

Poluição por metais pesados na bacia do rio Barigui, estado do Paraná

Pollution by heavy metals in Barigui river, Paraná state

Submetido em: 15/08/16
Revisado em: 29/0106/16
Aprovado em: 11/11/16

Mariane Furtado Gonçalves
Regina Tiemy Kishi
Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes

RESUMO: Os cursos de água, em geral, são afetados seriamente por atividades urbanas e industriais existentes em sua bacia hidrográfica. O objetivo deste estudo foi determinar o conteúdo, a distribuição e as condições de contaminação por metais pesados (chumbo, níquel, zinco, cádmio e cromo) no rio Barigui (na água e no sedimento), afluente do rio Iguazu, na região metropolitana de Curitiba e fortemente influenciado por questões urbanas. As amostras de água e sedimento foram coletadas em cinco datas diferentes ao longo de um ano. Observou-se que o sedimento do rio Barigui se encontra contaminado com metais pesados monitorados neste estudo chumbo, cromo, níquel e zinco, exceto para o cádmio que apresentou concentrações abaixo do limite de detecção do método. Conteúdo de cromo ultrapassa 35 mg/kg (Limiar 1 da Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 344/04) em vários locais do rio principal. De maneira geral, o conteúdo de metais monitorados ao longo do rio atinge 50% ou mais dos valores dos limites preconizados pela legislação. Já na água, baixas concentrações destes metais foram encontradas. O potencial efeito da contaminação foi avaliado através das fontes potenciais de poluição, obtidas através da análise das condições de uso e ocupação do solo da bacia.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, Contaminação, Metais pesados.

ABSTRACT: Watershed are affected by urban and industrial activities. The objective of this paper was to determine the content, distribution and conditions of heavy metal contamination (lead, nickel, zinc, cadmium and chromium) in Barigui river (water and bottom sediment), tributary of the Iguazu River, in the metropolitan region of Curitiba and strongly influenced by urban issues. The water and sediment samples were collected on five different dates over a year. The sediment Barigui river is contaminated with heavy metals lead, chromium, nickel and zinc, except for cadmium which appeared below the limit of detection in 4 of the 5 campaigns. In several locations of the Barigui river, the chromium content exceeding 35 mg/kg (Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Resolution 344/ 04). In general, metal concentrations in bottom sediment reached 50% (or 50% above) the values of the metal concentrations determined by legislation. For the concentrations of metals in water, low concentrations were found. The potential effect of contamination was evaluated by potential pollution sources, obtained through the use and occupation of the basin.

Keywords: River basin, contamination, heavy metals.

INTRODUÇÃO

O controle da contaminação dos corpos de água é um dos grandes desafios de gestão dos recursos hídricos, uma vez que, geralmente, estão associados as indicações de degradação de uma bacia hidrográfica com as suas especificidades e dinâmica de uso e ocupação do solo. Em especial com relação aos metais pesados, há um grande interesse ambiental, dada as dificuldades analíticas relacionadas à sua identificação. Sua ação química apresenta atuação tóxica no meio ambiente e na saúde pública. Adicionalmente,

vários metais não possuem caráter de biodegradação e são bioacumuláveis e bioconcentráveis, o que determina que permaneçam em ciclos biogeoquímicos globais, entrando na cadeia alimentar, e as águas naturais são seus principais meios de condução.

Vários trabalhos têm voltado seu interesse para a quantificação de poluição por metais pesados em sedimentos e água, reunindo dados sobre o impacto ambiental e suas complexas relações com as atividades econômicas (FUCHS et al., 2002, CELERE et al., 2007, PITRAT, 2008). Modelos que consideram as fontes potenciais do poluente têm sido alvo de

desenvolvimento como ferramenta de gestão, como o MoRE – Modelling of Regionalized Emissions (FUCHS et al., 2011), usado pelo Ministério do Meio Ambiente da Alemanha.

Metodologias de diagnóstico voltado às causas dos problemas para auxiliar na gestão podem levar a uma gestão mais sustentável da bacia. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi determinar o conteúdo e a distribuição espacial e temporal de metais pesados, em conjunto com as condições de contaminação, no rio Barigui, afluente do rio Iguaçu, localizado no estado do Paraná.

A bacia do rio Barigui apresenta uma área de drenagem de aproximadamente 279 km² e extensão de seu rio principal de 67 km. Suas nascentes situam-se no município de Almirante Tamandaré e sua foz no rio Iguaçu, na divisa entre os municípios de Araucária e Curitiba. Neste trabalho, optou-se pelo estudo dos metais pesados Cr, Cd, Ni, Pb, e Zn, já que na bacia supramencionada, existem indústrias com potencial de lançamento desses metais para os corpos de água.

CONDIÇÕES DE CONTAMINAÇÃO

Condição de contaminação é definido como fonte potencial de contaminação, resultado de atividades antrópicas na superfície do solo, conforme usado por Mimi e Assi (2009). Metais pesados podem ocorrer naturalmente nas águas, porém em baixas concentrações; o aumento dessas concentrações é provocado, principalmente, por despejos de origem industrial, despejo de efluentes domésticos, uso de fertilizantes e pesticidas, áreas de despejo e disposição de resíduos sólidos, presença de cemitérios, e composição natural dos solos.

