



## AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA E DETERMINAÇÃO DE ZINCO E CHUMBO NO SEDIMENTO DA BACIA ARROIO MOREIRA/FRAGATA

**Lidiane Schmalfluss Valadão** – lidianeschmalfluss@hotmail.com

Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Pelotas, Especialização em Química Ambiental  
Praça Vinte de Setembro, 455  
96015-360 – Pelotas – RS

**Beatriz Regina Pedrotti Fabião** – biafabiao@gmail.com

Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Pelotas, Especialização em Química Ambiental  
Praça Vinte de Setembro, 455  
96015-360 – Pelotas – RS

**Prof. Dr. Pedro José Sanches Filho** – pjsans@ibest.com.br

Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Pelotas, GPCA – Grupo de Pesquisa em Contaminantes Ambientais; Coordenador Curso de Especialização em Química Ambiental  
Praça Vinte de Setembro, 455  
96015-360 – Pelotas – RS

**Prof. Dr. Jocelito Saccol de Sá** – jocelito@pelotas.ifsul.edu.br

Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Pelotas, Coordenador do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental  
Praça Vinte de Setembro, 455  
96015-360 – Pelotas – RS

**Resumo:** Este trabalho foi realizado na Bacia do Arroio Moreira/Fragata, em zona urbana e rural, contemplado os municípios de Pelotas/RS, Capão do Leão/RS e Morro Redondo/RS, no mês de abril de 2016 (outono). Foram coletadas amostras em seis pontos ao longo do tributário da Bacia. O objetivo foi avaliar parâmetros físico-químicos, como pH e a condutividade elétrica do corpo hídrico e o nível dos metais zinco e chumbo no sedimento. As amostras de água foram coletadas com o auxílio de garrafa de van dorn e os sedimentos com a draga do tipo “van veen”. O pH e condutância foram analisadas em campo. Os valores de pH mantiveram-se na faixa estipulada pelo CONAMA 357/05 para águas de classe 2, enquanto que a condutância variou de 67,20 a 107,17. As concentrações de zinco indicam possibilidade de efeitos biológicos, já o chumbo se manteve próximo ao valor de referência natural. Através dos resultados da água e do sedimento se observa que o corpo hídrico apesar de apresentar baixa poluição, tende a concentrar a contaminação no seu baixo curso.

**Palavras-chave:** Metal, Sedimento, Absorção atômica, Arroio.



## PHYSICAL AND CHEMICAL WATER ASSESSMENT AND DETERMINATION OF ZINC AND LEAD IN SEDIMENT BASIN STREAM MOREIRA/FRAGATA

**Abstract:** This work was carried out in the Basin of the Stream Moreira/Fragata, in urban and rural areas, covered the cities of Pelotas/RS, Capão do Leão/RS and Morro Redondo/RS, in April 2016 (autumn). Samples were collected at six points along the Basin tax. The objective was to evaluate physical and chemical parameters such as pH and electrical conductivity of the water body and the level of the metals zinc and lead in the sediment. Water samples were collected with the help of bottle van dorn and sediments to dredge the type "van veen." The pH and conductivity were analyzed in the field. The pH remained in the range stipulated by CONAMA 357/05 water to class 2, while the conductance ranged from 67.20 to 107.17. Zinc concentrations indicate the possibility of biological effects, since the lead is held close to the natural reference value. Through the results of water and sediment is observed that the water body despite having low pollution tends to concentrate the contamination in its lower course.

**Keywords:** Metal, Silt, Atomic absorption, Stream.

### 1. INTRODUÇÃO

A Bacia Arroio Moreira/Fragata, encontra-se inserida na grande Bacia Litoral 40, do sistema hidrográfico do estado do Rio Grande do Sul (L40-RS), sendo uma das vinte e seis bacias do complexo hídrico do estado (NETO, 2009).

A água é composta por propriedades físico-químicas equilibradas, tornando-se essencial para a manutenção das diversas formas de vida, (GOMES DA SILVA *et al.*, 2014). No entanto, os diversos usos das águas superficiais como: consumo humano, irrigação, higiene e uso industrial, têm provocado mudanças na qualidade deste recurso, principalmente devido ao lançamento de diversos subprodutos que ocasionam a degradação dos diferentes compartimentos ambientais.

Conforme o Ministério Público (MP), devido a importância desse arroio sob diversos aspectos e seus usos, torna-se necessário e permanentemente o monitoramento das suas águas e dos seus leitos, além de assegurar extração exclusivamente legal das areias das suas bacias.

