

## **CAPÍTULO 07**

# **CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E DA QUALIDADE DAS ÁGUAS**

## 7.1 – INTRODUÇÃO

A área de estudo se refere às microbacias de drenagem dos polígonos do distrito minerário em questão, que correspondem às microbacias dos córregos Guarani Mata-Pau e Tombos, todos integrantes da sub-bacia do rio Norte, bem como o de Santa Maria, integrantes da sub-bacia do rio Pardo. Com isso foi realizada uma caracterização da qualidade das águas nesses cursos hídricos visando avaliar as tendências atuais da qualidade ambiental e sanitária com o intuito de subsidiar as considerações a serem feitas sobre as potencialidades e magnitudes dos impactos decorrentes do empreendimento a ser implantado. Outro importante objetivo dessa caracterização foi o de gerar, também, subsídios para a definição de um projeto de monitoramento da qualidade das águas, que permita acompanhar as prováveis alterações que possam ocorrer sobre esse ambiente a partir dessa implantação.

A Área de Influência (AI) a ser considerada para os estudos sobre esse tema se refere à bacia de drenagem presente a jusante das futuras áreas de lavra, tendo em vista o potencial gerador de alterações à qualidade ambiental de um sistema hídrico, representado pela tipologia do empreendimento em questão.

A abordagem da bacia de drenagem à jusante se faz necessária, tendo em vista que um curso d'água, enquanto um sistema ecológico, pode ser considerado como uma seqüência de ambientes. As características físicas, químicas e biológicas de um ponto são resultantes das condições a montante, interagidas às contribuições recebidas ao longo de toda a bacia hidrográfica. VANNOTE *et alii*. (1989) estabelecem o *Conceito dos Contínuos Fluviais (RCC)*, que consiste em uma abordagem holística baseada na hipótese de existência de um contínuo de condições físicas desde as regiões de cabeceira até a foz de um curso d'água. Esse conceito estabelece que, em um determinado trecho, características funcionais e estruturais das comunidades biológicas moldam-se em conformidade com a dinâmica destas condições. O *RCC* propõe que os rios devem ser considerados como um conjunto de sistemas interconectados, sendo que a dinâmica de porções situadas a jusante está intimamente relacionada a processos que ocorrem em porções mais a montante e às condicionantes litológicas, geomorfológicas e decorrentes de atividades humanas presentes na bacia de drenagem (THORP & DELONG 1994).

A Área Diretamente Afetada (ADA) se refere aos trechos das microbacias imediatamente à jusante das futuras áreas de lavra desse empreendimento. Para essa definição considerou-se os trechos dos cursos d'água locais que estarão diretamente submetidos aos impactos potenciais das atividades minerárias nessas áreas.

## 7.2 – METODOLOGIA

### 7.2.1 - ÉPOCA E PONTOS DE AMOSTRAGENS

Essa caracterização foi realizada a partir de uma amostragem ocorrida no dia 28 de novembro de 2000, que foi programada para representar o período de alta intensidade pluviométrica, época de maiores contribuições referentes às atividades antrópicas presentes na bacia de drenagem. Nesse sentido, salienta-se que foi registrada a ocorrência de chuvas durante toda a semana anterior à campanha amostral, bem como nas 24 horas antecedentes.

Foram demarcados quatro pontos de amostragens, visando representar toda a drenagem superficial em torno do polígono em questão:

- Ponto IBA-01 (sub-bacia do rio Norte – Área 339): Córrego Guarani, imediatamente a jusante de áreas de jazimento de bauxita, na UTM 0250429 / 7757845, altitude de 1230 m.



Foto 7.1 – Ponto de coleta IBA 01

Esse ponto está situado em área próxima às nascentes desse sistema, sendo de segunda ordem de grandeza. Representa uma drenagem de campos brejosos, instalados em terraços sobre afloramento rochoso, dominados por representantes da família das tifáceas (*Typha domingensis*).

- Ponto IBA-02 (sub-bacia do rio Pardo – Área 340): Córrego Santa Maria, imediatamente a jusante de áreas de reserva de bauxita, na UTM 0246359 / 7760877, altitude de 1228 m.



**Foto 7.2 – Ponto de coleta IBA 02**

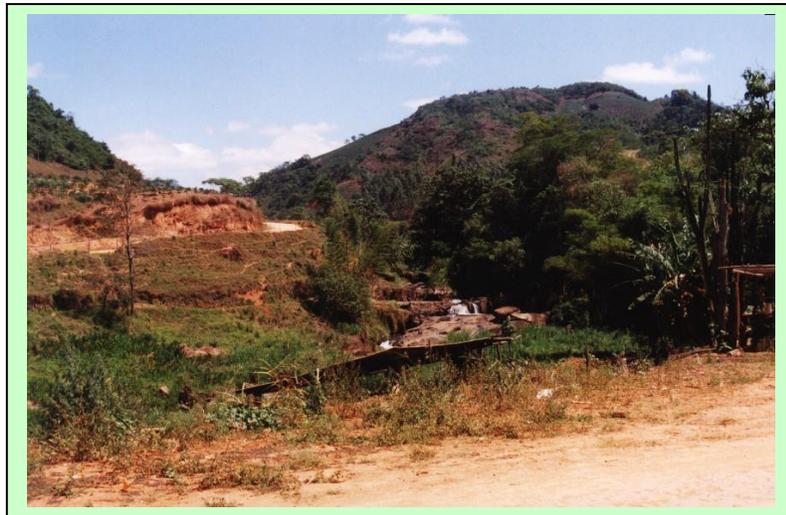
Esse ponto apresenta tipologia semelhante ao primeiro, uma vez que também representa uma área próxima às nascentes, nesse caso o córrego Santa Maria, podendo ser classificado como de segunda ordem de grandeza. Consiste também na drenagem de áreas de campos brejosos, instalados em terraços sobre afloramento rochoso, dominados por representantes da família das tifáceas (*Typha domingensis*).

- Ponto IBA-03. (sub-bacia do rio Norte – Áreas 284, 289 e 290): Córrego Tombos a jusante de várias áreas de reserva de bauxita na UTM 0248406 / 7746076, altitude de 558 m.

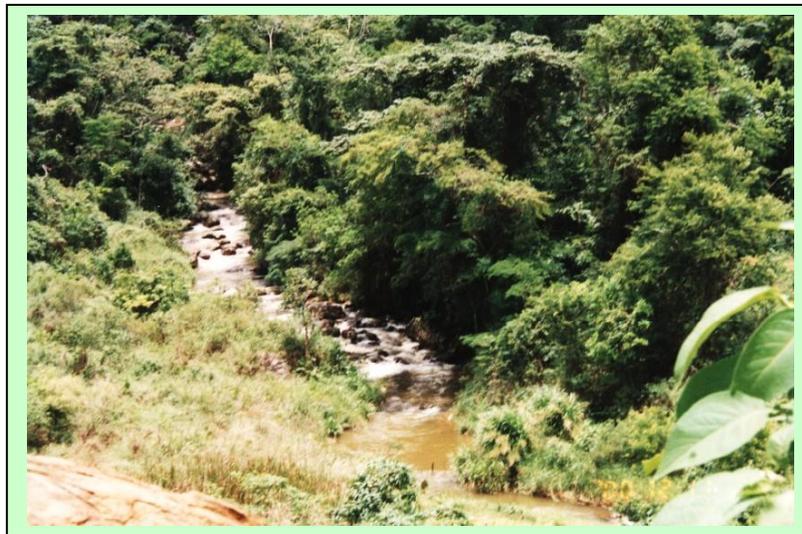
O ponto amostrado está situado em uma área mais baixa dessa microbacia, apresentando características de um sistema com grandeza superior à quarta ordem. À montante do ponto, esse córrego recebe a afluência dos córregos Cantagalo, Macacos e Bom Destino. Esse ponto está situado à cerca de 200 metros da foz do córrego Tombos, no rio Norte. O trecho analisado apresenta-se em corredeiras, com substrato constituído basicamente por seixos e blocos de rocha mãe. A vegetação ciliar é pouco expressiva, restringindo às áreas bem marginais ao córrego, sendo basicamente de porte arbustivo com alguns elementos arbóreos. A ocupação antrópica de sua bacia de drenagem é composta por faixas de agricultura cafeeira e de subsistência, com algumas áreas de pastagem extensiva. Pouco acima do ponto de coletas existe um sistema de captação de água para uso em uma propriedade rural.

- Ponto IBA-04. (sub-bacia do rio Norte – Área 285, 286, 287, 288, 365 e 366): Ribeirão Mata-Pau à jusante de várias áreas de reserva de bauxita, na UTM 0250456 / 7752251, altitude de 712 m.

O córrego Mata-Pau drena uma área representada por seis polígonos de pesquisa mineral, sendo a drenagem mais abrangente das áreas em estudo



**Foto 7.3 – Ponto IBA 03, localizado no Córrego Tombos**



**Foto 6.4 – Ponto IBA 04, localizado no Córrego Mata Pau**

nesse trabalho. Esse ponto também está situado em uma área baixa dessa microbacia, com características de um sistema com grandeza superior à quarta ordem. Os principais afluentes desse córrego, situados a montante do ponto são os córregos Estondo e Moreira. O trecho analisado também é constituído por corredeiras, com substrato formado com seixos e blocos de rocha mãe. A vegetação ciliar é pouco expressiva, restringindo às áreas bem marginais ao córrego, sendo basicamente de porte arbustivo com alguns elementos arbóreos. A ocupação antrópica de sua bacia de drenagem é composta por faixas de agricultura cafeeira e de subsistência, com algumas áreas de pastagem extensiva. À jusante do ponto de coletas existe um sistema de captação de água do distrito de Piaçu, para uso doméstico.

### **7.2.2 - PARÂMETROS ANALISADOS**

A seleção das variáveis a serem consideradas nessa caracterização resultou da identificação dos seguintes quesitos:

- O significado e a relevância de cada parâmetro em termos de indicações para a avaliação da qualidade das águas e da dinâmica limnológica.
- Identificação daqueles elementos que apresentam potencialidade de ocorrência nas águas das microbacias em estudo, considerando-se as fontes potencialmente geradoras de contaminantes à drenagem natural, na Área de Influência (AI), cuja dinâmica poderá sofrer alterações decorrentes da instalação desse empreendimento minerário.
- A listagem de parâmetros prevista para a caracterização de corpos hídricos receptores, definidos pela legislação federal em vigor, Resolução CONAMA 020/86, de 18 de junho de 1986.
- A lista de variáveis recomendadas pela ABNT, na norma: NBR 12649 - Caracterização de cargas poluidoras na mineração; para mineração de bauxita.
- O conjunto de parâmetros previsto para o cálculo do Índice de Qualidade das Águas - IQA, conforme estabelecido pela National Sanitation Foundation - USA.

Diante do exposto, o conjunto de parâmetros analisados é o seguinte:

- Físicos e Químicos: acidez total em  $\text{CaCO}_3$ , alcalinidade total em  $\text{CaCO}_3$ , alcalinidade de carbonatos em  $\text{CaCO}_3$ , alumínio total e solúvel, condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio -  $\text{DBO}_5$  dias, demanda química de oxigênio - DQO, dureza total em  $\text{CaCO}_3$ , dureza de não carbonatos em  $\text{CaCO}_3$ , ferro solúvel, fosfato total, nitratos, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, óleos e graxas, oxigênio dissolvido, pH, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, temperatura e turbidez.

- Biológicos: coliformes fecais, coliformes totais, estreptococos fecais, fitoplâncton e zoobênton.

O significado e a importância de cada uma das variáveis analisadas nessa caracterização serão apresentadas a seguir.

As análises de pH visam balizar possíveis alterações no equilíbrio ácido-básico das águas. No caso em questão, tais alterações podem decorrer de possíveis aumentos dos teores orgânicos, o que acarreta na produção de CO<sub>2</sub> pelos processos de decomposição orgânica, bem como pela presença de compostos húmicos ácidos carregados dos solos orgânicos das áreas da bacia de drenagem.

A acidez total é um parâmetro de grande importância na avaliação do potencial corrosivo das águas, uma vez que mede a resistência à neutralização por bases, indicando o grau de reatividade ácida potencial das águas. Esse parâmetro é analisado em conjunto com a alcalinidade total e de carbonatos, que, por sua vez, representam o potencial de tamponamento das águas de um sistema hídrico.

As medições de condutividade elétrica se referem à potencialidade de aportes de compostos solúveis em geral, uma vez que esse parâmetro indica o grau de condução elétrica de uma amostra de água, determinado pela sua concentração iônica. Informa também sobre o grau de mineralização das águas, decorrente da dissolução de compostos inorgânicos, bem como resultante da decomposição química e biológica de material orgânico.

Os parâmetros dureza total e dureza de não carbonatos informam sobre os níveis de metais alcalinos terrosos, como o cálcio e o magnésio nas águas, elementos esses que conferem características de dureza às águas. Como a condutividade elétrica, esse parâmetro também informam sobre o grau de mineralização das águas.

As análises de oxigênio dissolvido, DBO<sub>5 dias</sub> e DQO, informam sobre os níveis de oxigenação das águas, bem como o *metabolismo* consumidor de oxigênio decorrente da oxidação de possíveis cargas de material orgânico carregadas às microbacias em questão.

Os teores de fosfato total, nitratos, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total também se referem a esses processos, bem como aos aportes, naturais e decorrentes de atividades humanas, de compostos orgânicos e inorgânicos. A análise desse conjunto de variáveis é muito importante para o entendimento da dinâmica limnológica, sendo estes os principais parâmetros indicadores dos teores disponíveis de nitrogênio e fósforo, elementos que são os nutrientes limitantes à produção primária de um sistema hídrico.

As análises de turbidez, sólidos totais, sólidos em suspensão, sólidos totais dissolvidos e sólidos sedimentáveis, se reportam à magnitude de aportes de material particulado e solúvel, aos quais as microbacias analisadas estão

submetidas. Salienta-se que esse último parâmetro se refere aos teores de sedimentos, determinantes potenciais de assoreamento.

As análises dos teores de alumínio total e solúvel, ferro solúvel e óleos e graxas se reportam à potencialidade de aportes dessas substâncias à rede hidrográfica em questão, em decorrência das atividades a serem implantadas. Essas análises visam estabelecer o *background* regional para esses parâmetros, especialmente em relação aos aportes de sedimentos ricos em elementos metálicos, como os citados, decorrente da geoquímica local.

A medição da temperatura da água é um procedimento simples de ser executado e que oferece importantes subsídios na interpretação de outros parâmetros químicos, como o pH, saturação de oxigênio dissolvido e a DBO (demanda bioquímica de oxigênio). Os níveis de temperatura da água influenciam diretamente a taxa de solubilização de gases, como o CO<sub>2</sub> e o O<sub>2</sub>. Além disso, a temperatura exerce um papel primordial na cinética das reações químicas e biológicas no *metabolismo* de um sistema aquático.

As análises dos parâmetros bacteriológicos citados, ou seja, coliformes totais, coliformes fecais e estreptococos fecais, permitem a indicação sobre a ocorrência ou não de aportes de dejetos fecais a um sistema hídrico, bem como sua origem, humana ou animal.

As comunidades fitoplanctônicas foram definidas segundo o pesquisador Viktor Hensen, em 1888 (ESTEVES, 1998), como sendo o conjunto de organismos produtores que não dispõe de movimentos próprios capazes de se opor aos movimentos da água. A denominação plâncton é derivado do grego, significando o que está "ao sabor das ondas". O fitoplâncton é composto, portanto, pelas algas microscópicas, unicelulares, filamentosas e coloniais, presentes no plâncton. Os principais grupos com representantes no plâncton de água doce, classificados segundo a coloração e reserva nutritiva, são: Chlorophyta (algas verdes), Cianobactérias (algas azuis), Chrysophyta (algas amarelas ou douradas), Pyrrophyta (algas marrons), Euglenophyta (algas flageladas verdes ou incolores) e Rhodophyta (algas vermelhas). Essa comunidade representa um papel relevante na produção de matéria orgânica e entrada de energia nas redes alimentares de um corpo d'água. Além disso, esses organismos respondem de forma precisa e duradoura a alterações no ambiente, como aportes de nutrientes orgânicos e inorgânicos, através de mudanças na composição, estrutura e dinâmica populacional.

A fauna bentônica consiste de organismos associados ao substrato em corpos d'água. Apresenta representantes dos insetos, moluscos, anelídeos, crustáceos, ácaros, dentre outros. Encontra-se nestas comunidades, uma grande variedade de *taxa* especializados e estritamente associados a determinadas condições do substrato e da água. O papel ecológico dessa comunidade em um sistema lótico, ou seja, de águas correntes, está intimamente associado aos vários trechos ao longo do curso hídrico considerado. Esses organismos exercem função

fundamental no processo de ciclagem do material orgânico carregado ao ambiente aquático, principalmente em relação ao folhiço da vegetação ripária, em parte processado no alto curso por uma expressiva biomassa de organismos bentônicos fragmentadores (além da ação de processos físicos, químicos e da flora microbiana), tornando-o disponível às comunidades associadas ao baixo curso na forma de partículas orgânicas finas, utilizadas pela categoria funcional dos coletores. Esses organismos são também importantes recursos alimentares para comunidades de categorias tróficas mais altas como a ictiofauna, chegando a representar a quase totalidade da dieta de algumas espécies de peixes que se alimentam pelos sedimentos do fundo ou pela exploração dos substratos, através de raspagem e forrageamento direto.

