



Estudo da Concentração de Metais em Lodo de Estação de Tratamento de Esgoto e Sedimento do Lago de Itaipu, no Oeste do Paraná

Study of Metal Concentration in Sewage Treatment Plant Sludge and Sediment from Itaipu Lake, in Western Paraná

Liana Fabris¹, Rubia Camila Ronqui Bottini², Adelmo Lowe Pletsch³

RESUMO

A contaminação dos compartimentos ambientais tem chamado a atenção da sociedade, visto que os impactos negativos podem gerar sérios problemas a biota e ao próprio ser humano. Assim, o objetivo da pesquisa foi determinar o teor de metais em amostras de sedimento e lodo de esgoto, coletados no município de Santa Helena, no oeste do estado do Paraná. Foram determinados os parâmetros físicos e químicos, conforme Manual da Embrapa e os teores pseudo-totais de metais segundo o método EPA 3051 A. A validação metodológica foi realizada através do Material de Referência Certificado (CRM049-50G). Os teores de íons metálicos nas amostras de lodo ficaram próximos aos encontrados na literatura para a região. Logo, os teores dos íons metálicos Cu, Cr, Ni, Pb e Zn, para os pontos de sedimento, quando comparados aos valores legislados pelo CONAMA 420/2009, encontram-se acima dos valores orientadores de prevenção de qualidade, com maior incremento para Cu e Ni, os quais são passíveis de monitoramento visto que sugerem um elevado grau de contaminação.

PALAVRAS-CHAVE: lodo; metais; sedimento.

ABSTRACT

The contamination of environmental compartments has attracted the attention of society, as the negative impacts can cause serious problems for the biota and for humans themselves. Thus, the objective of the research was to determine the metal concentration in samples of sediment and sewage sludge, collected in the city of Santa Helena, in the west of the state of Paraná. The physical and chemical parameters were determined according to the Embrapa Manual and the metal concentration according to the EPA 3051 A method. Methodological validation was carried out using the Certified Reference Material (CRM049-50G). The metal concentration in the sludge samples were close to those found in the literature for the region. Therefore, the contents of metallic ions Cu, Cr, Ni, Pb and Zn, for the sediment points, when compared to the values legislated by CONAMA 420/2009, are above the quality prevention reference values, with a greater attention for Cu and Ni, which are subject to monitoring as they suggest a high degree of contamination.

KEYWORDS: sludge; metals; sediment.

INTRODUÇÃO

O aumento na demanda por recursos naturais e os crescentes processos de industrialização, bem como a urbanização descontrolada e as práticas agrícolas intensivas, têm conduzido a uma liberação contínua de poluentes no ambiente, resultando na contaminação de solos, águas superficiais e subterrâneas.

Dentre as diversas formas de poluição ambiental, destaca-se a contaminação por sedimento e lodo, que emerge como uma preocupação significativa devido à capacidade

¹ Bolsista da UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: fabrisliana@gmail.com. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2441559614641446>.

² Técnica em Química no Departamento de Química, campus Curitiba. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: rubiabottini@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9116853548372190>.

³ Docente no Departamento de Química, campus Curitiba. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: adelmo@utfpr.edu.br. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1731491755917260>.



de acumulação de substâncias tóxicas, dentre estas, os metais potencialmente tóxicos. (DE LACERDA et al, 2008).

No Brasil, a Resolução CONAMA 420/2009, estabelece valores orientadores para garantir a qualidade dos solos quanto à presença de substâncias químicas e, estabelece diretrizes para o gerenciamento de áreas contaminadas (BRASIL, 2009). A Resolução CONAMA 454/2012, por sua vez, estabelece diretrizes para o gerenciamento de materiais provenientes de dragagem em águas sob jurisdição nacional (BRASIL, 2012).

Nos Estados Unidos, a Agência de Proteção Ambiental (USEPA) e a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA) avaliam os materiais de dragagem mediante critérios de qualidade da água, níveis de toxicidade e bioacumulação (USEPA, 1991).

Dessa forma, esta pesquisa teve como finalidade analisar as concentrações pseudo-totais de metais, bem como determinar os parâmetros físicos e químicos, em amostras de sedimento e lodo de esgoto, coletadas, respectivamente, no lago de Itaipu e em estação de tratamento de efluente doméstico, no oeste do estado do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) no município de Santa Helena, no oeste do Paraná, que segundo o IBGE (2022), possui 25.492 habitantes e área territorial de 754,701 km².

