

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa Programa de Pós-Graduação
Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável

DANIELLA DA SILVA PORTO CAVALCANTI

QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DA BACIA NO ALTO DO
RIO PARANÁ/GO

Goiânia

2010

DANIELLA DA SILVA PORTO CAVALCANTI

**QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DA BACIA NO ALTO DO RIO
PARANÁ/GO**

Dissertação de Mestrado Multidisciplinar,
da Pontifícia Universidade Católica de
Goiás, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Ecologia
e Produção Sustentável.

Orientadora: Profa. Dra. Adélia Maria Lima da Silva

Goiânia

2010

DANIELLA DA SILVA PORTO CAVALCANTI

**QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DA BACIA NO ALTO DO RIO
PARANÁ/GO**

APROVADO EM: 13/10/2010

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Adélia Maria Lima da Silva (MAF/MEPS/UCG)

Orientadora

Profa. Dra. Cleonice Rocha (MAF/PUC-GO)

Avaliadora Interna

Profa. Dra. Maria Gizelda de Oliveira Tavares (IQ/UFG)

Avaliadora Externa

Dedico este trabalho a Deus e a toda minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que, durante todo o período de realização desta dissertação, não deixou que meus ânimos e minhas esperanças se abalassem devido às dificuldades e perdas sofridas. Pelo contrário, tudo fez para que o sofrimento se transformasse em tempo de profundo crescimento e amadurecimento pessoal.

Agradeço a todos aqueles que acreditaram em mim e me deram apoio e sustentação para a realização deste trabalho, em especial a minha família, ao meu esposo Fabrício, pela compreensão de minha ausência em muitos momentos, e ao meu tio Edirson Porto, pela confiança e apoio.

À Profa. Dra. Adélia Maria Lima da Silva, pela orientação, apoio e incentivo ao longo do mestrado.

Às professoras doutoras Cleonice e Gizelda, pela participação na banca examinadora e pelas contribuições no final deste trabalho.

Ao gerente do SUPEIA, Ms. Carlos Roberto, pela grande contribuição na estatística.

À Cristiane, pelo auxílio na parte administrativa e burocrática.

Aos funcionários do laboratório de Química da PUC Goiás, Evilázaro, Liliane e Sandro, pelo apoio nas etapas da parte experimental e análises.

Ao Valdeir, pelas campanhas em campo.

Aos amigos, pela torcida e oração.

Ao CNPq, pela bolsa concedida por sete meses (Processo nº 136949/2008-8).

À FAPEG, pela bolsa concedida por nove meses.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Nesta dissertação foram avaliados alguns fatores que influenciam a qualidade da água no alto da bacia do Rio Paraná em Goiás, onde há a predominância da atividade agropecuária. Os dados foram coletados em 31 propriedades nos municípios de Piracanjuba, Morrinhos, Goiatuba e Itumbiara. Assim, o objetivo desta pesquisa foi determinar e avaliar os parâmetros físico-químicos (temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez, pH, nitrato, sulfato e fosfato) entre os meses de maio a setembro de 2009 (período de seca). As variáveis físico-químicas, tais como temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez e pH foram analisadas *in loco* e as de sulfato, fosfato e nitrato foram verificadas no laboratório de Química da PUC-GO. As medidas da temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH demonstraram proximidade entre os dados no perfil longitudinal, com baixa dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação). Ressalta-se que a dispersão para condutividade, turbidez, nitrato, sulfato e fosfato são mais expressivas no trecho de Piracanjuba, Morrinhos e Itumbiara. Em relação ao nitrato e sulfato, observou-se que todos os pontos de coleta estão dentro das normalidades e, quanto ao fosfato, os resultados mostraram que, em média, todos os pontos de coletas estão acima do valor máximo permitido pela legislação.

Palavras-Chave: qualidade da água, físico-química, bacia do Paraná.

ABSTRACT

In the present dissertation, we evaluated some factors which influence water quality in the high of the river Paraná basin, in the state of Goiás, where there is predominance of agricultural and cattle raising activities. Data was collected in 31 properties in the towns of Piracanjuba, Morrinhos, Goiatuba, and Itumbiara. Therefore, this research aimed at determining and evaluating the physicochemical parameters (temperature, dissolved oxygen, turbidity, conductivity, pH, nitrate, total sulfate, and phosphorus) to may from September 2009 (dry period). We analyzed the physicochemical variables, such as temperature, dissolved oxygen, conductivity, turbidity, and pH *in loco* and the total sulfate, phosphorus, and nitrate were verified at the Chemistry laboratory at PUC-GO. The statistics for water temperature, dissolved oxygen, and pH showed proximity among data in the longitudinal profile, with low dispersion (standard deviation and coefficient of variation). The dispersion for conductivity, turbidity, nitrate, sulfate, and phosphorus were highlighted as more expressive in Piracanjuba, Morrinhos and Itumbiara. Regarding nitrate and sulfate, all points of collection were observed as normal, and regarding phosphorus, the results showed that all points of collection are, in average, above the maximum value allowed by legislation.

Keywords: Water quality, physicochemical, river Paraná basin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Localização da bacia do alto do rio Paraná.	37
Figura 2	Localização das estações amostrais (pontos escuros) nos cursos de água que drenam a principal bacia leiteira no sul do estado de Goiás, alto do rio Paraná, Brasil Central.	37
Figura 3	Ponto 2 de Coleta - Piracanjuba –GO.	49
Figura 4	Ponto 18 de Coleta - Morrinhos-GO.	50
Figura 5	Ponto 36 de Coleta – Goiatuba.	50
Figura 6	Ponto 32 de Coleta Itumbiara –GO.	51
Figura 7	Dados médios de temperatura da água (°C) na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.	52
Figura 8	Dados médios de oxigênio dissolvido (mg/L O ₂) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.	54
Figura 9	Dados médios de potencial hidrogeniônico (pH) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.	55
Figura 10	Dados médios de condutividade elétrica (µS/cm) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.	56

Figura 11	Dados médios de turbidez (NTU) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.	57
Figura 12	Dados médios de nitrato (mg/LN-NO ₃) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.	58
Figura 13	Dados médios de sulfato (mg/L SO ₄ ²⁻) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.	58
Figura 14	Dados médios de fosfato (mg/L P-PO ₄) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.	59
Figura 15	Coeficiente de variação dos parâmetros (CV, %) na área de estudo.	60
Figura 16	Eixo 1 e 2 da análise de componentes principais das estações de amostragem (PJB, MOR, GOI, ITU) com base nas variáveis físico-químicas na área de estudo. Grupos (G1, G2, G3, G4 e G5).	63
Figura 17	Eixo 1 e 2 da análise de componentes principais das estações de amostragem (PJB, MOR, GOI, ITU) com base nas variáveis físico-químicas ao longo da área de estudo. Grupos (G5, G6, G7, G8 e G9).	64

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	Classificação das águas doces e uso	21
Quadro 2	Padrões de alguns parâmetros de qualidade da água para Classe 2	29
Quadro 3	Preparação das soluções padrão secundária de nitrato.	42
Quadro 4	Preparação das soluções padrão secundária de fosfato.	45
Tabela 1	Informações sobre os pontos de coleta.	38
Tabela 2	Estatística de posição dos dados físico-químicos da área de estudo.	61
Tabela 3	Correlação das variáveis físico-químicas na área de estudo com os três componentes principais. Variáveis que melhor explicaram a variabilidade total dos dados nas estações (negrito sublinhado)	62
Tabela 4	Análise de variância com base nos dados físico-químico das estações de amostragens.	65

LISTA DE ABREVIÇÕES E SIGLAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial
IQA	Índice de Qualidade de Água
MO	Matéria Orgânica
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
SEPIN	Superintendência de Pesquisa e Informação
T	Temperatura
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1. ÁGUA.....	19
1.1. Qualidade da água.....	20
1.2. Variáveis da qualidade da água.....	24
1.2.1. Parâmetros físicos.....	24
1.2.2. Parâmetros químicos.....	26
1.3. Índice de Qualidade de Água.....	29
1.4. Água e agropecuária.....	30
1.5. Contaminação da água por nutrientes.....	32
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
2.1. Reconhecimento da área.....	36
2.2. Amostragem.....	39
2.3. Análises físico-químicas.....	40
2.3.1. No campo.....	40
2.3.2. No laboratório.....	41
2.3.2.1. Nitrato total.....	41
2.3.2.2. Fosfato total.....	43
2.3.2.3. Sulfato total.....	46
2.4. Tratamento de dados.....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.1. Descrição e características dos pontos de coleta.....	48
3.2. Análises físico-químicas.....	51
3.3. Avaliação estatística.....	60
CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS.....	78

INTRODUÇÃO

A agricultura e a pecuária são atividades humanas que produzem impactos negativos no meio terrestre e aquático (SIOLI, 1990). Muitos desses impactos são devidos à poluição das águas, ao uso de adubos químicos e defensivos agrícolas. A poluição geralmente traz mudanças indesejáveis para as características biológicas e físico-químicas da água, do ar e da terra. Além disso, acarreta efeitos danosos à vida humana, à vegetação e aos outros organismos que vivem sustentados por esses ecossistemas (NETO, 2006).

No ambiente, a água pode ser contaminada de forma natural através do carreamento de partículas do solo oriundas do intemperismo das rochas ou dejetos de animais silvestres. No meio rural, as principais interferências são a destruição das áreas de vegetação permanentes, a utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes, a má destinação dos dejetos de animais e humanos e os resíduos de produtos industrializados (CARVALHO et al., 2000). Entretanto, nas últimas décadas, a ação antrópica tem acelerado a contaminação dos ambientes aquáticos com elementos que são contrários à manutenção da vida (BRANCO & ROCHA, 1984).

A ocupação e o uso dos solos decorrentes de atividades humanas alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas naturais. Essas alterações ocorridas em uma bacia hidrográfica podem ser avaliadas através do monitoramento da qualidade das águas, que constitui um indicador das condições e modificações (SOUZA et al., 2000; MONTEIRO & PINHEIRO, 2004). Deve-se ressaltar que os rios recebem as descargas industriais e municipais e as águas de drenagem oriundas das áreas exploradas pela agropecuária (ELMI et al. 2004; PALÁCIO, 2004; SINGH e SINHA., 2005).

A qualidade da água de uma região é determinada por processos naturais (intensidade das precipitações, intemperismo, cobertura vegetal) e pela influência antrópica (agricultura, concentração urbana, atividade industrial e uso excessivo da água). A exploração incorreta dos solos pela agropecuária representa uma fonte de poluição difusa constante ao longo de todo o ano, enquanto que o escoamento superficial é um fenômeno sazonal, extremamente afetado pelas condições climáticas da bacia (VEGA et al., 1998).

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas indispensáveis na produção de alimentos e, segundo Carvalho et al., (2000), ambas têm uma necessidade imediata: o espaço físico. Isto faz do desmatamento a primeira consequência prejudicial ao ambiente. Desse modo, o solo fica exposto à lixiviação superficial (que leva consigo a deposição orgânica de vegetais e sua microfauna associada) e à lixiviação profunda (que promove uma lavagem dos nutrientes nas camadas subsequentes). A deposição de resíduos agrícolas e animais tem resultado em alterações ambientais que, desde a década de 1960, já são avaliadas nos Estados Unidos (HAMLETT & EPP, 1994).

Esses processos resultam no empobrecimento do solo e conduzem o material para áreas mais baixas, que em geral convergem para rios e lagos, o que pode acarretar aumento no uso de fertilizantes, desequilibrando o conteúdo de nutrientes no solo e expondo-o à contaminação química (CARVALHO et al., 2000). A criação de pastagens, por se tratar de uma monocultura, diminui a diversidade vegetal local e a diversidade animal, pois homogeneiza o ambiente e poucas espécies, quando não apenas uma, conseguem se adaptar.

Outro aspecto a ser considerado na agricultura e na pecuária é o suprimento de água. No Brasil, a agricultura é a atividade que mais consome água - quase 63% do que é captado vai para a irrigação. O uso doméstico é responsável por 18% do consumo e a indústria, por 14%. Os 5% restantes são usados para matar a sede dos animais de criação (BRASIL, 2007).

Segundo Tundisi (2005), a água é um recurso estratégico para a humanidade, pois mantém a vida no planeta Terra, sustenta a biodiversidade e a produção de alimentos e suporta todos os ciclos naturais. A água tem, portanto, importância ecológica, econômica e social.

Esta pesquisa visou analisar a qualidade físico-química da água no alto da bacia do Rio Paraná em Goiás, nos cursos d'água dos rios Meia Ponte e Piracanjuba e ribeirão Santa Maria, abrangendo 31 cursos de água. Nessas microrregiões são predominantes atividades agropecuárias, onde estas são desenvolvidas em propriedades de pequeno a grande porte e os animais são agrupados ou agrupam-se de acordo com o espaço disponível e acesso ao fluxo d'água. O estado de Goiás é o segundo maior produtor de leite do Brasil, sendo a microrregião da bacia do rio Meia Ponte a primeira no *ranking* de produção, com destaque para os municípios de Piracanjuba e Morrinhos (Superintendência de Pesquisa e Informação – SEPIN, 2007).