Os metais são considerados, não biodegradáveis e estão associados a efeitos nocivos podendo oferecer riscos ambientais, pois apresentam características tóxicas e sofrem o fenômeno de bioacumulação na biota, ou seja, o incremento da concentração dos metais ao longo da cadeia trófica (LACERDA & MARINS, 2006). Segundo Souza, *et al.* (2015) como consequência deste processo, os níveis de metais na cadeia alimentar alcançam valores superiores dos que se encontram na água. Esses metais ao serem lançados nos corpos d'água sofrem partição entre a água e os particulados suspensos, sendo que parte desta carga é metabolizada pela flora e fauna local e parte se deposita nos sedimentos de fundo. De acordo com Hortellani *et al.* (2008), a poluição dos sedimentos está intimamente ligada com a poluição das águas através de diversas fontes.

Como os sedimentos são levados pelos afluentes para outro curso de água, podendo chegar no mar, as análises desta matriz em vários pontos de uma região de interesse servem para rastrear fontes de contaminação ou monitorar esses contaminantes, já que estes podem provocar impactos no ecossistema devido as suas toxicidades (VALADÃO *et al.*, 2016). Além disto, as propriedades de acúmulo e redistribuição de contaminantes, como os metais, pelo sedimento o considera um indicador para monitoramento e estudos de impacto ambiental, pois registram em caráter mais permanente os efeitos de contaminação (YANG *et al.*, 2012; FLYNN *et al.*, 2011).



Os metais presentes no sedimento podem ser remobilizados para a coluna d'água através de mudanças nas características físico-químicas, alterando a qualidade do corpo hídrico, além de se tornar disponíveis para a incorporação pelos organismos presentes nesse meio (TORRES et al., 2008 apud RANGEL & SANCHES FILHO, 2013).

Segundo Esteves (1988), nos ecossistemas aquáticos, os metais que têm função biológica participam nos processos fisiológicos dos organismos aquáticos, os que não têm são geralmente tóxicos a uma grande variedade de espécies, desta forma, mesmo que o metal tenha função biológica definida, quando em concentrações acima das normalmente encontradas no ambiente, pode apresentar toxicidade aos organismos vegetais e animais.

Diferentes estudos estão sendo desenvolvidos na região de Pelotas, com finalidade de avaliar a presença e acúmulo de metais em diferentes compartimentos, com valores significativos frente aos limites estabelecidos, como os trabalhos de: Valadão, et al., (2016) no Canal São Gonçalo; Rangel & Sanches Filho (2013) no Canal do Prolongamento da Av Bento Gonçalves; Betemps & Sanches Filho (2012), no Pontal da Barra; e Pinto et al. (2013) em Camarões. Diante destes estudos, pouco se conhece na região sobre o comportamento dos metais na Bacia do Arroio Moreira/Fragata, indicando a necessidade de avaliação desta área.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar parâmetros físico-químicos da água e o teor dos metais zinco (Zn) e chumbo (Pb) em amostras de sedimento da Bacia Arroio Moreira/Fragata, além de avaliar os teores de umidade e granulometria do sedimento, visando a determinação do grau de contaminação deste recurso hídrico.

## 2. METODOLOGIA E RESULTADOS

### 2.1. Metodologia

As amostras foram obtidas na Bacia Arroio Moreira/Fragata, em seis pontos distintos, no mês de abril de 2016. Os locais foram escolhidos por serem possíveis contribuintes para a contaminação do recurso hídrico. A figura 1 indica a localização dos pontos georreferenciados.

P1 – (31°45'59.97"S e 52°23'50.32"O): Jusante a indústria de laticínios.

P2 – (31°45'09.30"S e 52°24'09.55"O): Montante a indústria de laticínios e Jusante a indústria de conservas.