O efluente doméstico pode conter metais já presentes na água potável e nos produtos usados nas atividades domésticas ou pelos moradores (zincos em cosméticos), bem como nos alimentos ingeridos que posteriormente serão eliminados através das fezes e urinas (UBA, 2005). Quantificações de metais pesados foram realizadas por Tonani (2008) em esgoto bruto e tratado.

As atividades agrícolas utilizam agrotóxicos para controle de pragas e fertilizantes para a nutrição das plantas, os quais podem conter em sua composição

metais pesados. Como exemplo dessa utilização, pode-se destacar a utilização do cobre como fungicida. Embora o cobre seja um importante micronutriente para plantas, ou seja, com sua ausência podendo prejudicar o desenvolvimento das mesmas, por outro lado, uma concentração muito alta pode ser tóxica. Nesse caso, o cobre vem sendo usado como fungicida por mais de 100 anos na Alemanha (UBA, 2005).

As áreas de despejo e de disposição dos resíduos sólidos (lixões, aterros controlados e aterros sanitários) em relação a algumas substâncias produzidas ou contidas nos resíduos urbanos não podem ser consideradas como fim dessas substâncias, porque o chorume produzido pode conter várias dessas substâncias orgânicas e inorgânicas. A composição físico-química do chorume é extremamente variável, dependendo de fatores que vão desde as condições pluviométricas locais, até tempo de disposição e características do próprio lixo (CELERE et al., 2007). Em vários outros estudos já foram encontradas concentrações de alguns metais pesados no chorume: Bagatin (1988); Aisse (1987); Suderhsa, (2000); Oliveira (2004); Bandeira (2004), conforme relatado por Pitrat (2010).

A Organização Mundial de Saúde mostrou-se preocupada com o impacto que os cemitérios poderiam causar ao meio ambiente, com o aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas e a presença de microrganismos (WHO, 1998). Matos (2001), em um estudo realizado na Universidade de São Paulo -USP, concluiu que cemitérios podem ser fontes geradoras de impactos ambientais. E que pode haver um aumento na concentração dos íons mais importantes bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio, e dos metais ferro, alumínio, chumbo e zinco nas águas próximas de sepulturas, devido à composição do necrochorume e resíduos das urnas.

O homem contamina o solo com algumas atividades, por exemplo, o uso de material agrícola, pavimentação, dentre outros, sendo que o solo sob o ponto de vista ambiental, não é somente a fonte de nutrientes, mas também um filtro para remoção desses contaminantes, pois nele fica retida grande parte das substâncias tóxicas que podem chegar ao curso de água. Porém, ele também é uma entrada de sedimentos nas águas de superfície e representa um parâmetro principal para o cálculo da entrada de metais pesados pela erosão (FUCHS et al., 2002).

Segundo Tucci (2008) o desenvolvimento urbano tem produzido um ciclo de contaminação, gerado pelos efluentes da população urbana, que são o esgoto doméstico/industrial e o esgoto pluvial. Esse processo ocorre em razão do esgoto pluvial transportar grande quantidade de poluentes orgânicos e metais que atingem os rios nos períodos chuvosos, sendo que os metais comumente encontrados são: zinco, chumbo, cobre, cádmio, cromo e níquel (PUSCH; GUIMARÃES; GRASSI, 2007). Áreas de tráfego (rodovias, ruas, estacionamentos) são fontes que contribuem com metais pesados provenientes de desgaste de pneus, pastilhas de freio e asfalto; de escapamentos de automóveis; e da combustão de combustível (REDDY et al., 2014; PAGOTTO, 1999, apud PITRAT, 2010), que atingem os corpos de água pelo escoamento superficial ou por deposição atmosférica.

MATERIAL E MÉTODOS

Identificação das emissões de metais na bacia hidrográfica

A identificação do perigo de contaminação do ecossistema aquático por metais pesados consistiu no levantamento das fontes potenciais de metais pesados dentro da área de drenagem do rio Barigui, baseado nas principais fontes encontradas na literatura, como citado nos trabalhos de Fuchs et al. (2002) e Fuchs et al. (2011). Dentre elas, limitado por dados disponíveis

na área de estudo, foram considerados seis perigos: indústrias, áreas agrícolas, esgotos, aterros sanitários, cemitérios e solos que contenham metais, cuja importância está descrita na Tabela 1.

A metodologia adotada para a determinação do perigo é descrita a seguir:

1. Indústria: a identificação do número de indústrias com potencial de poluição por metais pesados foi realizada através da tipologia da indústria existente na área e de parâmetros de controle de seu respectivo efluente que contenham os metais em estudo, conforme World Health Organization -WHO e UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP (1992);
2. Áreas agrícolas: áreas identificadas pelo tipo de culturas plantadas nos municípios e tipos de agrotóxicos utilizados nessas culturas. Foi utilizado o plano de informações do banco de dados da Superintendência de desenvolvimento de Recursos Hídricos e saneamento Ambiental -SUDERHSA (atual Instituto das Águas do Paraná), referente ao uso e ocupação do solo no ano de 2002. Duas classes de áreas agrícolas foram possíveis de identificar: cultura permanente e temporária (SEAB, 2007). As espécies de culturas produzidas na região são disponíveis por município na Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB, 2007), quanto aos

