

# IMPACTOS PROVOCADOS POR METAIS POTENCIALMENTE TÓXICOS DISSOLVIDOS EM ÁGUA E EM SEDIMENTOS NO CÓRREGO DO CINTRA – BOTUCATU-SP

Ivalde Belluta<sup>1</sup>

Luciana Ambrósio de Tofoli<sup>2</sup>

Luiz Cláudio Corrêa<sup>3</sup>

Lídia Raquel de Carvalho<sup>4</sup>

Assunta Maria Marques da Silva<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Depto de Química e  
Bioquímica – IB/UN-  
ESP, Botucatu – SP

<sup>2</sup>Depto de Química e  
Bioquímica – IB/UN-  
ESP, Botucatu – SP

<sup>3</sup>Depto de Química e  
Bioquímica – IB/UN-  
ESP, Botucatu – SP

<sup>4</sup>Depto de Bioes-  
tatística – IB/UNESP,  
Botucatu – SP

<sup>5</sup>Depto de Química e  
Bioquímica – IB/UN-  
ESP, Botucatu – SP

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no Córrego do Cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

## RESUMO

O objetivo principal do presente trabalho foi estudar o impacto dos metais dissolvidos e em sedimentos no Córrego do Cintra, localizado na cidade de Botucatu-SP, à jusante do Campus da Unesp-SP, Brasil. Os metais potencialmente tóxicos dissolvidos na água foram detectados na maioria dos locais de coleta. Os Pontos de 1 a 7 superaram o limite máximo permitido pelo CONAMA para o Cd (até 0,280 mg.L<sup>-1</sup>), Fe (5,0 a 47,79 mg.L<sup>-1</sup>), Ni (0,027 a 0,378 mg.L<sup>-1</sup>), Zn (< 5,0 mg.L<sup>-1</sup>), Pb (0,033 a 0,072 mg.L<sup>-1</sup>) e Cu (0,028 a 3,82 mg.L<sup>-1</sup>). Detectaram-se também as possíveis fontes geradoras pontuais (efluente tratado e não tratado) e difusas (agroquímicos e resíduos lixiviados da Rodovia Marechal Rondon) que comprometem significativamente a qualidade da água. Quanto aos parâmetros físico-químicos estudados, somente a condutividade elétrica apresentou valores indicativos de poluição em quase todos os pontos, pois superaram 100µS.cm<sup>-1</sup>. Os metais em sedimentos apresentaram valores elevados que comprometem a biota aquática. Mecanismos corretivos nos principais

Recebido em: 4/11/2007

Aceito em: 12/9/2008

focos geradores de poluição, educação continuada aos agricultores que fazem uso de agroquímicos e medidas mitigadoras de redução do escoamento superficial proveniente da Rodovia Marechal Rondon são medidas necessárias para o restabelecimento da qualidade d'água ao longo do córrego do Cintra, seja para o uso e ocupação do solo ou recreação.

**Palavra-chave:** Córrego do Cintra. Metais potencialmente tóxicos. Sedimento. Parâmetros físico-químicos. Biodisponibilidade.

## ABSTRACT

*The objective of the present study was to investigate the impact of metals dissolved and in sediments in the Cintra Stream located in Botucatu city, SP, downstream Unesp Campus SP, Brazil. The potentially toxic metal dissolved in the water were detected in most of the collection places. Points 1 to 7 surpassed the maximum index allowed by Resolution of CONAMA n° 357/2005, for the Cd (until 0,280 mg. L-1), Fe (5,0 to 47,79 mg. L-1), Ni (0,027 to 0,378 mg. L-1), Zn (< 5,0 mg. L-1), Pb (0,033 to 0,072 mg. L-1), Cu (0,028 to 3,82 mg. L-1). It was also detected the possible focal generating sources (effluent treated and not treated) and diffuse (agrochemistry and lixiviated residues of the "Marechal Rondon" high-way) that significantly impairs the water quality. As for the physical and chemical parameters studied, only the electrical conductivity-EC presented indicative values of pollution in almost all the sites (over 100mS/cm). Metals in sediments presented high values, which probably are impairing the aquatic biota. Corrective mechanisms in the main generate focus of pollution, continued education to the agriculturists who use agrochemistry and mitigate measures in the reduction of "rainfall-runoff" from the road, are necessary measures for the recover water quality along Cintra stream, for the use and occupation of the ground or for recreation purposes.*

**Key words:** Cintra stream, potentially toxic metal, sediment, physical and chemical parameters, biodisponibiliy

## INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente tem surgido de modo significativo há apenas poucas décadas. Dia após dia, esta preocupação

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

vem tomando novas dimensões dentro dos mais diversos setores da sociedade mundial. A importância da preservação dos recursos hídricos leva à necessidade de monitorar e controlar a contaminação desses ambientes e os metais potencialmente tóxicos estão entre os contaminantes mais perigosos e persistentes no ambiente aquático. Portanto, suas fontes, transporte e destino precisam ser estudados.

O destino do esgoto sanitário gerado nas cidades, na maioria das vezes, são cursos de água, lagos e oceanos. Na natureza, o processo de mineralização da matéria orgânica acontece através de microorganismos decompositores cujo processo é natural. Da mesma forma, a lagoa de estabilização, tipo facultativa, promove também o tratamento de forma natural (NUVOLARI, 2003). O projeto e operação de uma lagoa de estabilização possibilitam um perfeito sincronismo de condições propícias à sobrevivência de microorganismos aeróbicos e anaeróbicos. Estes consomem oxigênio livre disponível da água e resulta como subproduto a água, gás carbônico e nutrientes. Por sua vez, as algas consomem os nutrientes, utilizando a luz solar como fonte de energia para realizar fotossíntese e irão liberar o subproduto oxigênio, necessário às bactérias, fechando assim o ciclo. O lodo acumulado no fundo das lagoas produz uma variedade de gases (gás carbônico, metano, gás sulfídrico etc). O gás carbônico, ao subir, é liberado para a atmosfera ou consumido pelas algas e os demais gases são oxidados pelo elevado nível de oxigênio reinante na massa líquida (NUVOLARI, 2003).

Silva et al (2000), apresentaram dados referentes a determinações físico-químicas e espécies químicas definindo a qualidade da água do Rio Pardo (Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema) entre os municípios de Botucatu e Pardinho. Dos 8 locais de coleta, da nascente do Rio Pardo na cidade de Pardinho (P1) a captação de água na cidade de Botucatu (P8) são considerados mais críticos os pontos 5 e 6, por estarem a jusante da estação de tratamento de esgoto de Pardinho, e o Ponto 3 pela sua localização a jusante desta cidade.

Valente et al (1997) estudaram a poluição na cidade de Botucatu por esgoto sanitário lançado “in natura” no ribeirão Lava-pés (Bacia Hidrográfica do Médio Tietê), concluíram que, além de inviabilizar o uso de água no seu percurso e causar outros prejuízos, contribui para agravar a eutrofização na represa de Barra Bonita.