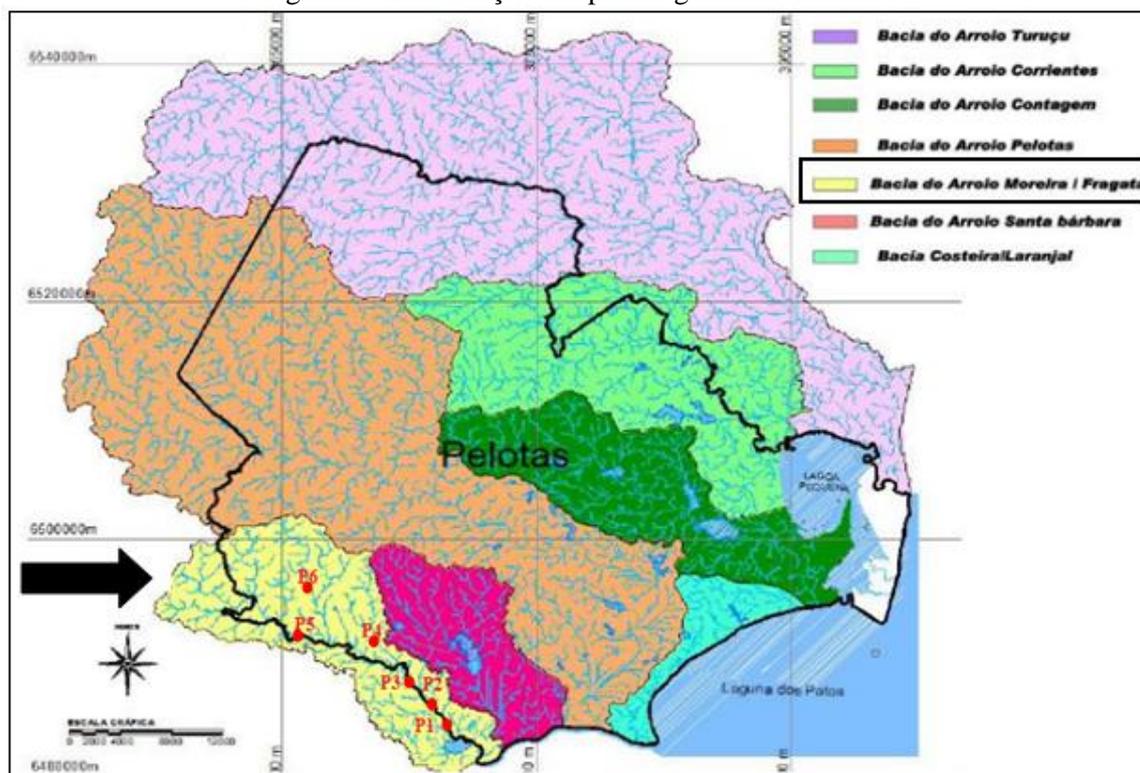
P3 – (31°44'56.94"S e 52°24'52.76"O): Jusante a indústria frigorífica.

P4 – (31°42'50.55"S e 52°28'36.46"O): Ponte sobre o Arroio Pestanas.

P5 – (31°42'03.47"S e 52°30'55.44"O): Montante à estação de tratamento de água.

P6 – (31°40'23.61"S e 52°30'04.10"O): Jusante a indústria de conservas.

Figura 1 – Localização dos pontos georreferenciados.



Fonte: (XAVIER, 2010), com modificações.

A amostragem da água foi realizada com o auxílio de uma garrada de van dorn. Enquanto que as amostras de sedimento superficial (0 – 5cm de profundidade), foram obtidas com uma draga do tipo “van veen” (MOZETO, 2007). Armazenou-se apenas o sedimento da parte central da draga, evitando-se contaminação pelo metal da draga.

Todas as amostras foram armazenadas em frascos de plástico descontaminados sob refrigeração à  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  e transportados para o laboratório.

As amostras de sedimento para o tratamento químico foram secas em estufa a  $60^{\circ}\text{C}$  pelo período de 48 horas. Por conseguinte, foi realizada a maceração com gral e pistilo, seguido por peneiramento. A fração  $< 63 \mu\text{m}$  foi utilizada para o procedimento de extração do metal.

A digestão pseudototal, para extração dos metais, foi realizada utilizando-se 2g da amostra. Após, adicionou-se 4mL de água régia ( $\text{HCl}:\text{HNO}_3$ ) e 1mL de ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ). A solução, foi digerida em banho-maria à  $90^{\circ}\text{C}$  por 30min, (HORTELLANI *et. al.*, 2005). Posteriormente, as amostras foram filtradas e avolumadas a 25mL com água ultrapura. A extração foi realizada em triplicata e em paralelo de análise de branco.

Conforme metodologia descrita por Suguiú (1970), determinou-se a granulometria.

De acordo com Teódulo *et. al.* (2003), todo material utilizado durante a análise de metais, foi descontaminado em solução de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) a 10% (v/v), pelo período de 24h.

A curva de calibração do equipamento foi preparada a partir da solução padrão marca Titrisol® Merck de  $1000 \text{mg.L}^{-1}$  de zinco. A faixa de concentração dos padrões variou 0,2 a  $10 \text{mg.L}^{-1}$ . Os padrões sofreram o mesmo tratamento das amostras para manter a proporcionalidade entre o sinal analítico e a concentração.

As soluções obtidas foram analisadas em espectrofotômetro de absorção atômica de chama em espectro da marca PerkinElmer AAnalyst 200. As condições operacionais aplicadas para a determinação de zinco e chumbo, foram as seguintes: comprimento de onda ( $213,9 \text{ nm} // 217,0 \text{ nm}$ ); fenda ( $1,8/0,5 \text{ nm} // 1,8/1,0 \text{ nm}$ ); gás combustível (ar-acetileno // ar-acetileno), respectivamente.



