



ANÁLISE DE METAIS EM SEDIMENTOS EM UM TRECHO URBANO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TEGA, NO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL/BRASIL

Michele Schmitz – mschmitz3@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Bairro Petrópolis
95070-560 – Caxias do Sul – Rio Grande do Sul

Vania Elisabete Schneider – veschnei@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia

Marcelo Giovanela – mgiovan1@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia

Fernanda Glaeser – fglaeser@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia

Geise Macedo dos Santos – gmsantos5@ucs.br

Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia

Resumo: *O município de Caxias do Sul está localizado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul e constitui o segundo polo metal mecânico do país, onde são desenvolvidas atividades industriais galvanotécnicas de forma significativa. Nesse contexto, a Bacia Hidrográfica do Rio Tega tem cerca de 40% de sua área inserida no perímetro urbano do município de Caxias do Sul, região onde efluentes domésticos e industriais são lançados nos corpos hídricos, que atuam como canal para o seu afastamento, gerando o aporte de contaminantes ao leito do rio, dentre eles os metais. Essas espécies químicas representam riscos à saúde humana e sua fixação final ocorre em solos e sedimentos, podendo tanto se acumularem localmente como serem transportados por longas distâncias já que, diferentemente dos poluentes orgânicos, não são biologicamente ou quimicamente degradados (MARCHAND et al., 2006). Nesse contexto, esse trabalho tem por objetivo quantificar as espécies metálicas alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, níquel e zinco biodisponíveis em sedimentos e na coluna d'água em pontos pré-determinados Bacia do Rio Tega, relacionando-os com as características físico-químicas das matrizes água/sedimento. Os resultados demonstraram que os sedimentos coletados mostraram-se importantes compartimentos acumuladores de espécies metálicas, especialmente cobre, níquel, zinco e cromo em ambos os pontos de amostragem, embora algumas características físico-químicas possam apontar uma tendência de ressuspensão das espécies metálicas para a coluna d'água, o que por sua vez pode indicar graus ainda maiores desses elementos.*

Palavras-chave: Sedimentos. Metais. Rio Tega. Bioacumulação.



ANALYSIS OF METAL CONTENT IN SEDIMENTS OF AN URBAN SECTION OF THE RIO TEGA WATERSHED, IN CAXIAS DO SUL/BRAZIL

Abstract: *The city of Caxias do Sul is located in the northeast of the Rio Grande do Sul state and is the second metal-mechanic pole of the country, where galvanic industrial activities are significantly developed. In this context, the Tega River watershed has about 40% of its embedded area in the urban area of the city of Caxias do Sul, a region in which domestic and industrial effluents are discharged into water courses, generating input of contaminants to the river, including metals. These chemical species pose risks to human health and the final fixation occurs in soils and sediments, and may locally accumulate and be transported over long distances since, unlike the organic pollutants, are not biologically or chemically degraded (MARCHAND et al., 2006). In this context, this study aims to quantify the metal species aluminum, cadmium, lead, copper, chromium, iron, nickel and zinc bioavailable in sediment and in the water column in Tega River, relating them to the physicochemical characteristics of the matrices water/sediment. The results demonstrated that the sediment is an important compartment to accumulate metal species, especially copper, nickel, zinc and chromium in both sampling points, although some physico-chemical characteristics shows a tendency to metal species turn into the water column, which indicates even higher levels of these elements.*

Keywords: *Sediments. Metals. Rio Tega. Bioaccumulation.*

1. INTRODUÇÃO

O município de Caxias do Sul está localizado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, ocupando uma área de 1.644,296 km². Sua população no ano de 2015 foi estimada em 474.853 habitantes, dos quais aproximadamente 96% viviam na área urbana e 4% na área rural. As principais atividades econômicas desenvolvidas no município são na indústria têxtil, de transformação de plásticos, metal mecânica, além de produção de hortifrutigranjeiros e pecuária (ISAM, 2014).