Quanto aos metais potencialmente tóxicos, as principais fontes são: os fertilizantes (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) e pesticidas (Cu, Pb e Zn) encontradas na agricultura, além da queima de combustíveis fósseis que emitem Pb, Cd, Zn, Cu particulados durante sua combustão que ficam dispersos na atmosfera, precipitam no solo e contaminam os corpos de águas. Estes metais também são lixiviados dos resí-

duos de baterias (Pb, Zn, Cd, Ni), pigmentos e tintas (Pb, Cd, Zn), uso médico (Cu, Zn,) e aditivos em combustíveis e lubrificantes (Pb) (PINTO, 2005).

A contaminação potencial dos corpos d'água por estes metais se verifica principalmente devido a três fatores:

instalações ao longo da rodovia, com despejo de efluentes sanitários, graxas e óleos;

precipitação de resíduos sólidos, hidrocarbonetos, aldeídos, assim como outros materiais sólidos como borracha de pneus e lonas de freios, e aqueles caídos de cargas transportadas, entre outros; acidente com cargas potencialmente poluentes.

Na fase operacional da rodovia, a poluição da água é representada pela precipitação de hidrocarbonetos e aldeídos emanados pelas descargas dos veículos, borracha e asbestos liberados pelos pneus desgastados e lonas de freios no seu desgaste, poeiras e materiais sólidos maiores oriundos das cargas transportadas, etc (DNIT, 2005). Tais efeitos só poderão ser mitigados através da observação e controle de qualidade sobre os equipamentos automotores utilizados, para os quais já são feitas exigências da Resolução do Conama nº 18 de 1986, de adequação tecnológica dos veículos, de modo a minimizar os efeitos de poluição. Quanto ao transporte de cargas perigosas, no Brasil, é regido pelo Decreto nº 96.044 de 18 de maio de 1988.

Na Europa, o padrão de migração da poluição de estradas varia ao longo do ano. O uso de agentes para o degelo mostrou poder interferir com a mobilização dos metais potencialmente tóxicos, devido ao aumento das concentrações de sódio, cálcio e cloreto, que promove a troca iônica entre si. Um aumento pronunciado de concentração verificou-se especialmente no caso do Zn e do Cd, que não são tão fortemente adsorvidos às partículas do solo como o Cu e o Pb (LEITÃO et al., 2000).

Judová e Janský (2005) mostram o efeito do uso indiscriminado de fertilizantes em áreas rurais na República de Czecha – União Europeia e que a diminuição do escoamento de águas superficiais com esses elementos pode ser alcançada com medidas apropriadas às condições do solo e demanda da agricultura com o controle de erosão através do plantio de mata ciliar, fazendo com que o escoamento de água com matéria orgânica não atinjam o leito do rio.

Estudos realizados no reservatório Qaraaoun, em Beirut, revelaram diferentes concentrações de metais em sedimentos em três zonas distintas. A primeira zona está localizada na área de transição entre o rio Litani e o reservatório por apresentar elevadas concentrações de metais associadas à matéria orgânica presente neste local; a região central do reservatório com quantidade reduzida de matéria

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do Cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

orgânica e baixas concentração de metais (Cu, Pb e Zn) e na zona terminal da represa com reduzida concentração de Fe associado a diminuição de Cr e Ni neste sedimento (KORFALI, 2006).

Soto-Jimenez et al. (2003) mostram o acúmulo de metais potencialmente tóxicos em sedimentos no sudeste do Golfo da Califórnia, costa do México. Foram coletadas amostras de sedimentos de 60 a 80 cm de profundidade para análise de metais e sua interação com o Carbono Orgânico Total (TOC) no pântano Chiricahueto. Encontraram correlação entre o TOC e os metais Cd, Cu, Ni, Pb e Zn com significativa interação entre si. Os resultados indicaram que todos, exceto Ni, são provenientes de atividades antropogênicas, sendo também o Cd, Cu e Zn de origem agrícola.

Jesus et al. (2004) estudaram as concentrações médias de Fe, Cu, Pb, Zn, Mn e Hg em sedimentos no estuário da Baía de Vitória, cuja influência antrópica foi provocada pelo lançamento de efluentes domésticos e indústrias e representativo deflúvio superficial urbano (“runoff” urbano). A poluição dessas águas por contaminantes tanto biológicos como químicos é um problema de âmbito mundial.

O conceito de monitoramento da qualidade da água é muito mais amplo do que a simples verificação dos padrões legais de qualidade de água. Deve atender à necessidade de responder o que está sendo alterado e por que estas modificações estão ocorrendo. O gerenciamento da qualidade da água precisa dessas respostas para que ações tomadas sejam eficientes na redução dos danos ao meio ambiente, atuais e futuros (CONAMA- n. 357, 2005)

É importante que se estabeleçam formas de utilização desses dados coletados, permitindo que essas informações sejam úteis ao gestor dos recursos hídricos e à sociedade e que delas resulte um passo a mais no conhecimento dos processos da natureza (BRAGA, 2003).

Souza (2005) estudou a qualidade do efluente tratado nas lagoas de estabilização de esgoto sanitário, Estação de Tratamento de Esgoto- SABESP (ETE), localizado no Campus da UNESP em Botucatu, distrito de Rubião Junior e através de parâmetros físicos-químicos, microbiológicos e metais potencialmente tóxicos, detectou valores significativos que comprometem a qualidade da água do rio receptor que é o Córrego do Cintra.

A área de estudo do presente trabalho localiza-se no município de Botucatu, na região centro-sul do Estado de São Paulo, Brasil, a 230 km da capital. Esta região apresenta uma geomorfologia que propicia a formação de quedas d’água, cujo relevo, chamado de “Cuesta”, situada a 990 m de altitude, é divisor de águas entre as Bacias Hidrográficas do Rio Paranapanema e do Rio Tietê. O córrego do Cintra, afluente da Bacia do Rio Tietê, nasce no Jardim Botânico, dentro do

Campus da Unesp de Rubião Junior. O leito do córrego entre sua nascente e as cachoeiras sofre influências do efluente tratado nas lagoas de estabilização de esgoto sanitário, Estação de Tratamento de Esgoto - SABESP (ETE), provenientes da população do Distrito de Rubião Junior, das Unidades do Hospital das Clínicas, laboratórios de Pesquisa do Instituto de Biociências e do Hospital Veterinário e de áreas de pastos, pomares, cultivo de grãos e hortaliças, dessedentação de animais com áreas desprovidas de mata ciliar. Este trabalho visa, através da determinação de parâmetros físico-químicos (pH, Temperatura da água e ar, Turbidez, Condutividade elétrica) e metais potencialmente tóxicos (Fe, Ni, Zn, Cd, Pb, Cu) dissolvidos na água e em sedimentos do fundo do rio, estudar a qualidade da água do Córrego do Cintra e suas possíveis alterações causadas por efeitos antropogênicos relacionando o meio ambiente em termos de lazer, uso e ocupação do solo desta microbacia.

## MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram realizadas no Departamento de Química e Bioquímica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, UNESP Campus de Botucatu.

