

## PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E ECOLÓGICOS DE TRÊS CURSOS D'ÁGUA TRIBUTÁRIOS DA BACIA DO ALTO PARANAPANEMA NOS ESTADOS DE SÃO PAULO E PARANÁ.

Camila SILVA (\*), Gessica Loanda SILVA, Maria Fernanda RIZZO, Luciano Lobo GATTI, Armando CASTELLO BRANCO JR.

\* Faculdades Integradas de Ourinhos (FIO), kmilinha@gmail.com.

### RESUMO

O presente estudo foi realizado ao longo de 3 cursos d'água em municípios distintos, a saber, o Ribeirão da Aldeia (3,5 Km de extensão) e o Rio Jundiá (trecho de 1,3 Km de extensão), dois tributários do Rio das Cinzas, respectivamente, nos municípios de Santo Antônio da Platina e Jundiá do Sul, ambos no Norte Pioneiro do Estado do Paraná enquanto o terceiro curso d'água foi o Ribeirão Lageado (3,5 Km de extensão), tributário do Rio Fartura no município de Fartura, no oeste do Estado de São Paulo. Os 3 cursos d'água em estudo participam da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema. Em cada curso d'água foram demarcadas 3 estações de coleta. Amostras de água foram coletadas em cada estação de coleta para a avaliação físico-química e microbiológica. Os aspectos físico-químicos avaliados foram temperatura, oxigênio dissolvido, dureza, amônia, ferro, fosfato, pH, turbidez e cloreto. Para a análise físico-química foi utilizado kit de campo para ensaio colorimétrico. A análise microbiológica da água foi realizada no Laboratório de Análises Clínicas das FIO pela técnica de *Pour Plate*. Foram utilizados os meios de cultura Agar-Nutriente (Agar Base) e Agar *MacConkey*. As características físico-químicas e microbiológicas mostraram o não atendimento a alguns parâmetros estabelecidos para cursos d'água Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/ 2005. Os achados indicam o não atendimento à todas as condições de qualidade previstas em lei e, ainda, a possibilidade de causar risco a saúde do homem e na preservação das comunidades aquáticas. Também investigou-se o impacto da atividade antrópica ao longo de cada manancial. Para tal, seguiu-se o protocolo de avaliação ecológica rápida proposto por Callisto e colaboradores (2002). A Avaliação Ecológica Rápida revelou diferentes níveis de interferência humana nos 3 cursos d'água sendo que, o Rio Jundiá, no município de Jundiá do Sul/PR, apresentou todos os trechos avaliados alterados sendo o curso mais influenciado pelas atividades humanas enquanto que o Ribeirão Lageado, no município de Fartura/SP, revelou-se o mais natural com apenas um trecho considerado alterado. O Ribeirão da Aldeia, em Santo Antônio da Platina/PR, ficou em situação intermediária com apenas um trecho considerado natural e os demais alterados.

**PALAVRAS-CHAVE:** recursos hídricos, qualidade de água, avaliação ecológica rápida, gestão ambiental.

### INTRODUÇÃO

Embora haja um gerenciamento notável da bacia hidrográfica do rio Paranapanema, tanto na vertente paulista como paranaense, verifica-se que o maior foco está dirigido para os tributários de maior porte além do próprio rio Paranapanema. Assim, a situação local dos pequenos mananciais não é avaliada ou mesmo monitorada. (CBH NORTE PIONEIRO, 2009).

Além de estar cada vez mais escassa em algumas regiões do país, a água está se convertendo em um elemento que não pode ser usado para a maioria dos usos humanos devido à contaminação causada pelo lançamento de efluentes domiciliares, industriais e hospitalares *in natura* nos corpos d'água.

O presente trabalho tem por objetivos principais verificar se as águas de três cursos d'água distintos da bacia do Alto Paranapanema, entre os Estados de São Paulo e Paraná, atendem ou não aos padrões de qualidade da água de cursos classe 2 e realizar uma avaliação ambiental dos três cursos d'água com base na aplicação de um protocolo de Avaliação Ecológica Rápida.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### MAPEAMENTO DOS CURSOS D'ÁGUA

O presente estudo foi realizado ao longo de 3 cursos d'água em municípios distintos, a saber, o Ribeirão da Aldeia (3,5 Km de extensão) e o Rio Jundiá (trecho de 1,3 Km de extensão), dois tributários do Rio das Cinzas, respectivamente, nos municípios de Santo Antônio da Platina e Jundiá do Sul, ambos no Norte Pioneiro do Estado do Paraná enquanto o

terceiro curso d'água foi o Ribeirão Lageado (3,5 Km de extensão), tributário do Rio Fartura no município de Fartura, no oeste do Estado de São Paulo. Os 3 cursos d'água em estudo participam da Bacia Hidrográfica do Alto Paranapamena.

Foi feito o mapeamento de cada curso d'água utilizando-se o software Google Earth®. Foram demarcadas 3 estações de coleta de água ao longo de cada curso d'água avaliado.