Tabela 1 – Fontes potenciais de contaminação consideradas no estudo

FONTE POTENCIAL	CLASS.	DESCRIÇÃO	DESCRIÇÃO DO PERIGO
Indústria	Pontual	Número de indústria com potencial de poluição por metais pesados	Efluentes de determinadas indústrias contêm metais e podem atingir os corpos de água através de lançamento pontual
Áreas agrícolas	Difusa	Área com culturas que utilizam agrotóxicos, cuja composição contém metais pesados	Pela lavagem da drenagem pluvial, os metais presente em agrotóxicos podem atingir os corpos de água
Esgoto doméstico	Pontual	Número de pontos de lançamento de esgoto doméstico	Efluentes domésticos que possam conter metais, podendo desta maneira atingir os corpos de água através de lançamento pontual. (UBA, 2005)
Aterros sanitários	Difusa	Número de aterros sanitários ativos na bacia do rio Barigui	Nos aterros sanitários a geração de chorume, que apresenta em sua composição os metais: cádmio, cromo, chumbo e zinco (CELERE et al., 2007)
Cemitérios	Difusa	Número de cemitérios presentes na área da bacia	Necrochorume e resíduos de urnas podendo conter chumbo e zinco (MATOS, 2001)
Solos	Difusa	Áreas da bacia que apresentam solos com presença de metais pesados	Tipos de solos com elementos potencialmente tóxicos (ALLOWAY, 1990)

- agrotóxicos utilizados nas culturas, as informações sobre eles foram obtidas através de um levantamento dos agrotóxicos utilizados em diferentes culturas e, a identificação daqueles cujos princípios ativos utilizam metais;
3. Lançamento de esgoto: número de pontos de lançamento de esgoto. Para a obtenção dos dados referentes ao lançamento de esgoto in natura e de estações de tratamento dentro da bacia do rio Barigui, foram consultadas informações do plano de despoluição hídrica da SUDERHSA;
 4. Aterros sanitários: levantou-se a presença de aterros existentes na bacia em estudo. No estudo de Celere et al. (2007) estão mostrados os metais pesados contidos no chorume dos aterros;
 5. Cemitérios: número de cemitérios existentes na área de drenagem;
 6. Tipo de solo: Primeiramente foi feito o levantamento dos tipos de solos com elementos potencialmente tóxicos (ALLOWAY, 1990) e com base no mapa de solo da área de estudo, verificou-se quais tipos de solos apresentam em sua composição natural metais pesados, pois podem influenciar nas concentrações de metais no corpo de água, devido aos processos de erosão.

As informações e os dados espaciais utilizados foram oriundos do plano de despoluição hídrica da SUDERHSA (atual Instituto das Águas do Paraná), através de seu banco de dado georeferenciado, em uma escala de 1: 20000, e processadas com auxílio do programa ArcGis 9.0^o.

Para a análise das emissões na bacia do rio Barigui, optou-se pela divisão da bacia em cinco trechos. A delimitação destas áreas de drenagem foi realizada através da divisão da bacia em sub-bacias, onde a divisão dos trechos foi feita dos km 60 a 51 do rio Barigui para o trecho 1 (o qual abrange 65 km², o equivalente a 23% do total da área da Bacia); do km 51 ao 34 para o trecho 2 (com uma área de 48 km² - 17%); 34 ao 24, no trecho 3 (62 km² - 22%); do quilometro 24 ao 16 no quarto trecho (50 km² - 18%) e do 16 ao km 0 para o último trecho (54 km² - 19%). A Figura 1 ilustra a bacia subdivida nos

cinco trechos, para facilitar a observação das fontes potencialmente poluidoras.

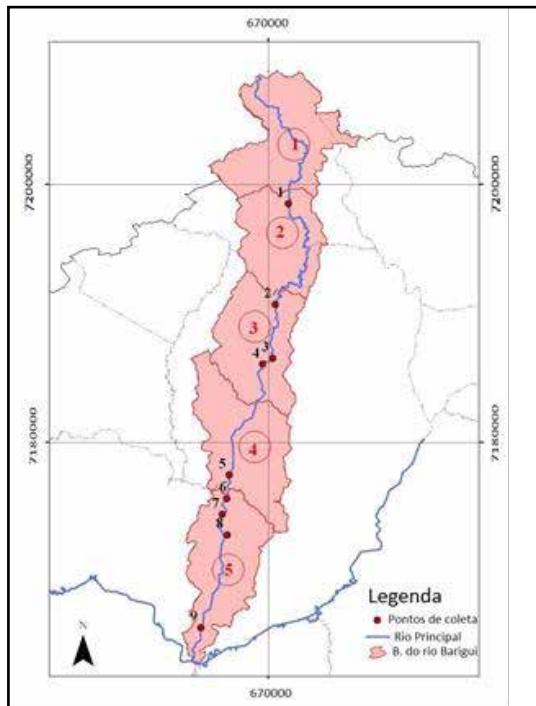


Figura 1- Divisão por trechos e localização dos pontos de amostragem

FONTE: Adaptado de SUDERHSA, 2002

NOTA: Base de dados georeferenciado: SUDERHSA, 2002

Monitoramento temporal e espacial dos metais: Cd, Cr, Pb, Ni e Zn

Primeiramente, foi realizado um estudo da área em questão, com a utilização de mapas de uso do solo, com a localização das indústrias, diante disso foram pré-selecionados pontos potenciais de monitoramento. Em seguida, foi realizada uma campanha de reconhecimento, que teve como finalidade avaliar formas de acesso ao local de coleta, planejar a logística das campanhas de coleta de amostras, para a avaliação da qualidade da água.