Local da Coleta - A Microbacia do Córrego do Cintra (Figura 1) está localizada a noroeste da cidade de Botucatu e nasce dentro do Campus da UNESP, em Rubião Junior seguindo seu fluxo ao norte até o Rio Tietê. Foi analisada a água em 8 pontos diferentes ao longo do rio (Figura 1), sendo que 6 pontos de coleta (P1 a P6) estão dentro desta microbacia e 2 pontos (P7 e P8) estão a jusante da foz, que é divisor de águas da Microbacia do Rio Araquá, onde está localizado o Parque Ecológico Pavuna com suas cachoeiras. Os pontos de coletas 3 a 8 sofrem influência de escoamento de água superficial oriundo da Rodovia Marechal Rondon (Figura 1) que está localizada entre os quilômetros 255 e 259, sendo que a distância no P3 perpendicularmente à rodovia, é cerca de 257m e à medida que se aproxima do P6, esta distância reduz para cerca de 50 m, visto que o Rio Araquá, foz do Córrego do Cintra, atravessa a rodovia através de galerias e encerra com os pontos 7 e 8 que se distancia novamente em direção às cachoeiras.

Os critérios para a escolha destes pontos foram as contribuições das sub-bacias de drenagem dos principais afluentes no Córrego do Cintra, em relação às ações antrópicas da população urbana e/ou rural, localização da Rodovia Marechal Rondon e de suas condições físicas e facilidade de acesso.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

BELLUTA, Ivalde  
 et al. Impactos  
 provocados  
 por metais  
 potencialmente  
 tóxicos dissolvidos  
 em água e em  
 sedimentos no  
 córrego do cintra  
 – Botucatu-SP.  
*Salusvita*, Bauru,  
 v. 27, n. 2, p. 239-  
 258, 2008.

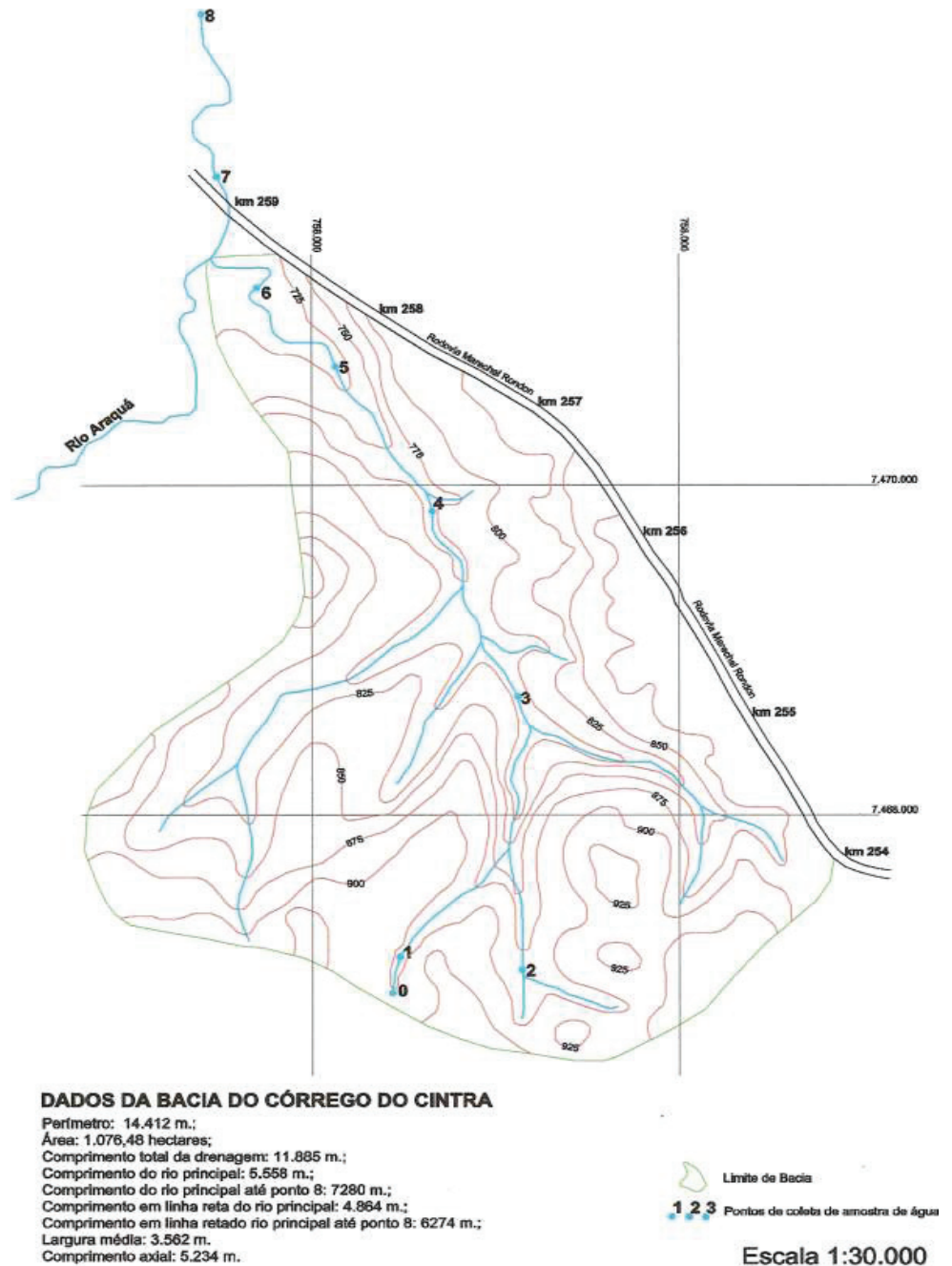


Figura 1 – Microbacia do Córrego do Cintra

Periodicidade da coleta e amostragem:- As coletas foram realizadas por um período de 12 meses, de Junho/2005 a Maio/2006 seguindo um cronograma de coleta de acordo com a sazonalidade em períodos de 60 dias aproximadamente. Cada Coleta foi realizada com pelo menos 5 dias de estiagem para não comprometer a condição natural do ambiente pela diluição das águas das chuvas.

Parâmetros Físico-Químicos:- A metodologia proposta está de acordo com as Normas de Golterman et al. (1991), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (GREENBERG et al., 2005).

Temperatura da água e do ar:- As temperaturas da superfície da água e do ar foram medidas no momento da coleta através de um termômetro digital de campo acoplado ao pHmetro da marca Quimis.

Condutividade Elétrica (CE):- A CE, de unidade é  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (micro Siemens por centímetro), foi determinada utilizando um condutivímetro, da Digimed.

Turbidez:- A turbidez foi determinada através de Turbidímetro Turbiquat, Merck modelo 1500T, cuja unidade é UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

pH: As leituras de pH nas amostras foram realizadas utilizando-se pHmetro Quimis, modelo Q 400 M2 com eletrodo de vidro combinado.

