

GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISE INTEGRADA DO USO DA TERRA E QUALIDADE DE ÁGUA NA MICROBACIA DO RIO PRETO - RONDÔNIA

Joiada Moreira da Silva

Pesquisador colaborador do Laboratório
Biogeoquímica Ambiental da Universidade Federal de Rondônia
jojada@unir.br

Deborah Pereira Linhares

Pesquisador colaborador do Laboratório
Biogeoquímica Ambiental da Universidade Federal de Rondônia
deborah@unir.br

Wanderley Rodrigues Bastos

Professor Adjunto III pelo Departamento de Biologia
bastoswr@unir.br

RESUMO

Este estudo teve o objetivo de avaliar as mudanças no uso da terra e seus efeitos na qualidade da água na microbacia do rio Preto - RÔ. Esta foi escolhida por ser uma área de projetos de assentamento para colonos, o que viabilizou o processo de ocupação do estado de Rondônia. A metodologia foi dividida em três etapas: preparação da base cartográfica e processamento digital de imagens de satélite, atividade de campo com aplicação de formulário sobre o uso da terra e coleta de amostras de água, e integração das informações através de Sistema de Informação Geográfica - SIG. Na área sobre influência da agricultura cafeeira a concentração de OD foi 1,61 mg/l, a temperatura de 27,5° C, pH entre 4,4 e 4,7 e média de condutividade 15,8 \square S²/cm. Foi constatado mudança no uso da terra, que está relacionada ao desenvolvimento econômico recente e histórico de colonização. Como consequência trechos de rios apresentam padrão de qualidade de água inferior ao recomendado pela legislação CONAMA Nº 357/2005.

Palavras-chave: Água; Desmatamento; Qualidade de Água.

INTEGRATED ANALYSIS OF THE LAND'S USE AND QUALITY OF WATER IN THE PRETO RIVER MICROBASIN, RONDÔNIA

ABSTRACT

This study has the objective to evaluate the change in the use of the land's your effect in the quality of water in the river microbasin, Rondônia This was chosen by being ground of projects of nesting in the process of occupation of the state of Rondônia. The methodology was divided in three stages: preparation of the cartographic base and digital processing of images of satellite, activity of field with form application on the use of the ground and collection of water samples, and integration of the information in system of geographic information. In the area on influence of coffee agriculture the OD concentration was of 1,61 mg/l, to a temperature of 27,5° C. It was evidenced that the current standard of use of the ground this related to the historical process of settling, that resulted in rivers with oxygen levels is of the limit allowed for legislation CONAMA Nº 357/2005.

Key-Words: Water; Deforestation; Quality of Water.

INTRODUÇÃO

O uso racional da água e sua conservação é um dos principais desafios da humanidade, isto porque a água constitui um insumo fundamental a todo ser vivo, configurando-se elemento

Recebido em 18/05/2010

Aprovado para publicação em 14/06/2010

insubstituível para a manutenção de qualquer forma de vida, além de proporcionar o equilíbrio termodinâmico do ambiente.

Do volume total de água (sólido, líquido e gasoso) existente no planeta Terra, somente 3% está disponível na forma doce. Destes 75% estão congeladas nas calotas polares e cumes das montanhas mais elevadas nos cinco continentes, 10% encontram-se confinadas nos aquíferos e apenas 15% dos recursos hídricos está acessível à população mundial. Esta água disponível no estado líquido (rios e lagos) é a principal fonte de captação destinada ao abastecimento humano, dessedentação de animais e outros usos e consumo que representa 0,3%. Nesses compartimentos a bacia Amazônica concentra uma parcela significativa (TUNDISI, 2003).

O Brasil ocupa uma posição privilegiada em relação aos demais países da América do Sul quanto à descarga hídrica de água doce produzida, 177.900 m³/s, e mais 73.100 m³/s da Amazônia internacional. O que representa aproximadamente 53% (334.000 m³/s) da água disponível na América Latina, respectivamente 12% do total mundial (1.488.000 m³/s). Neste cenário a bacia hidrográfica Madeira estende-se por três países Sul-americanos (48% Brasil, 45% Bolívia e 7% Peru) e merece destaque com relação a quantidade e qualidade dos recursos hídricos, pois drena cerca de 23% do território amazônico e contribui com 15% da descarga de água doce para formação do ecossistema aquático da bacia Amazônica (BRASIL, 2001, BRASIL, 2003).

A manutenção destas não é realizada exclusivamente pela descarga líquida proveniente do degelo e do grande volume de precipitação que ocorrem nas nascentes na Cordilheira dos Andes, mas também pela água drenada de milhares de pequenas bacias (perenes e intermitentes) de Rondônia e noroeste de Mato Grosso (nascente do rio Guaporé) que contribuem à vazão hídrica superficial local e regional do rio Madeira. Cifras que nos remete a refletir sobre a importância estratégica que esta unidade hidrológica possui em uma concepção sistêmica ambiental, política, econômica e social para região (MASSON, 2005).

Entretanto, uma vasta mudança esta em curso em virtude da taxa e a velocidade que extensas áreas de floresta nativa vêm sendo devastadas, concentrando-se no sudoeste da bacia amazônica, em especial nas zonas de cabeceira e confluência de grandes rios. A exemplo do Mamoré, Guaporé, Beni (Bolívia), Jamari e Ji-paraná, formadores do rio Madeira, com inúmeras nascentes. De 237.564,5 Km² de floresta que esta região possuía, mais de 61.986 Km² já foram convertidos em área de lavoura e pastagem. Isto se deve ao desenvolvimento rápido ocorrido a partir da década de 70, com a implantação de grandes projetos de integração geoeconômica da Amazônia às demais regiões brasileiras (RONDÔNIA, 1998a).

KRUSCHE et. al (2002) destacam que por diversos fatores os efeitos do desflorestamento já ocorrido são quase imperceptíveis em macro-escala (grandes bacias hidrográficas), com destaque para: 1) Boa parte das bacias ainda apresentam grandes áreas de floresta original intactas; 2) Os altos índices de pluviosidade anual favorecem uma acentuada taxa de deflúvios; 3) Há uma diluição acelerada de nutrientes orgânicos e inorgânicos, bem como solubilização de gases e substâncias no meio aquoso.

Estes fatores corroboram para alteração dos sinais biogeoquímicos das mudanças no uso da terra no ambiente Amazônico (KRUSCHE et. al, 2002). Com base nestes fatos a percepção dos fenômenos que emanam das atividades humanas que influenciam quanti-qualitativamente os recursos hídricos, necessitam de uma abordagem técnica científica em micro-escala, (microbacia hidrográfica) para identificação da degradação gerada pelo modelo de desenvolvimento econômico agro-extrativista no meio rural e urbano industrial implementado na região norte.

Rondônia (1998a) e colaboradores estudaram os efeitos do desmatamento em três bacias hidrográficas de Rondônia. E identificaram que nas bacias Massangana e Machadinho mais de 70% da floresta já foram convertidos em área de lavoura cafeeira e pasto. Nestas a média de OD variou entre 4,51mg/l e 5,05 mg/l e 2,80 mg/l e 2,07 mg/l para oxigênio consumido – OC. A terceira bacia, Candeias, com mais de 50% de sua floresta ainda intacta, apresenta média de

5,23 mg/l de OD e 2,0 mg/l de OC, inferior em todos os pontos, garantindo uma água de melhor qualidade ao longo de um ciclo hidrológico.

Comportamentos de mesma ordem de grandeza foram registrados por Arcova e Cicco (1999) em duas microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica e duas onde predominam atividades de agricultura e pecuária extensiva na região de Cunha, no Estado de São Paulo. Nestas a paisagem natural encontra-se relativamente intacta e alguns parâmetros físicos e químicos, como temperatura da água e oxigênio dissolvido – OD mantiveram-se relativamente estáveis, com valores de qualidade de água superiores aos da microbacia onde predomina o uso agropecuário.

Donadio *et al.* (2005) ao estudarem a influência da ação antrópica na qualidade da água em quatro mananciais (nascente), dois com presença de vegetação natural remanescente e dois com predominância de atividades agrícolas na microbacia hidrográfica do Córrego Rico, concluíram que a presença de vegetação ciliar auxilia na proteção dos recursos hídricos. Assim como as características do solo e seus diferentes usos influenciam na variação qualitativa da água. Afirmam ainda que em nascentes onde ocorram a conversão da vegetação natural por lavouras, variáveis como cor, turbidez, alcalinidade, OD, nitrogênio total e fósforo são os principais elementos a sofrerem modificações hidrogeológicas.

As alterações biogeoquímicas nos sistemas fluviais (rios e lagos) podem ser atribuídas a mudança temporais e espaciais devido o uso e ocupação do solo não planejado no meio rural e urbano. As áreas urbanas no sudoeste Amazônico encontram-se distribuídas em sete bacias hidrográficas no território rondoniense, e concentram cerca 34.719,4 domicílios onde \cong 92% são desprovidos de sistemas de coleta e tratamento de esgotos cloacal e pluvial. Estes é um dos principais fatores responsável pela insalubridade e degradação das águas superficiais desta região (SILVA, 2006).

Na microbacia do rio Araçá, que corta o núcleo urbano do município de Pimenta Bueno/RO, localizado na zona de transição de floresta ombrófila e cerrado foram registrados baixos níveis de OD, entre 2,8 mg/l e 4,0 mg/l, e altos valores de oxigênio consumido (2,26mg/l a 5,18 mg/l) por microorganismos na depuração dos efluentes domésticos e industriais despejados em natural na água desse rio (BRASIL, 1995).

Esta problemática não se restringe exclusivamente a rede de drenagem perene existente nos núcleos urbanos Amazônicos. Mas podem ser observados em outras bacias brasileiras. Alberti *et. al* (2004) analisaram as condições ambientais e sua influência na variação limnológica na microbacia hidrográfica do arroio Sangra Alberti, localizada na região central do Rio grande do sul, e argumentam que as bacias, enquanto unidade territorial de análise geográfica é um sistema aberto, por isso, as causas e as soluções da poluição não são encontradas com avaliação única da água. Ao mesmo tempo, apontam que os núcleos urbanos desprovidos de sistemas de tratamento e controle de efluentes domésticos, industriais e agropecuários são responsáveis pelo desequilíbrio ecológico dos sistemas aquáticos.