O limite de detecção (LD) foi calculado usando a média do sinal de cinco repetições do branco mais três vezes o seu desvio padrão, enquanto que o limite de quantificação (LQ) foi obtido pela soma da média do sinal do branco mais dez vezes o seu desvio padrão (IUPAC, 1997).

Realizou-se determinações do potencial hidrogênionico com o uso de um pHmetro (Marconi modelo MA 522/P) e condutividade elétrica por meio de um condutivímetro (Instrutherm modelo CD-830) na água, *in situ*, durante a amostragem.

## 2.2. Resultados e discussão

De acordo com a classificação do CONAMA n° 357/2005, a Bacia do Arroio Moreira/Fragata, se enquadra como água doce classe 2, uma vez que o corpo hídrico serve como fonte de abastecimento para consumo humano, à recreação de contato primário (presença de campings), à irrigação, a proteção da vida aquática, a aquicultura e atividade de pesca.

A tabela 1, apresenta os valores encontrados para o pH e condutividade elétrica nas amostras de água.

Tabela 1 – Resultados de pH e condutividade elétrica nas amostras de água e seus respectivos desvios padrão (SD).

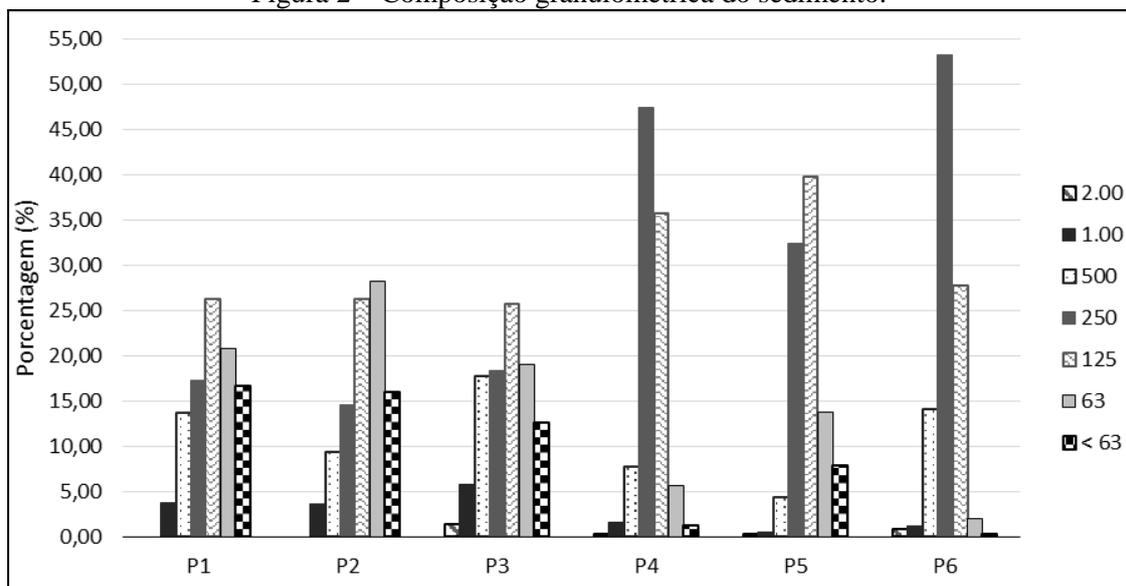
Local	pH	Condutividade ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )
P1	6,62 $\pm$ 0,03	105,90 $\pm$ 0,17
P2	6,58 $\pm$ 0,02	107,17 $\pm$ 0,15
P3	6,78 $\pm$ 0,02	102,94 $\pm$ 0,10
P4	7,06 $\pm$ 0,01	68,11 $\pm$ 0,05
P5	7,10 $\pm$ 0,01	67,50 $\pm$ 0,38
P6	7,39 $\pm$ 0,01	70,35 $\pm$ 0,17

Os valores encontrados na análise de pH, demonstra semelhança nos seus resultados, mantendo a compatibilidade com o padrão para classe 2 da resolução do CONAMA 357/2005, que estabelece a faixa de 6,0 – 9,0. Segundo Rangel & Sanches Filho (2013), a determinação do potencial hidrogênionico na água é de grande valia no controle da mobilidade, biodisponibilidade e precipitação dos metais, pois quando o resultado de pH é elevado reduz a concentração dos metais traços na água. Este fato ocorre devido a precipitação de formas insolúveis como hidróxidos, carbonatos e complexos orgânicos, favorecendo a adsorção dos metais pela atração eletrostática com o sorvente (SOUZA *et al.*, 2015).