Metais: Metal total dissolvido em água e em sedimento: Após o processamento das amostras de água e resíduos de acordo com Odier (1978) as determinações dos teores dos metais: Cd, Cu, Pb, Fe, Ni e Zn foram realizadas através do espectrofotômetro de absorção atômica (AA – 6800 – Atomic Absorption Spectrophotometer, Shimadzu), interfaciado a um computador, onde o registro obtido no aparelho é diretamente proporcional à quantidade de emissão atômica produzida pelo metal na amostra.

Com o objetivo de verificar o comportamento de cada variável nos locais, foram realizadas análises de variância seguidas do teste de Tukey (Tukey's Studentized Range – HSD), ao nível de 5% de significância (ZAR, 1999).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A utilização de diversos parâmetros para determinar quantitativamente o impacto da poluição antropogênica sobre as comunidades aquáticas tem sido bastante comum. Instrumentos capazes de fazer medidas da qualidade da água são úteis na detecção de cargas poluentes na composição da água. Parâmetros como: temperatura da água, condutividade elétrica e pH são comumente monitorados (RANALLI, 1998 apud MOATAR, 2001).

No presente trabalho, os valores de pH não diferiram muito sua amplitude nas 6 coletas realizadas como mostra a Tabela 1. Considerando todos os pontos e coletas, o menor valor encontrado foi de 6,45 e o maior 8,95. Nas coletas 1, 2 e 5 apresentaram caráter ligeiramente

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.



BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

ácido nos pontos 1 e 2, não havendo nenhuma relação com a pluviosidade (Tabela 2), que se manteve entre 35,1 e 63,8mm de chuva, pois de acordo com Carvalho (2000), a relação da pluviosidade e pH de um rio aumenta consideravelmente devido a um provável efeito de diluição dos ácidos orgânicos liberados pelo trecho do solo alagadiço para dentro do ribeirão, mas, de acordo com o Conama (2005), o pH da água na classe III pode variar entre 6 e 9.

Já nos pontos 3 a 7, foram encontrados valores de pH próximos entre si. No P<sub>8</sub>, a média das coletas foi de 8,2 (Tabela 1), em que o pH variou de 7,55 a 8,95 em todas as coletas, mesmo nas épocas de variação de pluviosidade, o que condiz com a boa qualidade da água que chega nas cachoeiras durante o período estudado.

Tabela 1 - Resultados do Teste de Tukey para as variáveis pH, Temperatura do ar e da água, Turbidez e Condutividade Elétrica.

Ponto	Variáveis				
	pH	Temp. do ar °C	Temp. da água °C	Turbidez (UNT)	Cond. Elétrica (mS/cm)
P1	7,1±0,7B	22,5±3,4A	19,4±2,2 A	18,5±7,4A	78,2±40,4C
P2	6,9±0,4B	20,2±2,7A	21,4±1,8 A	10,8±5,0B	175,6±37,2A
P3	7,8±0,6AB	20,4±2,9A	19,0±2,4 A	4,6±1,8B	121,4±10,5B
P4	7,8±0,6AB	22,2±3,2A	20,0±2,3 A	5,9±2,8B	101,9±14,8BC
P5	7,7±0,6AB	22,2±2,9A	19,8±2,2 A	6,5±2,5B	94,1±10,8BC
P6	7,7±0,6AB	21,2±2,8A	19,8±2,5 A	6,9±2,7B	86,4±4,8BC
P7	7,8±0,6AB	19,6±2,9A	19,9±2,4 A	7,6±2,7B	80,6±2,8C
P8	8,2±0,5A	18,4±3,6A	19,2±2,1 A	6,8±2,1B	77,9±3,2C
V. "P"	0,021	0,27	0,74	<0,001	<0,001

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Variações de temperatura são partes do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas Cetesb (2007a).

Conforme mostrado na Tabela 1, a temperatura da água não apresentou significativa amplitude nas 6 coletas realizadas no período. Entretanto, a variação de temperatura em cada ponto e coleta, pode ser verificada em função da sazonalidade, pois nos meses de inverno, as temperaturas chegaram a 15,8°C e no verão atingiram temperaturas até 23,7 °C.

Da mesma forma, a temperatura do ar (Tabela 1) pouco diferiu na sua variância nas 6 coletas, onde apresentaram similaridades de valores. A variação significativa da temperatura do ar nas 4 estações do ano e nas 6 coletas atingiu a máxima de 27,4°C e mínima de 13,0°C.

Já para a CE (Figura 2), o P<sub>2</sub> teve a maior média (175,6  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) diferindo dos demais pontos, o que representa sério comprometimento na qualidade de água. O P<sub>3</sub> teve média inferior ao P<sub>2</sub>, porém, ainda alta, diferenciando-se também dos pontos 7 e 8. Os pontos 1, 7 e 8 foram os que tiveram menores valores.

A CE pode ser relacionada com o índice pluviométrico, pois, em períodos de baixo índice, ocorre o aumento das concentrações de sais e nos períodos mais elevados, ocorre o efeito da diluição destes no corpo de água. Entretanto, nos pontos 2, 3 e 4, em todas as coletas os valores de CE variaram de 105,3 a 246,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , independente da pluviosidade, devido à proximidade dos pontos de contaminação. Já nos pontos 1 e 5, na 3ª e 2ª coletas respectivamente, a CE foi de 158,7 e 110,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , cujo índice foi de 63,8 e 35,1 mm de chuva. Nos demais pontos, os valores não superaram os limites de 100  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  (CETESB, 2007b)

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

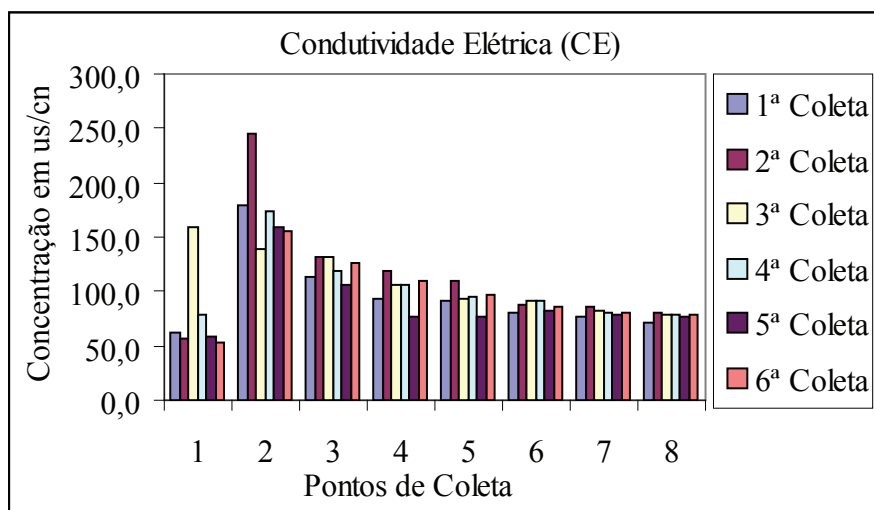


Figura 2 - Medidas da Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) da nascente à foz na região estudada.