Alterações ambientais ocorrentes em uma bacia de drenagem podem refletir-se em alterações dessa comunidade, como por exemplo o aumento da carga trófica do sistema, a perda de qualidade estrutural dos habitats, determinado por assoreamentos, a alteração do perfil produtivo local, em decorrência de maior penetração de luz, como consequência de desmatamentos, dentre outras. Alterações na qualidade das águas são normalmente associadas à ausência de *taxa* sensível à poluição, como os Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera, ou dominância de *taxa* tolerante como oligoquetos e dípteros quironomídeos, diminuição generalizada da riqueza taxonômica ou alterações apreciáveis na composição da comunidade em relação a um determinado ponto de referência.

Nessa comunidade encontram-se também vários invertebrados, potencialmente vetores de doenças, como os moluscos do gênero *Biomphalaria* bem como formas larvais dos culicídeos hematófagos, vetores da febre amarela, dengue, dentre outras patologias.

Dentre as principais vantagens de se avaliar a estrutura das comunidades biológicas para este tipo de estudo, pode-se citar, segundo EPA (1990):

- As comunidades biológicas refletem a condição ecológica geral (química, física e biológica).
- Integram os efeitos de diferentes agentes poluidores sendo, dessa forma, uma medida global do seu impacto.
- Traduzem o efeito do estresse ambiental ao longo do tempo, provendo uma medida de variação das condições ambientais.
- Em processos não pontuais (difusos) de degradação da condição ambiental, as comunidades biológicas podem constituir, em muitos casos, o melhor meio de avaliação efetiva.

### 7.2.3 - PROCEDIMENTOS DE COLETA E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Em relação aos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, a orientação básica para o planejamento e execução das amostragens foi feita a partir das diretrizes recomendadas pela ABNT, previstas nas normas: NBR 9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento e NBR 9898 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento. No tocante aos parâmetros hidrobiológicos (fitoplâncton e zoobênton), os procedimentos descritos foram extraídos e adaptados a partir das indicações apresentadas em BRANCO & ROCHA (1977), MARGALEF (1982), BRANCO (1986) e ESTEVES (1998).

Para as amostragens dos parâmetros físicos e químicos, as coletas foram feitas pela submersão de um balde de dez litros, de tal forma que não acarretasse em alterações nos locais de amostragem, como revolvimento de sedimento do fundo e das margens, o que poderia ocasionar contaminações à massa líquida. As determinações de temperatura e pH foram realizadas em campo, a partir de alíquotas de amostras separadas daquelas que foram enviadas ao laboratório. As amostras para análise de óleos e graxas foram retiradas pela submersão direta dos frascos específicos, com o intuito de evitar a subestimação pela possível adsorção de óleos nas paredes do balde. A água coletada pelo balde, foi distribuída para os frascos respectivos aos parâmetros a serem analisados, tomando-se o máximo cuidado para não borbulhar e nem deixar aparecer bolhas de ar. Todas as amostras foram acondicionadas imediatamente em caixas de isopor contendo gelo picado e em pedaços, suficiente para refrigerá-las a cerca de 4°C. Após tais procedimentos, as amostras foram enviadas, no mesmo dia, para o laboratório SANEAR - Engenharia Sanitária, em Belo Horizonte - MG, para os trabalhos analíticos, sob a responsabilidade técnica do Prof. José Julião (CRQ: 02300777).

A coleta de amostras para exame bacteriológico foi sempre a primeira a ser realizada, a fim de evitar o risco de contaminação do local de amostragem com frascos ou amostradores não estéreis. As amostragens foram manuais, na profundidade subsuperficial, pela submersão direta dos frascos na água. Como feito para os parâmetros físicos e químicos, as amostras foram acondicionadas imediatamente em caixas de isopor, sendo refrigeradas em torno de 4°C, e enviadas para o laboratório SANEAR - Engenharia Sanitária.

Para as análises qualitativas do fitoplâncton, as amostras foram obtidas por meio de rede de plâncton com 25,0 mm de interstício. A amostragem foi efetuada por arrastos horizontais e verticais. O material filtrado foi estocado em frascos de polietileno, com cerca de 100 ml e mantidos vivos sob refrigeração, à cerca de 4°C. Essas amostras foram enviadas juntamente com as amostras dos demais parâmetros à cidade de Belo Horizonte. As amostras quantitativas do fitoplâncton foram tomadas *in natura*, na profundidade subsuperficial, pela submersão direta de um caneco de alumínio, sendo transferidas para frascos de polietileno com capacidade para 1,0 litro. A preservação foi feita com a adição de cerca de 0,5 ml

de solução de lugol acético. As identificações do fitoplâncton foram realizadas por microscopia ótica, com lâminas simples. As análises quantitativas dessa comunidade foram feitas também em microscopia ótica, utilizando-se câmaras de Sedwick-Rafter, após a concentração das amostras por sedimentação em provetas, na relação de 10 vezes. As identificações dos organismos foram feitas utilizando-se a seguinte literatura: SMITH (1924), DESIKACHARY (1959), BICUDO & BICUDO (1970), BOURRELY (1972), PRESCOTT *et al.* (1975), BOURRELY (1981), SANT' ANNA (1984), VICENTIM (1984) e BOURRELY (1985).

As coletas das amostras para o estudo do zoobênton foram feitas através do método de conchadas (*Dipping*) e pelo uso da rede de bênton (*Kick Net*). Nos trechos de substrato arenoso e argilo-arenoso, utilizou-se o método de *Dipping*, sendo recolhidas quinze sub-amostras do sedimento superficial nas margens do curso d'água. O sedimento recolhido foi processado, inicialmente, no campo, lavando-se o material com água e concentrando-se a matéria orgânica em rede de malha fina (0,25 mm). Nos trechos encachoeirados e de substrato pedregoso e cascalhoso, utilizou-se a rede de bênton, revolvendo-se manualmente os seixos e colhendo-se o material liberado em um puçá de malha fina (0,25 mm).

Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, fixadas com cerca de 10 ml de solução de formaldeído a 40%, etiquetadas e armazenadas em caixas de isopor. Em laboratório, o material recolhido foi lavado e os organismos retidos em peneiras de tamização (malhas de 0,5 e 0,250 mm de aresta). Em seguida, esses organismos foram triados com o auxílio de um microscópio estereoscópico. Cerca de 100 organismos de cada amostra foram identificados ao nível de família e contados para estimar-se as abundâncias relativas entre os *taxa*. O restante do material foi triado para a complementação da listagem taxonômica. Em amostras que apresentaram baixo número de indivíduos, todo o sedimento recolhido foi considerado. As identificações taxonômicas foram feitas com base na seguinte literatura: WIGGINS (1977), PENNACK (1978), MERRIT & CUMMINS (1984), DOMINGUEZ *et al.* (1992) e NIESER & MELO (1997).

#### **7.2.4 - MÉTODOS ANALÍTICOS UTILIZADOS**

Os métodos analíticos utilizados foram os mais aceitos internacionalmente, presentes no Apha - Standard Methods for the Analysis of Water and Wastewater, conforme recomendado pela Resolução CONAMA 020/86 em seu artigo 24<sup>o</sup>. Na Tabela 1 são apresentados tais métodos.

**Tabela 7.1 - Métodos analíticos utilizados**

<b>PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS</b>			
<b>PARÂMETROS</b>	<b>MÉTODO ANALÍTICO</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>LIMITE MÍNIMO DE DETECÇÃO</b>
Acidez total em CaCO <sub>3</sub>	Volumetria – neutralização com solução normalizada de NaOH	mg/l	0,50 mg/l
Alcalinidade total em CaCO <sub>3</sub>	Volumetria – neutralização com solução normalizada de HCl	mg/l	0,50 mg/l
Alcalinidade de carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Volumetria – neutralização com solução normalizada de HCl	mg/l	0,50 mg/l
Alumínio total	Absorção atômica	mg/l	0,05 mg/l
Alumínio Solúvel	Absorção atômica	mg/l	0,05 mg/l
Condutividade elétrica	Medida eletrométrica. condutivímetro	µS/cm	0,01µS/cm
DBO5 dias	Incubação a 20°C por 5 dias e método titulométrico de Winkler modificado	Mg de O <sub>2</sub> /l	0,05 mg de O <sub>2</sub> /l
DQO	Método do bicromato de potássio (refluxo)	Mg de O <sub>2</sub> /l	0,05 mg de O <sub>2</sub> /l
Dureza total em CaCO <sub>3</sub>	Método complexiométrico do EDTA - titulométrico	mg de CaCO <sub>3</sub> /l	0,50 mg de CaCO <sub>3</sub> /l
Dureza de não carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Método complexiométrico do EDTA - titulométrico	mg de CaCO <sub>3</sub> /l	0,50 mg de CaCO <sub>3</sub> /l
Ferro solúvel	Absorção atômica	mg/l	0,05 mg/l
Fosfato total	Método espectrofotométrico do Ácido ascórbico	mg/l	0,010 mg/l
Nitratos	Método espectrofotométrico do salicilato de sódio	mg/l	0,01 mg/l
Nitrogênio amoniacal	Método espectrofotométrico do Nessler	mg/l	0,05 mg/l
Nitrogênio total	Método espectrofotométrico de Nessler	mg/l	0,05 mg/l
Óleos e graxas	Método gravimétrico de extração com n-hexano	mg/l	0,30 mg/l
Oxigênio dissolvido – OD	Método titulométrico de Winkler modificado e/ou medição em oxímetro de campo	mg de O <sub>2</sub> /l	0,05 mg de O <sub>2</sub> /l
pH	Medida eletrométrica. pH-metro de campo	-	0,01
Sólidos em suspensão	Filtração em membrana Millipore 0,45 e pesagem	mg/l	0,10 mg/l
Sólidos sedimentáveis	Sedimentação em cone Imhoff	ml/l	0,10 ml/l
Sólidos totais	Método gravimétrico – Evaporação da amostra bruta Em banho-maria	mg/l	0,10 mg/l
Sólidos totais dissolvidos	Evaporação da amostra filtrada em banho-maria	mg/l	0,10 mg/l
Temperatura	Termômetro de Hg	°C	0,5°C
Turbidez	Medida nefelométrica – Turbidímetro	UNT	0,01 UNT
<b>PARÂMETROS BIOLÓGICOS</b>			
Coliformes fecais	Membrana filtrante – Método absoluto	UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Coliformes totais	Membrana filtrante – Método absoluto	UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Estreptococos fecais	Membrana filtrante – Método absoluto	UFC/100 ml	0 UFC/100 ml
Fitoplâncton	Microscopia ótica Sedwick-Rafter ou Uthermöl	ind/10ml	-
Zoobênton	Contagem em Microscópio Estereoscópio	Numero de indivíduos	-

## 7.2.5 - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados foram avaliados em termos da magnitude obtida, considerando-se as principais variáveis naturais e antrópicas detectadas na bacia em questão. Os padrões legais adotados para a avaliação sobre a qualidade das águas foram os estabelecidos pela legislação federal, a Resolução CONAMA 020/86, para aqueles aos quais essa legislação define níveis limites.

Para a avaliação da qualidade das águas dos corpos hídricos naturais, os resultados são comparados aos padrões definidos para a classe 02, segundo essa legislação. A utilização dessa classe como referência é baseada no inciso *f* do 20º artigo da Resolução CONAMA 020/86, onde é esclarecido que as águas doces dos corpos hídricos não enquadrados oficialmente serão consideradas pertencentes à classe 02, até o seu devido enquadramento oficial.

Do conjunto considerado, são previstos padrões para a classe 02 segundo a Resolução CONAMA 020/86 para a DBO ( $\leq 5,0$  mg de  $O_2/l$ ), ferro solúvel ( $\leq 0,3$  mg/l), fosfato total ( $\leq 0,025$  mg/l), alumínio total ( $\leq 0,1$  mg/l), nitratos ( $\leq 10$  mg/l), óleos e graxas (virtualmente ausente), oxigênio dissolvido ( $\geq 5,0$  mg de  $O_2/l$ ), pH (6,0 a 9,0), sólidos dissolvidos totais ( $\leq 500$  mg/l), turbidez ( $\leq 100$  UNT), coliformes totais ( $\leq 5.000$  NMP/100 ml) e coliformes fecais ( $\leq 1.000$  NMP/100 ml). No tocante aos óleos e graxas, a Resolução CONAMA 020/86 define em seu artigo 14º que, considera-se “virtualmente ausente” teores desprezíveis. Nesse estudo, foram considerados como desprezíveis os resultados menores que o limite mínimo de detecção do método analítico adotado (0,30 mg/l).

No tratamento dos resultados das análises também foi empregado o Índice de Qualidade das Águas (IQA), desenvolvido pela “National Sanitation Foundation - USA”, através de uma pesquisa de opinião feita junto a 142 profissionais da área ambiental. Como resultado dessa pesquisa foram selecionados nove parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez e sólidos totais.

Para cada parâmetro foi definido um peso relativo ( $W_i$ ) e estabelecida uma curva de variação da qualidade da água ( $q_i$ ) em função da sua concentração ou medida. Assim, o IQA é calculado a partir da seguinte expressão:

$$IQA = \sum_{i=1}^n \pi \cdot q_i^{W_i}$$

A qualidade das águas, indicada pelo IQA, numa escala de 0 a 100, pode ser classificada em faixas, da seguinte forma:

$$\begin{aligned} 0 \leq IQA < 25 & : \text{Água muito ruim} \\ 25 \leq IQA < 50 & : \text{Água ruim} \end{aligned}$$

$50 \leq \text{IQA} < 70$ :	Água média
$70 \leq \text{IQA} < 90$ :	Água boa
$90 \leq \text{IQA} < 100$ :	Água excelente

Ressalta-se que a curva de qualidade do oxigênio dissolvido é dada em relação ao respectivo percentual de saturação. Neste trabalho o OD de saturação foi calculado considerando-se o teor de cloretos igual a 1,0 mg/l, valor considerado conservativo para os teores de sais dissolvidos das águas em questão.

No cálculo do IQA, baseado nesses nove parâmetros, não são levados em conta os elementos potencialmente tóxicos. Estes são considerados indiretamente através do IT (Índice de Toxicidade), representado por uma variável binária que assume valor 0 (zero), caso um ou mais desses elementos do conjunto considerado ultrapasse o limite permitido pela legislação, ou 1 (um) em caso contrário. A rigor, a nota final do IQA de uma amostra passa a ser o resultado do produto do IQA pelo IT. Nesse estudo nenhum parâmetro foi avaliado para o cálculo do IT, tendo em vista que níveis mais altos de elementos metálicos como o alumínio e ferro, que poderiam ser considerados sobre esses aspectos, são de ocorrência natural nas águas locais, decorrente da geoquímica regional.

Os parâmetros bacteriológicos foram analisados em termos da ocorrência de contaminação fecal na água, e sua origem provável, humana ou animal. Essa consideração é feita a partir das razões entre os resultados obtidos para os coliformes fecais e os estreptococos fecais. Valores acima de 4 indicam origem humana; abaixo de 1, origem animal, sendo que para números intermediários ou iguais a esses não se pode inferir precisamente sobre a origem (VON SPERLING, 1995).

As comunidades biológicas foram analisadas segundo a variação da riqueza, densidade e diversidade. Foram identificados os organismos que podem servir de indicadores biológicos de alterações ambientais. Através desse estudo foram avaliados parâmetros indicadores da qualidade ambiental. Nesse sentido foram comparadas as abundâncias relativas dos organismos agrupados segundo seu potencial de indicação em termos da qualidade ambiental, considerando-se qualidade boa, média e alterada.

Foi calculado o índice de diversidade proposto por Shannon-Wiener ( $H'$ ). Esse índice é derivado de uma formulação largamente usada na informática para se avaliar a complexidade e o conteúdo de vários tipos de sistemas. É calculado pela fórmula:  $H' = - \sum (P_i \times \ln P_i)$ , sendo  $P_i$  a medida da abundância relativa de um determinado *taxon*  $i$ .

A comunidade zoobentônica foi avaliada, principalmente, a partir da caracterização qualitativa e da abundância relativa dos macroinvertebrados presentes em substratos. Procurou-se, também, a identificação de organismos

indicadores de alterações ambientais e sanitárias, bem como vetores potenciais de doenças.