Assim, foram selecionados nove pontos de amostragem, os quais são também apresentados na Figura 1, e suas localizações geográficas na Tabela 2.

No total foram realizadas cinco campanhas de coleta de amostras de água e sedimento, nos dias

Tabela 2- Descrição dos pontos de coleta

PONTO	LOCALIZAÇÃO	RIO BARIGUI (km)	COORDENADAS (UTM)	
01	Alm. Tamandaré	50,5	0671545	7198513
02	Parque Tingui	33,3	0670544	7190705
03	Entrada do Parque Barigui	28,4	0670340	7186527
04	Parque Barigui	26,9	0669580	7186056
05	Ponte Juscelino Kubitschek de Oliveira	16,7	0666990	7177457
06	Ponte Vicente Michelotto	14,6	0666801	7175658
07	Sítio privado	13,1	0666457	7174408
08	Ferrovia	11,0	0666837	7172840
09	Ponte da Cachimba	3,35	0664804	7165652

179

Tabela 3 – Métodos e equipamentos utilizados nas campanhas

ANÁLISE	REALIZADO	MÉTODO/EQUIPAMENTO	CAMPANHA
Temperatura	Em campo	Oxímetro de campo(DM-4) Oxímetro de campo(OX12/SET)	1 ^a 2 ^a , 3 ^a , 4 ^a e 5 ^a
Oxigênio Dissolvido	Em campo	Oxímetro de campo(DM-4) Oxímetro de campo(OX12/SET)	1 ^a 2 ^a , 3 ^a , 4 ^a e 5 ^a
pH	Em campo	pH-metro de campo (DM-3) pH-metro de campo (pH 300 i/SET)	1 ^a 2 ^a , 3 ^a , 4 ^a e 5 ^a
Condutividade	Em campo CEPPA	Condutivímetro de campo (LF1) Directair_acetylene Flame Method	TC* 1 ^a
Metais Pesados	LACTEC*	Espectrometria de absorção atômica com atomização em chama	2 ^a , 3 ^a , 4 ^a e 5 ^a
DQO	LABEAM*	Refluxo aberto	TC*
DBO	LABEAM*	Diluição e incubação a 20°C	TC*
Sólidos	LABEAM*	Gravimétrico	TC*
Turbidez	LABEAM*	Turbidímetro de bancada (DLM-200B), Del lab	TC*
Granulometria	LAMIR*	Integrado (granulométrico e a laser)	TC*

*CEPPA: Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos- UFPR –Curitiba-PR; LACTEC: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento UFPR –Curitiba-PR; LABEAM: Laboratório Professor Francisco Borsani Netto UFPR –Curitiba-PR; LAMIR: Laboratório de Mineralogia da UFPR - UFPR –Curitiba-PR ; TC: Todas as campanhas de campo

27 de Outubro de 2006, 18 de Abril, 30 de Maio, 4 de Julho e 26 de Novembro de 2007. As amostras de água foram acondicionadas em frascos plásticos e preservadas em caixas térmicas com gelo e, para coleta do sedimento de fundo, foi utilizada draga e o conteúdo coletado foi disposto em sacos plásticos.

No local foram medidos os parâmetros temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade, e o restante das análises foi feito em laboratório, os métodos e equipamentos utilizados estão indicados na Tabela 3. A análise granulométrica do sedimento de

fundo foi realizada no Laboratório de Mineralogia da UFPR (LAMIR) através da amostra seca, pelo método Integrado (Granulométrico e a laser), e a classificação do tipo de granulométrico foi obtida de acordo com a escala granulométrica de Wentworth.

Os dados de vazões foram fornecidos pelo Instituto das Águas do Paraná, que monitora diariamente o nível do rio, na estação Ponte da Cachimba (Ponto 9). Como apenas este ponto é monitorado, as vazões dos outros pontos de coleta foram calculadas a partir das vazões observadas na Ponte da Cachimba, através da

proporcionalidade de vazão pela área de drenagem, mostradas nas equações (1) e (2):

$$Q_x = A_x (Q_{cachimba} / A_{Cachimba}) \quad (1)$$

$$A_x = A_{atual} + \sum A_{anterior} \quad (2)$$

180

Onde Q_x : Vazão no ponto X; A_x : Área de drenagem do ponto X; $Q_{cachimba}$: Vazão no ponto da Cachimba; $A_{cachimba}$: Área de drenagem do ponto da cachimba; A_{atual} : Área de drenagem da pequena acia do ponto atual; $A_{anterior}$: Áreas de drenagem dos trechosanteriores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 4 mostra as fontes potenciais de metais pesados por trecho na bacia, cuja presença pode influenciar as concentrações de metais no rio Barigui, representando o perigo, ao qual está submetida a área de estudo. Notaram-se maiores perigos com relação a fontes industriais, efluentes domésticos, aterros sanitários nos trechos mais a jusante e, para o restante das fontes em estudo, nota-se também maior potencial de emissões no primeiro trecho mais a montante.