Já a Turbidez (Tabela 1) revelou baixos valores da amplitude para as 6 coletas (Tabela 1), havendo discrepância somente no P<sub>1</sub> (18,5 UNT). Quanto aos outros pontos, variaram de 4,6 a 10,8 UNT. Nos pontos 1 e 2, as medidas da turbidez destacaram-se entre os demais, porém, mantiveram-se inferiores a 100 UNT, medidas essas consideradas normais segundo Conama (2005).

O mecanismo de transporte do material sólido dissolvido ou suspenso na água é chamado advecção que nos rios move o constituinte de montante para jusante como movimento do próprio líquido, por isso, nos rios, é o principal mecanismo de transporte dos constituintes.

Os metais particulados de um rio encontram-se na fração não-dissolvida, adsorvida à superfície de partículas em suspensão.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

Assim, os metais são transportados ao longo do curso da água podendo sedimentar. Esta sedimentação pode ser considerada como uma forma de purificação da água, porém, o processo de

Tabela 2 – Índices Pluviométricos.

Cronograma de coletas	Mês / Ano	mm de Chuva
1ª coleta	Junho / 2005	51,2
	Julho / 2005	18,7
	Agosto / 2005	52
2ª coleta	Setembro / 2005	35,1
	Outubro / 2005	183,5
3ª coleta	Novembro / 2005	63,8
	Dezembro / 2005	183,3
4ª coleta	Janeiro / 2006	172
	Fevereiro / 2006	262,7
5ª coleta	Março / 2006	211,2
	Abril / 2006	60,9
6ª coleta	Maio / 2006	8,7

Os dados expressos nesta tabela foram obtidos através do Depto Recursos Naturais - Ciências Ambientais – FCA/Lageado – UNESP – Botucatu

dessorção ocorre devido às variações no pH e a concentração do íon metálico na água (SILVA et al., 2006).

Os resultados das concentrações dos metais dissolvidos estudados foram comparados com os Padrões de Potabilidade (P.P.) da Portaria 518 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) e de Qualidade Ambiental (Q.A.) da resolução 357 (CONAMA, 2005) para corpos d'água, classe III, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Valores dos Padrões de Potabilidade (P.P.) e Padrões de Qualidade Ambiental (P.Q.A.), para o Cd, Fe, Ni, Zn, Pb e Cu, e em mg.L<sup>-1</sup>.

	Cd	Fe	Ni	Zn	Pb	Cu
P.P.	0,005	0,300	-	5,000	0,010	2,000
P.Q.A.	0,0100	5,000	0,025	5,000	0,033	0,013

Nas tabelas 4 e 5, as concentrações dos metais (Cd, Fe, Ni, Zn, Pb e Cu) dissolvidos em água e em sedimentos respectivamente estão representados pelas médias seguidas de letras iguais não diferindo estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância segundo o método de Tukey.

Para o Cd dissolvido em água, na sexta coleta, foi detectado no P<sub>5</sub>, valor médio superior ao limite de 0,01 mg.L<sup>-1</sup> estabelecido pelo Conama (2005)(Tabela 4). Para o Cd em sedimento (Tabela 5), observamos variações em seus níveis de 0,354 a 2.1mgL<sup>-1</sup>. Dados da Cetesb (2006) mostra que esse metal está presente na água doce em níveis traços, geralmente inferiores a 0,001 mg.L<sup>-1</sup> e pode ser liberado através da queima de combustíveis fósseis e também pela sua utilização na produção de pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, agrotóxicos, etc.

O Cd é um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua entrada na cadeia alimentar, o que torna um fator de risco para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer.

Tabela 4 – Média e desvio-padrão referentes às variáveis: Cd, Fe, Ni, Zn, Pb e Cu dissolvidos em água.

Ponto	Variáveis					
	Cd	Fe	Ni	Zn	Pb	Cu
P1	0,0030±0,0000A	10,4±18,4A	0,028±0,007A	0,085±0,055A	0,044±0,018A	0,031±0,036A
P2	0,0030±0,0000A	3,4±3,2A	0,027±0,004A	0,062±0,036A	0,0337±0,001A	0,038±0,051A
P3	0,0030±0,0000A	1,7±1,6A	0,100±0,121A	0,069±0,044A	0,0383±0,017A	0,044±0,065A
P4	0,0033±0,0006A	2,0±1,6A	0,020±0,003A	0,192±0,352A	0,0333±0,002A	0,049±0,008A
P5	0,0723±0,1390A	1,8±1,7A	0,105±0,143A	0,033±0,027A	0,044±0,024A	0,036±0,044A
P6	0,003 ±0,000A	2,1±1,9A	0,147±0,182A	0,045±0,045A	0,040±0,017A	0,045±0,072A
P7	0,003 ±0,000A	2,6±2,6A	0,151±0,197A	0,129±0,157A	0,038±0,008A	0,069±0,110A
P8	0,003 ±0,000A	2,0±1,8A	0,140±0,164A	0,022±0,004A	0,036±0,006A	1,026±1,872A
V. "P"	0,69	0,80	0,77	0,72	0,96	0,49

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância

Souza (2005) estudou a qualidade efluente tratado nas lagoas de estabilização de esgoto - SABESP (ETE), Campus da Unesp em Botucatu, distrito de Rubião Junior e relata dados referentes aos metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos coletados em 2 pontos na lagoa facultativa secundária, realizado no período de 9 meses (de março a novembro de 2004) com frequência mensal. Para Cd dissolvido em água, os valores não ultrapassaram o limite máximo permitido pela Tabela 3, PQA e em sedimentos não foi detectado.

De acordo com Braile e Cavalcante (1993), o Cd é considerado um elemento de elevado potencial tóxico, é irritante gastrointestinal e sob a forma de sais solúveis tem causado intoxicação aguda e crônica. Estes autores relatam que na área de Long Island, New York, foram encontradas taxas de 0,34 a 0,60 mg.L<sup>-1</sup> deste metal. Consideram também, como causa de contaminações nos efluentes, atividades com galvanoplastia.

No córrego do Cintra, na região estudada, o Cd foi detectado no P<sub>5</sub> (Tabela 4) a aproximadamente 50m da Rodovia Marechal Rondon (Km 258). O baixo índice pluviométrico no período (Tabela 2), elimina a possibilidade de contaminação difusa, sugerindo contaminação pela queima de combustível fóssil.

Nos EUA, Estado da Califórnia, os níveis máximos permitidos para metais potencialmente tóxicos em água potável são de 0,004 mg.L<sup>-1</sup> para Cd, 0,013 mg.L<sup>-1</sup> para Cu, 0,065 mg.L<sup>-1</sup> para Pb e 0,120 mg.L<sup>-1</sup> para Zn com relação à fração dissolvida do metal na água. (PINTO, 2005).

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

Tabela 5 – Média e desvio-padrão referentes às variáveis: Cd, Fe, Ni, Zn, Pb e Cu em sedimentos.