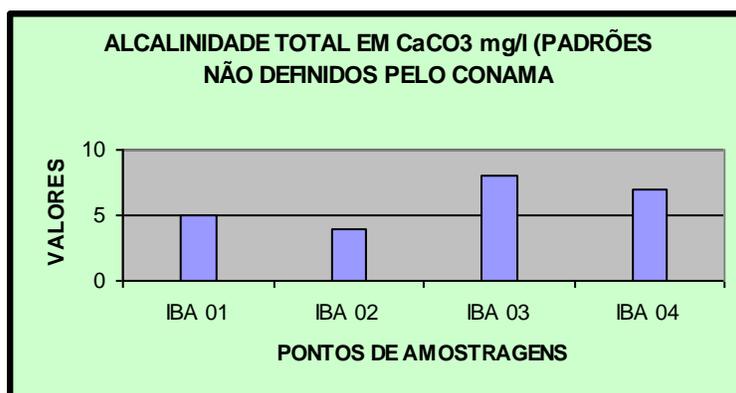
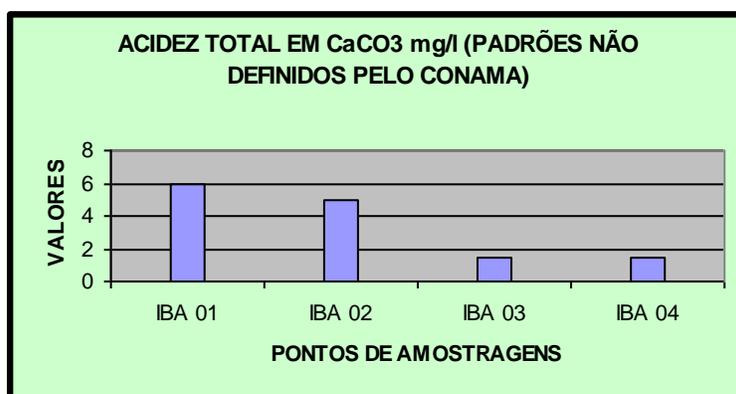
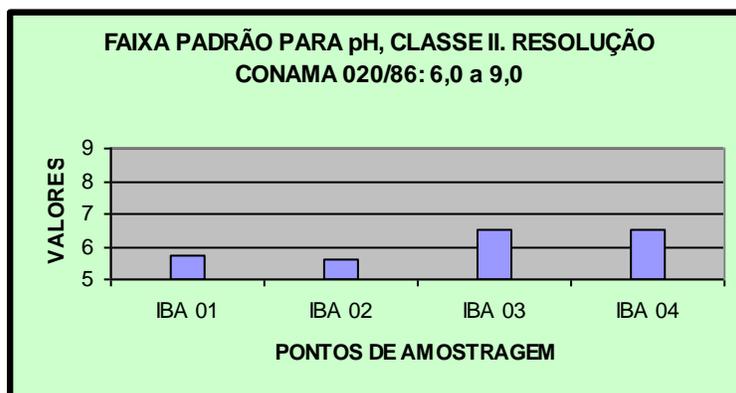
### **7.3 - DIAGNÓSTICO LIMNOLÓGICO**

#### **7.3.1 - PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS**

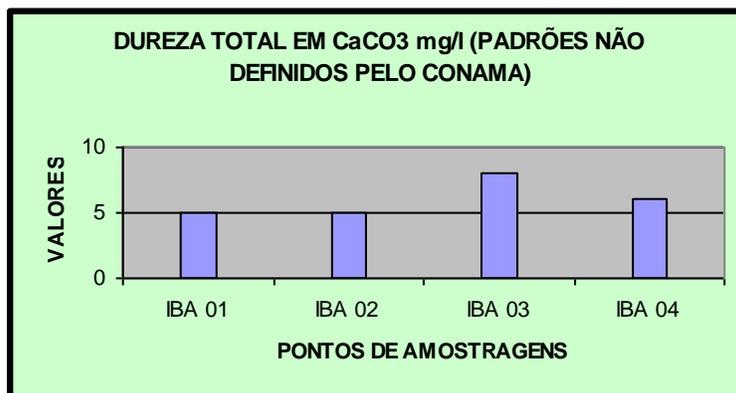
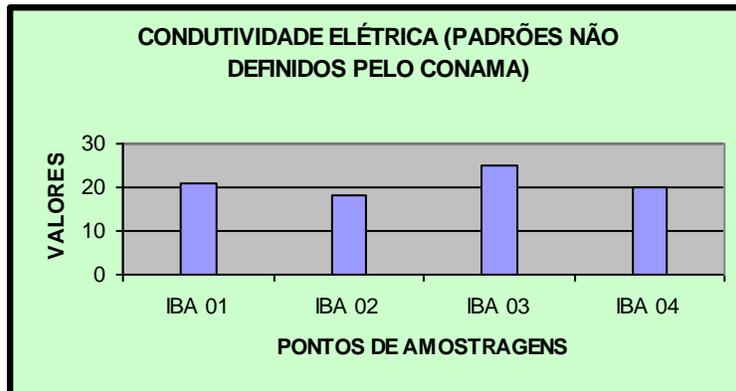
Os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos estão expressos nas Figuras 1 a 5. Os dados brutos são apresentados em tabela presente no anexo. Os resultados foram agrupados nas figuras segundo o significado dos parâmetros em termos ambientais e sanitários, como também de suas interações, com o intuito de propiciar uma melhor ordenação das interpretações. Os agrupamentos feitos foram os seguintes: parâmetros que se reportam ao equilíbrio ácido-básico da água; parâmetros referentes aos nutrientes; parâmetros relativos aos níveis de oxigenação das águas; parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos presentes nas águas; resultados de óleos e graxas e das análises de metais.

Analisando-se a Figura 1, verifica-se que os resultados do primeiro conjunto de parâmetros demonstram que, no momento das amostragens, foram feitas algumas alterações no que diz respeito aos pontos IBA-01 e IBA-02. Nesses pontos os valores de pH estiveram fora da faixa padrão para a classe 02 (6 a 9), estando abaixo de 6,0 indicando condições ligeiramente ácidas no meio. Nota-se que nesses dois pontos os níveis de acidez total foram maiores que nos demais, ao passo que a alcalinidade total demonstrou uma menor capacidade de tamponamento.

Figura 1 - Comparação entre os resultados dos parâmetros que se referem ao equilíbrio ácido-básico da água. Pontos IBA-01, IBA-02, IBA-03 e IBA-04, microbacias na ADA do distrito minerário da Mineração Curimbaba, sub-bacias do rio Norte e do rio Pardo, bacia do rio Itapemirim, obtidos na amostragem de novembro de 2.000.



Para o parâmetro “ALCALINIDADE DE CARBONATOS EM  $\text{CaCO}_3$ ” não foi detectado em nenhum ponto de amostragem.



Considerando-se que os valores de condutividade elétrica podem ser considerados baixos para os quatro pontos analisados, entende-se que as condições mais ácidas verificadas nos pontos IBA-01 e IBA-02, apontadas pelos dados descritos acima, não foram decorrência da presença de compostos iônicos fortes nas águas. Esses dois pontos, conforme mencionado anteriormente, são referentes a regiões próximas à nascentes, onde as influências de compostos húmicos presentes no solo se fazem mais evidentes. Essas influências determinam, em muitos casos, níveis baixos de pH, decorrente da presença de ácidos húmicos que são carreados das áreas de drenagem, podendo chegar a valores como os verificados nesse estudo.

Ressalta-se que esses resultados ocorreram em uma amostragem referente à época chuvosa, o que certamente expressa as influências do efeito de lavagem das chuvas, carreando um volume maior desses compostos até então presentes em sua drenagem, principalmente nas áreas brejosas.

Nos pontos IBA-03 e IBA-04 as condições relativas ao equilíbrio ácido-básico da água estiveram mais próximas da neutralidade. Os valores de pH estiveram dentro

da faixa padrão para a classe 02 (6 a 9), embora um pouco abaixo de 7,0, que é um indicativo de condições levemente ácidas.

Os níveis detectados de acidez total demonstram uma condição baixa de reatividade ácida potencial das águas, mesmo nos pontos IBA-01 e IBA-02. Pelos valores de pH, a acidez detectada foi relativa à acidez carbônica, isto é, resultante da dissolução de CO<sub>2</sub> atmosférico e/ou de processos de decomposição de material orgânico, formando ácidos carbônicos. Como já mencionado, os valores ligeiramente maiores obtidos nos primeiros pontos podem ser mais um reflexo da relevante presença de compostos húmicos.

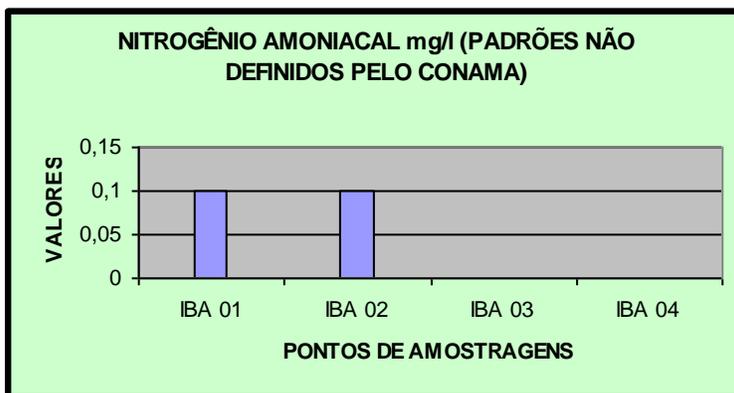
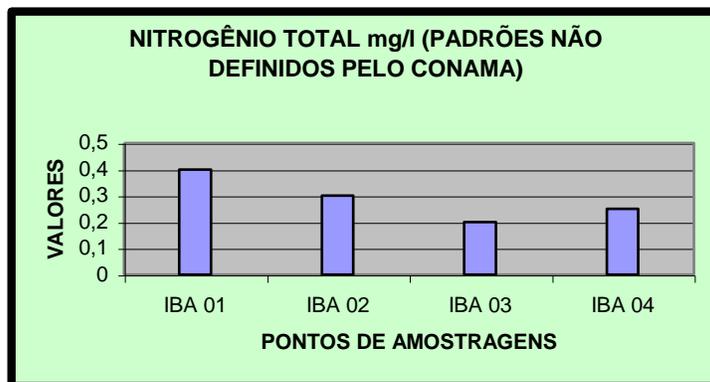
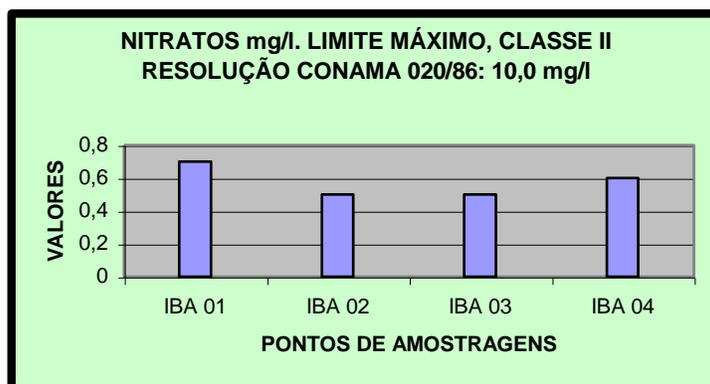
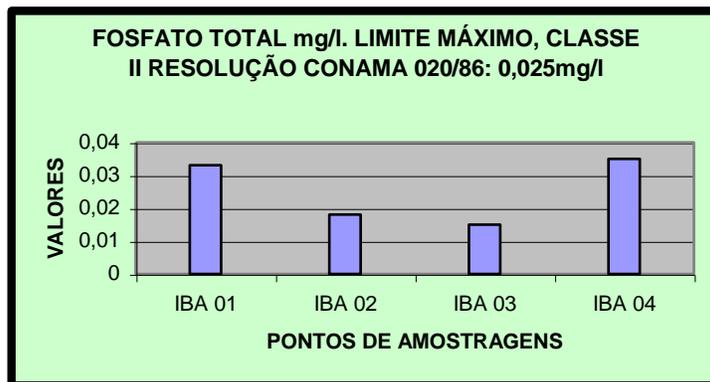
Pelos resultados de pH, entende-se que os valores de alcalinidade total foram determinados principalmente pela alcalinidade de bicarbonatos, o que é uma situação normal. Nesse sentido, os valores encontrados indicam sobre a concentração desses compostos. Nota-se que não foram detectados níveis para a alcalinidade de carbonatos.

Os valores para a condutividade elétrica podem, ainda, ser considerados indicadores de águas com baixos teores iônicos, reativos e/ou gerados pela dissolução de sais e pouco influenciadas por processos de mineralização de despejos químicos ou orgânicos.

Os valores obtidos para a dureza total e de não carbonatos demonstram se tratar de águas brandas, com baixos níveis de metais alcalinos terrosos, como o cálcio e o magnésio, o que certamente determinou os baixos valores para a alcalinidade total, reforçando ainda mais as condições verificadas de baixo potencial de tamponamento. Os valores para a dureza total foram ligeiramente maiores nos pontos IBA-03 e IBA-04. Esse fato pode estar evidenciando um pequeno carreamento, pelas águas pluviais, de compostos de cálcio das respectivas drenagens, tendo em vista se tratarem de pontos referentes a áreas de drenagem maiores que os primeiros pontos.

No tocante aos parâmetros referentes aos nutrientes (Figura 2), observa-se que nos pontos IBA-01 e IBA-04 ocorreram um aumento de fosfato total, determinando valores acima do limite máximo de 0,025 mg/l, estabelecido para a classe 02. Considerando-se se tratar de uma amostragem referente ao período crítico de chuvas, este aumento provavelmente pode estar relacionado ao carreamento de solo das áreas de drenagem pelas águas pluviais.

Figura 7.2 - Comparação entre os resultados dos parâmetros que se referem aos nutrientes.



Sendo águas que apresentam teores notáveis de ferro solúvel, conforme será discutido na seqüência, e tendo em vista a afinidade entre os íons de ferro e de fosfatos, principalmente em águas onde predominam condições oxidativas, entende-se que os níveis de fosfatos verificados correspondem a complexos desse íon com ferro, bem como compostos orgânicos fosfatados, não estando nas duas formas, disponíveis para assimilação pelos organismos produtores primários.

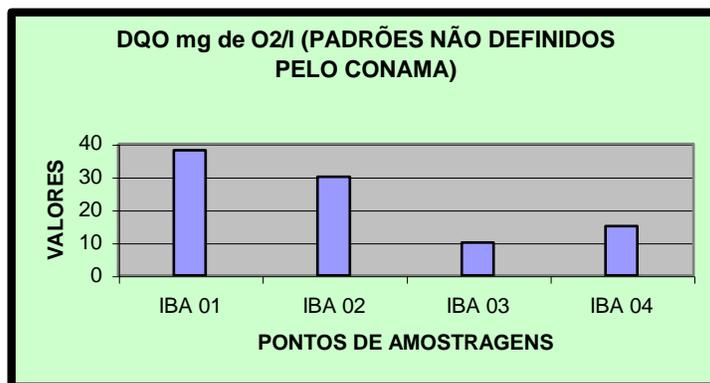
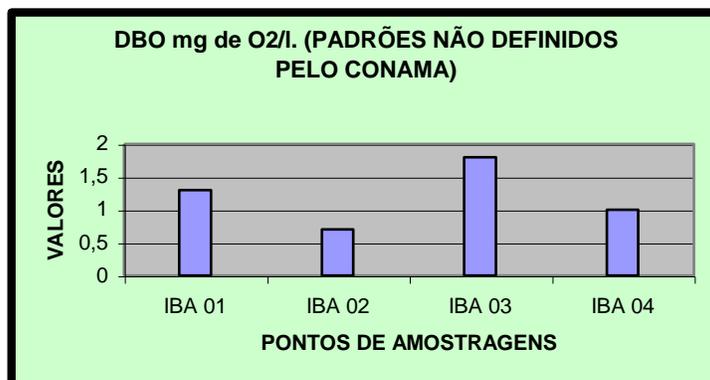
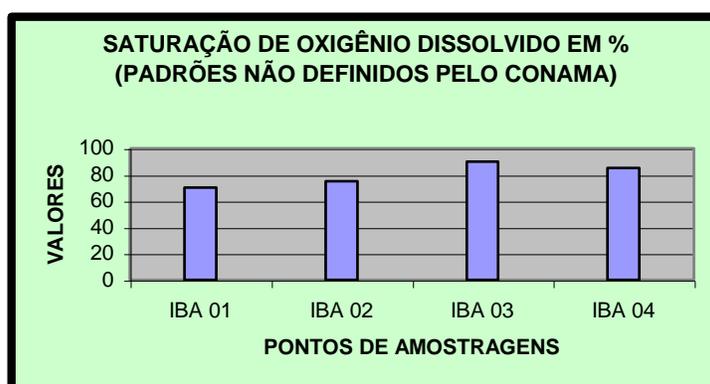
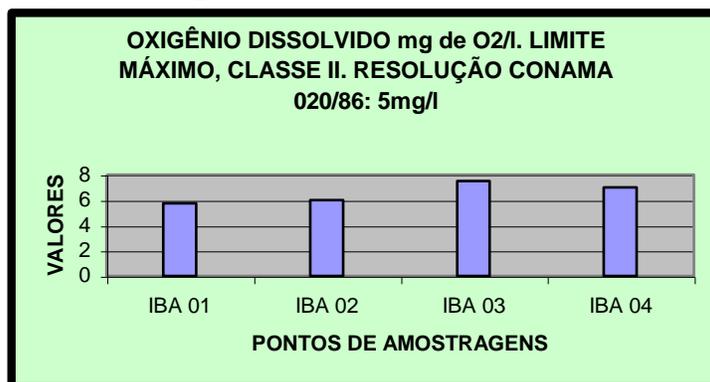
Verifica-se que os teores dos compostos nitrogenados foram em geral baixos. Nos pontos IBA-01 e IBA-02 os valores tenderam a ser um pouco maiores, principalmente para o nitrogênio total e amoniacal. Tal fato talvez tenha sido resultante de carreamento de compostos orgânicos das áreas brejosas adjacentes a esses pontos. No entanto, todos os resultados obtidos para essas variáveis podem ser avaliados como baixos, considerando-se, principalmente, que os valores de nitratos estiveram muito abaixo do limite máximo de 10,0 mg/l, estabelecido para a classe 02.

