

AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA, QUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DA CONTAMINAÇÃO NO RIO PARANAÍBA

Microbiological, chemical and physical-chemical assessment of the contamination in the Paranaíba river

Lourivaldo Lemos da Silva¹
Antônio Taranto Goulart²
Celine de Melo³
Rita de Cássia Weikert de Oliveira⁴

Artigo recebido em 25/01/2006 e aceito para publicação em 03/04/2006

RESUMO: *A partir de amostras de água do rio Paranaíba, coletadas entre os meses de julho de 2004 e maio de 2005, sob a ponte da BR-365 (montante de Patos de Minas) e sob a ponte do “Bigode” (jusante de Patos de Minas), buscou-se identificar a(s) possível (eis) contaminação (ões) do rio (op. cit.), quantificá-la e qualificá-la. Foram realizadas análises microbiológicas (detecção do indicador biológico Escherichia coli), químicas para metais pesados (cobre, zinco, cádmio e chumbo) e físico-químicas (OD, DBO, DQO, OG, ATA, pH e temperatura). As análises físico-químicas foram realizadas em parceria com a Copasa - MG. As análises para OG apresentaram variação positiva em média 1 mg/L em jusante com relação a montante. Elas apresentaram-se quatro vezes acima dos limites da DN 10/86. As análises microbiológicas e as de metais pesados foram realizadas nos laboratórios do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Para a detecção de E. coli foi utilizado o caldo Lactosado EC, o meio ágar EMB para a identificação morfológica e a coloração de Gram. O resultado médio em jusante foi de 3,62 NMP/mL, o que não excede os limites da DN 10/86, mas representa 9,74 vezes o resultado obtido em montante. Para a detecção de metais pesados foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica com chama ar/acetileno. Entre elas, as de chumbo apresentaram índices mais elevados, sendo que algumas delas excederam os limites estabelecidos na DN 10/86 em ambos os pontos. As análises para chumbo apresentaram a concentração média positiva de 0,0134 ppm (ou 0,0527 vez, ou 5,27 %) em jusante com relação a montante, e excedendo, em média, 8,93 vezes os limites estabelecidos na DN 10/86.*

Palavras-chave: Contaminação microbiológica. rio Paranaíba. metais pesados. *Escherichia coli*.

¹ Graduando em Ciências Biológicas. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Patos de Minas. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). lourivaldo.bio3000@megaminas.com

² Doutor em Química. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). tarantomg@uai.com.br

³ Doutora em Ecologia. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Patos de Minas. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) e Universidade Federal de Uberlândia (UFU). celinemelo@bol.com.br

⁴ Doutora em Microbiologia. Faculdade de Farmácia. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). rcbwo@aol.com.br

ABSTRACT: *Some samples of Paranaíba river were collected, between July of 2004 and May of 2005, under a bridge of BR-365 route (upstream Patos de Minas) and under another one, Bigode's bridge (downstream Patos de Minas), to evaluate a possible contamination, quantifying and qualifying it. It was done physical-chemical analyses (OD, DBO, DQO, OG, ATA, pH and temperature), microbiological analyses (detection of the biological indicator Escherichia coli) and chemicals to heavy metals (copper, zinc, cadmium and lead). The physical-chemical analyses were done in cooperation with Copasa-MG. Among them, only OG analyses have showed some variation. It was a medium positive variation of 1 mg/L to the samples collected downstream. Moreover, the contamination of OG was set four times higher than Brazilian legislation (DN 10/86) allows. The microbiological analyses and the detection of heavy metals were done in the Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) laboratories. In order to detect E. coli it was used Lactose EC broth, the means agar EMB to the morphological identification and the Gram method. The medium result downstream pointed to the level of 3,62 NMP/mL, although it hasn't overcome the boundaries of Brazilian legislation (DN 10/86); it was 9,74 times over the result pointed upstream. One atomic absorption spectrophotometer with flame of air/acetylene was used in order to detect heavy metals. Among them, lead analyses have showed higher levels, overcoming the boundaries of Brazilian legislation (DN 10/86) to both sampling points. It has showed a medium positive concentration of 0,0134 ppm (or 0,0527 times, or 5,27 %) to the point downstream compared to another sampling point and exceeding 8,93 times the Brazilian legislation (DN 10/86).*

Key words: Contamination, Paranaíba river, heavy metals, microbiological.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Botelho (2003), os seres humanos, os animais e os vegetais, a vida, em qualquer de suas formas, é diretamente afetada pela deterioração da qualidade da água; que pode ser gerada por poluição, desmatamentos, queimadas, entre outros. A poluição hídrica, além dos danos, cria um problema de encontrar meios eficazes e econômicos para o seu controle.

O domínio das águas no Brasil, até a promulgação da Constituição da República de 1988, era classificado como público e particular, passando agora a ser considerado apenas de domínio público. A partir dessa data, a água é considerada um bem difuso pertencente a toda a coletividade, cabendo ao Estado apenas e tão somente a sua gestão em nome da coletividade (OLIVEIRA, 2002).

Conforme inciso I, artigo 4º, CAPÍTULO II da Portaria 1.469 e da Portaria 518 da Anvisa (BRASIL, 2000/2004); “água potável para consumo

humano é aquela cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde”.

Um litro de água de esgoto pode conter até 20 bilhões de bactérias, muitas delas patogênicas, podendo ser tanto ingeridas pelo homem, como absorvida pela pele. Segundo a Organização Mundial de Saúde – OMS – aproximadamente um quarto dos leitos existentes em todos os hospitais do mundo está ocupado por enfermos cujas doenças são ocasionadas pela água (ESGOTO, 2004).

Mesmo com a quantidade utilizada na agricultura e na indústria, é difícil exaurir os recursos d'água, pois ela é continuamente reciclada pelo ciclo hidrológico. Contudo, é possível degradar a qualidade da água ao ponto dela se tornar inútil, danosa ou mesmo mortal. A poluição da água tem afetado seriamente muitos rios, lagos e até mesmo regiões dos oceanos (RADOJEVIC^e & BASHKIN, 1999).

Desde de 1900 até hoje, a população mundial

se duplicou; contudo; a quantidade de água doce utilizada se sextuplicou. Atualmente o consumo de água doce que ocorre na agricultura, representa aproximadamente 2/3 do consumo total, proporção que se reduzirá pouco de hoje até o ano 2025 (UNA..., 2004).

O consumo de água varia de região para região e depende da disponibilidade de acesso e aspectos culturais, entre outros itens. Segundo a FAO (2002), no ano 2000, o consumo anual de água no mundo se fixou em 3.811 Km³, com 69% (2.652 Km³) destinados para o setor agrícola, 21% (783,1 Km³) para a indústria, e somente 10% (376,3 Km³) para o uso doméstico (consumo humano, uso em higiene pessoal e serviços municipais urbanos) (BOSCARDIN BORGHETTI *et al.*, 2004).

O nível de 1.700 m³ de água disponível por habitante/ano é a pressão hídrica sob a qual pode haver problemas freqüentes. Abaixo do limite de dano ao homem, fixado em 1.000 m³ por habitante/ano, surgem problemas na produção, principalmente agrícola (UNA..., 2004).

Acredita-se que mais de cinco bilhões de pessoas sofram com a falta de água. No mais otimista, dois bilhões de pessoas em 48 países podem sofrer escassez de água. No pior dos casos, seriam sete bilhões em 60 países. Em ambas as suposições, pode-se esperar que a água se converta em uma fonte cada vez maior de conflito entre os países. “O que não quer dizer – como afirma Kofi Annan – que não tenhamos tempo de convertê-la em catalisador para a cooperação” (HERRAIZ, 2002/2003).

Um importante recurso de integração social é o rio Paranaíba, ele nasce na Serra da Mata da Corda, no município de Rio Paranaíba, no estado de Minas Gerais, a uma altitude de 1.140 m, percorre uma extensão de 1.120 Km até a sua desembocadura no rio Paraná. Sua bacia de captação e drenagem totaliza 220,195 Km², sendo que 67,89% desta área localiza-se no estado de Goiás. O seu percurso está dividido em Alto Paranaíba (nascente até o Km 370),

Médio Paranaíba (do Km 370 até a barragem de Cachoeira Dourada, com 370 Km) e Baixo Paranaíba (da barragem de Cachoeira Dourada até a sua foz, com extensão de 380 Km) (BACIA..., 2004).