Observou-se que a vazão calculada através da Equação (1), no km 3 - Almirante Tamandaré, foi

máxima em novembro de 2007 ($3,74 \text{ m}^3/\text{s}$), e a mínima de $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ no quilômetro 51 (julho/2007).

Quanto ao conteúdo de metais pesados na água, das cinco campanhas realizadas, totalizando 25 amostras analisadas, os valores apresentaram abaixo dos limites de detecção do método na maior parte dos resultados, com algumas poucas exceções, como o metal zinco em locais mais a jusante (após o Parque Barigui); cromo na quarta campanha (Julho/07), em todos os pontos monitorados, todavia todos dentro dos limites da resolução do CONAMA 357/05; e níquel somente detectado na primeira campanha e próximo da foz do rio Barigui.

O sedimento encontrado no leito do rio Barigui apresentou a caracterização granulométrica com maior percentual de silte em todos os pontos, com algumas raras exceções. Nas três últimas campanhas, o percentual de argila (que na amostra de solo apresentou-se com menor porcentagem) variou de 2 a 4% para todos os pontos de coleta.

Os resultados das concentrações dos cinco metais pesados investigados no sedimento do leito do rio (Figura 2), diferentemente dos observados na água, apresentou a maior parte dos resultados das análises acima do limite de detecção do método, exceto para o cádmio que só apresentou valores acima do limite

Tabela 4 - Fontes potenciais de metais pesados por trecho da bacia

DESCRIÇÃO	* Indúst.	Aterros		Cemit.*	Área agríc.* (km^2)		Lanç. de esgoto*		Solos (km^2)	
		A	D		P	T	In natura	ETE		
	1	0	0	1	0,110	3,48	0	0	248,35	
	2	0	0	0	0,004	4,97	0	0	54,08	
	3	0	0	0	2	0	0,26	29	8	25,84
	4	4	1	3	1	0,039	0,58	55	34	15,01
	5	5	1	1	0	0	3,38	0	0	270,33

Indústria*: N° de indústrias com presença de metal; Aterros: N° de aterros (A) ativos e (D) desativados; Cemitério*: N° de cemitérios; Área agrícola*: (P) Cultura Permanente, (T) Cultura Temporária; Lançamento de esgoto*: (N) In natura, (ETE) efluente de estações de tratamento de esgoto; Solos*: Área de tipo de solo com conteúdo de metal