Ponto	Variáveis					
	Cd	Fe	Ni	Zn	Pb	Cu
P1	1,28±1,16A	11,4±6,6B	9,6±8,7A	0,89±0,55A	15,9±13,7A	0,07±0,08 A
P2	1,20±1,13A	15,2±6,8B	9,9±9,3A	1,13±1,22A	20,9±22,9A	1,52±2,53 A
P3	1,06±0,83A	17,3±17,4B	9,3±7,3A	0,56±0,48A	15,0±12,9A	3,08±4,33 A
P4	0,89±1,25A	25,3±37,4AB	7,2±10,2A	0,37±0,40A	13,0±18,4A	1,73±2,95 A
P5	1,13±1,05A	32,2±12,7AB	4,8±0,1A	1,03±0,55A	16,9±17,7A	1,11±1,82 A
P6	0,83±0,59A	65,6±24,1A	2,1±1,8A	1,22±0,77A	14,5±14,2A	2,53±2,82 A
P7	1,11±0,93A	70,1±29,2A	2,9±3,1A	0,91±0,81A	17,5±18,0A	2,06±2,37 A
P8	1,26±1,12A	43,9±21,9AB	3,0±2,8A	0,29±0,46A	17,5±16,2A	1,65±2,76 A
V. "P"	1,00	<0,001	0,80	0,40	1,00	0,95

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância

O Fe dissolvido em água apresentou média superior no P<sub>1</sub>, em relação aos demais (Tabela 4), embora não tenha sido observada diferença significativa nas coletas 1 e 2. Nos pontos 2 e 6, na 2ª coleta, a concentração variou de 5,0 a 5,69 mg.L<sup>-1</sup>. Nesses pontos, a CE variou de 56,2 a 246 mS.cm<sup>-1</sup> e a pluviosidade foi baixa (35,1 a 51,2 mm). Já para sedimentos, este metal apresentou elevados valores, cuja amplitude variou de 11,4 a 70,1 mg.L<sup>-1</sup> (Tabela 5). As maiores concentrações ocorreram na 5ª coleta nos pontos 4, 6 e 7 (92,0, 97,4 e 106,0 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente).

Quanto às características, o ferro confere a água um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva. Os sais ferrosos são solúveis em água e facilmente oxidados. Formam os hidróxidos férricos que tendem a flocular e a decantar. Ferro ou sais de ferro em presença de gás sulfídrico combinam-se produzindo sulfetos ferrosos de cor preta, causando problemas às fábricas de papel, tecidos, conservas (BRAILE e CAVALCANTE, 1993).

Nas determinações de Souza (2005) o elemento Fe dissolvido em água, foi encontrado valores mínimos 0,104 mg.L<sup>-1</sup>, valor máximo 1,267 mg.L<sup>-1</sup>. Para os sedimentos, o Fe não foi detectado.

Ao considerar que no P<sub>1</sub> ocorre lançamento de efluente “in natura” do hospital das clínicas do Campus de Botucatu e o P<sub>2</sub> corresponde ao efluente tratado nas lagoas de estabilização (ETE), as concentrações do Fe aqui encontradas são possivelmente de origem antrópica e não somente da composição do solo.

Os maiores valores para Ni dissolvido ocorreram na 3ª Coleta (Tabela 4), em (21/11/2005) em que os pontos 3, 5, 6, 7 e 8 apresentaram as concentrações de 0,240 a 0,378 mg.L<sup>-1</sup>. Com exceção do P<sub>4</sub>, todos os pontos excederam os limites permitidos pela Conama (Tabela 3, PQA). Já as concentrações de Ni em sedimentos variaram de 0,850 a 16,5 mg.L<sup>-1</sup> em todos os pontos e coletas e os maiores valores ocorreram na 3ª coleta, nos pontos 1, 2, 3 e 4 (15,81, 16,5, 14,44 e 14,37 mg.L<sup>-1</sup> respectivamente).

Estudos demonstram que o Ni é carcinogênico ao homem. Nos peixes, este metal impede a realização de trocas gasosas entre a água e os tecidos branquiais levando à morte por asfixia, por outro lado, este metal complexado (níquelcianeto) é tóxico quando em baixos valores de pH e em concentrações de  $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , desse complexo, são tóxicas aos organismos de água doce (CETESB, 2007b).

Já as concentrações de Ni em sedimentos variaram de  $0,850$  a  $16,5 \text{ mg.L}^{-1}$  em todos os pontos de coletas. Os maiores valores ocorreram na 3ª coleta, nos pontos 1, 2, 3 e 4 ( $15,81$ ,  $16,5$ ,  $14,44$  e  $14,37 \text{ mg.L}^{-1}$  respectivamente).

Os resultados para o Ni obtidos no efluente da lagoa de estabilização (ETE) por Souza, 2005 foram: valor mínimo  $0,012 \text{ mg.L}^{-1}$ , valor máximo  $0,021 \text{ mg.L}^{-1}$ . Para sedimentos não foram detectados.

Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ , embora concentrações de mais de  $11,0 \text{ mg.L}^{-1}$  possam ser encontradas, principalmente em áreas de mineração. A maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Doses elevadas de níquel podem causar dermatites nos indivíduos mais sensíveis e afetar nervos cardíacos e respiratórios (CETESB, 2007b).

No Córrego do Cintra na região estudada com exceção do  $P_3$ , os outros pontos estão localizados em áreas desprovidas de mata ciliar, com uso e ocupação do solo e atividade agrícola próxima à Rodovia Marechal Rondon (Km 257 a 259) e a pluviosidade neste período esteve em torno de  $63,8 \text{ mm}$  de chuva e a CE superou  $100 \text{ mS/cm}$ . Com a ausência da barreira natural nas margens dos rios e conservação do solo, em períodos de pluviosidade elevada, os metais podem alcançar o córrego através do escoamento superficial de água.

As concentrações de Zn (Tabela 4) dissolvidos em água detectados no período estudado não superaram o limite máximo permitido (Tabela 3, PQA) porém, os valores encontrados variaram de  $0,020$  a  $0,720 \text{ mg.L}^{-1}$ . Esse aumento na concentração acompanhou o curso d'água, com exceção do  $P_4$ , que na 3ª coleta, apresentou os maiores valores.

O Zn é também bastante utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. A sua presença é comum nas águas naturais, tendo excedido, em um levantamento efetuado nos EUA, a  $20 \text{ mg.L}^{-1}$  em 95 dos 135 mananciais pesquisados. Este metal é essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de  $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ , confere sabor à água e uma certa opalescência a águas alcalinas. A ação desse íon metálico sobre o sistema respiratório dos peixes é semelhante à do níquel, anteriormente citada (CETESB, 2007b). Para a análise de sedimentos, o Zn variou de  $0,016$  a  $3,09 \text{ mg.L}^{-1}$  em todos os pontos e os maiores valores ocorreram nos pontos 2 e 5, com  $3,090$  e  $1,14 \text{ mg.L}^{-1}$  respectivamente.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do Cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

Nos EUA, populações, consumindo águas com 11 a 27 mg.L<sup>-1</sup>, não tiveram constatada qualquer anormalidade prejudicial à saúde (CETESB, 2007b).