1.1 – CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA

A água pode ser responsável por muitas doenças (VALLADA, 1998; TORTORA *et al.*, 2000), quando serve de veículo para a transmissão de uma variedade de microorganismos resultantes da ingestão de água contaminada ou do emprego de água poluída para irrigação, pesca e recreação, as chamadas doenças de veiculação hídrica (MACÊDO, 2000).

Para a Cetesb, apud Macêdo (2000), doença de transmissão hídrica é aquela em que a água atua como veículo do agente infeccioso; e doença de origem hídrica é aquela causada por substâncias químicas presentes na água em concentrações inadequadas, como por exemplo, o saturnismo (doença causada ao homem pela contaminação com chumbo).

Tanto as doenças de origem hídrica quanto às de veiculação hídrica podem ocorrer no rio Paranaíba, pois suas margens são habitadas em vários trechos, desde a nascente até a foz.

Segundo Cambraia e Silva (2000), apud Caixeta (2002), o rio Paranaíba é o principal recurso hídrico do Alto Paranaíba, possuindo importância no abastecimento industrial, na diluição de efluentes, na pesca e piscicultura, na irrigação de culturas e um grande potencial turístico e de lazer. Para Patos de Minas é, principalmente, servir como manancial de abastecimento e receptor de esgoto sanitário.

Patos de Minas, com aproximadamente 124.000 habitantes (I.B.G.E. em 2000), é o município mais populoso da bacia e também o mais poluído, joga esgoto doméstico no rio Paranaíba, de onde também recebe água potável, via Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa - MG). O surto

desenvolvimentista da cidade ocorreu a partir dos anos 50, com o início da construção de Brasília, intensificando a partir dos anos 70 (WERNECK, 1994). Esse crescimento populacional trouxe consigo conseqüências como a ampliação das redes de abastecimento de água e das redes de esgoto, sendo que essa última pode levar contaminações para o rio.

A medição do número de coliformes fecais em um corpo d'água é um indicador não só da contaminação (HITCHINS *et al.*, 2002) por fezes de origem humana e animal, como também da possibilidade de coexistência de organismos patogênicos (PARÂMETROS..., 2004).

Para um indicador ser considerado ideal é importante observar algumas características, tais como: ser aplicável a todos os tipos de água, ter uma população mais numerosa no ambiente do que os patógenos, sobreviver melhor que os possíveis patógenos (especialmente em água clorada e do mar), ser incapaz de se multiplicar no ambiente aquático, possuir resistência equivalente a dos patógenos aos processos de autodepuração e ser detectado por uma metodologia simples e barata. Não existe um indicador ideal de qualidade sanitária da água, mas sim alguns organismos que se aproximam das exigências referidas (Cetesb, 1988; Leitão *et al.*, 1988; Livro Online, 2000; Pinto, Kaneko *et al.*, 2000), apud (MACÊDO, 2000).

A *Escherichia coli* é um indicador biológico e pertence à família Enterobacteriaceae, a qual representa a maior e mais heterogênea coleção de bacilos Gram-negativos de importância clínica. Foram descritos 30 gêneros e mais de 120 espécies (MURRAY, 2000).

1.2 – CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS

Quanto à contaminação química de águas subterrâneas ou superficiais, principalmente por metais pesados e por radicais orgânicos, oriundos de atividades agrícolas e mineradoras, pode ser detectada por meio de análises químicas de águas,

sedimentos de correntes, plantas e peixes. Para Nepomuceno (1993), o teste de micronúcleos em eritrócitos de peixes evidencia alterações genéticas provocadas por poluentes (e.g. metais pesados) em cursos d'água.

Conforme Costa e Silva (2004); a concentração de agentes clastogênicos e aneugênicos, presentes no rio Paranaíba é alta, induzindo frequências de micronúcleos (12 e 13 %), estatisticamente significativas, quando comparadas com as frequências obtidas no grupo controle do córrego Caxambu, em Lagamar – MG.

A poluição por metais pesados (e.g. cobre, zinco, cádmio e chumbo) ocorre devido ao processo industrial, têxtil (BIOS, 2000), mas, pode ser gerada pelo contato da água com solos e rochas compostas por esses minerais (RADOJEVIC' & BASHKIN, 1999). Eles podem se concentrar na cadeia alimentar (biomagnificação), formando compostos que dificilmente serão degradados por processos químicos ou biológicos, no meio ambiente (RADOJEVIC' & BASHKIN, 1999; BAIRD, 2001).

O chumbo orgânico (Pb⁺) acumula-se no sangue, migra para os tecidos (particularmente no cérebro) e finalmente deposita-se nos ossos, em substituição ao cálcio (Ca⁺), iniciando a formação do Plumbismo ou Saturnismo (CADERNOS..., 1996; BAIRD, 2001). No sangue, causa anemia e degeneração das hemácias. No sistema nervoso verificam-se neurites. Os problemas renais, neurites e cólicas abdominais só aparecem com doses altas de chumbo e geralmente são conseqüentes de acidentes ou intoxicações industriais (WILKE, 2004).

Conforme Zimbres (2002); o cobre é um elemento que ocorre em baixas concentrações na água subterrânea, devido sua pequena solubilidade. A ingestão de altas doses pode acarretar no homem irritação e corrosão da mucosa estomacal, problemas hepáticos, renais, irritação do sistema nervoso e depressão. As atividades humanas responsáveis pela introdução de cobre na água são: corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas, algicidas, fungicidas

usados na preservação da madeira e indústria de mineração, fundição, galvanoplastia e refino.

Todos os concentrados de zinco apresentam de 0,1 a 0,3 % de cádmio (METAIS PESADOS, 2004a); sendo o cádmio pode causar aumento da pressão sanguínea, danos ao fígado e esterilidade, entre outros males (RADOJEVIC' & BASHKIN, 1999). A contaminação por zinco provoca, no ser humano, sensações como paladar adocicado e secura na garganta (PENA JÚNIOR, 2004), tosse, fraqueza, dor generalizada, arrepios, febre, náusea, vômito (METAIS PESADOS, 2004a). Ele é comprovadamente um agente cancerígeno, teratogênico (PRINCIPAIS..., 2004?) e pode causar danos ao sistema reprodutivo (METAIS PESADOS, 2004?b).

1.3 – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas decorrentes de despejos orgânicos. A solubilidade do OD é em função da altitude e da temperatura do corpo de água. Em geral, ao nível do mar e a temperatura de 20° C, a concentração de saturação é de 9,2 mg/L (PARÂMETROS..., 2004). A diminuição da temperatura provoca o aumento da concentração de OD na água e a redução da atividade biológica (BOTELHO, 2004).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é quantidade de oxigênio dissolvido na água, que será respirada pelos decompositores aeróbios, para a decomposição completa da matéria orgânica lançada na água (BRAGA *et al.*, 2005).

A demanda química de oxigênio (DQO) é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Ela é muito útil quando utilizada conjuntamente com a DBO_{5,20} para observar a biodegradabilidade de despejos (VARIÁVEIS..., 2004).

Os óleos e graxas (OG) são substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal. Estas substâncias geralmente são hidrocarbonetos, gorduras,

ésteres, entre outros. São raramente encontrados em águas naturais, normalmente oriundos de despejos e resíduos industriais, esgotos domésticos, efluentes de oficinas mecânicas, postos de gasolina, estradas e vias públicas. Em seu processo de decomposição, eles, reduzem o oxigênio dissolvido, elevam a DBO_{5,20} e a DQO, causando alteração no ecossistema aquático (VARIÁVEIS..., 2004).

Os detergentes ou surfactantes (ATA) são definidos como compostos que reagem com o azul de metileno sob certas condições específicas. Os detergentes têm sido responsabilizados também pela aceleração da eutrofização. Além de a maioria dos detergentes comerciais empregados ser rica em fósforo, sabe-se que exercem efeito tóxico sobre o zooplâncton, predador natural das algas (VARIÁVEIS..., 2004).

O “Potencial Hidrogeniônico” (pH) é a medida da acidez ou alcalinidade relativa de uma determinada solução. Seu valor para a água pura a 25° C é igual a 7. Em sistemas biológicos, para que os organismos não sofram grandes danos, o meio deve ter pH entre 6,5 e 8,5 (BRAGA *et al.*, 2005).

