocorrem na bacia de drenagem, ou de contribuição (CASTRO, 2001).

A água, além de bem essencial para a manutenção da vida no planeta, também é utilizada pelo ser humano para os mais diversos fins. Os principais usos da água, conforme enumerados por von Sperling (1996), são:

- Abastecimento doméstico
- Abastecimento industrial
- Irrigação
- Dessedentação de animais
- Aqüicultura
- Preservação da flora e da fauna
- Recreação e lazer
- Harmonia paisagística
- Geração de energia elétrica
- Navegação
- Diluição de despejos

Dentre estes, o abastecimento doméstico e industrial, irrigação e dessedentação de animais são usos que consomem (implicam a retirada) das águas de sua fonte. Os demais usos são desempenhados no próprio corpo d’água.

Para cada tipologia de uso, é exigido um nível de qualidade da água distinto. Os usos considerados mais nobres, como abastecimento doméstico e industrial, devem cumprir requisitos de qualidade mais exigentes, o que implica, em muitos casos, na necessidade de um tratamento prévio da água.

Para consumo humano e animal, a água precisa apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas. Deve ser potável, limpa, isenta de bactérias, vírus, concentrações tóxicas e outros organismos que possam provocar doenças como diarréia, disenterias, cólera, febre tifóide, esquistossomose, dentre outras.Os padrões de “potabilidade da água” (conjunto de valores máximos permissíveis das características da qualidade da água destinada ao consumo humano) são definidos pela Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

Já para usos como lavagem de carros, calçadas e fachada de edificações, geração de energia elétrica, os requisitos de qualidade são menos restritivos. Outros usos, como a diluição de despejos, por exemplo, não possuem nenhum requisito especial em termos de qualidade.

Nos casos de corpos hídricos que apresentam vários usos, é necessário que estes possuam uma qualidade hídrica que atenda simultaneamente todos os critérios dos usos previstos. Estes casos se aplicam, muitas vezes, a represas construídas com finalidade de abastecimento de água, geração de energia, recreação, irrigação e outros. No caso de uso da água para geração de energia elétrica, por exemplo, um requisito de qualidade da água é que a mesma possua baixa agressividade. A agressividade é a característica que confere às águas tendência de corroer os metais, ferrosos e não-ferrosos, e materiais à base de cimento pela presença, em solução, de oxigênio, gás carbônico e gás sulfídrico (MAZZINI, 2003).

A quantidade e a natureza dos constituintes presentes na água variam principalmente conforme a natureza do solo de onde são originárias, das condições climáticas e do grau de poluição que lhes é conferido, especialmente pelos despejos municipais e industriais (SETTI, LIMA e CHAVES, 2001).

Durante o ciclo hidrológico, a água sofre alterações em sua qualidade. Isso ocorre nas condições naturais, em razão das inter-relações dos componentes do sistema de meio

ambiente, quando os recursos hídricos são influenciados devido ao uso para suprimento das demandas dos núcleos urbanos, das indústrias, da agricultura e das alterações do solo urbano e rural (SETTI, LIMA e CHAVES, 2001).

As relações entre uso do solo e as águas estão claramente demonstradas, sendo que a conversão de áreas florestadas, principalmente para o uso agrícola ou urbano, tem sido associada à diminuição da sua qualidade (FREITAS, 2000; OMETO *et. al*., 2000; GERGEL *et. al*., 2002; SNYDER *et. al*., 2005; SANTOS, 2006). Em grandes extensões territoriais, o conhecimento de parâmetros que relacionem as condições da cobertura vegetal com a qualidade desejável das águas, conforme seu uso preponderante pode basear instrumentos de planejamento e padrões de uso do solo.

As condições de cobertura vegetal interferem nas vazões máximas e no potencial erosivo pluvial, ao influenciar a interceptação e infiltração das precipitações, a evapotranspiração e atenuar as variações no regime hídrico. A cobertura florestal é uma barreira física ao carreamento de sedimentos e concentra suporte à mineralização de nutrientes na solução do solo e à neutralização de compostos tóxicos e agentes patogênicos (TUCCI, 2002).

A vegetação protege o solo contra erosões, desmoronamentos de encostas e assoreamento dos corpos d’água, ou seja, contribui para a preservação do solo e seus atributos. Em bacias hidrográficas degradadas, áreas de cabeceiras estão, com freqüência, desprovidas de vegetação e apresentam sinais de degradação pela erosão e indícios de instabilidade intrínsecas dessas áreas (CASAGRANDE 2005).

3.2.2.1. Florestas

A presença de vegetação na região ribeirinha constitui um fator importante para a mitigação da degradação da água, pois ela contribui para a redução dos efeitos da erosão, diminuindo a entrada de sedimentos e poluentes nos corpos d’água. A zona

ripária funciona como um filtro de água advinda do escoamento superficial. 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 no padrão de produção e consumo de gases (SILVA, SCHULZ e CAMARGO, 2003).

As condições de cobertura vegetal interferem nas vazões máximas e no potencial erosivo pluvial, ao influenciar a interceptação e infiltração das precipitações e a evapotranspiração e atenuar as variações no regime hídrico. A cobertura florestal é uma barreira física ao carreamento de sedimentos e concentra suporte à mineralização de nutrientes na solução do solo e à neutralização de compostos tóxicos e agentes patogênicos (TUCCI, 2002).

A vegetação protege o solo contra erosões, desmoronamentos de encostas e assoreamento dos corpos d'água, ou seja, contribui para a preservação do solo e os seus atributos. Em bacias hidrográficas degradadas, áreas de cabeceiras estão com freqüência, desprovidas de vegetação e apresentam sinais de degradação pela erosão e indícios de instabilidade intrínsecas dessas áreas (CASAGRANDE 2005).

O' Loughlin (1994) afirma que as praticas de exploração florestal podem produzir degradação de efeito prolongado na qualidade da água. Experimentos em microbacias têm esclarecido a respeito da magnitude dos efeitos do manejo florestal sobre a qualidade da água.

Nas práticas silviculturais de reflorestamento e colheita florestal, os maiores impactos são causados pelo carreamento para os corpos d'água dos sedimentos provenientes das estradas. (Anderson *et. al.,* 1976; Brown e Brinkley, 1993 e Swift, 1998).

BONNET (2007) concluiu que alterações significativas em padrões legalmente requeridos de fósforo solúvel, cor aparente e turbidez são associadas a períodos de

cheias em áreas desflorestadas, resultantes principalmente do escoamento superficial. Já em áreas de extenso uso do solo urbano, as médias não conformes foram dos parâmetros OD e DBO também resultantes do escoamento superficial. A alcalinidade se vincula à proporção de cobertura vegetal e às áreas urbanas.

Nos estudos de CASAGRANDE (2005) em uma bacia hidrográfica no estado de São Paulo, foi observado que a ausência de floresta e o uso inadequado do solo são responsáveis pela perda de fertilidade do solo, aumento da ocorrência de enxurradas e inundações, deslizamento de encostas, redução das áreas úteis para agricultura e pecuária, assoreamento das nascentes e leitos dos ribeirões.

Mendonça e Castro (2004) em um estudo realizado na bacia do rio São Sebastião de Cima, município de Santa Maria de Jetibá, ES, região serrana do estado que avaliou os impactos causados pelo uso e ocupação humana em áreas anteriormente cobertas por florestas por meio da análise das características de bacias com a aplicação de SIGs, monitoramento quali-quantitativo de parâmetros de qualidade da água, confirmaram que florestas representam, em grande parte, uma proteção efetiva, uma vez que as práticas agropecuárias, sem manejo sustentável, e a falta de saneamento básico adequado representam fator de degradação do solo e do ambiente. A conclusão é confirmada pelos resultados do monitoramento, os quais se mostraram melhores nas bacias florestadas do que aqueles apresentados nas bacias agrícolas com ocupação humana.

3.2.2.2. Agricultura

A população rural, nas diversas formas de ocupação do território, fundamentou a sua economia no aproveitamento do potencial hídrico do solo, explorando de forma extensiva tanto a agricultura como a pecuária (REBOUÇAS, 2006)

Contudo, diante do baixo nível tecnológico/organizacional dominante, essas condições primitivas de uso e ocupação do meio rural têm engendrado o desmatamento de bacias hidrográficas, o grande desenvolvimento de processos erosivos do solo, o empobrecimento das pastagens nativas, a redução das reservas de água do solo e a conseqüente progressiva queda da sua produtividade natural (REBOUÇAS, 2006)

No contexto da influência das atividades antrópicas na qualidade das águas, a agricultura é tida como a principal consumidora e uma das principais poluidoras dos recursos hídricos, sendo a salinidade e a contaminação por nitrato os principais indicadores de poluição das águas. Segundo Resende (2002), sob determinadas condições de solo e clima e o uso excessivo ou o manejo inadequado de fertilizantes, podem acarretar o enriquecimento das fontes hídricas, promovendo a eutrofização de suas águas, com sérios prejuízos ao ambiente e à própria saúde humana.

A proporção de pesticidas e fertilizantes perdida como fonte de poluição difusa, segundo Ebise, Inoue e Numabe, (1993) é influenciada pela irrigação e pelas práticas de uso do solo.

Segundo dados da OMM/UNESCO (1997), na irrigação, cerca de 60% da água captada infiltram pelos canais dos sistemas de distribuição e se perde por evaporação. Não sendo o bastante, a água que infiltra eleva o lençol freático, promovendo o encharcamento e a salinização de aproximadamente 20% das terras irrigadas no mundo, o que reduz consideravelmente o rendimento dos cultivos.

Para Carvalho *et. al*. (2000), a atividade agrícola necessita de suprimento hídrico, o que leva o desenvolvimento dessas atividades próximo aos cursos d’água e, diante da necessidade de espaço físico, executa-se a retirada total da cobertura vegetal natural, com a substituição por outra cobertura, seja ela vegetal ou não. O desmatamento é o primeiro impacto onde o solo fica exposto e desnudo. Nessas condições ocorre a lixiviação de nutrientes presentes nos solos, resultantes principalmente dos fertilizantes aplicados, além do carreamento de partículas de solos aos cursos d’água. Ocorre então

o assoreamento das drenagens, além de possíveis alterações químicas, físicas e biológicas na qualidade da água.

Vários trabalhos científicos têm demonstrado que as atividades agrícolas impactam os corpos d'água, alterando principalmente as características físicas e químicas.

Em estudo de caracterização do solo na área de influência do reservatório de Ilha Solteira – SP, Pereira e Leite (2003) consideraram que as culturas anuais representam risco de contaminação da água devido ao escoamento superficial de resíduos químicos, provenientes da adubação e da aplicação de defensivos agrícolas. Além disso, as extensas áreas de pastagens, quando não apresentam manejo adequado, nem sistemas de conservação dos solos, acarretam em surgimento de áreas com excessos de ravinas.

Bonnet (2007), em seus estudos de relação entre uso do solo e qualidade da água no estado de Goiás, concluiu que os parâmetros pH, cor aparente e turbidez e seu forte caráter sazonal são afins ao aporte de matéria orgânica e ferro, adsorvidos a sedimentos carreados por escoamento superficial e tem íntima relação com o uso agropecuário da terra.

Arcova e Cicco (1997) salientam que, nas microbacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores. Garcia *et al*. (2006), ao simular diferentes usos do solo e relacioná-los com a qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí-SP, concluiu que monoculturas, como a cana-de-açúcar, diminuem a infiltração da água no solo, provocando maior escoamento superficial e diminuindo, por conseqüência, o escoamento sub-superficial e a percolação. Em simulações com coberturas de floresta, observou-se maior infiltração no perfil do solo.

Em muitos estudos é possível constatar que as atividades agrícolas podem provocar alterações no ambiente aquático, principalmente no período chuvoso, quando há o

deflúvio superficial carreando partículas de solo para o leito dos rios e, com isso, alterando determinados parâmetros de avaliação da qualidade da água (BILICH, 2007).

3.2.2.3. Urbanização

A urbanização pode trazer efeitos relevantes aos aspectos qualitativos das águas escoadas, levando à poluição dos meios receptores. O processo de contaminação das águas pluviais inicia-se com o arraste de poluentes atmosféricos pela chuva e, posteriormente, o escoamento superficial se responsabiliza pelo carreamento dos poluentes dispostos sobre a superfície da área urbana, com o seu lançamento final em algum corpo de água receptor (CASTRO, 2007).

Diversas alterações no meio ambiente podem ser percebidas, provocando mudanças no ciclo hidrológico, relacionadas à quantidade, qualidade e ao regime dos cursos de água. Quanto às alterações nos aspectos quantitativos e no regime dos cursos de água, tratam-se, de maneira geral, do aumento das áreas impermeáveis, levando, com isso, à redução da infiltração e ao aumento do escoamento superficial. Esses efeitos, associados à concepção clássica dos sistemas de drenagem urbana, levam ao aumento da magnitude dos picos de cheia e à freqüente ocorrência de crises de funcionamento, resultando em inundações de áreas urbanas, com seus impactos sociais, econômicos e ambientais. Outro aspecto quantitativo influenciado pela urbanização trata-se dos volumes de águas captados destinados ao abastecimento das necessidades da área (CASTRO, 2007).

No meio urbano, esse quadro é especialmente piorado pelo crescimento de favelas nas áreas de alto risco ambiental – encostas dos morros e várzeas dos rios -, falta de coleta ou lançamento de esgotos não tratados nos corpos de água utilizados para o abastecimento, ausência de coleta do lixo urbano produzido – doméstico e industrial – ou deposição inadequada do resíduo coletado, e grande desperdício da água disponível (REBOUÇAS, 2006).

O planejamento inadequado da urbanização, na maioria das cidades brasileiras, vem ocasionando alterações no ambiente que podem influenciar direta ou indiretamente na qualidade de vida da população. Esse processo provoca alterações nos ambientes, tais como: desmatamento, impermeabilização do solo, movimentos de terra, alteração da topografia, aterramentos de áreas baixas ou alagadas e veiculação de poluentes. Em conseqüência, sob certas condições ambientais, as ocupações urbanas podem se tornar importantes fontes de poluição dos recursos hídricos (CHALMERS, VAN METRE e CALLENDER, 2007).

A necessidade de gerenciamento configura-se à medida que a demanda evolui, atingindo determinados níveis das disponibilidades – correspondentes às descargas médias de longo período dos rios da unidade de planejamento – bacia hidrográfica, Estado ou região em apreço. Observa-se que as áreas relativamente mais povoadas dos Estados do Brasil ostentam caóticos quadros sanitários, resultado do crescimento desordenado das demandas, baixo nível de eficiência dos seus serviços e, sobretudo, pela degradação estimulada ou tolerada das suas águas (REBOUÇAS, 2006). Diante desse quadro, medidas de gerenciamento da demanda hídrica nacional são apontadas como necessárias a fim de evitar-se uma reversão desse quadro de disponibilidade criando-se situações de “estresse hídrico”.

Segundo Castro, Baptista e Barraud (2009), no que se referem às alterações na qualidade, as principais fontes de poluição em meio urbano são, além do esgotamento sanitário, a circulação de veículos, as indústrias, os dejetos de animais, os resíduos sólidos, os canteiros de obras, a erosão dos solos, a vegetação e a poluição atmosférica.

Andrade e Felchak (2009) constataram em estudo na área urbana da bacia do rio das Antas, no Paraná, que a intervenção inapropriada, desorganizada e sem critérios de planejamento adequados, intensifica a deteriorização da qualidade da água e o

desaparecimento quase total do ecossistema ripário, resultando em erosão das margens dos rios, assoreamento e poluição das águas.

Capítulo 4

Materiais e Métodos

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A análise comparativa das características específicas das sub-bacias cobertas por florestas e sub-bacias degradadas devido à interferência antrópica**,** partiu-se da premissa de que a área escolhida para a aplicação do estudo de caso devia ser uma bacia representativa, que contemplasse os mais expressivos tipos de uso do solo, agricultura, floresta e urbanização, buscando possibilitar a subdivisão da microbacia em sub-bacias com características diversas.

Logo, a área deveria ser uma região delimitada por bacia hidrográfica específica, passível de expansão urbana, agricultura, mas com remanescentes florestais de onde partiria a hipótese de existência de mananciais com água de melhor qualidade. Juntando a esses motivos, o interesse em estudar a região Amazônica, foi escolhida a microbacia do Igarapé Praquiquara, afluente do Rio Apeú, no Município de Castanhal, no nordeste do estado do Pará (FIGURA 1).

O Pará é o segundo maior estado da Federação, com área de mais de um milhão de quilômetros quadrados e população superior a cinco milhões de habitantes. Os recursos hídricos do estado exercem fundamental importância no equilíbrio paisagístico da floresta amazônica, no estabelecimento de projetos de desenvolvimento nas áreas da indústria, comércio e mineração, planos de conservação ambiental, bem como na pecuária, nas técnicas estratégicas de irrigação e no turismo (SECTAM, 2004).

Ainda em proposta, a divisão do Estado do Pará em Regiões Hidrográficas, que foi idealizada no Núcleo de Hidrometereologia / SECTAM (Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente), visa facilitar o processo de gerenciamento dos recursos hídricos no estado, sendo a base inicial dos Planos Diretores de Recursos Hídricos, previstos na Lei Estadual de Recursos Hídricos (Nº 6.381). No total são 20 bacias

hidrográficas, distribuídas em 7 regiões, constituindo uma vasta rede hidrográfica, característica dos estados da região amazônica.

Localizada no extremo nordeste do Pará, a sub-região hidrográfica Guamá-Mojú compõe a Região Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste, onde se localiza a bacia hidrográfica do Rio Guamá.

A microbacia objeto desse estudo está inserida na microbacia do igarapé Apeú, localizada na sub-região hidrográfica Guamá-Mojú, estendendo-se pelo município de Castanhal, com uma área de 7,12 km^2, e sendo composta por rios e igarapés de 1ª e 2ª ordem, somando 7,3 km de malha hídrica e apresentando um perímetro de 13,30 km.

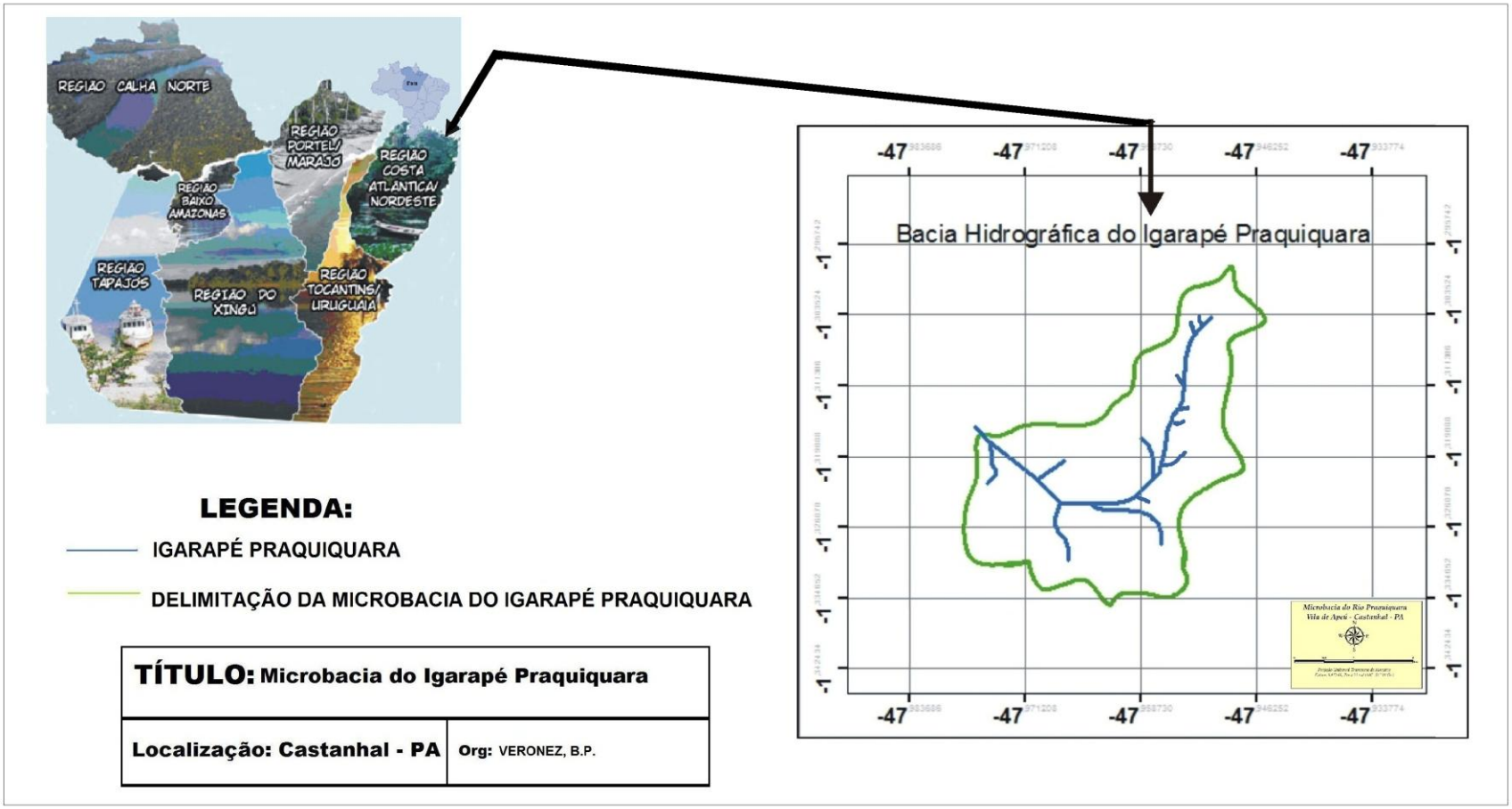

FIGURA 1 - Localização geográfica da bacia do Igarapé Praquiquara no estado do Pará.

4.1.1. Microbacia do Igarapé Praquiquara

A área estudada localiza-se à margem da BR 316 km 63, no município de Castanhal, estado do Pará, às coordenadas geográficas 1°17’54’’ de Latitude Sul e 47°56’56’’ de Longitude Oeste (FIGURA 1).

Na microbacia hidrográfica do igarapé Praquiquara, cidade de Castanhal, estado do Pará, têm-se como principal atividade econômica a agricultura. Suas nascentes encontram-se dentro da área do Instituto Federal do Pará (IFPA) – Campus Castanhal, antiga Escola Agrotécnica de Castanhal, onde são ministrados cursos na área de ciências agrárias e florestais**,** constituindo centro de experimentos nas áreas de plantio agrícola, florestal, piscicultura, viveiro florestal, manipulação e fabricação de insumos agropastoris, experimentação e manejo de animais, etc.

À jusante do IFPA, ao longo das margens direita e esquerda encontram-se a área da Estação Experimental de Piscicultura de Água Doce de Castanhal, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)**,** compreendendo também áreas de cultivo de peixes (inclusive dentro do próprio igarapé Praquiquara), além de área de manejo de insumos e cultivos agro florestal. Ao longo do igarapé, encontram-se várias áreas de pastagens e fazendas de cultivo agrícola.

4.1.2. Clima

Estudos climáticos realizados no nordeste paraense apresentam como o tipo climático característico dessa área, segundo a classificação de Thornthwaite-Mather (1955)**,** o B_3 r A’ a’, que corresponde ao clima úmido com pequena ou nenhuma deficiência de água, megatérmico e com vegetação durante o ano todo. Pela classificação de Köppen o único tipo climático identificado para a região é o **Af,** subtipo que pertence ao clima tropical chuvoso (úmido) (VALENTE *et. al*., 2001).

Umidade relativa média anual variando de 80% a 85% é uma conseqüência da alta evapotranspiração reinante sobre a área. Os valores pluviométricos médios anuais variam de 2.500mm a 3.000mm, os quais estão concentrados principalmente nos período do verão e outono austral, quando se tem sobre a Região Amazônica a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), associada aos sistemas frontais do Hemisfério Sul e aos movimentos convectivos locais. Essa composição sinótica, que provoca chuvas intensas e de longa duração, notabilizando o período chuvoso, pode sofrer grande variação devido à influência do fenômeno El Niño (SANTOS e SOUZA, 1986).

4.1.3. Hidrografia

A região do igarapé Praquiquara**,** de acordo com a Agência Nacional das Águas**,** está localizada na Região Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste, na sub-bacia 32 da bacia 3.

Cabe observar que**,** ao longo do curso d'água**,** há ausência de ecossistema ripário praticamente em toda sua extensão. Além disso, seu curso foi desviado através de um vertedouro em uma barragem construída na área da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) para a prática de piscicultura, seguindo seu curso a partir daí por áreas de fazendas, estradas e vilas.

4.1.4. Geomorfologia

A geomorfologia da microbacia caracteriza-se pela presença de colinas de topos aplainados e moderadamente dissecados, compondo um dos setores do Planalto Rebaixado Amazônico e a planície sedimentar do Pleistoceno e Holoceno (MME - RADAM, 1973).

O Planalto Rebaixado Amazônico está esculpido em litologia plestocênica do grupo Barreiras, em geral laterizadas e em coberturas detríticas aluvio-coluviais neoplestocênicas parcial ou totalmente pedogeneizadas, apresentando-se conservado e modelado em extensos tabuleiros e terraços, correspondendo à região de Terra firme (SEICOM, 1995).

A unidade geomorfológica referente à planície sedimentar**,** denominada de planície Amazônica (SEICOM, 1995)**,** corresponde à região ambiental de várzeas, compreendendo dois níveis de acumulação sedimentar aluvial: o nível mais alto, que compreende a várzea alta, e o nível mais baixo, que corresponde à várzea baixa e aos igapós, permanentemente alagados.

A várzea alta circunda os rios sob forma de diques marginais, ou próximos à terra firme, após a várzea baixa, sendo inundada apenas periodicamente e composta por argilas inconsolidadas de cor cinza azulada, com mosqueamento de óxidos de ferro pelo impedimento da drenagem e variação do lençol freático. Muitas vezes, apresenta-se encharcado simplesmente pela elevação do lençol freático, sem que ocorra o transbordamento do talvegue (SEICOM, 1995).

A várzea baixa e os igapós estão mais afastados das margens dos cursos d'água, separados desses cursos pela várzea alta, formando uma rampa aluvial inclinada em direção à terra firme. Eventualmente aparecem a partir da margem dos cursos d'água, elevando-se suavemente até atingir a várzea alta ou, quando esta não existe, ligados diretamente à terra firme. São áreas inundadas diariamente pelas águas das chuvas, depositando uma sucessão de argilas ricas em matéria orgânica (SEICOM, 1995).

4.2. DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

O presente estudo compreendeu etapas de campo, laboratório e escritório.

A primeira etapa do trabalho foi iniciada com revisão bibliográfica, buscando aprofundar os conceitos necessários para o entendimento do tema, abrangendo conhecimento sobre Gestão de Recursos Hídricos, qualidade de água, uso e ocupação do solo e sistemas de informações geográficas. Ainda nesta fase, com o intuito de se conhecer o estado da arte do resultado da integração do uso do solo com a qualidade da água, foram levantados trabalhos e experiências que possibilitassem um panorama geral e atual destes temas. Foram realizadas buscas de teses de doutorado, dissertações de mestrado, livros, anais de congressos, artigos e documentos relacionados ao tema em acervos, banco de teses e bases de periódicos.

Foram levantados dados secundários necessários ao trabalho, como bases cartográficas, imagens de satélites disponíveis e dados acerca do uso do solo na microbacia.

Para melhor entendimento do estudo desenvolvido apresenta-se**,** a seguir**,** relação das várias etapas conduzidas:

- Escolha da área de estudo;
- Delimitação e mapeamento da microbacia e das sub-bacias;
- Elaboração de mapas de classificação do solo e usos do solo das sub-bacias;
- Escolha de pontos de monitoramento de água e de parâmetros de qualidade;
- Definição de datas para campanhas de campo;
- Coleta e análise das amostras;
- Análise dos dados pluviométricos;
- Análise da relação entre parâmetros de qualidade da água e precipitação pluviométrica local;
- Comparações entre parâmetros de qualidade de água e limites preconizados pela legislação em vigor;
- Análise da influência das características do uso do solo e da pluviometria sobre parâmetros de qualidade de água;

Os trabalhos de campo, laboratório e escritório são apresentados no FIGURA 2.

Campo
- Visitas a campo e identificação das áreas de estudo
- Coletas de coordenadas com o GPS para delimitação da área
- Coletas de amostras de água
- Identificação e estudo da paisagem – ocupação do solo

Análises de Laboratório
- Sólidos Dissolvidos
- Sólidos Suspensos
- Sólidos Totais
- Turbidez
- Temperatura
- pH
- Demanda Bioquímica do Oxigênio (DBO)
- Oxigênio Dissolvido (OD)
- Ferro total
- Fósforo total
- Série Nitrogenada
- Fosfato
- Cloreto
- Sulfato
- Coliformes Termotolerantes

Escritório
- Imagens de Satélites
  - Sistema de Informação Geográfica
  - Mosaico de Imagens

FIGURA 2 - Síntese dos trabalhos realizados em campo, laboratório e escritório.

4.2.1. Procedimentos de Campo

A área foi inicialmente reconhecida em campanha preliminar para observação dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo na microbacia e sub-bacias e seleção de pontos para coleta de água que permitissem a caracterização da qualidade da água resultante das ações antrópicas na manipulação do solo.

4.2.1.1. Uso do Solo

Alguns aspectos foram levados em consideração para o reconhecimento da área e associação com os resultados dos mapas gerados:

a) Área urbana

Na área urbana foi feito levantamento de campo das condições sanitárias locais, através de pesquisa de informações relacionadas com abastecimento de água da população, coleta e destinação final de efluentes líquidos e de resíduos sólidos.

b) Área agrícola

Na área agrícola foram avaliadas práticas de manejo agrícola, como práticas de preparo de solo para plantio, com e sem o uso do fogo, assim como práticas culturais de semeadura, adubação, controle de pragas e doenças por meio de pesticidas, capinas mecânicas e químicas (uso de herbicidas), colheita e queima de restos culturais.

Além da agricultura, também foi considerada a área de barramento existente à margem do curso principal, área na qual ocorrem atividades de aquicultura.

c) Área florestada

Foi conduzido levantamento sobre a cobertura florestal da área e seu nível de degradação, a fim de conhecer suas características, para análise de sua influência sobre a qualidade da água.

4.2.1.2. Monitoramento da Qualidade da Água

Foram selecionados 8 pontos de monitoramento para coletas de água superficial (“P”), para posteriores análises laboratoriais (FIGURA 3), nas proximidades das afluências das sub-bacias ao igarapé Praquiquara.

A escolha dos pontos de monitoramento de qualidade da água buscou representar as áreas completas das sub-bacias**,** de forma que os resultados do monitoramento pudessem contribuir para os estudos da relação entre a dinâmica de ocupação do solo e os parâmetros qualitativos (TABELA 4). Todos os pontos de monitoramento de qualidade da água foram georreferenciados, com as coordenadas geográficas obtidas por meio do aparelho GPS (Global System Position) de navegação modelo GARMIN GPS map 60CSx.