Com suas nascentes localizadas em áreas densamente urbanizadas e industrializadas, o Rio Tega dá origem à bacia hidrográfica de mesmo nome, a qual se estende por parte dos municípios de Caxias do Sul, Flores da Cunha e Nova Pádua. A Bacia do Rio Tega tem cerca de 40% de sua área inserida no perímetro urbano do município de Caxias do Sul, ocupando a porção centro-oeste, onde se situam as cabeceiras dos seus principais formadores e são desenvolvidas atividades industriais galvanotécnicas. Nessa região, efluentes domésticos e industriais são lançados nos corpos hídricos, que atuam como canal para o seu afastamento, gerando o aporte de inúmeros contaminantes ao leito do rio, dentre eles os metais. Essas espécies químicas representam riscos à saúde humana e sua fixação final ocorre em solos e sedimentos, podendo tanto se acumularem localmente como serem transportadas por longas distâncias já que, diferentemente dos poluentes orgânicos, não são biologicamente ou quimicamente degradadas (MARCHAND et al., 2006).

Os sedimentos, em particular, são constituídos por diferentes substratos geoquímicos (argila, sílica, matéria orgânica), com alta superfície específica e grande capacidade de troca catiônica. Em função dessa última característica, os mesmos são capazes de reter e concentrar elementos-traço, o que torna a coluna sedimentar uma região particularmente importante como fonte ou sumidouro de contaminantes, uma vez que os materiais que a compõem são dinamicamente instáveis (MOZETO, 2006). Assim, os sedimentos podem reduzir as concentrações de poluentes na superfície das águas, agindo como filtros e, constituindo-se, portanto, em valiosos testemunhos da poluição recente e antiga das águas superficiais, representando um local para a acumulação de muitos poluentes. Metais e poluentes orgânicos não polares (hidrofóbicos) têm uma forte tendência para se ligarem a partículas



que estão sujeitas à sedimentação e, conseqüentemente, esses poluentes podem não ser encontrados em formas dissolvidas (TANG, 2010).

Para sedimentos não existe ainda uma legislação nacional que disponha acerca da sua qualidade no ambiente natural, exceto a Resolução CONAMA nº 454/2012 (BRASIL, 2012) que disciplina a dragagem e a disposição dos sedimentos dragados, a qual se baseia em publicações oficiais canadenses. Nesse sentido, a avaliação da qualidade de sedimentos é realizada com base em valores-guia internacionais de qualidade de sedimentos (VGQS). Os VGQS são valores numéricos embasados em amplos bancos de dados de concentrações individuais de contaminantes inorgânicos e orgânicos, a partir dos quais são estabelecidas relações de causa (concentração de contaminantes) e efeito (resposta biológica de organismos bentônicos). Para ambientes de água doce, os principais VGQS são o TEL/PEL/SEL (Threshold Effects Level/Probable Effects Level/Severe Effects Level) (MOZETO, 2006) (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores-guia de qualidade de sedimento (VGQS).

VGQS	Metais					
	Zn	Pb	Cr	Cu	Cd	Ni
TEL (mg/kg)	123,1	35,0	37,3	35,70	0,596	18,0
PEL (mg/kg)	315,0	91,3	90,00	197,0	3,53	36,0

Fonte: Environmental Canada, 2002

Alguns metais podem bioacumular, de modo que a sua concentração aumenta progressivamente ao longo da cadeia alimentar. A toxicidade dos metais em seres humanos decorre da afinidade dessas espécies químicas pelo enxofre, ou mais precisamente pelos grupos sulfidril que ocorrem nas enzimas que controlam a velocidade das reações metabólicas (CAVALCANTI, 2012).

De acordo com Valls e Lorenzo (2002), os metais desempenham funções importantes nos seres vivos, sendo suas propriedades fundamentais na manutenção da estrutura tridimensional de biomoléculas essenciais ao metabolismo celular. No entanto, enquanto alguns metais são necessários em quantidades mínimas para os seres vivos, outros não apresentam função biológica relevante, podendo causar danos ao metabolismo.