A determinação da condutividade estabelece a relação com o grau de contaminação do corpo hídrico, uma vez que Saraiva *et. al.* (2009) indica que o valor máximo para água não poluída é de 100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Diante dos valores apresentados na tabela 1, verificou-se que apenas os pontos 1, 2 e 3, no momento da coleta, subindicam presença de contaminação. Tal fato sugere que há um aumento na concentração de compostos na porção final do corpo hídrico analisado, o que implica a influência das atividades industriais sob a Bacia do Arroio Moreira/Fragata, uma vez que os valores aumentam após a passagem das empresas.

Através da figura 2, que representa a composição granulométrica foi possível observar a dimensão das partículas do sedimento.

Figura 2 – Composição granulométrica do sedimento.



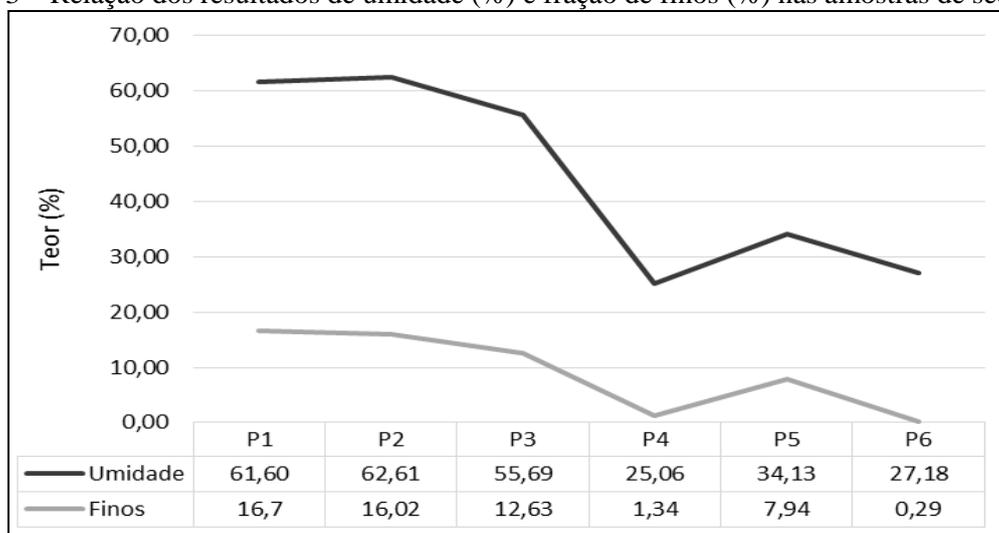
Fonte: Autores.

Conforme a figura 2, os pontos 1, 2 e 3 foram os que apresentaram maior porcentagem de grãos muito finos, variando de 12 a 20%. Entretanto, os pontos 4, 5 e 6 possuem maior quantidade de areia fina (125 - 250 $\mu$ m). Desta forma, os pontos 1, 2 e 3, tendem a concentrar maior teor de íon metálico, pois segundo Valadão *et. al.* (2016), a fração mais fina do sedimento (< 63 $\mu$ m), tende a possuir maior concentração de contaminantes, devido os grânulos apresentarem maior área superficial para adsorção dos íons metálicos.

Segundo CONAMA nº 454/2012, se na granulometria do material a ser dragado tiver 50% da sua composição areia grossa, muito grossa, cascalho ou seixo, fica dispensado de caracterização química, ecotoxicológica e outros estudos complementares referentes à caracterização, o que não ocorreu em nenhum dos pontos analisados, justificando a necessidade de análise do íon metálico.

A análise de umidade pode ser diretamente relacionada com a granulometria (figura 3), pois quanto maior o teor de umidade do sedimento, maior será a porcentagem de finos no sedimento, indicando a presença de substâncias higroscópicas, promovendo a maior retenção dos contaminantes.

Figura 3 – Relação dos resultados de umidade (%) e fração de finos (%) nas amostras de sedimento.



Fonte: Autores.

Através dos parâmetros de méritos, é possível verificar que ambos os coeficientes de correlação ( $r^2$ ) se mantiveram acima de 0,99, tabela 2, indicando um alto nível de confiabilidade das curvas de calibração e ainda pelos coeficientes angulares as determinações espectrofotométricas para o zinco (Zn) são mais sensíveis que para o chumbo (Pb).

O controle de qualidade dos valores encontrados, foi avaliado através da análise do sedimento de referência (NMCR#4 - Ultra scientific – cód: J408). Os resultados apresentados na tabela 2, mostram que as ambas as recuperações se mantiveram acima de 90%, faixa satisfatória. Pois, de acordo com Jesus et al., (2004) fatores de recuperação entre 75 e 110% são aceitáveis.