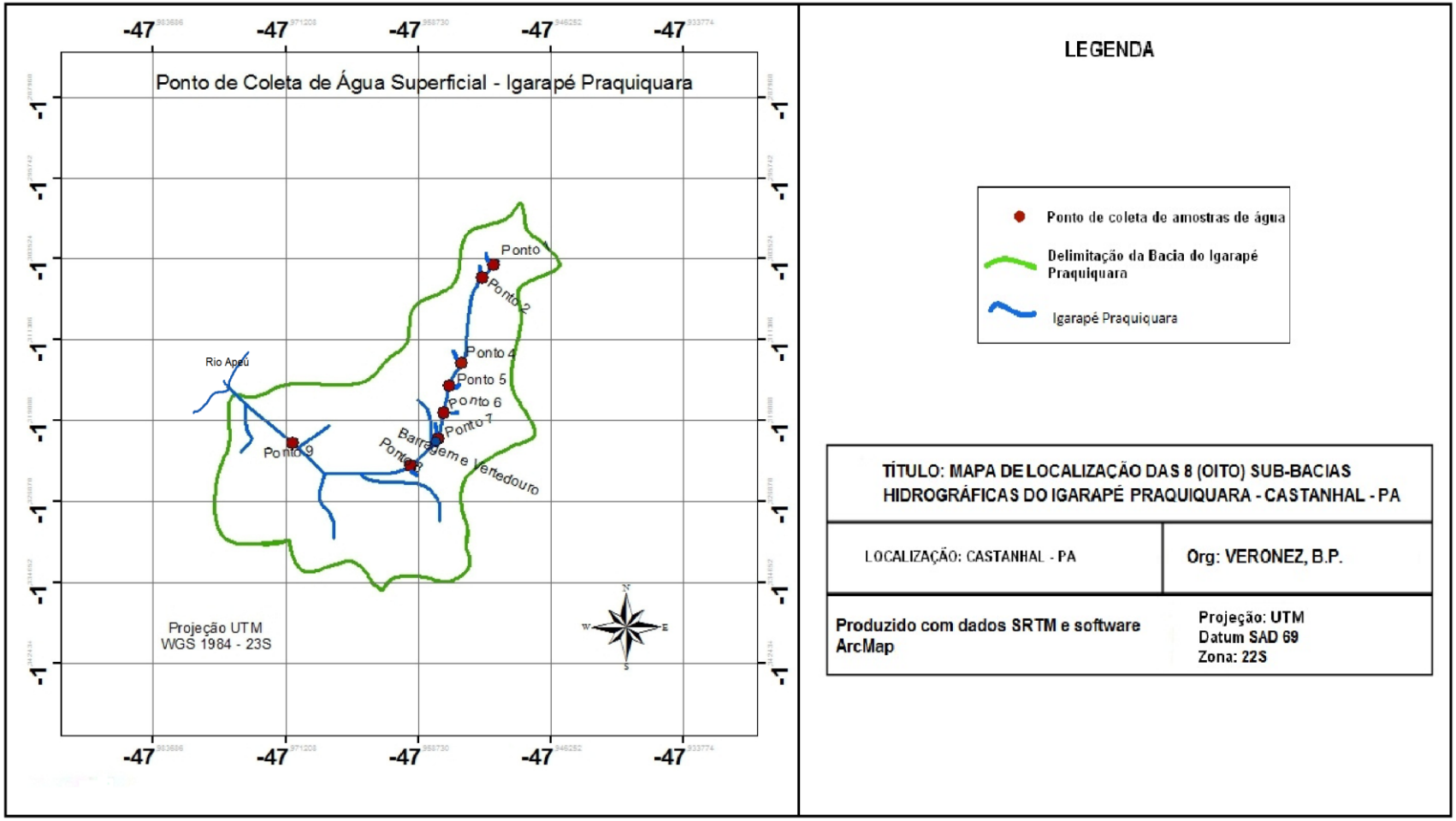

FIGURA 3 - Localização dos pontos de monitoramento de águas superficiais do Igarapé Praquiquara

Fonte: Google Earth. Delimitação – Software ArcMap

TABELA 4 – COORDENADAS DA REDE DE AMOSTRAGEM DA MICROBACIA DO IGARAPÉ PRAQUIQUARA COM PONTOS DE COLETA (P1 A P9) E DESCRIÇÃO DOS ECOSSISTEMAS DOMINANTES (VERONEZ, 2011)

Ponto	Coordenadas UTM Fuso 23S – Datum 69		Localização	Descrição do entorno
	Oeste	Sul		
P1	171504	9855752	A jusante da Nascente 1 (cerca de 2 m)	Floresta com vegetação pouco alterada
P2	171365	9855611	A jusante da Nascente 2 (cerca de 2m)	Floresta com vegetação pouco alterada
P4	171175	9854680	A jusante da nascente 3, na foz da drenagem (antes do desague no igarapé praquiqura)	Muitos aguapés e juncos na água, vegetação secundária no entorno
P5	170981	9854490	Afluente que deságua na margem esquerda do igarapé Praquiquara em direção a vila.	Sem vegetação na margem, usada pelos ribeirinhos para banho, lavagem de roupas.
P6	170874	9854274	Afluente que deságua na margem esquerda do igarapé Praquiquara em direção a vila. A jusante do afluente do ponto P5	Povoado, fazendas e sítios
P7	170837	9853945	Afluente que deságua antes dos cativeiros de peixe e antes do vertedouro. (margem esquerda)	Fazenda e sítios com balneários usados para banho no final de semana pelos ribeirinhos.
P8	170742	9853768	Afluente localizado após o vertedouro do açude e dos tanques de peixe	Vegetação secundária – área de fazenda
P9	169638	9853857	Afluente na margem direita, na estrada, abaixo da ponte.	Próximo à Vila e à escola

Foram feitas quatro (4) campanhas de monitoramento da qualidade de água, duas em período seco e duas em período chuvoso, a fim de permitir análises de variações sazonais (TABELA 5). As coletas ocorreram entre 7h e 11h da manhã de cada dia. As amostras foram coletadas em garrafas de polietileno e acondicionadas em isopor com gelo, de forma a conservar suas propriedades físico-químicas, até chegarem ao laboratório.

TABELA 5 - PERÍODO DE REALIZAÇÃO DAS CAMPANHAS DE MONITORAMENTO

Primeira campanha	21/05/2010	Período Chuvoso
Segunda campanha	28/07/2010	Período Seco
Terceira campanha	10/10/2010	Período Seco
Quarta Campanha	18/12/2010	Período Chuvoso

Em cada amostra de água foram analisados os parâmetros temperatura, turbidez, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e sólidos totais, pH, condutividade elétrica, Oxigênio Dissolvido – OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Nitrato, nitrito, Nitrogênio Amoniacal e Amônio, Ferro Total, Fosfato, Sulfato, Manganês e coliformes termotolerantes.

4.2.2. Procedimentos de Laboratório

Os métodos empregados para a determinação dos parâmetros analisados obedeceram aos procedimentos e recomendações descritas no Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (19ª ed.) (APHA, 1995).

Os parâmetros pH, temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD) e condutividade elétrica foram determinados em campo nos momentos de amostragem.

Os parâmetros Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Sólidos Totais em Suspensão (STS), Sólidos Totais, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Amoniacal,

Nitrogênio Total foram determinados no Laboratório do Instituto Evandro Chagas no Laboratório de Meio Ambiente.

A metodologia utilizada em laboratório para determinação de cátions e ânions é descrita, a seguir:

- Filtragem em membranas em ésteres de celulose com porosidade de 0,45 µm (marca Millipore);

- Bomba de vácuo elétrica;

- Cromatografia de íons, em um sistema ICS2000DUAL (DIONEX, USA), para a determinação de ânions (nitrito, nitrato, sulfato e fosfato) e cátions (sódio, amônio, potássio e magnésio);

- Condições analíticas de ânions:

    - Coluna de guarda IONPAC AG19 e a coluna analítica IONPAC AS19 de 2x250 mm, fluxo de 0,3 mL/min, com *loop* de injeção de 25 µL e gradiente de KOH variando de 9 mM a 60 mM, de 0 a 15 minutos, com 5 minutos de reequilíbrio.

- Condições analíticas de cátions:

    - Coluna de guarda IONPAC CG12A e a de guarda CS12A de 2x250 mm, fluxo de 0,3 mL/min, com *loop* de injeção de 25 µL e gradiente de ácido metanossulfônico variando de 10 mL a 60 mM, de 0 a 15 minutos, com 5 minutos de reequilíbrio.

Os fornos de colunas ficaram a 35 ^{o}C, assegurando a reprodutibilidade dos tempos de retenção e da resposta de condutividade, em função da temperatura. A detecção foi

obtida por condutividade com supressão de membrana auto-regenerativa por eletrólise tanto para ânions quanto para cátions, com a cela à temperatura de 30 ^{o}C. O *background* de ânions foi menor que 0,7 µS e o de cátions menor que 0,15 µS.

Para a quase totalidade dos parâmetros, em cada ponto de monitoramento foram coletadas 3 amostras de água, posteriormente analisadas em laboratório. A multiplicidade de amostras teve como principal finalidade maior consistência nos resultados. Quanto aos parâmetros Coliformes Fecais e DBO, foi realizada apenas uma amostragem em cada ponto, devido ao maior custo na avaliação.

Calculou-se as medianas dos valores dos parâmetros de qualidade da água das 3 (três) réplicas dos parâmetros de qualidade da água, uma vez que ela é menos afetada pelos valores extremos, do que a média (FREIRE, 2009).

4.2.3. Procedimentos de Escritório

Os produtos resultantes do levantamento de dados cartográficos e de imagens de satélites disponíveis da região foram trabalhados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas, com auxílio do ArcGis 9.3, desenvolvido pela ESRI. Nesta etapa buscou-se a delimitação automática da microbacia e das sub-bacias hidrográfica**,** bem como o traçado dos corpos hídricos e a elaboração de mapas de uso e tipo de solo (COELHO, 2007; ALVES S^{o} *et. al*., 2010).

Adicionalmente, foram trabalhados em escritórios os dados de pluviometria, com análise de series históricas disponibilizadas pela Agencia Nacional das Águas (ANA) e disponíveis no sitio da Agência (http://www.ana.gov.br). Para a manipulação dos registros pluviométricos foi utilizado o programa HIDROWEB, de domínio público produzido e disponibilizado pela ANA.

Os resultados do monitoramento foram comparados com os padrões determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos de água doce classe 2.

Foi desenvolvida análise da interação causa-efeito, relativa aos resultados do monitoramento da qualidade da água. Os resultados da análise de interação foram estudados e comparados com resultados de outros estudos similares descritos na literatura.

4.2.3.1. Delimitação Automática

A delimitação da microbacia foi elaborada de forma automática, a partir da derivação de um Modelo Digital de Elevação (MDE).

Os dados do SRTM utilizados foram extraídos da Banda C do equipamento InSAR, com resolução espacial de 90m, elipsóide de referência Datum Horizontal WGS-84 (*World Geodetic System*, 1984), em formato geotiff com unidade de altitude em metros e Sistema de Coordenadas Geográficas (articulação à escala de 1:250.000). Estes dados foram obtidos gratuitamente a partir do sítio de internet da EMBRAPA Monitoramento por Satélite. Estes produtos fazem parte do programa “Brasil em Relevo” que detalhou o relevo e topografia do Brasil a partir de dados extraídos do Projeto SRTM, realizando trabalhos de correção e padronização, eliminando depressões espúrias, picos e pontos anômalos e áreas com ausência de dados (MIRANDA, 2005).

Para a composição da área de estudo foram utilizados os dados SRTM compatíveis com a folha na escala 1:100.000 do IBGE (SA-23-V-C).

Para a base cartográfica, o Sistema de Referência (SAD 69) – South American Datum 1969 e o Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercador – UTM, foram adotados para a geração de todos os mapas.

Para esta delimitação foi utilizado um *scripit* denominado *Hidrology Modeling* (esrihydrology.dll), obtido no sitio da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*, http://www.esri.com), disponível para *download.* Adicionado ao ArcGis 9.3, o scripit permitiu o uso da ferramenta *Watershed tool*, encontrada no *Hidrology modeling,* sobre a malha de fluxo acumulado. As bacias obtidas em formato raster foram posteriormente convertidas em vetorial através do *Spatial Analyst* com o auxílio do *Smooth lines* para dirimir o efeito "dentes serrilhados".

A metodologia utilizada nesse processo subdividiu-se em cinco etapas, sendo: preenchimento de depressões ou eliminação de reentrâncias e saliências do MDE ("f*ill sinks*"), produção do mapa direção de fluxo ("*flow direction*"), elaboração do mapa fluxo acumulado ("*flow accumulation*"), mapeamento da rede de drenagem (Stream Networks) e delimitação da microbacia ("*Watershed*") (DIAS *et. al*., 2004; MEDEIROS, FERREIRA e FERREIRA, 2009).

A partir da delimitação automática da microbacia do igarapé Praquiquara, foi feita a caracterização morfométrica da área, resultando em dados de: área de drenagem, perímetro e comprimento do leito principal.

Aplicando a mesma metodologia descrita anteriormente, as sub-bacias referentes a cada ponto de coleta de água foram delimitadas e posteriormente caracterizadas de acordo com informações de uso do solo.

4.2.3.2. Mapeamento do Uso do Solo

Para auxiliar na análise do uso e ocupação do solo nas sub-bacias, e teste das ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG) no auxilio às análises ambientais, foram elaborados mapas com o uso de imagens do satélite Landsat 5, do ano de 2009, no ambiente do aplicativo Erdas Imagine 9.1. O *Google Earth* foi utilizado na ratificação das informações contidas nos mapas gerados.

As classificações para a imagem de 2006 foram feitas utilizando a composição falsa cor (resultado da união das bandas espectrais verde, vermelha e infravermelha), por ser a mais apropriada no processo de classificação, pois a região do infravermelho possui maior resposta espectral da vegetação.

A área de estudo é uma região composta por diversas categorias de uso e ocupação do solo, compondo uma imagem bastante estratificada. Sendo assim, utilizou-se classificação não supervisionada para o mapeamento da área.

Os mapas de classificação gerados foram reclassificados no ambiente do aplicativo ArcGis 9.2 em: água, agricultura/plantio, pastagem, floresta, urbanização.

4.2.3.3. Análise da Pluviometria das Sub-bacias do Igarapé Praquiquara

A análise pluviométrica da região foi feita com base no levantamento do histórico de dados dos índices pluviométricos da estação pluviométrica código 147007, chamada Castanhal, monitorada pela Agência Nacional de Água – ANA, situada no município de Castanhal, distante cerca de 1 km da área de estudo.

As coordenadas geográficas da estação de Castanhal e o ano de início de sua operação são indicados no TABELA 6.

TABELA 6 - ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DE CASTANHAL

Código	Nome da Estação	Município	Latitude	Longitude	Ano de Início
147007	Castanhal	Castanhal	-1º 17’ 51’’	-47º 56’ 22’’	1972

Fonte: ANA (2009)

A fim de corrigir falhas e erros grosseiros registrados na série de dados de pluviometria da Estação Castanhal foi feito preenchimento pelo método da estimativa de media

aritmética (VILELLA, 1975), que tem como base os registros pluviométricos de três estações localizadas próximas da estação que apresentou falhas.

As estações utilizadas na análise foram (FIGURA 4):

- 148003 – Santa Isabel do Pará;
- 147010 – Igarapé-Açú e;
- 148017-Bujarú.

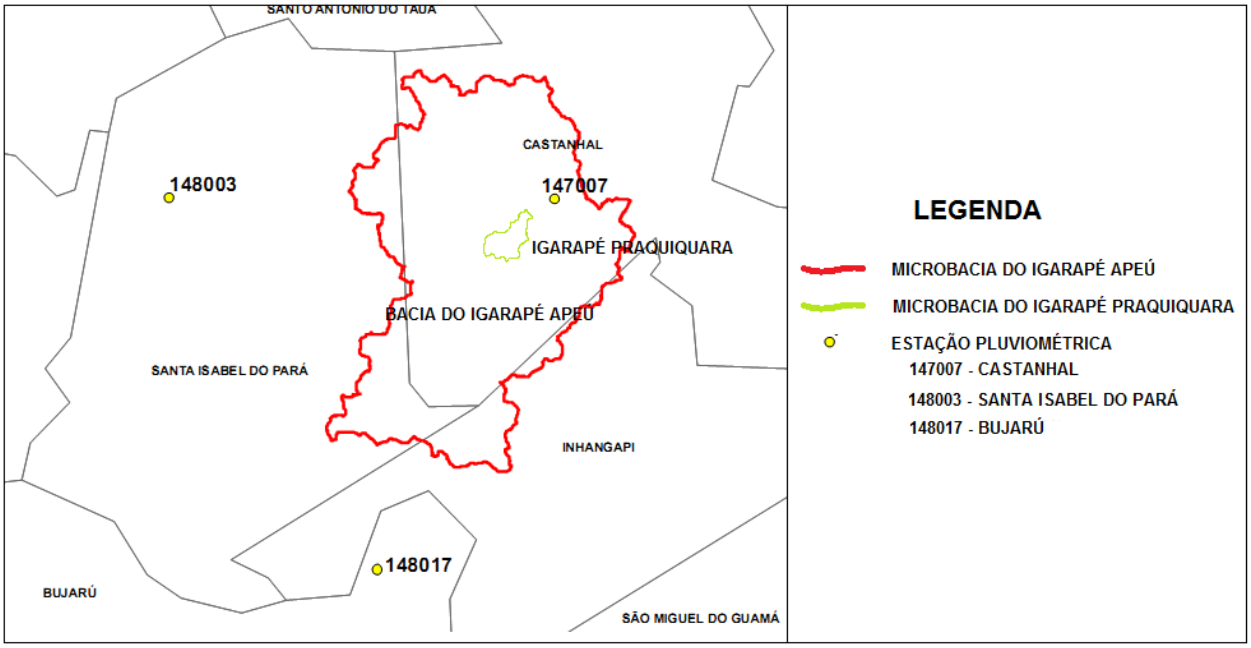

FIGURA 4 - Estação pluviométrica de Castanhal-PA (ANA, 2009)

Designando por x a estação apresentando falha e por A, B e C as estações vizinhas, pode-se estimar a precipitação P_x da estação x pela média ponderada dos registros das três estações vizinhas, onde os pesos são as razões entre as precipitações médias anuais (VILELLA, 1975).

$$P_x = \frac{1}{3}\left(\frac{N_x}{N_A}P_A + \frac{N_x}{N_B}P_B + \frac{N_x}{N_C}P_C\right)$$ **Equação 1**

Sendo: N a precipitação média anual.

Após isso, foi elaborado gráfico com os valores mensais de precipitação (SILVA *et. al*., 2008) para os anos de 2000 até 2010.

Os valores acumulados mensais de chuva para o ano de 2010 foram apresentados em gráfico elaborado para maior facilidade na análise das condições de precipitações nas ocasiões das campanhas de monitoramento.

4.2.3.4. Características do Solo

Estudos realizados por Tenório *et. al*. (1999), Santos (2006) e Jesus (2009), visando à classificação dos solos existentes na bacia foram utilizados no presente trabalho para análise dos tipos de solo da microbacia e suas sub-bacias.

Para a classificação dos solos**,** Tenório *et. al*. (1999) descreveram 4 perfis. As descrições detalhadas dos perfis foram realizadas conforme as normas e definições contidas no Soil Survey Staff Manual (United States Departament of Agriculture, 1951) e no Manual de Métodos de Trabalho de Campo (Lemos e Santos, 1973).

Foi realizado em levantamento detalhado de solos na bacia do igarapé Praquiquara, correspondente a área da Estação UFRA de Pesquisa, que compreende a área de estudo desta pesquisa por TENÓRIO *et. al*. (1999) e as classes de solos encontradas foram: Latossolo Amarelo Distrófico A moderado textura média, Latossolo Amarelo Distrófico A moderado textura média fase pedregosa I, Neossolo flúvico.

Capítulo 5

Resultados e Discussões

5. Resultados e Discussões

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões relativos à aplicação das metodologias descritas no capítulo 4, com análise de informações sobre precipitação pluviométrica, qualidade da água e uso e ocupação do solo nas sub-bacias hidrográficas.

5.1. ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA

Após preenchimento de falhas na série de dados de pluviometria da região foi elaborado o GRAFICO 1 que mostra a variação da precipitação pluviométrica mensal registrada na estação pluviométrica localizada na cidade de Castanhal, durante os anos de 2000 a 2010. O GRAFICO 2 mostra as precipitações mensais ocorridas em 2010, sendo indicados os meses nos quais foram realizadas as campanhas de monitoramento de qualidade da água (setas em cor vermelha).

O GRÁFICO 1 mostra que os anos que apresentaram maiores precipitações acumuladas foram 2001, com 4472,5 mm e 2009 com 3063,4 mm. A precipitação acumulada média anual foi 2601,47 mm. O ano de 2010 apresentou um valor total de 2378,10 mm, inferior à média.

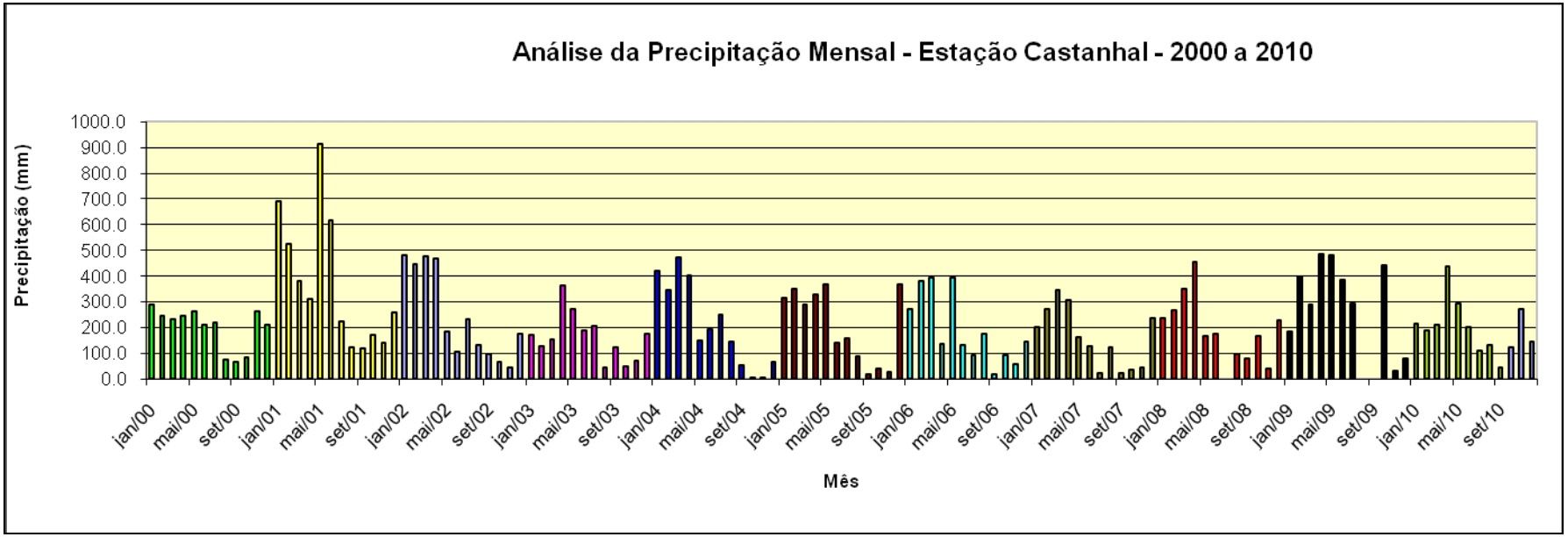

FIGURA 5 – Pluviometria Mensal entre os anos de 2000 e 2010 na microbacia do Igarapé Praquiquara (Castanhal, Pará).

A TABELA 7 apresenta registros mensais de pluviometria da estação Castanhal no ano de 2010. Os dados de quantidade de chuva em milímetros (mm) no dia, no dia imediatamente anterior e dois dias antes da coleta também são apresentados.

TABELA 7 – PLUVIOMETRIA DO PERÍODO DE AMOSTRAGEM NA REGIÃO DA MICROBACIA DO IGARAPÉ PRAQUIQUARA, BAIXO RIO APEÚ, NORDESTE PARAENSE (ANA, 2011)

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA 2010 – ESTAÇÃO CASTANHAL
Estação: Castanhal Local: Castanhal-PA

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação (mm)	215,5	189,1	209,2	438,8	294,0	202,9	111,6	132,6	42.9	123,1	272	146,4
Máxima diária (mm)	48,9	50,1	40,9	63,1	44,3	39,7	30,8	34,9	12.9	52,7	65,3	29,3
Dois dias antes da coleta (mm)					26,3		4,1			0		29,3
Dia anterior à coleta (mm)					16,1		0			0		10
Dia da Coleta (mm)					0,5		4,4			0		9,2

Pode ser observado na FIGURA 6 que nos meses nos quais as campanhas de monitoramento foram realizadas, as precipitações mensais foram 294,0 mm (maio), 111,6 mm (julho), 123,1 mm (outubro) e 146,4 mm (dezembro). Desta forma, as campanhas de julho e outubro foram realizadas em meses mais secos.

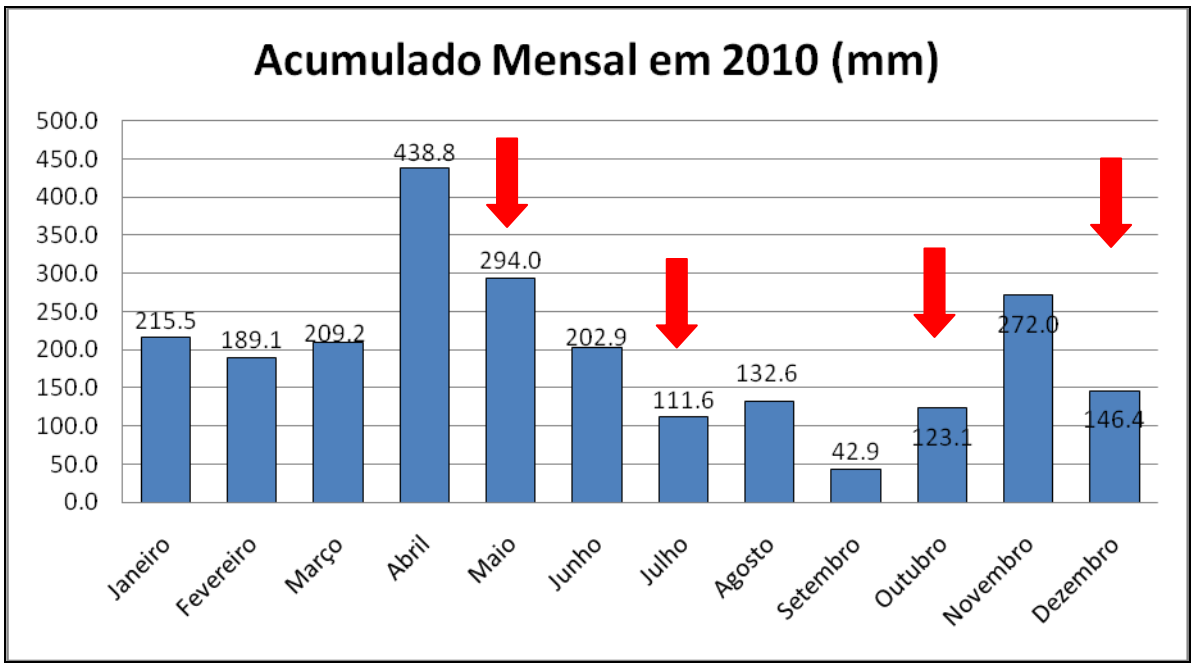

FIGURA 6 - Precipitação acumulada mensal do ano de 2010.

Quanto às precipitações nos dias de campanhas de monitoramento e nos anteriores às campanhas observa-se que nos meses de maio e dezembro registrou-se nos dias anteriores às coletas precipitações de 26,3 mm e 29,3 mm, respectivamente. Nos meses de julho e outubro, meses identificados como mais secos, não foram registradas chuvas nos dias anteriores às coletas. Quantos às precipitações pluviométricas registradas dois dias antes das coletas, no mês de outubro não ocorreu precipitação, enquanto em julho choveu 4,1 mm. Nos meses de maio e dezembro, foram registrados 0,5 mm e 9,2 mm respectivamente.

5.2. MAPEMAMENTO DA MICROBACIA DO IGARAPÉ PRAQUIQUARA

5.2.1. Delimitação Automática da Microbacia

Como resultado do levantamento cartográfico de dados da microbacia do igarapé Praquiquara e processamento dos dados em ambiente SIG foi elaborado o mapa apresentado na FIGURA 4.

A bacia hidrográfica do igarapé Praquiquara, segundo delimitação realizada neste estudo apresenta área de 7,12 km^2, perímetro de 13,30 km. O comprimento do rio principal corresponde a 4,81 km.

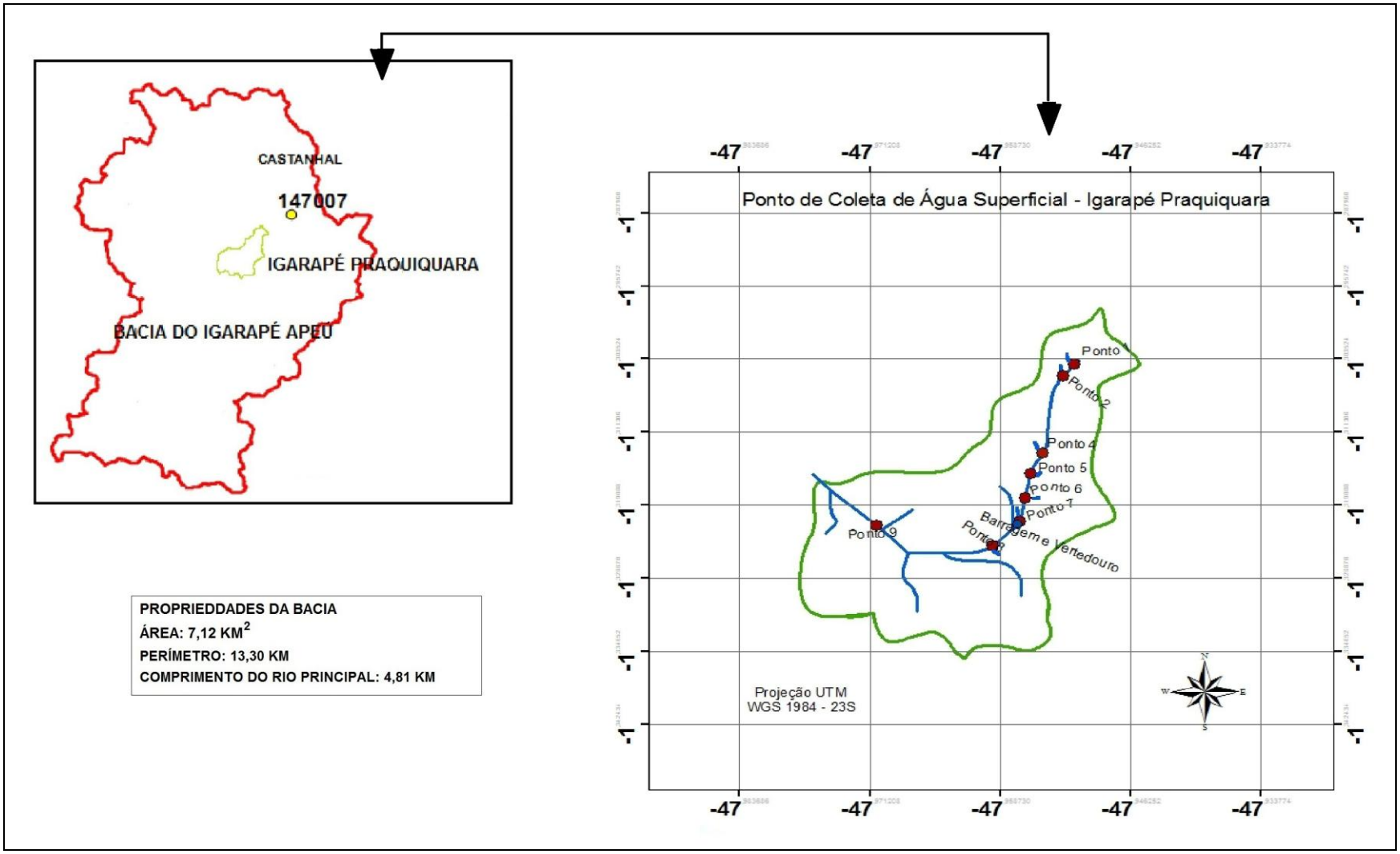

FIGURA 7 - Delimitação da microbacia do Igarapé Praquiquara.

5.2.2. Delimitação das Sub-bacias

Após a delimitação da microbacia do igarapé Praquiquara, utilizando, a mesma metodologia, foram delimitadas as sub-bacias hidrográficas referentes a cada um dos 8 (oito) pontos de coleta de água.