Pode-se inferir ainda que os teores de nitrogênio total foram devidos, essencialmente, à parcela de nitrogênio de origem orgânica, uma vez que os níveis de nitrogênio amoniacal foram muito baixos, sendo ligeiramente detectados somente nos pontos IBA-01 e IBA-02, já que o parâmetro denominado nitrogênio total é constituído pela porção orgânica e amoniacal das formas químicas nitrogenadas.

Os baixos valores de nitrogênio amoniacal podem indicar uma ausência de contribuições expressivas de fertilizantes agrícolas às águas desses pontos, tendo em vista que os principais fertilizantes comerciais utilizam essa forma de composto nitrogenado.

Pela análise da Figura 3, não se verifica uma indicação clara da ocorrência de conteúdos expressivos de material orgânico nos pontos considerados. Os níveis de oxigênio dissolvido foram satisfatórios nos quatro pontos, tendo sido menores nos pontos IBA-01 e IBA-02, embora ainda acima do limite mínimo de 5,0 mg/l, previsto para a classe 02, bem como determinantes de níveis de saturação superiores a 70%.

Figura 7.3 - Comparação entre os resultados dos parâmetros relativos aos níveis de oxigenação das águas.



No entanto, os parâmetros indicadores de aportes orgânicos, como a DBO e a DQO, mostraram valores abaixo de níveis onde são expressivos os processos de decomposição de material orgânico carreado às águas. Os valores de DBO também estiveram bem abaixo do limite máximo de 5,0 mg/l, que é o padrão para a classe 02.

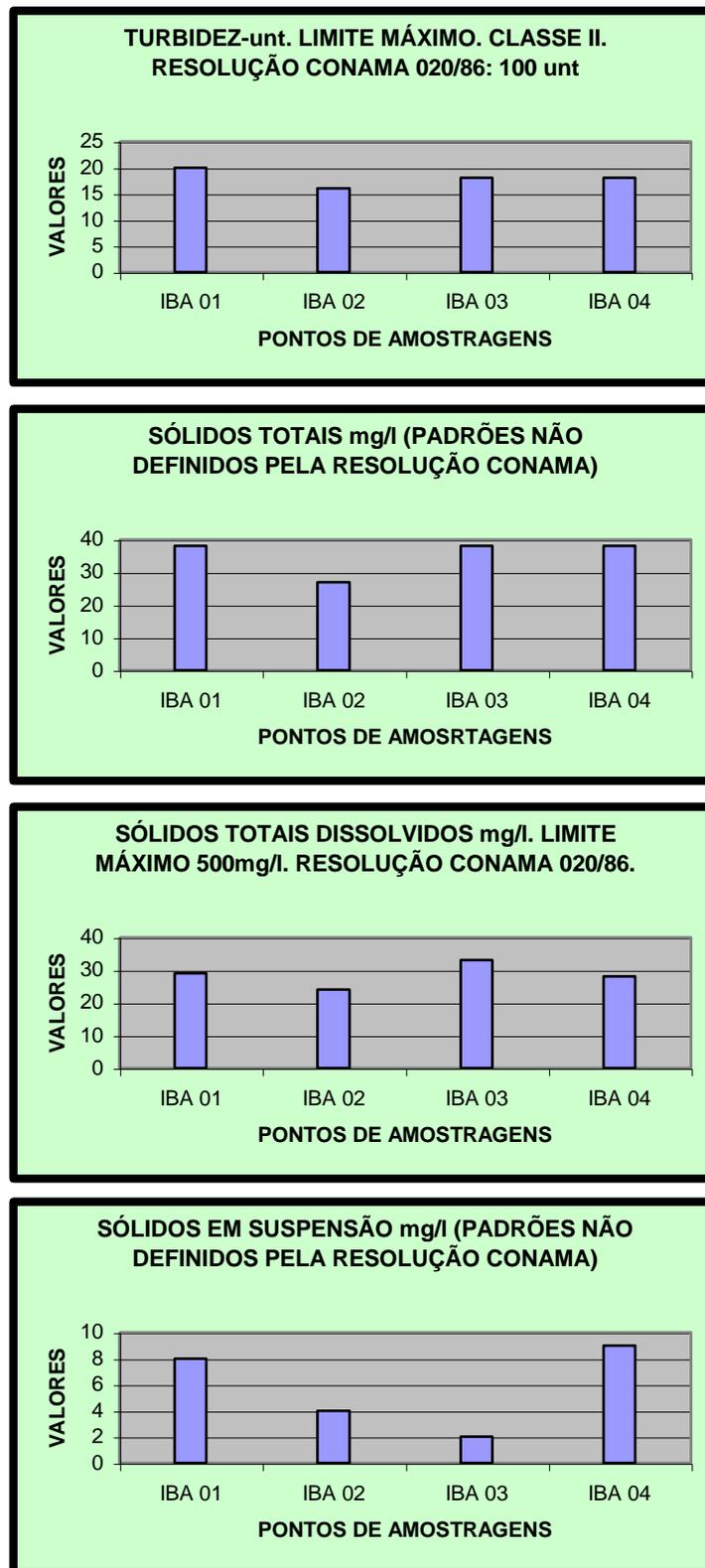
Com isso, os baixos valores detectados nos primeiros pontos não podem ser avaliados como indicativos de ocorrência de algum aporte orgânico às águas desses pontos. Nesse sentido entende-se que, provavelmente, tais dados se reportam ao fato de serem pontos próximos às nascentes, onde a aeração física determinada pela correnteza ainda é relativamente baixa.

Salienta-se que os valores de DQO mais altos obtidos nos pontos IBA-01 e IBA-02, pouco superior ao normalmente observado em águas naturais, livres do lançamento de qualquer tipo de despejos, podem ser resultados do carreamento, pelas águas pluviais, de materiais vegetais de decomposição lenta, como os compostos húmicos.

Em relação aos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos presentes nas águas (Figura 4), verificam-se resultados muito baixos, sendo que a parcela referente aos sólidos dissolvidos foi mais expressiva para o conteúdo total nos quatro pontos, do que os sólidos em suspensão.

Os valores de sólidos totais dissolvidos estiveram muito abaixo do limite máximo de 500 mg/l definido para a classe 02, segundo CONAMA 020/86, o que é condizente com os valores baixos de condutividade elétrica. Em decorrência dos níveis reduzidos de sólidos em suspensão, os valores medidos para a turbidez foram baixos, sendo que estiveram abaixo do limite máximo de 100 UNT estabelecido pela legislação acima, para a classe 02. Salienta-se que não foram detectados níveis de sólidos sedimentáveis em nenhum dos quatro pontos.

Figura 7.4 - Comparação entre os resultados dos parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos presentes nas águas.

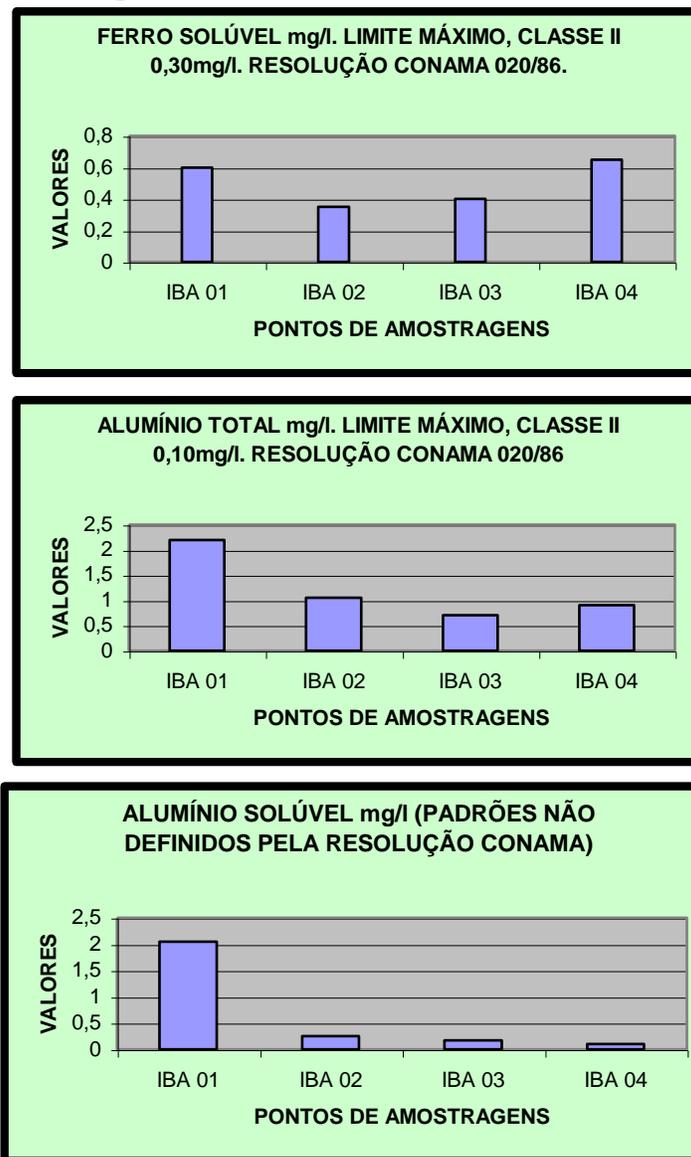


O parâmetro “Sólidos Sedimentáveis” apresentou valores abaixo de 0,10 mg/l em todos os pontos de amostragens.

Todos esses dados são indicativos de que a ocorrência das chuvas, anteriormente à coleta, não determinou carreamentos expressivos de material particulado às águas desses sistemas.

Em relação à Figura 5, verifica-se que os resultados de óleos e graxas revelaram a ausência dessas substâncias nas águas analisadas, satisfazendo o padrão estabelecido para a classe 2, que é a sua ausência virtual, entendida como níveis abaixo do limite mínimo de detecção do método analítico (0,30 mg/l), conforme abordado anteriormente na metodologia.

**Figura 7.5 - Comparação entre os resultados de óleos e graxas e das análises de metais - mg/l**



Para o parâmetro “Óleos e Graxas”, todas as amostras apresentaram valores abaixo de 0.30 mg/l, devendo ser caracterizada como “virtualmente ausente” de acordo com a Resolução CONAMA 020/86.

No tocante aos dados relativos aos metais analisados nesse estudo, também presentes na Figura 5, nota-se que todos os parâmetros demonstraram níveis abaixo dos limites máximos definidos para a Classe II, que é de 0,3 e 0,1 mg/l, respectivamente, para o ferro solúvel e alumínio. Nota-se que no caso do alumínio, o limite foi superado tanto para o conteúdo total quanto para a porção solúvel.

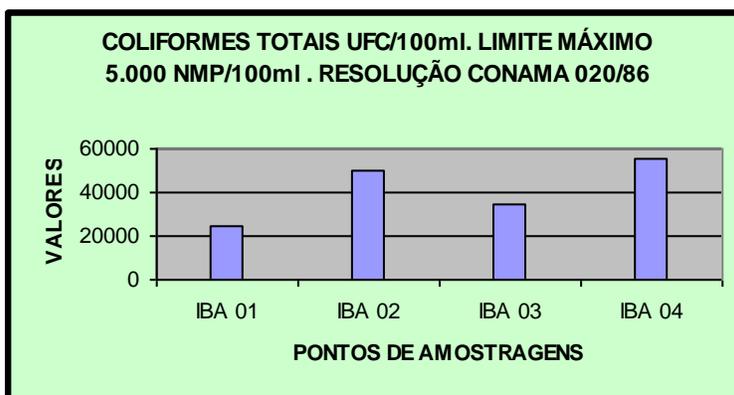
Entende-se que o efeito das chuvas pode ter sido preponderante para esses registros, podendo estar associado ao processo de carreamento de solo pelas águas pluviais, considerando-se a presença natural desses elementos na geoquímica das áreas de drenagem.

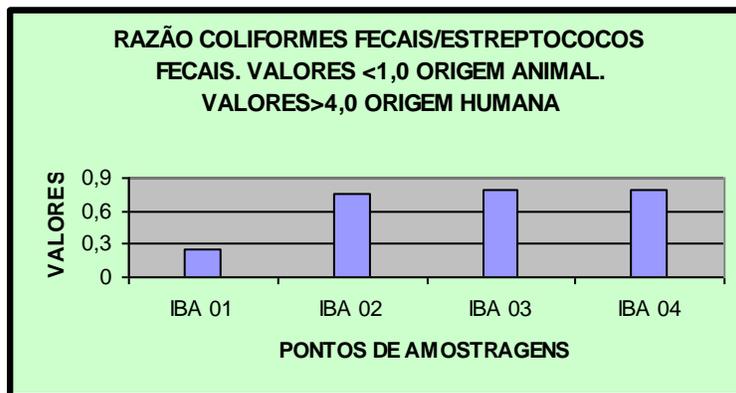
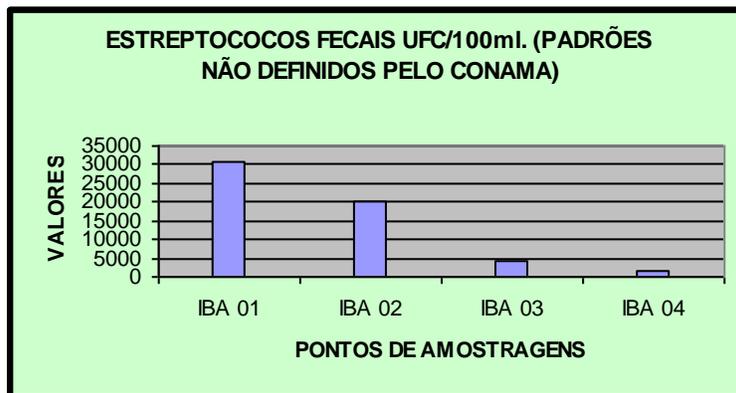
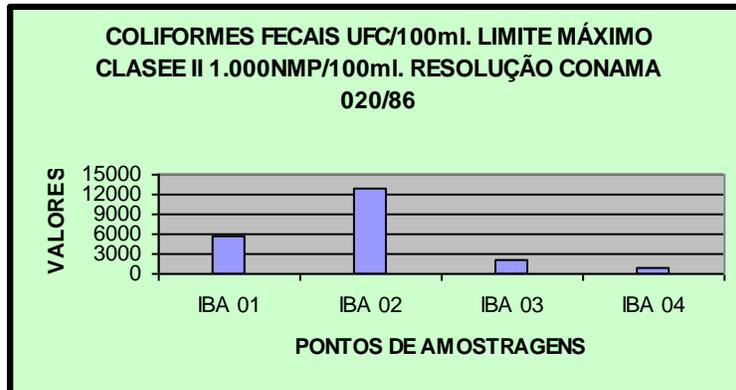
### 7.3.2 - PARÂMETROS BACTERIOLÓGICOS

A exemplo do que foi feito para os parâmetros físicos e químicos, os dados obtidos por essas análises foram lançados em figuras gráficas (Figura 6). São também apresentados em tabela presente no Anexo.

Observa-se por essa figura, valores altos de coliformes totais e fecais para os quatro pontos, sendo que para o ponto IBA-02 os níveis de colimetria foram bem maiores. Nesse sentido, os resultados desses dois parâmetros estiveram bem acima dos limites definidos pela Resolução CONAMA 020/86 para a classe 2, respectivamente 5.000 e 1.000 NMP/100 ml. Esses dados revelaram relevante presença fecal, especialmente no ponto IBA-02.

**Figura 7.6 - Comparação entre os resultados das análises bacteriológicas da água.**





Salienta-se que os valores menores de coliformes fecais em relação aos coliformes totais podem ser entendidos como uma indicação da ocorrência de um efeito depurador, uma vez que os organismos estritamente intestinais, representados pelos coliformes fecais, sobrevivem por períodos de tempo menores nos corpos hídricos receptores que organismos intestinais facultativos, os quais estão presentes no conteúdo total. Entende-se que os aportes fecais ocorreram em trechos mais a montante aos pontos considerados e/ou muito anterior ao momento da amostragem.

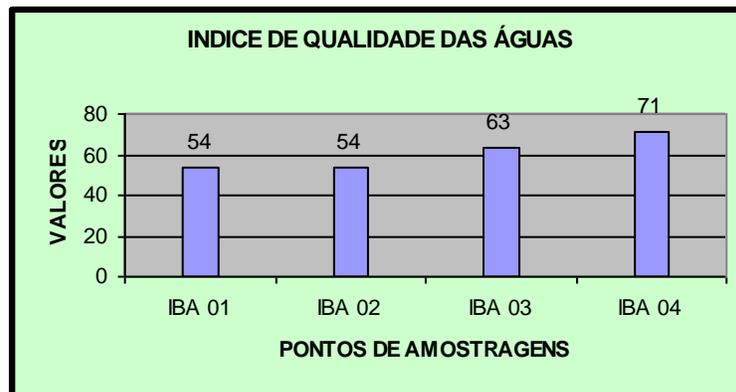
Analisando-se os resultados obtidos para estreptococos fecais, verifica-se valores maiores que os coliformes fecais, o que resulta em valores para a razão entre os coliformes fecais e os estreptococos fecais menores que 1,00, indicando claramente uma origem animal para os expressivos níveis de material fecal detectado nesses pontos.