A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. Grandes variações são danosas aos organismos aquáticos, os quais possuem limites de tolerância térmica superior e inferior para crescimento, para migração, desova e incubação do ovo (VARIÁVEIS..., 2004).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

O reconhecimento do rio Paranaíba foi realizado com o apoio da Polícia Especializada do Meio Ambiente, no dia 14 de julho de 2004, entre os pontos analisados, em um percurso de aproximadamente 38 Km.

Entre os meses de julho de 2004 e maio de 2005, foram coletadas amostras de água do rio Paranaíba em dois pontos (ver Figura 1): sob a ponte

da BR – 365 (montante de Patos de Minas, em 46W 30' 51" e 18S 39' 05") e sob a ponte do Bigode (jusante de Patos de Minas, em 46W 33' 35" e 18S 29' 54").

A coleta das amostras seguiu as recomendações da Companhia de Saneamento de

Minas Gerais (Copasa - MG), 2002. Os frascos utilizados para as coletas foram previamente limpos com solução sulfocrômica (imersão por 12 horas) depois foram esterilizados em autoclave a 121° C por 30 minutos.

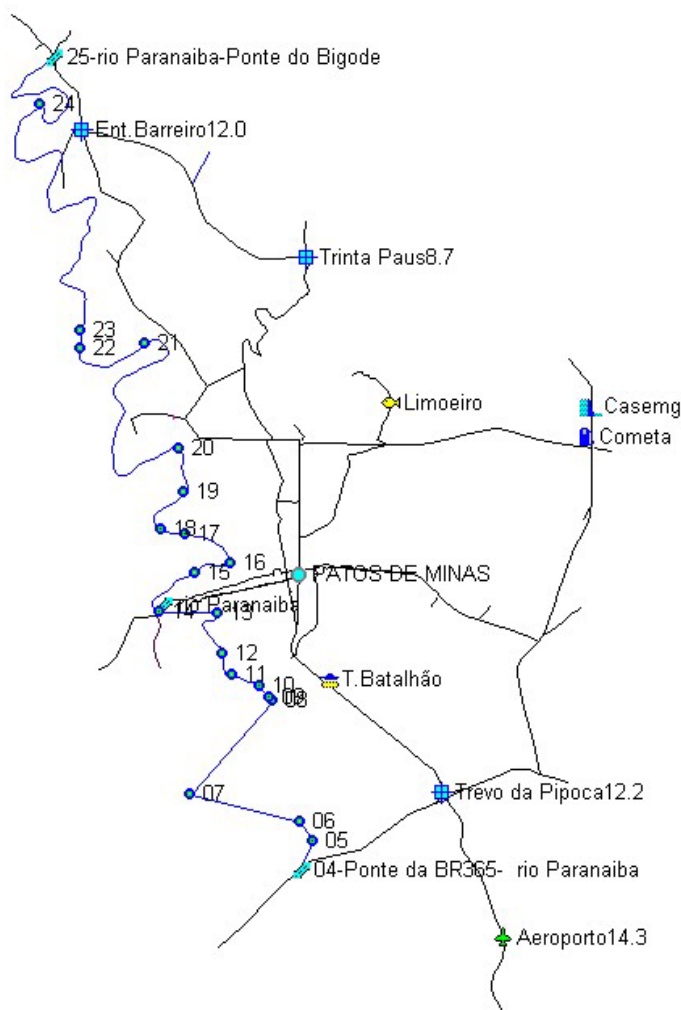


FIGURA 1 – Localização dos pontos de coleta de amostras de água e pontos de lançamentos de esgotos.

	Longitude	Latitude
Patos de Minas ———	46W 30' 53"	18S 35' 44"
rio Paranaíba= 04- Ponte da BR-365 ———	46W 30' 51"	18S° 39' 05"
25-Ponte do Bigode —	46W 33' 35"	18S 29' 54"

Pontos no croqui:		
04- Ponte da BR-365 05- Irrigação	11- Lançamento de esgoto (Córrego do Monjolo) 12- Lançamento de esgoto	18- Irrigação 19- Lançamento de esgoto (Lagoinha)
06- Irrigação	13- Lançamento de esgoto (Santa Luzia)	20- Lançamento de esgoto (Coração Eucarístico)
07- Draga	14- Ponte do Arco	21- Lançamento de esgoto (Limoeiro)
08- Lançamento de esgoto 09- Captação da Copasa 10- Lançamento de esgoto (Jardim Paulistano)	15- Lançamento de esgoto (Bairro Brasília) 16- Lançamento de esgoto (Matadouro Municipal) 17- Lançamento de esgoto (Padre Almir)	22- Irrigação de café (Alvorada) 23- Draga (Capela das Posses) 24- Irrigação

Foram analisadas 14 amostras de água do rio Paranaíba, de cada um dos dois pontos, no laboratório de microbiologia do Centro Universitário de Patos de Minas; (UNIPAM), para detectar a presença de *Escherichia coli*.

Para a identificação da *Escherichia coli*, como indicador biológico, pode-se usar o Caldo EC, para contagem por “Número Mais Provável” por mililitro (NMP/mL), que seletivo para microorganismos Gram negativos em função da presença de sais biliares. A incubação à temperatura de 45,5° C em banho-maria por 24 horas permite evidenciar a presença de coliformes fecais, pois, eles apresentam a capacidade de fermentação da lactose com produção de gás a temperaturas mais elevadas (HAJDENWURCEL, 1998).

Para a homogeneização da amostra, foi utilizada a pipeta de coleta, em movimentos circulares durante 30 segundos. Em seguida foram realizadas as diluições seriadas, retirando 01 mL da amostra e transferindo-o para um tubo de ensaio contendo 09 mL de solução salina peptonada 0,1% e, em seguida foi transferido 01 mL (deste tubo) para outros tubos até completar as três diluições (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), conforme a IN 62/MAPA (BRASIL, 2003).

Foi transferido 01 mL de cada tubo de cada diluição para cada um dos três tubos contendo 09 mL de caldo Lactosado EC, adicionado o tubo de Durham (invertido) com função de coletar o gás produzido durante a fermentação (MACÊDO, 2000). Foram

utilizadas três séries com três tubos cada, por amostra, os quais foram incubados em estufa a $40,2^{\circ} \text{C} \pm 0,4^{\circ} \text{C}$ por 24-48 horas, para o isolamento de *Escherichia coli*. A temperatura de incubação; descrita na Instrução Normativa nº 62, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (IN 62/MAPA); é de $45,0^{\circ} \pm 0,2^{\circ} \text{C}$. Apesar do caldo Lactosado EC ser um meio seletivo e diferencial, houve a preocupação de que a temperatura atingida ($40,2^{\circ} \text{C}$) na pesquisa pudesse propiciar o crescimento de outras bactérias (Coliformes totais). Por isso foram utilizados testes complementares (ágar EMB e coloração de Gram) para identificar a morfologia e propriedades bioquímicas para confirmar a presença de *E. coli*. Após o período de incubação foi realizada a leitura através da observação da presença de turvação do meio e produção de gás indicando a presença de *E. coli*.

Dos tubos positivos do caldo Lactosado EC foi transferida, com uma alça de platina, uma porção da amostra e estriado em placas contendo meio ágar eosina azul de metileno (EMB) para confirmação morfológica de *E. coli*, sendo incubadas em estufa a $36,9^{\circ} \text{C} \pm 0,7^{\circ} \text{C}$ por 24-48 horas.

O Ágar Eosina-Azul de Metileno, de Levine (EMB), é um meio seletivo e diferencial utilizado para isolamento e detecção de enterobactérias. Os corantes eosina e azul de metileno inibem o crescimento das bactérias Gram positivas, permitindo diferenciação entre os microrganismos fermentadores e não fermentadores da lactose. A

produção de ácido pela fermentação da lactose (reação da eosina em pH baixo) confere características próprias à *E. coli*, as quais são utilizadas para diferenciá-la dos outros coliformes (HAJDENWURCEL, 1998).

As colônias típicas; arredondadas, pequenas (± 03 mm), escuras, com centro quase negro, com brilho metálico esverdeado em seu entorno (PELCZAR JÚNIOR, 1996; HAJDENWURCEL, 1998; MACÊDO, 2000; ALMEIDA, 1995; ROSSI, 2004) foram confirmadas através do método de coloração de Gram.