### **RIBEIRÃO DA ALDEIA, SANTO ANTONIO DA PLATINA/PR**

A primeira estação de coleta encontrou-se próxima a nascente do ribeirão da Aldeia. A segunda estação foi aproximadamente 2,8 km de distância da estação 1. A estação 3 está a aproximadamente 704 m à jusante da estação 2. Para escolha da estação de coleta 1 o critério levado em consideração foi por ser o mais próximo possível da nascente e tendo, portanto, menores chances de ser um ambiente modificado pela ação humana. A estação de coleta 2 teve como critério na sua demarcação, por ser um ambiente com muita interferência humana e a estação de coleta 3 foi demarcada próximo a sua foz, pouco antes do encontro com o ribeirão Boi Pintado.

### **RIO JUNDIAÍ, JUNDIAÍ DO SUL/PR**

Existe um lançamento conhecido de esgoto próximo à vila Conjunto Osório onde habitam cerca de 25 famílias. A primeira Estação de Coleta (EC1) foi feita a cerca de 1.100m à montante deste ponto de lançamento de esgoto, já em área não habitada pelo homem. A Estação de Coleta 2 (EC2) foi demarcada próxima à vila Conjunto Osório poucos metros antes do ponto de lançamento do esgoto. A Estação de Coleta 3 (EC3) foi demarcada 250 m à jusante da EC2, ou seja, após o lançamento do esgoto.

### **RIBEIRÃO LAGEADO, FARTURA/SP**

A primeira estação de coleta está em trecho fortemente encachoeirado e com corredeiras. A segunda estação está distante cerca de 2,7 Km à jusante da estação 1 em área de remanso e, a terceira, 650 m à jusante da estação 2. A distância ao longo do curso d'água, entre a primeira estação de coleta e a última é de cerca de 3,5 Km.

### **COLETA DE AMOSTRAS D'ÁGUA**

As amostras da água foram coletadas nas estações de coleta na região central do leito na zona sub-superficial de maior correnteza, direcionando-se a boca do frasco coletor contra a correnteza, não deixando bolhas de ar dentro da garrafa coletora. (CETESB, 1996). As amostras foram etiquetadas e mantidas no escuro até o processamento no laboratório.

### **ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS**

As análises físicas e químicas foram feitas à campo com o auxílio de kit Alphakit® para determinação de 9 parâmetros físicos e químicos, a saber: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), dureza, amônia, ferro, fosfato, pH, turbidez e cloreto. O parâmetro temperatura foi aferida diretamente no corpo d'água com termômetro portátil e a turbidez, com disco de Secchi modificado Alphakit®. As demais análises foram baseadas em critérios colorimétricos por ocasião das coletas de água, seguindo-se o protocolo de operação do fabricante do kit.

Em cada ponto de amostragem foi calculada a vazão do córrego pelo método do flutuador. (Palhares et al., 2007).

### **ANÁLISE MICROBIOLÓGICA**

A análise microbiológica da água foi realizada no Laboratório de Análises Clínicas da IES de origem. A semeadura foi feita pela técnica de disseminação ("Pour Plate") sendo 1 mL de uma alíquota de 100ml da amostra da água transferida para uma placa de Petri vazia. Em seguida, 10 a 20 mL de meio de cultura fundido e refrigerado (45°C) eram adicionados. A homogeneização era obtida por meio de movimentos circulares suaves. (VERMELHO, et al., 2006).

Foram utilizados os meios de cultura Agar-Nutriente (Agar Base) e Agar MacConkey. As placas semeadas em triplicatas foram encubadas a 37°C por 48 horas para leitura de eventual crescimento bacteriano.

Foi realizada a contagem de bactérias heterotróficas pela determinação da densidade de bactérias capazes de produzir unidades formadoras de colônias (ufc), em meio de cultura incubado por 48 horas.

## ANÁLISES AMBIENTAIS

A análise da influência antrópica sobre cada curso d'água foi feita pelo método de Avaliação Ecológica Rápida aplicando-se o protocolo adaptado de Callisto e colaboradores (2002) em extensão de aproximadamente 100 m em cada Estação de Coleta.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA

Os resultados obtidos no presente estudo quanto aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos são apresentados em conjunto na Tabela 1 para os 3 cursos d'água avaliados assim como os valores limite dos parâmetros estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05 e pelo Decreto SP nº 8468/ 76 para cursos d'água classe 2.