No caso dos cursos de água da bacia do alto rio Paraná, existe a predominância de atividades agropecuárias. No entanto, pouco se sabe a respeito dos impactos dessas atividades sobre a qualidade ambiental. Segundo Shigaki et al., (2006), 70% do fósforo resultante das excretas da criação de gado, aves e suínos é susceptível de ser transportado para os ambientes aquáticos. Esses

autores também indicam que a criação de gado, por ser extensiva, permite que os excrementos sólidos e líquidos não se concentrem em áreas definidas. Entretanto, eles consideram que as excretas podem ser levadas para a água pelas chuvas, apesar da contenção feita pela mata ripária, quando presente (LIM et al., 1998; FITCH & ADAMS, 1998), ou pelos animais, que podem eliminar diretamente as excretas nos cursos de água utilizados para dessedentação (aguadas). O aumento de fósforo em águas continentais está vinculado aos problemas de eutrofização e também à disponibilidade de nitrogênio em forma de nitratos originados pelos excrementos de bovinos (CLARK et al., 1998).

Neste sentido, o objetivo geral desta pesquisa foi determinar e avaliar os parâmetros físico-químicos (temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez, pH, nitrato, sulfato e fosfato) nos meses de maio a setembro de 2009 (período de seca), para averiguar a qualidade da água no alto da bacia do Rio Paraná em Goiás, especificamente nos cursos d'água dos rios Meia Ponte, Piracanjuba e ribeirão Santa Maria, onde existe a predominância da atividade agropecuária e são usados na dessedentação.

A dissertação está dividida em três capítulos. No primeiro capítulo são feitas as considerações gerais sobre a água, qualidade, parâmetros físico-químicos, legislação, usos múltiplos da água, poluentes e a agropecuária. No segundo capítulo é apresentada a metodologia utilizada, discorrendo sobre as técnicas de amostragem, pontos de coleta e procedimento de análise. No terceiro capítulo são apresentados os resultados, discussão e conclusão dos dados.

1. ÁGUA

A água está em todo planeta cobrindo três quartos da superfície da terra, ou seja, o planeta dispõe de aproximadamente 1.386 bilhão de km³ de água. No entanto, mais de 97% é salgada, espalhada por oceanos, mares, lagos salgados e aquíferos salinos (águas subterrâneas). Menos de 3% é água doce e destes, 69,5% são indisponíveis ao ser humano, pois ficam contidos em geleiras, neves, gelos e solos congelados. Da água doce, apenas uma proporção minúscula é disponível, ou seja, 135 mil km³ (0,4%), encontrada na superfície da Terra, em lagos, rios, zonas úmidas, solo, umidade do ar e em plantas e animais. Todo o restante está armazenado em aquíferos subterrâneos, isto é, 10,5 milhões de km³ (30,1%) (CLARKE & KING, 2005).

Segundo Tundisi (2005), os principais usos da água são: abastecimento doméstico e industrial; agricultura, irrigação e pecuária; dessedentação de animais; aquicultura; preservação da flora e fauna; recreação e lazer; paisagismo; geração de energia; navegação e diluição de despejos.

O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida das populações humanas e para a sustentabilidade dos ciclos do planeta. A maior parte da água é utilizada na agricultura e irrigação (69%), especialmente nas regiões mais secas do mundo, 10% é destinada ao uso doméstico e 21% ao uso industrial.

De uma forma geral, apenas os abastecimentos doméstico e industrial requerem tratamento da água. A inter-relação entre o uso da água e a qualidade requerida para a mesma é direta. A água para um fim mais nobre, tais como o

abastecimento humano, requer a satisfação de diversos critérios de qualidade, enquanto que a água para diluição de dejetos não possui nenhum requisito especial.

A água pode ter usos múltiplos, decorrendo daí a satisfação simultânea dos diversos critérios de qualidade. Pode-se assim verificar que, em função da sua utilização, existem diversos parâmetros de qualidade que devem ser respeitados.

1.1 QUALIDADE DA ÁGUA

A qualidade da água é determinada de acordo com o uso e a ocupação do solo em uma bacia hidrográfica. Desta forma, é necessário considerar as condições naturais e a interferência do homem.

As condições naturais afetam a qualidade da água. O ar, por exemplo, ao incorporar-se nela, leva também partículas de areia, pólenes de plantas, gases, entre outros. Existe também o escoamento superficial, no qual partículas de sólidos em suspensão ou íons provenientes da dissolução de rochas (sólidos dissolvidos) podem ser incorporadas na água.

A interferência do homem está associada às suas ações sobre o meio através da geração de resíduos domésticos e industriais, de forma dispersa (como a aplicação de defensivos no solo) ou pontual (lançamento de esgoto).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) visa controlar o lançamento de resíduos em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida. Considera-se que a saúde e o bem estar da humanidade, bem com o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deteriorização da

qualidade das águas. Considera-se, também, que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, com a garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e com a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água (BRASIL, 1997). No seu artigo 1º, a PNRH estabelece que a água é um bem de domínio público e que é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. O capítulo IV desta lei estabelece como instrumentos:

- I) Os planos de recursos hídricos;
- II) A autoria dos direitos de uso do recurso hídrico;
- III) A cobrança pelo uso do recurso hídrico.

A resolução normativa nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005) estabelece a classificação das águas, segundo a sua utilização, definindo parâmetros de qualidade a serem atendidos para cada classe. Dispõe ainda 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 (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação das águas doces e uso.

Classe	Uso
Especial	Abastecimento para consumo humano, com desinfecção Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e de proteção ambiental

Quadro 1. Classificação das águas doces e uso (continuação)

Classe 1	<p>Abastecimento doméstico após tratamento simplificado</p> <p>Proteção das comunidades aquáticas</p> <p>Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)</p> <p>Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas ou de frutas que se desenvolvem rentes ao solo ou que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas</p> <p>Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas</p>
Classe 2	<p>Abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional</p> <p>Proteção das comunidades aquáticas</p> <p>Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)</p> <p>Irrigação, parques, jardins, campos de esporte e lazer</p> <p>Aquicultura e atividade de pesca</p>
Classe 3	<p>Abastecimento doméstico após tratamento convencional ou avançado</p> <p>Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras</p> <p>Pesca amadora</p> <p>Recreação de contato secundário</p> <p>Dessedentação de animais</p>
Classe 4	<p>Navegação</p> <p>Harmonia paisagística</p>

Uma forma de avaliar e monitorar os efeitos nocivos do mau uso da água é o emprego de Índices de Qualidade de Água (IQA), que se baseiam principalmente em fatores limnológicos e físico-químicos (CETESB, 2008).

Segundo Carvalho et al., (2000), a qualidade da água não se refere a um grau de pureza absoluto, mas sim a um padrão o mais próximo possível do natural, ou seja, como é encontrado nos rios e nascentes antes do contato com o homem. A avaliação da qualidade da água por índices vem sendo utilizada com bons resultados em áreas sujeitas a diferentes regimes hidrológicos. No entanto, Haase & Possoli (1993) concluíram que um índice é limitado, pois a seleção das variáveis é subjetiva, dificultando variações. Embora o IQA tenha sido elaborado para condições regionais do hemisfério norte, no Brasil ele tem sido aplicado como índice geral de qualidade em corpos de água.

Dentre as variáveis de qualidade da água, podem-se destacar a temperatura (T), potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD) e matéria orgânica (MO). A temperatura da água influencia na concentração de outras variáveis, como OD e MO (PORTO et al., 1991), sendo a radiação solar, segundo ARCOVA et al. (1993), a principal variável que controla a temperatura da água de pequenos rios. O pH fornece indícios sobre a qualidade hídrica (água superficial valor entre 4 e 9), o tipo de solo por onde a água percorreu e indica a acidez ou a alcalinidade da solução (MATHEUS et al., 1995). O teor de OD expressa a quantidade de oxigênio dissolvido presente no meio, sendo que a sua concentração está sujeita às variações diárias e sazonais em função da temperatura, da atividade fotossintética, da turbulência da água e da vazão do rio (PALMA-SILVA, 1999), podendo reduzir-se na presença de sólidos em suspensão e de substâncias orgânicas biodegradáveis, como esgoto doméstico, vinhoto e certos resíduos industriais (MATHEUS et al., 1995). A decomposição da MO nos cursos d'água pode diminuir o teor de OD, bem como o pH da água, pela liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico a partir deste (PALHARES et al., 2000).

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS & MEYBECK, 2000). De acordo com LIMA (2001), a qualidade da água não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema.

1.2 VARIÁVEIS DA QUALIDADE DA ÁGUA

Os parâmetros de qualidade da água podem ser físicos, químicos e microbiológicos. A seguir, serão apresentadas segundo CETESB (2008) informações sobre os parâmetros utilizados nesta pesquisa para a avaliação da qualidade físico-química.

1.2.1 Parâmetros físicos

Dentre os parâmetros físicos, tem-se primeiramente a coloração da água, influenciada pelo teor de material sólido dissolvido. A cor pode ser de origem natural (decomposição da matéria orgânica gerando ácido húmico e fúlvico ou pela presença de Fe ou Mn) ou de origem antropogênica (resíduos industriais como corantes ou esgotos domésticos).

Quando a origem é natural, a coloração não representa risco direto à saúde. Todavia, a coloração da água contendo matéria orgânica pode gerar produtos potencialmente cancerígenos. Esse parâmetro é geralmente utilizado para águas brutas e tratadas. A cor aparente inclui a turbidez. Após a centrifugação, elimina-se esta e se obtém a cor verdadeira. A cor produzida por 1mg/L de platina em

combinação com 0,5mg/L de cobalto metálico é considerada a unidade padrão de cor (coloração amarela amarronzada).

Outro parâmetro físico é a turbidez. Esta característica representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo-lhe uma aparência turva. A fonte da turbidez são os sólidos em suspensão, que podem ser de origem natural (partículas de rocha, areia e silte, além de algas e outros minerais) ou antropogênica (despejos domésticos, industriais, microorganismos e erosão). A turbidez de origem natural não representa riscos, porém é esteticamente desagradável e pode servir de abrigo para microorganismos patogênicos (reduzindo a eficiência da desinfecção). Quanto à origem antropogênica, ela pode estar associada a compostos tóxicos e a microorganismos patogênicos. Nos corpos d'água, a turbidez reduz a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese. A unidade mais utilizada é a UNT (ou NTU em inglês) que significa Unidade Nefelométrica de Turbidez.

A temperatura é um parâmetro físico fundamental para o IQA. É a medição da intensidade de calor, sendo originada de forma natural pela transferência de calor do solo e ar (convecção e condução) ou pela radiação solar diretamente. Variações de temperatura são parte do regime climático normal e, corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canaveiras, por exemplo) e usinas termoelétricas. A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma

série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo.

A condutividade elétrica é a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica devido à presença de íons (cátions e ânions). A sua origem está relacionada com a dissociação de substâncias que se encontram dissolvidas na água. Quanto maior o teor de íons na água, maior será a condutividade. A água pura tem baixa condutância (0,5 a 2µmhos), atingindo um valor de 2 a 4µmhos após algumas semanas de armazenamento. Este aumento é devido principalmente à reação com CO₂ atmosférico.

1.2.2 Parâmetros químicos

Com relação aos parâmetros químicos, o pH representa uma das principais medidas. Este está relacionado com a concentração de íons H₃O⁺ livres, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A fonte de variação deste parâmetro são os sólidos e os gases dissolvidos. A origem natural é devida à dissolução de rochas, adsorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Como origem antropogênica tem-se os despejos domésticos e industriais. Esta medida é de fundamental importância para diversas

etapas do tratamento de água, quer seja potável ou residual (coagulação, desinfecção, remoção de dureza, controle da corrosividade). Além disso, podem provocar corrosão (pH baixo) ou incrustação (pH alto) nas tubulações e também podem afetar a vida aquática e o tratamento biológico de esgoto.

No meio aquático, o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: a) molecular (N_2) liberado para a atmosfera; b) orgânico (dissolvido e em suspensão); c) amônia; d) nitrito (NO_2^-); e) nitrato (NO_3^-). Nos despejos industriais, são analisados frequentemente o nitrogênio e o fósforo, para assegurar uma quantidade suficiente de nutrientes para o sistema biológico. Nas águas, a amônia é tóxica para os peixes e os nitritos e nitratos são utilizados pelas plantas para a fotossíntese. Valores elevados de nitrogênio podem causar a proliferação exagerada de plantas e algas, levando à eutrofização desse corpo d'água. Nos processos bioquímicos há conversão de amônia a nitrito e de nitrito a nitrato, consumindo o oxigênio dissolvido do meio. A determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição (poluição recente – nitrogênio amoniacal ou orgânico ou poluição remota – nitrito ou nitrato).