As questões ambientais relativa à qualidade de água são complexas em qualquer bioma brasileiro, mesmo em nível de microbacia, pois envolve um elevado quantitativo de variáveis que necessitam, muitas vezes, de incontáveis interações estatísticas para se obter uma realidade causal sobre um dado fenômeno, mesmo assim repletas de um alto grau de aleatoriedade. No bojo dessa discussão o desenvolvimento da geotecnologia comumente denominada de geoprocessamento e o aperfeiçoamento dos Sistemas de informações Geográficas – SIG, têm-se apresentado como uma ferramenta bastante eficiente e com alta capacidade de processamento analítico de dados espaciais, possibilitando a aplicação teórica e prática conceitual das questões ambientais (CÂMARA & MEDEIROS, 1998). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças no uso terra e seus efeitos na geoquímica da água na microbacia do rio Preto - RO.

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

O rio Preto localiza-se na porção Centro-Norte de Rondônia, possui uma área de 1.243,88 Km², delimitada pelas coordenadas geográficas 8° 48' 42" e 9° 39' 00" de latitude Sul e 63° 42' 17" e 63° 33' 31" de longitude Oeste (Figura 1). É um dos principais formadores do rio Candeias. Sua principal nascente (igaparé Taboquinha) situa-se no maciço de Massangana. Embasamento constituído por rochas e estruturas do arqueano pertencente ao Domínio Tectônico Estratigráfico Ariquemes. Esse se encontra capiado por formações sedimentares indiferenciadas do Terciário e Quaternário (Figura 2/a) (SCANDOLARA, 1999).

A geomorfologia está condicionada a estrutura geológica local, com predomínio de ambientes sedimentares, originários de processos erosivos oriundos do intemperismo de rochas do cristalino brasileiro. Assim, o relevo da microbacia foi agrupado em dois conjuntos: a) formas de denudação de baixa e média dissecação e b) formas de acumulação representada por planícies inundáveis em vales de rios secundários (Figura 2/b) (RONDÔNIA, 1998b).

Foram identificadas quatro classes de solos: a) Latossolo vermelho amarelo, que corresponde a 87,3% da área total; b) Argissolos Vermelho amarelo que representam 6,90% dos solos mapeados e c) associações Neossolos Litólicos e Gleysolos que juntos equivalem a 5,8% dos solos da microbacia (Figura 2/c) (RONDÔNIA, 1998c).

Em virtude da posição geográfica e do sistema de circulação atmosférica a temperatura média anual varia de 24 °C a 26 °C, com ocorrência de temperatura máxima absoluta diária atingindo 35 °C. Entretanto, pode ocorrer forte queda térmica nas últimas horas da noite. Sendo em qualquer mês verificado, freqüentemente, mínima absoluta diária próxima a 20 °C (RONDÔNIA, 1999). Em termo de pluviosidade a área de estudo apresenta total médio anual entre 2100 a 2300 mm/ano.

A cobertura vegetal divide-se em dois grandes grupos: a) vegetação original, composta por floresta ombrófila aberta e uma estreita porção por floresta ombrófila densa; b) vegetação cultivada, originária da atividade agropastoril (BRASIL, 1992).

A rede hidrográfica é constituída por um conjunto de canais com arranjos controlados pela morfoestrutura que define um padrão de drenagem "ressequente" e "éxorreico", composto por 82 canais de 1ª ordem, 16 de 2ª ordem, 3 de 3ª ordem e 1 de 4ª ordem num total 102 canais com comprimento linear de 670 km, uma unidade rica nascentes (Figura 2/d).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos em três etapas: 1) preparação da base cartográfica e processamento digital de imagens (determinação dos índices de desflorestamento dos anos de 1993, 1998, 2003 e 2007); 2) observação do uso atual da terra e coleta das amostras de água; 3) aplicação de métodos espaciais e não-espaciais.

PREPARAÇÃO DA BASE CARTOGRÁFICA E PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS

Para o registro das imagens foi preparada uma base cartográfica a partir de cartas topográficas digitais, (DSG, 1982) considerando dois Temas (vetoriais): rede de drenagem e rodovias, na escala de 1/100000. Posteriormente foram selecionadas duas imagens do LANDSAT 5/TM: 232/66 – Porto Velho e 232/67 – Ariquemes, com resolução espacial (pixel) de 30 metros. Estas foram geoprocessadas através do "módulo *Impima*" do SPRING 4.2 (CÂMARA et. al, 1996), com uso da composição de imagem colorida RGB (TM3 = vermelha, TM4 = verde e TM5 = azul) na determinação das formas e padrões espaciais de uso e ocupação do solo e banda TM4 (monocromática) na atualização e delimitação da rede hidrológica.

Após georeferenciamento e formação de mosaico das imagens, foi realizada uma pré-interpretção através do método de classificação "supervisionada" com uso do algoritmo *máxima verossimilhança*, onde foram consideradas três classes de uso da terra: 1) área desmatada; 2) área de floresta nativa; 3) área urbana. Com base nestas informações foi confeccionado o mapa temático exploratório de uso e ocupação do solo para subsidiar o

levantamento de campo (MOREIRA, 2001).

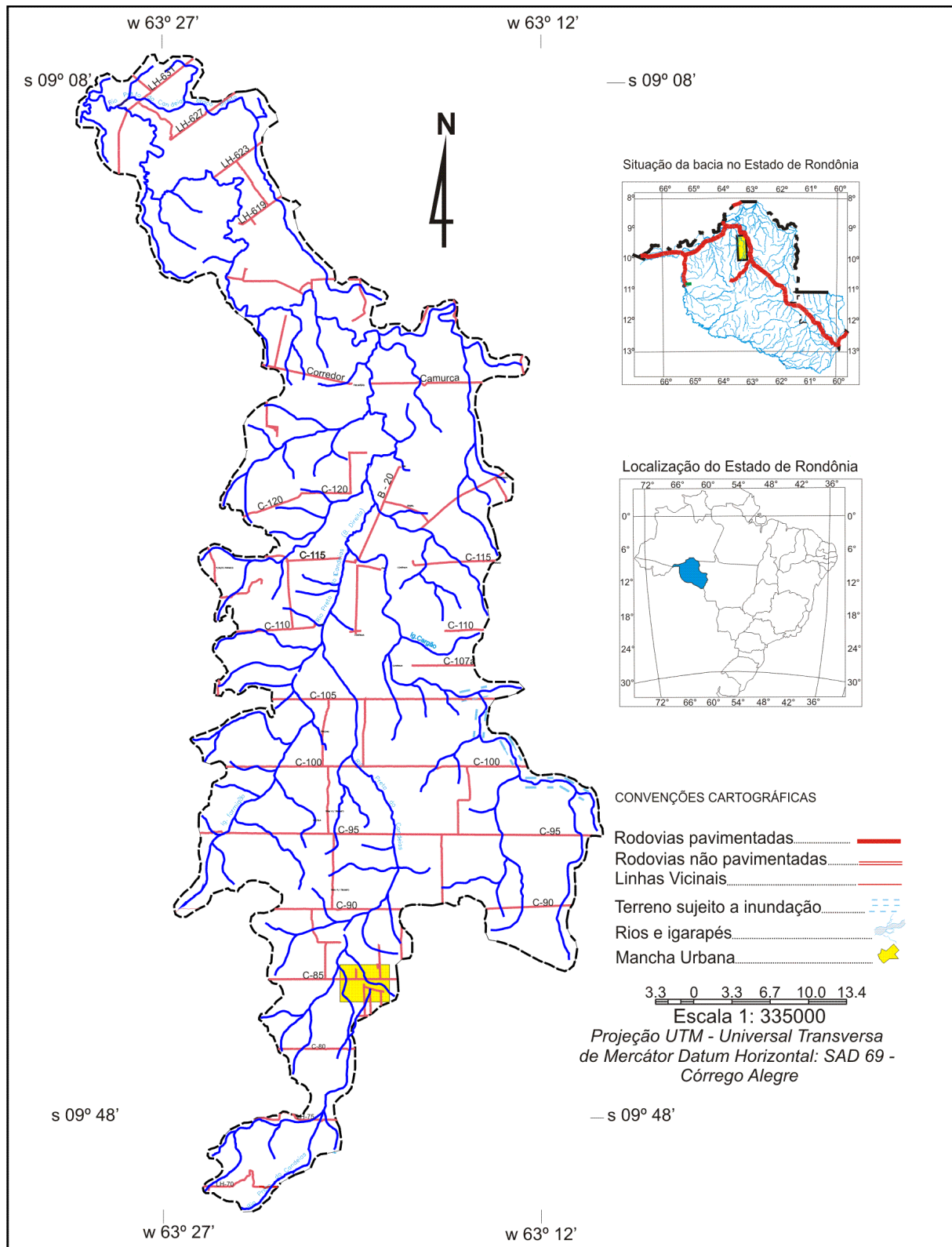
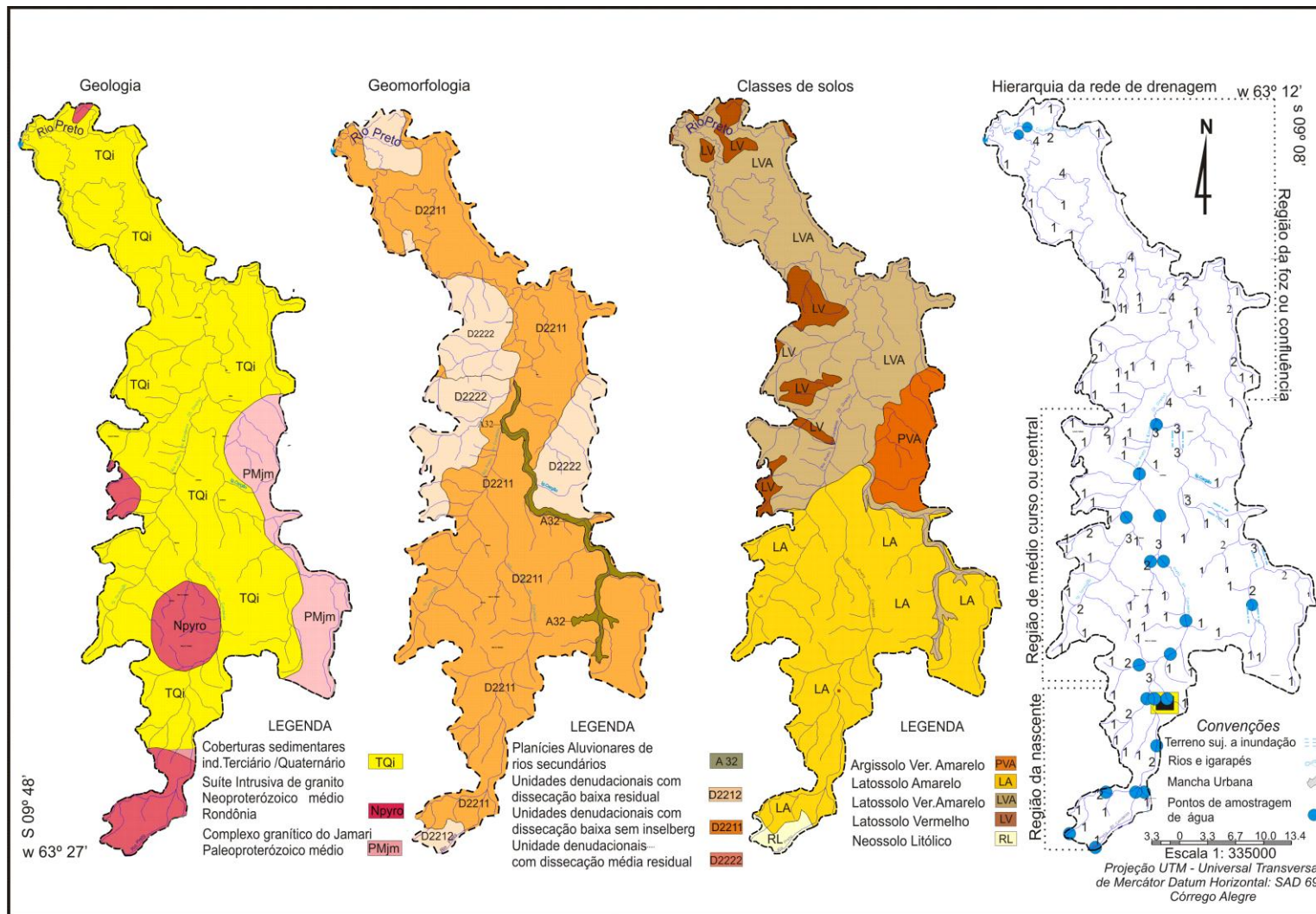