Dessa forma, os resultados obtidos das análises de laboratório podem estar associados ao carreamento de materiais fecais de origem animal pelas águas das chuvas.

### 3.3 - Índice de Qualidade das Águas - IQA

A Figura 7 apresenta os resultados dos cálculos do índice de qualidade das águas - IQA. Os resultados demonstram águas de qualidade média nos pontos IBA-01, IBA-02 e IBA-03, sendo de qualidade boa no ponto IBA-04. Ressalta-se que os valores excessivos de coliformes fecais nesses três primeiros pontos, respondem pela situação de qualidade média detectada.

**Figura 7.7 - Comparação entre os resultados do cálculo do índice de qualidade das águas.**



**NÍVEIS DE QUALIDADE**  
Menor que 25 – qualidade muito ruim  
Entre 25 e 50 – qualidade ruim  
Entre 50 e 70 – qualidade média  
Entre 70 e 90 – qualidade boa  
Entre 90 e 100 – qualidade excelente.

No caso dos pontos IBA-01 e IBA-02, os baixos valores encontrados para o pH foram determinantes dos resultados ainda menores para o IQA.

**CERTIFICADO DE ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

**CERTIFICADO DE ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

**CERTIFICADO DE ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Certificado Número: 3886/6522/2000  
 Cliente: **MINERAÇÃO CURIMBABA**  
 Município: **Muniz Freire - ES**  
 Procedência: Sub-bacia do Rio Norte  
 Natureza da Amostra: Água Superficial  
 Local: IBA 01 - Córrego Guarani  
 Responsável pela Coleta: Avplan Ltda  
 Data da Coleta: 28/11/2000  
 Data da Recepção: 29/11/2000

**RESULTADOS DAS ANÁLISES**

Parâmetro	Unidade	Resultado
Condutividade Elétrica	µ S/cm	20,90
Turbidez	UNT	24,33
pH	-	5,58
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	<0,10
Temperatura do Ar	°C	21,0
Temperatura da Água	°C	20,0

Em mg/L

Parâmetro	Resultado
Sólidos Totais	37,50
Sólidos Totais Dissolvidos	28,50
Sólidos em Suspensão	9,00
Acidez Total em CaCO <sub>3</sub>	5,97
Alcalinidade de Carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Não Detectado
Alcalinidade Total em CaCO <sub>3</sub>	5,37
Dureza de Não Carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Não Detectado
Dureza Total em CaCO <sub>3</sub>	5,03
Oxigênio Dissolvido	5,80
Demanda Bioquímica de Oxigênio	1,40
Demanda Química de Oxigênio	38,66
Óleos e Graxas	<0,30
Nitrogênio Amoniacal	0,07
Nitratos	0,70
Nitrogênio Total	0,44
Fósforo Total	0,034
Alumínio Solúvel	2,01
Alumínio Total	2,34
Ferro Solúvel	0,63

Obs.: Os métodos de análises são os estabelecidos no *STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater*, 19<sup>th</sup> edition - 1995.

**Figura 7.8 – Certificado de Análises Físicas e Químicas – Ponto IBA 01. Córrego Guarani**

**CERTIFICADO DE ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Certificado Número: 3887/6523/2000  
 Cliente: **MINERAÇÃO CURIMBABA**  
 Município: Ibatiba – ES  
 Procedência: Sub-bacia do **Rio Pardo**  
 Natureza da Amostra: Água Superficial  
 Local: IBA 02 – Córrego Santa maria  
 Responsável pela Coleta: Avplan Ltda  
 Data da Coleta: 28/11/2000 Data da Recepção: 29/11/2000

**RESULTADOS DAS ANÁLISES**

Parâmetro	Unidade	Resultado
Condutividade Elétrica	μ S/cm	17,42
Turbidez	UNT	18,30
pH	-	5,80
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	<0,10
Temperatura do Ar	°C	25,0
Temperatura da Água	°C	20,5

Em mg/L

Parâmetro	Resultado
Sólidos Totais	28,80
Sólidos Totais Dissolvidos	23,80
Sólidos em Suspensão	5,00
Acidez Total em CaCO <sub>3</sub>	4,98
Alcalinidade de Carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Não Detectado
Alcalinidade Total em CaCO <sub>3</sub>	4,39
Dureza de Não Carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	0,64
Dureza Total em CaCO <sub>3</sub>	5,03
Oxigênio Dissolvido	6,10
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,80
Demanda Química de Oxigênio	29,18
Óleos e Graxas	<0,30
Nitrogênio Amoniacal	0,07
Nitratos	0,53
Nitrogênio Total	0,37
Fósforo Total	0,016
Alumínio Solúvel	0,37
Alumínio Total	1,15
Ferro Solúvel	0,31

Obs.: Os métodos de análises são os estabelecidos no *STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater*, 19<sup>th</sup> edition - 1995.

Belo Horizonte, 27 de dezembro de 2000

  
**JOSÉ JULIANO**  
 Engenheiro Químico e Sanitarista - CRQ 02300777

Figura 7.9 – Certificado de Análises Físicas e Químicas – Ponto IBA 02. Córrego Santa Maria.

**CERTIFICADO DE ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Certificado Número: 3888/6524/2000  
 Cliente: **MINERAÇÃO CURIMBABA**  
 Município: **Muniz Freire - ES**  
 Procedência: Sub-bacia do Rio Norte  
 Natureza da Amostra: Água Superficial  
 Local: IBA 03 - Córrego Tombos  
 Responsável pela Coleta: Avplan Ltda  
 Data da Coleta: 28/11/2000 Data da Recepção: 29/11/2000

**RESULTADOS DAS ANÁLISES**

Parâmetro	Unidade	Resultado
Condutividade Elétrica	μ S/cm	24,67
Turbidez	UNT	20,17
pH	-	6,64
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	<0,10
Temperatura do Ar	°C	26,0
Temperatura da Água	°C	23,0

Em mg/L

Parâmetro	Resultado
Sólidos Totais	36,70
Sólidos Totais Dissolvidos	33,70
Sólidos em Suspensão	3,00
Acidez Total em CaCO <sub>3</sub>	1,49
Alcalinidade de Carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Não Detectado
Alcalinidade Total em CaCO <sub>3</sub>	8,29
Dureza de Não Carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Não Detectado
Dureza Total em CaCO <sub>3</sub>	8,04
Oxigênio Dissolvido	7,45
Demanda Bioquímica de Oxigênio	1,65
Demanda Química de Oxigênio	8,34
Óleos e Graxas	<0,30
Nitrogênio Amoniacal	<0,05
Nitratos	0,53
Nitrogênio Total	0,24
Fósforo Total	0,015
Alumínio Solúvel	0,20
Alumínio Total	0,83
Ferro Solúvel	0,50

Obs.: Os métodos de análises são os estabelecidos no *STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater*, 19<sup>th</sup> edition - 1995.

Belo Horizonte, 27 de dezembro de 2000

  
**JOSÉ JULIANO**  
 Engenheiro Químico e Sanitarista - CRQ 02300777

**Figura 7.10 – Certificado de Análises Físicas e Químicas – Ponto IBA 03. Córrego Tombos.**

**CERTIFICADO DE ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

Certificado Número: 3889/6525/2000  
 Cliente: **MINERAÇÃO CURIMBABA**  
 Município: **Muniz Freire - ES**  
 Procedência: Sub-bacia do Rio Norte  
 Natureza da Amostra: Água Superficial  
 Local: IBA 04 - Córrego Mata-Pau  
 Responsável pela Coleta: Avplan Ltda  
 Data da Coleta: 28/11/2000      Data da Recepção: 29/11/2000

**RESULTADOS DAS ANÁLISES**

Parâmetro	Unidade	Resultado
Condutividade Elétrica	μ S/cm	19,81
Turbidez	UNT	20,50
pH	-	6,68
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	<0,10
Temperatura do Ar	°C	25,0
Temperatura da Água	°C	23,0

Em mg/L

Parâmetro	Resultado
Sólidos Totais	36,50
Sólidos Totais Dissolvidos	27,00
Sólidos em Suspensão	9,50
Acidez Total em CaCO <sub>3</sub>	1,49
Alcalinidade de Carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Não Detectado
Alcalinidade Total em CaCO <sub>3</sub>	7,81
Dureza de Não Carbonatos em CaCO <sub>3</sub>	Não Detectado
Dureza Total em CaCO <sub>3</sub>	6,53
Oxigênio Dissolvido	7,20
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,95
Demanda Química de Oxigênio	11,75
Óleos e Graxas	<0,30
Nitrogênio Amônia	<0,05
Nitratos	0,58
Nitrogênio Total	0,25
Fósforo Total	0,036
Alumínio Solúvel	0,28
Alumínio Total	0,90
Ferro Solúvel	0,70

Obs.: Os métodos de análises são os estabelecidos no *STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater*, 19<sup>th</sup> edition - 1995.

Belo Horizonte, 27 de dezembro de 2000

**JOSE JULIAO**  
 Engenheiro Químico e Sanitarista - CRQ 02300777

Figura 7.11 – Certificado de Análises Físicas e Químicas – Ponto IBA 04. Córrego Mata Pau.

**CERTIFICADO DE ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS**

Certificado Número: 7569/0783/2000  
 Cliente: MINERAÇÃO CURIMBABA  
 Município: Ibatiba – ES  
 Procedência: Sub-bacia do Rio Norte  
 Natureza da Amostra: Água Superficial  
 Responsável Pela Coleta: Avplan Ltda  
 Data de Coleta: 29/11/2000                      Data da Recepção: 29/11/2000

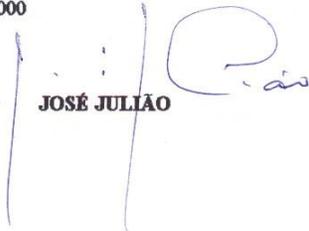
**RESULTADOS DAS ANÁLISES**

Amostras	
Nº	Local de Coleta
01	IBA 01 – Córrego Guarani
02	IBA 02 – Córrego Santa Maria
03	IBA 03 – Córrego Tombos
04	IBA 04 – Córrego Mata-Pau

Resultados			
Nº	UFC de Coliformes Totais (em 100 ml)	UFC de Coliformes Fecais (em 100 ml)	UFC de Estreptococos (em 100 ml)
01	2,5 x 10 <sup>4</sup>	5,4 x 10 <sup>3</sup>	3,1 x 10 <sup>4</sup>
02	5,0 x 10 <sup>4</sup>	1,3 x 10 <sup>4</sup>	2,1 x 10 <sup>4</sup>
03	3,6 x 10 <sup>4</sup>	2,0 x 10 <sup>3</sup>	2,7 x 10 <sup>3</sup>
04	5,5 x 10 <sup>4</sup>	1,1 x 10 <sup>3</sup>	1,6 x 10 <sup>3</sup>

Os métodos de análises são os estabelecidos no *STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater* 19<sup>th</sup> Edition - 1995.

Belo Horizonte, 05 de dezembro de 2000

  
 JOSÉ JULIANO

**Figura 7.12 – Certificado de Análises Bacteriológicas para os quatro pontos (IBA 01, IBA 02, IBA 03 e IBA 04)**

### 7.3.4 - FITOPLÂNCTON

A lista taxonômica dos organismos identificados está presente no Anexo. Os valores de riqueza, variável que representa o número de unidades taxonômicas (n.º de *taxa*), bem como da densidade, expressa em indivíduos/10 ml, foram agrupados considerando os principais grandes grupos das algas. Esses dados são apresentados na Figura 8. Foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), considerando os resultados das densidades para cada variedade taxonômica identificada, sendo os estes expressos na Figura 9. Os valores das abundâncias relativas dos organismos agrupados segundo seu potencial de indicação sobre a qualidade ambiental são expressos na Figura 10.

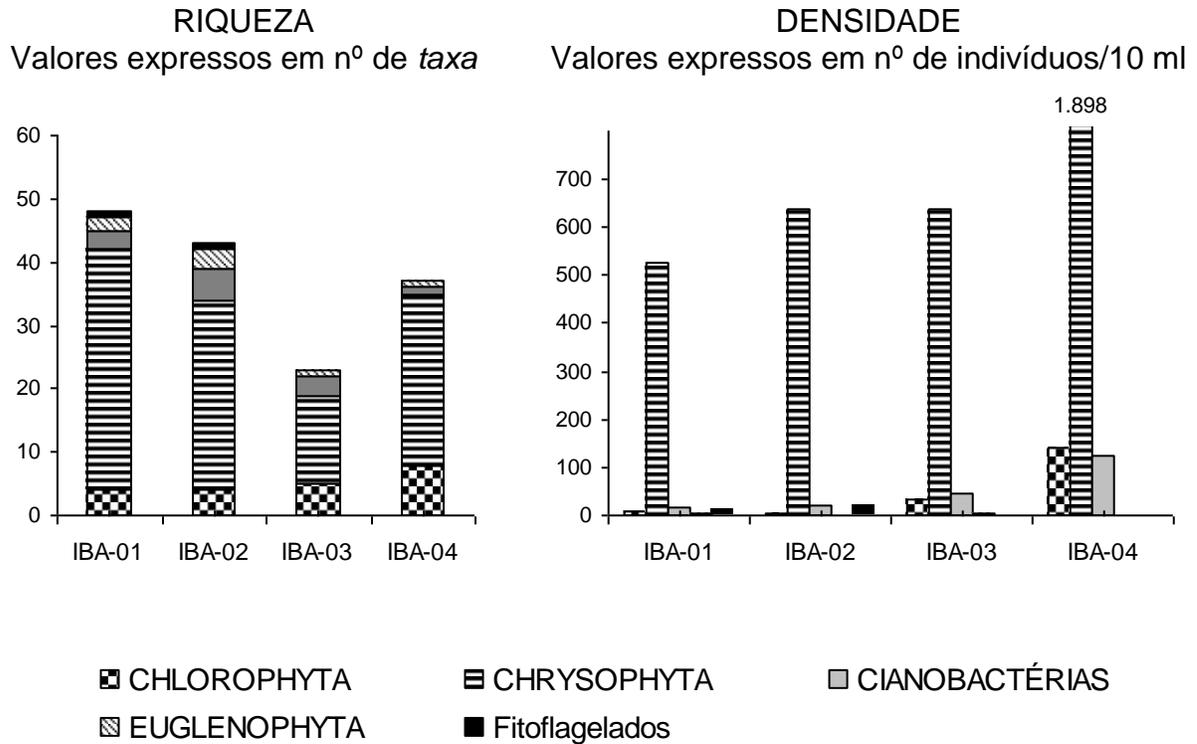
Analisando-se os dados referentes à riqueza, verifica-se que foram encontrados cerca de 77 *taxa*. Os grupos que apresentaram as maiores riquezas foram das algas amarelas (Chrysophyta), com 52 *taxa* e das algas verdes (Chlorophyta), com 13 morfoespécies. Salienta-se que esse valor obtido para a riqueza total pode ser considerado alto, principalmente por se tratar de uma amostragem referente à estação chuvosa, quando ocorre um efeito diluidor provocado pelas maiores vazões, demonstrando uma expressiva diversificação taxonômica nos pontos considerados.

A alta riqueza verificada sugere que, provavelmente ocorreu um aumento das contribuições pela comunidade perifítica (que são organismos que se desenvolvem aderidos a substratos no leito dos cursos hídricos, como pedras, lajes e vegetação marginal), por um aumento da ação de arraste da correnteza a esses substratos, ocasionada pelo aumento nas vazões em decorrência das chuvas ocorridas

Pela análise quantitativa, nota-se valores que acompanham o padrão observado para a riqueza. Os maiores valores de densidade obtidos para o grupo Chrysophyta foram representados, essencialmente, pelas algas diatomáceas. Esses organismos são considerados típicos de sistemas lóticos (águas correntes), em se tratando de ambiente de água doce. Essa característica é atribuída por vários autores à presença de uma carapaça de sílica revestindo as células desses organismos, que são unicelulares em sua grande maioria. Essa condição pode conferir proteção mecânica contra o atrito gerado pela correnteza.

Os aumentos populacionais verificados foram em sua maior parte devido a organismos normalmente habitantes tanto do plâncton como das comunidades perifíticas, como as diatomáceas *Pinnularia* sp.7, *Pinnularia* sp.8, *Pinnularia* sp.1, *Navicula* sp.1 e *Navicula* sp.2. Esses dados são mais um indício do efeito de contribuição das comunidades habitantes dos substratos dos cursos hídricos ao fitoplâncton, evidenciando um nível relevante de interação entre as comunidades planctônicas e perifíticas, típico em sistemas hídricos de baixa grandeza.