O fósforo é geralmente encontrado na água nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para os microrganismos (metabolismo biológico) sem a necessidade de conversão para as formas mais simples. Todos os fosfatos gradualmente se hidrolisam na água na forma orto (estável), enquanto que a degradação da matéria orgânica se decompõe biologicamente para liberar fosfato. Os seguintes valores de fósforo total podem ser utilizados como indicativos aproximados de estado de eutrofização da água:

- P total < 0,01-0,02 mg/L = não eutrófico
- P entre 0,02-0,05 = estágio intermediário
- P > 0,05 mg/L = eutrófico

O oxigênio dissolvido na água é importante para a sobrevivência dos seres aquáticos aeróbicos e para a decomposição biológica da matéria orgânica. Este parâmetro também é utilizado no controle do fornecimento de oxigênio para os processos aeróbicos, minimizando desperdícios de energia. Caso todo o oxigênio tenha sido consumido, reações anaeróbicas se realizam, podendo gerar maus odores. A origem pode ser natural pela dissolução do ar atmosférico e pela produção de organismos fotossintéticos ou antropogênica, pela introdução de aeração artificial.

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. 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. E 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.

1.3 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) incorpora parâmetros que são considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas. O IQA foi considerado nesta pesquisa baseando-se nos seguintes parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, turbidez, nitrato, fosfato e sulfato total.

Os padrões de qualidade das águas determinados na Resolução n° 357 do CONAMA estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe. No Quadro 2 são apresentados os parâmetros de qualidade da água para classe 2, os quais foram utilizados para comparação com os dados experimentais.

Quadro 2. Padrões de alguns parâmetros de qualidade da água para Classe 2.

Parâmetro de qualidade da água	Características limites
OD	≥ 5 mg/L O ₂
Turbidez	Até 100 UNT
pH	6 a 9
Condutividade	$< 100\mu$ S/cm
Fosfato total	$\leq 0,030$ mg/L P
Nitrato total	≤ 10 mg/L N
Sulfato total	≤ 250 mg/L SO ₄

1.4 Água e agropecuária

A agricultura e a pecuária são atividades econômicas indispensáveis na produção de alimentos, que necessitam de amplo espaço físico. Para isso, geralmente são desmatadas grandes áreas. O solo desnudo fica exposto à lixiviação superficial e profunda, que resultam no empobrecimento do solo e conduzem os resíduos agrícolas e de animais para rios e lagos resultando em alterações na qualidade da água (CARVALHO et al., 2000).

Além desses fatores, verifica-se que as concentrações de populações e de indústrias contribuem na geração de poluentes nos corpos hídricos, acarretando em sérios problemas de drenagem agravados pela inadequada deposição de lixo, assoreamento dos corpos d'água e conseqüente diminuição das velocidades de escoamento das águas. A cadeia alimentar pode ser facilmente afetada pela contaminação das águas, levando até o homem substâncias tóxicas carregadas por efluentes industriais, pesticidas agrícolas, resíduos de atividades mineradoras, entre outros (VALLE, 2000).

O uso intensivo do solo para as atividades agrícolas, que na maioria das vezes ocorre sem o devido cuidado com a conservação do meio ambiente, e o efeito da poluição ocasionada pelo despejo de resíduos urbanos de origem doméstica e industrial geralmente culminam com a degradação das microbacias, potencializando assim os problemas de qualidade de água e impossibilitando a sua utilização.

A degradação dos mananciais, provenientes do deflúvio superficial agrícola, ocorre, principalmente, devido ao aumento da atividade primária das algas e das plantas em decorrente do aporte de nitrogênio e fósforo provenientes das lavouras e

da produção animal em regime confinado. O crescimento excessivo de algas e plantas reduz a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água, afetando adversamente o ecossistema aquático e causando, algumas vezes, mortalidade dos peixes. Além dos impactos causados aos ecossistemas aquáticos, o aumento dos níveis de nutrientes na água pode comprometer sua utilização doméstica devido a alterações no sabor e odor da água ou à presença de toxinas liberadas pela floração de alguns tipos de algas.

A agricultura animal de confinamento requer grandes quantidades de água nos processos produtivos e, ao mesmo tempo, é frequentemente responsável por esse tipo de poluição.

Os resultados de todos esses impactos são muitos severos para as populações humanas, afetando todos os aspectos da vida diária das pessoas, a economia regional e nacional e a saúde humana. Estas consequências podem ser resumidas em: degradação da qualidade da água superficial e subterrânea; aumento das doenças de veiculação hídrica e subterrânea; diminuição da água disponível *per capita*; aumento no custo da produção de alimentos; impedimento ao desenvolvimento industrial e agrícola e comprometimento dos usos múltiplos; aumento dos custos de tratamento de água.

Os recursos hídricos representam um estoque de recursos fundamentais para a manutenção da vida no planeta Terra e também para o funcionamento dos ciclos e funções naturais. Os recursos hídricos beneficiam direta e indiretamente a população humana, principalmente se for considerado os vários benefícios promovidos para o bem estar da população humana e para a sobrevivência de organismos. Para manter esse recurso estável, Tundisi (2005) destaca alguns

princípios de sustentabilidade para o uso da água e sua permanente renovação regional e no planeta: proteção dos mananciais de águas superficiais e subterrâneas; tecnologias adequadas para purificação e tratamento de água; proteção do solo e prevenção; promoção de orientações estratégicas para a prospecção; gerenciamento dos usos múltiplos e adequação à economia regional; fornecimento de água adequada com quantidade e qualidade suficientes para usos doméstico, agrícola e industrial; tratamento de esgotos domésticos e industriais e efluentes das atividades agrícolas.

1.5 Contaminação da água por nutrientes

A poluição da água se caracteriza por vários tipos de detritos (embalagens vazias, lixos, sedimentos), por compostos orgânicos (defensivos agrícolas), por elementos químicos tóxicos (metais pesados), por excesso de nutrientes (nitrato, sulfato e fósforo) e por microrganismos indesejáveis (bactérias e vírus nocivos à saúde) que são frequentemente detectados em diferentes regiões do mundo (ONGLEY, 2002).

As atividades humanas requerem o uso múltiplo dos recursos hídricos, que por sua vez podem promover impactos e deterioração da água. Atualmente, um dos principais problemas ambientais ligados aos recursos hídricos destinados ao abastecimento público é o processo de eutrofização, que ocorre devido ao aumento excessivo de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades (ESTEVES, 1998). A eutrofização artificial se dá pela degradação da qualidade da

água, principalmente em razão das atividades antropogênicas (descargas de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos e poluição difusa das regiões agricultáveis) que provocam o enriquecimento artificial, levando a redução de oxigênio dissolvido, o qual pode causar a morte dos organismos aquáticos.

O macronutriente principal da eutrofização é o fósforo. Quando ele ocorre em altas concentrações, o nitrogênio e o carbono passam a ser nutrientes limitantes (MARGALEF, 1983). Durante o processo de eutrofização, o excesso de macronutrientes na água promove o crescimento exacerbado de algas. Como decorrência deste processo, o ecossistema aquático passa da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico (ESTEVES, 1998).

Todos esses fatores contribuem para a ocorrência de florações que são eventos de multiplicação e acumulação de cianobactérias e microalgas (componentes do fitoplâncton), durante horas ao longo do dia ou com maior duração, havendo registros, em lagos e represas, com florações durante vários meses (AZEVEDO et al, 1994). A presença em quantidades significante ou ausência de algas, principalmente as cianobactérias, contribuirá na classificação do estado trófico do ambiente aquático.

Outro composto importante para a saúde humana, cada vez mais encontrado em água de poços e córregos, é o nitrato. Esse íon geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas. O seu consumo por meio das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia (síndrome do bebê azul), especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas (BOUCHARD et al., 1992).

O desenvolvimento da metemoglobinemia a partir do nitrato nas águas potáveis depende da conversão bacteriana do nitrato para nitrito durante a digestão, o que pode ocorrer na saliva e no trato gastrointestinal (AWWA, 1990; MATOS, 1996).

As crianças, principalmente as menores de três meses de idade, são bastante suscetíveis ao desenvolvimento dessa doença devido às condições mais alcalinas do seu aparelho gastrointestinal (OLIVEIRA et al., 1987), fato também observado em pessoas adultas que apresentam gastrenterites, anemia, porções do estômago cirurgicamente removidas e mulheres grávidas (BOUCHARD et al., 1992).

O excesso deste íon em corpos d'água, resultante das atividades agrícolas ou por mudanças demográficas, pode causar a eutrofização desses ecossistemas. Conforme Tundisi, (2006, p.217)

O aumento rápido das atividades agrícolas e industriais e o uso e o despejo intensivo dos agrotóxicos e substâncias tóxicas, em geral, nos sistemas aquáticos têm produzido amplas modificações pela alteração da biota e a contaminação dos sedimentos dos rios, represas e lagos marginais. A imensa urbanização produziu um amplo efeito de eutrofização com grandes consequências na qualidade da água e aumento dos custos do tratamento.

A eutrofização é o resultado das inúmeras descargas de água contaminada, poluída, com alta concentração de nitrogênio e fósforo que acelera o aumento de matéria orgânica nos sistemas, que produz concentrações indesejáveis de fitoplâncton e macrófitas aquáticas, bem como promove o aumento de doenças de veiculação hídrica.

Outras consequências deste fenômeno em lagos, represas e rios são o aumento da concentração de amônia e nitrito no sistema; redução da zona eufótica; redução da concentração de oxigênio dissolvido na água; aumento das bactérias patogênicas; mortalidade ocasional em massa de peixes; alteração das cadeias alimentares; e diminuição da capacidade de fornecer usos múltiplos pelo sistema aquático.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Reconhecimento da área

A bacia leiteira amostrada neste estudo encontra-se compreendida entre a margem esquerda do rio Meia Ponte (Leste), a margem direita do rio Piracanjuba (Oeste) e o ribeirão Santa Maria (Sul), na bacia do alto do rio Paraná em Goiás, Brasil Central (Figura 1). Os dados foram coletados em 31 propriedades de atividade leiteira de pequeno, médio e grande porte e que usam aguadas naturais, preferencialmente em riachos de 1° ou 2° ordem (Figura 2). Segundo a Classificação Hidrológica de Strahler (1957), um riacho que não recebe afluente é classificado como de primeira ordem, o riacho que recebe o de primeira ordem é um riacho de segunda ordem. A fim de evitar os problemas de diluição induzidos pelo período das chuvas, principalmente com relação aos fatores físico-químicos da água, as coletas foram realizadas no período de estiagem (maio a setembro de 2009).

A Tabela 1 apresenta as informações sobre os pontos de coleta, data e localização. As coordenadas geográficas dos locais foram determinadas com aparelho GPS marca channel, modelo 12.

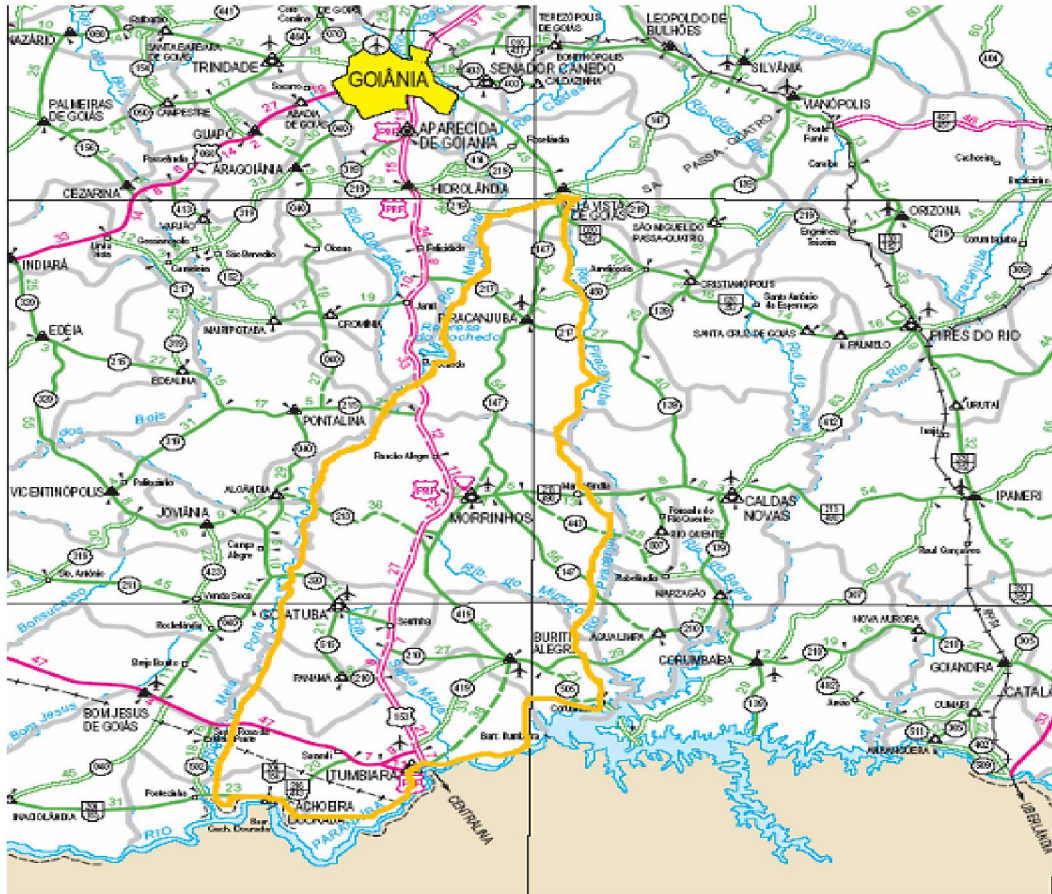


Figura 1: Mapa da localização geográfica da área estudada.