Figura 1 – Localização da área de estudo



FIGURAS 2a/2b/2c/2d - Caracterização Fisiográfica da Microbacia Rio Preto – RO (SILVA, 2006)

LEVANTAMENTO DO USO ATUAL DA TERRA E AMOSTRAS DE ÁGUA

Para atualização do uso e ocupação do solo foi produzido e aplicado um questionário em 487 propriedades rurais e urbanas, através de duas formas de levantamento de dados: 1) Censitária; realizada nas propriedades rurais situadas na seção da rede de drenagem correspondente aos canais de 1º à 3º ordem hierárquica, totalizando 448 observações. 2) Amostragem aleatória, nos lotes cortados pelo canal de 4º ordem do sistema de drenagem da microbacia, perfazendo 39 observações (TENANI, 1996; STRAHLER 1984).

Simultânea as campanhas de checagem do uso da terra foram coletadas, a uma profundidade de 20 cm, em 21 pontos de monitoramento, 63 amostras de água no curso principal do rio Preto e afluente (igarapés Corgão, taboca, taboquinha e Formigão), no período chuvoso e seco entre janeiro de 2005 e janeiro de 2007. Destes foram selecionados seis pontos de controle cujas coletas foram bimestrais (Tabela 1).

TABELA 1
Localização e características dos pontos de coleta de água

| Uso do solo | Pontos de amostragem | Total |
|------------------|--|-----------|
| Agricultura – Ag | PAg-03* e PAg-05* | 2 |
| Floresta – F | PF-06*, PF-12*, PF-13*, PF-17*, PF-18* e PF-19** | 6 |
| Pastagem – Pe | Pe-01**, Pe-02*, Pe-04, Pe-10*, Pe-11**, Pe-14*, Pe-15*, Pe-16**, Pe-20* e Pe-21** | 10 |
| Urbano – Ur | PUr-07**, PUr-08* e PUr-09* | 3 |
| Total | | 21 |

Obs: P-* = análise de água no campo; P-** = análise de água no campo e laboratório.

As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno com capacidade para 2 litros, que foram previamente desinfetadas com detergente neutro e enxaguadas com água mili-Q. Foram determinados direto em campo: oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, temperatura da água, pH e Condutividade elétrica, por meio de Oxímetro, pHmetro e condutivímetro portátil OX1, calibrados e aferidos através de solução padrão.

Após as coletas as amostras foram filtradas com membrana de Millipore de 1,2mm para determinar as concentrações de oxigênio consumido, nitrogênio nitrito, nitrogênio nitrato, alcalinidade HCO₃, sulfato e ferro total. A extração dos resultados analíticos foi obtida por meio do método de titulação química a partir de especificações no *Standard methods*. Os valores de turbidez – UNT e cor – Pt/L foram determinados por colorimetria e Turbidímetro de bancada.

MÉTODOS DE ANÁLISE NÃO ESPACIAL E ESPACIAL

Os dados de uso da terra e qualidade de água foram submetidos a tratamentos estatísticos de posição e dispersão (TOLEDO & OVALLE, 1995) agrupados conforme o ciclo hidrológico da microbacia: 1) enchente (entre menor e maior nível da água), 2) água alta (no momento de maior nível da água), 3) vazante (momento intermediário entre maior e menor nível de água) e 4) água baixa (no momento de menor nível da água) proposto por Bozelli et al, (2000).

A aplicação do método consiste na integração (Modelagem Numérica de Terreno -MNT), através do SIG/SPRING das informações de uso da terra, classificação hierárquica da rede de drenagem e valores limnológicos de OD, pH e Condutividade. A partir dos limites estabelecidos para água doces da classe 3 da resolução CONAMA nº. 357/2005 (exceto para condutividade) foi confeccionado mapas temáticos seguindo o proposto de representação cartográfica de Martinelli (1994).

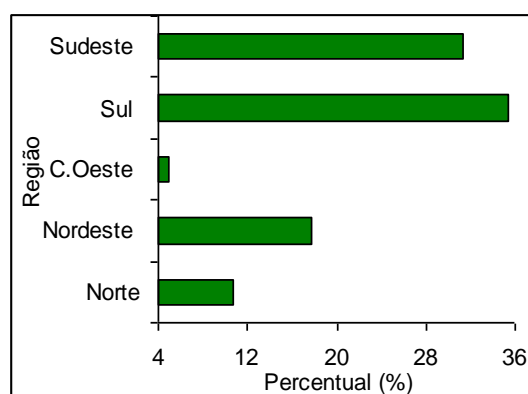
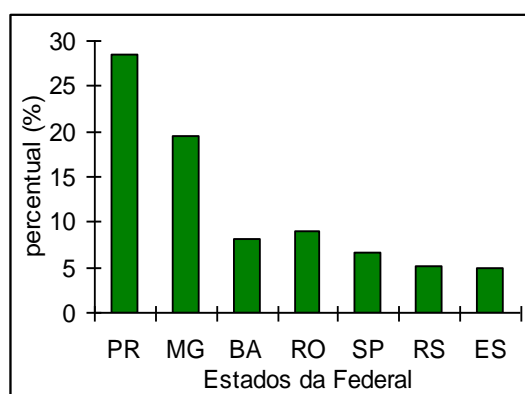
RESULTADOS

A análise espacial da evolução dos índices de desmatamento revelou um acelerado processo de retirada da cobertura florestal na microbacia Rio Preto, o que tem reduzido sua extensão geográfica. Até o ano de 1993 apresentava um desflorestamento de $\cong 25.961$ ha (20%). No ano

de 1998 houve um crescimento de 40%, aumentando a área desmatada para 36.388 ha. Em 2003 a supressão superou 54.122 ha, atingindo 48% de desflorestamento. A conversão de área de floresta em pasto e lavoura chegou a 67.221 ha (aumento de 258%) nos últimos 14 anos (1993 a 2007) (Figura 3). Vários fatores contribuíram para a ampliação desse quadro de degradação ambiental, entre os quais se destacam:

i) Consolidação de projetos de colonização oficial desenvolvido pelo governo Federal e Estadual, que propiciou a migração de centenas famílias de pequenos agricultores do Sul-Sudeste brasileiro (66,67%) para os assentamentos dirigidos Marechal Dutra, Vale do Jamari e Rio Preto Candeias, situados na nascente e médio curso do rio Preto Candeias, zona de expansão da frente agrícola pioneira da Amazônia.