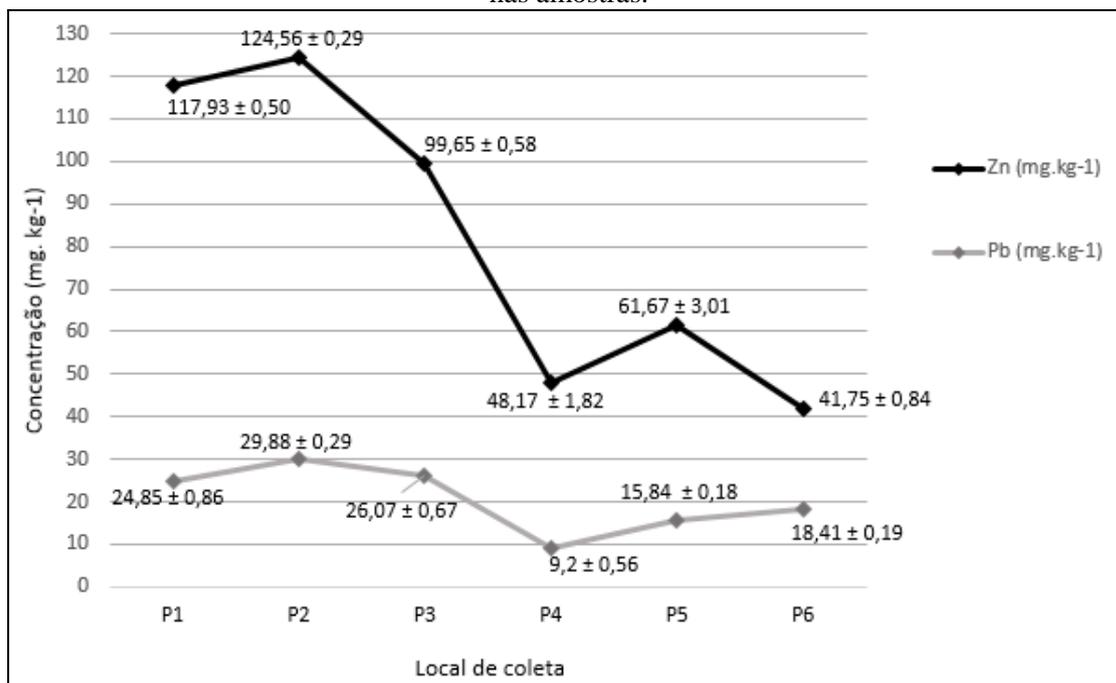
Tabela 2 – Limite de detecção (LD) e quantificação (LQ), em  $\text{mg.kg}^{-1}$ , coeficientes angular (a), linear (b), e de correlação ( $r^2$ ) das respectivas curvas; e Níveis certificados e intervalo de confiabilidade do material certificado (NMR#4), teor encontrado, ambos em ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ) e seus respectivos desvios padrões e o percentual de recuperação para cada metal.

<b>Parâmetros de méritos</b>		
<b>Parâmetro</b>	<b>Zinco</b>	<b>Chumbo</b>
<b>a</b>	0,0872	0,0413
<b>b</b>	0,0389	0,0073
<b>r<sup>2</sup></b>	0,9979	0,9967
<b>LD</b>	0,0220	0,0217
<b>LQ</b>	0,0720	0,0722
<b>Sedimento de referência</b>		
<b>Metal</b>	<b>Zn</b>	<b>Pb</b>
<b>Valor certificado</b>	133,50	95,30
<b>Intervalo de confiança</b>	126,00 – 141,00	90,00 – 101,00
<b>Valor encontrado</b>	127,56 ± 0,56	94,25 ± 1,34
<b>Recuperação (%)</b>	95,55	98,80

Os teores encontrados para zinco e chumbo, e seus desvios padrões (SD) podem ser verificados na figura 4, em  $\text{mg.kg}^{-1}$ . De acordo com a Portaria da FEPAM n° 085/2014, para o grupo de sedimentos inconsolidados na planície costeira, que abrange a localização da Bacia estudada, fixa que 90% do valor de referência para zinco ( $33 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) e chumbo ( $27 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) é teor natural do metal em solo do estado do Rio Grande do Sul. Sendo assim, observa-se que em todos os pontos analisados na Bacia do Arroio Moreira/Fragata, a presença de zinco encontra-se acima do valor de referência natural. Este resultado indica que há influência antrópicas sob a entrada deste íon metálico no corpo hídrico. Entretanto, com exceção do ponto dois (P2), os valores encontrados para chumbo, estão abaixo do teor encontrado naturalmente na região de planície costeira, sugerindo que no período de análise não houve entrada de chumbo no local analisado através de atividades humanas.