Os metais podem ser remobilizados no meio aquático em função de mudanças nas condições ambientais, tais como pH, potencial redox, salinidade ou presença de quelantes orgânicos. Mozeto (2006) afirma que mais de 90% dos metais carreados no ecossistema aquático estão ligados ao material particulado e aos sedimentos, embora se possa encontrar um metal em diferentes compartimentos de um ecossistema. Porém, em função da forma química na qual se faz presente, tem-se uma maior ou menor absorção por parte da biota. Em corpos d'água, a toxicidade de um metal varia em função do pH e dos teores de carbono orgânico dissolvido e em suspensão, visto que os metais interagem com o carbono e seus compostos, formando complexos ou sendo adsorvidos (BAIRD, 2002).

A quantificação dessas espécies é essencial, uma vez que a associação às fases consideradas instáveis e reativas do sedimento podem fornecer informações importantes a respeito do potencial poluente dos sedimentos, bem como índices de contaminação mais recentes. Assim, um fator que afeta a toxicidade de um metal é sua especiação, que consiste na forma química na qual esse elemento se encontra. Em estudos sobre os efeitos de um metal ao meio ambiente ou à saúde humana, a determinação de sua concentração total é um parâmetro importante, porém limitado, pois as propriedades variarão em função da forma química em que o elemento está presente, sendo que a forma mais tóxica de um metal não é a livre, mas quando este se encontra como cátion ou ligado às cadeias carbônicas. Na avaliação dos riscos que envolvem a presença de um determinado metal, é fundamental levar em consideração a forma de transporte e a biodisponibilidade (BARRA *et al.*, 2000).



É importante mencionar que as fontes mais comuns de efluentes e lodos metálicos são as provenientes dos processos galvanotécnicos das indústrias de tratamento de superfícies, onde se processam operações de eletrodeposição de metais em acabamento de peças de materiais diversos (metais e plásticos). Outras fontes são as decapagens, anodizações, a fabricação de circuitos impressos e catalisadores de indústrias químicas e petroquímicas (CAVALCANTI, 2012).

Com relação ao grau de toxicidade e às principais fontes de metais encontrados em áreas urbanas, Poletto (2007) descreve que o chumbo possui alta toxicidade, sendo oriundo de soldas, baterias, tintas, gasolina, encanamentos e queima de combustíveis fósseis. Já o cádmio apresenta toxicidade média à alta, sendo originário de baterias, pigmentos, galvanizações, plásticos e desgaste de pneus. O cobre é considerado de baixa toxicidade e pode ser originário de tintas anti-incrustantes, fertilizantes, algicidas, pigmentos, anodização de alumínio, indústrias cerâmicas e micronutrientes. Já o cromo é oriundo de metalúrgicas, indústrias de produtos químicos e curtumes. O níquel, por sua vez, apresenta de média à alta toxicidade e tem origem a partir da queima de combustíveis fósseis, uso em mineração e fundição de metais.

Dentro desse contexto, esse trabalho tem por objetivo quantificar as espécies metálicas alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, níquel e zinco biodisponíveis em sedimentos e na coluna d'água em pontos pré-determinados na zona urbanizada da Bacia Hidrográfica do Rio Tega, relacionando-os com as características físico-químicas das matrizes água/sedimento.