Os migrantes, em sua maioria do Paraná (28,40%) e Minas Gerais (19,42%), desenvolviam pecuária extensiva de corte e leiteira (bovinos, suínos e eqüinos) e agricultura cafeeira, principais atividades econômicas, conforme Figuras 4 e 5;



FIGURAS 4 e 5 - Principais estados de origem dos imigrantes e contribuição conforme as regiões do Brasil, respectivamente.

ii) A melhoria da infra-estrutura rodoviária como a pavimentação das rodovias BR-364 e RO-458, bem como abertura de linha de crédito para financiamento da atividade agropecuária, fato que favoreceu a penetração de colonos em novas áreas ainda não ocupadas. Processo que motivou e intensificou o fluxo migratório de camponeses expropriados pela modernização agrícola do Centro-Sul do Brasil. A migração inter-regional em pouco tempo superou a capacidade dos assentamentos oficiais, originando uma ocupação espontânea sem precedente na região da foz da microbacia (BINSZTOK, 2006);

iii) O aumento do preço do café em coco no mercado regional e nacional no final dos anos 1990 e o plantio de novas lavouras cafeeiras, principalmente da variedade *conillon*, mais tolerante às variações climáticas locais, que estão concentradas nas áreas de nascente devido a qualidade do solo;

VARIABILIDADE LIMNOLÓGICA

Nos corpos hídricos, especialmente da bacia Amazônica, a manutenção da vida depende do equilíbrio dos elementos que compõem o ambiente, sobretudo de alguns indicadores geoquímicos e ecológicos extremamente sensíveis a mudanças bruscas na cobertura da terra, a exemplo do oxigênio dissolvido e saturado, temperatura, pH, alcalinidade e condutividade elétrica (SILVA, 2006). O comportamento térmico da água, no curso principal do rio Preto e afluentes (igarapés), apresentou pequena variação na coluna d'água durante os dois anos de monitoramento, com temperaturas médias entre 26°C e 26,5°C nas fases de água alta, vazante e água baixa, exceto no período de "enchente", quando a média foi 28,5°C.

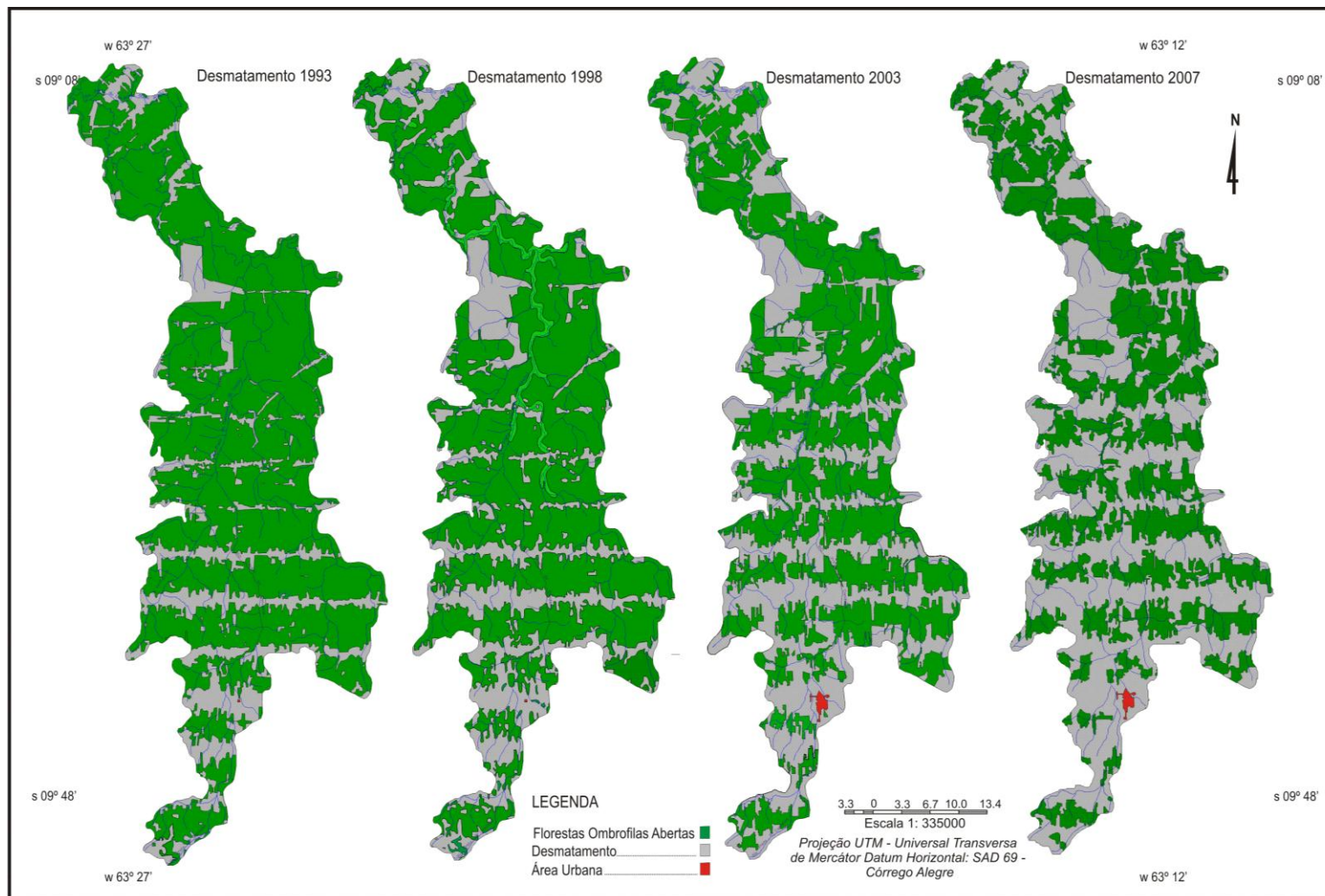


FIGURA 6- Evolução da conversão de área de floresta em pastagem e lavoura entre 1993 a 2007

Elevação que pode ter sido influenciada por uma seqüência de dias com altas temperaturas do ar nos dias que antecederam as coletas. Outro fator que pode ter contribuído para o aumento da temperatura é a localização dos pontos de observação da qualidade da água. Estes estão concentrados em ambiente onde predomina o uso da terra para pastagem, agricultura e área urbana. Espaços geográficos favoráveis a maior incidência de radiação solar.

O pH variou entre 7,6 e 3,9 e os valores mais ácidos ocorreram no período hidrológico de água alta, com média de 5,1 na estação mais chuvosa. O pH foi mais alcalino nos períodos de vazante (média de 6,1), água baixa (média de 6,6) e enchente (média de 6,4), que coincidiu com uma pequena elevação nos níveis de alcalinidade para 18,0 mg/L, um pouco acima da média (13,6 mg/L) registrada para a microbacia (Tabela 2).

TABELA 02
Variação do pH na água da microbacia do rio Preto – RO

| Período | Amostragem | Potencial hidrogeniônico – pH | | | | Alcalinidade HCO ₃ |
|------------|------------|-------------------------------|-----|------|-----|-------------------------------|
| | | Máx | Min | D.P | MED | |
| Água alta | 27 | 6,6 | 4,4 | 0,63 | 5,1 | 9,1 |
| Vazante | 27 | 7,6 | 3,9 | 0,31 | 6,1 | 9,3 |
| Água baixa | 3 | 6,7 | 6,5 | 0,15 | 6,6 | 18,0 |
| Enchente | 6 | 6,7 | 6,1 | 0,24 | 6,4 | 18,0 |
| Total | 63 | 7,6 | 3,9 | 0,42 | 6 | 13,6 |

OBS: Nos pontos 3, 4, 5, 24 e 25 não ocorreu chuva nas 24h anteriores a coleta.

Entretanto, foram registrados valores máximos de acidez entre pH = 4,4 (água alta) e pH = 3,9 (vazante) no igarapé Corgão (sob lotação entre 2,0 a 8,0 cab/há), principal afluente do rio Preto. Neste ambiente a elevação da acidez está associada à geomorfologia fluvial, pois nesta seção da microbacia predomina a planície secundária permanentemente inundada ou pantanosa, que favorece a presença de material orgânico abundante. Que através do processo de decomposição orgânica por micro-organismos produz substâncias húmicas (ácidos húmicos fúlvicos), acentuando a acidez (BRANCO, 1986).

Nos arredores do igarapé Taboquinha (nascente do rio Preto) foi observada intensa atividade de cultivo de grãos (cafeicultura) e pecuária leiteira (sob lotação > 10/cab/ha). Na Figura 6 estão evidenciados os valores de pH para estes usos, que ficaram entre 4,40 a 4,76 e 4,8 a 5,6, respectivamente, com valor mediano significativo (4,5).

Nesse trecho o rio drena solos do tipo “Neossolos litólicos” oriundo de rochas graníticas extremamente ácidas e que podem influenciar os níveis de acidez durante o período de água alta. Outro fator que tem contribuído para elevação no pH é a intensificação do processo de lixiviação devido a maior exposição dos solos pós desmatamento, fenômeno que também contribui para intensificar a carga Total de Sólidos Dissolvidos – TSD, que apresentou média de 27 mg/L neste corpo hídrico, inferior a média registrada para a microbacia (58,84 mg/L).

O pH da água em áreas de floresta se manteve entre 5,6 e 6,0, apesar dos valores médios de Total de Sólidos Dissolvidos-TSD terem apresentado um relativo acréscimo (48 mg/L) em comparação a outros usos da terra. Nos pontos amostrados na área urbana foi observada média de 5,4 de pH e 38,0 mg/L de TSD.

A pobreza de sais minerais dissolvidos e o pH médio entre 5,0 e 6,0 (ácido), demonstram que a água do rio Preto é quimicamente comparável a água destilada, com valores típicos de ambiente de rios de “água clara”, a exemplo dos Tapajós/PA e Jamari/RO (SIOLI & KLINGE, 1964, JUNK et al, 1980). A condutividade refere-se à capacidade da água conduzir correntes elétricas através da quantidade de cátions e ânions originados pela dissolução de substâncias químicas. Valores acentuados deste parâmetro no ambiente hídrico podem indicar o grau de insalubridade da água em uma bacia hidrográfica (MORTATTI, 1988).