As concentrações de Pb dissolvidos em água superaram o limite máximo permitido nas 1ª e 2ª Coletas, com variações de 0,030 a 0,072 mg.L<sup>-1</sup> em todos os pontos. Da terceira coleta em diante, com exceção do P<sub>4</sub>, que apresentou 0,036 mg.L<sup>-1</sup>, os valores foram inferiores ao limite máximo (Tabela 3, PQA). Souza (2005) obteve valores de Pb dissolvido nas lagoa de estabilização (ETE) cujos teores mínimos de Pb na ordem de 0,108 mg.L<sup>-1</sup> e máximo de 0,166 mg.L<sup>-1</sup> e para sedimentos não foram detectados.

No presente estudo, o Pb nos pontos 1 e 2 são devido ao lançamento de efluentes tratados das lagoas de estabilização e esgoto (ETE) do Campus da Unesp de Botucatu no Córrego do Cintra. Os sedimentos apresentaram valores significativos em todos os pontos, com variação de 0,004 a 37,22 mg.L<sup>-1</sup>.

A proximidade da Rodovia Marechal Rondon (Km 257 a Km 259) pode ter contribuído na contaminação dos pontos 4 a 8 devido ao escoamento de resíduos junto com as águas das chuvas no período (Tabela 2) através de galerias pluviais.

A presença de Pb está veiculada à contaminação oriunda de indústrias, como as de galvanoplastia e de baterias. Este metal tende a ser cumulativo no organismo, levando à intoxicação crônica denominada de saturnismo. As principais fontes de contaminação, segundo Bechara (2004), são devidas às tintas de paredes, baterias de automóveis, soldas, gasolinas aditivadas com tetra-etil-chumbo (até 1982) e emissões industriais. O excesso de Pb em águas podem causar doenças em valores superiores a 10 µg.L<sup>-1</sup>.

As determinações de Cu dissolvido em água apresentaram valores superiores aos limites permitidos na 3ª Coleta em todos os pontos, com variações de 0,081 a 3,82 mg.L<sup>-1</sup>. Na 6ª coleta, os pontos 1, 2, 3 e 5 apresentaram valores de 0,028 a 0,038 mg.L<sup>-1</sup>. Para a 1ª e 2ª coleta, apresentaram de 0,040 e 0,199 mg.L<sup>-1</sup> e no P<sub>1</sub>, na 4ª coleta, 0,032 mg.L<sup>-1</sup>.

Os valores médios obtidos por Souza (2005) na lagoa de estabilização (ETE) foi somente o valor máximo de 0,0093 mg.L<sup>-1</sup> de Cu e para sedimentos não foi detectado.

O Cu ocorre geralmente nas águas, naturalmente, em concentrações inferiores a 20 µg.L<sup>-1</sup>. Quando em concentração elevada, é prejudicial à saúde e confere sabor às águas. Segundo pesquisas efetuadas, uma concentração acima de 20 mg.L<sup>-1</sup> de cobre na água pode produzir intoxicações humanas com lesões no fígado. Para os peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas desse metal são extremamente nocivas. (CETESB, 2007b).

Esses valores demonstram contaminação difusa ao longo do rio e em épocas diferentes no período estudado. As lagoas de Estabilização do Tratamento de Esgoto (ETE), talvez sejam a principal fonte contaminadora depois de lixiviar resíduos em outros pontos. Para os sedimentos, a concentração variou de 0,022 a 9,27 em todos os pontos e coletas, de modo que os pontos com maiores valores foram P<sub>4</sub> e P<sub>5</sub> que variou de 2,9 a 9,27 mg.L<sup>-1</sup>.

Segundo Leitão et al. (2000), em seu trabalho sobre a poluição causada por estradas em países da Europa, o zinco surge como o metal que apresenta maiores concentrações em todos os locais, seguido do cobre, chumbo e cádmio. Estes resultados devem-se ao maior número de fontes (radiadores, combustível, óleos etc) do Zn e Cu em relação a outros metais.

No período estudado ao longo do Córrego do Cintra, o P<sub>1</sub> recebe o lançamento de efluente não tratado e apresenta o Ni, Pb, Cu e Fe em elevadas concentrações e acima do máximo permitido (Tabela 3, PQA).

Já os metais em sedimentos (Tabela 5), em todos os pontos do Córrego do Cintra apresentaram valores elevados. As médias para o Fe estavam entre 11,4 e 15,2 mg.L<sup>-1</sup>, para o Ni os valores variaram entre 9,6 e 9,9 mg.L<sup>-1</sup> e para o Pb estavam entre 15,9 e 20,9 mg.L<sup>-1</sup>.

De todos os metais estudados, o Cd, no P<sub>5</sub>, elevou-se com relação aos demais pontos, o Ni, a partir do P<sub>5</sub>, variou de 0,105 a 0,151 mg.L<sup>-1</sup> até o P<sub>8</sub>. O metal Zn, apesar dos resultados estarem dentro dos limites máximos permitidos, oscilaram entre 0,192 e 0,129 mg.L<sup>-1</sup> entre os pontos 4 e 7. O elemento Pb variou entre 0,033 a 0,044 mg.L<sup>-1</sup> a partir do P<sub>5</sub>. Da mesma forma o Cu, oscilou entre 0,036 a 1,026 mg.L<sup>-1</sup> nos P<sub>4</sub> ao P<sub>8</sub>.

Para o metal Fe, as variações médias estavam entre 1,7 a 2,6 mg.L<sup>-1</sup> a partir do P<sub>3</sub> e acredita-se que devido o tipo de solo, é esperado valores elevados para este metal dissolvido em água e em sedimentos.

Todos os metais em sedimentos apresentaram as mesmas influências das fontes de contaminação e, com exceção do P<sub>2</sub>, os demais pontos foram influenciados pelo esgoto bruto lançado “in natura” diretamente no córrego do Cintra até 1990, antes da construção da lagoa de estabilização e que, ainda hoje, são encontrados resíduos de metais na calha do córrego.

De acordo com Souza (2005) observamos que os P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>, são influenciados pelo lançamento do efluente tratado da ETE-SABESP e que a jusante afetam os pontos 3 a 8, pois somente os metais Ni, Pb, Cu e Fe, elevam-se abruptamente e à medida que se distanciam das fontes poluidoras reduziram. Da mesma forma, observou-se que as concentrações dos elementos Cd, Ni, Zn, Pb e Cu elevaram-se a partir do P<sub>4</sub>, região de uso e ocupação do solo, ausência de mata

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.



BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do Cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

ciliar e área agrícola sugere influência de uso de produtos agrícolas e interferentes lixiviados pelas águas pluviais oriundas da Rodovia Marechal Rondon.

## CONCLUSÃO.

Das variáveis físico-químicas estudados, somente a CE apresentou valores elevados denunciando os pontos 1 e 2 como principais fontes de contaminação. Da mesma forma ocorreu com os metais potencialmente tóxicos (Ni, Pb, Cu) cujos valores apresentaram-se elevados nestes pontos.