A TABELA 9 apresenta os valores correspondentes as áreas e perímetros, para cada sub-bacia estudada. A FIGURA 8 apresenta mapa de localização das 8 (oito) sub-bacias hidrográficas. As sub-bacias, assim como, a microbacia foram delimitadas a partir de seus divisores topográficos.

TABELA 8 – CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS 8 (OITO) SUB-BACIAS.

SUB-BACIA	ÁREA (KM^2)	PERÍMETRO (KM)
P1	**0,07**	**1,23**
P2	**0,02**	**0,76**
P4	**0,18**	**2,18**
P5	**0,16**	**1,85**
P6	**0,21**	**2,57**
P7	**0,50**	**3,57**
P8	**0,36**	**2,72**
P9	**0,32**	**2,33**

Com base nos dados gerados em ArcMap, relativos às delimitações das sub-bacias e no mapa de uso do solo (FIGURA 8) de toda bacia, também gerado em ambiente ArcMap, criou-se mapas de uso do solo para cada uma das sub-bacias delimitadas, afim de análise da influência do uso do solo destas sub-bacias sobre os valores dos parâmetros de qualidade de água nos diversos pontos de monitoramento.

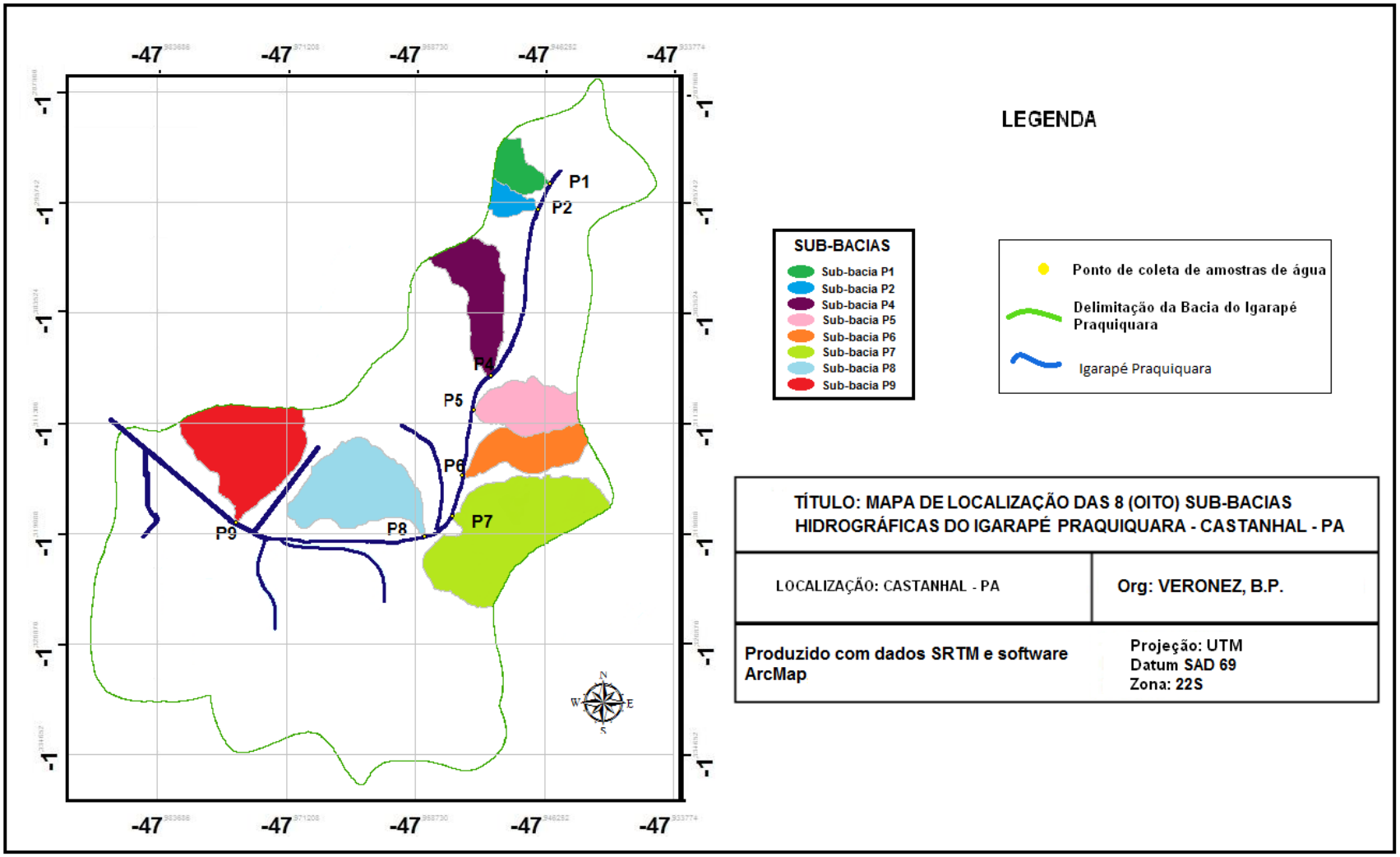

FIGURA 8 - Mapa de Localização das 8 (oito) sub-bacias hidrográficas do Igarapé Praquiquara – Castanhal – PA.

5.2.3. Mapeamento do Uso do Solo na Microbacia

Para auxiliar a análise do impacto do uso e manejo do solo na qualidade da água na microbacia do Igarapé Praquiquara, com auxilio de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi elaborado um mapa de uso e ocupação geral de toda microbacia (FIGURA 9), sendo posteriormente elaborados 8 mapas referentes aos usos do solo em cada sub-bacia.

A área de estudo apresenta diversas categorias de uso e ocupação do solo, compondo uma imagem bastante estratificada. O processamento da classificação supervisionada das imagens de satélite resultou na identificação de 5 classes dominantes de uso e ocupação dos solos, assim individualizadas: Água, Agricultura/Plantio, Pastagem, Floresta e Urbanização, conforme apresentado no TABELA 9.

TABELA 9 – CLASSES DE USO DO SOLO ESTABELECIDAS PARA A REGIÃO DE ESTUDO.

CLASSES	EXEMPLOS DE PADRÕES OBSERVADOS NA MICROBACIA	CARACTERÍSTICAS PREDOMINANTE
Água		Rios, lagoas e represas.
Agricultura/Plantio		Área de plantio de várias espécies.
Pastagem		Formação não arbórea
Floresta		Consideradas as áreas com vegetação arbórea intensa.
Urbanização		Áreas com construções em padrão urbano e também em áreas rurais.

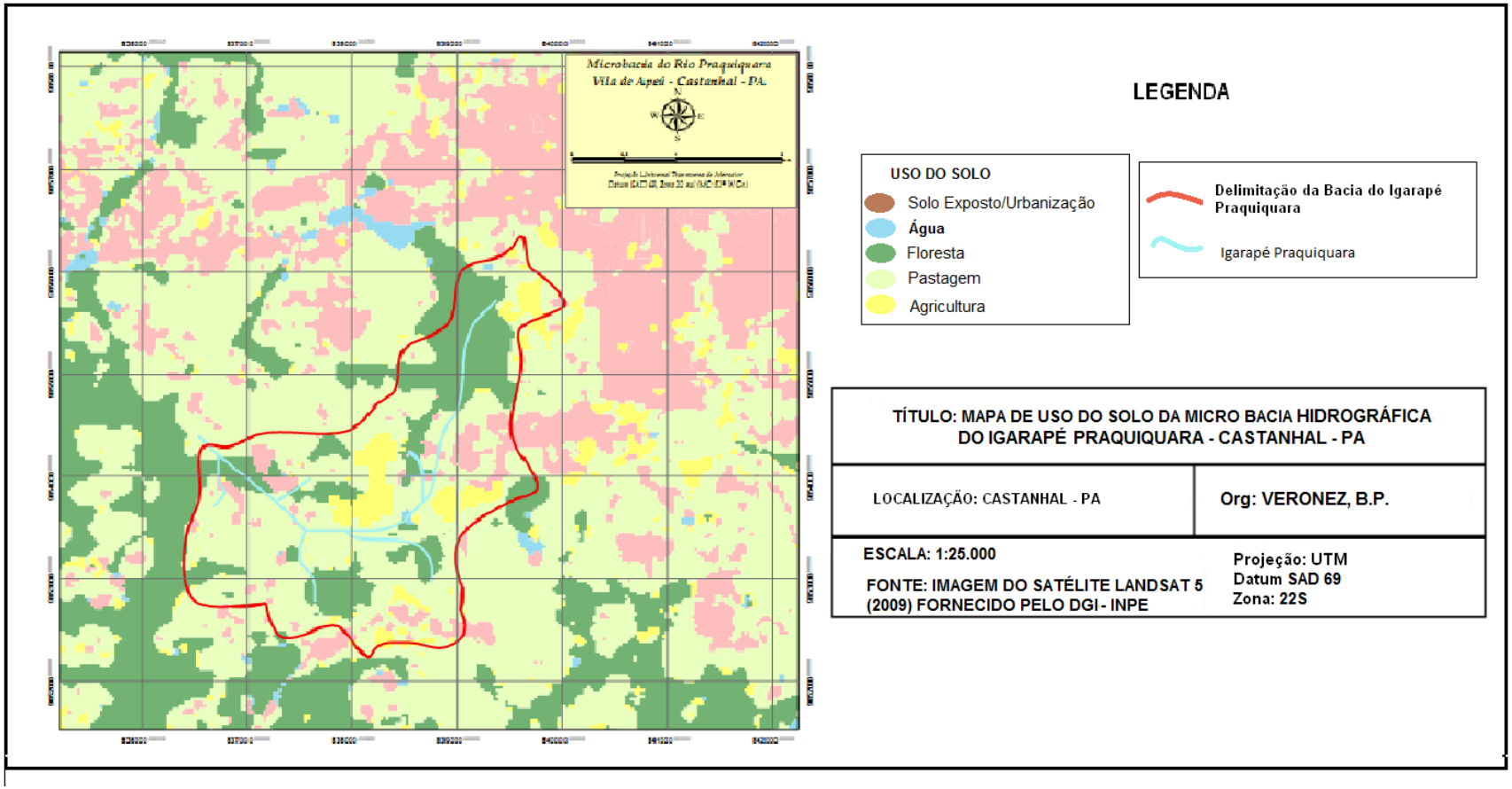

FIGURA 9 - Mapa de uso do solo da microbacia hidrográfica do Igarapé Praquiquara – Castanhal – PA

A FIGURA 10 ilustra o uso do solo na microbacia do igarapé Praquiquara, do total de 7,12 km^2 de área da microbacia, 49% são ocupados por ecossistema de pastagem, 23% por ecossistema florestal, 15% área urbana e 11% ocupados por ecossistemas agrícolas.

Cabe observar que a maior área contínua de floresta se localiza na parte mais alta da microbacia, a jusante da área onde se localizam as principais nascentes do igarapé. Grande parte dos cursos d'água da bacia não apresentam mata ciliar. As áreas urbanas foram ocupadas de forma desordenada, sem planejamento nem infra-estrutura de saneamento básico adequados.

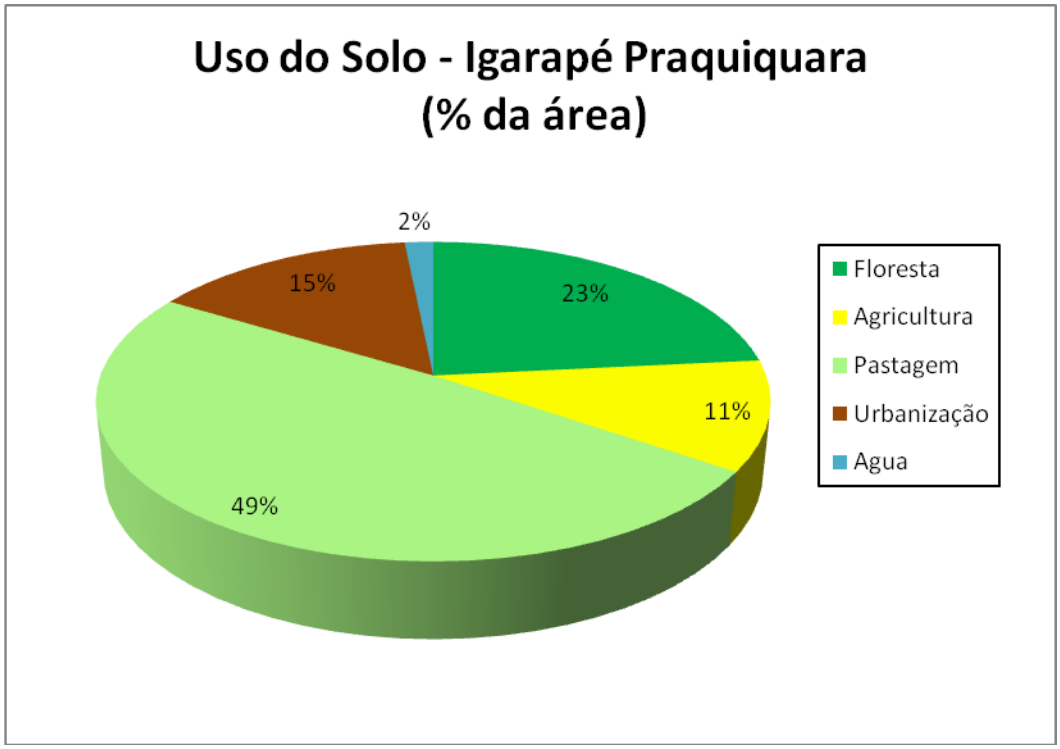

FIGURA 10 - Proporção de área de cada classe de uso do solo após classificação na imagem do ano de 2009.

Santos (2006), ao analisar o uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do igarapé Apeú, com área de 320,37 km^2, onde a microbacia do igarapé Praquiquara está inserida, utilizando técnicas de SIG e comparando imagens de satélite de 1995 e 2003 notou que a floresta existente no ano de 1995 foi reduzida em 43%, passando a apenas

5,43% no ano de 2003. A autora observou, ainda, que a cobertura florestal foi substituída, em sua maior parte por pastagens, que passaram a ocupar 38,39% da bacia.

Na microbacia do igarapé Praquiquara, as pastagens ocupam a maior parte da microbacia (49%). Na mesma bacia do igarapé Apeú, a área urbana teve um aumento considerável de 50%, passando de 5,22% para 10,30%.

Santos (2006), em estudo na bacia do igarapé Apeú salientou que os diversos usos da área têm repercutido na morfologia dos canais dos igarapés, atribuindo o assoreamento dos canais dos igarapés e, conseqüentemente, a degradação da qualidade da água à grande quantidade de sedimentos provenientes das propriedades rurais, ao solo exposto, às áreas de mineração e às construções desordenadas na área urbana.

Souza *et. al.* (2011), ao analisar o conflito de uso do solo em áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do igarapé Apeú – PA, observaram que 22% das APP às margens dos rios e igarapés da bacia não apresentam proteção condizente com a lei. Eles confirmaram os resultados de Santos (2006), concluindo que as unidades de uso pastagem e solo exposto foram as que mais ocuparam espaço nas áreas das APP's e, conseqüentemente, as que mais contribuíram para o processo de desflorestamento da região.

5.2.4. Mapeamento do Uso do Solo nas Sub-bacias

O mapa de uso do solo da microbacia do igarapé Praquiquara foi utilizado para a elaboração dos mapas de uso do solo das 8 (oito) sub-bacias deste estudo.

As FIGURAS 11 a 18 apresentam os mapas de uso do solo de cada uma das 8 (oito) sub-bacias hidrográficas delimitadas para as seções transversais correspondentes aos

pontos de monitoramento, divididos de acordo com as classe de uso e cobertura do solo.

As sub-bacias P1 e P2, com área de 0,07 km^2 e 0,02 km^2 respectivamente, está sob domínio completo de ecossistema sucessional de floresta (FIGURA 11e 12).

A FIGURA 13 apresenta o mapa de uso do solo da sub-bacia P4, cuja área é 0,18 km^2, sendo 61,1% domínio de ecossistema florestal. O restante da sub-bacia é dominada por ecossistema de pastagens que representam 38,9% de sua área total. As margens do curso de água, no ponto de coleta de água, em sua foz, são dominadas por ecossistema florestal.

O ecossistema predominante nas sub-bacias P1, P2 e P4 é o florestal, sendo que o maior nível de preservação florestal encontra-se na sub-bacia P1, localizado próximo ao trecho inicial do igarapé Praquiquara.

A FIGURA 14 apresenta o mapa de uso do solo da sub-bacia P5. 63% dos seus 0,16 km^2 são dominados por ecossistemas urbanos. Esta sub-bacia apresenta 37% de sua área dominada por ecossistema de pastagens.

Os ecossistemas dominantes na sub-bacia P6 são apresentados na FIGURA 15. Esta sub-bacia, com 0,21 km^2, apresenta 57% cobertas por áreas urbanas e 43% por áreas de pastagem.

As margens do igarapé Praquiquara nas proximidades do ponto de monitoramento, P6, são utilizadas pela comunidade para banho, pesca e lavagem de roupas, dentre outras atividades.

A partir dos resultados de planimetria das áreas correspondentes aos diferentes usos e ocupação do solo, concluiu-se que a urbanização prevalece nas sub-bacias P5 e a sub-bacia P6 tem predominância de ecossistemas de pastagem e urbanos.

A FIGURA 16 apresenta o mapa de uso do solo da sub-bacia P7, cujo predomínio de ocupação é de áreas de agricultura, que ocupam 46% dos seus 0,50 km^2. As áreas de pastagem ocupam 18% da área total, sendo utilizadas para criação de bovinos que ocupam as margens do igarapé. As florestas ocupam 22% da área total, enquanto, que a urbanização ocupa 14%.

O mapa de uso do solo da sub-bacia P8 é apresentado na FIGURA 17. Esta sub-bacia apresenta predominância de atividades agropecuárias. 31% de sua área total são utilizadas por agricultura e 41,7% por pastagem. 22% de sua área, de 0,36 km^2, são florestadas e 5,3% são cobertos por áreas urbanas.

A FIGURA 18 apresenta o mapa de uso do solo da sub-bacia P9. 37,5% dos seus 0,32 km^2 são ocupados por áreas urbanas, onde se localiza vila com escola, estrada e igreja. Pastagens ocupam 25,1% da área, enquanto que floresta ocupa 21,8%. A agricultura ocupa 15,6% da área. Pode-se considerar que nesta sub-bacia, as classes de uso do solo representativas são a urbana (37,5%) e a pecuária (25,1%).

A ocupação foi feita de forma desordenada e sem planejamento. O abastecimento de água é realizado por poços artesianos, sem tratamento. O esgoto é disposto em fossas ou, muitas vezes, a céu aberto. As moradias são precárias, sem condições sanitárias adequadas.

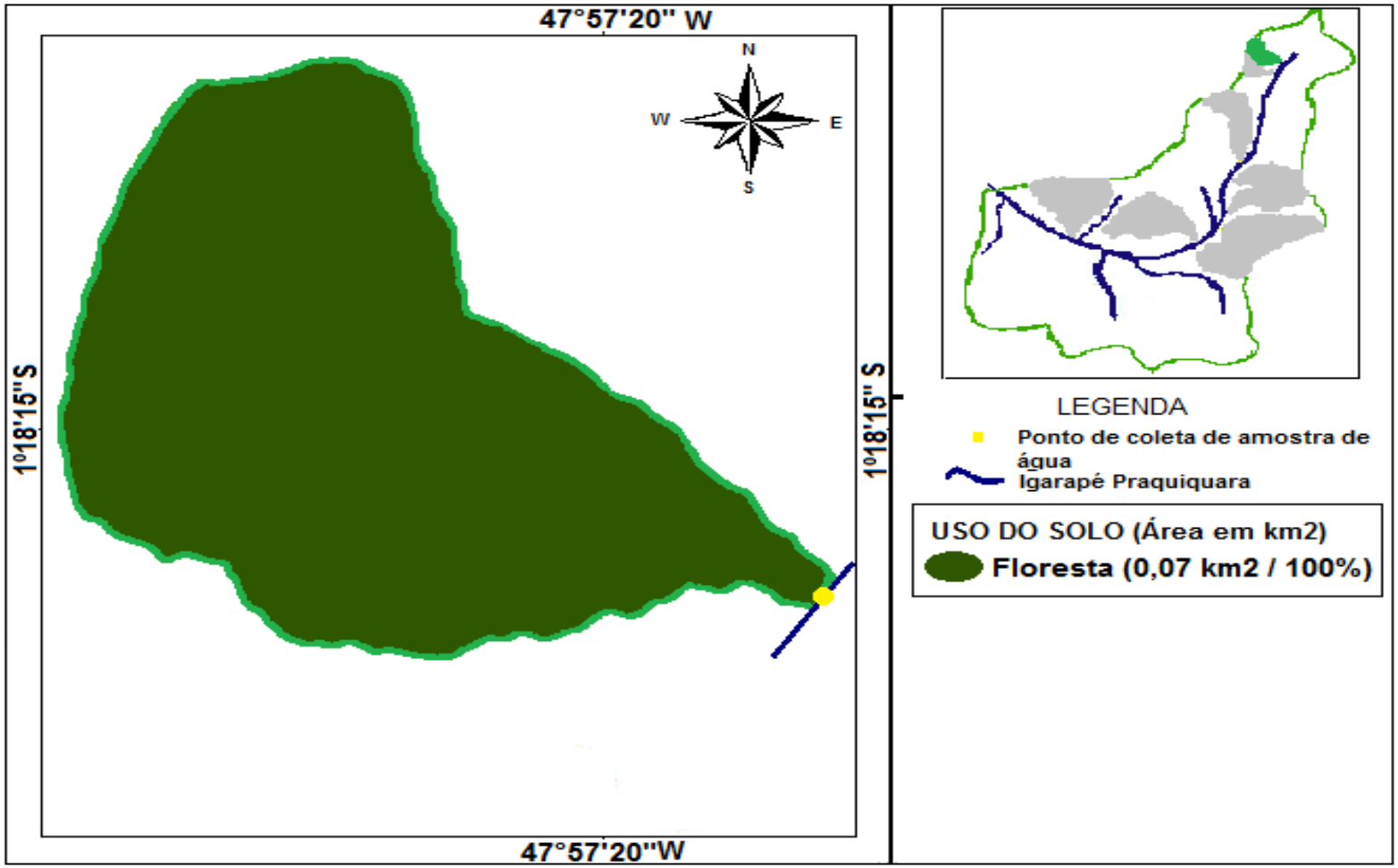

FIGURA 11 – Domínio de ecossistemas sucessionais de floresta, planalto (tabuleiro) e ripários na sub-bacia P1 (VERONEZ, 2011)

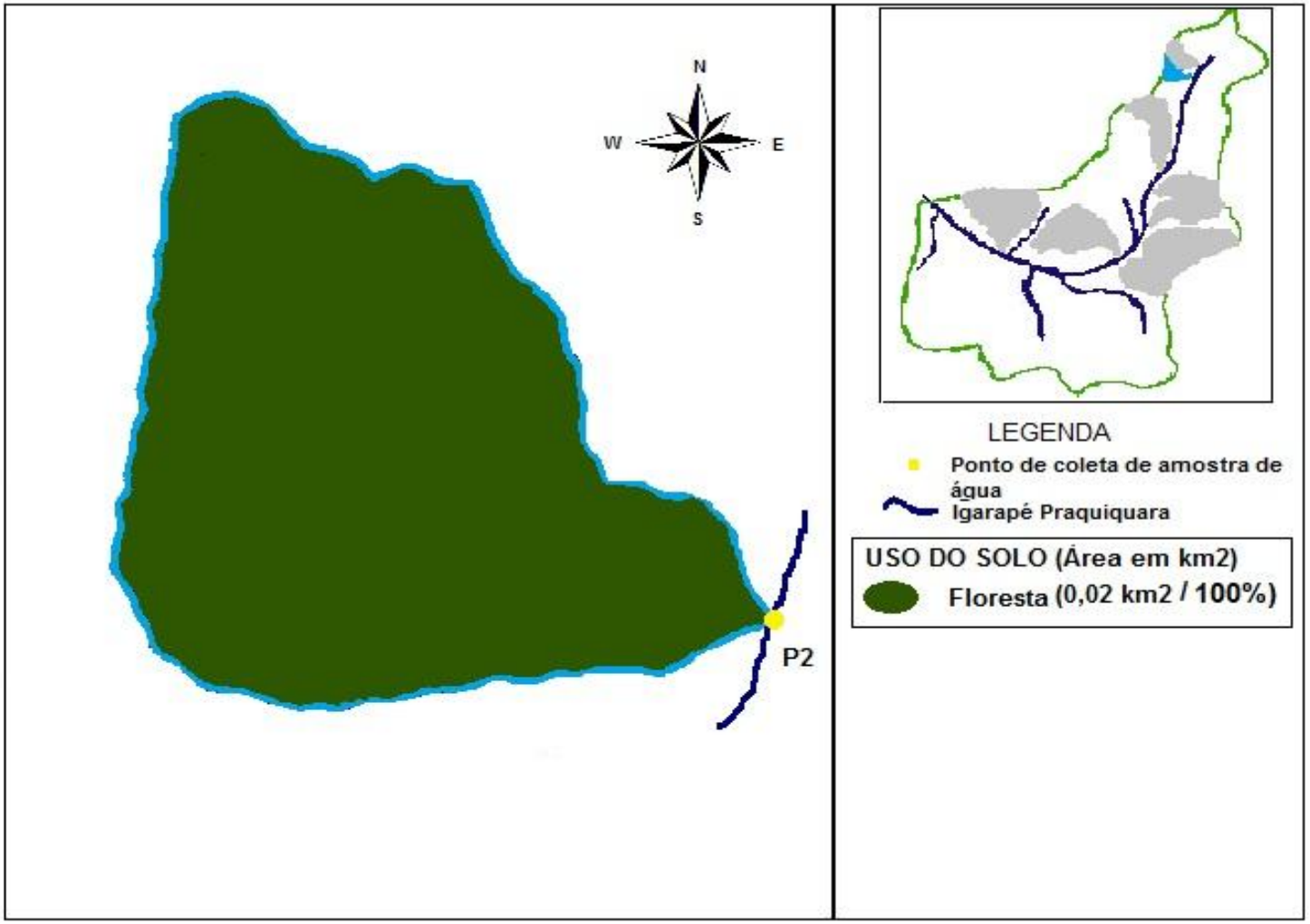

FIGURA 12 - Domínio de ecossistemas sucessionais de floresta, planalto (tabuleiro) e ripários na sub-bacia P2 (VERONEZ, 2011)

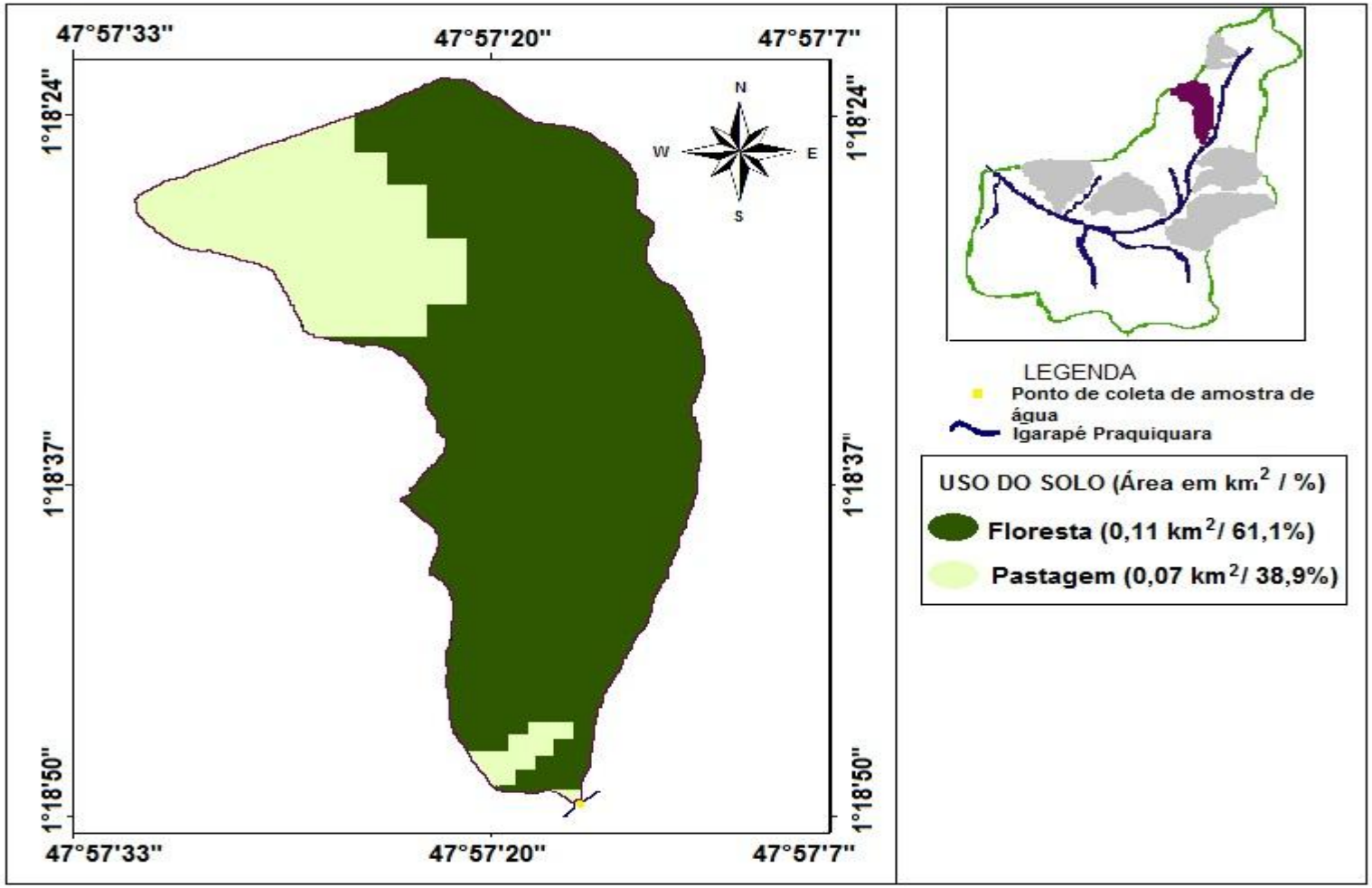

FIGURA 13 - Domínio de ecossistemas sucessionais de floresta, planalto (tabuleiro) e ripários na sub-bacia P3 (VERONEZ, 2011)