**Tabela 1: Resultados verificados quanto aos parâmetros de qualidade de água nas estações de coleta nos três cursos d'água avaliados, Ribeirão da Aldeia (Santo Antônio da Platina/PR), Rio Jundiá (Jundiá do Sul/PR) e Ribeirão Lageado (Fartura/SP) e padrões de qualidade das águas segundo Resolução Conama nº 357/ 2005 para cursos d'água classe 2.**

Parâmetro (unidade)	Ribeirão da Aldeia			Rio Jundiá			Ribeirão Lageado			Conama 357
	EC 1	EC 2	EC 3	EC 1	EC 2	EC 3	EC 1	EC 2	EC 3	
Vazão (L/s)	14,9	18,4	38,1	210	283,4	283,4	185,7	188,7	275,4	nd
OD (mg O <sub>2</sub> /L)	7,0	6,5	8,2	6,2	5,7	9,7	7,1	6,8	7,6	≥ 5,0
Fosfato (mg/L)	0,75	0,75	0,75	0	0	0	0,75	1,0	0,75	≤ 0,1
Ferro (mg/L)	1,0	0,5	0,25	0,25	0,50	3,0	0,25	≤ 0,25	0,25	≤ 0,3
Cloreto (mg/L)	20	37	25	17	15	20	18,0	18,0	18,0	≤ 250,0
pH	7,0	7,5	8,0	6,0	7,0	8,0	7,5	8,0	7,75	6,0 – 9,0
Amônia (mg/L)	0,10	0,25	0,25	0,25	0,1	0,25	2,0	3,0	2,0	≤ 3,7 (p/ pH≤7,5)
Turbidez (ntu)	50,0	100,0	50,0	100,0	100,0	75,0	50,0	50,0	50,0	≤ 100
Temperatura água (°C)	21,0	21,0	23,0	28,0	29,0	33,0	22,0	25,0	25,0	nd
Dureza (mg/L aCO <sub>2</sub> )	104,0	95,0	118,0	60,0	65,0	56,0	80,0	60,0	80,0	nd
Coliformes totais (ufc)	0	ni	ni	75	94	96	ni	ni	ni	nd

EC=estação de coleta; OD=oxigênio dissolvido; nd= padrão não definido; ufc=unidades formadoras de colônia; Conama 357=padrão para qualidade de água/ Resolução Conama nº357/ 2005 para cursos d'água classe 2; ni=nº incontável de colônias após 24h de plaqueamento.

De acordo com a Portaria SUREHMA Nº006 de 1991, todos os cursos d'água da Bacia do Rio das Cinzas pertencem à classe 2, exceto aqueles que servem para abastecimento (PARANÁ, 1991). Da mesma forma, o artigo 42 da Resolução

CONAMA 357/2005 coloca que, enquanto não aprovado qualquer outro enquadramento, as águas doces do território nacional serão consideradas como classe 2. (CONAMA, 2005).

As águas de classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento convencional; dessedentação dos animais, irrigação, sem nenhuma restrição, exceto quando a cultura for de hortaliças, devendo passar por tratamento. (CONAMA, 2005). Neste contexto, as águas do ribeirão da Aldeia e do rio Jundiá devem atender aos padrões de qualidade previstas na tabela II do artigo 14 da resolução CONAMA 357/2005 e apresentados em conjunto na tabela 1. (CONAMA, 2005). Da mesma forma, o ribeirão Lageado, em Fartura/SP, deve atender tanto a resolução CONAMA 357/2005 como o Decreto SP nº8468/76 para cursos de água classe 2.

O primeiro parâmetro a ser apresentado e analisado é a turbidez. Este parâmetro mostrou-se dentro dos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 357/2005, ou seja, menor ou igual 100 ntu para todas as EC nos 3 mananciais avaliados (tabela 1). A argila, areia, material mineral, resíduos orgânicos e os detritos são os principais agentes causadores de turbidez da água. (BARCELOS et al., 2012).

De acordo com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde o valor máximo de turbidez permitido na água potável é de 5,0 ntu. Sendo assim, em toda extensão dos 3 mananciais, suas águas encontram-se acima do valor máximo permitido pelo MS quanto a turbidez para ser considerada potável e assim apta para consumo humano.

Salienta-se que a alta turbidez reduz a taxa de fotossíntese dos vegetais e algas submersas devido à limitação da entrada de luz solar na água. Com isso, tem-se a redução do crescimento das plantas podendo prejudicar a comunidade aquática. Outro problema devido à turbidez é que quando a água turva é submetida a ação do cloro nas estações de tratamento de água (ETA), as partículas em suspensão podem abrigar microrganismos e os proteger da ação do cloro. Para se evitar tal situação, promove-se a sedimentação e filtração para eliminar a maior parte possível de partículas em suspensão. (BRAGA et al., 2005).

O segundo parâmetro a ser apresentado é o pH. Segundo a Resolução CONAMA 357/2005 o pH da água de classe 2 deve estar entre 6,0 e 9,0. No presente estudo, o pH verificado dos 3 mananciais oscilou entre 6,0 e 8,0, portanto, comprovando o atendimento legal (tabela 1).

Para Miranda e colaboradores (2009), o pH pode ter variações devido as descargas de efluentes domésticos e outros lançamentos. O pH tem influência direta nos ecossistemas aquáticos uma vez que seus efeitos interferem sobre a fisiologia de várias espécies. Além disso, o pH causa efeito indireto determinando condições de pH que contribui para precipitação de substâncias químicas tóxicas como os metais pesados.