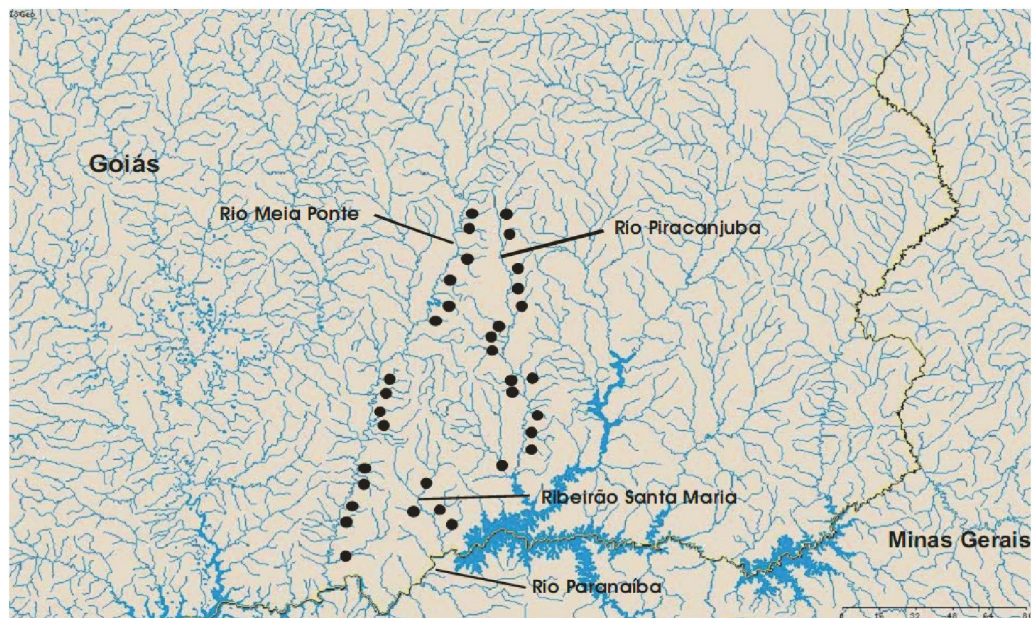


Figura 2: Localização das estações amostrais (pontos escuros) nos cursos de água que drenam a principal bacia leiteira no sul do estado de Goiás, alto do rio Paraná, Brasil Central.

Tabela 1. Informações sobre os pontos de coleta.

DATA DA COLETA	LOCAL	MUNICIPIO	C FINAL W	C FINAL S
25/05/09	P. 10 Cór. Samambaia	Piracanjuba	17°12'04.0''	49°03'36.0''
27/05/09	P. 4 Cór. Ponte Furada	Piracanjuba	17°23'49.0''	49°09'59.0''
28/05/09	P. 8 Areia	Piracanjuba	17°14'43.0''	48°55'43.0''
02/06/09	P. 12 Cór. da sede	Morrinhos	17°55'42.1''	48°57'28.8''
03/06/09	P. 14 Cór. Chapadão	Morrinhos	17°42'20.2''	48°54'41.9''
04/06/09	P.15 Cór. das Almas	Morrinhos	17°44'11.4''	48°53'35.2''
05/06/09	P.19	Morrinhos	17°48'21.9''	49°20'53.7''
15/06/09	P.17	Morrinhos	17°46'25.7''	49°17'06.5''
16/06/09	P.18 Cór. dos Macacos	Morrinhos	17°45'47.4''	49°17'38,2''
17/06/09	P.22 Rib. do Gongo	Morrinhos	17°39'18.4''	49°08'22.3''
18/06/09	P.20 Cór. Sabão	Morrinhos	17°45'49.6''	49°15'37.2''
19/06/09	P.21 Rib. da Serra	Morrinhos	17°39'58.5''	49°11'29.0''
18/08/09	P.30	Itumbiara	18°12'07.0''	49°08'54.0''
19/08/09	P.32	Itumbiara	18°14'32.0''	49°11'27.0''
20/08/09	P.31	Itumbiara	18°13'03.0''	49°09'53.0''
21/08/09	P.34 Cór. da Divisa	Itumbiara	18°13'24.0''	49°14'40.0''
22/08/09	P.33 Cór. Dantas	Itumbiara	18°12'18.0''	49°08'11.0''
02/09/09	P. 16	Morrinhos	17°40'43.0''	49°12'55.0''
03/09/09	P.35	Itumbiara	17°40'44.0''	49°08'54.0''
04/09/09	P.24	Goiatuba	18°05'09.0''	49°20'44.0''
05/09/09	P.23	Goiatuba	18°05'33.0''	49°21'44.0''

14/09/09	P.36	Goiatuba	18°02'46.0''	49°21'30.0''
----------	------	----------	--------------	--------------

Tabela 1. Informações sobre os pontos de coleta (continuação)

15/09/09	P.02	Piracanjuba	17°25'48.0''	48°57'48.0''
16/09/09	P.01	Piracanjuba	17°22'54.0''	48°50'31.0''
17/09/09	P.37	Piracanjuba	17°08'19.0''	48°59'47.0''
18/09/09	P.39	Piracanjuba	17°20'42.0''	48°05'08.0''
21/09/09	P.07	Piracanjuba	s/i	s/i
22/09/09	P.38	Piracanjuba	s/i	s/i
23/09/09	P.40	Piracanjuba	17°21'13.0''	48°47'46.0''
23/09/09	P.41	Piracanjuba	17°16'16.0''	48°02'46.0''
24/09/09	P.42	Morrinhos	17°52'01.0''	48°56'31.0''

s/i: sem informação

P: ponto da coleta

2.2. Amostragem

Foram coletadas 124 amostras de água provenientes dos córregos descritos na Tabela 1. Cada trecho do córrego, ribeirão ou rio foi dividido em transectos, a cada 10m para córregos e a cada 100m nos restantes. Em cada transecto foram caracterizados visualmente as margens em relação à cobertura vegetal, tipo do substrato, inclinação do barranco, medida da luminosidade com um fotômetro portátil (Polaris) e coordenadas geográficas por GPS. Todos os pontos de coleta foram fotografados e as suas características, identificadas.

Os frascos para a coleta das amostras de água foram lavados com detergente e escova por fora do frasco, enxaguados com água de torneira 10 vezes, deixados

de molho em solução HCl 10% por 30 minutos, enxaguados novamente em água corrente por 10 vezes, posteriormente enxaguados por 3 vezes em água destilada e uma vez com álcool etílico. (APHA,1992).

A coleta das amostras de água foi realizada de forma superficial. Os recipientes foram lavados por três vezes consecutivos com a amostra, somente na quarta vez foram devidamente preenchidos, em seguida identificados com os seguintes dados: analista, procedência, local e ponto da coleta, data e hora. Posteriormente, as amostras foram submetidas à refrigeração a $\pm 10^{\circ}\text{C}$ (caixa de isopor com gelo mineral) e enviados, na medida do possível, ao laboratório de Química da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. O método de coleta está em conformidade com a Normativa nº 357/05 do CONAMA.

2.3. Análises físico-químicas

2.3.1. No campo

No centro dos transectos localizados no início, meio e fim de cada trecho foram medidos, utilizando-se equipamentos portáteis, os seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido (oxímetro Lutron Modelo YK-22DO), temperatura da água (termômetro digital Modelo Gurtem-180), condutividade (condutímetro WTW 315-I), turbidez (turbidímetro LaMotte 2020) e pH (medidor de pH Lutron modelo pH-206).

2.3.2. No laboratório

No laboratório de Química da PUC Goiás foram realizadas as análises de nitrato, fosfato e sulfato, segundo as determinações espectrofotométricas descritas no *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1992). As análises foram realizadas no espectrofotômetro UV/VIS, modelo Lambda 25, da marca Perkin Elmer.

2.3.2.1. Nitrato total

Soluções e reagentes

Na análise de nitrato total foram utilizados os seguintes reagentes e soluções: solução de salicilato de sódio 5%, solução de tartarato de sódio e potássio em hidróxido de sódio (adição de 20mL de solução de tartarato de sódio e potássio a 25% a 40g de NaOH dissolvido em 60mL de água e o volume ajustado a 100mL) e ácido sulfúrico P.A., solução estoque de nitrato de potássio 100mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$ (0,722g/L), soluções padrão secundárias obtidas por diluição da solução de padrão primário (100mg/L), de acordo com Quadro 3.

Quadro 3. Preparação das soluções padrão secundária de nitrato.

Volume da Solução estoque (mL)	Volume total (mL)	Concentração de NO₃⁻ da Solução de trabalho(mg/L)
0,5	50	1,0
1,0	50	2,0
1,5	50	3,0
2,0	50	4,0
2,5	50	5,0

Curva de calibração

A curva de calibração para nitrato foi realizada transferindo-se 50mL de cada uma das soluções padrão secundário de nitrato para um béquer de 250mL e adicionado 1mL de solução de salicilato de potássio 0,5% recém preparada. A mistura foi evaporada até a secura. Em seguida, foi adicionado 1mL de ácido sulfúrico concentrado para permitir a transformação do NO₂⁻ para NO₃⁻ e a mistura foi esfriada a temperatura ambiente. Essa mistura foi mantida em repouso por 10 minutos, sob agitação ocasional. Após resfriamento, foi adicionado 50mL de água deionizada sob agitação e transferiu-se a mistura para um balão de 100mL. Finalmente foi adicionado 7mL de solução de hidróxido de sódio e tartarato duplo de sódio e potássio. Após resfriamento, o menisco do balão foi acertado com água deionizada. Esperou-se 10 minutos para realizar a leitura no espectrofotômetro usando comprimento de onda de 420nm, o qual foi ajustado para a leitura em comprimento de onda fixo e o ajuste do auto-zero foi realizado com água deionizada.

Isto foi feito para assegurar que nenhum tipo de interferência externa prejudicasse a leitura de absorbância. Depois de realizadas as leituras dos padrões uma curva de calibração (absorbância *versus* concentração) foi obtida, na qual foram determinados a equação da reta e o coeficiente de correlação (Anexo 1).

Análises das amostras

Para as análises de nitrato nas amostras de água foi transferido 50mL da solução padrão de nitrato para um béquer de 250mL e adicionado 1mL de solução de salicilato de potássio 25%. A mistura foi evaporada até a secura em banho-maria. Adicionou-se 1mL de ácido sulfúrico concentrado para permitir a transformação do NO_2^- para NO_3^- e esfriou-se por 10 minutos, sob agitação ocasional. Após resfriamento, foi adicionado 50mL de amostra à solução e agitado. Transferiu-se para um balão volumétrico de 100mL e adicionou-se 7mL de solução contendo hidróxido de sódio e tartarato duplo de sódio e potássio. Após resfriamento, o volume do balão foi acertado com água deionizada. Aguardou-se 10 minutos para a realização da leitura no espectrofotômetro em comprimento de onda de 420nm. O teor de nitrato foi determinado por meio da equação da reta obtida na curva de calibração.

2.3.2.2. Fosfato total

Solução extratora do fosfato

A solução extratora do fósforo consiste na mistura de solução de HCl 0,05mol/L com H_2SO_4 0,0125mol/L. Na preparação, adicionou-se 4,2mL de HCl P.A.

e 7,0mL de H_2SO_4 P.A. num béquer de 1L contendo 300mL de água deionizada. A solução foi homogeneizada, resfriada e transferida para um balão volumétrico de 1L. O béquer foi lavado algumas vezes com porção de 50mL de água deionizada e finalmente acertado o menisco da solução.

Soluções para desenvolvimento da cor

Num béquer de 1L foi adicionado 250mL de água deionizada, 2,0g de bicarbonato de bismuto (rapidamente) e 150mL de ácido sulfúrico concentrado. A solução foi resfriada e adicionou-se uma solução recém preparada de molibdato de amônio (20,0g para 200mL de água destilada). Finalmente acertou-se o menisco com água deionizada.

A solução de molibdato de amônio foi diluída, coletando-se cerca de 300 mL da solução ácida concentrada em um balão volumétrico de 1L e completou-se o volume com água destilada.

Preparou-se uma solução de ácido l(+)-ascórbico 3%, pesando-se 3,0g de ácido ascórbico e transferindo-se para um balão volumétrico de 100mL, completando o volume com água destilada.

Solução padrão primário de fosfato

Foi pesado cerca de 0,439g de KH_2PO_4 previamente seco em estufa, dissolvido com água destilada e transferido para um balão volumétrico de 1L para se obter 100mg/L P- PO_4 . Adicionou-se 1mL de H_2SO_4 concentrado e completou o volume para 1L.