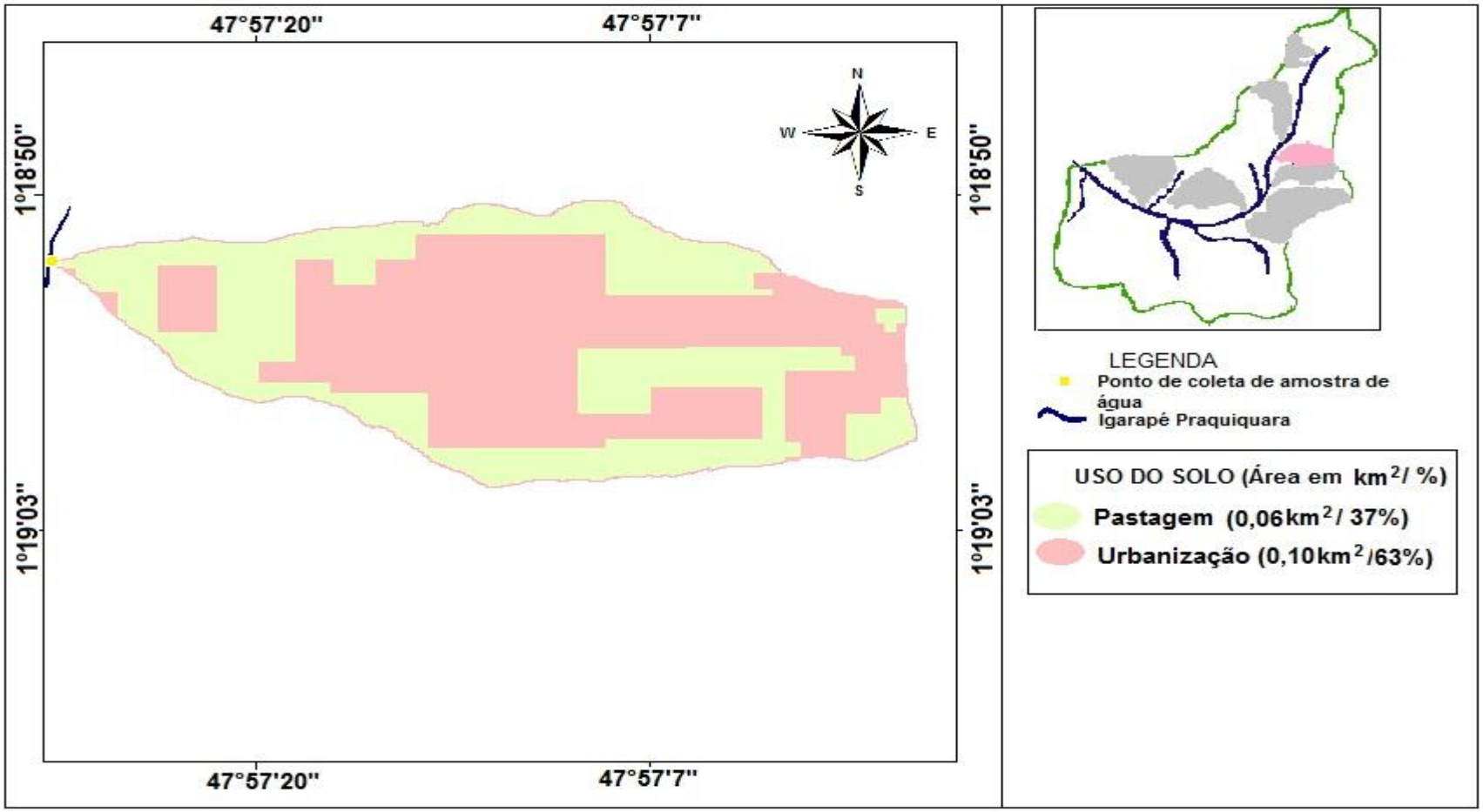

FIGURA 14 - Domínio de ecossistemas urbano na sub-bacia P5 (VERONEZ, 2011)

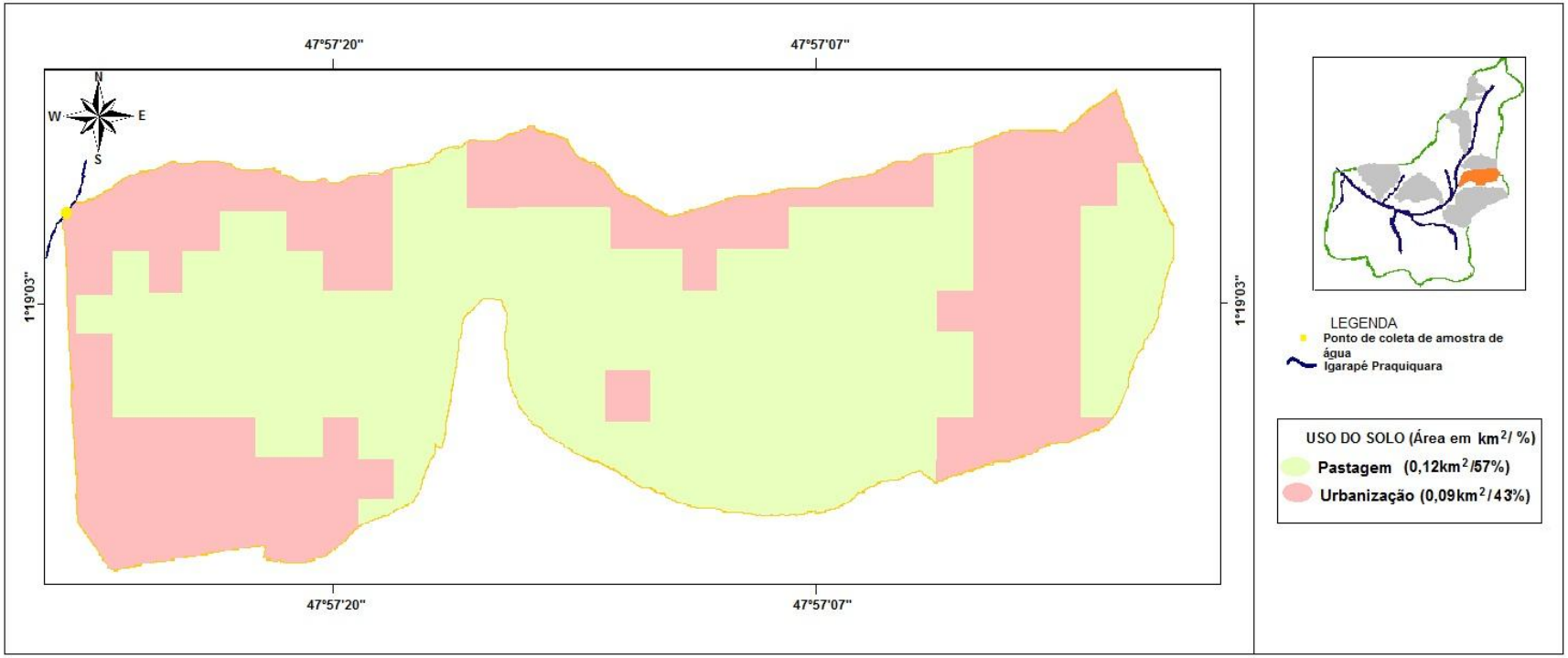

FIGURA 15 - Domínio de ecossistemas de pastagens e urbanização na sub-bacia P6 (VERONEZ, 2011).

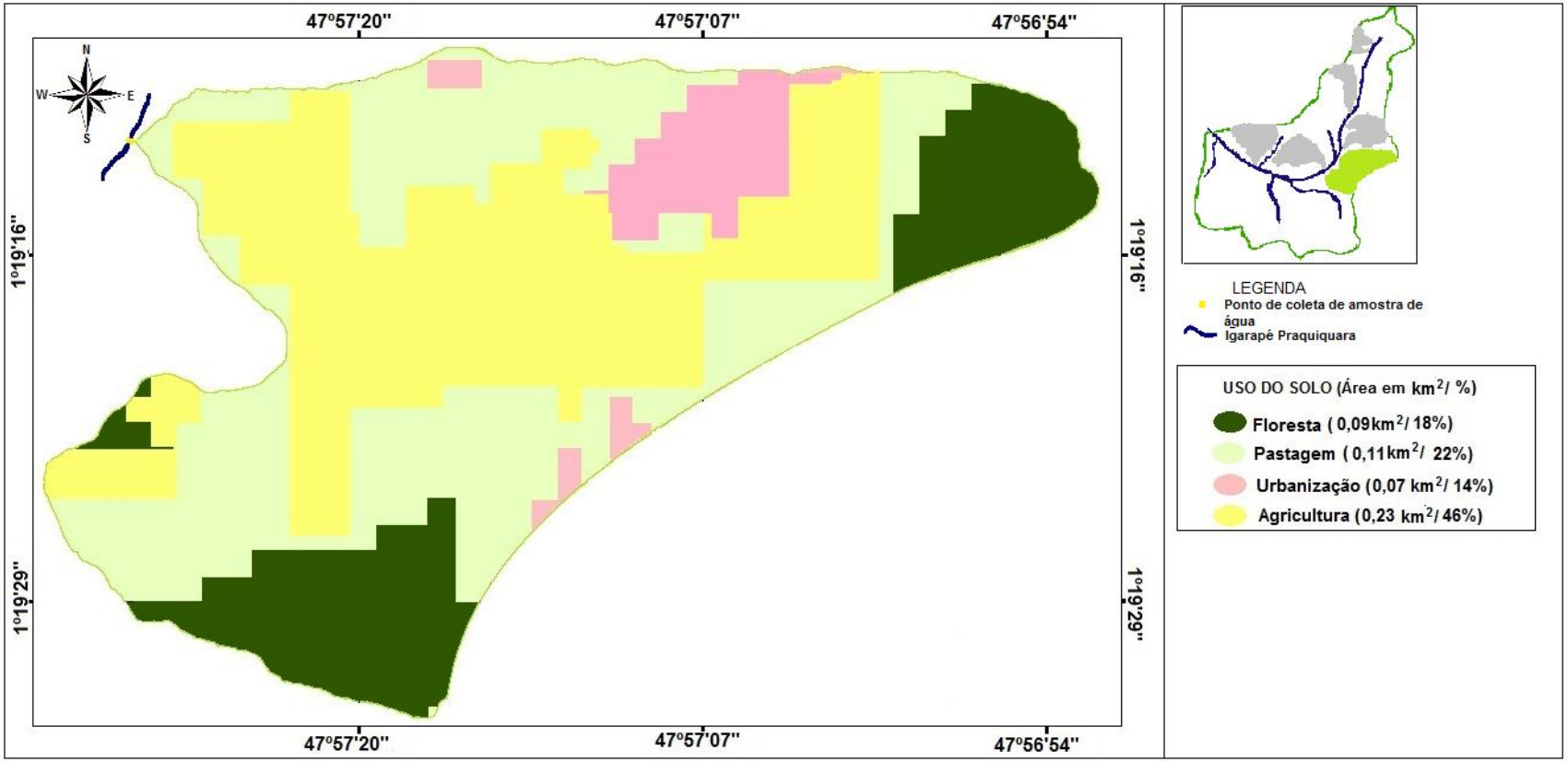

FIGURA 16 - Domínio de ecossistemas agrícola na sub-bacia P7 (VERONEZ, 2011)

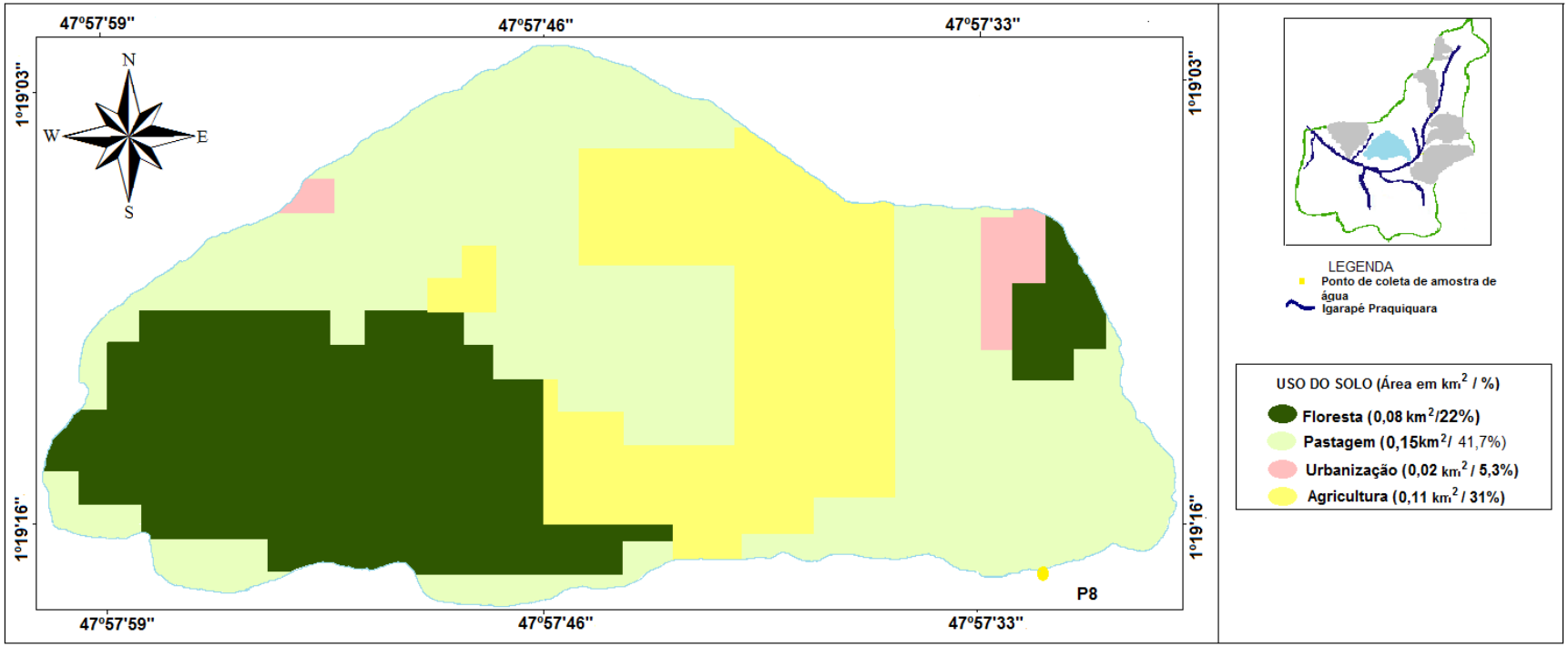

FIGURA 17 - Domínio de ecossistemas de agro-pastagens na sub-bacia P8 (VERONEZ, 2011)

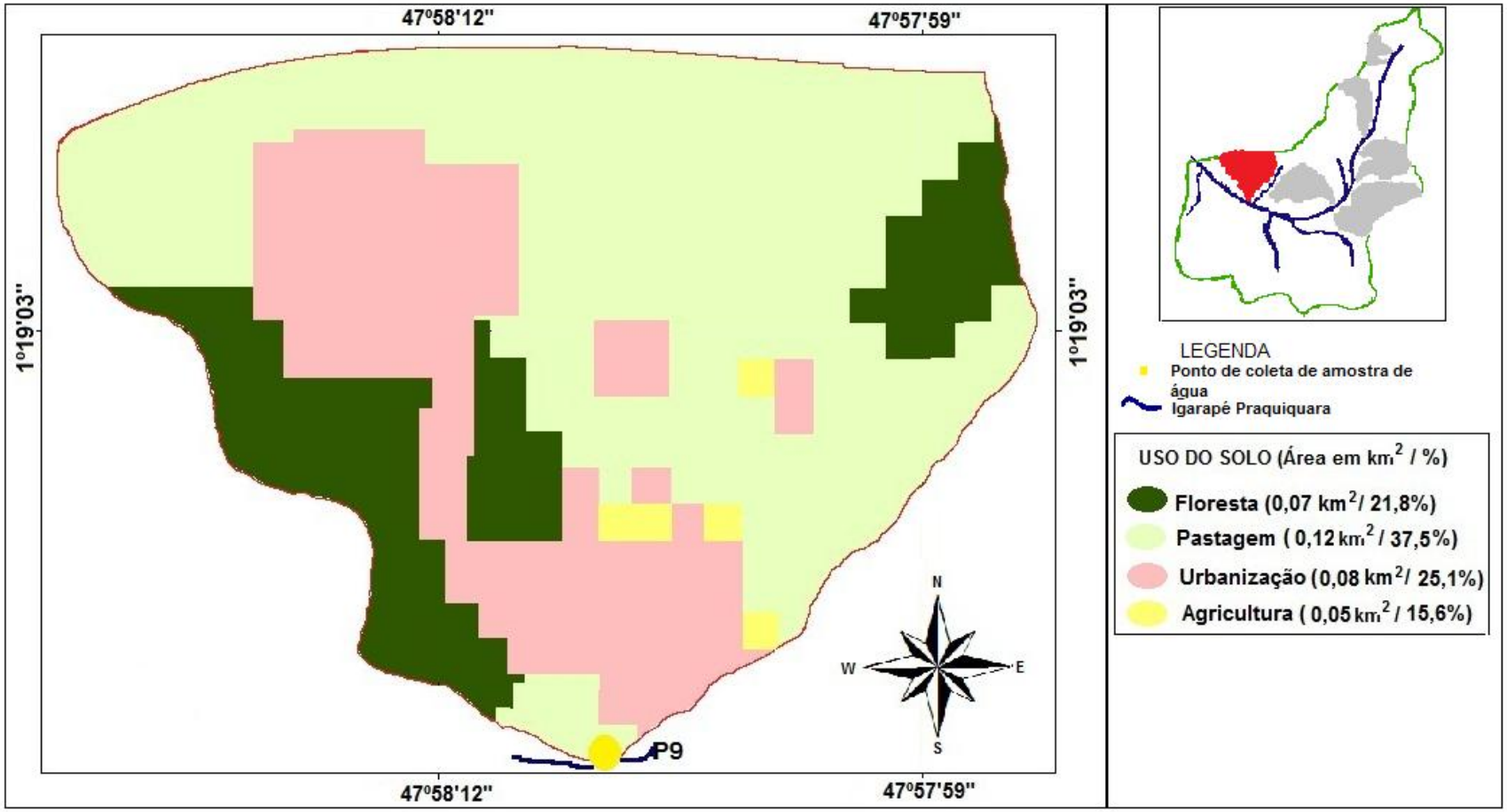

FIGURA 18 - Domínio de ecossistemas de agro-pastagens e urbano na sub-bacia P9 (VERONEZ, 2011).

5.2.4. Tipos de Solo

Como resultado da análise de solos da microbacia, foi traçado o mapa apresentado na FIGURA 19.

Os tipos de solos existentes na bacia do Igarapé Praquiquara podem ser classificados como Latossolo Amarelo Distrófico A moderado textura média, Latossolo Amarelo Distrófico A moderado textura média fase pedregosa e Neossolo flúvico.

Os solos do tipo Latossolo Amarelo Distrófico são minerais, com horizonte B latossólico, profundos, bem acentuadamente drenados, friáveis e muito friáveis, em geral porosos, com alto graus de floculação, baixa dispersão e baixa fertilidade natural. São solos que apresentam baixa saturação em bases, com seqüência normal dos horizontes A e B (TENÓRIO *et. al*., 1999).

Os solos do tipo Latossolo Amarelo são adequados para o uso agropecuário, sem grandes tendências para erosão, desde que se utilizem técnicas adequadas de conservação de solos (SANTOS, 2006).

Os solos classificados como Neossolo flúvico são minerais hidromórficos, com alto teor de material orgânico pouco evoluído, constituídos por sedimentos aluviais, recentes, depositados periodicamente durante as inundações nas margens dos rios e igarapés. É encontrado ao longo das margens dos rios e igarapés, nas áreas com grande concentração de espécies de palmeiras como o açaizeiro (*Euterpe olerácea*, Mart.) e buriti (*Mauritia aculeate*, H.B. K) (SANTOS, 2006).

Segundo Valente *et. al*. (2001), os solos classificados como Neossolo flúvico não apresentam riscos de erosão, sendo adequados para conservação de recursos naturais, indicados para proteção ambiental e inaptos para agricultura.

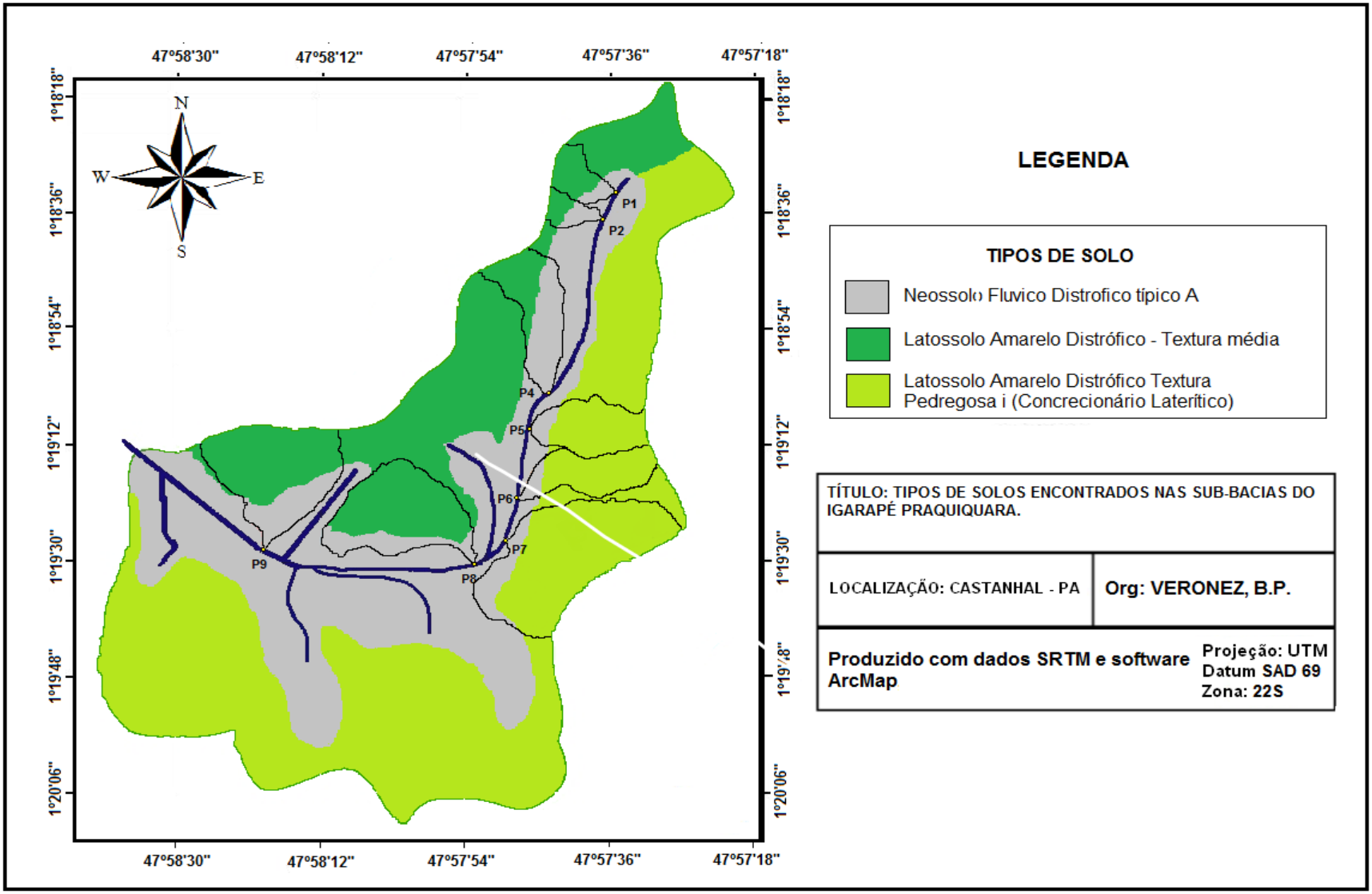

FIGURA 19 – Mapa de tipos de solo na microbacia do igarapé Praquiquara – Castanhal – PA.

5.3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Com o objetivo de análise da influência da precipitação pluviométrica e das atividades antrópicas (uso e ocupação do solo) sobre a qualidade dos recursos hídricos são apresentados, a seguir, os resultados do monitoramento hídrico realizado.

Foi elaborada tabela apresentando os resultados relativos aos diversos parâmetros de qualidade da água, por ponto de coleta, nos afluentes do igarapé Praquiquara, para as diferentes campanhas. OS valores foram comparados com limites preconizados pela Resolução CONAMA 357/05.

A tabela foi dividida em três diferentes grupos de cores:

As colunas na cor verde apresentam os resultados registrados nos pontos P1 (bacia 100% coberta por áreas de floresta), P2 (bacia 100% coberta por áreas de floresta) e P4 (61,1% da bacia coberta por áreas de floresta e 38,9% coberta por pastagens), que se referem às sub-bacias consideradas com predominância de floresta, segundo o mapeamento do uso do solo.

As colunas na cor cinza apresentam os resultados para os pontos P5 (bacia 63% ocupada por urbanização e 37% coberta por pastagem), P6 (57% da bacia coberta por áreas urbanas e 43% por áreas de pastagem) e P9 (37,5% da bacia ocupada por áreas urbanas, 25,1% por áreas de pastagens, 21,8% por áreas de floresta e 15,6% por áreas agricolas), que se referem às sub-bacias apresentando áreas urbanas como a classe de maior porcentagem de ocupação na sub-bacia.

As colunas na cor amarela apresentam os resultados para os pontos P7 (bacia ocupada por 46% área agrícola, 18% de área de pastagem, 22% de floresta, 14% de área urbana) e P8 (bacia ocupada por 31% de áreas agrícolas, 41,7% de pastagens, 22% de áreas florestadas e 5,3% de áreas urbanas), que se referem às sub-bacias consideradas com predominância de atividades agropecuárias.

Para facilitar a análise da influência das precipitações pluviométricas, a tabela apresentada destaca com cor azul as campanhas ocorridas em épocas de chuva e em branco as campanhas ocorridas em época de seca. Gráficos foram elaborados para apresentação dos valores de parâmetros de qualidade da água registrados.

5.3.1. Temperatura

A TABELA 10 e a FIGURA 20 apresentam os valores registrados para temperatura da água nas quatro campanhas de monitoramento.

TABELA 10 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE TEMPERATURA.

TEMPERATURA (°C)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	19,8	20,1	25,7	27,9	30,9	29,5	25,5	24,8	25,5
Campanha 2 28/07/2010	26,8	26,3	32,4	32,0	32,7	32,6	31,8	28,6	30,4
Campanha 3 14/10/2010	25,6	26,7	31,8	32,9	31,8	33,0	32,5	29,7	30,5
Campanha 4 18/12/2010	20,1	21,4	23,6	22,8	23,5	26,5	28,3	22,5	23,5
Mínimo	19,8	20,1	23,6	22,8	23,5	26,5	25,5	22,5	-
Máximo	26,8	26,7	32,4	32,9	32,7	33,0	32,5	29,7	-
Média	23,1	23,6	28,4	28,9	29,7	30,4	29,5	26,4	-
	Sub-bacias com predominância de Floresta								
	Sub-bacias com predominância de Urbanização								
	Sub-bacias com Predominância de Agropecuária								

Cabe observar que as campanhas 1 (21/05/2010) e 4 (18/12/2010) foram realizadas em período chuvoso (sinalizadas em azul) enquanto que as campanhas 2 (28/07/2010) e 3 (14/10/2010) foram realizadas em períodos secos.

O parâmetro temperatura, bem como o pH, pode sofrer interferência da estação do ano, da hora do dia, das atividades microbianas, da quantidade de matéria orgânica disposta no curso d'água, da cobertura vegetal presente na bacia e do tipo de solo da região. As

coletas foram realizadas no período da manhã, em intervalos de 10 a 15 minutos de um ponto para outro.

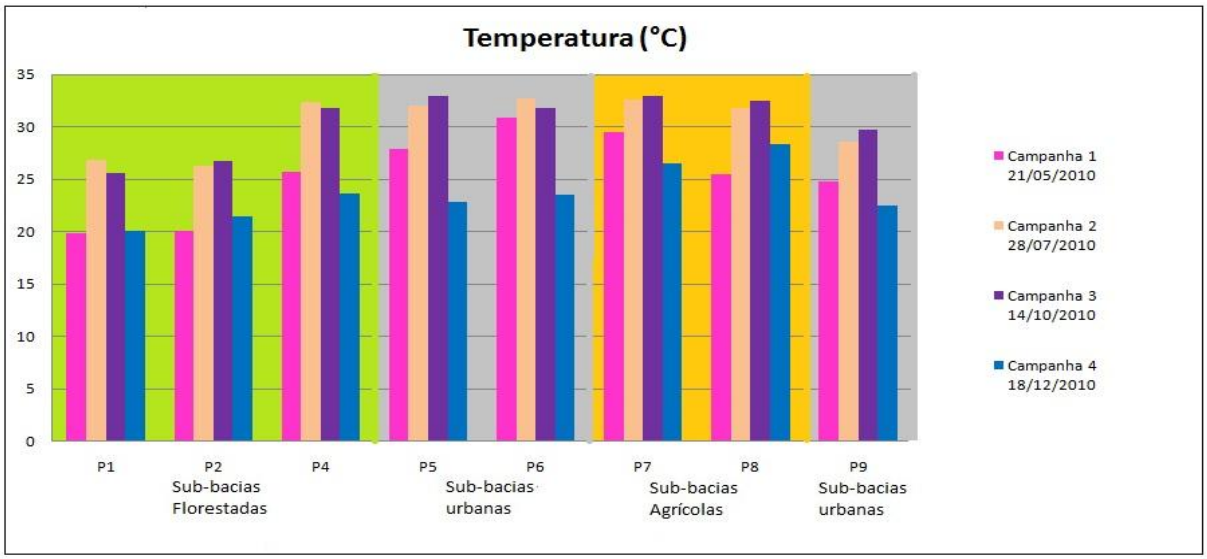

FIGURA 20 – Resultados do monitoramento de Temperatura.

Pode ser observado na TABELA 10 e na FIGURA 20 que, em todas as campanhas, os pontos de coletas a jusante de bacias com predominância de florestas apresentam menores valores de temperatura da água, enquanto os maiores valores correspondem aos pontos situados a jusante de bacias consideradas predominantemente agrícolas e urbanas. Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Arcova e Cicco (1999) e Donadio, Galbiatti e Paula (2005), ambos para cursos de água localizados no estado de São Paulo.

A sub-bacia P1, ocupada por área florestada mais preservada, foi a que apresentou os menores valores de temperatura, para todas as campanhas. O menor valor, 19,8°C, ocorreu na primeira campanha, durante a estação chuvosa. A média dos valores de temperatura para este ponto (23,1°C) foi a menor dentre todas as médias obtidas para os pontos monitorados, considerando as 4 (quatro) campanhas.

Plamondona *et. al*. (1991) em estudo realizado em regiões de Oxapampa, no Peru, observou um significativo aumento na temperatura da água em locais onde ocorreu remoção de floresta.

Os maiores valores de temperatura foram observados na sub-bacia P5, com predominância de ocupação urbana (32,9°C) e na sub-bacia P7, com predominância de atividades agropecuárias (33°C).

Na sub-bacia P7 a mata ripária é incipiente, estando limitada a pequenos fragmentos localizados junto às margens.

As maiores médias de temperatura foram observadas em P6 (29,7°C) com predomínio urbano e P7 (30,4°C) com predomínio agropecuário.

A cobertura florestal proporciona condições de sombreamento aos cursos d'água, evitando que ocorra aquecimento maior da água. A manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir aumentos da temperatura da água, conforme relatado em diversos estudos (SUGIMOTO *et al*., 1997).

Os menores valores médios de temperatura, considerando todos os pontos, foram registrados no período chuvoso, 23°C, na 4ª campanha, e 25,5°C, na 1ª campanha. Os maiores valores médios foram registrados no período seco, 30,4°C (2ª campanha) e 30,5ºC (3ª campanha).

Em estudo realizado no rio Murucupi – Barcarena, PA, por Pereira *et al.* (2007), a média de temperatura foi 29,7º C. O valor médio observado por Miranda *et al*. (2009), no rio Tapajós, foi 29,7º C. Pereira (2000) obteve no rio Pará um valor médio de 29º C.

HIBAM (ADBO *et. al*, 2007), em Itaituba, também no rio Tapajós, registrou, no final do verão, período no qual altas temperaturas ocorrem na região amazônica, média de 32,2º C.

Em estudo desenvolvido na bacia do igarapé Apeú, em cuja bacia se localiza o igarapé Praquiquara, Santos (2006) registrou temperaturas variando de 24,3ºC, no igarapé São João (Agrovila Trindade), em novembro de 2002, a 30,5º C no igarapé Apeú (Fazenda Morro Verde), em maio de 2003. Neste último local a cobertura vegetal das margens do igarapé era quase inexistente.

Para as campanhas 1 e 4, que correspondem às campanhas de épocas de chuva, obteve-se médias, considerando todos os pontos, 25,5ºC e 23,5ºC respectivamente. Nas campanhas 2 e 3, que correspondem ao período de seca, registrou-se médias de 30,4ºC e 30,5ºC, respectivamente, significativamente superiores aos correspondentes às campanhas de períodos chuvosos.

5.3.2. Turbidez

A presença de partículas em suspensão, que causam a turbidez, ou de substancias em solução, relacionados com a cor, pode concorrer para o agravamento da poluição em corpos d'água. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização de fotossíntese, reduz a reposição de oxigênio.