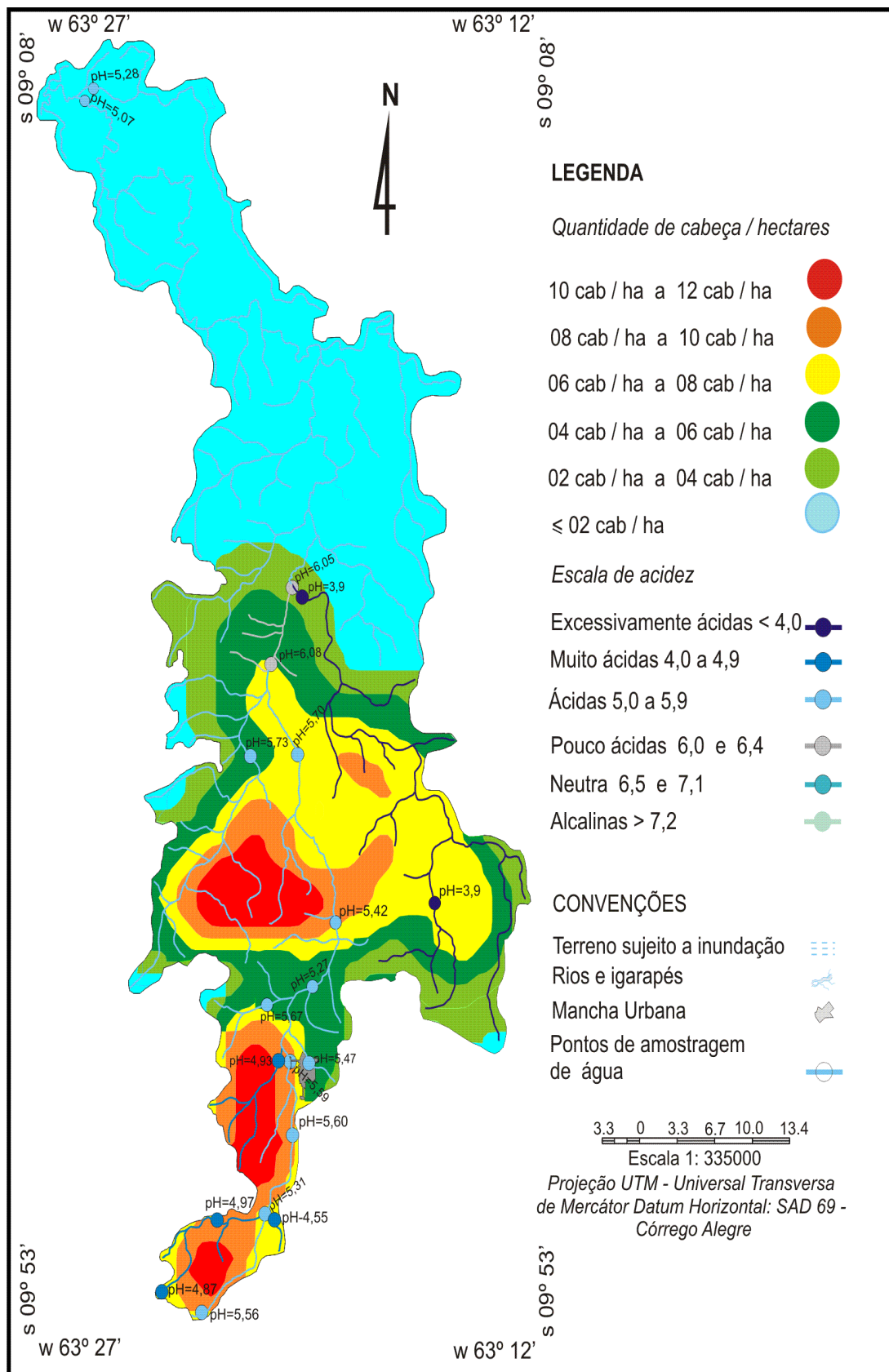


FIGURA 7: Análise espacial de sob lotação e acidez da água do rio Preto - RO. Foram registrados valores entre 6,0 \square S^{25}/cm (água baixa) e 35,3 \square S^{25}/cm (água alta), com oscilação média entre 12,7 \square S^{25}/cm e 7,0 \square S^{25}/cm na vazante e água baixa, respectivamente. O

que indica um incipiente percentual de nutriente transferido do ecossistema terrestre – aquático em qualquer período do ano (Tabela 3). Estes valores (exceto o registrado na fase de água alta) são característicos de ambiente fluvial de “água claras” na bacia amazônica, cujas nascentes situam-se no embasamento cristalino (JUNK et al, 1980).

TABELA 3
Variação da condutividade na microbacia do rio Preto – RO

| Período | Amostragem | $(\mu\text{S}^{25}/\text{cm})$ | | | | Pluviosidade >0,25mm/dia |
|------------|------------|--------------------------------|-----|------|-------|--------------------------|
| | | Máx | Mim | D.P | MED | |
| Água alta | 27 | 35,3 | 6 | 1,9 | 9,3 | Sim* |
| Vazante | 27 | 19,1 | 8,9 | 1,4 | 12,7 | Sim |
| Água baixa | 3 | 28 | 5,6 | 4,8 | 7 | Sim* |
| Enchente | 6 | 19,8 | 9,6 | 0,95 | 12,1 | Sim |
| Total | 63 | 35,3 | 5,6 | 2,42 | 10,27 | - |

OBS: Nos pontos 3, 4, 5, 24 e 25 não ocorreu chuva nas últimas 24h antes da coleta.

A média de condutividade da água nos ambiente de floresta ($8,7\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$) e pastagem ($8,0\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$) foram inferiores a média ($10,27\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$) registrada na microbacia. Enquanto nas áreas agrícolas, sobretudo na nascente, verificou-se média de $15,8\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$, bem como uma seqüência de valores absolutos ao longo do período monitorado, entre $28,0\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$ e $10,4\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$ (Figura 7).

Esta variabilidade pode esta diretamente relacionada aos processos erosivos propiciados pela expansão da lavoura cafeeira às margens de canais de 1º ordem que drenam terrenos suscetíveis a erosão, uma vez removida à vegetação natural.

Na área urbana o ponto Ur-09, localizado no setor chacareiro da cidade de Alto Paraíso – RO apresentou condutividade de $35,3\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$ no período chuvoso, três vezes superior a média da microbacia. Este indicador geoquímico deve ser visto como um sinal de alerta ao gestor público do municipal, já que neste córrego são lançados parte do esgotamento sanitário. Esta prática pode esta contribuindo para acentuar a carga eletrolítica neste ponto. Os pontos Ur-07 e Ur-08 apresentaram médias entre $9,5\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$ e $8,0\mu\text{S}^{25}/\text{cm}$, respectivamente.

O nitrogênio nitrato é a principal forma dos compostos nitrogenados encontrados na água. Sua presença no ecossistema aquático está geralmente relacionada à produção e decomposição aeróbica e anaeróbica de proteínas (matéria orgânica), através da oxidação biológica (nitrificação) da amônia. Sua distribuição espaço temporal nos corpos hídricos depende do comportamento térmico da água. Já o nitrito, que é uma forma química intermediária de nitrogênio na presença de oxigênio, ocorre em quantidades muito pequenas na natureza (ESTEVEZ, 1998).

As concentrações médias de nitrato na microbacia variaram entre $0,33\text{mgL}^{-1}\text{N}$ (água baixa) a $2,01\text{mgL}^{-1}\text{N}$ no período de enchente. As maiores $[\text{NO}_3^-]$ ocorreram no igarapé Taboquinha ($4,63\text{mgL}^{-1}\text{N}$), no médio curso do rio Preto Candeias ($2,78\text{mgL}^{-1}\text{N}$) e no igarapé Formigão ($1,31\text{mgL}^{-1}\text{N}$) (Tabela: 4). Enquanto as concentrações de nitrito foram maiores ($0,008\text{mgL}^{-1}\text{N}$) na foz do rio Preto Candeias e na nascente do igarapé Taboquinha ($0,007\text{mgL}^{-1}\text{N}$). Em nenhum ponto registrou-se valor superior a $1,00\text{mgL}^{-1}$.

Cabe destacar que altos teores de nitrito indicam entrada de efluentes agroindustriais e domésticos, o que torna a água insalubre e imprópria para uso e consumo humano, fato não registrado nestas análises.