Solução Padrão Secundária de Fosfato

As soluções padrão secundárias foram diluídas a partir da solução padrão primária para 50 mL, de acordo com o Quadro 4.

Quadro 4. Preparação das soluções padrão secundária de fosfato.

Volume da Solução estoque (mL)	Volume total (mL)	Concentração Solução Padrão de trabalho(mg/mL)
0,25	50	0,5
0,5	50	1,0
1,0	50	2,0
1,5	50	3,0
2,0	50	4,0

Curva de calibração

As soluções foram preparadas de acordo com o seguinte procedimento: transferiu-se 5,0mL de cada uma das soluções padrão secundária preparadas anteriormente para um béquer de 50mL. Em seguida, adicionou-se 10mL de solução diluída de molibdato de amônio e cerca de 1,0mL de solução ácido ascórbico (3%). Homogeneizou-se e aguardou-se 30 minutos antes da leitura. O espectrofotômetro foi ajustado para comprimento de onda em 660nm e o ajuste do auto-zero foi feito com água deionizada.

Após realizada a leitura de absorbância dos padrões, construiu-se uma curva de calibração de absorbância *versus* concentração, onde determinou-se a equação da reta e coeficiente de correlação (Anexo 2).

Análise das amostras

Pipetou-se 5 mL da amostra e colocou-a em béquer de 50mL. Adicionou-se 10mL da solução ácida diluída de molibdato de amônio e o ácido ascórbico como descrito no item anterior. Homogeneizou-se e aguardou-se 30 minutos. Após esse tempo, procedeu-se à leitura no espectrofotômetro, em comprimento de onda 660nm. Determinou-se a concentração por meio da curva de calibração.

2.3.2.3 Sulfato total

Para medir o sulfato total, seguiram-se as etapas: filtrou-se a amostra, caso necessário. Pipetou-se 50mL da amostra de água e transferiu-a para um balão volumétrico de 100mL. Diluiu-se a amostra com água destilada deionizada até o traço de aferição do balão. Transferiu-se a solução do balão para um frasco erlenmeyer de 250mL e adicionou-se 20mL da solução tampão acética e a misturou. Sob agitação magnética, adicionou-se 0,5g de $BaCl_2$. Agitou-se por alguns minutos. Transferiu uma porção da suspensão para a cubeta, colocou-a no espectrofotômetro e acompanhou-se o desenvolvimento das leituras, a 420nm, durante 5 minutos. Registrou-se a leitura da absorbância, feita após cinco minutos. Realizou-se uma prova em branco (100mL de água destilada). Construiu-se uma curva de calibração com solução padrão de sulfato (Anexo 3).

2.4. Tratamento de dados

Para a análise estatística dos dados foi utilizado forma gráfica em coluna, sendo aplicada às informações a estatística de posição: média, máximo, mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação. Na avaliação dos padrões de variação das estações de amostragem ao longo da área de estudo, com base nos descritores físico-químicos, aplicou-se análise de componentes principais com a transformação logarítmica aos dados (exceto o pH). E para verificar a semelhança entre as amostras no período estudado, foi empregado a análise de variância e o teste *t* agrupamento (SOUNIS, 1975). Para a execução das análises, foi empregado o aplicativo Excel, PC-ORD (MCCUNE & MEFFORD, 1997), e SYSTAT (WILKINSON, 1990).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Descrição e características dos pontos de coleta

Nesta pesquisa, as amostras foram coletadas à montante e à jusante dos córregos de quatro cidades do Estado de Goiás: Piracanjuba, Morrinhos, Goiatuba e Itumbiara, totalizando 31 pontos de coletas.

Na cidade de Piracanjuba foram feitas coletas em 11 córregos (Tabela 1, p. 38). De um modo geral, os córregos são caracterizados por apresentar profundidade de 0,33m e luminosidade de 12. A vegetação da margem esquerda e direita tem como característica uma maior incidência de árvores, evidenciando uma cobertura ripária total na maioria dos trechos. No substrato da margem direita constatou-se aspecto arenoso e folhas e no substrato da margem esquerda, argila e folhas. Nestes pontos, tanto no direito como no esquerdo, os barrancos apresentavam-se pouco inclinados, tanto à montante como à jusante, sendo observadas ações antrópicas cada vez mais evidentes. O constatado nesses pontos foi uma dominância de correnteza e, na maioria dos trechos dos pontos, foram observados detritos do tipo pacotes de folhas (Figura 3).



Figura 3. Ponto 2 de Coleta - Piracanjuba –GO. Fonte: a autora

Nos pontos de coletas na cidade de Morrinhos foram feitas observações em 11 córregos cuja média de profundidade foi de 0,20m e luminosidade de 11. Na margem direita constatou-se uma maior presença de arbusto e na esquerda, de árvores. Verificou-se a prevalência de cobertura ripária do tipo descoberta. Já no substrato das margens esquerda e direita, viu-se a presença de cascalho e, tanto no barranco direito quanto no esquerdo observou-se pouca inclinação da margem. Em todos os trechos constataram-se traços de atividades antrópicas, como resíduos sólidos. A correnteza e pacotes de folhas ficaram evidentes nestes córregos (Figura 4).

No Município de Goiatuba foram analisados três córregos cuja média de profundidade foi de aproximadamente 0,30m e luminosidade de 13. Nos trechos estudados houve uma predominância de árvores na vegetação das margens direita e esquerda, constatando-se cobertura ripária total. Em relação ao substrato das

margens direita e esquerda, evidenciou-se a presença de argila. Os barrancos direito e esquerdo eram muito inclinados. Foi examinada a presença de atividades antrópicas em todos os pontos. A maioria dos trechos foi de hábitat tipo poço e com predominância total de pacotes de folhas (Figura 5).



Figura 4. Ponto 18 de Coleta - Morrinhos-GO. Fonte: a autora

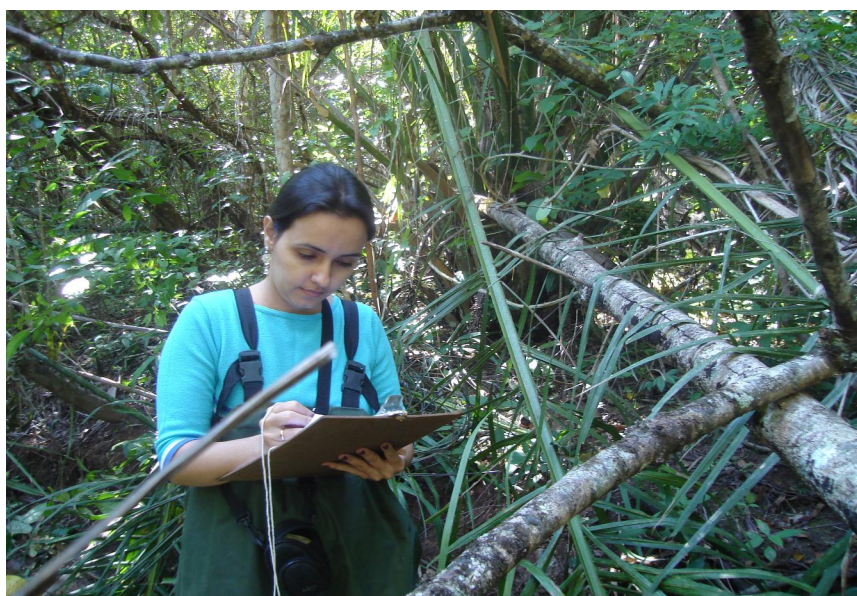


Figura 5. Ponto 36 de Coleta – Goiatuba. Fonte: a autora

Em Itumbiara foram feitas coletas em seis córregos, apresentando uma média de profundidade de 0,33m e 12 de luminosidade. Na vegetação das margens direita e esquerda viu-se uma predominância de árvores e cobertura ripária total. O substrato da margem direita era tipo cascalho e da esquerda, tipo argila. Os barrancos apresentavam muita inclinação. Foram observadas ações antrópicas em todos os pontos. O hábitat era de correnteza e com grande presença de detritos de pacotes de folhas (Figura 6).



Figura 6. Ponto 32 de Coleta Itumbiara –GO. Fonte: a autora

3.2. Análises físico-químicas

A temperatura da água nos córregos pertencentes ao município de Piracanjuba apresentou os valores máximos de $24,6^{\circ}\text{C} \pm 1,7$ e mínimos de $19,3^{\circ}\text{C} \pm 2,0$. Isto se deve provavelmente ao período de coleta, que ocorreu entre final de maio e início de junho de 2009, quando comparado aos pontos de coleta em Morrinhos, onde se observou máximo de $24,4^{\circ}\text{C} \pm 2,0$ e mínimo de $16,4^{\circ}\text{C} \pm 2,0$

(Figura 6). Com relação aos pontos de coleta nos municípios de Goiatuba e Itumbiara, os valores de temperatura médios encontram-se dentro destes intervalos.

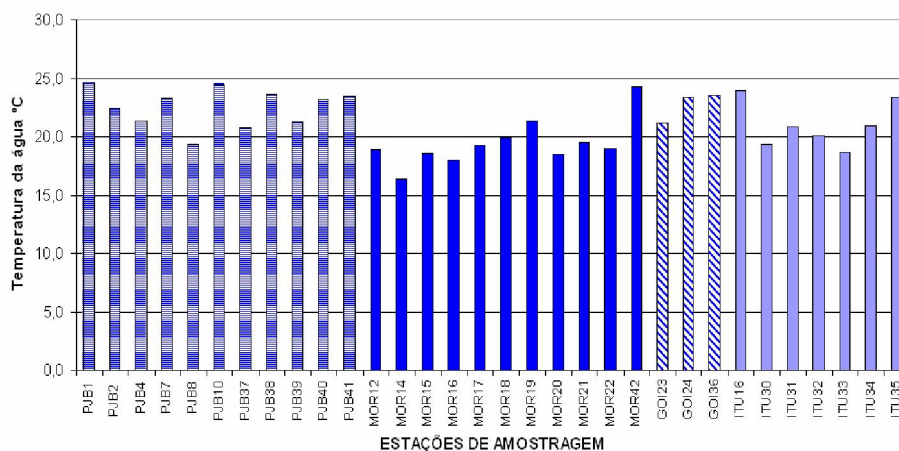


Figura 7. Dados médios de temperatura da água (°C) na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.

Com relação ao teor de oxigênio dissolvido (OD), apenas os pontos 1 e 2 pertencentes ao município de Piracanjuba ficaram abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente, ou seja, menor que 5,0mg/L de O₂ (CONAMA, 2005). No ponto 1 foi encontrado à jusante do córrego apenas uma espécie de peixe, o qual foi coletado e armazenado no gelo para identificação. Esse fato pode ser um bioindicador das condições de oxigenação da água, que provavelmente não está adequada.

O ponto 24 de Goiatuba apresentou teor de OD um pouco acima do valor mínimo adequado sugerido pela legislação (5,23mg/L de O₂). Neste ponto foi

observada a presença de areia no substrato, árvores e arbustos, cobertura ripária total, argila nas margens, barranco muito inclinado, poço e no percurso da água existia a presença de troncos, galhos e vegetação tocando a água. Os demais pontos em Goiatuba estão adequados em termos de OD e não apresentaram diferença significativa de variância. Comparando-se os pontos nas diferentes cidades, em termos de valores médios, os pontos localizados em Piracanjuba e Morrinhos apresentaram os maiores teores de oxigênio dissolvido, enquanto que os pontos localizados em Goiatuba e Itumbiara foram os menores valores de OD (Figura 8).

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio dissolvido é um dos mais importantes na dinâmica, na caracterização e na saúde dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas de oxigênio são causadas pelo consumo, pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), por perdas para a atmosfera, pela respiração de organismos aquáticos, pela nitrificação e oxidação química abiótica de substâncias como íons metálicos – ferro(II) e manganês(II) .

O oxigênio dissolvido é necessário para a respiração de microrganismos aeróbicos, bem como para outras formas aeróbicas de vida. A sobrevivência dos peixes, por exemplo, requer concentrações mínimas de OD entre a 10% e 60% de saturação, dependendo da espécie e outras características do sistema aquático. A importância do OD não se restringe apenas à sobrevivência dos seres aquáticos. A presença de OD em águas residuárias (águas servidas) industriais ricas em material orgânico é desejável por prevenir a formação de substâncias com odores desagradáveis que comprometem os diversos usos da água.