É curioso notar que, tanto ao longo do Ribeirão da Aldeia como do Rio Jundiá, o pH foi aumentando em sentido da nascente à foz. Esta variação pode estar relacionada ao lançamento de matéria orgânica.

Cada uma das formas disponíveis do nitrogênio na água, molecular, orgânica, livre, nitrito ou nitrato, tem consequências para o ambiente e os seres vivos desde a ocorrência de doenças ou toxicidade da amônia livre para os peixes como a redução do oxigênio dissolvido quando nos processos bioquímicos de conversão da amônia à nitrito e deste, à nitrato.

O nitrogênio tem sua origem natural como constituinte de proteínas e vários compostos biológicos enquanto também pode ter origem antrópica devido despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes. (VON SPERLING, 2007).

O kit utilizado para as análises *á* campo, revela amônia. Observando-se a tabela 1 tem-se que valores de amônia, em todos os mananciais, se encontram abaixo do valor limite previsto em lei ( $\leq 3.7$  mg/L). De qualquer forma, ao longo do Ribeirão da Aldeia verifica-se um aumento de concentração de amônia da EC 1 (0.1 mg/L) até a EC2 (0,25 mg/L) e sua manutenção até a EC3 (0,25 mg/L). A mudança de concentração entre a EC1 e EC2 pode ser resultado de lançamento de efluentes domésticos pois a estação de coleta 2 está em área fortemente urbanizada. Considerando-se os valores de vazão, tem-se que há grande contribuição de outros cursos d'água da EC2 a EC3 uma vez que a vazão foi de 18,4 L/s para 38,1 L/s. Seria esperada a diluição de amônia ao longo do trecho entre a EC2 e EC3. No entanto, o que se verificou foi a manutenção de sua concentração. Assim, é correto supor que, para a manutenção da concentração de amônia verificada mesmo com um aumento de vazão de cerca de 2 vezes, houve outros lançamentos ao longo do trecho entre as EC2 e 3.

Por outro lado, deve ser salientado que houve situações onde o pH estava acima de 7,5 e, neste caso, o comportamento do nitrogênio muda possibilitando resultados falsos.

O parâmetro fosfato também é regulamentado pela Resolução CONAMA 357/2005. O fosfato na água apresenta-se nas formas polifosfato, fosfato orgânico e ortofosfato. Este último está diretamente disponível para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões para formas mais simples (VON SPERLING, 2007). O fosfato tem sua origem natural devido à sua dissolução a partir de compostos do solo e também devido a decomposição de matéria orgânica uma vez ser constituinte celular. A origem antrópica do fosfato vem de despejos domésticos e industriais, de detergentes, de excrementos de animais e de fertilizantes. (VON SPERLING, 2007).

Observando-se a tabela 1, verifica-se que este parâmetro assumiu comportamentos distintos nos 3 mananciais. Ao longo do Ribeirão da Aldeia nota-se que a concentração de fosfato apresentou-se constante (0,75 mg/L) e superior ao valor limite previsto em lei (0,1 mg/L).

Apesar do fosfato não apresentar problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento, é um elemento indispensável para o crescimento de algas tanto quanto o nitrogênio. Assim, em elevadas concentrações, ambos podem conduzir ao processo de eutrofização tanto em ambientes lóticos quanto lênticos. (BRAGA, et al., 2005).

A mesma análise feita para a relação entre a concentração de nitrogênio e a vazão do ribeirão da Aldeia é válida para o parâmetro fosfato neste mesmo curso d'água. Para haver a manutenção da sua concentração em vazões cada vez maiores, há necessidade de vários lançamentos de forma a manter a constância da concentração.

Ao longo do Rio Jundiá não se verificou a ocorrência de concentrações de fosfato detectáveis pelo método empregado no presente estudo.

Ao longo do Ribeirão Lageado, a concentração encontrada estava sempre acima do limite legal. O limite estava ultrapassado, no mínimo, em 7,5 vezes chegando ao valor máximo igual a 10 vezes maior que o limite definido por lei. A presença elevada de fósforo pode ser explicada pela descarga de efluentes, especialmente domésticos ou animais, principalmente na forma de detergentes e fezes (Nieto, 2005). Os detergentes quando incorporados à água também causam sabor desagradável além da formação de espumas em águas sob agitação. Este quadro de formação de espuma foi verificado especialmente na EC2.

Além do fósforo incorporado pelos efluentes deve ser levada em consideração a incorporação tanto aérea como pela lixiviação do solo uma vez que a região do estudo é eminentemente agropastoril e assim, a participação de defensivos agrícolas e da pecuária é potencialmente grande. Salienta-se que a mata ciliar pouco presente e de pequena expressão em termos de faixa de ocorrência colabora para a fácil incorporação de material via lixiviação (Braga *et al.*, 2005; Nieto, 2005).