A Coloração de Gram permite a identificação da morfologia (esférica, bastonete, espiralada ou vibrião), a dimensão e o modo de agrupamento das células. Bactérias Gram negativas, quando tratadas com etanol, o lipídio na membrana externa (petideoglicano) é dissolvido e removido. Isto rompe a membrana externa e aumenta sua permeabilidade. Assim o complexo corante (cristal violeta) pode ser removido, descolorando a bactéria Gram negativa, que pode então ser tingida com o corante de fundo safranina (TORTORA, 2000).

As amostras que tiveram resultado positivo no caldo Lactosado EC (HAJDENWURCEL, 1998), morfologia típica no meio ágar EMB e coloração Gram-negativa, (PELCZAR JÚNIOR, 1996), simultaneamente, foram considerados positivos para *Escherichia coli* e classificados na tabela NMP – Séries de três tubos: 1,0; 0,1 e 0,01 mL, de acordo com a A&X CONSULTORIA, 1995.

2.2 – ANÁLISES DE METAIS PESADOS

Foram analisadas 14 amostras de água do rio Paranaíba, de cada ponto: para detectar metais pesados (cobre, zinco, cádmio e chumbo). Foi utilizado 1,5 mL de ácido nítrico em cada amostra de 500 mL (Copasa - MG, 2002), a fim de evitar a precipitação e hidrólise dos metais. As amostras foram mantidas refrigeradas até o dia da análise.

Os teores dos metais pesados foram

determinados por espectroscopia de absorção atômica, com a utilização de um espectrofotômetro de absorção atômica – PERKIN ELMER AAnalyst 3.300. As curvas de calibrações foram obtidas a partir de soluções padrões de diferentes concentrações, expressas em “Partes por Milhão” (ppm). Para análises do cobre foram preparados padrões de 1, 3 e 5 ppm. Para o zinco 1, 2 e 4 ppm, enquanto para o chumbo utilizou-se padrões de 5, 10, 15 e 20. Estes padrões fazem parte do manual do aparelho e delimitam a sensibilidade do espectro de luz para análise dos metais pesados. Foi utilizada a chama de ar/acetileno.

Para a análise de cádmio foi tomado como referência a análise de zinco, visto que todos os compostos naturais desse elemento possuem de 0,1% a 0,3% (METAIS PESADOS, 2004a). Os resultados foram considerados a 0,2%.

2.3 – ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As duas amostras de água do rio Paranaíba foram analisadas em parceria com a Copasa - MG, para Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Óleos e Graxas, (OG), Agentes Tensoativos (ATA) e potencial Hidrogeniônico (pH).

Foram feitas, também, 10 medições da temperatura ambiente e das amostras, em cada um dos pontos, usando um termômetro a álcool, com escala de -50° C a $+50^{\circ}$ C, sendo a variação de 1° C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – MICROBIOLÓGICOS

Os critérios adotados pelo Copam - através da DN 10 (MINAS GERAIS, 1986) e pelo Conama – através da Resolução 20 (BRASIL, 1986), estabelecem o limite de 10 Unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC/mL) de amostra, ou 10 “Numero Mais Provável” por mililitro (NMP/mL) (HAJDENWURCEL, 1998; BRASIL, 2003), para que ela seja considerada contaminada. Os resultados das análises são apresentados na Figura 2.

Por questões de ajuste nas metodologias utilizadas, os resultados das três primeiras análises microbiológicas foram desconsiderados. O resultado médio, das outras 11 análises, das amostras coletadas a jusante foi de 3,62 NMP/mL, o que não excede os limites (HAJDENWURCEL, 1998) da DN 10/86, mas representa 9,74 vezes o resultado obtido em montante. Isso não configura a nulidade de danos ao rio, mesmo que os índices estejam abaixo dos limites estabelecidos pela legislação. A *E. coli* (como indicador biológico) indica a possibilidade de existir microorganismos causadores de doenças (LEVINSON e JAWETZ, 1998; JAWETZ, 1998; TORTORA *et al.*, 2000), na mesma proporção destes resultados.

O resultado da amostra do dia 22/11/2004 gerou o aumento do desvio padrão e descaracterizou o cálculo estatístico (Teste de Hipóteses) para a

contaminação gerada pelo esgoto regional. Foi desconsiderada essa contagem alta, gerada pela lavagem de coliformes existentes no solo (MACÊDO, 2000; PARÂMETROS..., 2004), pelas chuvas dos dias anteriores.

Usando média dos dias anteriores para essa data, pode-se evidenciar o aumento significativo ($p \leq 0,05$) na contaminação do rio, a jusante. Pode-se afirmar com 95% de confiança pelo “Teste de Hipóteses” unilateral e à direita (CALLEGARI – JACQUES, 2003), que os esgotos de Patos de Minas promovem a contaminação do rio Paranaíba. Acredita-se que essa contaminação esteja ocorrendo devido à falta de tratamento dos esgotos gerados pela população urbana. Também, os hospitais da cidade não fazem o tratamento de seus esgotos, jogando-os *in natura* nos sistemas de esgoto municipal.

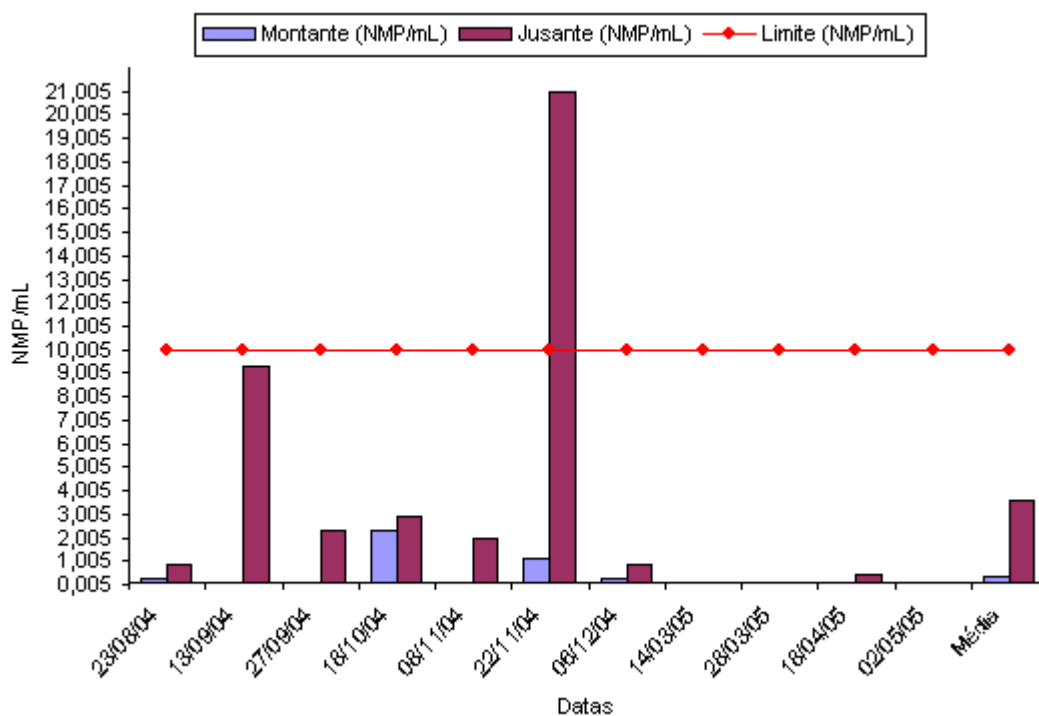


FIGURA 2 - Resultados de Análises Microbiológicas - Conforme DN-10/86 COPAM

Foram identificados 27 pontos de despejos de esgotos e o intenso desmatamento da zona ripática (mata ciliar), sendo que em vários trechos ela inexistente.

Foi verificado que o trecho do rio Paranaíba, compreendido entre os dois pontos analisados, é considerado impróprio para uso de recreação de contato primário, conforme restrições (alínea “d”, nos itens 3, 4 e 5) do Art. 20, da DN 10/86 Copam

(MINAS GERAIS, 1986). Isso porque havia sinais de poluição por esgotos, perceptíveis pelo olfato e pela visão, mesmo distante dos pontos de lançamento. Esses resíduos podem oferecer riscos à saúde e tornam desagradável a recreação. Os resíduos hospitalares, se não tratados, podem constituir meio rico em agentes patogênicos, podendo se tornar uma fonte de recontaminação para a população que faça uso desse recurso hídrico (banheação, dessedentação humana ou animal, irrigação de hortaliças, etc.) sem o seu prévio tratamento.