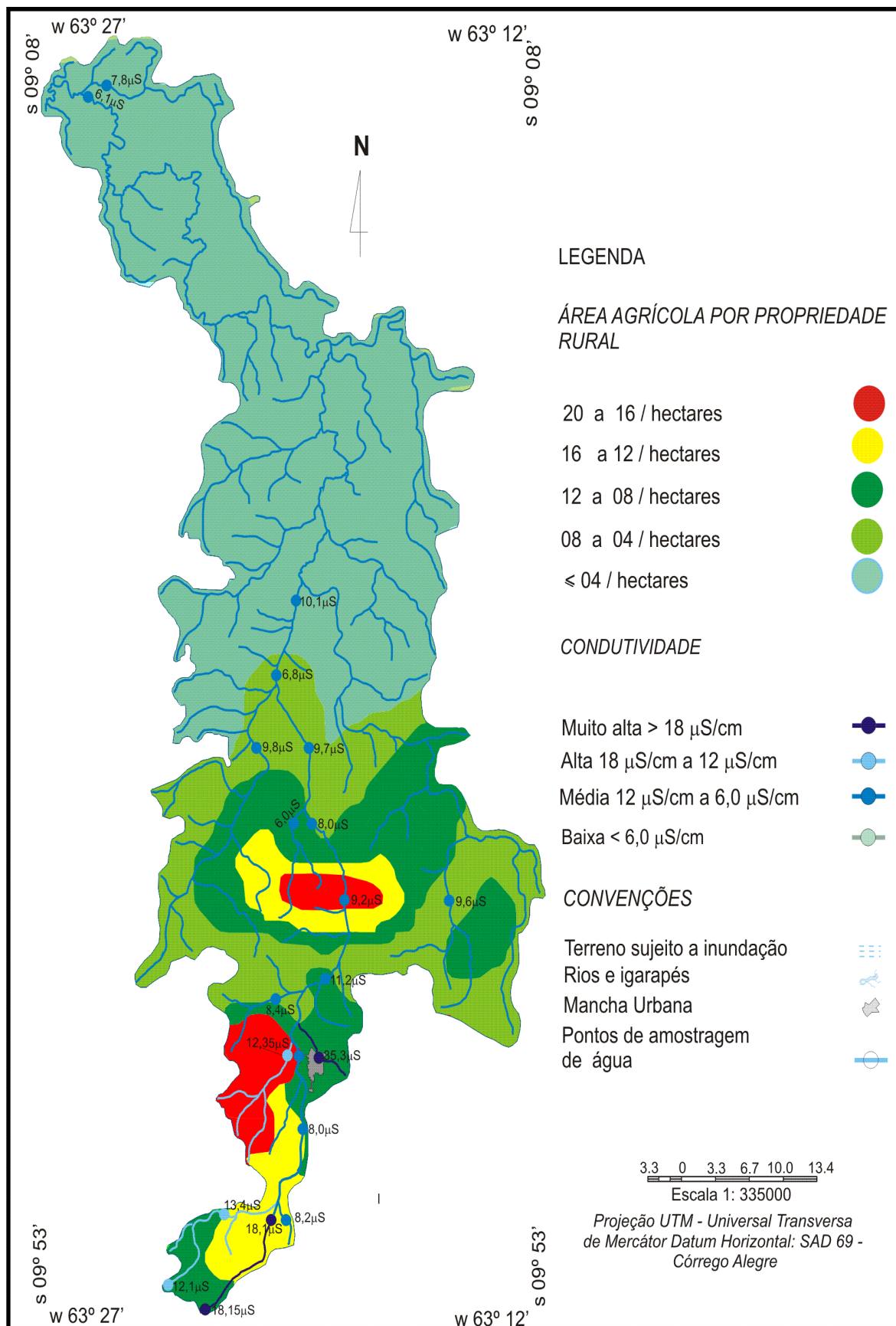


FIGURA 8 – Análise espacial de área plantada por propriedade e condutividade eletrolítica.

TABELA 4
Concentração de nitrato na água da microbacia do rio Preto – RO

| Período | Amostragem | Nitrogênio Nitrato mg/L ⁻¹ NO ₃ | | | | Pluviosidade >0,25mm/dia |
|------------|------------|---|------|------|------|--------------------------|
| | | Máx | Mim | D.P | MED | |
| Água alta | 9 | 2,02 | 0,25 | 0,38 | 1,27 | Sim* |
| Vazante | 9 | 2,78 | 0,09 | 0,34 | 1,52 | Sim |
| Água baixa | 6 | 0,37 | 0,25 | 0,05 | 0,31 | Sim* |
| Enchente | 6 | 4,63 | 0,64 | 1,50 | 2,00 | Sim |
| Total | 30 | 4,63 | 0,09 | 0,9 | 1,28 | - |

OBS: Nos pontos 3, 4, 5, 24 e 25 não ocorreu chuva nas últimas 24h antes da coletas.

Padrão estatístico semelhante foi observado nos valores de nitrato analisados no núcleo urbano (1,60 mg/L⁻¹.N) e Floresta (1,50 mg/L⁻¹ N). Mas as fontes responsáveis por esses são distintas. Pois na área urbana do Município de Alto Paraíso/RO há um incremento diário de resíduos sanitários despejados na rede de drenagem de 1° e 2° ordem, uma vez que a cidade de Alto Paraíso - RO não dispõe de rede coletora e estação de tratamento de esgoto. No ambiente de floresta periodicamente inundada a ciclagem de nutrientes orgânicos pode esta contribuindo para as concentrações do nitrato. Nas áreas agrícolas a média de nitrato se manteve em 0,31 mg/L⁻¹ N.

O ferro é um dos elementos geoquímicos mais freqüentes na superfície terrestre. Seus compostos são encontrados em quantidade variada em todos os corpos hídricos da bacia Amazônica. As concentrações deste elemento nas amostras de água variaram entre 0,04 Mg/L e 0, 557 Mg/L de Fe. Os maiores valores foram encontrados no ponto situado na foz do rio Preto (0, 557 Mg/L de Fe) e no Pe – 01 no Igarapé Taboquinha (0,370 Mg/L), ambos registrados no período hidrológico de enchente.

A microbacia apresentou média de 0, 327 Mg/L de Fe. Estes teores são provenientes de minerais ferromagnesianos componentes das rochas cristalinas ou de solos Lateríticos. São liberados para água através de processo de solubilização, onde o ferro sofre alteração química para a forma ferrosa em contrato com o oxigênio do ar, formando hidróxidos férricos.

Dos gases dissolvidos na água o oxigênio tem importância vital na dinâmica dos ecossistemas aquáticos. A atmosfera e o processo de fotossíntese são as principais fontes de oxigenação dos corpos hídricos no ambiente natural.

Assim como os demais gases a solubilização depende da variação térmica (temperatura ambiente) e pressão atmosférica (ESTEVES, 1998).

A redução de O₂ na água pode ocorrer através da atuação de microorganismos na decomposição biológica da matéria orgânica, muitas vezes produzida pelo próprio ambiente natural (resto de vegetais e animais) e por despejos de substâncias orgânicas proveniente de atividades humana. Também pode haver perda de oxigênio direto para atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (BRANCO, 1986).

A pressão atmosférica na microbacia apresenta pouca oscilação (entre 981,4 MB e 993,0 MB), com média de 987,2 MB (RONDÔNIA, 2005). A temperatura do ar variou entre 29,1° C a 25,1°C. Esta condição ambiental proporcionou variações na concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água nos diferentes períodos do ano de monitoramento.

O O₂ variou entre 6,8 mg/L (enchente) e 1,8 mg/L, (vazante) com uma saturação média entre 40,6% e 62,1%. No período de água alta e enchente foi constatada média de 4,5mg/L OD, enquanto no período de vazante registrou-se concentração média de 3,5mg/L.

No período de “água baixa” foi observado [O₂] média 4,6mg/l, valores que foram influenciados pelas chuvas (>0,25mm/dia) ocorridas nas últimas 24h que antecederam as medições limnológicas, como mostra a Tabela 5. A concentração de OD é diretamente proporcional ao aumento da pluviosidade; os resultados acima demonstram que a oxigenação no ecossistema aquático da Microbacia do rio Preto ocorre através do transporte de oxigênio da atmosfera para a água por processo de difusão.

TABELA 5
Oxigênio Dissolvido na microbacia do rio Preto – RO

| Período | Amostragem | Oxigênio Dissolvido – OD | | | | Pluviosidade >0,25mm/dia |
|--------------|------------|--------------------------|------------|-------------|------------|--------------------------|
| | | Máx | Mim | D.P | MED | |
| Água alta | 27 | 4,7 | 2,9 | 1,13 | 3,8 | Sim* |
| Vazante | 27 | 5,2 | 1,8 | 0,99 | 3,5 | Sim |
| Água baixa | 3 | 5,5 | 3,7 | 1,27 | 4,6 | Sim* |
| Enchente | 6 | 6,8 | 3,1 | 1,91 | 4,7 | Sim |
| Total | 63 | 6,8 | 1,8 | 1,27 | 4,1 | - |

OBS: Nos pontos 3, 4, 5, 24 e 25 não ocorreu chuva nas últimas 24h antes da coletas

Os níveis de OD também podem sofrer alterações em virtude do uso da terra, principalmente na atividade agrossilvolpastoril através da produção de material orgânico (esterco de suínos e bovinos) e do lançamento de esgotos domésticos e efluentes provenientes de indústrias alimentícias e curtumes. Estas substâncias nos corpos hídricos favorecem a multiplicação de bactérias aeróbicas que atuam na digestão desses compostos orgânicos.

Nesse processo aumenta a competição e consumo de oxigênio disponível entre os seres vivos aquáticos, quadro de degradação ambiental que pode levar ao esgotamento de OD em um curto espaço de tempo (BRANCO, 2002).

A variação de oxigênio dissolvido apresentou menor concentração nos pontos sobre influência de agricultura cafeeira, nos cursos fluviais de 1ª e 2ª ordem, especialmente nas nascentes, onde se registrou média de 1,61mg/L a uma temperatura 27,2 °C, taxa inferior a média encontrada na microbacia (4,05 mg/L) (Figura 8).

A intensa degradação da floresta original tende a propiciar aceleração no processo de erosão e assoreamento, conseqüentemente relativo aumento na taxa de particulado transportado e depositado no leito menor, que diminui a profundidade dos rios e igarapés. Processo que favorece o aquecimento diurno da água na camada superficial (epilímnio), responsável pela desoxigenação “crítica” da água nesse trecho da drenagem.

Fenômenos hidro-térmicos que interferiram também no quantitativo máximo de oxigênio saturado, com média 20,9%, menor que a taxa média de 49,38% de saturação obtida nos demais pontos avaliados. Mellanby (1982) avaliou a influência do aquecimento (poluição térmica) e distribuição de oxigênio dissolvido nos rios Trent e DraKelow da Grã-bretanha, e observou uma saturação de O₂ em torno de 17% no verão e raramente superior a 50% no inverno.

Ao contrário do que ocorreu nas áreas agrícolas, nas áreas de floresta (reserva legal e preservação permanente) a temperatura média (25,8 °C) proporciona maior concentração de OD e água de melhor qualidade. Nesse ambiente se registrou nível “baixo” de O₂ que se manteve superior a 3,8 mg/L e atingiu valores máximos de 5,5 mg/L. Saturação de oxigênio elevada, entre 40,2% e 60,2%, média de 46,68%, valores que favorecem o desenvolvimento natural da fauna e flora. Na floresta ombrofila aberta de terras baixas da área marginal da nascente à foz do igarapé Corgão, que protege os solos da planície de inundação de vales secundários, apesar de bastante preservada (mesmo no interior das propriedades), em termo de oxigenação foram registrados níveis “críticos”, com média de 2,5 mg/L, e 31,0% de saturação.