Figura 4 – Resultados obtidos para Zn e Pb e seus respectivos desvios padrão (SD) em  $\text{mg.kg}^{-1}$  nas amostras.



Fonte: Autores.

Ao comparar os resultados encontrados para zinco com os limites para sedimentos de água doce estabelecidos pelo índice do guia de qualidade para sedimentos do Canadá (1999) – TEL e PEL (Tabela 3), observa-se que o curso baixo da Bacia sugere ocorrência de efeito biológico. No entanto, quando se verifica os valores de chumbo, diante dos limites TEL e PEL, indica-se que não há possibilidade de ocorrência de efeitos biológicos e adversos causados por este metal.

Tabela 3 – Níveis máximos dos analitos permitidos para sedimento em água doce.

Limites estabelecidos ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )		
TEL <sup>a</sup>	123,00	35,00
PEL <sup>b</sup>	315,00	91,30

<sup>a</sup>TEL threshold effect level. Valor abaixo do qual raramente ocorre efeito biológico (Água doce).

<sup>b</sup>PEL probable effect level. Valor acima do qual efeito adverso é esperado (Água doce).

O zinco encontra-se usualmente na natureza na forma de sulfeto ou associado com sulfeto de outros metais, principalmente chumbo, cádmio, cobre e ferro. A toxicidade do zinco está relacionada com as reações de troca iônica existentes no meio hídrico (RANGEL & SANCHES FILHO, 2013).

O chumbo se manteve abaixo do valor fixado pela Portaria da FEPAM n° 085/2014, variando de 9,20 a 29,88  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Estes resultados, apresentam valores aproximados á estudos desenvolvidos na região do município de Pelotas/RS: Santos *et al.* (2003) na Lagoa Mirim ( $6,5 \pm 1,2$ ); Betemps & Sanches Filho (2012) no Saco do Laranjal ( $9,40 \pm 0,60$ ).

O chumbo pode ser encontrado em solos não contaminados em concentrações próximas a 20  $\text{mg/kg}$ , condizendo com os valores encontrados (ALLOWAY 1995 apud RANGEL & SANCHES, 2013). Além de ser um metal que não possui função biológica definida, pois não participa de processos fisiológicos dos organismos aquáticos, por isso é considerado um elemento potencialmente tóxico aos organismos.



Por meio das figuras 3 e 4, confirma-se que quanto maior a fração de finos e umidade no sedimento, em cada ponto analisado, maior é a concentração dos metais zinco e chumbo, uma vez que estes se adsorvem as partículas menores devido a maior área superficial de contato, além dos resultados estarem em acordo com os valores de condutância.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da pesquisa, constata-se que a Bacia do Arroio Moreira/Fragata, sofre influência antrópica no decorrer do seu tributário, ocorrendo acumulação na concentração dos parâmetros analisados na parte inferior da bacia, indicando que os pontos 1 e 2 são os mais críticos. Considerando-se a presença dos metais analisados (Zn e Pb), conclui-se que, no período de coleta (abril/2016), ambos foram detectados, porém apenas o zinco apresentou valores acima do limite estipulado para TEL.

#### *Agradecimentos*

Ao GPCA - Grupo de Pesquisa em contaminantes ambientais. Aos cursos de Graduação em Gestão Ambiental e Técnico em Química por fornecerem os laboratórios e equipamentos, e ao Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Pelotas.

### 4. REFERÊNCIAS

ALLOWAY, Brian. **Heavy metals in soils**. Blackie Academic e Professional, 1995. 399 p.

BETEMPS, G. R.; SANCHES FILHO, P. J. Estudo sazonal de metais pesados no sedimento do Saco do Laranjal – Pelotas-RS. **Journal of Brazilian Society Ecotoxicology**, v. 7, p. 91-96, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **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 da outra providências, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 454, de 1° de novembro de 2012**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Brasília, 2012.

CCME EPC- 98E, Canadian Sediment Quality Guidelines for the protection aquatic life, 1999.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988. 575 p.

FLYNN, M. N.; SILVA, L. C. M.; LOURO, M. P. Processo de Bioacumulação na área estuarina de Santos e São Vicente, São Paulo. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, p. 36-58, 2011.

GOMES-SILVA, P. A. J.; LIMA, S. D.; GOLIN, R.; FIGUEIREDO, D. M.; LIMA, Z. M.; MORAIS, E. B.; DORES, E. F. G. C. Qualidade da água de uma micro bacia com fins de abastecimento público, Chapada dos Guimarães, MT. **HOLOS**, v. 4, n. 0, p. 22-33, 2014.

HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. S.; ABESSA, D. M. S.; SOUSA, E. C. M. Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos – São Vicente. **Química Nova**, v.31, n.1, p.10-19, 2008.

HORTELLANI, M. A.; SARKIS, J. E. S.; BONETTI, J.; BONETTI, C. Evaluation of Mercury Contamination in Sediments from Santos - São Vicente, Estuarine System, São Paulo State, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 16, n. 6, p. 1140-1149, 2005.



IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. **Chemistry Compendium of Chemical Terminology**. 2nd Edition, 1997.

JESUS, H. C., COSTA, E. A., MENDONÇA, A. S. F., ZANDONADE, E.; Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória – ES. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 378-386, 2004.

LACERDA, L. D.; MARINS, R. V. Geoquímica de sedimentos e o monitoramento de metais na plataforma continental nordeste oriental do Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, v. 20, n.1, p. 123-135, 2006.

MOZETO, A. A. Sedimentos e Particulados Lacustres: Amostragem e Análises Biogeoquímicas. In: BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. Amostragem em limnologia. **Rima**. São Carlos, 2007.

NETO, H. P. B. **Caracterização ambiental e determinação de parâmetros físico-químicos, biológicos e índice de fragilidade ambiental da Micro Bacia Arroio Moreira / Fragata**. Pelotas, 102 p., 2009. Monografia (Graduação) – Universidade Católica de Pelotas.

PEREIRA, R. S. Identificação e Caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, IPH –UFRGS, v. 1, n. 1, p.,20-36, 2004.

PINTO, A. M. T. P.; HIRDES, I. M.; SANCHES FILHO, P. J. Determinação de metais pesados nos camarões (*Fasfantepeanaeus paulensis*) consumidos na cidade de Pelotas-RS. *Ecotoxicology and Environmental Contamination*, v. 8, n. 1, p. 129-134, 2013.

RANGEL, E. M.; SANCHES FILHO, P. J. Determinação de metais traço no sedimento do canal prolongamento da Avenida Bento Gonçalves, Pelotas (RS). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 229-241, 2013.

SANTOS, I.R.; BAISCH, P.; LIMA, G.T.N.P. Metais pesados em sedimento superficial da Lagoa Mirim, fronteira Brasil – Uruguai. **Geochimica Brasiliensis**,. v. 17, p. 037-047, 2003.

SARAIVA, V. K.; NASCIMENTO, M. R. L.; PALMIERI, H. E. L.; JACOMINO V. M. F. Avaliação da qualidade de sedimentos - estudo de caso: sub-bacia do Ribeirão Espírito Santo, afluente do Rio São Francisco. **Química Nova**, v. 32, p. 1995-2002, 2009.

SOUZA, V. L. B.; LIMA, V.; HAZIN, C. A.; FONSECA, C. K. L.; SANTOS, S. O. Biodisponibilidade de metais-traço em sedimentos: uma revisão. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**. v. 03, p. 01-13, 2015.

SUGUIO, Kenitiro. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher – EDUSP, 1973. 318 p.

TEÓDULO, M. J. S.; LIMA, E. S.; NEUMANN, V. H. M. L.; LEITE, P. R. B.; SANTOS, M. L. F. S. Comparação de métodos de extração parcial de metais traço em solos e sedimentos de um estuário tropical sob a influência de um complexo industrial portuário, Pernambuco Brasil. **Estudos Geológicos**, v.13, p. 23-34, 2003.

TORRES, R. F.; LACERDA, L. D.; AGUIAR, J. E. Biodisponibilidade de Cu e Pb em sedimentos de um canal de maré afluente do estuário do Jaguaribe – Ce. In: I Congresso IberoAmericano de Oceanografia – I CIAO. Fortaleza. Anais III CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, Fortaleza, Brasil, 2008.



VALADÃO, L. S.; GARCIA, J. F. C.; SANCHES FILHO, P. J.; PINTO, A. M. P. Determinação de elementos traço no sedimento do Canal São Gonçalo, Pelotas/RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 7, n. 1, 2016.

XAVIER, S. C. **O mapeamento geotécnico por meio de geoprocessamento como instrumento de auxílio ao planejamento do uso e ocupação do solo em cidades costeiras: estudo de caso para Pelotas (RS)**. Rio Grande, 261 p., 2010. Dissertação (Pós-graduação) – Universidade Federal do Rio Grande.

YANG, Y.; CHEN, F.; ZHANG, L.; LIU, J.; WU, S.; KANG, M. Comprehensive assessment of heavy metal contamination in sediment of the Pearl River Estuary and adjacent shelf. **Marine Pollution Bulletin**, v. 64, n. 9, p. 1947-1955, 2012.