2. METODOLOGIA

2.1. Descrição da área de estudo e definição dos pontos de amostragem

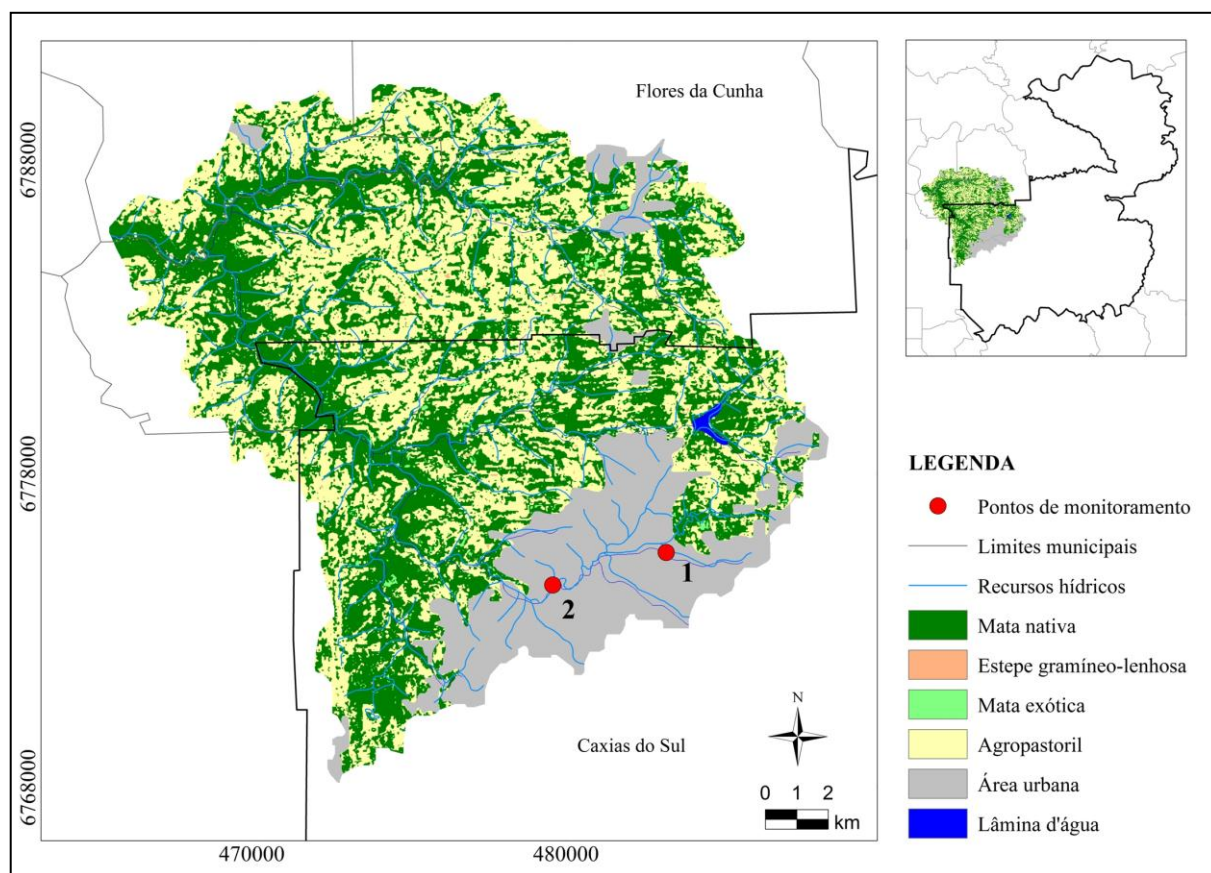
Inserida na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, a bacia do Rio Tega está situada entre as latitudes 29° 0' 48,16" e 29° 12' 52,92" S e longitudes 51° 21' 20,67" e 51° 7' 9,53" O, na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, apresentando um perímetro de 116,81 km e drenando uma área de 294,76 km². O Rio Tega, principal corpo d'água da bacia, nasce no perímetro urbano de Caxias do Sul (RS) e, após um percurso de 34 km, tem sua foz no Rio das Antas, no limite dos municípios de Flores da Cunha e Nova Pádua. Seus principais afluentes são os Arroios Herval, Dal Bó, Samuara e Maestra, além do Rio Curuçu (VIECELI *et al.*, 2013). Com relação ao zoneamento municipal, instituído pelo Plano Diretor do Município de Caxias do Sul, as zonas que predominam na área da bacia inserida no perímetro urbano são residenciais, de uso misto, das águas e industrial.