**Figura 7. 13 - Comparação entre os resultados das análises qualitativas (Riqueza) e quantitativas (Densidade) do fitoplâncton. Pontos IBA-01, IBA-02, IBA-03 e IBA-04**



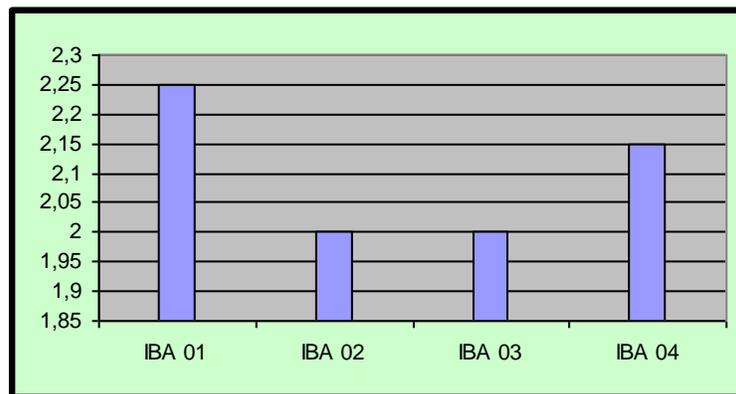
Verifica-se que os valores de densidade apresentaram uma tendência de aumento no sentido do ponto IBA-01 para IBA-04, seguindo uma dinâmica de fluxo fluvial em uma bacia hidrográfica. Esse padrão pode estar expressando um efeito acumulativo de contribuições das comunidades periféricas, ocorridas ao longo dos cursos hídricos em questão, bem como de tributários, seguindo os padrões do *Conceito dos Contínuos Fluviais - RCC* (VANNOTE *et alii.*, 1989).

Salienta-se que o grande pico de densidade do grupo Chrysophyta no ponto IBA-04, foi essencialmente devido às grandes densidades da diatomácea *Pinnularia* sp.7. Esses organismos podem ser classificados como *r* estrategistas, isto é, apresentam características ecofisiológicas que propiciam grande capacidade de rápido crescimento populacional diante de uma disponibilidade de nutrientes.

Apesar dos expressivos valores de riqueza verificados para os quatro pontos, a estruturação dessa comunidade apresentou-se desequilibrada. Os valores altos das densidades de poucas espécies implicaram em uma diminuição da equitabilidade estrutural, como pode ser bem observada pela análise dos resultados do índice de diversidade ( $H'$ ), representados na Figura 9.

O conceito de diversidade de espécies possui dois componentes: riqueza e uniformidade; o primeiro componente baseado no número total de espécies e o segundo considerado pela abundância relativa da espécie e seu grau de dominância ou falta (ODUM, 1985). Assim, a maior dominância de determinados organismos dessa comunidade sobre os demais indica uma baixa equitabilidade desta comunidade, ou seja, foram detectados muitos indivíduos de poucas espécies. Em ambientes mais equilibrados, onde a pressão seletiva é menor, é esperado o contrário, possibilitando a instalação de um número maior de variedades taxonômicas. BRANCO (1986) cita que a faixa de variação desse índice é de 0 a 5, sendo que valores menores que 1 são próprios de ambientes aquáticos muito impactados, entre 1 e 3 têm sido registrados em águas moderadamente alteradas, e aqueles maiores que 3 correspondem às águas limpas.

**Figura 7.14 - Comparação entre os resultados do cálculo do índice de diversidade de SHANNON-WIENNER (H') para o fitoplâncton.**



Os baixos valores obtidos revelam a baixa equitabilidade ou uniformidade do fitoplâncton amostrado nos quatro pontos. Nesse sentido, apesar da riqueza ter sido relevante, a baixa uniformidade determinou níveis também baixos para a diversidade. Os valores menores verificados foram certamente um reflexo dos maiores picos de densidades de uns poucos organismos em relação aos demais. Os índices obtidos para essa comunidade revelam condições moderadamente alteradas do ambiente, segundo a classificação acima descrita.

No tocante à análise dessa comunidade referente aos indicadores de qualidade ambiental, verifica-se que foram detectados organismos freqüentemente citados pela literatura especializada como habitantes de ambientes com boa qualidade. Nesse sentido, ressalta-se as algas pertencentes ao grupo Chlorophyta, que são indicadoras de condições mais estáveis do meio. Dentre os organismos desse grupo encontrados nesse trabalho, podem ser apontados como indicadores principais dessa condição os representantes da família Desmidiaceae, pertencentes aos gêneros: *Closterium*, *Cosmarium*, *Hyalotheca* e *Penium*.

Verificou-se, também, a ocorrência de organismos que podem ser considerados indicadores de condições menos favoráveis em termos da qualidade ambiental, uma vez que são freqüentemente encontrados em ambientes aquáticos alterados. Como indicadores dessa condição, podem ser citados as algas verdes (Chlorophyta) dos gêneros *Monoraphidium*, *Oedogonium*, *Pediastrum* e *Scenedesmus*; a crisofícea (Chrysophyta) do gênero *Mallomonas*; as algas azuis (Cianobactérias) dos gêneros *Merismopedia* e *Raphidiopsis*; o gênero representante do grupo Euglenophyta: *Kolbeana*; bem como as algas denominadas genericamente de Fitoflagelados, em sua maioria desse último grupo, cuja identificação foi impossibilitada.

Pode-se fazer uma distinção entre dois tipos diferentes de comportamento que propiciam a instalação e desenvolvimento de espécies de algas em sistemas hídricos submetidos a alterações ambientais. Como primeiro tipo podem ser identificadas as algas tipicamente autotróficas, ou seja, que realizam fotossíntese, as quais são tolerantes a alterações em um sistema hídrico, como lançamento de dejetos orgânicos, sendo, em muitos casos, beneficiadas indiretamente, graças à liberação de nutrientes inorgânicos pela decomposição do material orgânico lançado. Nessa categoria podem ser apontados as clorofíceas, a crisofícea e as cianobactérias, citadas acima.

Em um segundo tipo estão as algas capazes de assimilar matéria orgânica diretamente do meio, sendo citadas pela literatura especializada como habitantes comuns a ambientes alterados pelo lançamento de despejos domésticos e rurais. Nesse caso estão os organismos pertencentes ao grupo Euglenophyta, mencionados acima, bem como as fitoflageladas. Nesse aspecto particular, salienta-se que esses organismos ocorreram em baixa representatividade populacional, podendo-se entender que a ocorrência desses organismos da forma verificada não é um indicativo de níveis altos de matéria orgânica nas águas desses pontos, conforme verificado pelos parâmetros químicos analisados anteriormente, como a DBO e DQO.

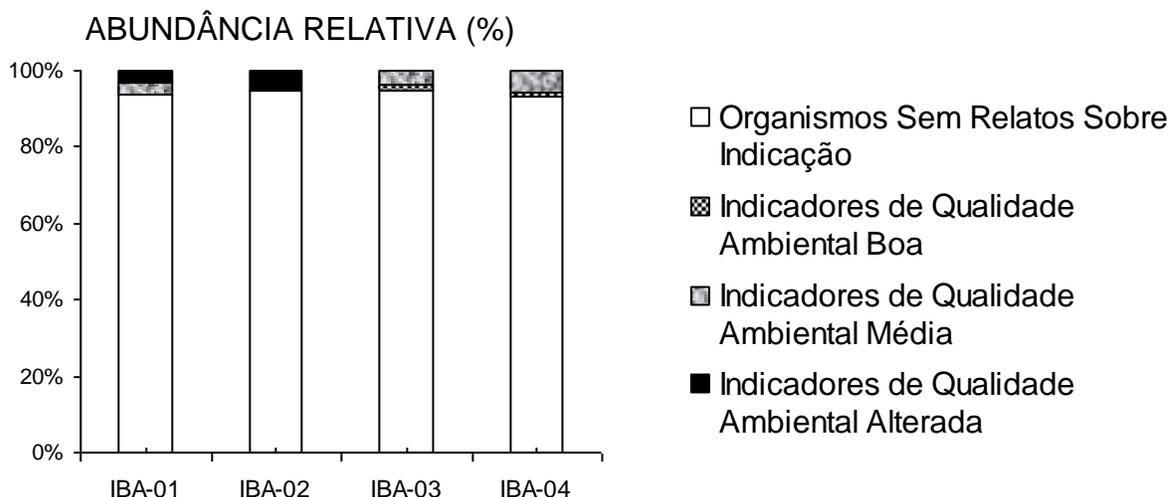
Analisando-se a Figura 11, observa-se que, em termos de abundância relativa, os organismos comuns classificados como pertencentes ao grupo dos organismos sem relatos sobre indicação representaram a imensa maioria dentro da estrutura dessa comunidade, nos quatro pontos. Salienta-se que dentro desse grupo estão as algas que apresentaram as maiores densidades, conforme abordado anteriormente.

Entre os grupos indicadores, verificou-se nos pontos IBA-01 e IBA-02, os grupos indicadores de qualidade média e alterada representaram as maiores parcelas. Já nos pontos IBA-03 e IBA-04, ocorreu um aumento na abundância do grupo indicador de qualidade boa, evidenciando condições mais propícias nesses pontos em relação aos demais.

Esse quadro retrata um mosaico de características desse sistema que possibilita a instalação e desenvolvimento conjunto de organismos indicadores potenciais de

qualidade ambiental boa, mas com indícios relevantes de alterações. Tais características podem ser entendidas como inerentes aos estágios sucessionais finais de recuperação de um sistema hídrico, como nas zonas denominadas Metassapróbias e Olissapróbias. Salienta-se que os níveis de qualidade ambiental podem ser considerados satisfatórios.

**Figura 7.15 - Comparação entre as abundâncias relativas dos grupos do fitoplâncton indicadores de qualidade ambiental.**



### 7.3.5 - ZOOBÊNTON

A listagem completa dos organismos identificados também é apresentada no Anexo. Os resultados da riqueza e das abundâncias relativas, em termos do número de famílias, foram agrupados entre os grandes grupos desses organismos. Os dados obtidos pelo método de *Dipping* são apresentados nas Figuras 11 e 12. Já os resultados encontrados pelo método de *Kick Net* estão expressos nas Figuras 13 e 14. Como definido, também para essa comunidade foi adotada a análise da diversidade através do cálculo do índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), cujos dados estão expressos na Figura 15. Conforme abordagem feita para as demais comunidades hidrobiológicas, foram avaliados os valores das abundâncias relativas dos organismos agrupados considerando-se seu potencial de indicação sobre a qualidade ambiental, cujos resultados estão representados na Figura 16.

Deve-se salientar, inicialmente, que a comunidade zoobentônica pode se encontrar relativamente depauperada durante as épocas chuvosas. Tal fato se deve fundamentalmente ao aumento nas vazões em decorrência das chuvas. Dois efeitos decorrentes do aumento no volume d'água podem ser apontados como principais condicionantes da comunidade zoobentônica: o efeito de deriva e a inundação de toda a calha do leito do curso d'água. O primeiro fator se reporta a

uma maior ação de arraste da correnteza nos substratos do rio, determinando um desgarramento dos organismos. Já o segundo fator se refere à inundação de novas áreas anteriormente secas, o que dificulta a coleta no leito permanentemente inundado, determinando coletas em locais onde a colonização pelo zoobênton é recente.

No entanto, a composição dessa comunidade apresentou-se diversificada, demonstrando ainda influências típicas de um período de estiagem, onde a incidência das chuvas ocorridas não determinou grandes modificações ao padrão para essa época, conforme relatado anteriormente. Observa-se a ocorrência de representantes típicos de águas de sistema lótic, como da ordem Ephemeroptera e Trichoptera nas amostragens pelos dois métodos. Alguns grupos de maior ubiquidade foram também encontrados, como, por exemplo, os dípteros das famílias Chironomidae e Ceratopogonidae. Por outro lado, alguns espécimes de grupos que ocupam áreas de transição entre o ambiente aquático e sua região ribeirinha, tais como os Odonata, também foram coletados.

Foram identificados 16 diferentes *taxa* nos quatro pontos de coletas pela amostragem de *Dipping* e 19 pelo uso do método de *Kick Net*, incluindo representantes da classe Insecta, pertencentes às seguintes ordens: Ephemeroptera, Odonata, Megaloptera, Trichoptera, Coleoptera, Diptera, Heterodonta, Lepidoptera e ainda, do filo Nematoda (Ordem Haplotaxida).

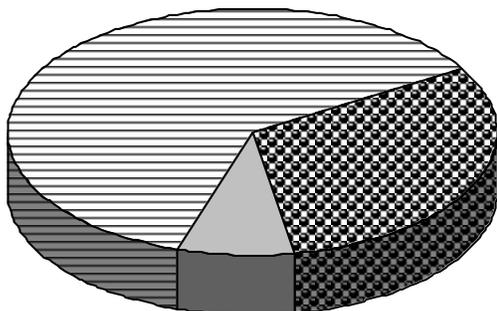
A Figura 16 mostra a abundância relativa dos grupos amostrados pelo método de *Dipping* em cada um dos pontos de amostragem, considerando-se o total de organismos obtidos. Salienta-se que esse método de amostragem representa os organismos habitantes do sedimento argiloso/arenoso.

Nos pontos IBA-01 e IBA-03, os organismos mais abundantes foram do filo Nematoda, ordem Haplotaxida. No ponto IBA-02, os organismos mais abundantes foram os representantes da ordem Trichoptera e Diptera. Já no ponto IBA-04 verificou-se uma melhor distribuição em termos de abundância, sendo que o grupo que apresentou a maior abundância foram os coleópteros.

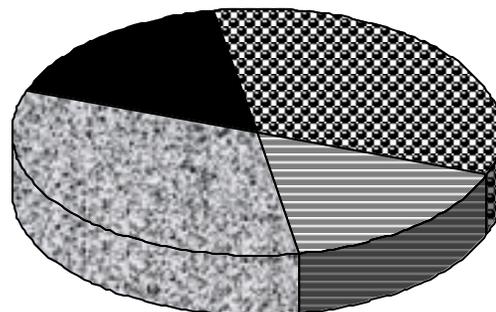
Conforme já relatado e avaliado para as outras comunidades, a dominância de poucos *taxa* em relação aos demais é um indicativo de ambientes menos estáveis submetidos a interferências determinantes de alterações na estrutura das comunidades hidrobiológicas. Aliado a esse fato, salienta-se que o predomínio de organismos da ordem Haplotaxida pode ser um indicativo a mais sobre condições desfavoráveis em termos da qualidade ambiental, além da diminuição na distribuição das abundâncias, por serem comuns a ambientes alterados, principalmente pela presença de material orgânico. No caso do ponto IBA-01, acrescenta-se a ocorrência de relevante abundância de dípteros da família Chironomidae, sendo o grupo em segundo lugar na abundância relativa. Esses organismos também são citados pela literatura como possíveis indicadores de ambientes alterados.

Figura 7.16 - Abundância de macroinvertebrados aquáticos amostrados pelo método de *Dipping*.

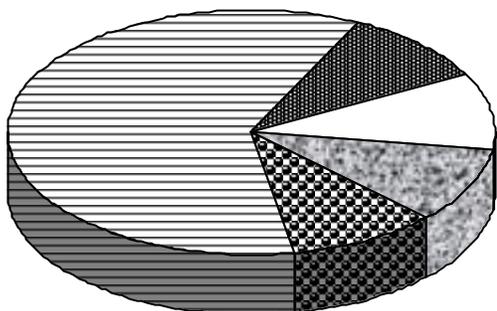
IBA-01



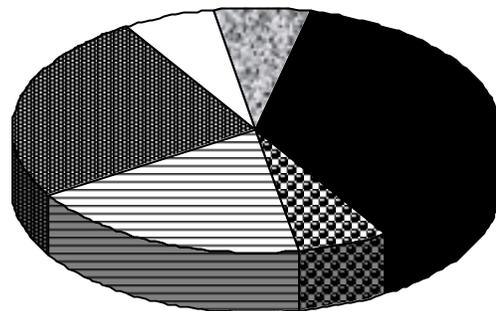
IBA-02



IBA-03



IBA-04



- |                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| □ Ordem Heterodonta   | ▨ Ordem Haplotoxida |
| ▩ Ordem Ephemeroptera | □ Ordem Odonata     |
| ▒ Ordem Trichoptera   | ■ Ordem Coleoptera  |
| ▤ Ordem Diptera       | ▒ Outros            |

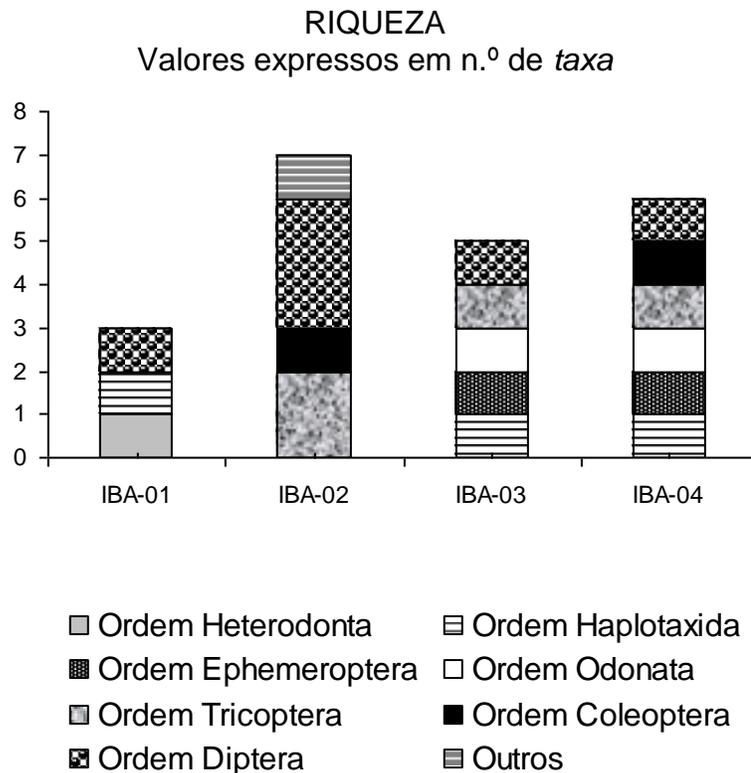


Foto 7.5 – Insetos pertencentes à ordem Odonata, presentes nos pontos IBA 03 e IBA 04

Por outro lado, a presença de representantes das ordens Trichoptera nos pontos IBA-01 e IBA-02, bem como esses organismos, juntamente com a ordem Ephemeroptera nos pontos IBA-03 e IBA-04, pode ser interpretada como presença de condições favoráveis de estruturação das comunidades habitantes do sedimento. Tal indicação se faz pelo fato de que esses organismos são, em geral, pertencentes à guilda trófica de cortadores, ou seja, são organismos que cortam o folheto carreado da vegetação marginal ao sedimento do rio, processando-o a material orgânico particulado, desempenhando assim um importante papel na cadeia alimentar desse compartimento dentro de um sistema hídrico.