3.2 – METAIS PESADOS

Os critérios adotados pelo Copam, através da DN 10 (MINAS GERAIS, 1986), estabelecem normas e padrões para a qualidade das águas, condicionando o limite de 0,020 mg/L para o cobre (Cu); 0,180 mg/L para o zinco (Zn), 0,001 mg/L para o cádmio (Cd) e 0,030 mg/L para o chumbo (Pb).

A concentração média a montante foi de 0,0111 mg/L para Cu; de 0,0743 mg/L para Zn; de 0,000149 mg/L para Cd e; de 0,2544 mg/L para Pb. Em jusante, a concentração média de 0,0147 mg/L para Cu; de 0,0589 mg/L para Zn; de 0,000118 mg/L para Cd e; de 0,2679 mg/L para Pb. e indicam que a cidade não promove a contaminação do rio para os mesmos, contudo, há a contaminação geral do rio para esses metais. Na área urbana, os efluentes domésticos podem representar a principal fonte de Zn para o rio (BIOS, 2000).

Há a contaminação por cobre ($p < 0,05$) em ambos os pontos, sendo que tende a ser mais reduzida a montante, apesar dos vários picos. É possível que o uso de fertilizantes – em um sistema que não possui remanescentes florestais, os quais poderiam atuar como filtros verdes para a retenção de material lixiviado – represente a principal via de acesso de metais pesados ao sistema, notadamente

Cr, Cu e Pb (BIOS, 2000). Como há a intensa utilização das áreas onde deveria ser a mata ciliar, para as criações extensivas e intensivas de animais e plantios comerciais irrigados que margeiam o rio Paranaíba e seus afluentes; outras fontes de Cu e Zn podem ser, como sugerem os picos a montante (Figuras 3 e 4), as fezes de gado, suínos, aves e pesticidas, por arraste pluvial (RADOJEVIC' & BASHKIN, 1999). Esses metais podem estar chegando ao rio através do chorume do “lixão municipal”.

A concentração de chumbo nos dois pontos (Figura 6) é superior ($p < 0,01$) aos limites aceitáveis, podendo provocar sérios danos à população ribeirinha (RADOJEVIC' & BASHKIN, 1999; WILKE, 2004; ÁVILA – CAMPOS, 2005). As análises apresentaram uma concentração média positiva de 0,0134 ppm de chumbo em jusante com relação a montante. Houve a contribuição da cidade em 0,0527 vezes (ou 5,27 %), e a contaminação geral do rio excede em 8,93 vezes (a jusante) o limite estabelecido na DN 10/86.

Observa-se uma sazonalidade em 2004, com tendência de concentração de chumbo de julho a setembro (talvez pela redução no volume de água do rio), seguido da redução até a não detecção em dezembro, seguindo assim até maio de 2005.

Para os resíduos de Pb, acredita-se que esteja havendo a contribuição das lavanderias de roupa, que utilizam produtos de descoloração e tingimento de têxteis (BIOS, 2000; GOULART, informação verbal) e pesticidas (e.g. arsenato de chumbo) (RADOJEVIC' & BASHKIN, 1999; SCORZA JÚNIOR, 2004), verificados pelos picos (Figura 6) tanto a montante quanto jusante, em dias alternados. Há, também a contribuição dos “lixões municipais” por resíduos de baterias e monitores de computadores (DIAS, 2002).

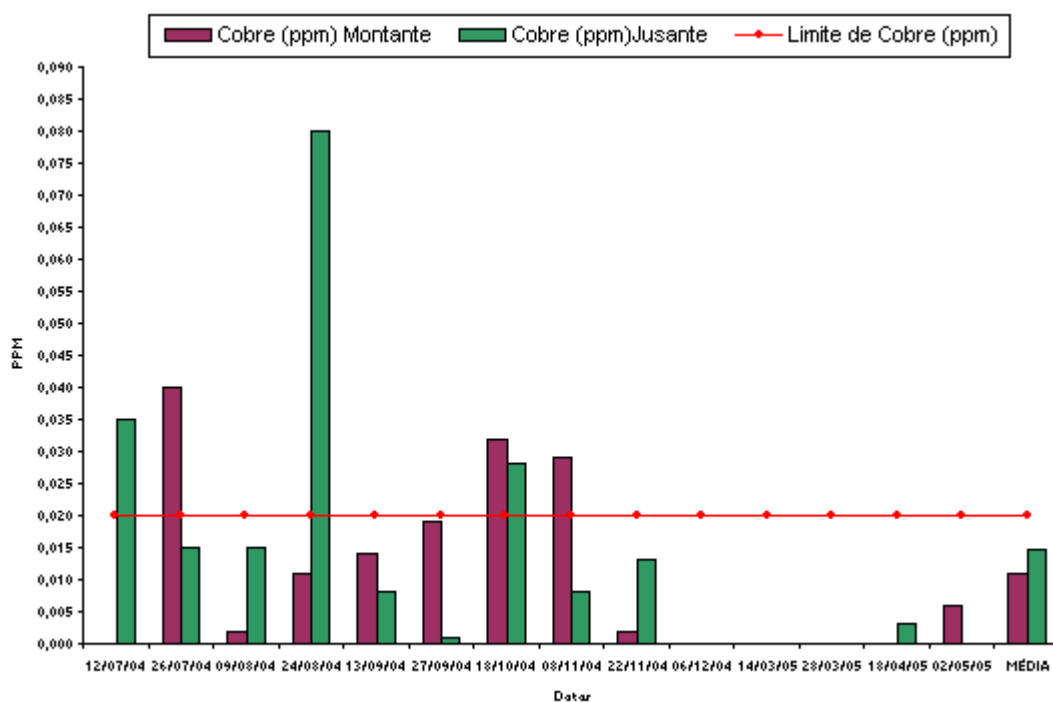


FIGURA 3 - Resultados de Análises de Metais Pesados - Cobre - Conforme DN-10/86 COPAM

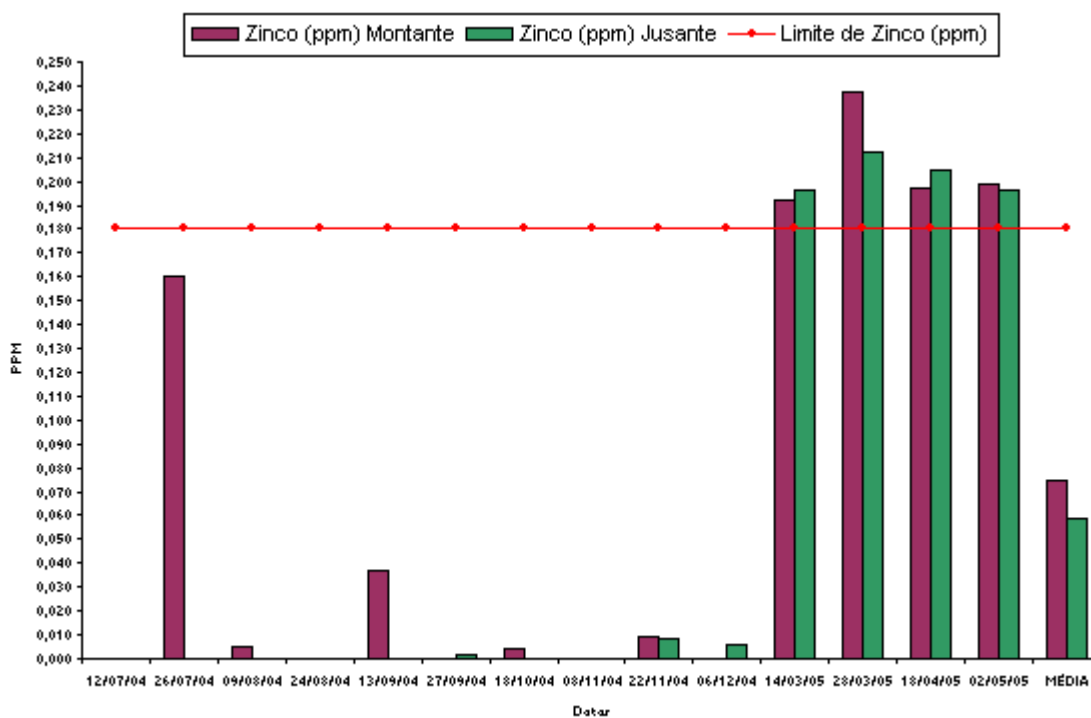


FIGURA 4 - Resultados de Análises de Metais Pesados - Zinco - Conforme DN-10/86 COPAM