Para a elaboração do presente estudo foram selecionados dois pontos de amostragem situados na área urbana da referida bacia, no município de Caxias do Sul, tendo em vista o acesso, sua localização geográfica, bem como os usos do solo na área de influência direta. A descrição dos locais amostrados e as coordenadas geográficas dos pontos de monitoramento podem ser visualizadas na Tabela 2, enquanto a Figura 1 apresenta mapa contemplando a localização de cada ponto com relação à bacia hidrográfica.

Tabela 2 – Descrição dos pontos de amostragem

Ponto	1	2
Coordenada UTM	E-483656 / N-6775382	E-479557 / N-6774509
Descrição	Localizado na bacia de contenção de águas pluviais instalada no bairro Interlagos, a qual drena área residencial e industrial.	Localizado próximo a uma região onde são desenvolvidas atividades industriais.

Figura 1 – Localização dos pontos de amostragem com relação à bacia



2.2 Procedimentos de coleta e de análise de amostras

Em cada um dos pontos de amostragem foram coletados cerca de 2 kg de sedimento em uma profundidade de 10 a 20 cm, com o auxílio de uma pá de jardim, em áreas de remanso. Os sedimentos foram acondicionadas em embalagens de polietileno previamente lavadas com Extran alcalino 15% v/v e descontaminadas com ácido nítrico (HNO_3) 50% v/v, sendo preservadas a 4 °C até o momento das análises. As coletas ocorreram bimestralmente, sendo que a primeira foi realizada no mês de novembro de 2013 e a última em julho de 2014.

Foram realizados os ensaios de potencial hidrogeniônico (pH), umidade, matéria orgânica e capacidade de troca catiônica (CTC), baseados em metodologias empregadas por Cotta (2003). As espécies metálicas biodisponíveis foram previamente digeridas com base no método EPA (Environmental Protection Agency) 3050-B, enquanto a leitura das espécies metálicas presentes foi realizada por Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), em um espectrômetro ICAP 7200 DUO da Thermo Scientific.

Paralelamente, foram tomadas amostras da lâmina d'água no ponto amostrado, tendo sido realizadas as análises de condutividade e pH através de uma sonda multiparâmetros Horiba U50, além da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO), conforme método descrito pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012), enquanto a quantificação dos metais foi realizada em um espectrômetro de absorção atômica com chama AAnalyst 200 da Perkin Elmer.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 são apresentadas as concentrações totais dos metais na coluna d'água para os locais amostrados, em comparação aos parâmetros mencionados na Resolução Conama nº 357/2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Tabela 3 – Resultados das análises de metais e cianeto na coluna d'água

Ponto	Campanha	Metais e Cianeto								
		Al total (mg Al/L)	Cd total (mg Cd/L)	Pb total (mg Pb/L)	Cu total (mg Cu/L)	Ní total (mg Ni/L)	Zn total (mg Zn/L)	Fe Total (mg Fe/L)	Cr Total (mg Cr/L)	Cianeto (mg CN/L)
1	1	0,438	<0,020	<0,118	0,742	0,560	1,146	1,699	0,483	0,245
	2	0,350	<0,020	<0,118	0,056	<0,053	0,091	1,493	<0,040	0,030
	3	0,020	<0,020	<0,118	0,467	0,124	0,044	1,797	0,100	0,030
	4	0,240	<0,020	<0,118	0,034	0,124	0,084	1,794	<0,040	0,060
	5	0,470	<0,020	<0,118	<0,023	<0,053	0,078	0,577	<0,040	<0,010
2	1	0,156	<0,020	<0,118	0,305	0,389	0,599	1,231	0,237	0,149
	2	0,588	<0,020	<0,118	0,266	0,093	<0,034	1,173	<0,040	0,394
	3	0,200	<0,020	<0,118	0,648	0,292	1,024	1,249	0,670	0,490
	4	2,880	<0,020	<0,118	0,246	0,229	0,649	3,650	0,420	0,040
	5	0,590	<0,020	<0,118	0,160	0,153	0,366	1,273	0,870	0,080
Limite detecção		0,100	0,020	0,118	0,023	0,053	0,034	0,064	0,040	0,010
Classes Conama	I e II	0,1	0,001	0,01	0,009	0,025	0,18	0,3	0,05	0,005
	III	0,2	0,01	0,033	0,013	0,025	5	5	0,05	0,022