No tocante aos valores de riqueza (Figura 12), verifica-se uma queda no ponto IBA-01 em relação aos demais. No entanto, conforme já relatado, os pontos amostrados apresentaram em geral uma baixa diversificação taxonômica. Nota-se que nos pontos IBA-03 e IBA-04 a riqueza apresentou uma melhor distribuição entre os grupos taxonômicos. Esses padrões verificados expressam indicações semelhantes ao discutido acima.

**Figura 7.17 - Comparação entre os resultados das análises qualitativas (Riqueza) do zoobênton, amostrado pelos métodos de *Dipping*.**



Entende-se, portanto, que essa comunidade mostrou uma composição e estrutura relativamente depauperada, no tocante aos organismos habitantes dos sedimentos arenoso/argiloso dos pontos avaliados.

Analisando-se os resultados obtidos pelo outro método de amostragem adotado para a comunidade zoobentônica (Figuras 13), verifica-se uma situação um pouco mais desequilibrada nos quatro pontos. Deve-se lembrar que método de *Kick Net* amostra os organismos zoobentônicos, habitantes dos substratos cascalhoso e dos seixos e matacos, no leito de um sistema hídrico.

Verifica-se, pela Figura 13, que nos três primeiros pontos o grupo com a maior abundância relativa foi o Diptera, sendo que no ponto IBA-04 o grupo Trichoptera foi dominante. Esses valores foram resultantes de condições de dominância de alguns poucos *taxa* sobre os demais. Entretanto, isso ocorreu principalmente devido à presença de organismos indicadores de condições mais favoráveis em termos de qualidade ambiental, do que o verificado nos dados obtidos pelo método de *Dipping*.

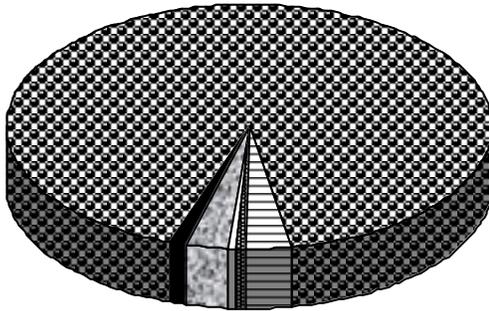
No ponto IBA-01, a abundância do grupo Diptera foi devido primeiramente à família Simuliidae, e em segundo plano aos representantes da família Chironomidae. A expressiva dominância desses primeiros dípteros, os simulídeos, é uma indicação positiva para a qualidade ambiental desse ponto, tendo em vista que são organismos indicadores de águas bem oxigenadas. Contudo, conforme já mencionado, uma grande representatividade da família Chironomidae pode ser um importante indicativo de ambientes alterados pelo lançamento de dejetos orgânicos, mesmo em pequena escala.



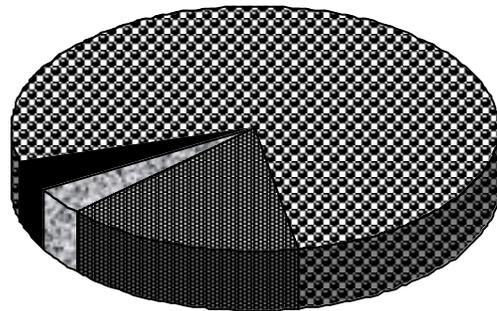
Foto 7.6 – Coleóptera, presente nos pontos IBA 02, IBA 03 e IBA 04.

**Figura 7.18 - Abundância de macroinvertebrados aquáticos amostrados pelo método de *Kick Net***

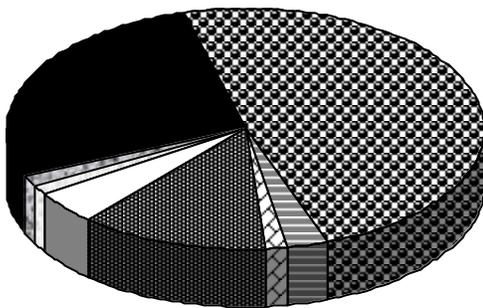
**IBA-01**



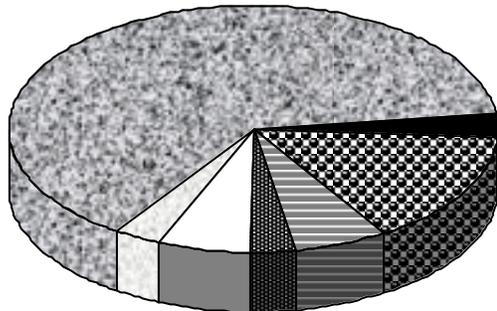
**IBA-02**



**IBA-03**



**IBA-04**



- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| ☒ Filo Nematoda       | ☒ Ordem Haplontaxida |
| ☒ Ordem Ephemeroptera | ☒ Ordem Odonata      |
| ☒ Ordem Megaloptera   | ☒ Ordem Trichoptera  |
| ☒ Ordem Coleoptera    | ☒ Ordem Diptera      |
| ☒ Outros              |                      |

No tocante ao ponto IBA-02, a maior abundância dos dípteros foi essencialmente, devido à família Simuliidae. Já o valor de abundância dos efemerópteros, segundo grupo mais expressivo, nesse ponto foi decorrente da abundância da família Baetidae. Como avaliado acima, a dominância dos simulídeos é uma indicação positiva para a qualidade ambiental desse ponto. Outra boa indicação verificada se refere à abundância dos efemerópteros da família Baetidae, que são predadores, ocupando o topo da cadeia alimentar nessa comunidade. Pode ser interpretada como uma indicação de boas condições ambientais.

Em relação ao ponto IBA-03, verifica-se a dominância do grupo Díptera que foi devido duplamente aos quironomídeos e também à família Simuliidae. Contudo, outros grupos mostraram-se abundantes, como Ephemeroptera e Coleóptera, com uma melhor distribuição entre as famílias. Dentro do grupo Ephemeroptera, os organismos das famílias Baetidae e Leptohiphidae foram os dominantes, que são

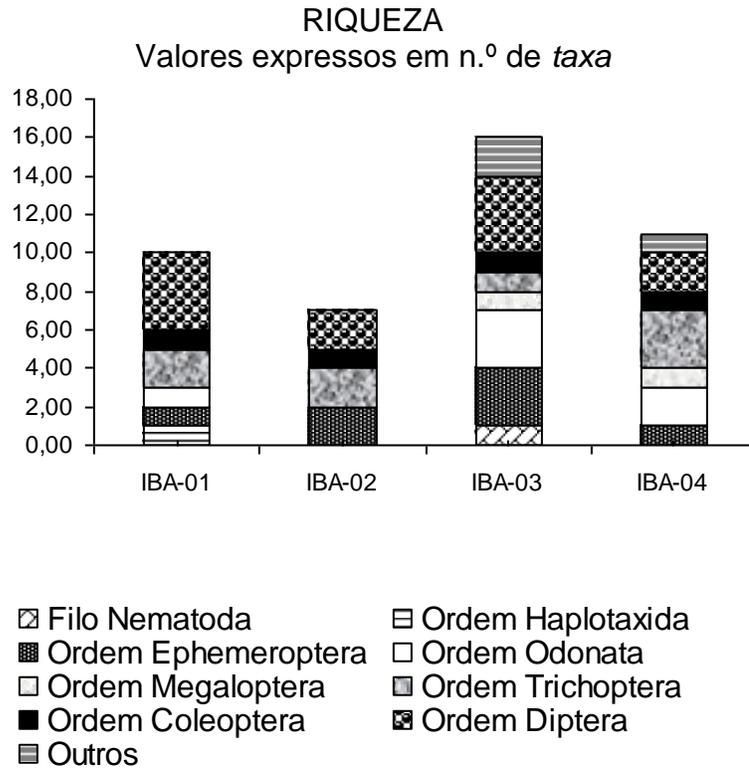
predadores e representam uma indicação de boas condições ambientais. Novamente, a grande abundância da família Chironomidae pode ser avaliada como uma indicação de ambiente alterado para esse ponto. Contudo, verificou-se uma relevante participação de abundâncias de outras famílias, como as listadas acima, que são indicadoras de condições ambientais bastante favoráveis.

Já no ponto IBA-04 observa-se que o grupo dominante foi dos tricópteros, principalmente da família Leptoceridae, que executam importante função dentro da comunidade bentônica, por pertencerem à guilda trófica de cortadores. Além dessa indicação, salienta-se que os dípteros, que foram o segundo grupo em termos de abundância, tiveram uma expressiva participação da família Simuliidae. Contudo, os quironomídeos também foram evidentes nesse grupo.

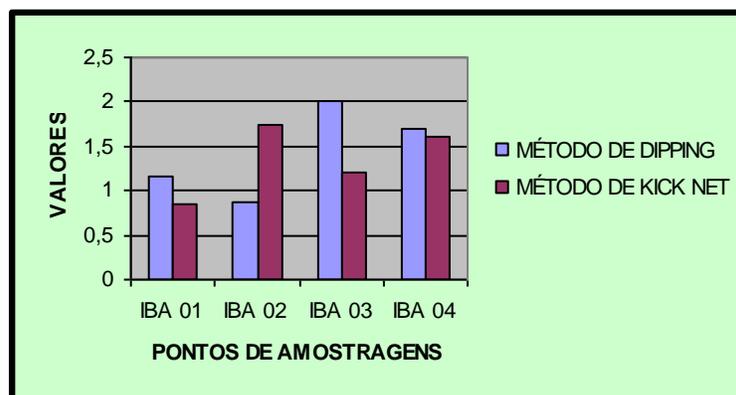
Em relação aos valores de riqueza obtidos pelo método de *Kick Net* (Figura 14), verifica-se valores bem maiores que os obtidos pelo método de *Dipping*. Nota-se maiores valores nos pontos IBA-03 e IBA04. Observa-se uma melhor distribuição no ponto IBA-03, o que também condiz com os dados das abundâncias relativas, podendo ser indicativos de boa estruturação para essa comunidade nesse ponto.

Em relação aos dados do índice de diversidade (Figura 15), verificou-se valores baixos para os dois métodos de amostragem, em decorrência da redução tanto na riqueza quanto na abundância. Nota-se uma tendência de diminuição nos pontos IBA-01 e IBA-02. Verifica-se que mesmo pelos dados referentes à amostragem realizada pelo método de *Kick Net*, nos quatro pontos ocorreram uma baixa uniformidade, gerando níveis também baixos para a diversidade. Salienta-se que as maiores abundâncias verificadas para os grupos Nematoda, Diptera e Coleoptera, obtidas pelos resultados com o método de *Dipping*, bem como para os grupos Diptera, Trichoptera e Ephemeroptera, detectadas pelo método de *Kick Net*, foram devidos aos maiores números de espécimes pertencentes a poucas famílias. Conforme já relatado e avaliado para as outras comunidades, a dominância de poucos *taxa* em relação aos demais é um indicativo evidente de ambientes menos estáveis, submetidos a interferências determinantes de alterações na estrutura das comunidades hidrobiológicas.

**Figura 7.19 - Comparação entre os resultados das análises qualitativas (Riqueza) do zoobênton, amostrado pelos métodos de *Kick Net*.**



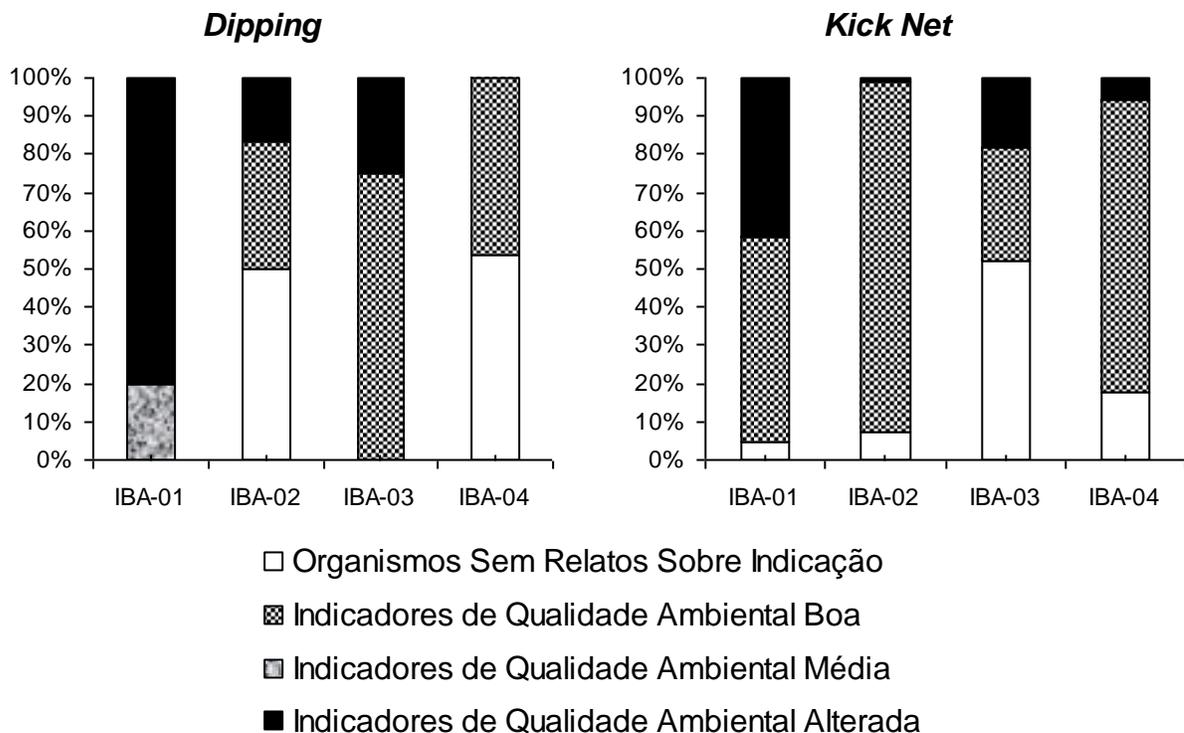
**Figura 7.20 - Comparação entre os resultados do cálculo do índice de diversidade de SHANNON-WIENNER ( $H'$ ) para o zoobênton, amostrado pelos métodos de *Dipping* e *Kick Net*.**



A partir da análise de todos esses dados, podem ser obtidas algumas importantes indicações em termos da qualidade ambiental desses pontos.

Avaliando-se os dados referentes aos grupos indicadores de qualidade ambiental, representados na Figura 16, verifica-se que pelos dados obtidos com o método de *Dipping*, a parcela referente aos indicadores de condições alteradas e média teve grande participação na abundância da comunidade no ponto IBA-01. Já em relação aos dados levantados pelo método de *Kick Net*, nota-se que o grupo indicador de qualidade alterada foi relevante nesse ponto, mas o dominante foi o indicador de boas condições. No ponto IBA-02, esse grupo indicador de boas condições foi bem representado pelos dois métodos, sendo que os dados referentes ao método de *Kick Net* revelaram uma comunidade zoobentônica, constituída em sua maior parte por organismos indicadores de boa qualidade ambiental. Os resultados obtidos pelos dois métodos de amostragem para o ponto IBA-03 mostraram que os organismos indicadores de qualidade ambiental boa e alterada foram relevantes em termos de abundância relativa, sendo que pelo método de *Dipping*, os dominantes foram os indicadores de boas condições ambientais. Por último, no ponto IBA-04 verificou-se que a participação dos organismos indicadores de condições negativas foi muito baixa, tendo sido restrita apenas uma pequena abundância detectada pelo método de *Kick Net*. Os organismos indicadores de condições ambientais satisfatórias apresentaram relevantes participações na abundância relativa, pelos dois métodos, sendo que pelos dados obtidos pelo método de *Kick Net*, esse organismos foram os dominantes.