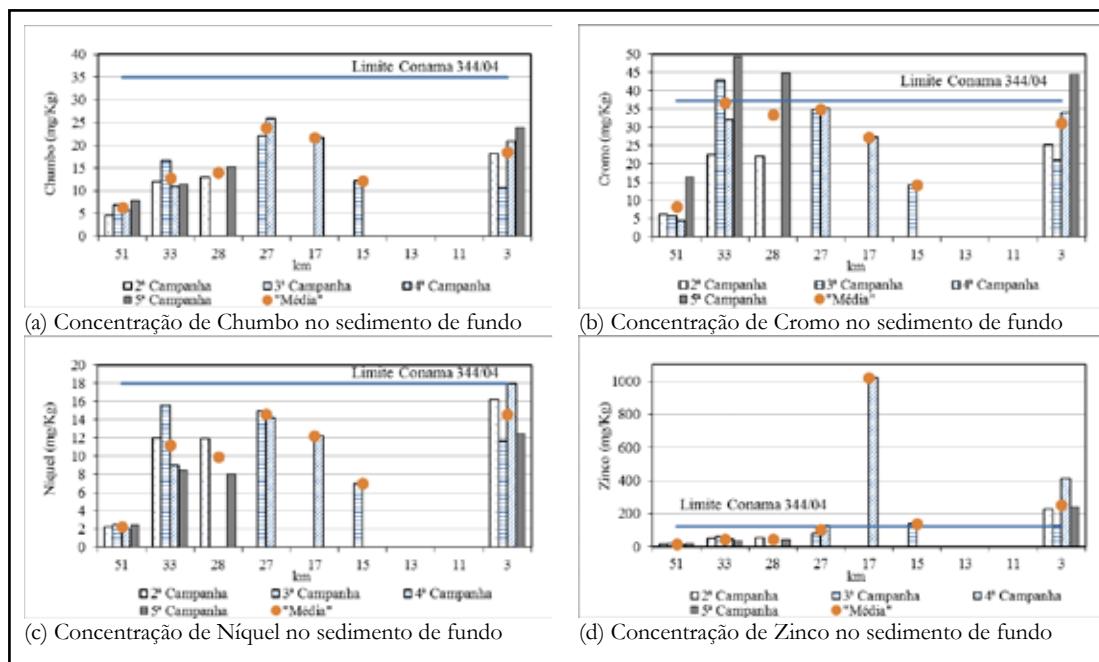


Figura 2 – Concentração de metais pesados no sedimento de fundo do rio Barigui

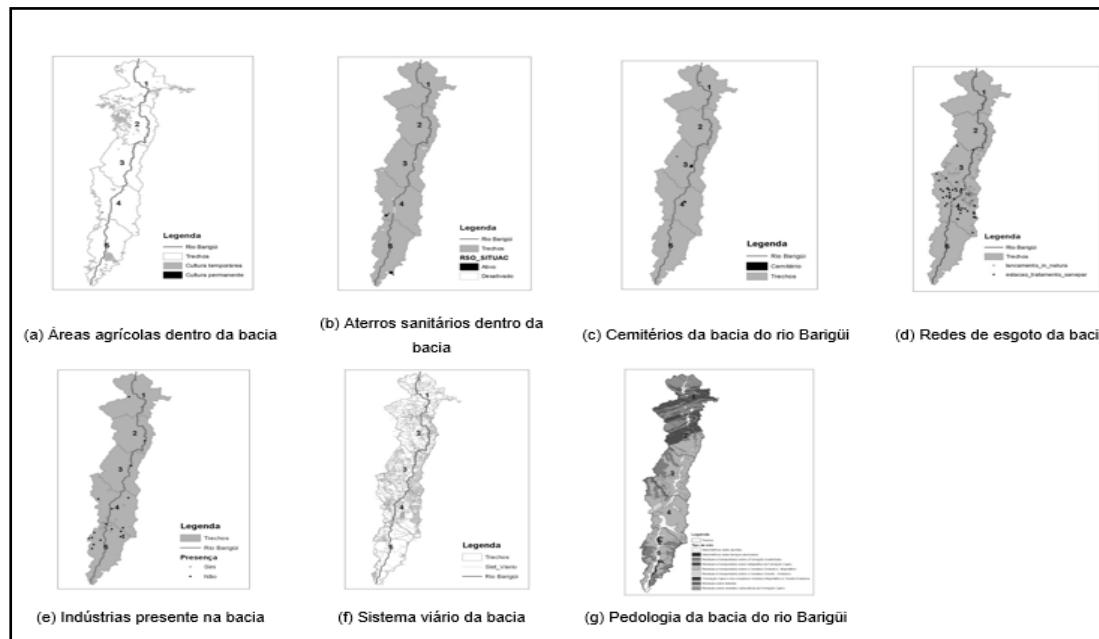


Figura 3 – Fontes potenciais de contaminação por metais para cada trecho da Bacia do Rio Barigui