Outro aspecto relevante na análise de fósforo no Ribeirão Lageado é a ocorrência de uma granja de suinocultura com um plantel de cerca de 1.500 animais na margem à montante da EC2. A Granja, na época, estava instalando um sistema de tratamento de esgoto anaeróbico baseado em *bags* desidratadores de lodo associado a incineração. Mas até que todo o sistema esteja implantado, verificou-se que o esgoto da criação de suínos era lançada em uma lagoa adjacente ao ribeirão Lageado. A proximidade da lagoa ao corpo d'água sugere que esta deságüe no ribeirão explicando o aumento da concentração de fósforo em cerca de 33% entre as EC1 e EC2. A redução da concentração de fósforo de 1,0 ppm para 0,75 ppm da EC2 para a EC3 pode ser explicada pela contribuição de outros cursos d'água ao ribeirão Lageado. Esta contribuição é comprovada pelo aumento da vazão verificada entre as EC2 e EC3 de cerca de 46%, passando de 188,7 L/s para 275,4 L/s (Tabela 1).

A grande quantidade de fosfato pode ser considerada como fator desencadeador do processo de eutrofização destas águas tanto quanto o nitrato e assim, provocam o crescimento acelerado de algas que também conferem odor e gosto desagradáveis além de contribuir para a redução dos teores de OD (Sardinha *et al.*, 2008). Comprovando a elevada concentração de fosfato, verificou-se a partir da EC2, a ocorrência de algas filamentosas típicas de ambientes eutrofizados.

De acordo com Braga e colaboradores (2005), um dos parâmetros mais fundamentais para a manutenção da vida aquática aeróbia é o oxigênio dissolvido (OD). Durante a estabilização dos materiais orgânicos, as bactérias aeróbias utilizam este OD na água de forma a reduzi-lo sobremaneira até níveis que não mais sustente a vida aeróbia. Caso haja a redução total do OD, tem-se a instalação de um ambiente anaeróbico com a conseqüente formação de maus odores (VON SPERLING, 2007).

O OD na água tem sua origem natural pela dissolução natural do oxigênio atmosférico e pela produção por organismos fotossintetizantes. A origem antropocêntrica do OD se deve à introdução de aeração artificial nos sistemas aquáticos e pela produção por organismos fotossintetizantes em corpos d'água eutrofizados (VON SPERLING, 2007).

O parâmetro OD, verificado no presente estudo, esteve sempre acima do limite mínimo legal. (tabela 1). O OD é um excelente indicador da capacidade que um corpo d'água possui para realizar a autodepuração da matéria orgânica. No ambiente aquático, dois dos fatores que mais influenciam na concentração de OD são temperatura e matéria orgânica. É conhecida uma relação inversa entre a temperatura da água e a concentração de OD na água. No entanto, esta relação não pode ser evidenciada nos resultados do presente trabalho.

Considerando-se as pequenas corredeiras e quedas ao longo do ribeirão da Aldeia seria esperado que da EC1 (7,0 mg/L) até a EC3 (8,2 mg/L) houvesse um aumento do OD devido a maior dissolução natural do oxigênio atmosférico. A redução do OD na EC2 (6,5 mg/L) pode estar associada às descargas de efluentes domésticos de forma a diminuir sua concentração neste trecho.

Ao longo do Ribeirão Lageado, a redução de 4,2% no OD verificada entre as EC1 EC2 pode estar associada à descarga de material orgânico da granja de suínos. A grande presença de corredeiras deve contribuir para que a redução de OD não seja maior (Braga *et al.*, 2005).

Quanto ao parâmetro ferro dissolvido temos que, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, o limite é de 0,3 mg/L Fe. De acordo com a tabela 1 as concentrações de Fe verificadas ao longo do ribeirão da Aldeia revela a não conformidade deste parâmetro nas EC1 e 2 onde os valores detectados foram iguais a 1,0 e 0,5 mg/L, respectivamente. Apenas no ponto 3 verificou-se o atendimento à legislação quando a concentração de Fe detectada foi de 0,25 mg/L Fe.

Os valores verificados no Ribeirão da Aldeia, a partir da nascente, sugerem que tal concentração de Fe possa estar associada ao tipo de solo uma vez que a região é caracterizada por solo em mosaico e haver o tipo podzolizado, ou seja, rico em ferro.

O ferro confere à água sabor adstringente e coloração avermelhada decorrente da sua precipitação. Apesar de não representar risco sanitário percebe-se que águas ferruginosas mancham roupas e louças sanitárias além de haver deposição de ferro em tubulações. O ferro em concentrações elevadas interfere na disponibilidade de cloro nas estações de tratamento de água ( Nieto, 2005).

A redução da concentração de ferro da EC2 a EC3, no ribeirão da Aldeia, pode ser explicada tanto pelo solo quanto pelo grande aumento de vazão do curso d'água de forma a diluir sua concentração.