Os resultados obtidos no monitoramento de turbidez não mostram grandes diferenças entre valores observados nas campanhas realizadas em estações de seca e cheia. Contudo, as maiores médias foram observadas, para todos os pontos, em campanhas de estação cheia. A 3ª campanha, realizada no período mais seco, apresentou com média de 6 UNT, pouco superior a média correspondente à 1ª campanha realizada em período de maior pluviometria, de 11,38 UNT.

A TABELA 11 e o FIGURA 21 apresentam os valores registrados para turbidez da água nas quatro campanhas de monitoramento.

TABELA 11 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE TURBIDEZ.

TURBIDEZ (UNT)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	3	6	12	12	13	14	13	18	11
Campanha 2 28/07/2010	2	4	11	10	11	11	13	12	9
Campanha 3 14/10/2010	1	3	11	8	8	9	13	3	7
Campanha 4 18/12/2010	0	3	14	11	11	13	16	13	10
Mínimo	0	3	11	8	8	9	13	3	-
Máximo	3	6	14	12	13	14	16	18	-
Média	1.5	4	12	10,3	10,8	11,8	13,8	11,5	-

----------	Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
	Sub-bacias com predominância de Floresta
	Sub-bacias com predominância de Urbanização
	Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

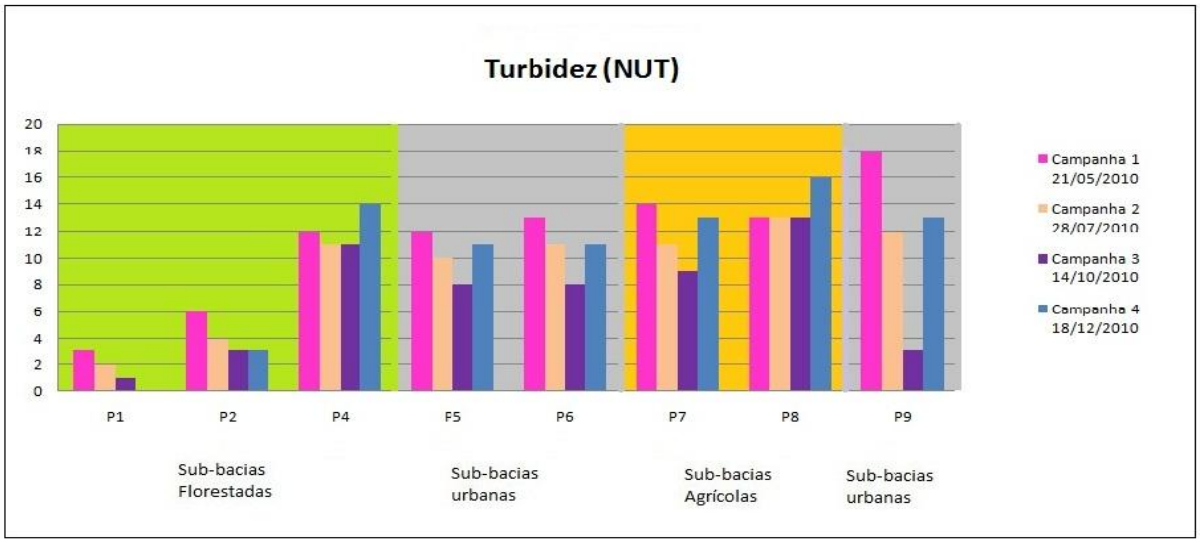

FIGURA 21 – Resultados do monitoramento de Turbidez.

O mesmo foi encontrado no estudo de Raposo, Barros e Magalhães Jr.(2009) no Quadrilátero Ferrífero – MG. Segundo os autores, com a menor vazão neste período, restringe-se a capacidade de diluição dos poluentes. Além disso, local de vegetação mais escassa, em períodos secos contribui para um carreamento significativo de sedimentos, caso haja algum episódio chuvoso.

A TABELA 11 e a FIGURA 21 mostram que os menores valores de turbidez foram observados no ponto mais próximo às nascentes, P1 com média 1,5 UNT e máxima de 3 UNT. O ponto P2 apresentou média 4,0 UNT e máximo 6 UNT. É importante observar que as bacias P1 e P2 são aquelas que se apresentam cobertas por florestas.

Arcova e Cicco (1999) observaram em estudo em Cunha (SP) que nos meses mais secos ocorreram valores de turbidez em microbacias florestadas superiores às observadas em áreas com uso agrícola. Segundo eles, na ausência de chuvas ocorreu, provavelmente, maior influência de material orgânico em suspensão produzido pela vegetação florestal sobre a turbidez, do que a do material mineral proveniente dos solos agrícolas. Miranda (1998) registrou em estudo no Rio Tapajós, valores de turbidez maiores em bacias florestadas no período chuvoso.

O maior valor de turbidez, 18 UNT, foi observado durante a estação chuvosa em P9, sub-bacia que apresenta a classe correspondente à urbanização com maior porcentagem, além de porcentagens significativas de áreas ocupadas por agropecuária. Provavelmente, um fator que contribuiu para a maior turbidez neste ponto seja a presença de estrada de terra no interior da sub-bacia.

Para Arcova e Cicco (1999), na região de Cunha – SP, um fator que contribui para a maior turbidez em microbacia agrícola é a presença de duas estradas de terra no seu interior, como a localizada na sub-bacia P9. As estradas são importantes fontes de sedimentos na água, conforme documentado na literatura segundo FAO (1989 apud ARCOVA e CICCO, 1999).

Pode ser observado na TABELA 11 e na FIGURA 21 que, nos pontos P7 e P8, com sub-bacias com predominância agrícola, os valores observados foram os maiores, em termos gerais. Com média 13,8 UNT, o ponto P8 apresentou a maior média, dentre as calculadas para todos os pontos, para todas as campanhas.

O limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 (< 100,0 UNT) não foi ultrapassado em qualquer campanha.

Em estudo realizado por Silva *et. al.* (2009) no rio Purus, região amazônica, as análises de turbidez variaram de 17 UNT a 22 UNT na localidade de Seringal da Caridade entre o período de 2000 e 2005 e os baixos valores, até mesmo no período chuvoso, foram justificados pela vazão lenta e bacia plana, que segundo Maier (1987) *apud* Silva *et. al* (2009) pode proporcionar um aumento na intensidade da sedimentação de partículas capazes de influenciar na turbidez, devido a redução na velocidade da água. Isto vai depender também do tamanho e natureza destas partículas que afetam diretamente o valor da turbidez (Pádua e Bernado, 2001; Teixeira e Senhorelo, 2000 *apud* Silva *et. al*, 2009).

Esses valores devem-se, sobretudo, ao material em suspensão, que compreende um complexo coloidal composto de matéria orgânica e de argila rica em caulinita segundo estudos desenvolvidos por LIMA e KOBAYASHI (1988) em Barcarena, estado do Pará.

Em estudo de qualidade da água realizado no rio Tapajós, foi calculado uma média 76,4 UNT com variação entre 70 a 85 UNT. Os valores de turbidez obtidos demonstraram que as águas do Tapajós contém sólidos em suspensão, um complexo coloidal composto de matéria orgânica, argila, colóide e silte, sofrendo influência das águas do rio Amazonas. Na altura de Itaituba, onde o rio não sofre a influência das águas do rio Amazonas, a turbidez apresentou média 6,5 UNT (ABDO *et. al*., 1997), característica de águas límpidas, com pouco material em suspensão (HORBE *et. al*., 2005).

Santos (2006) registrou, na bacia do igarapé Apeú, onde localiza-se a microbacia do igarapé Praquiquara, valores similares aos obtidos neste estudo. No período de estiagem, no igarapé São João, a turbidez variou de 1,6 UNT a 18,9 UNT. No período chuvoso, na mesma bacia, a turbidez variou de 4,9 UNT, no igarapé Fonte Boa (Fazenda Fonte Boa), a 169,2 UNT, no igarapé Capiranga (trecho urbano). Essa grande

variação entre as épocas de estiagem e chuvosa, segundo a autora, foi causada pela grande quantidade de sedimentos carreados pelas chuvas.

5.3.3. Sólidos

Os resultados de monitoramento relativos a sólidos, na microbacia do Igarapé Praquiquara são apresentados nas TABELAS 12, 13 e 14. A tabela foi subdividida por grupos de colunas correspondentes a sub-bacias com predominância de floresta, agricultura e urbanização apresentando diferentes cores. Além disso, as campanhas de coleta foram divididas em período chuvoso (cor azul) e períodos secos.

A TABELA 12 e a FIGURA 22 mostram os resultados obtidos para as concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) nas águas da bacia do igarapé Praquiquara.

Não existem grandes diferenças entre os resultados correspondentes ao período chuvoso e ao período seco. Contudo, os maiores valores, para todos os pontos, foram observados na campanha 1, no período chuvoso (TABELA 12 e a FIGURA 22).

TABELA 12 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS.

STD - SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS (MG/L)

Pontos Monitorados	P1	P2	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Média
Campanha 1 21/05/2010	22	24	12	11	11	12	12	14	15
Campanha 2 28/07/2010	18	15	9	9	9	9	9	10	11
Campanha 3 14/10/2010	19	17	9	9	10	8	11	11	12
Campanha 4 18/12/2010	19	14	10	10	10	11	12	12	12
Mínimo	18	14	9	9	9	8	9	10	-
Máximo	22	24	12	11	11	12	12	14	-
Média	19,5	17,5	10	9,8	10	10	11	11,8	-

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;

Sub-bacias com predominância de Floresta

Sub-bacias com predominância de Urbanização

Sub-bacias com predominância de Agropecuária

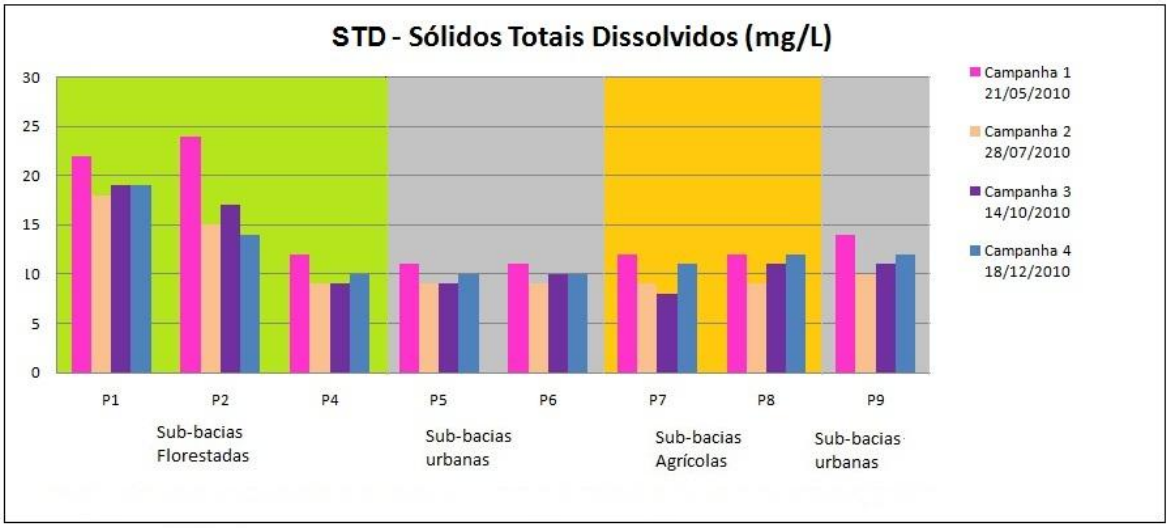

FIGURA 22 – Resultados do monitoramento de Sólidos Totais Dissolvidos.

Correa (2005), ao analisar valores do parâmetro no rio das Antas no estado de Goiás, registrou diferença significativa entre valores observados nos períodos secos e chuvosos, indicando influência da precipitação pluviométrica.

Pode ser observado na TABELA 12 e na FIGURA 22 que os valores registrados nos pontos P1 e P2 foram mais expressivos em todas as campanhas, correspondendo às maiores médias registradas, 19,5 mg/l (P1) e 17,5 mg/l (P2).

Correa (2005) afirma que este parâmetro é influenciado pelo acúmulo de solo e partículas minerais no leito do corpo hídrico, geralmente causado pela erosão de solos próximos ou pelo movimento vagaroso do corpo d’água.

Os maiores valores registrados nos pontos P1 e P2 podem estar relacionados com o fato de que estes se situam imediatamente a jusante de nascentes, ou seja, de afloramentos de águas subterrâneas. Desta forma, as concentrações de sólidos dissolvido nestes pontos são mais influenciadas pela dissolução de materiais presentes no subsolo do que as correspondentes aos demais pontos de monitoramento. Nos demais pontos, que não se situam imediatamente a jusante de afloramentos, as concentrações de sólidos dissolvidos estão sob maior diluição por águas das chuvas.

Cabe observar, ainda, que nas proximidades dos pontos P1 e P2 existe grande quantidade de matéria orgânica oriunda da folhagem das árvores e a dissolução de folhas e raízes em decomposição pode, também estar contribuindo para a ocorrência de maiores valores de concentrações de sólidos dissolvidos.

Ressalte-se que, mesmo as maiores concentrações de sólidos dissolvidos, registradas nos pontos P1 e P2, 22 e 24 mg/L, respectivamente, são muito inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2, que corresponde a 500 mg/L.

A TABELA 13 e a FIGURA 23 apresentam os resultados do monitoramento de sólidos totais em suspensão para as sub-bacias monitoradas.

TABELA 13 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO.

SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO (MG/L)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	3,5	1	6	6	6	8	4,5	5	5
Campanha 2 28/07/2010	1	2	5	2	4	3	9	4	4
Campanha 3 14/10/2010	0	5	7	3	3	2	8	10	5
Campanha 4 18/12/2010	1	0	9	6	7	10	11	3	6
Mínimo	0	0	5	2	3	2	4,5	3	-
Máximo	3,5	5	9	6	7	10	11	10	-
Média	1,4	2	6,8	4,3	5	5,8	8,1	5,5	-

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
Sub-bacias com predominância de Floresta
Sub-bacias com predominância de Urbanização
Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

Diferentemente dos resultados relativos aos sólidos totais dissolvidos, as maiores concentrações de sólidos totais em suspensão ocorreram nas sub-bacias agrícolas, com a maior média registrada, 8,1 mg/l, no ponto P8. Maiores concentrações em bacias agrícolas foram registradas também por Arheimer e Liden (2000), em estudos realizados na Califórnia.

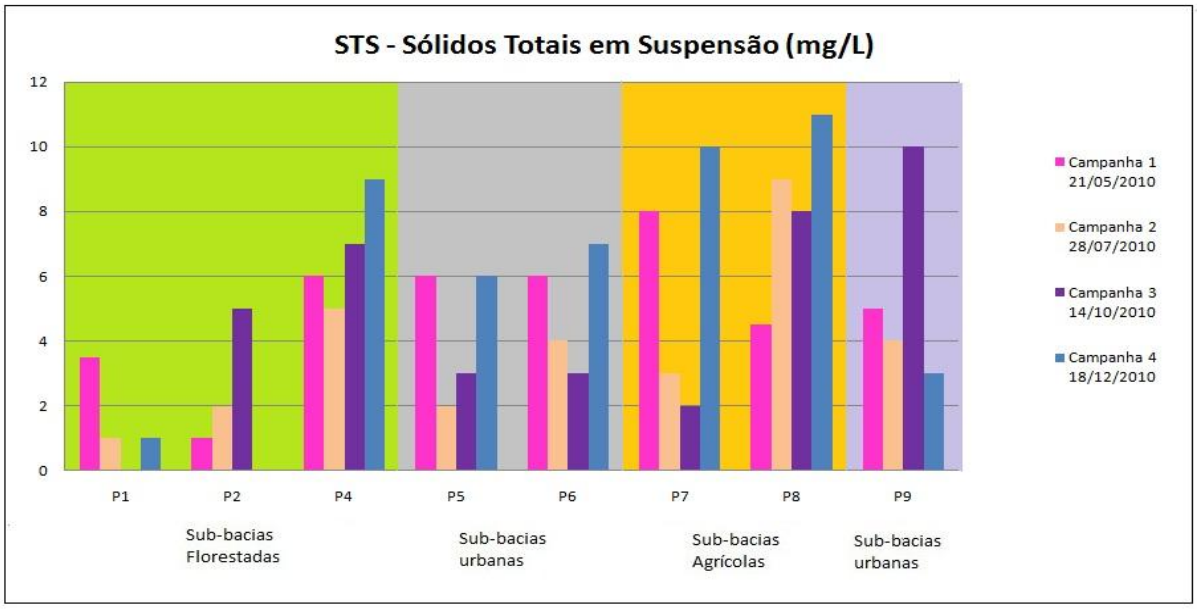

FIGURA 23 – Resultados do monitoramento de Sólidos Totais em Suspensão.

Castro (2001) observou, em estudos realizados em bacias agrícolas e com florestas, maiores valores de sólidos suspensos em bacias agrícolas e afirmou que esta característica confirmava que a produção de sedimentos sofrera influência dos processos de uso do solo.

No período seco registrou-se na sub-bacia urbana P9 a maior concentração, 10 mg/l, . Cabe observar que o ponto P9 encontra-se a jusante de estrada e ponte e que a circulação de carros gera poeira que é carreada para o igarapé.

Ahearn *et. al*. (2005), encontrou menores valores de concentrações de STS em área de agricultura em períodos de baixa precipitação pluviométrica. O mesmo foi observado no ponto P7, onde ocorreu redução de concentração entre o período chuvoso (10mg/l) e o período seco (2 mg/l).

Os sólidos em suspensão estão relacionados com o grau de turbidez da água. Correa (2005), ao analisar o parâmetro no Rio das Antas, no estado de Goiás, observou no período chuvoso valores muito mais expressivos do que os registrados no período

seco, afirmando que este fato foi ocasionado pelo arraste de solo pelas águas da chuva.

A TABELA 14 e a FIGURA 24 apresentam os resultados do monitoramento de sólidos totais para os pontos de coleta na microbacia do Igarapé Praquiquara.

TABELA 14 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE SÓLIDOS TOTAIS.

ST - SÓLIDOS TOTAIS (MG/L)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	24	25	18	19	18	19	17	20	20
Campanha 2 28/07/2010	18	17	14	11	13	12	18	14	15
Campanha 3 14/10/2010	19	17	16	13	13	11	20	21	16
Campanha 4 18/12/2010	19	14	19	16	18	20	23	15	18
Mínimo	18	14	14	11	13	11	17	14	-
Máximo	24	25	19	19	18	20	23	21	-
Média	20	18,3	16,8	14,8	15,5	15,5	19,5	17,5	-

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
Sub-bacias com predominância de Floresta
Sub-bacias com predominância de Urbanização
Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

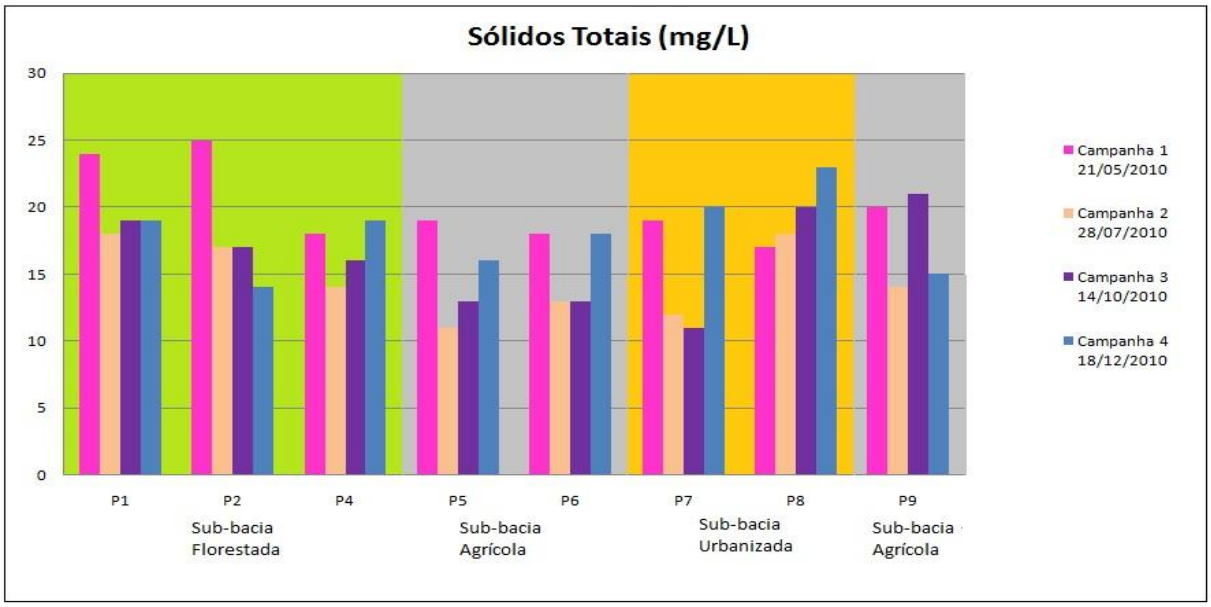

FIGURA 24 – Resultado do Monitoramento de Sólidos Totais.

As maiores contribuições para os valores do parâmetro sólidos totais, neste estudo, correspondem às concentrações de sólidos totais dissolvidos. Por este motivo, os maiores valores foram calculados para os pontos mais próximos das nascentes do Igarapé Praquiquara, P1 e P2. Pode ser observado que as maiores concentrações de sólidos totais foram registradas em campanhas realizadas em períodos de chuva.

5.3.4. pH – Potencial Hidrogeniônico

Os resultados de monitoramento do parâmetro pH são apresentados na TABELA 15 e a FIGURA 25.

TABELA 15 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE PH.

pH - POTENCIAL HIDROGENIONICO									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	4,2	5,3	5,4	5,8	5,7	5,0	5,2	5,0	5,2
Campanha 2 28/07/2010	5,0	6,0	5,5	5,0	6,0	6,3	6,5	6,8	5,9
Campanha 3 14/10/2010	5,2	6,3	5,1	5,6	6,7	6,5	6,2	5,7	5,9
Campanha 4 18/12/2010	4,5	5,3	4,7	5,8	6,4	5,3	5,1	5,4	5,3
Mínimo	4,2	5,3	4,7	5,0	5,7	5,0	5,1	5,0	-
Máximo	6,0	6,3	6,0	6,0	6,7	6,5	6,5	6,8	-
Média	5,0	5,8	5,3	5,6	6,2	5,8	5,8	5,8	-

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
Sub-bacias com predominância de Floresta
Sub-bacias com predominância de Urbanização
Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

65% dos valores de pH registrados nas campanhas de monitoramento ficaram abaixo do limite inferior preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos d'água doce Classe 2. Estes valores variaram entre 4,2 e 6,8. Segundo SIOLI (1957) os valores de pH nas áreas pertencentes à Formação Barreiras, do Terciário da região Amazônica são muito ácidos.

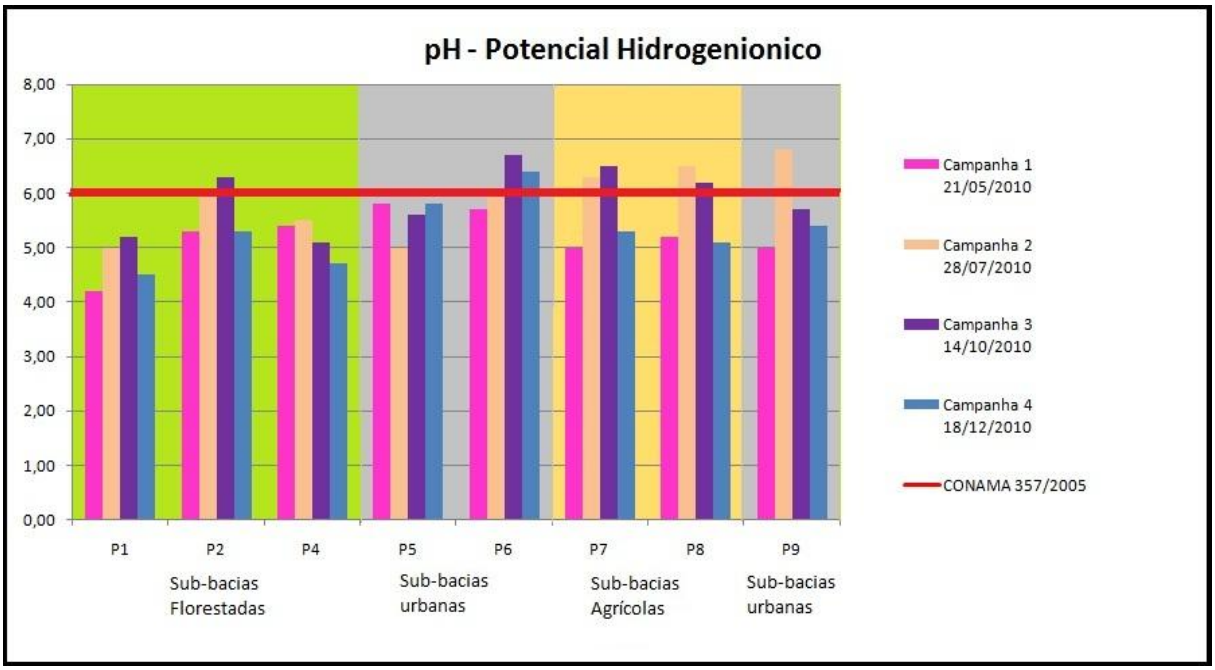

FIGURA 25 – Resultado do monitoramento de pH.

Para SILVA *et. al.* (2008), baixos valores de pH não influenciam negativamente na qualidade das águas, pois o rio Purus apresentou em seus estudos valores de pH ácidos e, mesmo assim, é a principal fonte de pesca que abastece os mercados de Manaus.

No Brasil, ecossistemas aquáticos continentais com baixo pH são encontrados na região de terra firme da Amazônia Central, onde corpos d'água chegam a apresentar valores entre 4,0 e 5,5. Isto é um indício da ausência de substâncias tamponadoras (bicarbonato e carbonato) em solução (Esteves, 1998).

Como se pode observar na TABELA 15 e na FIGURA 25, de uma maneira geral, durante o presente estudo encontrou-se menores valores de pH em época de chuva (1ª e 4ª campanhas) e maiores valores em época de seca (2ª e 3ª campanhas).

Valores próximos foram registrados por Horbe *et al*. (2005) em análise de rios no município de Manaus encontrou variações de pH entre 3,8 e 4,1 no igarapé Água Branca no período chuvoso. O pH se tornou um pouco menos ácido no período seco,

entre 4,8 e 5,4. Carvalho, Schlittler, Tornisielo (2000) afirmam que, com o aumento das chuvas, o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido. Isso é causado pelo aumento no volume de água que faz com que a acidez da água diminua.

Apenas para o ponto P5, com grande influência de área urbanizada, observou-se valor de pH mais alto na época de chuva (5,8) do que na época de seca (5,0).

Em estudo químico do Rio Murucupi em Barcarena, PA, Pereira *et. al.* (2007) encontraram águas bastante ácidas (pH de 4,35 a 6,15), em período de seca, resultado de acordo com a influência do material em suspensão nas águas de rios amazônicos (argila rica em caulinita e ácidos húmicos oriundos da decomposição de matéria vegetal) (LIMA e KOBAYASHI, 1988).

Em um estudo sobre a influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus, Silva *et al.* (2006) encontrou o menor valor de pH (5,0) em fevereiro de 2005, coincidente com a maior precipitação registrada no período observado (436 mm), associando a diminuição do pH com o aumento da precipitação.

A bacia do rio Purus é uma bacia trans-fronteiriça cobrindo áreas do Amazonas, Acre, Peru e Bolívia. Nos pontos de coleta de água do estudo de Silva *et. al* (2006) a cobertura do solo é por floresta primária nativa e apresenta longas áreas de inundação. O rio apresenta baixo índice de antropismo, com reduzidas áreas de conversão de floresta em áreas urbanas.

Foram registrados menores valores de pH nos pontos mais próximos das nascentes, P1 e P2. O ponto P1 apresentou a menor média, 5,0, enquanto que o ponto P2 apresentou média 5,8. A maior média foi calculada na sub-bacia com predominância urbana, P6, com média de pH de 6,2.

O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta em decomposição, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois, para haver decomposição de materiais muito ácido é produzido (como o ácido húmico). As águas conhecidas como Pretas, no rio Negro, no Amazonas, por exemplo, possuem pH muito baixo, devido ao excesso de ácidos em solução (TAKINO, 1984).

O menor valor de pH foi observado no ponto de coleta nas proximidades da nascente, em P1 (4,2), área com predominância de floresta.

Cabe observar que estudo realizado por Tenório *et. al*.(1999) na microbacia do Igarapé Praquiquara encontrou baixos valores de pH em análises do solo da bacia. A classe de solo de maior predominância encontrada, conforme citado anteriormente, corresponde ao denominado Latossolo Amarelo Distrófico, inclusive nas proximidades dos pontos P1 e P2. Valores de pH observados em três perfis deste solo são apresentados nas TABELAS 16, 17.

TABELA 16 – pH DO SOLO REGISTRADO EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICOS MESOFÉRRICOS NO IGARAPÉ PRAQUIQUARA. PERFIIS 1, 2.

Horiz.	pH Perfil 1	pH Perfil 2
A_1	4,4	5,3
A_2	4,7	
AB	4,8	5,1
BA	4,7	
B_1	4,9	4,5
B_2	4,7	4,9

FONTE: TENÓRIO et. al. 1999

TABELA 17 – pH DO SOLO REGISTRADO EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO HIPOFÉRICO. PERFIL 3.

Horiz.	pH
$A_{1(CN)}$	4,7
$A_{2(CN)}$	4,8
$B_{(CN)}$	4,9

FONTE: TENÓRIO et. al. 1999

Os resultados das análises apresentadas nas TABELAS 16 e 17 indicam que o horizonte A apresenta pH entre 4,4 e 5,3, considerado ácido. Estes resultados indicam a grande influência da acidez do solo sobre o pH observado nas proximidades das nascentes (entre 4,2 e 5,0).

Farias (2006), observa que quanto mais ácido for o solo da bacia, mais ácidas serão as águas do corpo d'água.

5.3.5. Condutividade Elétrica

As resoluções CONAMA não apresentam limites para o parâmetro condutividade elétrica em corpos d'água. A TABELA 18 e a FIGURA 26 apresentam os resultados do monitoramento do parâmetro condutividade elétrica.