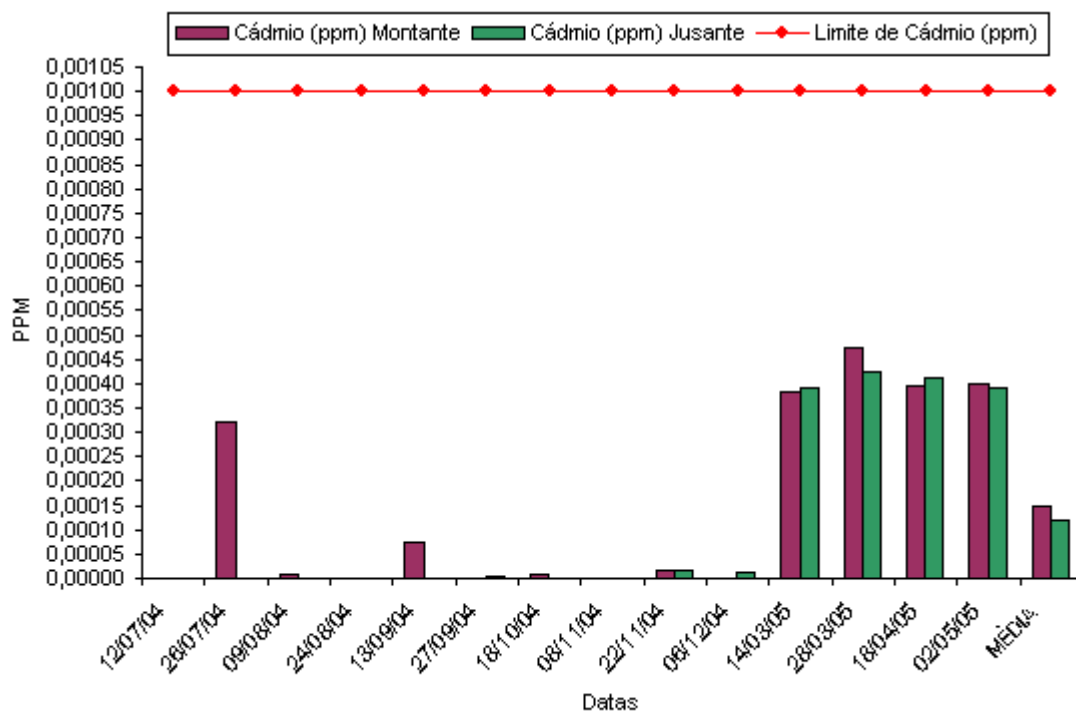


FIGURA 5 - Resultados de Análises de Metais Pesados - Cádmio - Conforme DN-10/86 COPAM

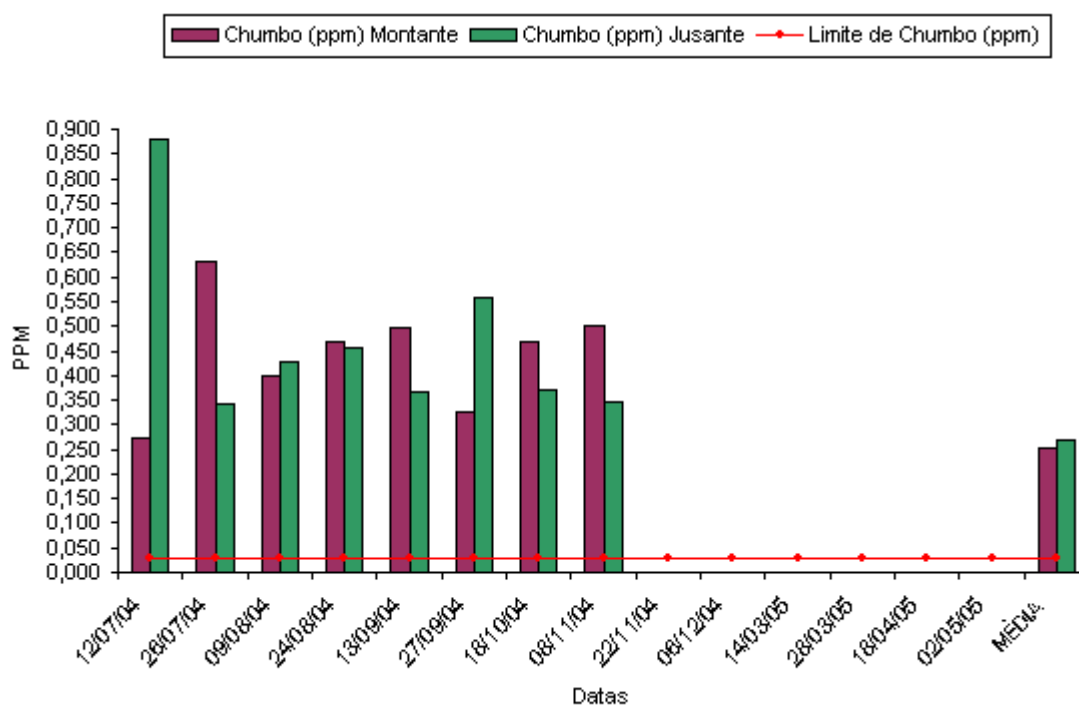


FIGURA 6 - Resultados de Análises de Metais Pesados - Chumbo - Conforme DN-10/86 COPAM

3.3 – FÍSICO-QUÍMICOS

Conforme a DN 10/86 do Copam (MINAS GERAIS, 1986), o limite mínimo para OD é de 5 mg/L e; o máximo para DBO e DQO é de 5 mg/L e; o máximo para OG é de 1 mg/L e, virtualmente ausente para ATA e; estar entre 6 e 9 para o pH e; no máximo de 40° C para temperatura da água, sendo que a variação máxima das amostras deve ser de 3° C entre um ponto e outro. Os resultados são apresentados nas figuras 7 e 8.

A concentração média para OD, a montante, foi de 9,1 mg/L e a jusante de 7,7 mg/L, estando (em ambos os pontos) acima dos limites da legislação. Contudo; houve uma redução de 1,40 mg/L a jusante. Isso reduz a capacidade de reações físico-químicas e biológicas do rio, através do seu poder de autodepuração (RADOJEVIC' & BASHKIN, 1999; BOTELHO, 2004). Essa redução é devida à deposição de materiais inorgânicos (e.g. metais pesados) no rio, como sugere a relação DQO/DBO, a qual foi superior a 3,4/1. A relação ideal deve ser inferior a 2/1 para que os resíduos sejam considerados biodegradáveis (BOTELHO, 2004).