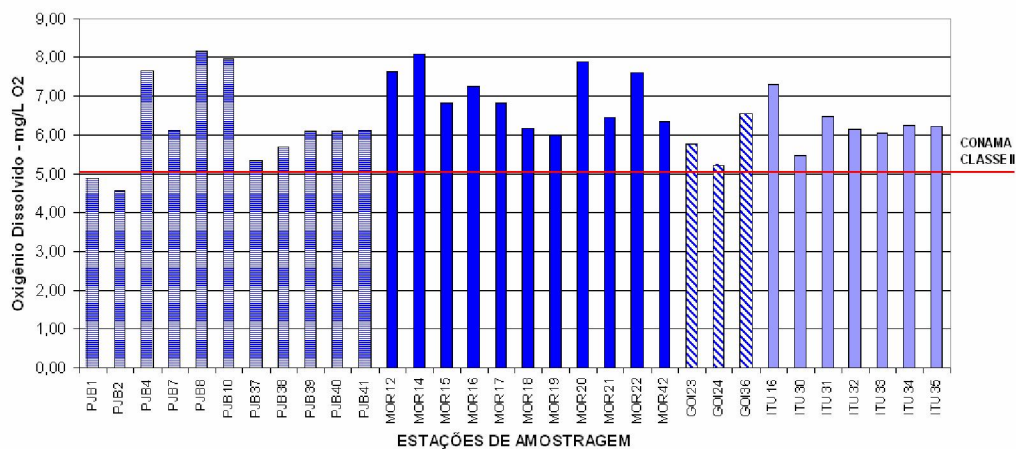


Figura 8. Dados médios de oxigênio dissolvido (mg/L O₂) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.

Com relação ao potencial hidrogeniônico (pH) todas as amostras apresentaram valor acima de 6,0 e menor que 8,0, estando dentro do intervalo adequado pela legislação (pH = 6,0 a 9,0) para águas de classe 2 (Figura 9). Esse parâmetro indica que as águas estão pouco ácidas, o que não prejudica a fauna e flora aquática. Porém, esse fator não é o único, uma vez que as condições podem sofrer variações bruscas causando danos desastrosos como a morte de algumas espécies de peixes e vegetação (ALMEIDA et al., 2004).

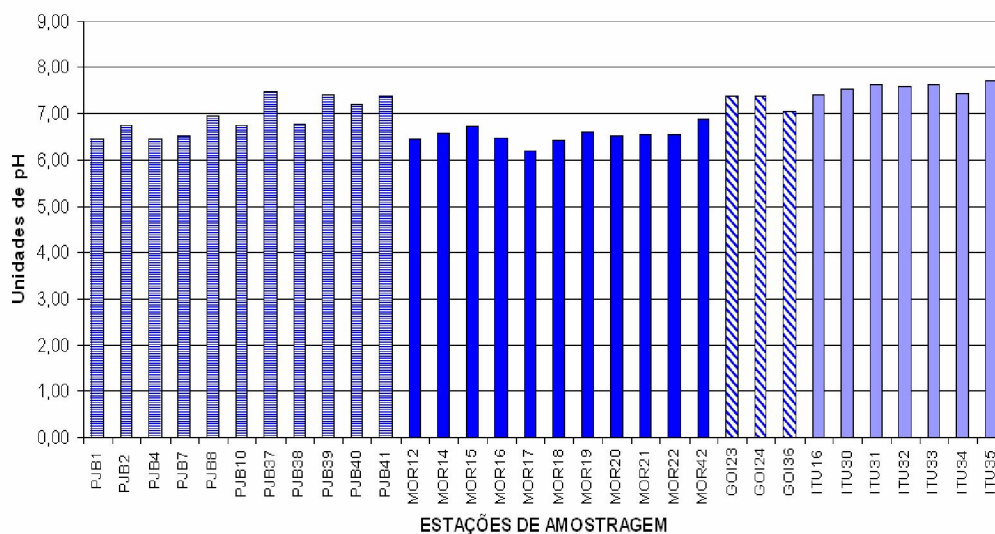


Figura 9. Dados médios de potencial hidrogeniônico (pH) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos e cloretos. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc.

A condutividade da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de

pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- .

Os dados de condutividade elétrica mostraram dispersão, sendo que os pontos 4 e 37 de Piracanjuba, 19 de Morrinhos e 16, 30, 31, 32 e 33 de Itumbiara apresentaram valores acima de $100 \mu\text{S}/\text{cm}$. Os menores valores foram observados nos pontos de Goiatuba, ponto 1 de Piracanjuba e pontos 17 e 42 de Morrinhos (Figura 10).

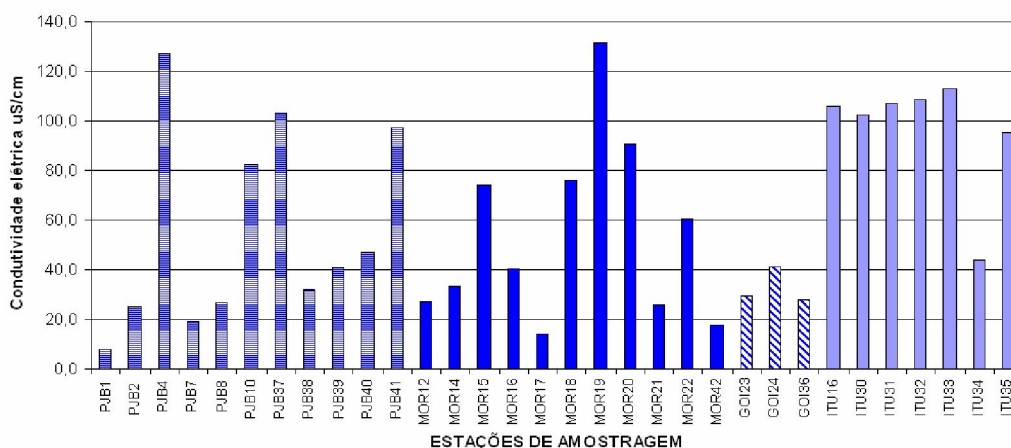


Figura 10. Dados médios de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.

Com relação aos dados médios de turbidez, o maior valor foi observado para o ponto 17 de Morrinhos ($55,7 \text{NTU}$). No entanto, ainda está dentro dos limites tolerados para água de classe 2. Os demais pontos mostraram valores baixos, indicando pequena quantidade de sólidos em suspensão (Figura 11).

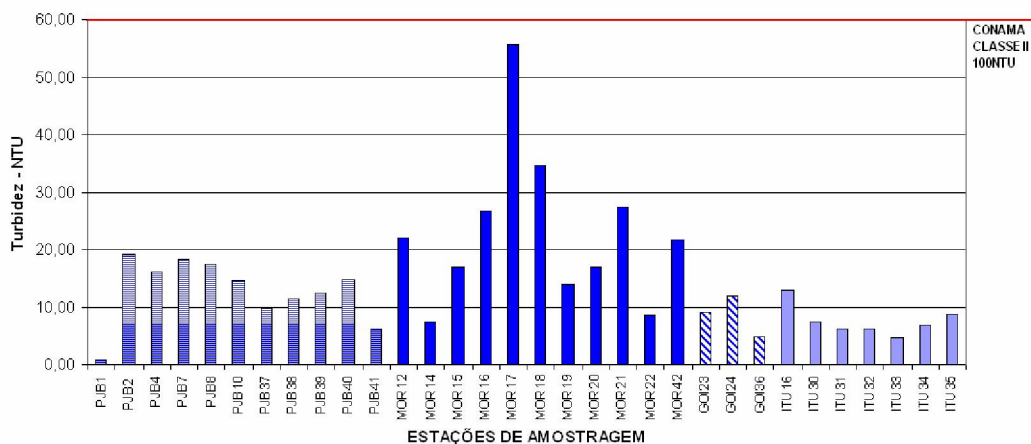


Figura 11. Dados médios de turbidez (NTU) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.

Os parâmetros físico-químicos de nitrato, fosfato e sulfato total estão apresentados a seguir. O valor médio de nitrato em todos os pontos das quatro cidades foram de 0,021mg/L N-NO₃. O valor máximo encontrado foi na cidade de Morrinhos no ponto 16 (0,071 mg/LN-NO₃), estando dentro do valor adequado para águas de classe 2 (Figura 12). Esses dados indicam que as águas em todos os pontos não estão contaminadas por nitratos, pois em nenhum local foi determinado valor acima de 10 mg/L de nitrogênio na forma de nitrato. Deve-se ressaltar que o consumo de água com valores de nitrogênio na forma de nitrato acima de 10 mg/L pode levar à síndrome do bebê azul (THE NITRATES, 1999), problemas no sistema nervoso central (ARBUCKLE et al., 1998), aumento de casos de câncer de útero (FLATEN & BOLVKEIN, 1991).

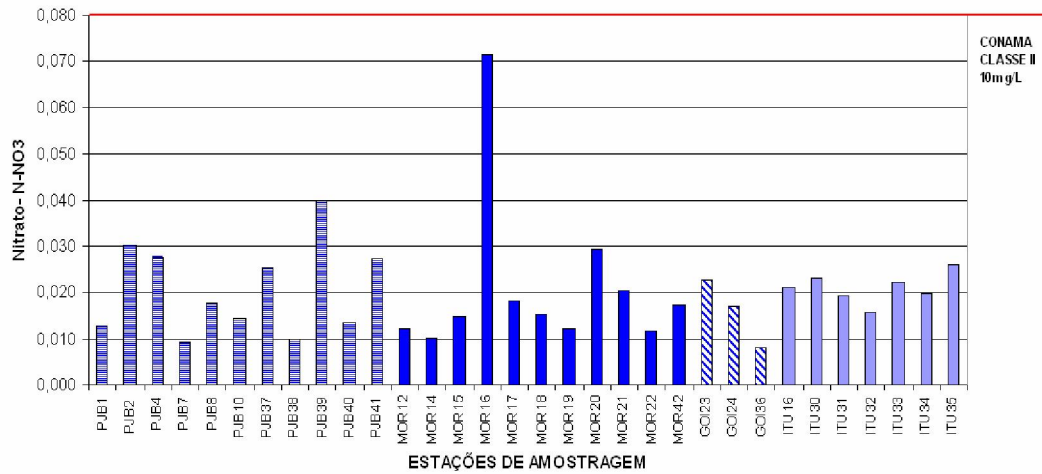


Figura 12. Dados médios de nitrato (mg/LN-NO₃) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.

Com relação ao sulfato total, todas as amostras apresentaram valores abaixo de 0,025 mg/L, valor máximo permitido pelo CONAMA para águas de classe 2 (Figura 13).

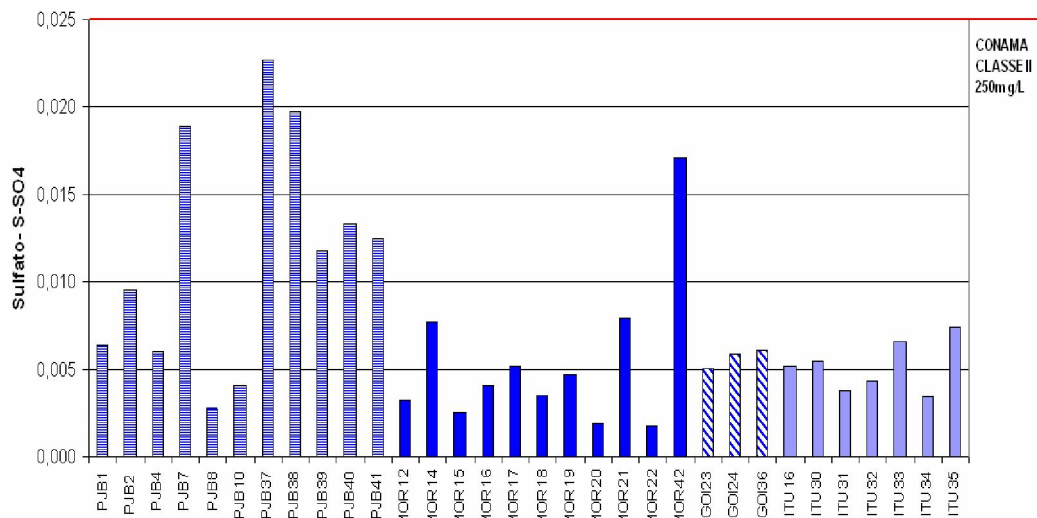


Figura 13. Dados médios de sulfato (mg/L SO₄²⁻) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.

Quanto ao valor de fosfato total, os resultados mostraram que, em média, todos os pontos de coletas estão acima do valor máximo permitido (0,030 mg/L P PO₄) pela legislação (Figura 14). O teor de fosfato influencia na eutrofização dos recursos hídricos, e a origem desse nutriente a partir de áreas agrícolas tem sido colocada em relevância como indicador de qualidade de água, já que outros indicadores como sólidos em suspensão e turbidez estão associados ao transporte de fósforo (PARRY, 1998). Rekolainen et al., (1997) indicam que o aporte de fósforo aos recursos hídricos tem como principal agente o uso urbano, seguido pelo uso agrícola do solo.

Segundo Clark et al. (1998), o aumento de fosfato em águas continentais estão vinculados aos problemas de eutrofização, aliado à disponibilidade de nitrogênio em forma de nitratos originados pelos excrementos dos bovinos.