Como pode ser observado, a água do Rio Tega, com base nos pontos de amostragem, pode ser classificada como Classe III no que se refere à presença de metais e cianetos, já que são evidenciados valores que não estão em conformidade com o predisposto na legislação. No ponto de amostragem 2, os valores são ligeiramente superiores aos obtidos para o ponto de amostragem 1. O trecho analisado, localizado em área urbana e com maior presença industrial e populacional, recebe os despejos de efluentes industriais e esgotos domésticos muitas vezes sem qualquer tratamento, o que pode justificar a presença em maior concentração dos parâmetros analisados.

A Tabela 4 sumariza os valores relativos às análises físico-químicas realizadas nas amostras de água, ficando evidente que no ponto de amostragem 2 os valores para condutividade e DQO são superiores aos observados no ponto de amostragem 1, em todas as campanhas. Os dados relacionados ao pH demonstram que o mesmo manteve-se na neutralidade nas primeiras quatro campanhas, permanecendo na faixa considerada ácida na última campanha.

Tabela 4 – Resultados das análises físico-químicas na coluna d'água

Campanha	Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C)		pH a 25°C		Demanda química de oxigênio - DQO (mg O ₂ /L)	
	Ponto amostral		Ponto amostral		Ponto amostral	
	1	2	1	2	1	2
1	281	394	7,84	7,55	48	60
2	276	383	7,15	7,19	34	54
3	257	350	7,85	7,55	23	55
4	330	376	7,29	6,85	51	188
5	214	329	6,05	5,81	9	64

A Tabela 5 apresenta os resultados das concentrações dos metais biodisponíveis no sedimento amostrado nos pontos de amostragem 1 e 2, sendo encontradas concentrações de cobre, níquel, zinco e cromo acima do estabelecido para PEL, em ambos os pontos de amostragem. Em uma comparação entre os dois pontos, pode-se inferir que a concentração de cobre no ponto de amostragem 1 foi superior àquela no ponto de amostragem 2 nas campanhas, exceto na Campanha 5. Já o níquel foi superior no ponto de amostragem 1 em todas as campanhas, enquanto o zinco foi superior no ponto de amostragem 2 em todas as campanhas. Para o cromo, as maiores concentrações foram verificadas no ponto de amostragem 2 em três, das cinco campanhas, embora a maior concentração (1907,7 mg Cr/kg) foi constatada na Campanha 4, no ponto de amostragem 1.

Tabela 5 – Resultados de metais biodisponíveis nas amostras de sedimento

Campanha	Ponto	Al (%)	Cd (mg Cd/kg)	Pb (mg Pb/kg)	Cu (mg Cu/kg)	Ni (mg Ni/kg)	Zn (mg Zn/kg)	Fe (%)	Cr (mg Cr/kg)
1	1	3,54	< 0,50	33,05	478,4	449,1	421,0	3,55	550,3
	2	4,77	0,10	55,53	351,6	319,9	826,5	3,58	730,0
2	1	3,67	<0,50	36,21	533,9	394,7	390,0	3,71	277,7
	2	3,80	0,13	56,07	230,2	178,9	720,7	3,59	421,4
3	1	3,75	< 0,50	40,72	519,6	461,7	341,1	4,06	728,1
	2	3,80	0,13	53,99	245,4	205,5	843,0	3,29	469,6
4	1	4,43	< 0,50	59,41	1145,7	1038,4	517,4	4,72	1907,7
	2	4,20	0,23	60,45	422,1	379,5	1202,8	3,61	998,0
5	1	2,60	< 0,50	37,45	171,2	210,3	218,5	3,16	226,9
	2	3,59	0,32	60,92	326,5	192,5	767,3	3,48	615,2
TEL		-	0,596	35	35,7	18	123,1	-	37,3
PEL		-	3,53	91,3	197	36	315	-	90