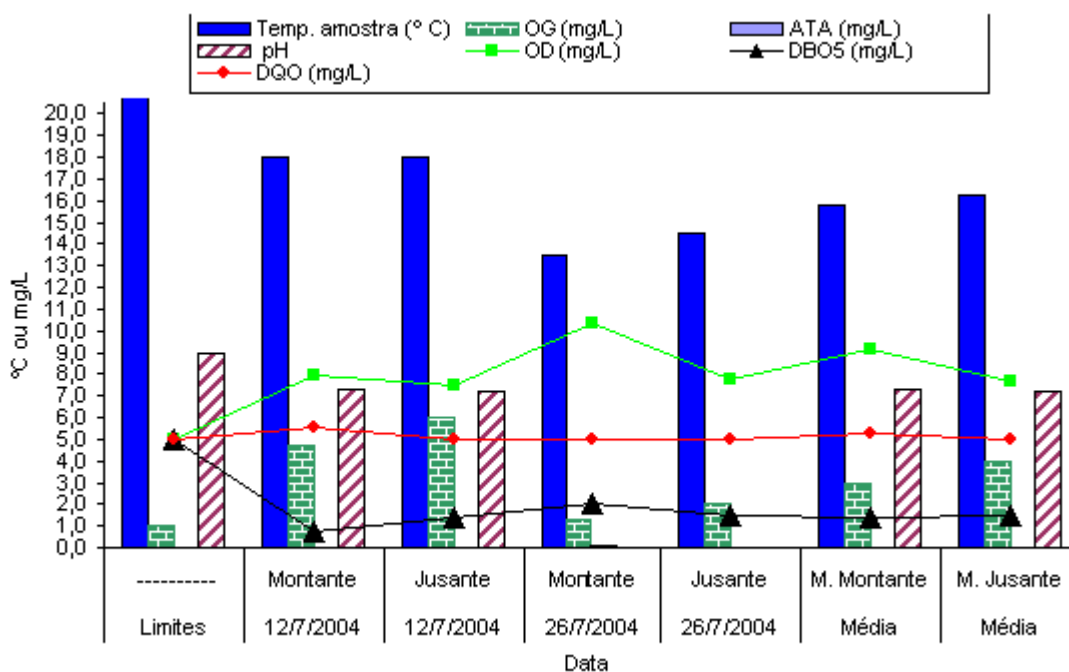


FIGURA 7 - Resultados de Análises Físico-químicas - Conforme DN-10/86 COPAM

O resultado médio para DBO foi de 1,35 mg/L em montante e 1,45 mg/L em jusante, estando muito abaixo do limite. Essa condição facilita ao zooplâncton e ao fitoplâncton fazer a reciclagem dos nutrientes lançados no rio (BRAGA, 2005). Contudo, acredita-se que a variação positiva de 0,10 mg/L à jusante tenha ocorrido em função dos esgotos (urbano e hospitalar), contribuindo para a redução do OD.

A concentração média para DQO, a montante, foi de 5,26 mg/L e a jusante de 4,99 mg/L, ultrapassando o limite em um ponto e estando muito próximo no outro. Estes valores indicam que o rio Paranaíba (em certas épocas do ano) já está no limite de sua capacidade química de decompor os resíduos lançados em seu leito. Esses resultados ocorreram, provavelmente, em função da contribuição dos óleos e graxas (OG) (VARIÁVEIS..., 2004) e pelos metais pesados, detectados nas análises das amostras do rio.

A temperatura influi consideravelmente na atividade biológica relacionada com o consumo de oxigênio (VARIÁVEIS..., 2004) e com a produção fotossintética, além de regular o teor de oxigênio dissolvido (BOTELHO, 2004). A análise para OG apresentou uma variação, sendo positiva em média 1

mg/L em jusante com relação a montante. A poluição química provocada por óleos e graxas leva à deficiência de oxigênio no corpo receptor, toxidez nas espécies aquáticas e eutrofização (SANTANA e REZENDE, 2002). A contaminação por OG apresentou-se quatro vezes acima dos limites da DN 10/86.

Variação de temperatura no rio Paranaíba

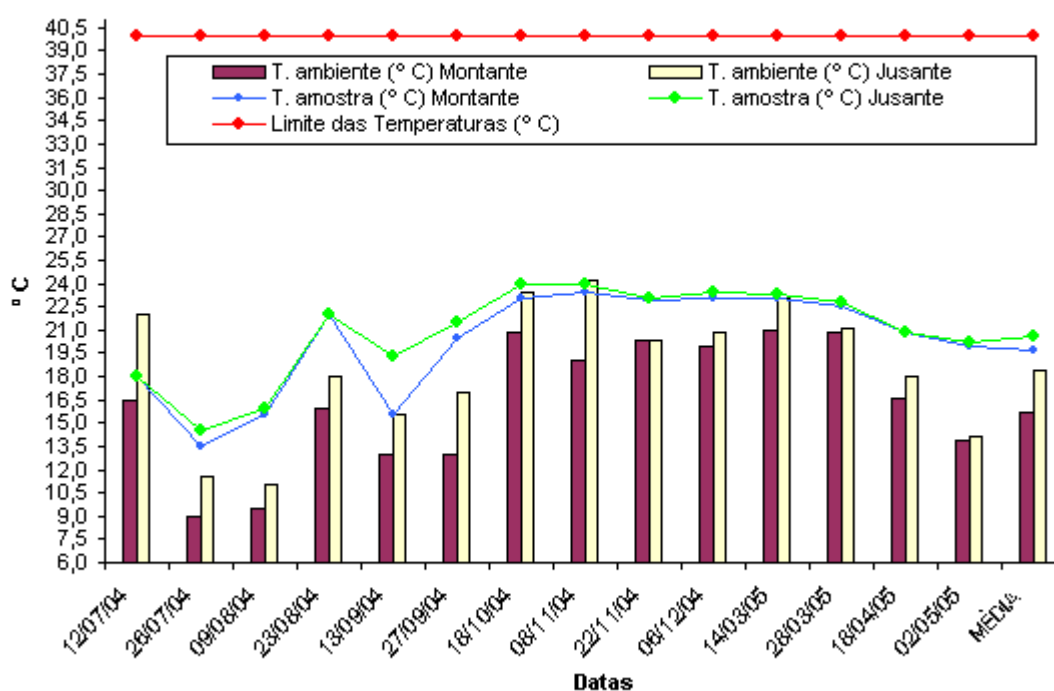


FIGURA 8 - Resultados de Análises Físico-químicas - Conforme DN-10/86 COPAM

Acredita-se que estes óleos e graxas (OG) sejam provenientes dos postos de gasolina e oficinas mecânicas das cidades ribeirinhas (Rio Paranaíba, Carmo do Paranaíba, Lagoa Formosa e Patos de Minas). Isto porque não há qualquer sistema de tratamento dos resíduos, que alcançam os esgotos, dessas empresas e, eles podem estar alcançando o rio Paranaíba, como sugerem os resultados.

As concentrações médias a montante e a jusante para ATA e pH foram, respectivamente: 0,050 mg/L; 0,014 mg/L e; 7,3 e 7,3. Elas apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos na DN 10/86 – COPAM.

4. CONCLUSÃO:

Para os 11 itens pesquisados, pode-se considerar que o rio Paranaíba está contaminado em sete deles.

A contaminação microbiológica produzida pelos patenses não ultrapassa os limites da legislação; contudo; aproxima-se destes, devido a esta contribuição.

Há a contaminação por cobre, zinco, cádmio e chumbo; contudo; esses metais pesados devem estar sendo lançado no rio Paranaíba, principalmente,

antes dos pontos analisados, como sugerem os resultados.

A contaminação de óleos e graxas apresentou-se quatro vezes acima dos padrões estabelecidos pela legislação. Sendo que estes índices foram atingidos devido à contribuição, provavelmente, das cidades de Rio Paranaíba, Carmo do Paranaíba e Lagoa Formosa; e ampliados com as de Patos de Minas.

A demanda química, influenciada pelos metais pesados e óleos e graxas, já está comprometendo o poder de autodepuração do rio Paranaíba.

É necessário que sejam implementadas medidas corretivas e preventivas, pelo poder público e pela população ribeirinha, no sentido de preservar este importante recurso hidrográfico.

Agradecimentos:

À Copasa-MG, à Polícia Especializada do Meio Ambiente-MG pelo apoio técnico em algumas etapas do estudo e aos técnicos dos laboratórios do UNIPAM (Maria Rejane e Anivaldo).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Maria Amélia Paolucci. *Métodos para o exame microbiológico de leite e derivados*. Juiz de Fora, 1995. 85 p. Apostila.

ÁVILA-CAMPOS, Mário Júlio. *Metais pesados e seus efeitos*. Matéria eletrônica. Disponível em: <http://www.mundodoquímico.hpg.ig.com.br/metais_pesados_e_seus_efeitos.htm>. Acesso em: 18 jan. 2005.

A&X Consultoria e Serviços S/C Ltda. *Manual de microbiologia de leite*. São Paulo, 1995. 94 p. Apostila.

BACIA do Paranaíba: banco de dados. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/hidro/>

[detrioparanaiba.htm](http://www.transportes.gov.br/hidro/detrioparanaiba.htm)>. Acesso em 13 abr. 2004.

BOSCARDIN BORGHETTI, N. R.; BORGHETTI, J. R.; ROSA FILHO, E. F. da. *Aqüífero guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul*. Curitiba: Maxigráfica, 2004. 214 p.

BAIRD, Collin. *Environmental chemistry*. 2. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2001. 557 p.

BIOS: cadernos do departamento de ciências biológicas. *Metais pesados de dois rios da bacia do rio Paranaíba do Sul-R. J.*. Belo Horizonte: Editora Puc Minas, v.8, n.8, dez. 2000.