TABELA 18 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (µS/cm)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	24	21	12	14	12	16	18	16	16,6
Campanha 2 28/07/2010	26	22	10	12	12	12	14	14	15,3
Campanha 3 14/10/2010	22	21	9	11	10	13	15	13	14,3
Campanha 4 18/12/2010	21	22	13	13	12	17	16	15	16,1
Mínimo	21	21	9	11	10	12	14	13	-
Máximo	26	22	13	14	12	17	18	16	-
Média	23,3	21,5	11	12,5	11,5	14,5	15,8	14,5	-

Sub-bacias com predominância de Floresta
Sub-bacias com predominância de Urbanização
Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

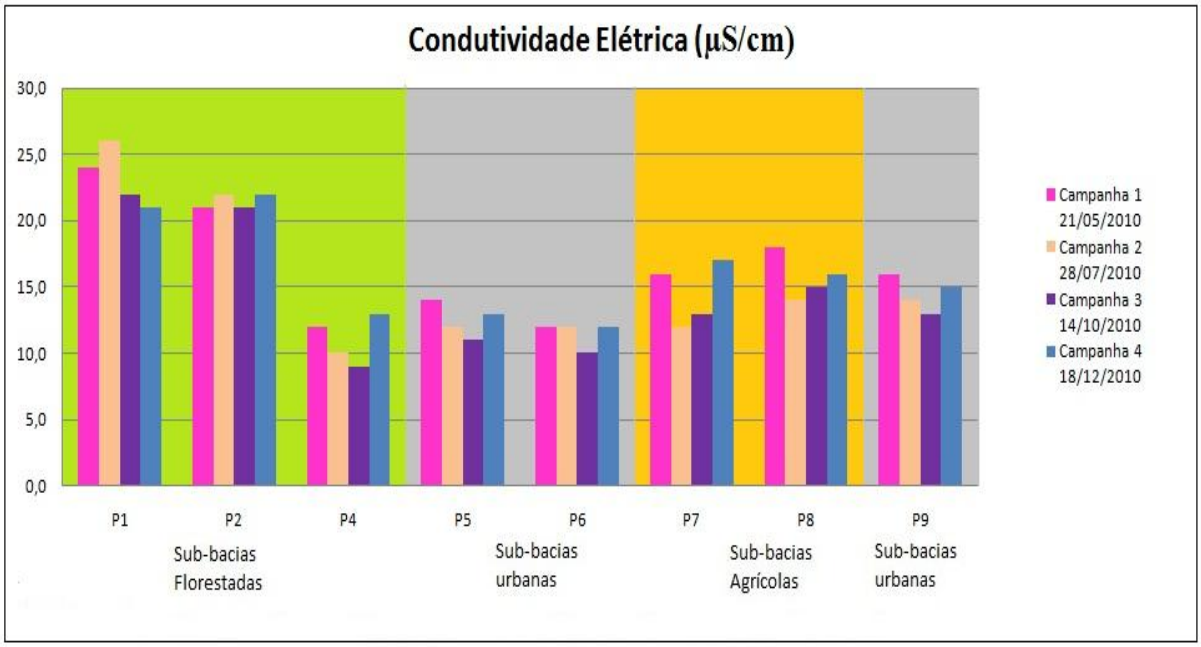

FIGURA 26 – Resultados do monitoramento de Condutividade Elétrica.

Valores de condutividade elétrica representam medidas indiretas da quantidade de íons dissolvidos presentes na água, indicando aportes de soluções mais concentradas em elementos solúveis, possivelmente em conseqüência das características dos meios por onde percolam (HORBE e OLIVEIRA, 2008).

Arcova e Cicco (1999), ao estudar a qualidade da água em micro bacias na região de Cunha – SP, destacaram que não foi possível detectar qualquer influência do uso do solo sobre a condutividade elétrica da água em micro bacias florestadas e agriculturáveis.

Pinheiro, Dias e Coluna (2007) associam a concentração de sólidos dissolvidos na água com a condutividade elétrica, considerando que com o aumento dos íons dissolvidos em água, aumenta sua capacidade de conduzir corrente elétrica.

No presente estudo esta condição foi observada. As maiores concentrações de sólidos dissolvidos foram encontradas nas sub-bacias P1 e P2, onde foram observados os maiores valores médios de condutividade elétrica, 23,3 e 21,5 µS/cm, respectivamente.

Nas sub-bacias agrícolas, P7 e P8, e com predomínio urbano P6, valores de condutividade acompanharam os de sólidos dissolvidos, com médios 14,5; 15,8 e 11,5 µS/cm, respectivamente.

Figueiredo (2007), em estudo no município de Paragominas – PA relacionou o aumento da condutividade elétrica com o aumento das áreas de agricultura de grãos.

A condutividade elétrica é influenciada pela concentração de sais presentes na água. As atividades antrópicas, incluindo lançamento de esgotos são causas freqüentes de aumentos de concentrações de sais, indicando o aumento na disponibilidade de nutrientes nessas bacias (PRÉVOST, PLAMONDON e BELLEAU, 1999).

5.3.6. Oxigênio Dissolvido (OD) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Os resultados de monitoramento de OD são apresentados na TABELA 19 e a FIGURA 27 para as quatro campanhas realizadas.

TABELA 19 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE OD.

OD - OXIGÊNIO DISSOLVIDO (mg/l)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	10,7	6,8	1,2	16,7	5,3	4,3	9,5	4,5	7,4
Campanha 2 28/07/2010	9,8	5,3	1,9	14,7	4,4	4,9	8,8	3,6	6,7
Campanha 3 14/10/2010	8,7	6,2	2,3	15,4	4,1	4,7	9,8	2,3	6,7
Campanha 4 18/12/2010	9,5	7,3	1,5	13,8	4,9	5,2	10,4	3,8	7,1
Mínimo	8,7	5,3	1,2	13,8	4,1	4,3	8,8	2,3	-
Máximo	10,7	7,3	5,0	16,7	5,3	5,2	10,4	5,0	-
Média	8,7	6,1	2,4	13,1	4,7	4,8	8,7	3,8	-

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
Sub-bacias com predominância de Floresta
Sub-bacias com predominância de Urbanização
Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

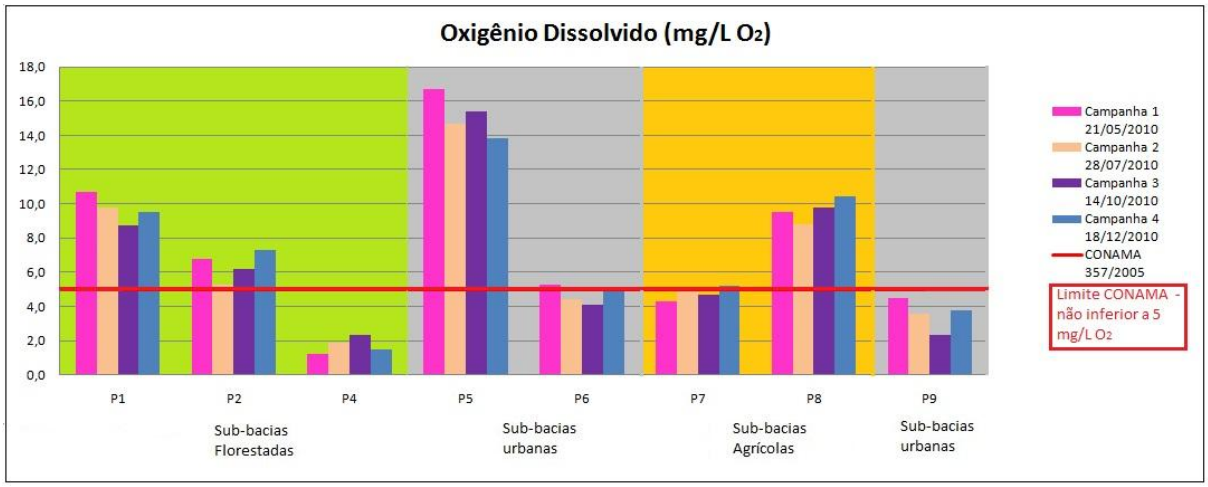

FIGURA 27 – Resultados do monitoramento de OD.

A TABELA 19 e a FIGURA 27 mostram baixas concentrações de OD observadas nos pontos P6, P7 e P9. O ponto P6 encontra-se em sub-bacia urbanizada, sendo a presença de lixo nas margens, comum. A sub-bacia P7 recebe contribuição de áreas agrícolas, com predominância para a pecuária de suínos, em uma fazenda próxima do ponto.

O ponto P9 localiza-se em área urbana que contribui com lançamento de efluente, resultando em diminuição nos valores de Oxigênio Dissolvido neste ponto.

O ponto P5 apresentou altos níveis de oxigênio dissolvido em todas as campanhas. Os valores entre 13,8 e 16,7 mg/L de O_2 registrados neste ponto encontram-se acima do nível de saturação, que é 8,3 mg/L de O_2 e corresponde à quantidade máxima de oxigênio possível de ser dissolvida, e que varia com a temperatura da água e altitude do ponto de coleta e pode ser medida em laboratório.

Os altos valores registrados na sub-bacia P5 podem ser resultado do lançamento de esgoto “in natura” nesta sub-bacia de predomínio urbano.

O lançamento de efluente sem tratamento resulta num alto aporte de nutrientes e quanto maior a quantidade de nutrientes na água, maior é o crescimento de algas.

Até certa quantidade este aumento da atividade algal leva ao aumento, durante o dia, do nível de oxigênio devido à fotossíntese e um decréscimo à noite pela cessação da fotossíntese. Se a quantidade nutrientes for suficiente, ocorre uma rápida proliferação de algas e a morte natural de uma parte destas aumenta a atividade de bactérias aeróbicas com a conseqüente diminuição do nível de OD (FIORUCCI e BENEDETTI F^{o}, 2005).

O limite mínimo para o parâmetro OD preconizado pela Resolução CONAMA nº 357, para águas doces classe 2 corresponde a 5mg/L O_2. 43% dos resultados obtidos nas campanhas de monitoramento ficaram abaixo deste. O ponto P4 apresentou todos os valores muito abaixo deste limite.

A sub-bacia P4 apresenta águas praticamente estagnadas e com grande presença de plantas aquáticas. Cabe observar que a vazão pode influenciar os valores de OD, dependendo das características físicas dos leitos dos córregos. Maiores vazões correspondem a maiores velocidades e maior turbilhamento de água, podendo ocasionar maior incorporação de OD no corpo d'água (BARROSO, 2006).

A temperatura da água no ponto P4 está entre as mais altas observadas no monitoramento podendo ter influenciado nos baixos valores de OD. Barroso (2006) encontrou em seu estudo menores concentrações de OD, para pontos apresentando maiores valores de temperatura.

Concentrações de OD abaixo de 5 mg/L podem adversamente afetar o funcionamento e sobrevivência de comunidades biológicas e valores abaixo de 2 mg/L podem levar à morte de muitos peixes. A medida de OD pode indicar o grau de poluição pela matéria orgânica, a degradação de substâncias orgânicas e o nível de auto-depuração da água (CHAPMAN e KIMSTACH, 1992).

A introdução de matéria orgânica em um corpo d'água resulta, indiretamente, em consumo do oxigênio dissolvido. Tal se deve aos processos de estabilização da matéria

orgânica causados pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o oxigênio disponível no meio liquido para sua respiração (VON SPERLING, 1996).

Fonseca e Salvador (2003), ao analisarem a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Bonito, Descalvado/SP, observaram a diminuição dos teores de oxigênio dissolvido durante a estação chuvosa, em relação aos teores de estiagem (estação seca). Segundo os autores, esta constatação pode ser explicada pelo consumo de oxigênio pela matéria orgânica carreada da lavagem da superfície do solo pelas águas pluviais.

No presente estudo registraram-se maiores teores durante o período chuvoso, provavelmente resultantes do aumento da vazão e, conseqüentemente do turbilhamento das águas do igarapé, gerando aeração e aumentando o teor de oxigênio dissolvido na água.

A TABELA 20 e a FIGURA 28 apresentam as concentrações de DBO registradas para os pontos monitorados.

TABELA 20 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE DBO.

DBO - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (mg/L)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	1,7	5,8	17,2	0,8	5,0	9,3	2,5	9,5	6,5
Campanha 2 28/07/2010	2,8	5,0	15,9	0,3	10,4	9,9	3,8	10,6	7,3
Campanha 3 14/10/2010	3,7	5,2	12,7	0,2	10,9	9,7	2,8	12,3	7,2
Campanha 4 18/12/2010	2,5	4,3	16,5	0,6	11,1	5,0	1,4	10,8	6,5
Mínimo	1,7	4,3	12,7	0,2	5,0	5,0	1,4	9,5	-
Máximo	3,7	5,8	17,2	0,8	11,1	9,9	3,8	12,3	-
Média	2,7	5,1	15,6	0,5	9,4	8,5	2,6	10,8	-

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
Sub-bacias com predominância de Floresta
Sub-bacias com predominância de Urbanização
Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

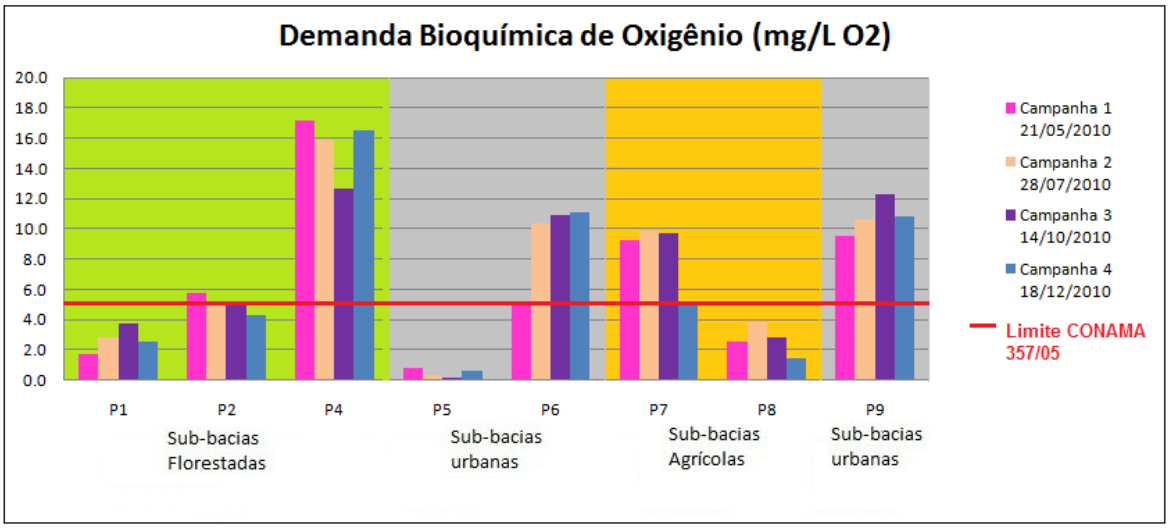

FIGURA 28 – Resultados do monitoramento de DBO.

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia.

Sendo assim, as maiores concentrações de DBO normalmente são encontradas em áreas apresentando grandes concentrações de matéria orgânica, seja ela natural, ou lançada no corpo hídrico.

A DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) retrata, de uma forma indireta, o teor de matéria orgânica nos esgotos ou no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial de consumo do oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996).

O maior valor de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) foi observado no ponto P4, na 1ª campanha (17,2 mg/L O_2). Neste ponto foi calculada a maior média, 15,6 mg/L O_2. Neste mesmo ponto foram observados os menores valores de OD. A alta taxa pode ser causada pelo processo de decomposição de matéria orgânica em grande quantidade oriunda de matéria morta que caem das árvores.

A menor média foi calculada para o ponto P5, 0,8 mg/L, cujos valores de DBO foram os menores registrados e em contrapartida as concentrações de OD foram as mais expressivos em todas as campanhas.

Quando analisados a valores DBO médios observa-se que, com exceção dos pontos P1, P2, P5 e P8, os demais pontos apresentaram valores superiores ao máximo permitido pela resolução do CONAMA para águas doces de classe 2.

O ponto P6 apresentou elevada concentração média, 9,4 mg/L O_2. O fato provavelmente seja decorrente do lançamento de cargas poluidoras provenientes de atividades agropecuárias, como suínocultura, em propriedade rural localizada à montante, além de lançamento de efluentes domésticos advindos de vila que circunda a região. Os pontos P7 e P9, que apresentaram médias 8,5 mg/L e 10,8 mg/L, respectivamente, apresentam valores de DBO influenciados por lançamentos de esgotos sanitários nas vilas situadas à montante.

5.3.7. Series Nitrogenadas

A TABELA 21 e a FIGURA 29 apresentam os valores de nitrogênio amoniacal registrados durante as quatro coletas, em cada ponto amostrado, nas águas superficiais das sub-bacias do igarapé Praquiquara.

Os valores de nitrogênio amoniacal variaram, na época das chuvas, de 0,02 mg/L, no ponto P5, à 0,28 mg/L, no ponto P1, nas proximidades de nascentes, em sub-bacias com predominância de florestal. No período de estiagem, as concentrações estiveram entre 0,01 mg/L, no ponto P8, e 0,12 mg/L no ponto P2 (jusante de nascentes de uso do solo de sub-bacia contribuinte com predominância de floresta) como apresentado na TABELA 21. Durante a campanha 3, realizada em período seco, todas as concentrações de Nitrogênio amoniacal se apresentaram abaixo do limite de detecção adotado nas análises laboratoriais (0,01 mg/L).

TABELA 21 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE NITROGÊNIO AMONIACAL.

NITROGÊNIO AMONIACAL (mg/L)								
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**
Campanha 1 21/05/2010	0,24	< 0,01	< 0,01	0,02	0,11	< 0,01	0,02	< 0,01
Campanha 2 28/07/2010	0,05	0,12	0,03	0,10	0,09	0,06	0,01	< 0,01
Campanha 3 14/10/2010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Campanha 4 18/12/2010	0,28	0,15	0,21	0,21	0,23	0,19	0,13	0,25
Máximo	0,28	0,15	0,21	0,21	0,23	0,19	0,13	0,25
Média	0,14	0,07	0,06	0,08	0,10	0,06	0,04	0,06

----------	Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
	Sub-bacias com predominância de Floresta
	Sub-bacias com predominância de Urbanização
	Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

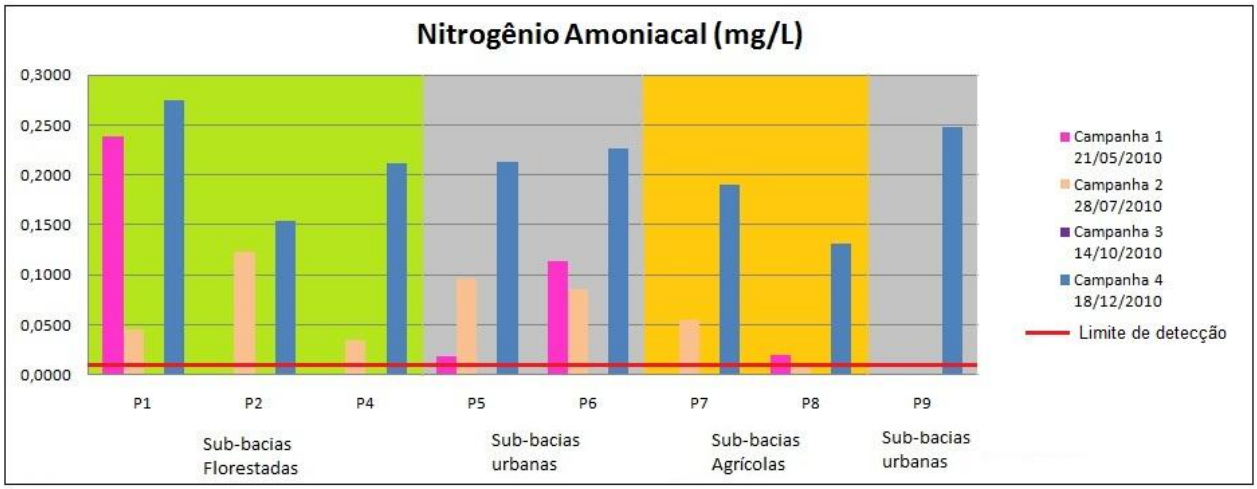

FIGURA 29 – Resultados do monitoramento de Nitrogênio Amoniacal

Os resultados do monitoramento de amônio são apresentados na TABELA 22 e a FIGURA 30.

TABELA 22 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE AMÔNIO

AMÔNIO (mg/L)								
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**
Campanha 1 21/05/2010	0,29	< 0,01	< 0,01	0,02	0,14	< 0,01	0,02	< 0,01
Campanha 2 28/07/2010	0,05	0,15	0,12	0,12	0,10	0,07	0,01	< 0,01
Campanha 3 14/10/2010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Campanha 4 18/12/2010	0,33	0,19	0,26	0,26	0,28	0,23	0,26	0,30
Máximo	0,17	0,09	0,09	0,10	0,13	0,08	0,07	0,08
Média	0,29	< 0,01	< 0,01	0,02	0,14	< 0,01	0,02	< 0,01

----------	Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
	Sub-bacias com predominância de Floresta
	Sub-bacias com predominância de Urbanização
	Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

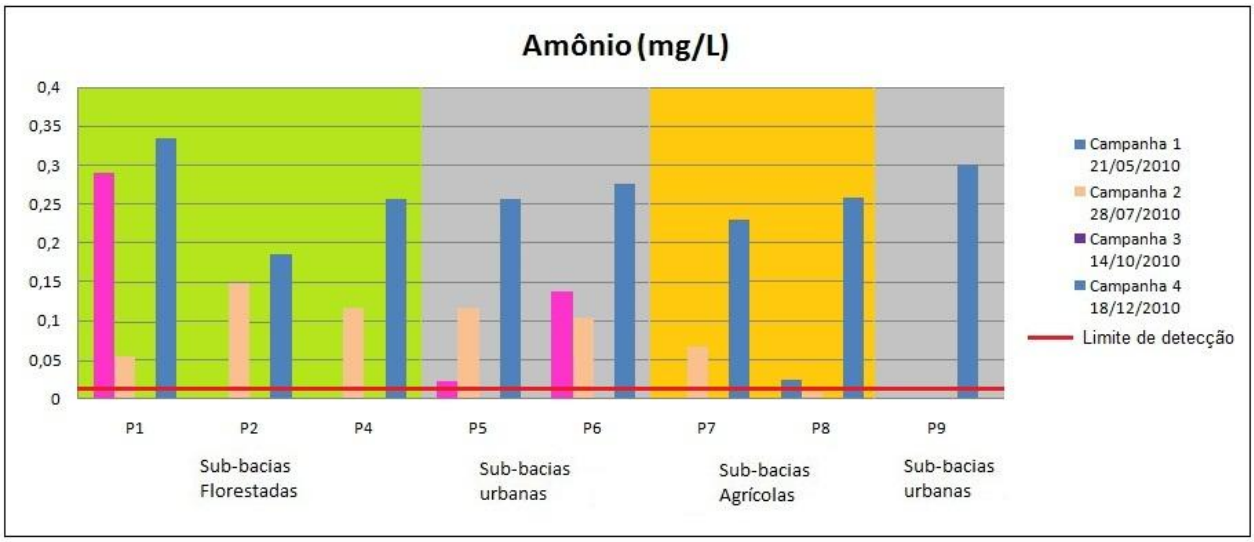

FIGURA 30 - Resultados do monitoramento de Amônio

Em relação ao íon amônio foram observados valores entre 0,020 mg/L (P5) e 0,33 mg/L (P1) no período chuvoso. No período de seca, os valores variaram de 0,01 mg/L (P8) e

0,15 mg/L (P2). Na campanha 3, todos os valores se apresentaram abaixo do limite de detecção adotado nas análises laboratoriais (0,01 mg/L).

Segundo Branco, citado por Lopes (2007), períodos de chuva facilitam a proliferação de bactérias que transformam amônio em nitrito, resultando em um aumento ainda maior na proliferação de microorganismos.

Os resultados do monitoramento de nitrito são apresentados na TABELA 23 e a FIGURA 31.

TABELA 23 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE NITRITO

NITRITO (mg/L)								
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**
Campanha 1 21/05/2010	0,026	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,004	0,006	0,016	0,025
Campanha 2 28/07/2010	< 0,0001	0,002	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,003	< 0,0001
Campanha 3 14/10/2010	0,018	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Campanha 4 18/12/2010	< 0,0001	0,019	0,020	< 0,0001	0,029	0,032	0,019	0,019
Máximo	0,026	0,019	0,0198	-	0,029	0,032	0,019	0,025
Média	0,013	0,005	0,005	-	0,008	0,009	0,009	0,011
----------	Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;							
	Sub-bacias com predominância de Floresta							
	Sub-bacias com predominância de Urbanização							
	Sub-bacias com Predominância de Agricultura							

Nas campanhas de monitoramento, as maiores concentrações de nitrito foram observadas no período chuvoso.

Os valores de nitrito, em geral, foram relativamente baixos nas quatro campanhas. Nas campanhas realizadas em período chuvoso, foram observados valores entre 0,004 mg/L (P6) e 0,026 mg/L (P1). Nas campanhas realizadas em períodos de estiagem,

valores superiores ao limite de detecção foram observados em apenas em 3 pontos, P1 (0,018 mg/L), P2 (0,002 mg/L) e P8 (0,003 mg/L).

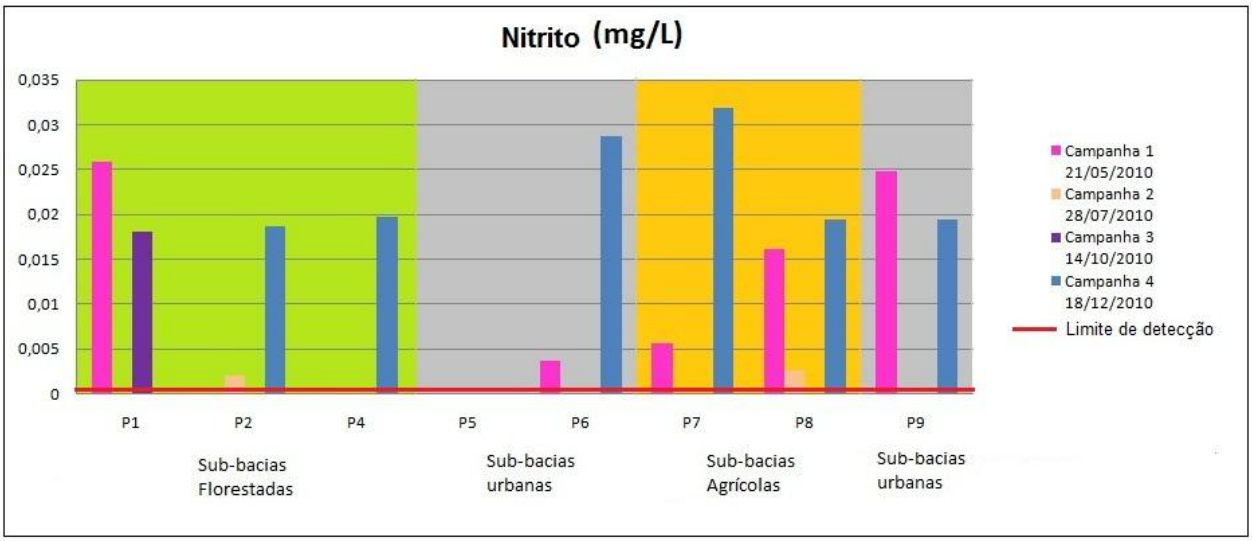

FIGURA 31 – Resultados do monitoramento de Nitrito

Concentrações de nitrito são usualmente muito baixas, em torno de 0,001 mg/L, e raramente maiores que 1 mg/L. Altas concentrações são geralmente indicadoras de efluentes industriais e são freqüentemente associadas com qualidade de água insatisfatória (CHAPMAN, 1992). As maiores concentrações foram encontradas nos pontos P1 e P2 (jusante de áreas florestadas). No período chuvoso, foi observada em P1 concentração de nitrito 0,026 mg/L, enquanto que no período seco foi registrado 0,018 mg/L. O ponto P2 apresentou concentração de 0,002 mg/L no período seco, e concentração abaixo do limite de detecção, 0,0001 mg/L no período chuvoso.

Mesmo os maiores valores, observados nos pontos P1 e P2, foram muito inferiores ao limite preconizado para águas doces Classe 2, 1mg/L. As sub-bacias hidrográficas dos pontos P1 e P2 são protegidas por florestas, não apresentando contaminações industriais, nem outras atividades antrópicas significativas.

Rees *et al*. (1989) observa que a água subterrânea pode possuir uma composição química dominada pelas formas inorgânicas oriundas de horizontes mais profundos dos solos, retratando os processos de mineralização ocorridos no sistema rocha-solo e esta

água quando aportada no curso d'água traz consigo essa composição. Sendo assim, existe a possibilidade dos compostos nitrogenados presentes na água superficial serem oriundos da água subterrânea.

Os resultados do monitoramento de nitrato são apresentados na TABELA 24 e a FIGURA 32.

TABELA 24 – RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE NITRATO

NITRATO (mg/L)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	0,011	0,050	0,046	0,020	0,006	0,009	0,075	0,120	0,042
Campanha 2 28/07/2010	1,699	1,650	0,217	0,174	0,186	0,216	0,311	0,344	0,600
Campanha 3 14/10/2010	7,020	6,738	0,206	0,055	0,279	0,090	0,645	0,704	1,967
Campanha 4 18/12/2010	7,110	4,910	1,549	1,199	0,932	0,681	0,700	0,791	2,234
Mínimo	0,011	0,050	0,046	0,020	0,006	0,009	0,075	0,120	-
Máximo	7,110	6,738	1,549	1,199	0,932	0,681	0,700	0,791	-
Média	3,960	3,337	0,504	0,362	0,351	0,249	0,432	0,490	-

----------	Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
	Sub-bacias com predominância de Floresta
	Sub-bacias com predominância de Urbanização
	Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

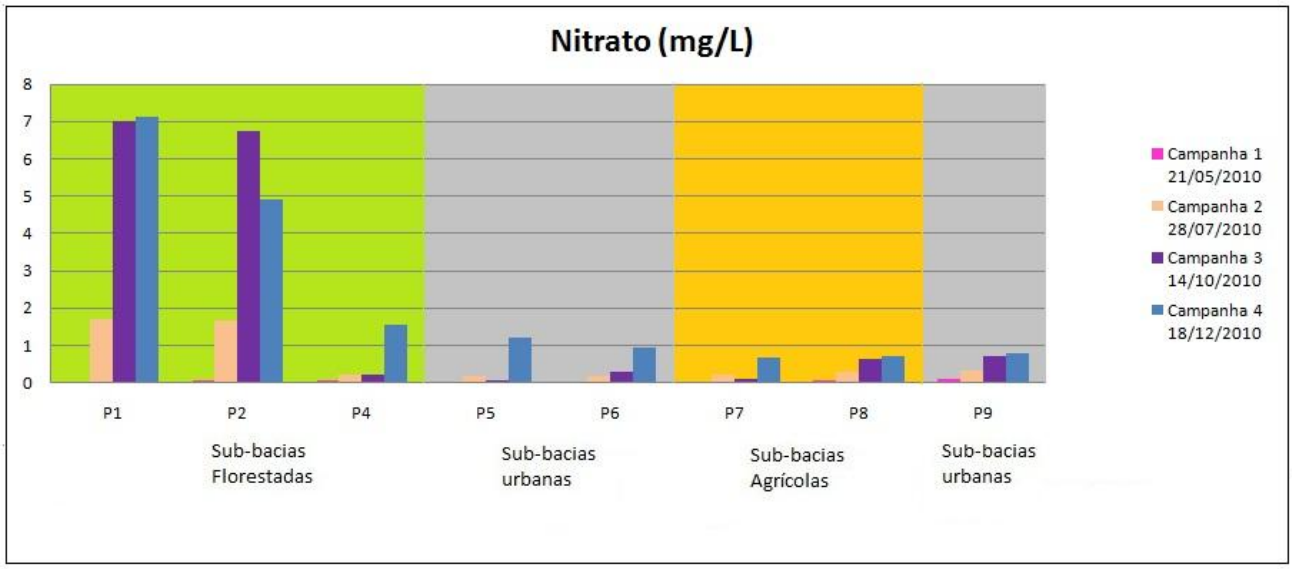

FIGURA 32 – Resultados do monitoramento de Nitrato

As concentrações de nitrato foram as maiores observadas dentre todos os compostos nitrogenados monitorados, tanto no período chuvoso como o seco.

No período chuvoso, as concentrações de nitrato variaram entre de 0,006mg/L (P6) e 0,120mg/L (P9) na primeira campanha. Na segunda campanha, período seco, registrou-se nos pontos P1 e P2 concentração de 1,699 mg/L e 1,650 mg/L respectivamente. Na quarta campanha, no período chuvoso, as concentrações nos mesmos pontos, 7,110 mg/L e 4,910 mg/L respectivamente foram muito maiores.

De uma forma geral, os valores das concentrações dos nutrientes foram maiores a jusante da nascente (P1) e a jusante de área florestada (P2). Estes valores foram superiores aos observados a jusante de áreas agrícolas (TABELA 24 e a FIGURA 32).

O íon nitrato é a forma mais comum de nitrogênio combinado encontrado nas águas naturais. Fontes naturais de nitrato nas águas superficiais incluem rochas ígneas, drenagem do solo e resíduos animais e plantas.

Foram registradas concentrações significativas de nitratos em águas superficiais situadas imediatamente a jusante de nascente florestada e de área com predomínio floresta tanto em período seco como chuvoso.