TEL - *threshold effects level*; PEL - *probable effects level*

Os resultados referentes às análises físico-químicas das amostras de sedimento, envolvendo o pH, CTC, matéria orgânica e umidade encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados das análises físico-químicas nas amostras de sedimento

Campanha amostragem	pH		CTC (cmol _c kg ⁻¹)		Matéria Orgânica (%)		Umidade total (%)	
	Ponto							
	1	2	1	2	1	2	1	2
1	6,11	5,23	13,18	9,12	8,88	3,85	36,32	25,29
2	5,98	6,04	13,02	10,34	7,26	4,74	34,70	36,68
3	6,12	6,20	13,65	10,83	5,97	4,18	35,85	37,79
4	6,11	6,14	16,12	13,43	8,6	6,56	41,74	34,41
5	5,72	5,40	8,94	9,84	6,59	7,44	31,06	42,65

O pH das amostras variou de 5,23 a 6,20, sendo os valores semelhantes em ambos os pontos de amostragem, indicando um caráter ácido nos sedimentos dos dois pontos, o que pode favorecer a mobilidade dos metais e sua solubilização, aumentando o risco de poluição ambiental (AMARAL, 2014). Nesse sentido, o pH é um dos parâmetros físico-químicos com capacidade de influenciar a biodisponibilidade de espécies químicas no meio, sendo que a alcalinidade favorece a precipitação dos metais, enquanto a acidez aumenta a sua solubilidade, permitindo a sua ressuspensão (PREZOTTI *et al.*, 2007).

Os valores de CTC maiores que 5 cmol_ckg⁻¹ evidenciam uma alta capacidade de troca de cátions (COTTA, 2003), o que foi observado em todas as amostras, embora no ponto de amostragem 1 os valores foram mais elevados, exceto na Campanha 5, quando os valores ficaram baixos em ambos os pontos de amostragem. Através da análise dos resultados obtidos no desenvolvimento desse estudo, observa-se que os valores das concentrações de metais biodisponíveis no sedimento são proporcionais à CTC das respectivas amostras, o que fica evidenciado especialmente na Campanha 4, na qual os valores da CTC foram os maiores, assim como as concentrações dos metais biodisponíveis, em ambos os pontos de amostragem. Já na Campanha 5, quando os valores de CTC diminuem, nota-se também a redução dos valores das concentrações dos metais biodisponíveis, em comparação com a campanha anterior.

No que se refere ao teor de matéria orgânica, verifica-se que os valores encontrados ficaram abaixo de 10% em todas as amostragens, caracterizando o sedimento de fundo como inorgânico, o que favorece a solubilização dos minerais na coluna d'água (CAMPAGNA *et al.*, 2008). Além disso, os dados apresentados demonstram que o teor de umidade total variou de 31,06% a 41,74% no ponto de amostragem 1, e de 25,29% a 42,65% no ponto de amostragem 2, durante as campanhas, valores esses que representam altos teores de umidade e, por conseguinte, indicando um grande potencial na dissolução de íons, acarretando em uma alta capacidade de troca iônica (ANTUNES *et al.*, 2009).

4. CONCLUSÕES

Os sedimentos coletados mostraram-se importantes compartimentos acumuladores de espécies metálicas, especialmente cobre, níquel, zinco e cromo em ambos os pontos de amostragem, embora algumas características físico-químicas possam apontar uma tendência de ressuspensão das espécies metálicas para a coluna d'água, o que por sua vez pode indicar graus ainda maiores desses elementos. Os pontos amostrados pertencem ao trecho localizado na área urbana da bacia hidrográfica de estudo, o qual conta com maior presença industrial e populacional, ocasionando despejos de efluentes e esgotos. Nesse sentido, destaca-se que a origem dos referidos contaminantes pode estar associada à característica industrial da região, que constitui o segundo polo metal mecânico do país, estando o tratamento de superfície presente de forma significativa. Sendo os metais mais utilizados nestes tratamentos o cromo, o zinco, o níquel e o cobre, e estando estes pontos próximos a atividades