**Figura 7.21 - Comparação entre as Abundâncias Relativas (%) dos grupos do zooplâncton indicadores de qualidade ambiental.**



Salienta-se que as diferenças verificadas pelo estudo da comunidade zoobentônica pelos dois métodos considerados, podem ser atribuídas, principalmente, ao fato de que o método de *Dipping* é muito menos abrangente que o outro, o que acarreta em uma menor diversificação. Com isso, o método de *Dipping* por si só, favorece mais a captura de espécimes pertencentes a grupos mais abundantes, que são na maioria das vezes, organismos comuns e/ou menos tolerantes a pequenas alterações ambientais. Entende-se que a bioindicação a partir dessa comunidade é mais consistente pelos dados gerados através da amostragem realizada pelo método de *Kick Net*.

Avaliando-se esses dados de um modo global, pode-se perceber que as indicações resultantes da análise dessa comunidade vão de encontro com as indicações obtidas para a comunidade fitoplanctônica analisada anteriormente. As microbacias analisadas mostraram-se tipicamente dentro das faixas referentes às zonas Metassapróbias e Olissapróbias.

Deve-se relatar também que não foram encontrados, nessa comunidade, organismos indesejáveis bem como potencialmente vetores de doenças, como planorbídeos (vetores da esquistossomose) e dípteros das famílias Culicidae (vetores da malária, febre amarela, dengue, filária e outras arboviroses), Psychodidae (transmissores da Leishmaniose), dentre outros.

### **7.3.6 - CONCLUSÕES**

A interpretação dos resultados dos levantamentos realizados aponta para a conclusão que as águas analisadas apresentam qualidade, variando entre média e boa. Foi preponderante para esse quadro as indicações quanto à ocorrência contaminação fecal. Verificou-se que a ocorrência de chuvas provocam alterações significativas nas características das águas, com reflexos em outros indicadores, tais como fosfatos, alumínio e ferro solúvel, denotando um baixo grau de proteção ambiental das microbacias analisadas.

São águas com baixos teores de sais dissolvidos e de materiais orgânicos e relativamente ricas em ferro solúvel. Os teores de fosfatos, que se apresentaram muito provavelmente em sua forma precipitada, são aceitáveis, mostrando uma baixa disponibilidade como nutriente para os organismos aquáticos produtores. Também deve ser registrada a presença de nitratos, mesmo que muito pequena, e a inexpressiva presença de compostos nitrogenados amoniacais.

Verificou-se que apesar de se tratar de uma amostragem realizada no período chuvoso, os parâmetros indicadores dos teores de sólidos e compostos dissolvidos, presentes nas águas, apresentaram resultados baixos, não evidenciando grandes aportes de sedimentos à rede hidrográfica.

Os pontos estudados demonstraram-se ambientes pouco estáveis, com comunidades hidrobiológicas estruturadas, principalmente, por espécies oportunistas com comportamento *r* estrategista, em termos de sua dinâmica

ecológica. Entretanto, não foram identificadas comunidades profundamente alteradas, caracterizando-se como forte indicadores de qualidade ambiental altamente comprometida pelo lançamento de despejos domésticos e rurais. Pode-se entender que as alterações verificadas no sistema hídrico, enquanto um ambiente aquático, sejam indicativas de estágios sucessionais finais de recuperação, como nas zonas Metassapróbias e Olissapróbias. Salienta-se o fato de não terem sido encontrados, na comunidade zoobentônica, organismos indesejáveis e potencialmente vetores de doenças.

Os resultados em desacordo com a classe 02, conforme padrões definidos pela Resolução CONAMA 020/86, foram: pH nos pontos IBA-01 e IBA-02, fosfato total nos pontos IBA-01 e IBA-04, ferro solúvel e alumínio total nos quatro pontos, bem como os valores de coliformes totais e coliformes fecais obtidos nos quatro pontos.

As características levantadas nesse estudo demonstram que as águas desse sistema podem ser empregadas no abastecimento doméstico após tratamento convencional, desde que sejam tomados cuidados especiais quando da ocorrência de chuvas intensas. Da mesma forma, somente nesses períodos são feitas restrições ao seu uso na irrigação de hortaliças e plantas frutíferas. Salienta-se também que o cálculo do IQA resultou em valores dentro da categoria de Qualidade Média em IBA-01, IBA-02 e IBA-03 e Qualidade Boa em IBA-04.

Em termos da balneabilidade, ressalta-se que à luz dos quesitos estabelecidos pela Resolução CONAMA 020/86, os pontos analisados devem ser enquadrados na categoria IMPRÓPRIA, por contrariarem dois desses critérios. Os quesitos em desacordo são níveis de coliformes fecais acima de 1.000 UFC/100 ml (item 1 do inciso d do Art. 20) e o recebimento de esgotos (item 4 do inciso d do Art. 26).

## CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9897 - *Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento*. São Paulo. 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9898 - *Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento*. São Paulo. 1987.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229 - *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. São Paulo. 1993.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969 *Tanque séptico - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos*. São Paulo. 1997.
- APHA - American Public Health Association, (AWWA) (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 19 ed. Washington. 1996.
- BICUDO, C. E. M. & BICUDO, R. M. T. *Algas de águas continentais brasileiras: chave ilustrada para a identificação de gêneros*. São Paulo; Editora da Universidade de São Paulo. 1970. 228 p.
- BOURRELY, P. *Les algues d'eau douce - Initiation a la Systématique. II Les algues jaunes et brunes*. Boubeé & Cie. Paris. 1981. 438 p. 114 pl.
- BOURRELY, P. *Les Algues d'eau douce. - Initiation a la Systématique. I Les algues vertes*. Boubeé & Cie. Paris. 1972. 596 p., 121 pl.
- BOURRELY, P. *Les Algues d'eau douce. - Initiation a la Systématique. III Les algues bleues et rouges*. Boubeé & Cie . Paris. 1985.
- BRANCO, S. M. & ROCHA, A. A. *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. São Paulo, Edgard Blucher, CETESB. 158 P. 1977.
- BRANCO, S. M. *Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária*, CETESB/ASCETESB, São Paulo . 3 ed. 640 p. 1986.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 020/86. *Diário Oficial da União*, 30 de junho de 1986.
- DESIKACHARY, T. V. *Cyanophyta*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. 1959. 686 p.
- DOMINGUEZ, E.; HUBBARD, M. D.; PETERS, W. L. Clave para ninfas e adultos de las familias e generos de Ephemeroptera (Insecta) Sudamericanos. *Biologia Acuatica nº 16* (UNLP-COINCET), La Plata, Argentina. 1992.
- EPA - United States Environmental Protection Agency . *Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish*. CPA/444/489-001, Washington, DC. 1990.
- ESTEVES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*, Editora Interciência. Finep, Rio de Janeiro. 2ª ed. 1998. 575 p.
- MARGALEF, R. *Limnologia*. Ed Omega S.A. Barcelona. 1982. 1010 p.
- MERRIT, R. W. & CUMMIS, K. W. *An introduction to aquatic insects of North America*. Second Edition. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 1984. 711p.
- NIESER, N. & MELO, A. L. *Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais*. Belo Horizonte. UFMG. 1997. 180 p.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro. Editora CBS. 1985. 134 p.

- PENNACK, R. W. *Freshwater invertebrates of the United States*. 2 ed. New York, John Wiley & Sons., 1978. 803p.
- PRESCOTT, G. W.; CROASDALE, H. T.; VINYARD, W. C. *A synopsis of north american desmids; part II desmidiaceae Placodermae*. Univ. of Nebraska, Lincoln. 1975.
- SANT' ANNA, C. L. *Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de São Paulo. Brasil*. Cramer. Ed. J. Cramer. Printed in Germany. 1984. 348 p.
- SMITH, G. M. *Phytoplankton of the Island Lake of Wisconsin*. Bulletin of the University of Wisconsin, Wisconsin. 1924. 227p.
- THORP, J. G. & DELONG, M. D. The riverine productivity model: an heuristic view of carbon sources and organic processing in large river ecosystems. *Oikos* 70(2): 305-308. 1994.
- VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137. 1989.
- VICENTIM, M. M. P. Desmídias (Zygnemaphyceae) Planctônicas do Parque Regional do Iguaçu, Curitiba, Estado do Paraná, Brasil. Contribuição ao Levantamento. *Dissertação de Mestrado*, UFPR, Brasil. 1984. 286 p.
- VON SPERLING, E.. Morphometric features of some lakes and reservoirs in the State of Minas Gerais. In: Pinto-Coelho, R. M.; Giani, A.; von Sperling, E. (ed.) *Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies*. SEGRAC, Belo Horizonte. 71-6 p. 1994.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - Princípio do tratamento biológico de águas residuárias*, vol. 1. DESA - Departamento de Engenharia Sanitária/UFMG, Belo Horizonte. 1995. 240 p.
- WIGGINS, G. B. *Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera)*. Univ. Toronto Press. 1977. 401p.

**ANEXO**

## Resultados das Análises do Fitoplâncton

ORGANISMOS	PONTOS DE COLETAS			
	IBA-01	IBA-02	IBA-03	IBA-04
<b>CHLOROPHYTA</b>				
<i>Closterium diana</i> Ehrenberg				9
<i>Closterium jeneri</i> Ralfs		X	3	
<i>Closterium setaceum</i> Ehr. ex Ralfs	X			
<i>Cosmarium depressum</i> (Näg.) Lund				9
<i>Hyalotheca mucosa</i> (Dillwyn) Ehrenberg			9	
<i>Monoraphidium</i> spp.		X	6	89
<i>Mougeotia</i> spp.	7	3	6	
<i>Oedogonium</i> spp.	X		9	9
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen				9
<i>Penium minutum</i> (Ralfs) Cleve				9
<i>Scenedesmus bijugus</i> (Turpin) Kützing	2			
<i>Scenedesmus protuberans</i> Fritsch				X
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Brébisson		X		9
<b>CHRYSOPHYTA</b>				
<i>Achnanthes</i> sp.1		X		X
<i>Amphipleura</i> sp.1			X	
<i>Amphipleura</i> sp.2	9	X		X
<i>Amphipleura</i> sp.3		23		
<i>Asterionella</i> sp.1	X			
<i>Asterionella</i> sp.2	X			
<i>Cocconeis</i> spp.	2			
<i>Cymbella</i> sp.1	13	X		80
<i>Cymbella</i> sp.2	2			169
<i>Cymbella</i> sp.3	11			
<i>Denticula</i> spp.		X		
Diatomales NI	X	X	X	
<i>Dinobryon</i> spp.		X		
<i>Eunotia</i> sp.1	4	3		
<i>Eunotia</i> sp.2	X			
<i>Eunotia</i> sp.3	X			
<i>Eunotia</i> sp.4	X	X		
<i>Eunotia</i> sp.5	X			
<i>Fragilaria</i> sp.1	X			
<i>Fragilaria</i> sp.2	13			
<i>Fragilaria</i> sp.2		X		
<i>Gomphonema</i> sp.1	13	X	69	27
<i>Gomphonema</i> sp.2				X
<i>Mallomonas</i> spp.	2			

(X) Organismo encontrado apenas na análise qualitativa

**Continuação**

ORGANISMOS	PONTOS DE COLETAS			
	IBA-01	IBA-02	IBA-03	IBA-04
<i>Meridion</i> spp.			3	X
<i>Navicula</i> sp.1	231	X	150	303
<i>Navicula</i> sp.2	56	172	26	151
<i>Navicula</i> sp.3	7	34		
<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz.) W. Smith	2	48		18
<i>Pinnularia</i> sp.1	52	6	58	98
<i>Pinnularia</i> sp.2	7	23	6	X
<i>Pinnularia</i> sp.3	X	17		X
<i>Pinnularia</i> sp.4	X	6		X
<i>Pinnularia</i> sp.5	2			
<i>Pinnularia</i> sp.6	4	X		X
<i>Pinnularia</i> sp.7	85	3	301	927
<i>Pinnularia</i> sp.8		288		
<i>Pinnularia</i> sp.9				X
<i>Surirella</i> sp.1	X	X		X
<i>Surirella</i> sp.2	X	X	X	X
<i>Surirella</i> sp.3	X	X		
<i>Surirella</i> sp.4			3	X
<i>Surirella</i> sp.5				X
<i>Synedra</i> sp.1	X	X		X
<i>Synedra</i> sp.2	X	X	12	27
<i>Synedra</i> sp.3	X	X		
<i>Synedra</i> sp.4		X	9	9
<i>Synedra</i> sp.5	X		X	89
<i>Synedra</i> sp.6				X
<i>Tabellaria</i> sp.1	X	17		
<i>Tabellaria</i> sp.2	X			
<i>Tabellaria</i> sp.3	9			X
<b>CIANOBACTÉRIAS</b>				
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenb.) Näg. (pós Smith)		X		
<i>Oscillatoria angustissima</i> W. et G. S. West	7	X	35	125
<i>Oscillatoria chilensis</i> Biswas (pós Biswas)		X	3	
<i>Oscillatoria jatorvensis</i> Vouk	4	11	9	
<i>Raphidiopsis curvata</i> Frisch & Rich	7	11		
<b>EUGLENOPHYTA</b>				
<i>Kolbeana</i> spp.				X
<i>Strombomonas verrucosa</i> (Daday) Defl.	X			
<i>Trachelomonas bacillifera</i> Playfair		X		
<i>Trachelomonas cylindrica</i> Ehrbg.	4			
<i>Trachelomonas kelloggi</i> Swir. emend. Defl.		X	3	
<i>Trachelomonas</i> sp.1		X		
<b>Fitoflagelados</b>	11	23		

(X) Organismo encontrado apenas na análise qualitativa

## Resultados das Análises do Zoobênton

**Resultados das análises do zoobênton nas amostragens realizadas em novembro de 2000. Pontos IBA-01, IBA-02, IBA-03 e IBA-04, microbacias na ADA do distrito minerário da Mineração Curimbaba, sub-bacia do rio Pardo e do rio Norte, bacia do rio Itapemirim. Método de *Dipping*.**

ORGANISMOS	PONTOS DE COLETAS			
	IBA-01	IBA-02	IBA-03	IBA-04
Filo Mollusca				
Classe Pelecypoda				
Ordem Heterodonta				
Sphaeriidae				
<i>Pisidium</i>	7,69			
Filo Annelida				
Classe Oligochaeta				
Ordem Haplotaxida				
Filo Arthropoda				
Classe Insecta				
Ordem Ephemeroptera				
Leptohyphidae			10,00	25,00
Ordem Odonata				
Calopterygidae				6,25
Libellulidae			10,00	
Ordem Tricoptera				
Hydropsychidae				
<i>Smicridea</i>		20,00		
Hydroptilidae				
<i>Oxyethira</i>		20,00		
Leptoceridae				
<i>Nectopsyche</i>			10,00	
<i>Oecetis</i>				6,25
Ordem Coleoptera				
Dryopidae		20,00		
Elmidae				37,50
Ordem Diptera				
Ceratopogonidae		20,00		
Chironomidae	30,77			
Tanipodinae		20,00		
Não Tanipodinae			10,00	
Tipulidae				6,25
Outros				
Ordem Hymenoptera		20,00		

**Resultados das análises do zoobênton nas amostragens realizadas em novembro de 2000. Pontos IBA-01, IBA-02, IBA-03 e IBA-04, microbacias na ADA do distrito minerário da Mineração Curimbaba, sub-bacia do rio Pardo, bacia do rio Itapemirim. Método de *Kick Net*.**

ORGANISMOS	PONTOS DE COLETAS			
	IBA-01	IBA-02	IBA-03	IBA-04
Filo Nematoda			1,52	
Filo Annelida				
Classe Oligochaeta				
Ordem Haplotaxida	2,92			
Filo Arthropoda				
Classe Insecta				
Ordem Ephemeroptera				
Baetidae				
<i>Cleodes</i>	0,58	1,23	6,06	
<i>Camelobaetidius</i>		14,46	3,03	
Leptohyphidae			4,55	3,45
Ordem Odonata				
Libellulidae	0,58		1,52	
Ordem Megaloptera				
Corydalidae				
<i>Corydalus</i>			1,52	3,45
Ordem Trichoptera				
Hydropsychidae				
<i>Smicridea</i>	2,34	3,08	1,52	3,45
Hydroptilidae				
<i>Ochrotrichia</i>	0,58	0,62		
Leptoceridae				17,24
<i>Grumichella</i>				51,72
Polycentropodidae				
<i>Cyrnellus</i>				
Ordem Coleoptera				
Dryopidae	1,17			
Elmidae		3,69	28,79	3,45
Ordem Diptera				
Ceratopogonidae	0,58			
Chironomidae				
Tanipodinae				
Não Tanipodinae	39,77	1,23	24,24	6,90
Empididae	0,58		1,52	
Simuliidae	50,88	74,77	22,73	10,34
Tipulidae			3,03	
Outros				
Homoptera			1,52	
Hymenoptera			1,52	
Orthoptera				6,90