Ao longo do Rio Jundiáí, a partir da EC2, a concentração de ferro aumenta de 0,5 ppm até 3,0 ppm na EC3, ou seja, dez vezes acima do limite previsto por lei (0,3ppm). Desta forma, para o parâmetro Ferro dissolvido, o rio Jundiáí também apresenta trechos em desacordo com os limites legais. A partir da EC2 tem-se o lançamento de esgoto doméstico do município de Jundiáí do Sul. No entanto, não é comum tal efluente ter concentração elevada de ferro. Uma explicação mais plausível seria que neste trecho, o leito do rio percorre solo com rochas de elevado teor de ferro (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

A concentração de ferro mostrou-se dentro dos limites legais ao longo do Ribeirão Lageado.

Quanto ao parâmetro cloreto temos que seu teor advém da dissolução de sais que, em altas concentrações, imprime sabor salgado à água e pode ser indicativo da presença de águas residuárias de processos industriais (NUVOLARI *et al.*, 2011). A análise dos valores encontrados ao longo dos três mananciais (tabela 1) revela que seus valores sempre estiveram abaixo do valor limite (250 mg/L) previsto na Resolução CONAMA 357/2005.

A temperatura da água interfere nas características físicas e químicas do ambiente aquático como a solubilidade de gases. (BRAGA *et al.*, 2005). Sendo assim a influencia da temperatura na solubilidade de gases pode estar relacionada à taxa de oxigênio dissolvido na água o que está diretamente ligada ao pH, pois quando o oxigênio no meio aquático fica reduzido, o pH da água consequentemente fica mais ácido.

Curiosamente, verifica-se que na EC3 nos 3 mananciais sempre houve a maior concentração de OD e coincidentemente verificaram-se as maiores temperaturas e os maiores pH da água (tabela 1). Devido ao número de amostras ainda não foi possível avaliar estatisticamente esta possível relação.

Tem-se que a principal variável que controla a temperatura da água de pequenos cursos é a radiação solar. Assim, temos que, na área em estudo, esta variação pode ser explicada tanto pela pequena quantidade de material suspenso na massa líquida, representado pela turbidez (neste estudo, sempre dentro dos parâmetros normais da legislação), quanto pela falta de vegetação ripária promovendo o sombreamento de trechos dos córregos. Esta abordagem também foi corroborada por outros autores (Castello Branco Jr. *et al.*, 2008; Sardinha *et al.*, 2008).

Quanto ao parâmetro dureza, temos que embora não seja definido valor limite pela Resolução CONAMA 357/2005 a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde prevê o limite de 500mg/L CaCO<sup>3+</sup> à água potável. Desta forma o parâmetro dureza é atendido pelas águas dos 3 mananciais para potabilidade (tabela 1).

## ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

O meio de cultura Agar Base é um meio não seletivo utilizado não apenas para análise de água, mas também de alimentos para cultivo preliminar de amostras para exames bacteriológicos e isolamento de microrganismos, enquanto que o meio de cultura Agar MacConkey é um meio seletivo para bactérias gram negativo, incluindo assim, fermentadoras de glicose, como as enterobactérias e não fermentadoras.

Os resultados obtidos no presente trabalho (tabela 1), para o Ribeirão da Aldeia, revelaram não haver crescimento algum no ponto da EC1, tanto no meio não seletivo (Agar nutritivo) como o meio seletivo para enterobactérias (Agar MacConkey). Desta forma, conclui-se que nesta EC, a água está isenta de enterobactérias. Acredita-se que esta ausência de coliformes totais na EC1 esteja relacionado com o fato desta EC estar em área rural, dentro de uma propriedade onde mantiveram esta nascente e longo trecho deste ribeirão isento de ações antrópicas. Desta forma, nota-se que este trecho avaliado está isento do lançamento de efluentes domésticos e de efluentes de atividade agropecuária.

No entanto, nas amostras da EC2 e EC3 do ribeirão da Aldeia e em todas as EC do ribeirão Lageado, houve tamanho crescimento bacteriano que não permitiu contagem alguma já após 24 horas de incubação (tabela 1). Este grande crescimento ocorreu nos dois meios de cultura. Assim, pode-se concluir que a partir da EC2 o ribeirão da Aldeia recebe esgoto doméstico com grande carga de coliformes totais. Tanto a EC2 quanto a EC3 encontram-se em áreas urbanizadas onde já era conhecido o lançamento de esgoto pouco antes da EC2. Devido ao número incontável de colônias de coliformes totais em ambas EC, supõe-se que próximo a EC3 haja outro ponto de lançamento de esgoto doméstico ainda desconhecido. Toda a extensão do ribeirão Lageado mostrou-se em desacordo com o parâmetro microbiológico previsto em lei.

Os procedimentos realizados, no presente trabalho, não permitem a revelação de coliformes termotolerantes, parâmetro este com valor limite estipulado pela Resolução CONAMA 357/05. No entanto, os termotolerantes pertencem a um subgrupo dos coliformes totais revelados pela análise da água no presente trabalho.