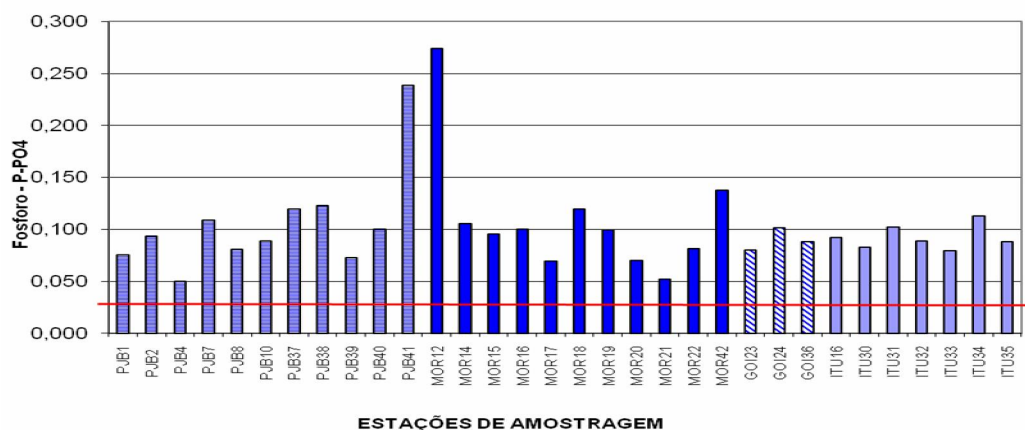


Figura 14. Dados médios de fosfato (mg/L P-PO₄) da água na área de estudo ao longo dos pontos de amostragem.

3.3. Avaliação estatística

As medidas da temperatura da água, oxigênio dissolvido e pH demonstram no perfil longitudinal proximidade entre os dados, com baixa dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação), sugerindo uma homogeneidade espacial dessas variáveis no trecho analisado (Tabela 2 e Figura 15). Contudo, para as demais variáveis, o mesmo padrão não é registrado, apresentando uma maior dispersão, sugerindo uma heterogeneidade espacial no gradiente longitudinal. Ressalta-se que a dispersão para condutividade, turbidez, nitrato, sulfato e fosfato são mais expressivas no trecho de Piracanjuba, Morrinhos e Itumbiara, sugerindo que as fontes que contribuem para a variabilidade dos dados nesses percursos são mais fortemente acentuadas, proporcionando o gradiente de concentração registrado neste estudo.

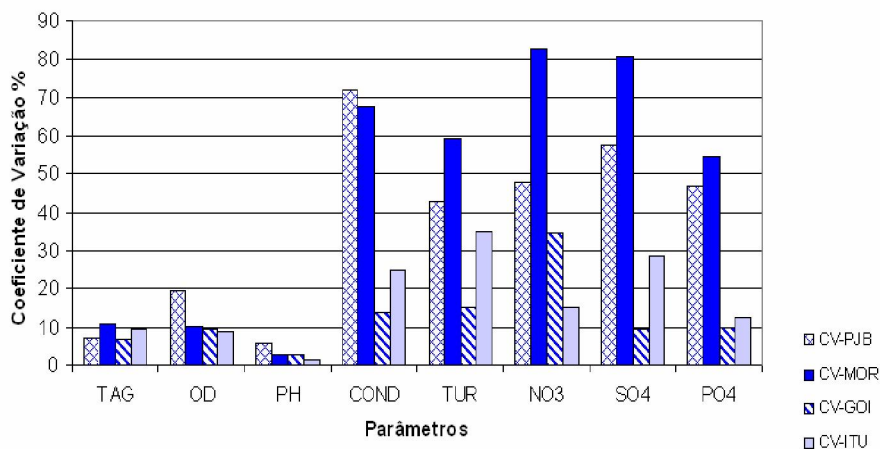


Figura 15. Coeficiente de variação dos parâmetros (CV, %) na área de estudo.

Tabela 2. Estatística de posição dos dados físico-químicos da área de estudo.

LOCAL	TAG	OD	PH	COND	TUR	NO3	SO4	PO4
DP-PJB	1,7	1,21	0,39	40,0	5,55	0,010	0,007	0,049
DP-MOR	2,0	0,73	0,17	36,4	13,57	0,017	0,004	0,060
DP-GOI	1,3	0,65	0,18	7,3	3,48	0,007	0,001	0,011
DP-ITU	2,0	0,55	0,11	23,9	2,65	0,003	0,001	0,012
MAX-PJB	24,6	8,2	7,5	127,0	19,2	0,040	0,023	0,239
MAX-MOR	24,3	8,1	6,9	131,3	55,7	0,071	0,017	0,274
MAX-GOI	23,5	6,5	7,4	41,2	12,0	0,023	0,006	0,102
MAX-ITU	23,9	7,32	7,71	112,7	12,92	0,026	0,007	0,113
MIN-PJB	19,3	4,57	6,47	8,0	0,97	0,009	0,003	0,050
MIN-MOR	16,4	6,00	6,19	14,3	7,41	0,010	0,002	0,052
MIN-GOI	21,1	5,23	7,06	27,9	5,04	0,008	0,005	0,080
MIN-ITU	18,6	5,47	7,41	43,8	4,78	0,016	0,003	0,079
MED-PJB	22,5	6,3	6,9	55,4	12,9	0,021	0,012	0,105
MED-MOR	19,4	7,0	6,5	53,8	22,9	0,021	0,005	0,110
MED-GOI	19,4	7,0	6,5	53,8	22,9	0,021	0,005	0,110
MED-ITU	21,0	6,3	7,6	96,4	7,6	0,021	0,005	0,092

(MAX-máximo; MIN-minimo; MED-média) e dispersão (DP-desvio padrão)

Os parâmetros físico-químicos para as três primeiras combinações lineares responderam por 62,97% da variabilidade total dos dados (Tabela 3). Os grupos formados (G1 a G9) demonstram os conjuntos das estações que apresentaram as características físico-químicas mais próximas com base nos dados de cada localidade (Figura 16).

Tabela 3. Correlação das variáveis físico-químicas na área de estudo com os três componentes principais. Variáveis que melhor explicaram a variabilidade total dos dados nas estações (negrito sublinhado)

Parâmetros	CP1	CP2	CP3
TAG	<u>0,4867</u>	0,1895	0,0231
OD	<u>-0,5074</u>	-0,0813	0,2083
pH	<u>0,3979</u>	<u>-0,5228</u>	-0,0971
COND	-0,0299	<u>-0,6235</u>	-0,0888
TUR	<u>-0,3839</u>	0,3273	<u>-0,4240</u>
NO3	-0,1551	-0,2246	<u>-0,7839</u>
SO4	<u>0,4017</u>	0,3256	-0,3777
PO4	0,0984	0,1785	-0,0436
Autovalor	2,28	1,65	1,11
% Explicação	28,48	20,64	13,84

TAG: temperatura da água; OD: oxigênio dissolvido; COND: condutividade elétrica;

TUR: turbidez; CP: componentes principais.

Os componentes principais CP1 e CP2 foram os que juntos explicaram melhor a variabilidade dos dados nas estações (Figura16 e Tabela 3). O primeiro componente esteve correlacionado negativamente com oxigênio dissolvido e turbidez e positivamente com temperatura da água, sulfato e pH. E o segundo componente correlacionou-se negativamente com pH e condutividade elétrica. O terceiro componente apresentou uma associação negativa com turbidez e nitrato.

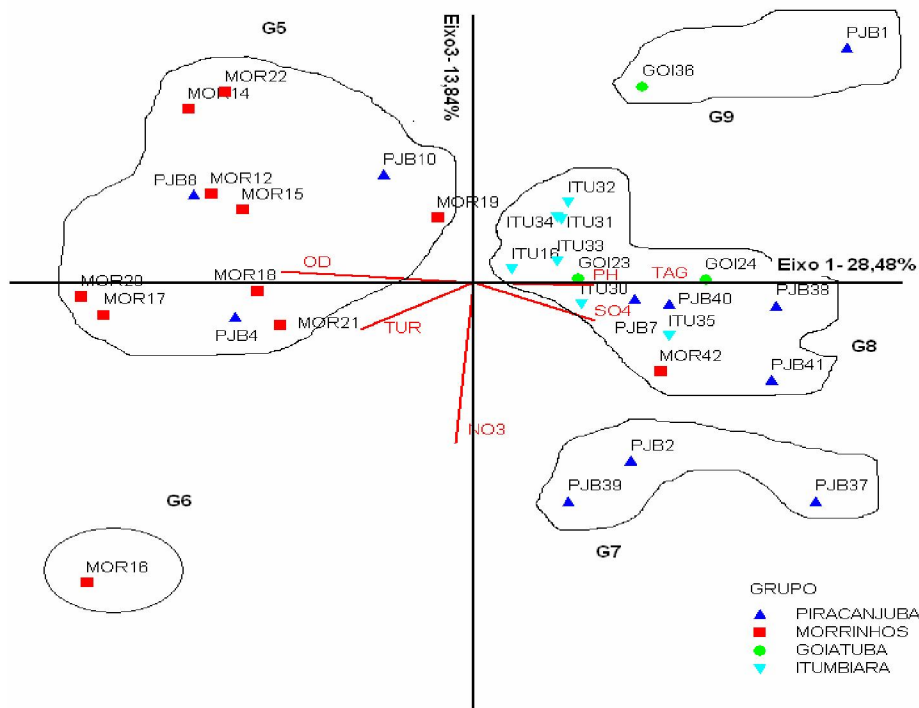


Figura 17. Eixo 1 e 2 da análise de componentes principais das estações de amostragem (PJB, MOR, GOI, ITU) com base nas variáveis físico-químicas ao longo da área de estudo. Grupos (G5, G6, G7, G8 e G9).

Comparado os dados médios das análises físico-químicas, nas estações de amostragem através da análise de variância e do teste t , não foi verificada diferença significativa ($p < 0,05$) entre as estações, a exceção de PJB10 e MOR22 que, para o teste t , apresentou significativo ($p = 0,035$), sugerindo que as características físico-químicas entre essas estações foram distintas no período de estudo (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância com base nos dados físico-químico das estações de amostragens.

Fonte	Soma dos Quadrados	GL	Quadrado médio	F	P
Cidade	0,079	3	0,026	0,064	0,979
Erro	100,728	252	0,408		

GL: grau de liberdade; F: teste de variância; P: probabilidade.

CONCLUSÃO

Nas amostragens realizadas de maio a setembro de 2009 em alguns córregos nos municípios de Piracanjuba, Morrinhos, Goiatuba e Itumbiara, observou-se que os resultados obtidos a partir das análises da água em relação à temperatura nos córregos pertencentes ao município de Piracanjuba apresentaram os maiores valores. Isto se deve, provavelmente, ao período de coleta, que ocorreu entre final de maio e início de junho de 2009, quando comparado aos pontos de coleta em Morrinhos. Com relação aos pontos de coleta dos municípios de Goiatuba e Itumbiara, os valores de temperatura médios encontram-se próximos de 24,4°C.

Observou-se neste estudo que todos os pontos de coleta apresentavam algum tipo de ação antrópica, tais como: lixo nas margens, algumas garrafas PET (polietileno tereftalato) dentro dos córregos, cercas de arame farpado separando uma margem da outra, desmatamentos da mata ciliar.

Com relação ao teor de oxigênio dissolvido (OD), apenas os pontos 1 e 2 pertencentes ao município de Piracanjuba ficaram abaixo do valor mínimo permitido pela legislação vigente. No ponto 1 foi encontrado à jusante do córrego apenas uma espécie de peixe. O ponto 24 de Goiatuba apresentou teor de OD um pouco acima do valor mínimo adequado sugerido pela legislação. Os demais pontos em Goiatuba estão adequados em termos de OD e não apresentaram diferença significativa de variância. Comparando-se os pontos nas diferentes cidades, em termos de valores médios, os pontos localizados em Piracanjuba e Morrinhos apresentaram os maiores

teores de oxigênio dissolvido, enquanto que os pontos localizados em Goiatuba e Itumbiara, os menores valores de OD.

O pH em todas as amostras apresentaram valor acima de 6,0, estando dentro do intervalo adequado pela legislação para águas de classe 2.

Houve dispersão entre dados de condutividade elétrica, sendo que os pontos 4 e 37 de Piracanjuba, 19 de Morrinhos e 16, 30, 31, 32 e 33 de Itumbiara ficaram acima de $100\mu\text{S}/\text{cm}$. Os menores valores foram observados nos pontos de Goiatuba, ponto 1 de Piracanjuba e pontos 17 e 42 de Morrinhos.

Com relação aos dados médios de turbidez, o maior valor foi observado para o ponto 17 de Morrinhos. No entanto, ainda está dentro dos limites tolerados para água de classe 2. Os demais pontos mostraram valores baixos, indicando pequena quantidade de sólidos em suspensão.

Em relação ao nitrato, observou-se que todos os pontos de coleta estão dentro do valor adequado para as águas de classe 2, indicando que essas águas não estão contaminadas por esse nutriente.

Quanto ao fósforo total, os resultados mostraram que, em média, todos os pontos de coletas estão acima do valor máximo permitido pela legislação, podendo esse nutriente influenciar na eutrofização dos recursos hídricos.

O sulfato total em todas as amostras apresentaram valor abaixo de 0,025 mg/L, valor permitido pelo CONAMA para águas de classe 2.