Figueiredo (2007), afirma que existe uma tendência de decréscimo das concentrações de nitrato ao longo do curso d'água dos igarapés mais preservados e que as concentrações de nitrato são maiores nas cabeceiras das bacias onde os igarapés nascem em remanescentes de florestas primárias, diminuindo a jusante, com o aumento de áreas desmatadas. Além disso, em seus estudos na Amazônia oriental, constatou que apenas nos solos das florestas primárias o nitrato é abundante, sendo, portanto a ciclagem não conservativa.

Em pesquisa realizada por Rodriguez (2001), na bacia hidrográfica do Alto Jacaré-Guaçú (SP), as concentrações de nitrato variaram de 0,230 mg/L a 0,930 mg/L no

período de estiagem devido, segundo o autor, principalmente à redução do fluxo de água neste período. Por outro lado Cabral (2004) observou maiores valores de nitrato no período chuvoso.

Valores de nitrato em bacias podem ser explicados por características pedológicas. Para Palmieri *et. al.* (1996), os solos se desenvolvem sobre rochas e sedimentos, pela ação integrada dos agentes climáticos e organismos, condicionados pelo relevo: a) dinâmica da água b) espessura do solo e diferenciação de horizontes; c) horizontes superficiais, espessura e teor de matéria orgânica; d) cor e temperatura do solo; e e) saturação de bases e lixiviação.

Shigaki (2006), em estudo desenvolvido na região sul do Brasil, atribuiu aumento das concentrações de nitrato à solubilização de sais ou ao deslocamento de íons, retidos ou não às partículas do solo, carreados para o meio aquático, aumentando o aporte destes nutrientes.

Rodriguez (2001), em estudo na bacia do Alto Jacaré-Guaçú-SP observou, entretanto, aumento da concentração de nutrientes nas águas no período de estiagem, e atribuiu este fato à redução da vazão.

De uma maneira geral, as concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrito e amônio encontrados neste estudo foram maiores nos períodos chuvosos.

Segundo Gonçalves (2005), concentrações acima de 0,2 mg/L de nitrato podem favorecer a proliferação de plantas aquáticas e, se a água for represada poderão afetar os níveis de OD. Durante a terceira campanha, foi observada grande quantidade de plantas aquáticas, principalmente nos pontos P4, P7 e P8.

Meissner *et. al.* (1998) mostraram que na Alemanha, a agricultura é diretamente responsável por mais de 50% do nitrogênio lixiviado para os córregos e rios, devido

principalmente, ao carreamento de terra, poluição difusa, através do escoamento superficial.

No presente estudo os maiores valores de nitrato não foram observados em bacias agrícolas.

Na campanha 4, em período chuvoso, na qual ocorreram as maiores concentrações de nitrato para os pontos de monitoramento correspondentes a bacias com predominância de urbanização e agricultura, os maiores valores foram observados naquelas bacias apresentando maior influência de urbanização.

Pekarová *et. al.* (1996), em estudos realizados na Eslováquia, encontraram as mais altas concentrações anuais de NO_3^- em bacias agrícolas, devido às altas quantidades de fertilizantes utilizados nas bacias, enquanto que os mais baixos foram observados em bacias florestadas.

O nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixos teores nas águas superficiais, mas podendo atingir altas concentrações em águas subterrâneas (APHA, 1998). Provavelmente, este seja o motivo das maiores concentrações terem sido observadas nos pontos P1 e P2, imediatamente a jusante de nascentes, ou seja, afloramentos de águas subterrâneas.

As concentrações de nitrato encontradas em P1 e P2 justificam-se também pelo resultado da decomposição da matéria orgânica oriunda dos restos vegetais, muito comuns nesta área florestada.

5.3.8. Ferro (Fe)

A TABELA 25 e a FIGURA 33 apresentam os resultados do monitoramento relativo ao parâmetro Ferro para as quatro campanhas realizadas.

TABELA 25 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE FERRO.

FERRO (mg/L)								
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**
Campanha 1 21/05/2010	< 0,0002	< 0,0002	0,16	0,15	0,13	0,10	0,11	0,52
Campanha 2 28/07/2010	0,07	0,21	0,51	0,54	0,55	0,61	0,60	0,61
Campanha 3 14/10/2010	0,02	0,02	0,06	0,05	0,06	0,07	0,04	0,08
Campanha 4 18/12/2010	< 0,0002	< 0,0002	0,08	0,05	0,07	0,14	0,13	0,17
Mínimo	0,02	0,02	0,06	0,05	0,06	0,07	0,04	0,08
Máximo	0,30	0,30	0,51	0,54	0,55	0,61	0,60	0,61
Média	0,13	0,18	0,22	0,22	0,22	0,24	0,23	0,34
	sub-bacias com predominância de Floresta							
	sub-bacias com predominância de Urbanização							
	sub-bacias com Predominância de Agricultura							

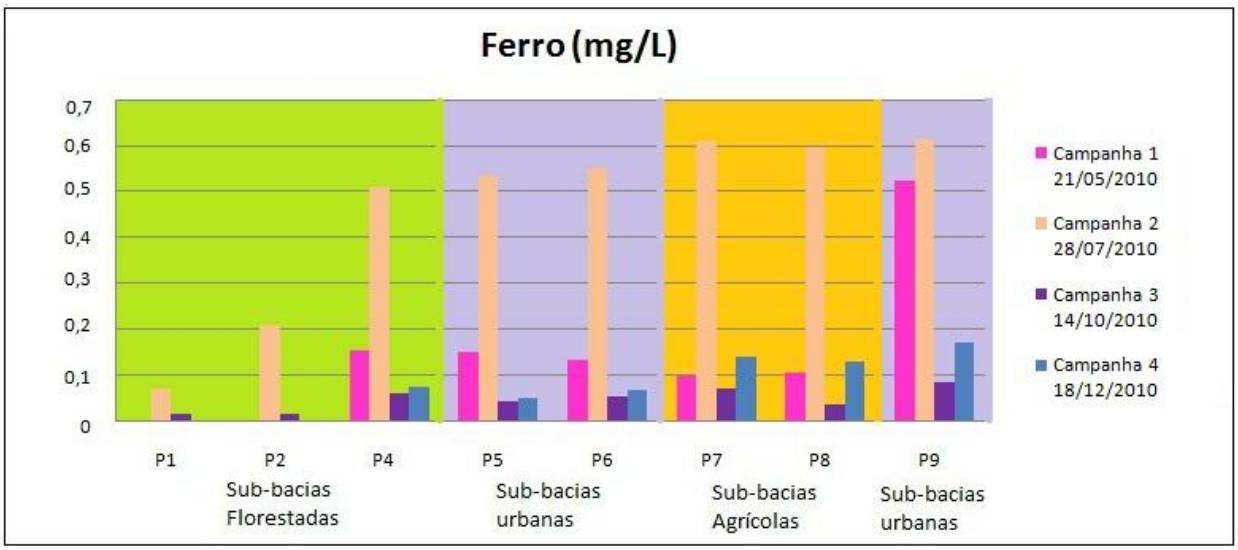

FIGURA 33 - Resultado do monitoramento de Ferro.

As concentrações de Ferro foram superiores ao limite de detecção adotado nas análises laboratoriais em 83% das amostras analisadas. O maior valor foi observado na segunda campanha, 0,61 mg/L, em período seco, no ponto P9, em sub-bacia influenciada por área urbana e agrícola.

Observa-se que as maiores concentrações foram encontradas durante a campanha 2, período de inicio de seca. Para os pontos P5 e P9 as menores concentrações foram registradas na 3ª campanha, também em período seco. Nas sub-bacias florestadas foram observados maiores concentrações de Ferro nas campanhas realizadas em período seco.

Bilich (2007), em estudo desenvolvido no ribeirão Mestre D'Armas, no Distrito Federal, observou que nas águas superficiais os níveis de concentração de ferro aumentaram no período chuvoso, devido ao carreamento de partículas constituintes dos solos e a ocorrência de processos de erosão das margens das drenagens.

Em um estudo de caracterização geoquímica das águas de abastecimento público da Amazônia oriental, região que abrange o município de Castanhal-PA, foram encontradas concentrações de Ferro variando de 0,0020 mg/L até 6,6600 mg/L (em região ocupada pelo grupo Barreiras). (MACAMBIRA e VIGLIO, 2007).

Os maiores valores de concentração de Fe foram encontrados nos pontos P7 e P8, em cujas bacias o uso do solo predominante é a agricultura, e no ponto P9, a jusante de área urbana, em período de seca. Segundo Menezes *et. al*. (2009) os resíduos agrícolas também são importantes fontes de ferro para as águas, por ser o ferro constituinte de diversos agroquímicos.

5.3.9. Fosfato

A TABELA 26 e a FIGURA 34 apresentam os resultados do monitoramento relativo ao parâmetro Fosfato, para as quatro campanhas realizadas.

O uso de adubos em grande quantidade, além de provocar deficiência à planta (atraso na maturação, acamamento de gramínea, aumento de suculência, aumento da

sensibilidade à baixa temperatura e redução da resistência à doenças), disponibiliza alta quantidade de nutrientes em solo bem drenado (CASTRO, 2001).

TABELA 26 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE FOSFATO

FOSFATO (mg/L)								
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**
Campanha 1 21/05/2010	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Campanha 2 28/07/2010	< 0,00003	0,0011	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	0,0433	< 0,00003
Campanha 3 14/10/2010	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003	< 0,00003
Campanha 4 18/12/2010	0,0812	< 0,00003	0,0765	< 0,00003	< 0,00003	0,0900	< 0,00003	< 0,00003

---------- Além do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas Classe 2;
sub-bacias com predominância de Floresta
sub-bacias com predominância de Urbanização
sub-bacias com Predominância de Agricultura

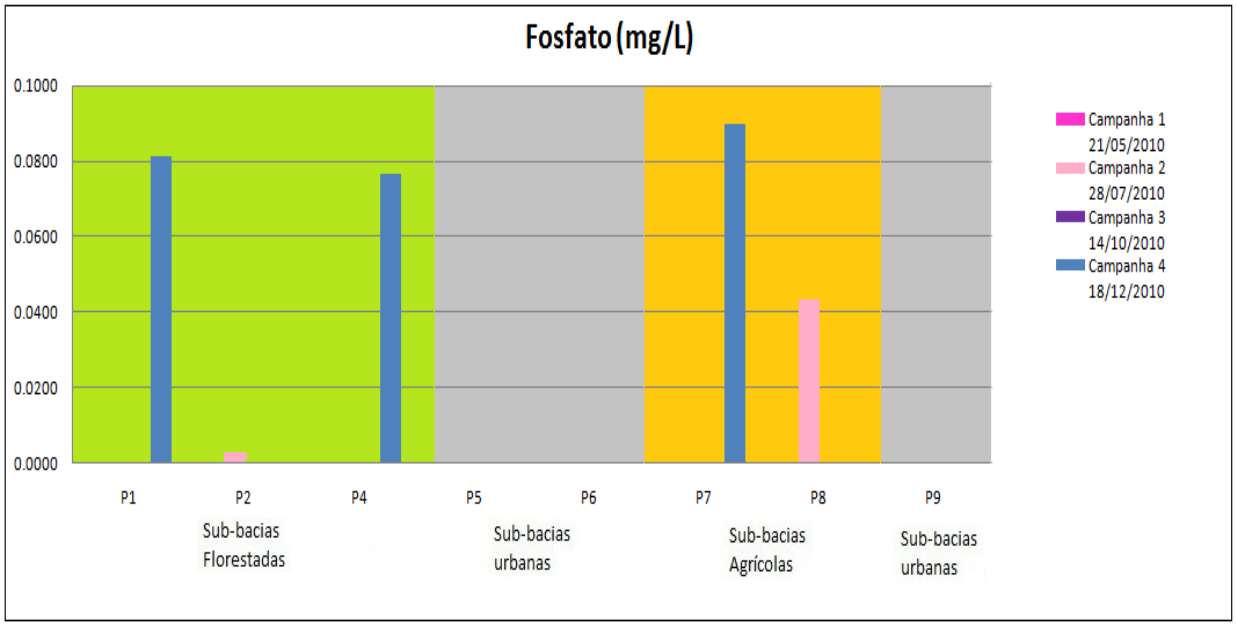

FIGURA 34 - Resultado do monitoramento de Fosfato

Valores de concentrações superiores ao limite adotado nas análises laboratoriais para o fosfato, 0,00003 mg/L só foram observados em 5 das 32 amostragens.

As maiores concentrações foram observadas na Campanha 4, realizada no período chuvoso. Contudo, na campanha 1, também no período chuvoso, todos os valores foram inferiores ao limite de detecção.

Mendonça e Castro (2004) justificaram a presença de fosfato em áreas florestadas devido ao mecanismo de ciclagem de fósforo ser insuficiente para compensar as perdas para os corpos hídricos através dos sedimentos. No caso das florestas, o fosfato encontra-se particulado, na fração argila do solo e na matéria orgânica.

Estudos desenvolvidos por Pekárová *et. al*. (1996), na Eslováquia, demonstraram que os valores de fosfato alcançaram até 0,01 mg/L em bacias florestadas. Este valor é inferior aos valores observados nos pontos P1 na 4ª campanha. As características de solo, relevo, clima e cobertura florestal podem ter sido fatores determinantes para essas diferenças.

Foram registradas concentrações de fosfato acima do limite de detecção nas sub-bacias P7 e P8, com predominância agrícola.

Mendonça e Castro (2004) justificaram a presença de fosfato em sub-bacias com predomínio agrícola pelo uso de fertilizantes fosfatados em períodos iniciais de chuva, prática de irrigação, despejos domésticos e queimadas.

5.3.10. Sulfato

A TABELA 27 e a FIGURA 35 apresentam os resultados do monitoramento relativo ao parâmetro Sulfato, para as quatro campanhas realizadas.

O sulfato é um dos íons mais abundantes na natureza. Em águas naturais, a fonte de sulfato ocorre através da dissolução de solos e rochas e pela oxidação de sulfeto. As

principais fontes antrópicas de sulfato nas águas superficiais são descargas de esgotos domésticos e efluentes industriais.

TABELA 27 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE SULFATO

SULFATO (mg/L)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	0,16	0,64	0,51	0,29	0,13	0,15	0,21	4,88	0,871
Campanha 2 28/07/2010	1,83	2,21	2,62	2,68	3,01	2,8	2,31	2,35	2,476
Campanha 3 14/10/2010	1,13	1,18	1,81	1,5	3,2	1,62	4,38	4,96	2,473
Campanha 4 18/12/2010	1,45	2,99	2,92	3,13	3,25	3,06	2,78	2,83	2,801
Mínimo	0,16	0,64	0,51	0,29	0,13	0,15	0,21	2,35	-
Máximo	1,83	2,99	2,92	3,13	3,25	3,06	4,38	4,96	-
Média	1,14	1,75	1,96	1,9	2,4	1,91	2,42	3,76	-

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2.
Sub-bacias com predominância de Floresta.
Sub-bacias com predominância de Urbanização.
Sub-bacias com Predominância de Agropecuária.

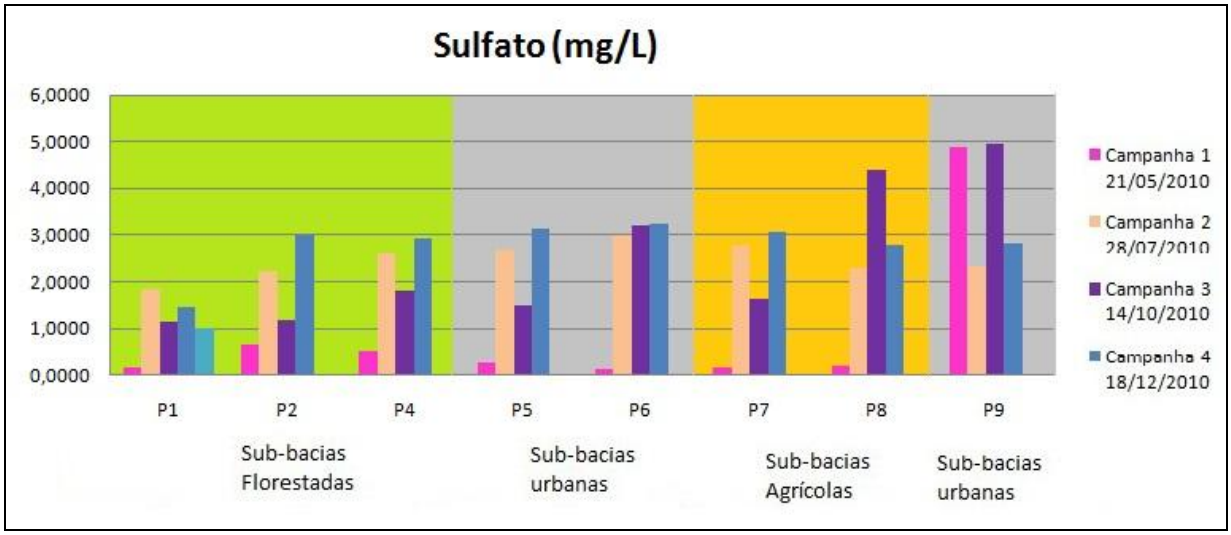

FIGURA 35 - Resultado do monitoramento de Sulfato

A Resolução CONAMA estabelece um limite de 250 mg/L de SO_4^-. Observa-se na TABELA 27 que esse limite não foi ultrapassado em nenhuma campanha, sendo que as

concentrações observadas estão muito abaixo. O maior valor observado corresponde a aproximadamente 2% do limite.

As menores médias de concentração de sulfatos foram observados nos pontos P1 e P2, em sub-bacias com predomínio florestal. As maiores concentrações de sulfato foram registrados nos postos P9, a jusante de área urbana, nas campanhas 1 e 3 e no ponto P8, sob influência predominante de agricultura.

As maiores concentrações devem-se, provavelmente, a lançamento de efluentes domésticos a montante. As menores concentrações de Sulfato foram registradas na 1ª campanha, em período chuvoso, que apresentou uma concentração média 0,87 mg/L.

Em um estudo de rios da Amazônia, Cunha e Pascoaloto (2006), ao monitorar 24 afluentes do Rio Amazonas encontraram valores de sulfato entre 2,3 a 5,0 mg/L, superiores à maioria dos resultados obtidos no presente estudo.

5.3.11. Manganês

Os resultados do monitoramento relativo ao parâmetro Manganês são apresentados na TABELA 28 e a FIGURA 36 para as quatro campanhas realizadas.

As concentrações de Manganês variaram entre 0,0009 mg/L, no ponto P7, na campanha 4 (estação chuvosa), e 0,0262 mg/L, na campanha 3 (estação seca) no ponto P2.

As maiores concentrações, para todos os pontos monitorados, foram observadas na 3ª campanha que corresponde à período seco.

TABELA 28 - RESULTADOS DO MONITORAMENTO DE MANGANÊS

MANGANÊS (mg/L)									
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**	**Média**
Campanha 1 21/05/2010	0,01	0,0117	0,0039	0,0055	0,0041	0,0036	0,0047	0,0065	0,006
Campanha 2 28/07/2010	0,0058	0,0084	0,0056	0,0052	0,0063	0,0072	0,0104	0,0058	0,007
Campanha 3 14/10/2010	0,0195	0,0262	0,0161	0,0173	0,0193	0,0205	0,0193	0,0171	0,019
Campanha 4 18/12/2010	0,0022	0,0053	0,0023	0,0012	0,0015	0,0009	0,0054	0,0047	0,003
Mínimo	0,0022	0,0053	0,0023	0,0012	0,0015	0,0009	0,0047	0,0047	-
Máximo	0,0195	0,0262	0,0161	0,0173	0,0193	0,0205	0,0193	0,0171	-
Média	0,0094	0,0129	0,007	0,0073	0,0078	0,008	0,0099	0,0085	-

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2;
Sub-bacias com predominância de Floresta
Sub-bacias com predominância de Urbanização
Sub-bacias com Predominância de Agropecuária

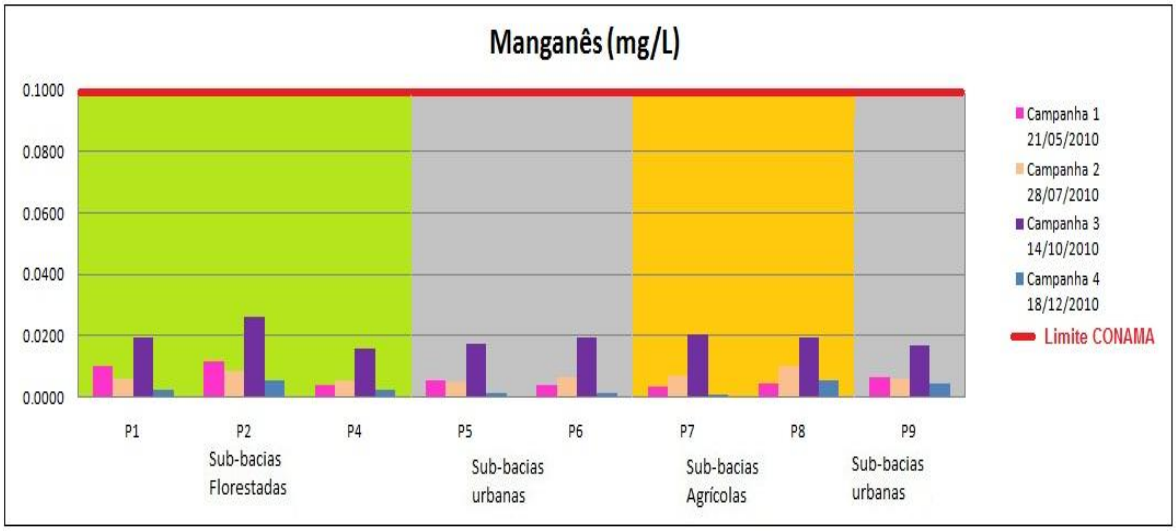

FIGURA 36 – Resultados do monitoramento de Manganês

Em estudo realizado em cursos d'água localizados em várzeas do rio Amazonas, Azevedo (2006) registrou concentrações entre 0,06 mg/L, no período de cheia, e 0,09 mg/L no período de seca. Em águas subterrâneas, na mesma região, as concentrações estiveram entre 0,04 mg/L, em período de cheia, e 0,02 mg/L na seca. Todos os valores registrados nos diversos pontos, no presente estudo, foram inferiores a 0,03 mg/L.

Em águas do rio Murucupi (Barcarena-PA), Pereira *et. al*. (2007), registrou concentrações médias 0,018 mg/L para pontos próximos a nascentes. No presente estudo, no ponto P2, sub-bacia com predomínio florestal, foi encontrada a maior concentração média, 0,0303 mg/L.

Em um estudo sobre a hidroquímica do rio Amazonas, na vazante, realizados por Santos e Botelho (1988), em frente à cidade de Parintins – AM foram encontrados teores de manganês em torno de 0,07 mg/L, próximos dos observados em outros estudos citados.

Observa-se na FIGURA 36 que os teores encontrados de Manganês neste trabalho foram muito inferiores ao limite preconizado pela legislação, 0,1 mg/L.

5.3.12. Coliformes Fecais

Os resultados do monitoramento relativo ao parâmetro Coliformes fecais são apresentados na TABELA 29 e a FIGURA 37, para as quatro campanhas realizadas.

As amostras coletadas nos pontos P1 e P2, a jusante de nascentes e áreas florestadas, não apresentaram presença de coliformes termotolerantes. As amostras coletadas em P4, com sub-bacia apresentando predomínio de áreas florestadas, apresentaram presença de coliformes, contudo com concentrações inferiores ao limite preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005, 1.000 NMP/100 ml. As sub-bacias urbanizadas apresentaram os maiores índices de coliformes, médias 585 NMP/100ml, 2975 NMP/100ml (sub-bacia P5) e 6925 NMP/100ml (sub-bacia P6). As sub-bacias com predominância de agricultura também registraram altas médias, com 658 NMP/100ml (sub-bacia P7) e 678 NMP/100ml (sub-bacia P8).

TABELA 29 – RESULTADO DO MONITORAMENTO DE COLIFORMES FECAIS.

Coliforme Fecal (NMP/100ml)								
Pontos Monitorados	**P1**	**P2**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**	**P9**
Campanha 1 21/05/2010	0	0	940	4600	9300	800	840	15000
Campanha 2 28/07/2010	0	0	430	1500	5600	380	430	6700
Campanha 3 14/10/2010	0	0	150	2100	4200	510	660	9100
Campanha 4 18/12/2010	0	0	820	3700	8600	940	780	21000
Mínimo	0	0	150	1500	4200	380	430	6700
Máximo	0	0	940	4600	9300	940	840	21000
Média	0	0	585	2975	6925	658	678	12950

---------- Fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces Classe 2

sub-bacias com predominância de Floresta

sub-bacias com predominância de Urbanização

sub-bacias com Predominância de Agricultura

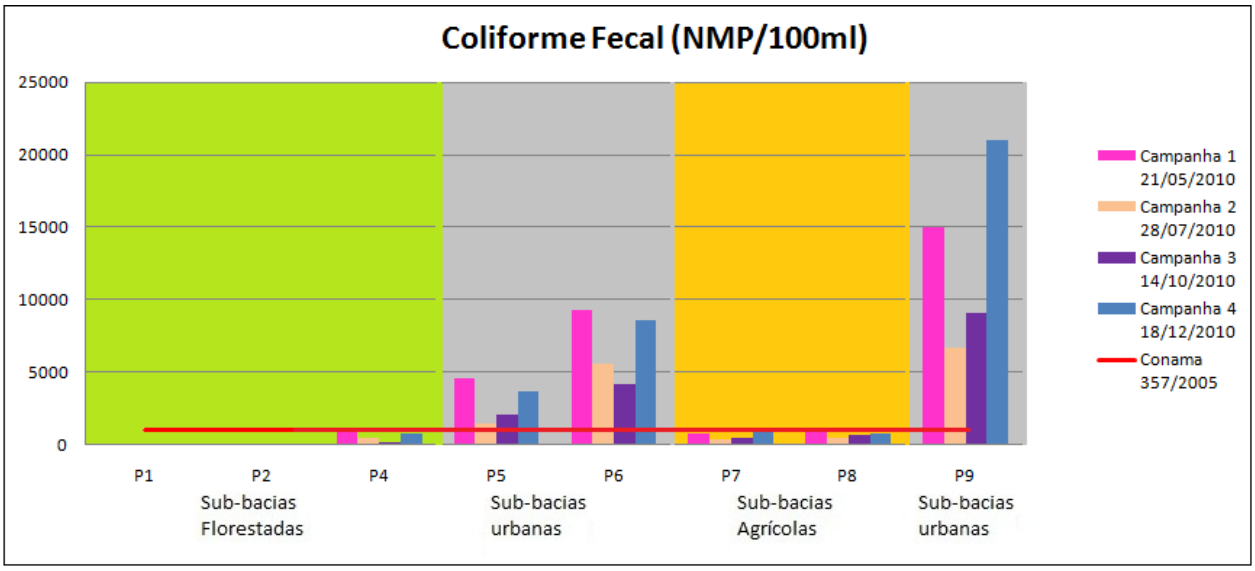

FIGURA 37 – Resultado do monitoramento de Coliformes fecais.

Santos (2006), na bacia do igarapé Apeú, não registrou presença de Coliformes fecais nas nascentes estudadas e observou altos valores nas áreas agriculturáveis e

urbanizadas, principalmente pela precariedade das instalações sanitárias nas vilas da área de estudo.

A FIGURA 37 apresenta o comportamento do parâmetro coliforme fecal ao longo dos pontos de coleta nos períodos de amostragem. Observa-se que no período chuvoso (1ª e 4ª campanhas) registrou-se maiores concentrações nos pontos amostrados. Santos (2006) também registrou maiores concentrações no período chuvoso em comparação com o período mais seco (2ª e 3ª campanhas), e para ela isso ocorreu principalmente nos igarapés cujas planícies de inundações, nessa época, são tomadas pelas águas, como no alto curso do igarapé Apeú, cujas propriedades têm seus quintais atingidos pelas águas onde estão construídos os sanitários.

O estudo do igarapé Praquiquara pode-se observar que durante o período de chuvas com a cheia do Igarapé, a planície de inundação é tomada pelas águas levando ao arraste desses contaminantes para o rio, já que as condições sanitárias locais não são adequadas para prevenir contaminações.

As altas concentrações encontradas nas sub-bacias urbanas e agrícolas (GRAFICO 20) já eram esperadas devido ao lançamento inadequado de resíduos e efluentes direto no igarapé, além das atividades de pecuária desenvolvidas nas propriedades localizadas às margens do mesmo.

5.4. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Com o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) a microbacia do Igarapé Praquiquara foi delimitada e mapeada segundo diferentes usos do solo. O predomínio na área de 7,12km^2 é de pastagens que ocupam 49% do total. As florestas ocupam 23%, porém restringem-se às proximidades nascentes e fragmentos localizados ao longo das margens do igarapé. A área urbana ocupa 15%, sendo os outros 11% ocupados por cultivos agricolas.

Das 8 (oito) sub-bacias delimitadas a partir dos pontos de coleta de água, 3 (três) apresentam predomínio de floresta: P1, P2 e P4. As sub-bacias correspondentes aos pontos P5, P6 e P9 são ocupadas em sua maior parte por áreas urbanas. As sub-bacias correspondentes aos pontos P7 e P8 são ocupadas predominantemente por agropecuária.

O monitoramento das águas demonstrou a influência da precipitação pluviométrica sobre diversos parâmetros de qualidade de água. Observou-se que houve diferenças entre os períodos de estiagem e períodos chuvosos nos valores de parâmetros monitorados. Temperatura, pH, DBO, Nitrato, Ferro estão entre os parâmetros que sofreram tal influência, apresentando diminuição de valores nos períodos de chuvas. Por outro lado, Sólidos Totais em Suspensão, OD, Nitrogênio Amoniacal, Amônio e Nitrito apresentam maiores valores no período chuvoso.

Diferentemente de outros estudos, para outras bacias amazônicas, que registraram valores de pH mais próximos da neutralidade em períodos chuvosos, justificados por maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamentos mais rápidos, o monitoramento da microbacia do igarapé Praquiquara registrou valores reduzidos de pH, considerados ácidos, no período chuvoso.

Quanto aos valores registrados para os parâmetros turbidez, sólidos totais dissolvidos (STD) e fosfato, não foi observada influência da precipitação pluviométrica. Cabe observar que, segundo a literatura, seria esperado aumento de turbidez em períodos chuvosos.

A turbidez, segundo diversos autores, é um parâmetro fortemente influenciado pela precipitação devido à grande quantidade de sedimentos carreados para os cursos d’água pelas chuvas.

Observou-se para as sub-bacias com predominância de agropecuária P7 e P8 também que, provavelmente, o aumento de concentrações de sólidos totais em suspensão no período chuvoso foi influenciado pelas extensas áreas de pastagem ou desmatamentos existentes nestas, que contribuem para maior carreamento de sólidos para os cursos d'água, que resultam em maior aporte de contaminantes oriundos da erosão no período chuvoso.

Quanto à temperatura, como em diversos estudos anteriores, as bacias florestadas apresentam menores valores, quando comparados com os registrados em bacias urbanizadas. Em áreas florestadas a temperatura apresentou valores menores do que em áreas urbanas.

Os íons Ferro, Sulfato e Manganês apresentaram baixas concentrações, mas estiveram sempre presentes nas amostras coletadas, supondo-se, assim, que os mesmos fazem parte da composição da água da microbacia estudada.

As áreas florestadas apresentaram como características, baixas temperaturas e baixos valores de turbidez, sólidos totais em suspensão (STS), pH, DBO e altos valores de sólidos dissolvidos totais (SDT) e nitrato.

As altas concentrações de sólidos dissolvidos totais (SDT) registrados nas áreas florestadas devem-se principalmente à grande quantidade de matéria orgânica depositada no leito oriunda da floresta local, e às características do subsolo.