Verificou-se que a partir do P<sub>4</sub>, houve elevação abrupta das concentrações dos metais dissolvidos em água (Cd, Ni, Zn, Pb, Cu) em virtude de ser região agrícola com uso indiscriminado de produtos agroquímicos e a ocorrência de escoamento de águas superficiais provenientes da rodovia Marechal Rondon (Km 255 a Km 259).

Os metais em sedimentos apresentaram elevados valores em todos os pontos devido ao acúmulo residual destes metais na calha do córrego do Cintra. Antes da construção da lagoa de estabilização ETE-SABESP, todo efluente bruto da Unesp Campus de Botucatu era lançado diretamente neste córrego (P<sub>1</sub>).

A solução para restabelecer a qualidade da água do Córrego do Cintra para dessedentação de animais e recreação seriam ações corretivas nos pontos críticos de lançamento de efluentes, recomposição da mata ciliar, uso e ocupação do solo com educação continuada junto aos agricultores que fazem uso de produtos agrícolas, além de medidas mitigadoras de redução do escoamento superficial proveniente da Rodovia Marechal Rondon (Km 257 a Km 259).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Sr<sup>a</sup> Vânia Aparecida Oliveira e Fábio Henrique Fava, pelo apoio técnico na obtenção dos resultados das análises realizadas e aos serviços de Maria Aparecida Nunes de Oliveira.

## BIBLIOGRAFIA

BECHARA, E. J. H., Chumbo, intoxicação e violência: Informativo CRQ-IV, São Paulo, p. 8-11, Jan./Fev. 2004.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; BARROS, M.T.L. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 305p.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTE, J.E.W.A. O controle da poluição. In: CETESB. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo, 1993. p. 1-106.

BRASIL. Decreto nº 96044, de 18 de maio de 1988. Aprova o regulamento para o transporte Rodoviário de Produtos e dá outras providências. Brasília, 1988. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/legislacao>. Acesso em 14 set. 2007.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA n.357, de 17 março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de afluentes e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 10 de set. 2007.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA n. 18, de 6 de maio de 1986. Institui o programa de controle de poluição do ar por veículos automotores – PRODOVE. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 10 de set. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. <http://www.agrolab.com.br>. Acesso em 10 set. 2007.

CARVALHO, A.R.; SCHLITTLER, F.H.M; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. Química Nova, São Paulo, v. 23 nº 5, 618-622, 2000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. CETESB. Significado Sanitário: Parâmetros de qualidade de água. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/parametros.htm>>. Acesso em: 14 Dez. de 2006.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. CETESB. Variáveis de qualidade de água. São Paulo, 2007a. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp>>. Acesso em: 11 Jul. de 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. CETESB. Significado sanitário: parâmetros de qualidade. São

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.

Paulo, 2007b. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/parametros.htm>>. Acesso em: 23 Jul. de 2007.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A. M. *Methods for physical and chemical analysis of freshwaters*. 3. ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1991. p. 2178, p. 1991.

GREENBERG, A. E.; RICE, E. W.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. (Eds.). *Standard methods for examination of water and wastewater*, 21. ed. Washington: American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 2005. 1368 p.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do Sistema Estuário da ilha de Vitória – E.S. Espírito Santo. *Química Nova*, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

JUDOVÁ, P., JANSKÝ, B., *Water quality in rural areas of the Czech Republic: Key study Slapanka River catchment*. *Limnologica*, 2005, v. 35, p.160-168.

KORFALI, S. I.; JURDI, M.; DAVIES, B. E.. Variations of metals in bed sediments of Qaraaoun Reservoir, Lebanon (Beirut). *Environ. Monit. and Assess. Dordrecht*. v. 115, p. 307 – 319, 2006.

LEITÃO, T. E.; FERREIRA, J. P. L.; SMETS, S. DIAMANTINO, C. A poluição ambiental causada por estradas. O projeto Polmit. In: CONGRESSO RODOVIÁRIO PORTUGUES. 1., 2000, Portugal. Comunicação. Portugal, 2000.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. Manual rodoviário de conservação monitoramento e controle ambiental. Publicação Irr – 711. Brasília: Diretoria de planejamento e pesquisa, Instituto de Pesquisas Rodoviárias. 2005.

MOATAR, F.; MIGUEL, J; POIREL, A. A quality – control method for physical and chemical monitoring data. Application to dissolved oxygen levels in the river Loire (France). *Journal of Hydrology, Amsterdam*, v.252, p. 25 – 36, 2001.

NUVOLARI, A.; TELLES, D. A.; RIBEIRO, J. T.; MIYASHITA, N. J.; RODRIGUES, R. B.; ARAUJO, R. *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003, 505p.

ODIER, J. L' *Analyse de L' Eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaries, Eau de Mer*. 6. ed. Paris: Bardas, 1978.

PINTO, C. A. *Estudo da estabilização por solidificação de resíduos contendo metais pesados*. 2005. 229f. Dissertação (Doutorado na

Área de Concentração Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

RANALLI, A. An evaluation of in situ measurements of water temperature, specific conductance, and pH in low ionic strength streams. *Water, Air, Soil Pollution*, Dordrecht, v.104, p.423-441, 1998.

SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 8468, de 8 de Setembro de 1976. Aprova o regulamento da Lei n. 997, de 31 de Maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1976.

SILVA, A.M.M.; CARVALHO, L.R.; SANTINI, J. A. Parâmetros físico-químicos e espécies químicas definindo a qualidade da água de um rio: um estudo de caso no Rio Pardo (Botucatu, SP). **Rev. Sinergia**, v. 2, p. 531-541, 2000.

SILVA, A.H.C.L.; LAURIANO, A.; BATISTA, R. C. R.; BAPTISTA, M. Seminário: Transporte de poluentes em cursos d'água – parte física e química. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica – Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2006.

SOTO-JIMENEZ, M.; PAEZ-OSUNA, F.; RUIZ-FERNANDEZ, A. C. Geochemical evidences of the anthropogenic alteration of trace metal composition of the sediments of Chiricahueto marsh (SE Gulf of California). *Environmental Pollution*, Barking, v.125, p. 423-432, 2003.

SOUZA, I. F. Caracterização da qualidade de efluentes e a possível utilização da biomassa como fonte energética. 2005. 127 f. Dissertação (mestrado em agronomia “Energia na Agricultura”) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho, Botucatu – SP, 2005.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. Contribuição da cidade de Botucatu – SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. *Revista Eclética Química*, v. 22, p.31-48, 1997.

ZAR, J. H. *Bioestatistical Analysis*. Prentice Hall, 4. ed. New Jersey, 1999, 663 p.

BELLUTA, Ivalde et al. Impactos provocados por metais potencialmente tóxicos dissolvidos em água e em sedimentos no córrego do cintra – Botucatu-SP. *Salusvita*, Bauru, v. 27, n. 2, p. 239-258, 2008.