BOTELHO, Honório Pereira. *Tratamento de esgotos e afluentes industriais*. Belo Horizonte: Instituto de Educação Tecnológica, 2002. 98 p. Apostila.

BOTELHO, Honório Pereira. *Tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Instituto de Educação Tecnológica, 2003. 101 p. Apostila.

BOTELHO, Honório Pereira. *Reuso da água*. Belo Horizonte: Sanetec, 2004. 45 p. Apostila.

BRAGA, Benedito. et al. *Introdução à engenharia ambiental: o desafio de desenvolvimento sustentável*. 2 ed. rev. amp. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 305 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução Normativa nº 20, de 18 de junho de 1986*. Estabelece normas e padrões para a qualidade das águas, lançamentos de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Anvisa. Portaria 1.469, de 29 de dezembro de 2000*. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária.

Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializar os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). *Portaria nº 518, de 25 de março de 2004*. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364 p.

CADERNOS de saúde pública – R. J.. v. 12. n. 1. jan/mar/1996. 31 – 35 p.

CALLEGARI-JACQUES, Sídia M. *Bioestatística: princípios e aplicações*. 1ª reimpressão. Porto Alegre: Artmed, 2003. 246 p.

CAIXETA, Ediene. *Condições ambientais das margens do rio Paranaíba do perímetro urbano de Patos de Minas*. 2002. 46 p. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas). Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas.

COSTA e SILVA, Admilson da. *Avaliação da frequência de micronúcleos em eritrócitos de Mandi-amarelo (Pimelodus maculatus) do rio Paranaíba, região de Patos de Minas - MG*. 2004. 23 p. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas.

DEMO, Pedro. *Educar pela pesquisa*. 5. ed. Campinas: Autores Associados, 2002. 129 p. (Coleção: Educação Contemporânea).

DIAS, Genebaldo Freire. *Pegada ecológica e sustentabilidade humana*. São Paulo: Gaia, 2002. 210 p.

DIAS, Genebaldo Freire. *Educação ambiental: princípios e práticas*. 8. ed. São Paulo: Gaia, 2003. 534 p.

ESGOTO. Seção: Trajeto da água. Banco de dados. Disponível em: <<http://www.curadagua.com.br/trajeto.htm>>. Acesso em: 20 out. 2004.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 27 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996. 146 p.

HAJDENWURCEL, Judith Regina. *Atlas de microbiologia de alimentos*. São Paulo: Fonte Comunicações e Editora Ltda., 1998. 65 p. v. 1.

GOULART, Antonio Taranto. Informação verbal. 2004. (Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM, FAFIPA, Rua Major Gote, 808 – Patos de Minas, Minas Gerais, Brasil).

HERRAIZ, Iñigo. *Água para todos, água para la vida*. Rio de Janeiro. Agosto. 2002. Seção: Ecologia. Disponível em: <[http://www.meioambiente.pro.br/água guia: química 2 htm](http://www.meioambiente.pro.br/água%20guia:química2.htm)>. Acesso em 18 jan. 2005.

HERRAIZ, Iñigo. *Água para todos, água para la vida*. Espanha. Março. 2003. Banco de dados. Disponível em: <http://www.lainsignia.org/2003/marzo/ecol_006.htm>. Acesso em 18 out. 2004.

HITCHINS, A.D.; FENG, P.; WATKINS W.D.; RIPPEY, S.R. & CHANDLER, L.A. 2002. *Escherichia coli* and the Coliform bacteria. In: Bacteriological Analytical Manual Online. Disponível em: <http://www.cfsan.fda.gov>. Acesso em 18 out. 2004.

JAWETZ, Ernest; et al. *Microbiologia médica*. 20.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A.; 1998. 506p.

LEVINSON, Warren; JAWETZ, Ernest. *Microbiologia médica e imunologia*. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998. 415 p.

- MACÊDO, Jorge Antônio de Barros. *Águas e águas*. Juiz de Fora: Ortofarma, 2000. 502p.
- METAIS PESADOS. Banco de dados. Disponível em: <<http://www.curadagua.com.br/trajeto.htm>> . Acesso em: 20 out. 2004.
- METAIS PESADOS. Banco de dados. Disponível em: <http://www.myspace.eng.br/quim/quim.1_082.asp>. Acesso em: 15 fev. 2005.
- MINAS GERAIS. Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA – MG). *Manual para execução de coletas de amostras de água*. Patos de Minas. 1984. 57 p.
- MINAS GERAIS. Conselho de Política Ambiental. *Deliberação Normativa nº 10, de 16 de dezembro de 1986*. Estabelece normas e padrões para a qualidade das águas, lançamentos de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências.
- MURRAY, Patrick R. *et al. Microbiologia médica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S. A., 2000. 604 p.
- NEPOMUCENO, J. C. *Detecção de eritrócitos micronucleados em peixes expostos ao mercúrio metálico*. 1993. 119 p. Dissertação (Mestrado em Imunologia e Genéticas Aplicadas). Universidade de Brasília, Brasília.
- OLIVEIRA, José Roberto Guedes; ALVES, Valdir Aparecido. *Meio ambiente natural*. Dezembro de 2002. Seção: Artigos. Matéria eletrônica. Disponível em: <<http://www.cnrh-srh.gov.br/>>. Acesso em: 29 set. 2004.
- PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS. Banco de dados. Disponível em: <<http://www.geocities.com/wwwweibull/Param.htm>>. Acesso em: 20 out. 2004.
- PELCZAR JÚNIOR, Joseph Michael; CHAN, E. C. S.; KRIEG, Noel R. *Microbiologia: conceitos e aplicações*. v. 2. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1996. p.
- PENA JÚNIOR, Deosvaldo Santos. *Metais pesados no organismo humano e na natureza*. 2004. 41 p. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas). Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas.
- PRINCIPAIS fontes e impactos de alguns metais pesados. Banco de dados. Disponível em: <http://www.greenpeace.org.br/toxicos/?conteudo_id=818&sub_campanha=0&img=15>. Acesso em: 20 out. 2004.
- RADOJEVIC^ç, Miroslav; BASHKIN, Vladimir N.. *Practical environmental analysis*. Londres: Royal Society of Chemistry, 1999. 466 p.
- ROSSI, Daise Aparecida. *Curso de microbiologia*. Patos de Minas, 2004. 24 p. Apostila.
- SANTANA, Claudemir Gomes de; REZENDE, Maria Olímpia O.. *Ensaio com jar-test para tratamento de efluentes industriais contendo óleos e graxas*. XVI Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química – Viçosa/MG, 18 a 20 nov. 2002. 01 p.
- SILVA^ç, Juliana de; ERDTMANN, Bernardo; HENRIQUES, João Antônio Pegas. *Genética toxicológica*. Porto Alegre: Alcance, 2003. 401 p.
- SCORZA JÚNIOR, Rômulo Penna. *Contaminação de recursos hídricos por pesticidas: uma ameaça a agricultura moderna*. Matéria eletrônica. Disponível em: <http://www.jornalexpress.com.br/noticias/detalhes.php?id_jornal=8341&id_noticia=204>. Acesso em: 20 out. 2004.
- TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE Christine L; CASALI, Agnes Kiesling. *Microbiologia*. 6. ed. Porto Alegre; Artes Médicas Sul, 2000. 776 p.
- UNA crescente escasez: banco de dados. Disponível em: <http://www.unesco.org/courier/2001_10/sp/doss02.htm>. Acesso em 13 fev. 2004.

VALLADA, Edgard Pinto. *Manual de coprocultura: cultura de fezes, isolamento, identificação bacteriana*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1998. 160 p.

VARIÁVEIS de qualidade das águas. Banco de dados. Seção: Água/Rios e Reservatórios. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em 20 out. 2004.

WERNECK, Gustavo. *Paranaíba, rio salvo pela própria natureza*. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 24 de abr. de 1994. p.6.

WILKE, Berenice Cunha. *Minerais*. São Paulo, 2004. Seção: Biblioteca de Intoxicações. Matéria eletrônica. Disponível em: <http://www.medicinacomplementar.com.br/Biblioteca_de_Intoxicações.asp>. Acesso em: 18 jan. 2005.

ZIMBRES, Eurico. *Química da água subterrânea*. Meio Ambiente. Rio de Janeiro. Agosto. 2002. Seção: Água. Matéria eletrônica. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pro.br/água/guia/aguasubterranea.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2005.