Quanto ao Rio Jundiaí, foi possível quantificar o número de ufc de coliformes totais nas três EC (tabela 1). Considerando que os coliformes termotolerantes definidos em lei, no limite legal de 200 ufc/mL se constituem em um subconjunto dos coliformes totais, temos que, se o número de ufc de coliformes totais, verificado no presente trabalho, é menor que o limite de 200 ufc/mL, conclui-se que o número de ufc de coliformes termotolerantes será menor ainda. Desta forma, apesar de se confirmar *in loco* o lançamento de esgoto doméstico nas águas do Rio Jundiaí, suas águas ainda atendem ao parâmetro microbiológico definido em lei. Esta situação deve estar relacionada não apenas pelo volume de esgoto lançado mas também devido a vazão do manancial.

## AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos pela aplicação do protocolo de Avaliação Ecológica Rápida (AER) nos 3 cursos d'água.

**Tabela 2: Pontuação resultante da aplicação do Protocolo de Avaliação Ecológica Rápida nos cursos d'água avaliados e classificação dos trechos avaliados.**

curso d'água	município	EC 1	EC 2	EC 3
Ribeirão da Aldeia	Sto. Antônio Platina/PR	95	60	45
		(natural)	(moderada influência)	(moderada influência)
Rio Jundiáí	Jundiáí do Sul/PR	52	51	55
		(moderada influência)	(moderada influência)	(moderada influência)
Ribeirão Lageado	Fartura/SP	90	53	62
		(natural)	(moderada influência)	(natural)

natural: sem interferência antrópica; moderada interferência: moderada interferência antrópica

O protocolo de AER é utilizado como uma ferramenta baseada em qualificações visuais que agregando a atributos de caráter físico do habitat e parâmetros biológicos possibilita uma caracterização imediata do estado do corpo d'água (CALLISTO et al, 2002). O protocolo utilizado é composto por 22 parâmetros distribuídos em dois quadros (A e B). A somatória A busca avaliar as características de trechos de corpos d'água e níveis de impacto ambiental decorrente de atividades antrópicas. O quadro, B, busca avaliar a condição do habitat e o nível de conservação das condições naturais. As pontuações finais refletem o nível de integridade ambiental ou o de preservação da situação encontrada nos trechos avaliados ou de impacto antrópico

A somatória parcial ou total representa um valor que deve ser comparado no tempo e no espaço, seja no mesmo curso d'água ou comparando-se vários cursos d'água. As somatórias de cada estação de coleta, no presente trabalho, variou de 45 a 95 pontos (somatória dos quadros A e B). Quanto maior a pontuação, maior será o estado de preservação e menor a influência antrópica no referido curso d'água. De acordo com o protocolo adaptado de Callisto e colaboradores (2002), valores de somatória total entre 0 e 40 pontos caracterizam trechos com elevada influência antrópica ou de grande impacto. Valores entre 41 e 60 indicam trechos já alterados revelando influência antrópica moderada. Trechos com valores de somatória igual ou maior que 61 indicam regiões naturais sem influência antrópica.

A avaliação ambiental ao longo do ribeirão da Aldeia revelou uma condição natural (90 pontos) em sua nascente, distante cerca de 3 Km da área urbanizada, passando para uma condição de crescente interferência antrópica ao entrar em áreas urbanizadas (60 e 45 pontos, respectivamente nas EC2 e 3), representada não só pelo crescente desmatamento da mata ciliar e erosão crescente de suas margens mas também pelo lançamento de esgoto doméstico e lixo.

O Rio Jundiáí, no município de Jundiáí do Sul/PR, revelou-se sob influência antrópica moderada ao longo de todo o trecho avaliado. Apesar da área do entorno da EC1 não ser em área urbanizada, verificou-se a ocorrência de pastagens e lavouras no seu entorno e grande supressão da mata ciliar. Ao entrar na área urbanizada (EC2 e EC3) verificou-se a mesma condição do ribeirão da Aldeia, ressaltando-se não apenas o lançamento de esgoto doméstico mas também a reduzida área de mata ciliar, as habitações e a disposição de lixo às suas margens.

Embora o ribeirão Lageado percorresse apenas área rural também verificou-se a mudança da condição natural, com 90 pontos próximo a sua nascente (EC1) para uma condição de interferência antrópica moderada com 53 e 62 pontos, respectivamente, nas EC2 e EC3. Salienta-se que a EC2 fica na área da granja de suínos.

Os resultados obtidos, no presente trabalho, demonstram que não apenas o processo de urbanização mas também o modelo de uso da área rural trouxe vários impactos para os recursos hídricos, como o aumento da população concentrada, a contaminação das águas por esgoto doméstico, industrial e efluente e resíduos das atividades agropecuárias.