Desta forma, dentre os parâmetros físico-químicos analisados, apenas o teor de fósforo estava acima do permitido, indicando possivelmente contaminação da

água devido a fertilizantes e/ou defensivos agrícolas, uma vez que a região estudada é caracterizada pelas atividades de agricultura e pecuária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBUCKLE, T. E. et al. Water nitrates and CNS birth defects: a population based case control study. **Archives of Environmental Health**, v.43, p.162-167, 1988.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, DC: APHA, 1992.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; SHIMOMICHI, P. Y. Qualidade da água e dinâmica dos nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de Mata Atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, v. 5, n. 1, p. 1-20, 1993.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Características do deflúvio de duas microbacias hidráulicas no laboratório de hidrologia florestal Walter Emmench Cunha–SP. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, v.9 (2), p.153-170, 1997.

AZEVEDO, S.M.F.O.; EVANS, W.R.; CARMICHAEL, W.W. & NAMIKOSHI, M. First report of microcystins from a Brazilian isolate of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. **Journal of Applied Phycology**, v. 6, p. 261-265, 1994.

AWWA – American Water Works Association. **Land Application of Water Treatment Sludge's: Impact and Management**. USA: AWWARF, 1990.

BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. D.; SURAMPALLI, R. Y. Nitrate contamination of ground water sources and potencia health effects. **Jounal of the American Water Works ASSOCIATION**, v. 84, p. 85-90, 1992.

BRANCO, S.M.; ROCHA, A. A. **Ecologia: Educação Ambiental**. São Paulo:

CETESB, 1984.

BRASIL. **Ambiente**. Disponível em <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em 4 de junho de 2007.

BRASIL. **Lei n. 9433 de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 10 de junho de 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Bacias Hidrográficas no Brasil**. 2006a. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/104.htm>. Acesso em 20 de junho de 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. 2006b. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/srh/index.cfm>. Acesso em 25 de junho de 2006.

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

CARVALHO, J. V. **Qualidade da água – estudo de caso**: sistema Rio Grande x Sistema Rio Claro. In: ANAIS DO X ENCONTRO TÉCNICO DA SABESP, 1995, São Paulo. Anais... São Paulo: SABESP, 1995. p. 184-2003.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 1989.

_____. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2008.

CLARKE, R.; KING, J. **Atlas da Água**: mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta. São Paulo: Publifolha, 2005.

CLARK, G. M.; MARET, T. R.; RUPERT, M. G.; MAUPIN, M. A.; LOW, W. H.; OTT, D. S. Water quality in the Upper Snake River Basin, Idaho and Wyoming. **Geological Survey**, v. ,p. 1160-1166, 1988.

CONEJO, J. G. L. (Coord.). **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília, ANA – Agência Nacional das Águas: 2002.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Lex: Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama>>. Acesso em janeiro de 2008.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ELMI, A. A.; MADRAMOOTU, C.; EGEH, M.; HAME, C. Water and fertilizer nitrogen management to minimize nitrate pollution from a cropped soil in southwestern Quebec, Canada. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.151, p.117-134, 2004.

FITCH, L.; ADAMS, B. W. Can cows and fish co-exist? **Canadian Journal of Plant**

Science, v. 78, p. 191-198, 1998.

FLATEN, T.P.; BOLVIKEN, B. Geographical associations between drinking water chemistry and the mortality and morbidity of cancer and some diseases in Norway. **The science of the total environment**, v. 102, p. 75- 100, 1991.

HAASE, J.; POSSOLI, S. Estudo da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade da água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS. **Acta Limnologica**. Brasiliensia, v. 6, p. 245-255, 1993.

HAMLETT, J.M.; Epp, D.J.J.; Soil and Water Cons. 1994, 49, 59. (É revista ou livro?)

JULIÃO, F. C. **Água para consumo humano e saúde**: ainda uma iniquidade em área periférica do município de Ribeirão Preto – SP. 2003. 71 f. Dissertação (Mestrado). Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo: EERP/USP. 2003.

LIMA, E.B.N.R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2001.

LIM, T. T.; EDWARDS, D. R.; WORKMAN, S. R.; LARSON, B. T.; DUNN, L. Vegetated filter strip removal of cattle manure constituents in runoff. **Transactions of the American society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 41(5), p.1375-1381, 1998.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona: Omega, 1983.

_____. The place of epicontinental waters in global ecology. In: MARGALEF, R.

Limnology now: a paradigm of planetary problems. Amsterdam: Elsevier Science, 1994. p.1-8.

MATHEUS, C.E.; MORAES, A.J. de; TUNDISI, T.M.; TUNDISI, J.G. **Manual de análises limnológicas**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 1995.

MATOS, A. P. **Determinação de nitratos, nitritos e prováveis fontes de contaminação em águas de poços e sua influência na metemoglobina infantil**. Dissertação (Mestrado). Universidade Mackenzie. São Paulo. 1996.

McCUNE, B.; MEFFORD, J.J., PC-ORD. **Multivariate analysis of ecological data**. Version 3.0. Oregon: MjM Software Design, 1997.

MONTEIRO, V.P.; PINHEIRO, J.C.V. Critério para implantação de tecnologias de suprimentos de água potável em municípios cearenses afetados pelo alto teor de sal. **Revista de Economia Rural**, v.42, n.2, p.365-387, 2004.

MORAES, D. S. L.; JORDAO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev. Saúde Pública**, v. 36, n. 3, p.370-374, 2002.

NETO, A.R.P. Os nutrientes nitrato e nitrito como contaminantes ambientais e alternativas de determinação. **Revista Virtual**, v.2, n.2, p.90-97, jul-dez 2006.

OLIVEIRA, F.A. Produção e qualidade da água em bacias hidrográficas contendo diferentes coberturas vegetais na região de agudos. 1989. 96 f. Dissertação (Mestrado em Hidrologia Florestal). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1989.

OLIVEIRA, J. J. V.; VALILO, M. I.; Pedro, N. A. R. & ZENEBO, O. Estudo comparativo de métodos para determinação de nitrato em águas naturais. **Revista do Instituto Adolfo Luiz**, v. 47, p.25-30, 1987.

ONGLEY, E. D. Control of water pollution from agriculture: Documento eletrônico (FAO irrigation and drainage paper, 55). Disponível em: < HTTP: // [www.fao.org/docrep/w2598E/w2598 e 00.htm](http://www.fao.org/docrep/w2598E/w2598e00.htm)>. Acesso em: 19 dez. 2002.

PALÁCIO, H. A. Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará**. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004.

PALHARES, J.C.P.; SCANDOLERA, A.J.; LUCAS JÚNIOR, J.; COSTA, A.J. da. Monitoramento da qualidade da água do Córrego Jaboticabal através de parâmetros químicos. In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA BACIA HODROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU, 3., 2000, Porto Ferreira. *Anais...* Porto Ferreira: Prefeitura Municipal de Porto Ferreira, 2000. p.43-4.

PALMA-SILVA, G.M. **Diagnóstico ambiental, qualidade da água e índice de depuração do Rio Corumbataí - SP**. 1999. 155 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Integrado de Recursos). Centro de Estudos Ambientais, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 1999.

PARRY, R. Agriculture phosphorus and water quality: a U.S. Environmental Protection Agency perspective. **Journal of Environmental Quality**, v.27, p.258-261, 1998.

PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. dos. Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. **Ciência Hoje**, São Carlos, v.19, n.10, p.4-45, 1995.

PORTO, F.A.; BRANCO, S.M.; LUCA, S.J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R.L. (Org.). **Hidrologia ambiental**, São Paulo: EDUSP, 1991. p.375-390.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3ª ed. revisada e ampliada. São Paulo: Escrituras, 2006.

REKOLAINEN, S.; KHOLM, P.E.; ULEN, B.; GUSTAFSON, A. Phosphorus losses from agriculture to the surface water in the Nordic countries In: TUNNEY, H.; CARTON, O.T.; BROOKES, P.C.; JOHNSTON, A.E. (Ed.) **Phosphorus loss from soil to water**. New York: CAB International, 1997. p.77-93.

RIZZI, N.E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. **Revista Florestal**, São Carlos, v. . p. 54-65, 1981.

SANEAGO. Saneamento de Goiás. **Sistema de controle de qualidade 2004**. Disponível em <www.sanego.com.br>. Acesso em maio de 2009.

SEPIN. Superintendência de Pesquisa e Informação. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás. 2007**. Disponível em <www.portalsepin.seplan.go.gov.br>. Acesso em 21 de novembro de 2007.

SHIGAKI, F.; SHAPPLEY, A.; PROCHONOW, L. I. Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. **Sci. Agric.**, v.63, p. 194-2009, 2006.

SINGH, K. P.; SINHA, A. S. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques: a case study. **Analytica Chimica Acta**, v.515, p.143-149, 2005.

SIOLI, H. **Amazônia fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Instituto MAX-Planck de limnologia, Petrópolis, RJ: Vozes, 1990.

SOUZA, L. C.; QUEIROZ, J.; GHEYI, H.R. Variabilidade espacial da salinidade de um solo aluvial no semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.2, p.35-40, 2000.

SOUNIS, E. **Bioestatística: princípios fundamentais, metodologia estatística, aplicação às ciências biológicas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

Strahler, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, p.913 – 920, 1957.

THE NITRATES. Disponível em <[http:// WWW.ces.uga.edu/pubcd/c819-5W.html](http://WWW.ces.uga.edu/pubcd/c819-5W.html)>. Acesso em 20 de maio de 1999.

TUNDISI, J.G. **Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos**. In: REBOUÇAS, Aldo da C. (Org.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 2006.p. 203 – 240.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI**: enfrentando a escassez. São Paulo: Rima, 2005.

VALLE, C. E. **Como preparar para as normas ISO 14000**: qualidade ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. 3^ad. São Paulo: Pioneira, 2000.

VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DÉBAN, L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, v.32, n.12, p.3581-3592, 1998.

Wilkinson, L. **SYSTAT**: the system for statistic. Evanston, IL: SYSTAT Inc., 1990.

ANEXOS

ANEXO 1

CALIBRATION REPORT NITRATE

Calibration Time: Monday, December 14, 2009 10:08 AM E. South America
Standard Time

User Full Name : Laboratório

Component Name: NITRATO

Component Units: mgL-1

Calibration: Calibration Curve - Linear (y=ax+b)

Baseline Correction: None

Settings (nm): Position:420.00

Force through Zero: No

Calibration Coefficients :

b = -0.001945

a = 0.789097

Specified Correlation Coefficient: 0.980000

Calculated Correlation Coefficient: 0.985168

Index	StandardID	Specified	Calculated	Absorbance	Residual
1	PADRAO 1	0.1000	0.0715	0.0545	0.0285
2	PADRAO 2	0.2000	0.2129	0.1660	-0.0129
3	PADRAO 3	0.3000	0.3407	0.2669	-0.0407
4	PADRAO 4	0.4000	0.3938	0.3088	0.0062
5	PADRAO 5	0.5000	0.4810	0.3776	0.0190

ANEXO 2

CALIBRATION REPORT FOSPHATE

Calibration Time: Monday, January 25, 2010 6:30 PM E. South America Standard Time

User Full Name : Laboratório

Component Name: FOSFATO

Component Units: mgL-1

Calibration: Calibration Curve - Linear ($y=aX+B$)

Baseline Correction: None

Settings (nm): Position:690.00

Force through Zero: Yes

Calibration Coefficients :

b = 0.000000

a = 0.280126

Specified Correlation Coefficient: 0.980000

Calculated Correlation Coefficient: 0.989310

Index	StandardID	Specified	Calculated	Absorbance	Residual
1	PADRAO 1	0.2000	0.2794	0.0783	-0.0794
2	PADRAO 2	0.4000	0.5907	0.1655	-0.1907
3	PADRAO 3	0.8000	0.9641	0.2701	-0.1641
4	PADRAO 4	1.6000	1.7317	0.4851	-0.1317
5	PADRAO 5	3.2000	3.0643	0.8584	0.1357

ANEXO 3

CALIBRATION REPORT SULPHATE

Calibration Time: Monday, January 11, 2010 4:51 PM E. South America Standard Time

User Full Name : Laboratório

Component Name: SULFATO

Component Units: mgL-1

Calibration: Calibration Curve - Linear (y=ax+b)

Baseline Correction: None

Settings (nm): Position:420.00

Force through Zero: Yes

Calibration Coefficients :

b = -0.033555

a = 0.011761

Specified Correlation Coefficient: 0.980000

Calculated Correlation Coefficient: 0.998686

Index	StandardID	Specified	Calculated	Absorbance	Residual
1	PADRÃO 2	5.0000	3.4680	0.0367	1.5320
2	PADRÃO 3	10.0000	7.1864	0.0761	2.8136
3	PADRÃO 4	20.0000	18.4633	0.1956	1.5367
4	PADRÃO 5	30.0000	29.7083	0.3148	0.2917
5	PADRÃO 6	40.0000	41.8820	0.4438	-1.8820