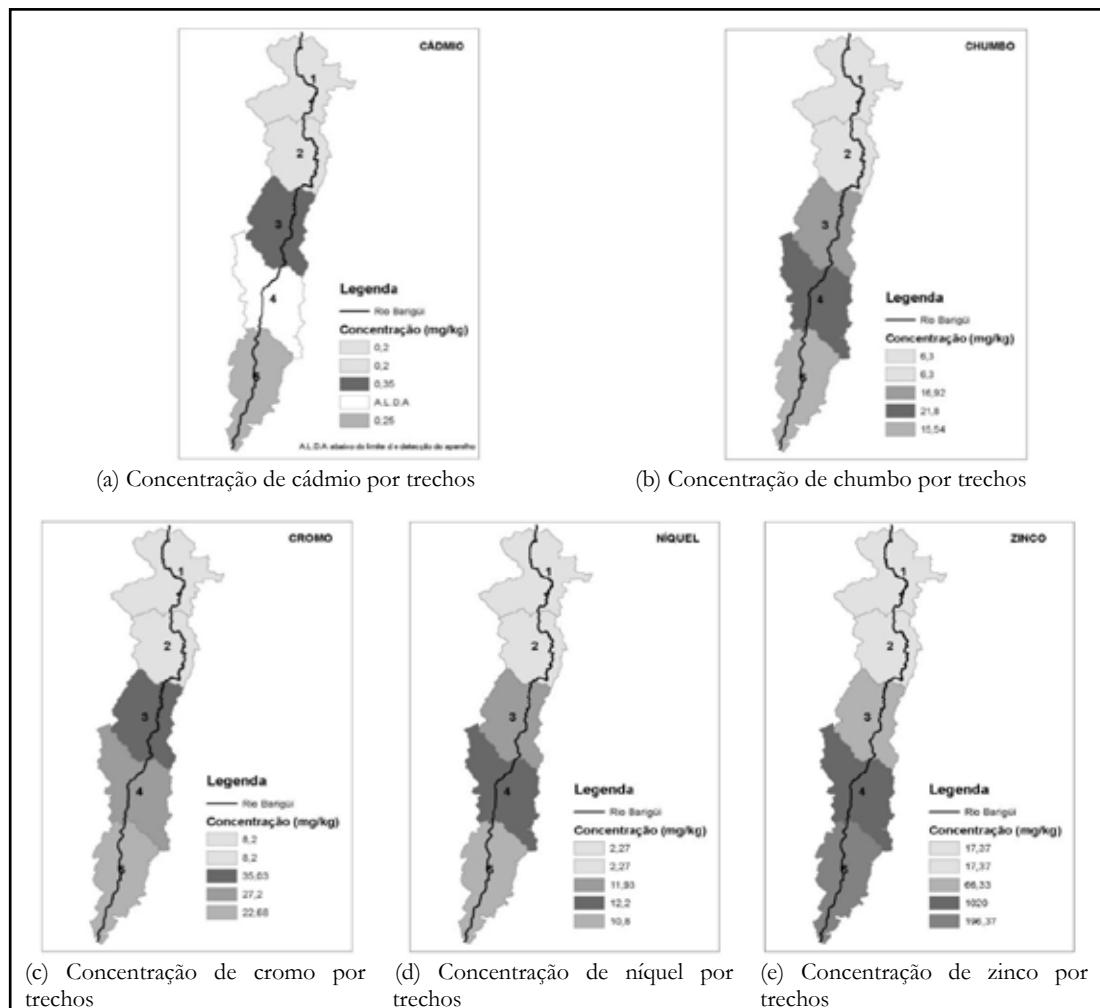


Figura 4 - Avaliação espacial da concentração de metais pesados por trecho estudado

na terceira campanha, porém com valores observados dentro dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 344/04 de 0,6 mg/kg (limiar 1), que indica baixa probabilidade de efeitos adversos à biota aquática. Os metais chumbo (Figura 2a) e níquel (Figura 2c) também apresentaram valores abaixo de seus respectivos limiares 1, sendo que o níquel apresentou valor próximo a esse limiar na foz no rio Barigui. O cromo já apresentou alguns valores acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 344/04 (4 amostras), assim como o metal zinco (Figura 2d).

Uma avaliação espacial dos metais no sedimento ao longo do rio Barigui (Figura 4) indica o sedimento

pouco contaminado na cabeceira do rio, todavia já apresentando no próximo ponto monitorado um aumento significativo de metais no sedimento atingindo valores maiores no Trecho 3, km 27 (Parque Barigui), onde há um represamento do rio formando um lago. Conforme pode ser observado, após o represamento do rio, o conteúdo de metal reduz (o que é de se esperar com a represa retendo os sólidos, consequentemente os metais adsorvidos), todavia levemente devido ao uso intenso da área de Drenagem desse trecho (Tabela 4). A quantidade de metais no sedimento continua aumentando até a sua foz, com intenso uso industrial nesses dois últimos trechos da bacia de drenagem. No km17 (Trecho 4), notou-se

na ocasião das campanhas, presença de resíduos sólidos e bastante impactado. Chama a atenção, na Figura 2d, o valor alto do metal zinco no km17, no entanto, por estar disponível apenas uma única amostra, é necessário uma investigação maior e mais amostragens nesse local, antes de se considerar esse valor.

Os três primeiros trechos da bacia apresentaram, dentre as fontes potenciais estudadas, como fontes mais relevantes o uso agrícola e o tipo de solo, adicionando o esgoto *in natura* no terceiro trecho (Figura 3). Já nos dois últimos trechos, a contribuição relativa significativa é proveniente das indústrias.

As concentrações de metais no terceiro trecho aumentaram no sedimento de fundo em relação ao trecho anterior, inclusive para o cádmio, que somente na terceira campanha apresentou concentrações acima dos limites de detecção. Observa-se uma diminuição nos valores encontrados para o oxigênio dissolvido de montante para jusante, mantendo essa queda até a sua foz.

Para o quarto trecho, os usos são intensificados, onde foi registrado presença do aterro CAVO/CTRI em atividade e outros desativados; de cemitérios; de lançamentos de esgoto *in natura* e tratado; assim como presença de indústrias potenciais geradoras de metais pesados, localizadas na Cidade Industrial de Curitiba – CIC. Nesse trecho, houve um aumento na concentração dos metais no sedimento de fundo em relação aos trechos anteriores,

com valor de pH e de oxigênio dissolvido menores que no trecho anterior. Os valores do oxigênio Dissolvido - OD diminuíram significativamente, passando de uma média de 6,29 mg/L, no trecho 3, para uma média de 1,8 mg/L no trecho 4. Valores muito baixos de pH e sem oxigênio influenciam na solubilização dos metais pesados do sedimento, e podem causar a indesejada introdução dos mesmos na cadeia alimentar.

No último trecho, todos os tipos de fontes potenciais considerados neste estudo estão presentes com exceção de esgotos sanitários. Notou-se a presença de cultura temporária, do aterro da Cachimba, em atividade, juntamente com aterros desativados; a presença de indústrias potencialmente poluidoras de metais pesados, assim como solos com conteúdo de metais. Observou-se neste trecho que os valores de pH reduziram, porém mantendo-se na faixa da neutralidade. Os valores de oxigênio dissolvido neste trecho pouco variaram em relação ao trecho anterior, mantendo-se bastante baixos.

Na Figura 4 pode ser observado melhores condições do sedimento nos dois primeiros trechos com relação aos 4 metais detectados. O trecho 3 apresentou maior concentração para o cádmio e o trecho 4 para o chumbo. Por fim, verificou-se para todas as análises e medições realizadas, que o ponto localizado no km 3 (Ponto 9) foi o que apresentou pior qualidade da água.