Os baixos valores de pH observados nas proximidades de nascentes com predomínio florestal foram similares aos observados em outros estudos realizados na região amazônica. Ressalta-se que, o solo Latossolo Amarelo Distrófico, predominante na microbacia hidrográfica, apresenta baixo pH, muito provavelmente influenciando os baixos valores encontrados no monitoramento.

Os parâmetros temperatura, turbidez, sólidos totais em suspensão, sólidos totais, OD, DBO e Ferro apresentam maiores valores nas sub-bacias com predominância de agricultura, quando comparados com aqueles observados nas sub-bacias florestadas. Valores de nitrato no ponto P9, jusante de sub-bacia urbanizada e nos pontos P7 e P8, jusante de sub-bacias com predominância de agropecuária, foram superiores aos observados nos pontos situados a jusante de áreas com predominância de florestas.

Maiores valores de turbidez e sólidos suspensos totais observados em sub-bacias urbanizadas podem, também, estar relacionados com concentrações de sólidos de provenientes de estrada de terra.

Os baixos valores de OD e as altas concentrações de DBO observados em sub-bacias urbanizadas podem ter sido influenciados por lançamentos de esgotos “in natura”.

Dentre os parâmetros analisados, turbidez, sólidos totais dissolvidos, sulfato e manganês se apresentaram de acordo com os padrão da legislação.

Por outro lado os parâmetros pH, Oxigênio Dissolvido, OD, DBO apresentaram os maiores números de violações dos padrões legais para parâmetros de qualidade da água estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

O pH apresentou-se fora dos padrões determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para 65% das amostragens, com valores abaixo do limite inferior estabelecido, entre 4,2 a 5,8. Em outros estudos realizados na região amazônica valores de pH entre 4,0 e 6,0 foram comumente registrados. Valores de pH são influenciados pela quantidade de matéria morta, que ao ser decomposta, resulta em produção de ácido húmico. Esta acidez parece ser uma característica própria dos rios da Amazônia e, aparentemente, não influenciam negativamente na qualidade das águas, quanto à pesca, pois o rio Purus, que apresenta baixo pH, é a principal fonte de pesca que abastece os mercados de Manaus.

As concentrações de OD foram inferiores ao limite, 5mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para 43% das análises realizadas. Em destaque, os menores valores registrados no ponto P4 (média de 2,4) onde as águas se apresentaram com baixas velocidades e com grande presença de plantas aquáticas. Para esta microbacia os maiores valores de Oxigênio Dissolvido e os menores valores de DBO foram observados no período chuvoso.

Capítulo 6

Conclusões e Recomendações

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. CONCLUSÕES

A partir da análise dos dados de precipitação pluviométrica, uso do solo e dos resultados do monitoramento da qualidade da água dos pontos localizados nas sub-bacias do Igarapé Praquiquara, concluiu-se:

- A precipitação pluviométrica influenciou alguns parâmetros de qualidade da água da área de estudo. Observou-se que houve diferenças entre os períodos de estiagem e períodos chuvosos nas concentrações dos compostos analisados. Temperatura, pH, DBO, Nitrato, Ferro estão entre os parâmetros que sofreram tal influência, tendo suas concentrações diminuídas no período das chuvas. Sólidos Totais em Suspensão, OD, Nitrogênio Amoniacal, Amônio, Nitrito estão entre os parâmetros que tiveram suas concentrações aumentadas no período chuvoso.

- Os usos do solo predominantes nas sub-bacias foram classificados como florestal, urbanas e agropecuários. Cada uso do solo influenciou a qualidade da água de diferente forma. As áreas florestadas apresentaram concentrações de como parâmetros característicos, baixas temperaturas, baixas turbidez, altas concentrações de sólidos totais dissolvidos TDS, baixas concentrações de sólidos totais em suspensão (STS), baixos pH, altos índices de OD, baixas DBO e altas concentrações de nitratos. Os parâmetros temperatura, turbidez, sólidos totais em suspensão, sólidos totais, OD, DBO, Ferro nas sub-bacias com predominância de agropecuária se apresentaram muito diferentes daqueles observados nas sub-bacias florestadas. As sub-bacias com predominância de áreas urbanizadas apresentaram alterações no parâmetro turbidez e sólidos totais dissolvidos. O OD apresentou-se abaixo do padrão legal principalmente nas sub-bacias urbanizadas provavelmente pelo lançamento "*in natura*" de

efluentes no igarapé. O parâmetro DBO além do limite da legislação também foi característico das sub-bacias urbanizadas neste estudo.

- Os maiores números de violações dos padrões legais estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 foram apresentados pelos parâmetros pH, Oxigênio Dissolvido, DBO, coliformes.

- Os resultados de pH ultrapassaram os limites preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 pelo menos em uma campanha em todos os pontos analisados. Além disso, nas sub-bacias P1 e P4, com predomínio florestal e na sub-bacia P5 com predomínio urbano, ultrapassou os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em todas as campanhas amostradas. O pH apresentou-se fora dos padrões determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para a maioria das amostragens realizadas, sendo esta acidez característica própria de muitos cursos d'água da Amazônia.

- Atividades antrópicas contribuiram muito significativamente para diversas violações de limites preconizados pela legislação para diversos parâmetros, incluindo Oxigênio Dissolvido (OD), DBO e Coliformes fecais para bacias com predominância de áreas urbanas e de atividades agropecuárias.

- Os resultados de qualidade de água observados nas microbacias, pertencentes à bacia do igarapé Praquiquara, no presente estudo, e aqueles apresentados na literatura analisada, são indicativos dos graves problemas que podem desencadear em bacias do bioma Amazônico caso ocorra ocupação por urbanização e atividades agropecuárias sem que sejam adotadas ações de controle de poluição difusa e pontual, que incluam tratamento adequado de esgoto sanitário.

6.2. RECOMENDAÇÕES

- Monitoramento da qualidade das águas na bacia hidrográfica do igarapé Praquiquara deve ser usado como instrumento para planejamento de ações visando evitar contaminação e degradação;

- Estudos adicionais em um ambiente macro, na mesma região para melhor compreensão da dinâmica da inter-relação solo água e dos processos de degradação;

- Consideração da região como um sistema único e completo, de forma que ações sejam feitas em conjunto e de forma planejada, pois ações isoladas e pontuais, sem planejamento, prejudicam o sistema como um todo;

Capítulo 7

Referências

7. REFERÊNCIAS

ABDO, J. M. M.; BENEVIDES, V. F. de S.; COIMBRA, R. M.; OLIVEIRA, E. de; LOURD, M.; FRITSCH, J. M.; **HIBAM: Hidrologia da Bacia Amazônica: décima campanha de amostragem de água e sedimentos nas bacias dos Rios Tocantins, Xingu e Tapajós, Brasília, Marabá, Altamira, Itaituba.** 1997. Disponível em: < www.ana.gov.br/hibam >. Acessado em: 01 de agosto de 2010.

AGENCIA NACIONAL DAS AGUAS (ANA). Caderno de Recursos Hídricos: **Disponibilidade e Demanda de Recursos Hídricos no Brasil.** 2005.

AHEARN, D. S.; SHEIBLEY, R.W.; DAHLGREN, R. A.; ANDERSON, M.; JHNSON, J.; TATE, K.W.. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. **Journal of Hydrology.** 313 (2005) 234-247.

ALVES SOBRINHO T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. AYRES, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista Eng. Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, jan/10.

ANIDO, N. Caracterização Hidrológica de uma Microbacia Experimental Visando Identificar Indicadores de Monitoramento Ambiental. **Dissertação de Mestrado em Recursos Florestais** . Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo. 2002.

ANDRADE, A.R.de; FELCHAK, I.M.; A Poluição Urbana e o Impacto na Qualidade da Água do Rio das Antas – Irati/PR. Revista Eletrônica do Curso de Geografia – Campus Jatai – UFG., Jatai-GO, n.12, jan-jun.2009, p.108-132, 2009. ISSN: 1679-9860.

ANDERSON, J. R., *et. al*. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. In: **Geological Survey Professional Paper 964**. Edited by NJDEP, OIRM, BGIA, 1998, 2000, 2001, 2002, 2005. Disponível em: < http://www.state.nj.us/dep/gis/digidownload/metadata/lulc02/anderson2002.html > Acessado em: 26 de jan de 2010.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for the examinationof water and wastewater. 19. ed. New York,1998.

ARCOVA, F.C.S.; CICCO, V. Características do deflúvio de duas micro-bacias hidrográficas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmench, Cunha - SP. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v.9, n.2, p.153-70, 1997.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v.10, n.2, p.185-96, 1998.

ARHEIMER, B.; LIDÉN, R. Nitrogen and phosphorus concentrations from agricultural catchments - influence of spatial and temporal variables. **Journal of Hydrology**. 227:140-159, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 9896**: Define qualidade da água como o resultado de características físicas, químicas, biológicas e organolépticas de uma água, relacionado com o seu uso para um fim específico. Rio de Janeiro, 1993.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Water Quality for Agriculture.Tradução H.R. Ghety e J. F. de Medeiros, UFPB, Campina Grande-PB.1991.217p.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana.** ABRH. Porto Alegre, RS. 266p. 2005.

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. Belo Horizonte. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. v. 11, n. 128. p. 55-69, ago. 1985.

BILICH, M.R.; **Ocupação das Terras e a Qualidade da Água na Micro-bacia do Ribeirão Mestre D' Armas, Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília. Brasília. 2007. 134p.

BONNET, B.R.P. **Relações entre Qualidade da Água e o Uso do Solo em Bacias Hidrográficas no Cerrado Brasileiro: Aspectos Físicos e Sociais e Proposição de Diretrizes.** Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Ciências Ambientais – Universidade Federal de Goiás, 2007. 104p.

BRANCO, S. A água e o homem. In: R. PORTO, S. BRANCO, R. CLEARY, R. COIMBRA, S. EIGER, S. d. LUCA, et al., **Hidrologia Ambiental**. Editora da Universidade de São Paulo - ABRH. 1991.

BRASIL, Lei N° 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm >. Acessado em: 10 out. de 2009.

BRASIL, Lei N° 4.771, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm >. Acessado em: 20 de maio de 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria nº 518**: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, DF. Março de 2004.

BRITO, L. T. de L.; SRINIVASAN, V.S.; SILVA, A. de S.; GHEYI, H.R.; GALVÃO, C. de O.; HERMES, L.C.. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da

bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.596-602, 2005;

BROWN, T.C.; BINKLEY, D. Effect of management on water quality in north American forests. In: **General Technical Report.** Rocky Mountain, USDA Forest Service. USA: Unitated States Departament of Agriculture.1994. 27p.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, 23(5): 618-622, 2000.

CARVALHO, F. A. et. al. A importância dos remanescentes florestais da Mata Atlântica da baixada costeira fluminense para a conservação da biodiversidade na APA da Bacia do Rio São João/ Mico-Leão-Dourado, RJ. In: **Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação,** 4., 2004, Curitiba.**Anais...** Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, 2004. p.106-113.

CARONE, M. T.; SIMONIELLO, T.; MANFREDA, S.; e CARICATO, G. Watershed influence on fluvial ecosystems: an integrated methodology for river water quality management . In: Environmental Monitoring and Assessment. 2009, v. 152; n. 1-4, p. 327-342

CASAGRANDE, C.A. **Diagnóstico Ambiental a Análise Temporal da Adequabilidade do Uso e Cobertura do Solo na Bacia do Ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP.** Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agro ecossistemas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz" Universidade de São Paulo. 2005.153p.

CASTRO, C.B. **Impactos da Ocupação Antrópica sobre os Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas em Região Serrana do Estado do Espírito Santo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. 162p. 2001.

CASTRO, C. B.; MENDONÇA, A. S. F.; Interferência de atividades antrópicas e de condições sanitárias inadequadas sobre níveis de nitrogênio e fósforo em microbacias hidrográficas. In: **Anais VI Simpósio ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** ABES. Vitória-ES. 2002.

CASTRO, L. M. A. de. **Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água**. Tese de Doutorado - Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos . Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

CASTRO, L. M. A. de; BAPTISTA, M.B.; e BARRAUD, S. Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** V. 14 n.4 Out/Dez 2009, 113-123, 2009.

CASTRO, P.S.; LOPES, J.D.S. **Recuperação e conservação de nascentes**. Viçosa: Centro de produções técnicas, 2001. 84p (série saneamento e meio ambiente, N.296).

CHALMERS, A.T.; VAN METRE, P.C.; CALLENDER, E. The chemical response of particle-associated contaminants in aquatic sediments to urbanization in New England, U.S.A., **Journal of Contaminant Hydrology**, Available online, v. 91, n. 1-2, p. 4-25, 2007.

CHAPMAN, D. e KIMSTACH, V. The Selection of Water Quality Variables. In: CHAPMAN, D. (Org.) **Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring**. 1 ed. Cambridge, Great Britain: University Press, 1992.

COELHO, A.L.N. Uso de dados SRTM como ferramenta de apoio ao mapeamento geomorfológico de bacia de médio-grande porte. **Revista Geografia Acadêmica**. v.2 n.2 ano. viii, p. 138-153. ISSN 1678-7226. 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA EM SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) – Governo do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo, 2007.** São Paulo: CETESB, 2007. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/publicacoes.asp>. Acesso em: 22 de Jan. 2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA EM SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) – Governo do Estado de São Paulo. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem. In: Apêndice A.**São Paulo: CETESB, 2008. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/publicacoes.asp>. Acesso em: 22 de Jan. 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação: Diário Oficial da União, 18 de março de 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n.º 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Publicação: Diário Oficial da União, 20 de março de 2002.

CORRÊA, F. M. **Impactos antrópicos sobre a qualidade da água no Rio das Antas na área urbana da cidade de Anápolis – Goiás: Uma abordagem para gestão ambiental.** Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Gestão Ambiental da Universidade Católica de Brasília. 2005.

CUNHA. H. B.; PASCOALOTO, D. Hidroquímica dos rios da Amazônia. 2006. Manaus: Governo do Estado do Amazonas**. Cadernos do CCPA – Centro Cultural dos Povos da Amazônia.** Série Pesquisas. Manaus/AM.

CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 1998. 327p

DIAS, L.S.O.; ROCHA, G.A.; BARROS, E.U.A.; MAIA, P.H.P. Utilização do radar interferométrico para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 4, n.2, p.265-271, 2004.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; PAULA, R.C.de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Revista de Engenharia Agrícola de Jaboticabal**, Jaboticabal, SP. v.25, n.1, p.115-125, 2005.

DORNELLES, T.F. **Análise da alteração do uso do solo em bacias hidrográficas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 154p. 2003.

EBISE, S. INOUE, T., NUMABE, A. Runoff characteristics and observation methods of pesticides and nutrients in rural rivers. In: **Water Science Technology**. Great Britain. 1993. v. 28. n. 3-5. p. 101-110.

EMBRAPA - Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005 MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Disponível em: 20 junho 2010.

ESRI. ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE, ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 9.3. Software. 2007. Disponível em: <http://webhelp.esri.com>. Acesso em: 8 jun. 2010.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência, Rio de Janeiro. 602 pp. 1998.

FERNANDES, M.R.; e SILVA, J.C. Programa Estadual de Manejo de Sub-bacias Hidrográficas: Fundamentos e Estratégias – Belo Horizonte: EMATER-MG. 1994. 24p.

FIGUEIREDO, R. de O. Efeitos do Uso da Terra sobre Processos Hidrológicos e Hidroquímicos em Pequenas Bacias na Amazônia. In: **VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007, Caxambu.** Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. São Paulo: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007.

FIGUEIREDO, R. de O. Processos hidrológicos e biogeoquímicos em bacias hidrográficas sob usos agrícola e agroflorestal na Amazônia Brasileira. In: PORRO, R. (Org.). **Alternativa Agroflorestal na Amazônia em Transformação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológiica, 2009, p. 477-500.

FREIRE, A.P. **Correlação do uso do solo e qualidade de água utilizando ferramentas de geoprocessamento e técnica de anális Saneamento Ambiental e**

estatística multivariada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo. 2009.

FREITAS, A. J.. Gestão de recursos hídricos. In.: SILVA, D. D. & PRUSKI, F. F. (Eds.) **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e legais.** Brasília, Secretaria de Recursos Hídricos; Viçosa, Universidade Federal de Viçosa; Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2000. 659 p.

GARCIA, G.J.; GAMERO, H.G.; GARCIA, L. B. R.; VETTORAZZI, C. A.; KRÖENERT, R.; VOLK, M.; LAUCH, A.; MEYER, B. Impact of land use on soil erosion and on the water balance and water quality in the Corumbataí Watershed – SP. **HOLOS Environment**, v.6, n.2, 2006. p. 118. ISSN 1519-8421.

GERGEL, S. E.; TURNER, M. G.; MILLER, J. R.; MELACK, J. M.; STANLEY, E. H. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. In: **Aquat. Sci.**, v. 64, p. 118–128. 2002.

HORBE, A. M. C.; GOMES, I. L. F.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. do S. R. da. Contribuição à Hidroquímica de Drenagens no Município de Manaus - AM. In: **Acta Amazônica**, v. 35, p. 119-124, 2005.

HORBE, A. M. C.; OLIVEIRA, L. G. de S. Química de Igarapés de Água Preta do Nordeste do Amazonas - Brasil. In: **Acta Amazônica**, v.38, p.753-760, 2008.

HORBE, A. M. C.; SANTOS, A. G. da S.. Chemical Composition of Black-Watered Rivers in the Western Amazon Region (Brazil). In: **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.20, p.1119-1126, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** Disponível em: < http://www.obt.inpe.br/prodes/index.html >, Acessado em: 05 dez. 2009.

JEFFREY, W.W. Hydrology of land use. In: DONALD M. GRAY. Handbook on the principles of hydrology: a general text with special emphasis on Canadian conditions. Canada: Water Information Center. INC. 1973. P. 13.1 – 13.57.

JESUS, A. A. S. **Geoprocessamento Aplicado a Estimativa de Perda de Solos por Erosão Laminar na Bacia Hidrográfica do Rio Apeú (Nordeste do Pará) - Amazônia Oriental.** Dissertação (Mestrado em Ciências Agronômicas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém. 102p. 2009
.

KNEALE, P. E. e McDONALD, A.T. Bridging the gap between science and management in upland catchments. **In.: Water quality : processes and policy**. John Wiley & Son Ltd, 1999.

LIMA, W.N.; KOBAYASHI, C. N. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena-PA. **Geochimica Brasiliensis.** v.2, n.1, p. 53-71, 1988.

LOPES, U. B.. **Aspectos Físicos, Químicos e Ecológicos das misturas Naturais de Águas Físico-Quimicamente Diferentes na Amazônia.** INPA – Pós-graduação em Ciências Biológicas. Tese de doutorado, 49pp. 1992

MACAMBIRA, E. M. B.; VIGLIO, E. P. Caracterização geoquímica das águas de sistemas de abastecimento público da Amazônia oriental. In: SILVA, C. R.; FIGUEIREDO, B.; DE CAPITANI, E. M.; CUNHA, F. G. da (Ed.). **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente.** Rio de Janeiro: CPRM / FAPERJ, 2006. 211p.

MARANHÃO, N. **Sistemas de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas**. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Civil) - Programas de Pós-graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.

MAZZINI, A.L.D.A. **Dicionário educativo de termos ambientais**. Editora O Lutador, Belo Horizonte. 381. 2003.

MEDEIROS L.C.; FERREIRA, N. C. E FERREIRA, L. G. Avaliação de modelos digitais de elevação para delimitação automática de bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Cartografia.** n. 61/02, 2009.

MENEZES, J. M.; PRADO, R.B.; SILVA JR, G.C.da; MANSUR, K.L.; OLIVEIRA, E. dos S. de O. Qualidade da Água e sua Relação Espacial com as Fontes de Contaminação Antrópica e Natural: Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos – RJ. **In: Revista de Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.29, n.4, p.687-698, out./dez. 2009.

MEYBECK, M.; HELMER, R. Rivers. An Introduction to Water Quality. In: CHAPMAN, Deborah. (Org.) Water Quality Assesments: A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Enviromental Monitoring. 1 ed. Cambridge, Great Britain : University Press, 1992.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 21 jul. 2010.

MIRANDA, R.G.; PEREIRA, S. de F. P.; ALVES, D.T.V.; OLIVEIRA, G.R.F.. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 4, n.2, 2009.

MME. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto RADAM**. Folha SA 22 e SA 23 – Belém-PA/São Luis-

MA: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. V3. 226p.

MOITA, R.; CUDO, K. Aspectos gerais da qualidade da água no Brasil. In: Reunião Técnica Sobre Qualidade da Água para Consumo Humano e Saúde no Brasil, 1991, Brasília. **Anais...** Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria do Meio Ambiente, 1991. p.1-6.

MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**, 3ª edição. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NIMA - National Imaging and Mapping Agency . **Information about WGS84 and EGM96, 2004.** Disponível em: <http://www.nima.mil/>. Acesso em: 10 de junho 2010.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; ALMEIDA, R.J. de; MELLO, J.M. de; GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **In: Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.

OLIVEIRA, G.R.F.; SANTOS, S.A.F.; SOUZA, S.C; CARVALHO, A.T.; BORGES, A.S.; SANTOS, J.C.L.; MÜLLER, R.C.S. Análise de Parâmetros Físico-químicos da Água do Rio Guamá. **In: Congresso Brasileiro de Química.** ABQ-RN. Natal, 2007.

OMETO, J. P. H. B.; MARTINELLI, L. A.; BALLESTER, M. V.; GESSNER, A.; KRUSCHE, A. V.; VICTORIA, R. L.;WILLIAMS, M. Effects of land use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, south-east Brazil. **Freshwater Biology**, v. 44, p. 327-337. 2000.

OMM/UNESCO. **Hay Suficiente Agua em el Mundo?** 1997. 22p.

PARÁ, Lei nº 6.381 de 27 de Julho de 2001. Política Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em:. < http://www.para30graus.pa.gov.br/recursos.htm >. Acessado em: 20 de maio de 2010.

PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I. Pedologia e geomorfologia. In: Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1996. P.59-122.

PEKARÓVÁ, P.; PEKÁR, J. The impact of land use on stream water quality in Slovakia. In: **Journal of Hydrology.** Amsterdan: Elsivier Science Publishers B. V. 1996. N 180. p.330-350.

PEREIRA, V.P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica.** Jaboticabal: FCAV, 1997. 56 p.

PEREIRA, S. F. P.; **Avaliação da contaminação por metais pesados no Delta do Rio Amazônas.** Belém: LAQUANAM – UFPA. 2000. 44p.

PEREIRA, S. F.; LIMA, M. A.; FREITAS, K. H.; MESCOUTO, C. S.; SARAIVA A. F. Estudo químico ambiental do rio Murucupi – Barcarena – PA, Brasil, área impactada pela produção de alumínio. Ambi-Agua, Taubaté, v. 2, n. 3, p. 62-82, 2007.

PLAMONDONA, A.P.; RUIZB, R.A.; MORALESC, C.F.; GONZALEZD, M.C.. Influence of protection forest on soil and water conservation (Oxapampa, Peru). **Elsevier Science Publishers** B.V., 38:227-238. 1991.

PORTO, M.F.A.; BRANCO, S.M.; LUCA, S. J. Caracterização e Alterações da Qualidade da Água. In: PORTO R.L. (Org.) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3. 1991.

PORTO, R.L.L.; ZAHED Fº K. Introdução à Hidrologia – Ciclo Hidrológico e Balanço Hídrico. In: **Hidrologia Aplicada.** 1986

PRADO, R.B.; NOVO, E.M.L.M. Aplicacao de Geotecnologias na Modelagem do Potencial Poluidor das Sub-Bacias de Contribuição para o Reservatório de Barra Bonita – SP Relacionado a Qualidade da Agua. In: **XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiania: INPE, 2005.p. 3253-3260

PRÉVOST, M.; PLAMONDON, A.P.; BELLEAU, P. Effects of drenage of a forested peatland on water quality and quantity. In: **Journal of Hydrology**. Amsterdan: Elsivier Science Publishers B. V. n.214. p.130-143. 1999.

RABELO, C.G.; FERREIRA, M.E.; ARAUJO, J.V.G. de; STONE, L.F.; SILVA, S.C.da; GOMES, M.P.. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás, Brasil. In: **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science.** Taubaté - SP, v.4, n.2, p. 172-187, 2009.

RAPOSO, A.A.; BARROS, L. F. de P.; MAGALHÃES Jr., A. P. **O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do Rio Maracujá – Quadrilátero Ferrífero/MG.** Disponível em: < http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/007.pdf >. Acessado em: 20 de julho de 2010.

REBOUÇAS, A. D.. Água doce no mundo e no Brasil. In: J. G. Tundisi, B. Braga, e A. d. Rebouças, **Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação.** São Paulo. Escrituras. 2006.

RESS, R. M., PARKER-JERVIS, F., CRESSER, M. Soil effects on water chemistry in three adjacent upland streams at Glenelyc in Northcast Seotland. In: **Wather Research.,** Great Britain, v. 23, n. 4, p. 511 - 517,1989.

REIS, L., FADIGAS, E., e CARVALHO, C. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. 2005

RODRÍGUEZ, M. P.. **Avaliação da Qualidade da Água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu / SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** 2001. 154p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

RUAS, A. **Avaliação das Alterações da Qualidade de Águas Tropicais Decorrentes da Instalação de Barramentos para Fins de Geração de Energia Elétrica - Estudo de Caso do Rio Pomba.** Dissertação de Mestrado - Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos . Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo, Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SANTOS, O.C. de O. e SOUZA, J.R.S. Estudo da variabilidade espacial e temporal das chuvas em Belém. In: Congresso Internacional de Meteorologia – IV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. Brasília, SBMET/CAM/MAS, Anais 2. Outubro 1986. p. 251.

SANTOS, O. C. de O. **Análise do uso do solo e dos recursos hídricos na micro-bacia do Igarapé Apeú, Nordeste do Estado do Pará.** Dissertação (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 269p. 2006.

SANTOS, U. M.; BOTELHO, M. N. G.. A hidroquímica do rio Solimões - Amazonas. **Acta Amazônica,** 18 (3/4): 145-173. 1988

SECRETARIA EXECUTIVA DE CIENCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE (SECTAM). **Resumo Técnico: Regiões Hidrográficas do Pará**. Pará. 2004

SEICOM. Secretaria de Estado de Indústria e Mineração, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatisitica. **Plano diretor de mineração em áreas urbanas: região metropolitana de Belém**. Belém(PA), SEICOM, 1995. p. 187 (Relatório Final).

SETTI, A. A.; LIMA J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, ANEEL/ANA, 2001.

SHIGAKI, F.. **Transporte de fósforo na enxurrada superficial em função do tipo de fonte de P e intensidade das chuvas: Relevância à gerencia ambiental em sistemas de produção brasileiros.** 2006. 113p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: RiMa, 2003. 140p.

SILVA, A.E.P.; ANGELIS, C.F.; MACHADO, L.A.T.; WAICHAMAN, A.V. Influencia da Precipitação na Qualidade da Água do Rio Purus. **Revista Acta Amazônica**. V.38 (4) p.733-742. 2008.

SILVA, D.F.; GALVINCIO, J.D.; ALMEIDA, H.R.R. de C. Analise Espaço-Temporal de Parâmetros de Qualidade da Água no Alto São Francisco e sua Relação com Intervenções Antrópicas. **Revista de Engenharia Ambiental** – Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 492-518, maio-agosto 2009.

SIOLI, H. 1957. Valores de pH de Águas Amazônicas. **Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. Geologia**, 1, 1-35.

SNYDER, M. N.; GOETZ, S. J.; WRIGHT, R. K. Stream health rankings predicted by satellite derived land cover metrics: impervious area, forest buffers and landscape configuration. **Journal of the American Resources Association**, v. 41, n. 3, p. 659–677. June 2005.

SOARES, J.M.; SANTOS, A.N. dos; PEREIRA, H.K. da S.; MIRANDA, M.V.T.de; QUEIROZ Jr., A. de J.. Monitoramento Quali-Quantitativo de Corpo D'Água Urbano da Bacia Hidrográfica do Una como Instrumento de Avaliação de Estações de Tratamento de Esgoto, Município de Belém – PA. In: 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cidade. **Anais...** Cidade: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003.

SOUZA, S. R.; MACIEL, M. de N. M.; OLIVEIRA, F. de A.; JESUÍNO, S. de A.. Análise do conflito de uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente da bacia hidrográfica do Rio Apeú, nordeste do Pará, Brasil. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil.** INPE p.1479, 2011.

SOPPER, W. E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.4, n.1, p.24-9, 1975.

SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.;I.T.O.A. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan**. Journal of Forest Research,** Ottawa, v.2, n.2, p.103-7, 1997.

TAKINO, M.; MAIER, M. H.; STEMPNIEWISKI, H. L. Características físicas e químicas da água em ambientes de altitude elevada – Campos do Jordão. **Boletim do Instituto de Pesca**. v.11 , n. único. p.1-12, 1984.

TELLES, D. D.; DOMINGUES, A. F.. Água na Agricultura e Pecuária. In: J. G. Tundisi, B. Braga, & A. d. Rebouças, **Águas Doces no Brasil - Capital Ecológico, Uso e Conservação.** 2006. São Paulo: Escrituras.

TENÓRIO, A.R. de M., GRAÇA, J. J. da C., GOES, J.E.M. et. al. **Mapeamento dos solos da Estação de Piscicultura de Castanhal.** Belém: FCAP.Informe Técnico, 1999.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, N.J.: Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Drexel Institute of Technology – Laboratory of Climatology. Plubications in Climatology, 2), 1955.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G.. Índice de Qualidade da Água em Micro-bacia sob Uso Agrícola e Urbano. **Scientia Agricola**. v.59, n.1, p.181-186, jan./mar. 2002.

TUCCI, C.E.M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos.** Estudo preparado como contribuição da ANA – Agência Nacional de Águas para a Câmara Temática sobre Recursos Hídricos do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. 2002. Acesso em: 05 de Nov. 2009. Disponível em: < www.ana.gov.br >

VALENTE, O., e CASTRO, P. Manejo de Bacias Hidrográficas. **Informe Agropecuário**. Ano 07, n° 80.Belo Horizonte , pp. 40-45. 1981.

VALENTE, M. V. *et. al*. Zoneamento agroecológico das terras do município de Castanhal, Estado do Pará. Belém, EMBRAPA. Amazonia Oriental In: **EMBRAPA Amazônia Oriental, documento 119.** 2001. p. 27.

VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. **Soviet Soil Science**, Silver Spring, v.4, n.1, p.90-101, 1972.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo, McGraw'Hill, 245p. 1975.

VON SPERLING, E. **Morfologia de Lagos e Represas**. ABES. 1999. ISBN: 85-900885-1-0.

VON SPERLING, M.. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. Cap. 1, p. 22-39.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2ª. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 243p. ISBN: 85-7041-114-6

WORLD RESOURCES INSTITUTE. World Resources 1990-91 – Essential Data on 146 Countries. Oxford, Oxford University Press, 1991. P. 161-178.

Apêndices

APÊNDICE 1 - FICHA DE COLETA DE ÁGUA SUPERFICIAL

FICHA DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

NÚMERO DA AMOSTRA:

PROJETO: DISSERTAÇÃO- BRUNELLA PIANNA VERONEZ

RESPONSÁVEL PELA COLETA:

INFORMAÇÕES SOBRE O PONTO DE COLETA

IDENTIFICAÇÃO DO PONTO:

COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

INFORMAÇÕES SOBRE AS AMOSTRAS

Data e Hora da Coleta	Tipo de Amostra	Temperatura da água °C	pH	Condutividade Elétrica	OD	Profundidade da Coleta

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Céu/Nuvens	Chuva no dia ANTERIOR à coleta	Chuva no dia da coleta

OBSERVAÇÕES DO PONTO DE COLETA

Cor da água -aparência (turva, clara, etc)	
Odor característico (ausente, cheiro forte, etc)	
Outras observações	

OBSERVAÇÕES SOBRE O ENTORNO DO PONTO DE COLETA

Tipo de vegetação	
Lançamento de efluentes a montante do ponto	
Presença de fossas ou atividades industriais	
Descrição do Entorno	

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

Brunella Pianna Veronez