A redução acentuada nessa porção da rede de drenagem pode ser atribuída às características locais, ambiente relativamente lântico e bastante encharcado (pantanosos). O que propicia o desenvolvimento de substâncias orgânicas, natural e antropogênica, favorável à multiplicação desordenada de bactérias, fungos e elevado consumo de O_2 . Neste igarapé a média de Oxigênio de 4,3mg/L, maior proporção registrada nas 63 amostras analisadas.

Branco (2002) cita que uma das mais graves conseqüências de deterioração da qualidade da água superficial é provocada pelo despejo de resíduos orgânicos domésticos e industriais, prática comum no espaço analisado. Na classe de uso do solo urbano um total 24,3% da população despeja aproximadamente 149.349 l/hab's/dia de resíduos orgânicos *In-natura*, volume que tem causado redução, em termos absolutos, na taxa de OD.

No ponto 07, correspondente a um canal de 1º ordem, que corta uma densa área residencial do núcleo urbano da cidade do Alto Paraíso-RO a concentração de OD foi de 1,57 mg/L (média de 2,78 mg/L na água baixa) no período seco, a temperatura da água de 25,3 °C. No ponto 09, curso principal da microbacia (no trecho de 2º ordem), a $[O_2]$ foi de 2,7 mg/L a temperatura da água de 26,8 °C na "água alta". A saturação apresentou o mesmo comportamento, forte declínio, 19,1% e 36,0%, respectivamente, nos pontos analisados Figura 9.

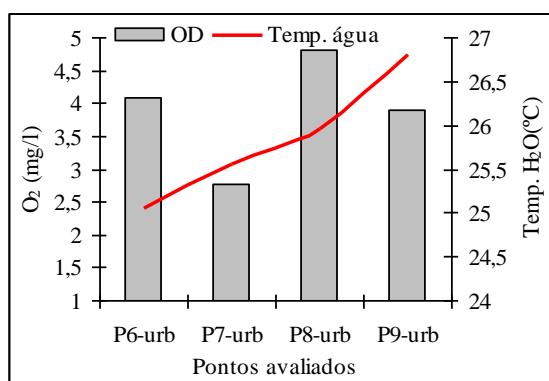


FIGURA 9 – Variação de temperatura e OD na área urbana.

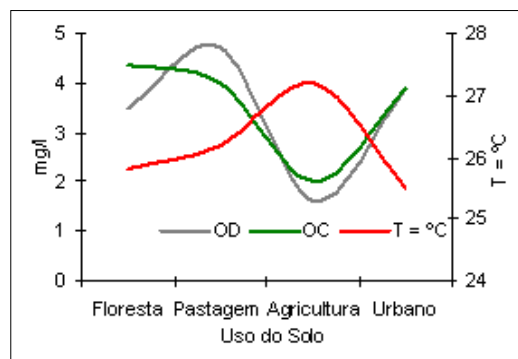


FIGURA 10- Variação de temperatura, OD e OC conforme tipo de uso do solo.

As taxas médias registradas, de oxigênio dissolvido (3,9 mg/L) e consumido (3,9 mg/L), indicam que embora ocorram processos de poluição, o sistema analisado mantém-se equilibrado através da depuração natural. Mas os efeitos deletérios na qualidade da água podem agravar-se devido à falta de infra-estrutura e saneamento básico na área urbana. Nos solos recobertos por pastagem foram registradas as maiores concentrações de O_2 , com variação entre 3,9 mg/L a 6,2 mg/L, no médio e baixo curso.

Na região da foz, a média de OD manteve-se em 4,5 mg/L, mesmo sobre forte radiação solar. Fenômeno que propicia o aquecimento no epilímnio, a exemplo do que ocorreu no ponto 20, onde a temperatura média da água (28,6 °C) é bastante elevada, comparadas às demais amostras observadas em áreas de pasto, onde a concentração média de oxigênio foi de 4,8 mg/L. O acentuado nível de O_2 nas áreas de pasto na foz, quando comparado aos demais uso da terra, deve-se a dois fatores: (a) a topografia fluvial na seção correspondente ao canal de 4º ordem caracteriza-se por um leito bastante esculpido na forma de "vale", atingindo afloramento granítico do Complexo Jamari e originando um pequeno trecho encachoeirado (a exemplo da cachoeira do Bialécio – RO na linha 619).

A turbulência tende a maximizar a transferência do oxigênio atmosférico para água por difusão e conseqüentemente uma aeração mais eficiente da água. (b) a extensa área de floresta original intacta, inclusive de mata ciliar, impede variações bruscas na temperatura da água, principalmente no período diurno, e conseqüentemente menor perda de oxigênio.

Nas áreas como predominância de pastagem a média geral de oxigênio consumido na água foi de 4,0 mg/l, inferior o OD. No médio curso algumas áreas apresentam forte desenvolvimento da pecuária bovina de corte e leiteira, cujas propriedades apresentam baixa taxa de reserva legal e permanente (> 25 hectares/propriedade).

Nesta seção da microbacia registrou-se no onto Pe-17 (igarapé Formigão de 1ª e 2ª ordem) média de 3,5 mg/l de OD (3,4 mg/l na vazante e 3,7 mg/l na água alta), com temperatura média de 26,1 °C na água. Fato observado no Pe-11, que tanto recebe efluentes provenientes do esgoto urbano como da atividade de pecuária, onde foi registrada média anual de 3,8 mg/l de OD a temperatura da água 25,5 °C. Nesses pontos o OD atingiu concentrações críticas, insalubres para a vida aquática e inferiores ao regulamentado para água doce da classe 3, principalmente em virtude do elevado consumo de oxigênio, 3,9 mg/l, e baixa saturação, entre 43% e 47% ao longo do período de monitoramento (Figura 10).

Apesar das mudanças já ocorridas na cobertura da terra na microbacia avaliada, os resultados dos indicadores limnológicos mensurados em diversas fases do ciclo hidrológico demonstram que a qualidade da água no ambiente rio Preto – RO encontra-se dentro dos padrões de uso e consumo destinado a dessedentação de animais (exceto OD que nas fases de água alta e vazante apresentou média inferior aos valores de referência para classe 03 de água doce) e abastecimento humano após remoção e inativação de constituintes refratários resistentes aos processos convencionais de tratamento de água doce (Tabela 6)

TABELA 6
Caracterização limnológica da água do rio Preto-RO

| Variáveis | Água Alta | Vazante | Água Baixa | Enchente | Média na Bacia | Classe Água III |
|-------------------------------|-----------|---------|------------|----------|----------------|-----------------|
| Temperatura - °C | 26,4 | 26 | 26,5 | 28 | 26,7 | - |
| pH | 5,1 | 6,1 | 6,6 | 6,4 | 6,0 | 6,0 a 9,0 |
| Cond. Elétrica | 9,3 | 12,7 | 7,0 | 12,1 | 10,27 | - |
| O D | 3,8 | 3,5 | 4,6 | 4,7 | 4,1 | >4,0 mg/L |
| OC | 3,8 | 3,5 | 3,7 | 4,7 | 3,9 | - |
| Turbidez – UNT | 4,8 | 4,5 | 4,2 | 5,8 | 4,8 | 100 UNT |
| Cor – Pt/L | 43,0 | 39,3 | 33,3 | 52,7 | 42,0 | 75 mg Pt/L |
| TDS | 40,1 | 30,2 | 118 | 47,075 | 58,84 | 500mg/L |
| Alcalinidade HCO ₃ | 9,1 | 9,3 | 18 | 18 | 13,6 | - |
| Nitrito | 0,01 | 0,001 | 0,002 | 0,073 | 0,023 | 1,0 mg/L |
| Nitrato | 1,14 | 1,330 | 0,033 | 1,660 | 1,116 | 10 mg/L |
| Sulfato | 0 | 2,07 | 4,1 | 4,1 | 2,56 | 250 mg/L |
| Ferro Total | 0,17 | 0,485 | 0,14 | 0,339 | 0,284 | 5,0 mg/L |

Obs.: Janeiro a março = “**água alta**”, abril a junho = “**vazante**”, julho a setembro = “**água baixa**”
outubro a dezembro = “**enchente**”