CONCLUSÃO

A detecção de metais pesados na água não foi significativa nas campanhas realizadas, ou seja, foi abaixo do limite de detecção do método de análise, exceto, para a concentração do zinco. O monitoramento de substâncias tóxicas através da matriz água tem a desvantagem de incertezas devido a amostragem ser instantânea e normalmente o lançamento nos corpos de água não ser contínuo; além de se tratar de substâncias com concentrações muito baixas e devido suas características de adsorção em sólidos, estar sujeita a sedimentação, o que torna mais atraente o uso da matriz sedimento e biofilme para o diagnóstico dessas substâncias no ecossistema aquático.

Dentro da bacia do rio Barigui identificou-se várias fontes potenciais de metais pesados, tais como indústrias, áreas agrícolas, área de drenagem urbana, veículos, estradas, cemitérios, dentre outros. A presença dessas fontes potenciais foi relacionada com os resultados do monitoramento de metais no ecossistema aquático, justificando os valores mais elevados à jusante de áreas mais urbanizadas ou áreas que apresente essas fontes nas suas proximidades, e coerência com a retenção dos mesmos, devido ao represamento do curso de água.

Todavia esta análise foi qualitativa com relação à presença de fontes potenciais. Observamos que para análise quantitativa, são necessários dados das emissões das fontes, bem como de estudos dos processos de transporte e retenção na bacia hidrográfica, o qual pode ser pesquisado em trabalhos futuros.

AGRADECIMENTOS

LACTEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento

LABEAM- Laboratório Professor Francisco Borsani Netto

LAMIR: Laboratório de Mineralogia da UFPR

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

Referências

- ALLOWAY, B.J. *Heavy metals in soils*. 339 p. New York: Wiley, 1990.
- CELERE, M.S. et al. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública. *Cad. Saúde Pública*, v. 23, n. 4, p 939-947, 2007.
- 184**
- FUCHS et al. *Emission of heavy metals and lindane into river basins of germany*. Environment, nature conservation and nuclear safety. Alemanha, 2002.
- FUCHS, Stephan et al. *Stoffeinträge von Schwermetallen in Oberflächengewässer in Deutschland - Modeling of Regionalized Emissions (MoRE)*. Fachtag „Diffuse Stoffeinträge in Oberflächengewässer“. Umweltbundesamt Wien, 17.05.2011.
- MATOS, A.B. *Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo*. Tese de doutorado - Programa de Pós-graduação em recursos Minerais e Hidrogeologia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001
- MIMI, Z. A.; AMJAD ASSI, A." Intrinsic vulnerability, hazard and risk mapping for karst aquifers: A case study." *Journal of Hydrology* v. 364, p. 298 – 310, 2009.
- PITRAT, D.M.J.J. *Avaliação da contaminação por metais em rios: Estudo de caso da Bacia do Rio Passaúna*. Curitiba: 2010. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da UFPR.
- PUSCH, P.B., GUIMARÃES, J.R, e GRASSI, M.T. Estimativa de cargas de metais a partir de fontes difusas de poluição urbana. In *anais XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. São Paulo-SP, 2007.
- REDDY, K.R.; XIE, R.; DASTGHEIBI, S. Removal of heavy metals from urban stormwater runoff using different filter materials. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v.2, p.282–292, 2014.
- SEAB - SECRETARIA DE AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/>. Acesso: 08 de Agosto de 2007.
- SUDERHSA. Plano de Despoluição Hídrica da Bacia do Alto Iguaçu. *Relatório técnico* vol. 2. Curitiba, 2002.
- TONANI, K.A. *Identificação e Quantificação de Metais Pesados, Parasitas e Bactérias em Esgoto Bruto e Tratado da Estação de Tratamento de Ribeirão Preto (SP)*. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado em Enfermagem em Saúde Pública, 2008.
- TUCCI, C.E.M. Águas Urbanas. *Revista Estudos Avançados*, v.22 n. 63, p.97-112, 2008.
- UBA -UMWELT BUNDES AMT. *Einträge von Kupfer, zink und Blei in Gewässer und Böden – Analyse der Emissionspfade und möglicher emissionsminderungsmaßnahmen*. Dessau, August 2005.
- UNESCO; WHO;UNEP. *Water quality Assessment*. 1. ed. Great Britain: Chapman e Hall, 1992.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *The impact of cemeteries on the environment and public health*. An introductory briefing. Copenhagen, Denmark, WHO Regional Office for Europe. 11 p (Recept. EUR/ICP/EHNA 010401(A)), 1998.

Mariane F. Gonçalves

Universidade Federal Rural da Amazônia, Capanema, PA - Brasil,

marianefurtado@hotmail.com

Contribuição do autor:

Desenvolveu o trabalho de dissertação no Mestrado Acadêmico em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná, que deu origem ao artigo.

Regina Tiemy Kishi

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR – Brasil,

rtkishi.dhs@ufpr.br

Contribuição do autor:

Orientou o trabalho de dissertação que deu origem ao artigo.

Cristóvão V. S. Fernandes

Universidade Federal do Paraná Curitiba, PR – Brasil,

cris.dhs@ufpr.br

Contribuição do autor:

Co-orientou o trabalho de dissertação que deu origem ao artigo.