industriais que fazem este tipo de tratamento pode-se inferir que há uma relação direta da presença destes metais, tanto na coluna d'água quanto no sedimento. Além disso, evidenciaram-se também despejos industriais por cianetos. Neste sentido, o Rio Tega pode atuar como transportador de íons para o Rio das Antas, especialmente as espécies metálicas, destacando-se sua importante característica de capacidade de bioacumulação ao longo da cadeia. Os resultados do estudo ressaltam a importância de monitorar a qualidade dos sedimentos e de promover um controle mais eficiente das fontes locais de poluição.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. A., Pires, S. C., Ferrari, J. L. Qualidade da água e do sedimento de fundo de alguns córregos do município de Castelo, Estado do Espírito Santo. **Revista Agro@ambiente**, v. 8, n. 2, p. 194-203, 2014

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: Centennial Edition, ed. 22, 2012.

ANTUNES, M. *et al.* Determinação da granulometria, dos parâmetros físico-químicos e do teor de metais biodisponíveis em sedimentos da Microbacia do Arroio Marrecas. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARRA, C.M. *et al.* Especificação de arsênio – uma revisão. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 58-70, 2000

BRASIL. **Resolução CONAMA n° 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2012.

CAMPAGNA, A. F. *et al.* Analyses of the sediment toxicity of Monjolinho River, São Carlos, São Paulo State, Brazil, using survey, growth and gill morphology of two fish species (*Danio rerio* and *Poecilia reticulata*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 1, p. 193-201, 2008.

CAVALCANTI, J. E. W de. A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**: 2. ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica, 2012.

COTTA, J. A. de O. **Diagnóstico ambiental do solo e sedimento do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR)**. São Paulo, 130 p., 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ENVIRONMENTAL CANADA. Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Canadian Environmental Quality Guidelines - Summary Tables. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca>> Acesso em: 12 out. 1913.

INSTITUTO DE SANEAMENTO AMBIENTAL (ISAM) – Universidade de Caxias do Sul. Coord.: Vânia Elisabete Schneider. Ampliação da rede de monitoramento quali-quantitativo das bacias



hidrográficas do município de Caxias do Sul. Relatório conjuntura, período: 2012 – 2014: Caxias do Sul, Julho de 2014.

MARCHAND, C.; *et al.* Heavy Metals Distribution in Mangrove Sediments along the Mobile Coastline of French Guiana. **Marine Chemistry**. v.98, p.1-17, 2006.

MOZETO, A. A. Coleta de sedimentos de ambientes aquáticos continentais, extração de águas intersticiais e determinação granulométrica. In: MOZETO, A. A., UMBUZEIRO, G. A., JARDIM, W. F. (orgs.). **Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce**. São Carlos: Cubo Multimídia, 2006. p. 26 – 35.

PREZOTTI, L. *et al.* **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5. ed. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007, 305 p.

POLETO, C. **Fontes potenciais e qualidade dos sedimentos fluviais em suspensão em ambiente urbano**. Rio Grande do Sul, 159 p., 2007. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TANG, W. Z., *et al.* Heavy metal sources and associated risk in response to agricultural intensification in the estuarine sediments of Chaohu Lake Valley, East China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 176, p. 945-951, 2010

VALLS, M., LORENZO, V. Exploiting the genetic and biochemical capacities of bacteria for remediation of heavy metal pollution. **Microbiology Reviews**, v. 26, p. 327-338, 2002.

VIECELI, N. C. *et al.* Avaliação da Fisiografia de Bacias Hidrográficas de Caxias do Sul, RS. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria de Meio Ambiente do município de Caxias do Sul e ao Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul pelo apoio recebido.