Verificou-se que, apesar dos relatórios de comitês de bacias indicarem boa qualidade dos mananciais principais das bacias, comprovou-se que a qualidade dos cursos d'água menores está comprometida, impactando os locais e as populações humanas que dependem destes recursos hídricos e também as respectivas comunidades aquáticas. Essa situação não é evidenciada nos relatórios de comitês de bacias hidrográficas devido à metodologia empregada.

Considerando-se a co-responsabilidade do poder público, do setor privado e de toda a comunidade na gestão de seus próprios recursos hídricos, os resultados obtidos demonstram ser relevante também a avaliação local dos pequenos e médios cursos d'água para que ações efetivas de controle e gestão local sejam planejadas e efetivadas.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitem as seguintes conclusões:

1. Considerando os cursos d'água avaliados como classe 2, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005, temos que não houve atendimento ao limite previsto para os parâmetros físicos e químicos de fosfato e ferro no Ribeirão da Aldeia; para o parâmetro ferro no Rio Jundiá e, para o parâmetro fosfato no Ribeirão Lageado;
2. Considerando ainda a Resolução Conama nº 357/ 2005 e sua atualização pela Resolução Conama 430/ 2011, o Ribeirão da Aldeia e o Ribeirão Lageado não atenderam ao parâmetro microbiológico de coliformes termotolerantes;
3. Embora o Rio Jundiá, em Jundiá do Sul/PR, atenda ao parâmetro coliformes termotolerantes, os valores encontrados revelam o lançamento de esgoto doméstico;
4. A Avaliação Ecológica Rápida revelou diferentes níveis de interferência antrópica humana nos cursos d'água sendo que, o Rio Jundiá, em Jundiá do Sul/PR, apresentou todos os trechos avaliados alterados sendo o curso mais influenciado pelas atividades humanas enquanto que o Ribeirão Lageado, no município de Fartura/SP, revelou-se o mais natural com apenas um trecho considerado alterado. O Ribeirão da Aldeia, em Santo Antônio da Platina/PR, ficou em situação intermediária com apenas um trecho considerado natural e os demais alterados.
5. A avaliação e o monitoramento de cursos d'água de pequeno e médio porte são importantes, pois evidencia uma situação não revelada nos relatórios do comitê de bacias hidrográficas, auxiliando na gestão local destes recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARCELOS, A.A. CABRAL, J.B.P.; BRAGA, C.C.; ROCHA, I.R. Caracterizações físicas e químicas das águas dos afluentes da UHE Caçu **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n. 4, p. 739-749, 2012
2. BRAGA, B. et al. **Introdução a Engenharia Ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2005.
3. CALLISTO, M.; MORENO, P; E BARBOSA, F.A.R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.61, p. 259-266. 2002.
4. CASTELLO BRANCO JR., A.; ANDRADE, C.; IZIQUE, F.N.; LAUER, R; MOREIRA, W. T. Avaliação das condições sanitárias e ambientais da sub-bacia do córrego Barbosa no município de Marília/SP. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 67, n.3., p. 183-189, 2008.
5. CBH Norte Pioneiro. (Comitê das bacias hidrográficas do Rio das Cinzas, Itararé e Paranapanema I e II), 2009. Disponível:<[http://www.paranapanema.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=50&Itemid=62](http://www.paranapanema.org/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=62)> Acesso em 18 nov. 2012
6. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Curso de coletas e preservação de amostras de água. São Paulo, 1996, 58 p.
7. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE [CONAMA]. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília (DF); Diário Oficial da União.
8. MIRANDA, R.G. PEREIRA, S.F.P.; ALVES, D.T.V.; OLIVEIRA, G.R.F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia-Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, n. 2, p. 75-92, 2009.
9. NIETO, R. Tratamento de efluentes líquidos industriais e domésticos. São Paulo, **CETESB**, p.57, 2005.
10. OLIVEIRA, A. D.; SCHMIDT, G.; FREITAS, D.M. Avaliação de teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor de Palmas/ TO, 2004.
11. PALHARES, J.C.P.; RAMOS, C.; KLEIN, J.B.; LIMA, J.M.M.; MULLER, S.; CESTONARO, T. Medição da vazão em rios pelo método do flutuador. Comunic. Técnico 455, **Embrapa**, Concórdia, SC. 2007.
12. PARANÁ, Enquadramento dos cursos d'água do Estado do Paraná. **Portaria SUREHMA Nº 006/91** de 19 de setembro de 1991: Bacia do Rio das Cinzas.
13. SARDINHA, D. S; TOMAZINI, F.C; DONIZETTI, A. G. S; SILVEIRA, A.; JULIO, M.; GONÇALVES, J.C. S. I. Avaliação Da Qualidade Da Água E Autodepuração Do Ribeirão Do Meio, Leme (SP). 2008.

14. VERMELHO A.B.; PEREIRA, A.F.; COELHO, R.R.R.; SOUTO-PADRÓN, T. Práticas de Microbiologia, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 239 p. 2006.
15. VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Princípios do Tratamento Biológico de águas residuárias. DESA/UFMG, v. 7, p. 588, 2007.