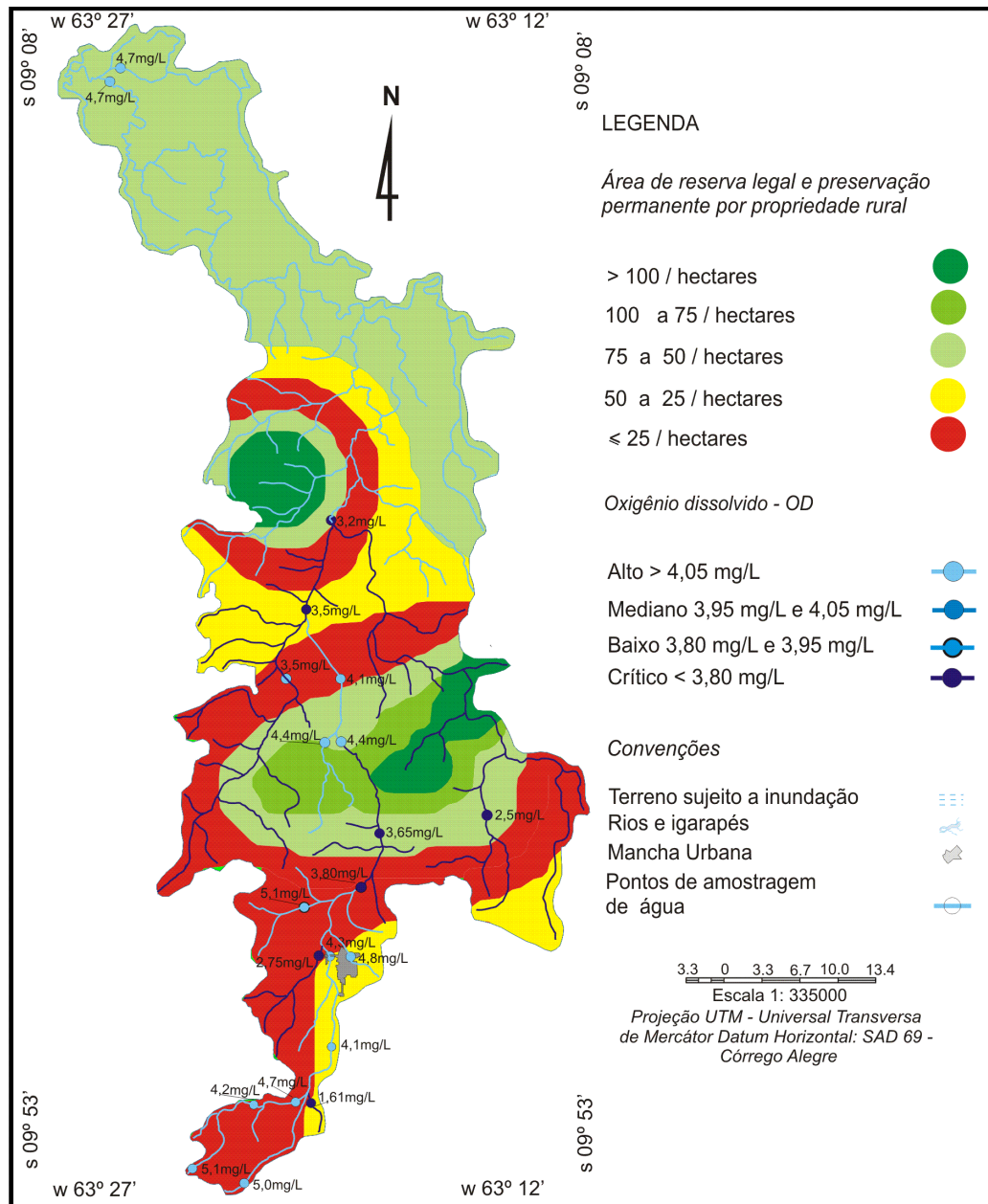


FIGURA 11 – Análise espacial das reservas legal e permanente e distribuição das concentrações de oxigênio dissolvido.

CONCLUSÃO

A microbacia hidrográfica do rio Preto - RO, apesar da pouca extensão geográfica, é composta por múltiplos ambientes (agrícola, pastagem, urbano, florestal) definidos pela heterogeneidade de suas comunidades e processo de uso e ocupação e desenvolvimento recente. Nesse aspecto, esta unidade de análise pode ser vista como um espaço segmentado e organizado de acordo com o uso e agentes predominantes de ocupação. E a partir da análise integrada, os parâmetros avaliados demonstram:

- Nos pontos P-07 (área urbana) e P05 (agricultura cafeeira) as variáveis limnológicas atingiram níveis abaixo do estabelecido para a água doce de classe 3, e indica que os recursos hídricos superficiais nestes ambientes estão suscetíveis à degradação quantitativa e insalubre ao uso direto pelo homem;

- Nos cursos perenes de 1ª e 2ª ordens houve baixa saturação e elevado consumo de oxigênio, associado a expansão da pecuária extensiva, agropecuária e o lançamento de efluentes industriais e domésticos lançados diretamente nos cursos de água;
- Os valores de oxigênio, dentro de cada tipo de uso, área urbana (OD = 1,57 mg/l e saturação = 19,1%), agrícola (OD = 1,61 mg/l e saturação 20,9%) e pecuária (OD = 3,4 mg/l e consumo de oxigênio de 3,9mg/l) refletem o estágio atual e o grau de degradação ambiental da microbacia do rio Preto – Rondônia;
- Os níveis de oxigênio indicam que esta unidade espacial encontra-se no seu ponto máximo de recuperação natural ou resiliência, mecanismo que a natureza dispõe para garantir um ambiente ecologicamente equilibrado;
- A microbacia é um exemplo de unidade ambiental onde se faz necessário cumprimento das normas propostas nas Políticas Nacional de Meio Ambiente e Recursos Hídricos por parte do poder local e regional (Prefeituras e Estado) no sentido da preservação e conservação de biomas tropicais especiais, a exemplo da planície e vales secundários do rio Preto e Igarapé Corgão, diagnosticadas e mapeadas há apenas dez anos;
- Os dados geombientais e geoquímicos levantados permitiram-nos concluir que o rio Preto - RO pertence ao grupo de rio de “água clara” da Amazônia ocidental;
- Predominam dois usos de água na microbacia do rio Preto: dessedentação de animais (agropecuária principal fonte de renda dos colonos) e abastecimento humano;
- 78,5% dos agricultores reconhecem que para consumo humano é necessário o tratamento da água do rio Preto-RO para remoção de efluentes agropecuário, doméstico e industrial;
- E mais de 90% da população residente na microbacia tem como principal fonte de captação e abastecimento de água o rio Preto, sem o devido tratamento quando para consumo humano.

AGRADECIMENTOS

O autor J.M. da Silva agradece ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental - Wolfgang C. Pfeiffer da Universidade Federal de Rondônia pelo apoio e incentivo na realização da dissertação de mestrado que propiciou o desenvolvimento deste artigo científico.

REFERÊNCIAS

ALBERTI, E. A.; ARNUTI, F.; CAMPONOGARA, I.; PEREIRA FILHO, W. **Uso da Terra na microbacia da Sanga Alberti e sua influência em variáveis limnológicas – São João do Polêsine/RS.** In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Disponível <<http://www.cibergeo.org/xsbgfa/cdrom/eixos3/3.3/144/144.htm>> Acesso em: 11 agosto de 2004.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de. **Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo.** Scientia Forestalis. n. 56. p. 125-134, 1999.

BINSZTOK, J. **Camponeses de Rondônia.** Ciência Hoje, vol. 38, p. 30-35, 2006.

BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. **Lago batata.** Rio de Janeiro: IB-UFRJ/SBL, 2000,342 p.

BRANCO, S. M. Água, meio ambiente e saúde. Rebouças, A. da C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (org. e coord). **Águas Doces no Brasil.** 2ª ed. São Paulo: Escrituras, p. 227-248, 2002.

BRANCO, S. M. **Água, meio ambiente e saúde**. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.) *Águas Doces no Brasil*. 2ª Ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Água. **Base de dados das regiões hidrográficas do Brasil**. Brasília: ANA, 2003 (CD Rom).

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Projeto de Gestão Integrada do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2001. 100p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, 23p

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992, 92p.

BRASIL. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Programa de Integração Mineral em Municípios da Amazônia. CPRM, 1995, 25p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensigand GIS by object-oriented data modelling. *Computes & Graphics*. 20 (3), p. 395-403, 1996.

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**. *Engenharia Agrícola Jaboticabal*, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

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

JUNK, W.D; FURCH, K. **Química da água e macrófitas aquáticas de rios e igarapés na Bacia Amazônica e nas áreas adjacentes**. *Acta Amazonas*, 10, nº 3, p. 611-633, 1980.

KRUSCHE, A. V.; BALLESTER, M. V. R.; VICTORIA, R. L.; BERNARDES, M. C.; LEITE, N. K.; HANADA, L.; VICTORIA, D. C.; TOLEDO, A. M.; OMETTO, J. P.; MOREIRA, M. Z.; GOMES, B. M.; BOLSON, M. A.; NETO, S. G.; BONELLI, N.; DEEGAN, L.; NEILL, C.; THOMAS, S.; AUFDENKANPE, A. K.; RICHEY, J. E. **Efeitos das mudanças no uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água na bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia**. v 35, n 2, p 197 – 205.

MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 1991. 180 p.

MASSON, C. G. M. J. **Subsídios para uma gestão dos recursos hídricos na Amazônia: Estudo de caso da bacia do rio Madeira**. Dissertação de Mestrado (Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005, 258 p.

MEDEIROS, J. S. de; CÂMARA, G. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2ª Ed. São José dos Campos: INPE, 1998.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação**. São José dos Campos: INPE, 2001, 250p.

MORTATTI, J. **Estudo das alterações ecológicas na região Noroeste do Brasil em função da colonização intensiva**. Brasília: CNPq, Assessoria Editorial, 1988. 87 p. (Relatório de Pesquisa nº 3)

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Boletim Climatológico de Rondônia – 1998**. Porto Velho: SEDAM, 1999, 30p.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Boletim Climatológico de Rondônia – 2004**. Porto Velho: SEDAM, 2005, 33p.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. **Diagnóstico Sócio-econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento-Sócio-Econômico-Ecológico**. Porto Velho: PLANAFLORO, 1998a, 131 p. (Relatório Técnico de Hidrologia, v. 1, texto)

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. **Diagnóstico Sócio-econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento-Sócio-Econômico-Ecológico**. Porto Velho: PLANAFLORO 1998b.141 p (Relatório Técnico de Geomorfologia , v. 2, anexo A, parte 2).

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. **Diagnóstico Sócio-econômico-Ecológico do Estado de Rondônia e Assistência Técnica para Formulação da Segunda Aproximação do Zoneamento-Sócio-Econômico-Ecológico**. Porto Velho: PLANAFLORO 1998c.141 p (Relatório Técnico de Solos, v. 5)

SCANDOLARA, J. E. **Geologia e recursos minerais do Estado de Rondônia**. Porto Velho: CPRM, 1999, 97p.

SILVA, J. M. **Análise integrada de qualidade de água em microbacia hidrográfica**. Dissertação de Mestrado (Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2006, 217p.

SIOLI, H.; KLINGE, H. **Solos, tipos de vegetação e água na Amazônia**. Boletim Geográfico, nº 179, 1964, 146-153.

STRAHLER, A. N. **Geografia Física**. 7 ed. Barcelona: Omega, 1984, 767p.

TENANI, S. A. (Coord.). **Rondônia: Desenvolver e preservar**. Porto Velho; ITERON/Governo do Estado de Rondônia, 1996, 20p.

TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. **Estatística básica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1995, 459p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2003. 248p.