No município o tratamento do esgoto doméstico era realizado por um sistema de lagoas aeróbicas e anaeróbicas, no entanto, a partir do ano de 2020 a ETE foi modernizada recebendo um sistema de tratamento de lodos ativados com Reatores Sequenciais em Batelada (SBR), no qual cada tanque possui capacidade máxima de 2282,9 m³ (AEN, 2023). Para o tratamento do lodo, uma das antigas lagoas foi transformada em *wetlands*, no qual algumas plantas aquáticas, como por exemplo o papiro brasileiro, auxiliam no processo de mineralização do lodo, promovendo a depuração da matéria orgânica e de outros poluentes, o que faz com que o material aproxime as suas propriedades às do solo.

AMOSTRAGEM

As amostragens do lodo e do sedimento foram realizadas em dezembro de 2022. O lodo foi coletado em três pontos em uma estação de tratamento de efluentes (ETE) e as coletas de sedimento foram realizadas em dois pontos no lago de Itaipu, ambos localizados no município de Santa Helena, na região Oeste do Estado do Paraná (Figura 1). As amostras foram armazenadas em marmitas de isopor e posteriormente, em caixas térmicas e transportadas ao laboratório para as análises.

Em laboratório, o sedimento e o lodo foram depositados em placas de Petri e secados em estufa na temperatura de 60 °C. Na sequência, as amostras foram destorroadas com um almofariz e passadas na peneira de 2 mm.



XIII Seminário de Extensão e Inovação
XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - Campus Ponta Grossa, PR

SEI-SICITE
2023



Figura 1 – Pontos de amostragem do lodo na ETE em Santa Helena (PR)



Fonte: Elaborados pelos autores (2023)

A Tabela 1 apresenta uma descrição detalhada do local de amostragem e as coordenadas geográficas.

Tabela 1 – Descrição dos pontos de amostragem do lodo e sedimento

Pontos	Matriz	Local de amostragem	Coordenadas geográficas
P1		Calha Parshall	-24.855382, -54.322810
P2	Lodo	Leito de secagem	-24.855382, -54.322810
P3		Saída do reator	-24.855382, -54.322810
P4		1000 m a jusante do lançamento da ETE	-24.847486, -54.323529
P5	Sedimento	5500 m – A jusante do lançamento da ETE	-24.811666, -54.321901

Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

DETERMINAÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS E DE METAIS PSEUDO-TOTAIS

As determinações físico-químicas - Matéria Orgânica (MO), ortofosfato e pH - das amostras foram realizadas em duplicata e seguiram as metodologias apresentadas no Manual de Solos da Embrapa (EMBRAPA, 2017) e, carbono orgânico total (COT) seguiu a metodologia de Kiehl (1985). E, as determinações de metais pseudo-totais seguiu o método da EPA 3051A (USEPA, 2007). A validação metodológica foi realizada a partir da análise do Material de Referência Certificado (CRM049-50G).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

TEORES FÍSICO-QUÍMICOS E DE METAIS PSEUDO-TOTAIS

A Tabela 2 traz os resultados de pH, ortofosfato, matéria orgânica, carbono orgânico total e teores pseudo-totais dos metais estudados nas matrizes de lodo e sedimento. Também são apresentados os valores de recuperação do Material de Referência Certificado (MRC), o qual apresentou alta variação.

Os valores de pH nos pontos estudados indicam um caráter neutro, sendo o menor valor para o P1 (lodo referente à entrada da ETE). Os valores obtidos são semelhantes aos



resultados obtidos por Lopes (2015). Um aumento de pH, segundo Fernandes e Souza (2001), indica que o lodo está em processo de mineralização, o que justifica uma maior acidez para o lodo bruto.

As concentrações de ortofosfato nas amostras de lodo e sedimento variaram entre 4,27 e 0,95 g. Ao comparar às concentrações obtidas nos pontos 1 e 3 da estação de tratamento de esgoto, nota-se que a taxa de remoção de fósforo foi de 63%.

O teor de MO variou de 70,08% a 6,94%. Enquanto o teor de COT variou de 38,94% a 3,86%. O valor de COT para o leito de secagem está próximo aos valores obtidos por Lopes (2015), que variou entre 27% a 31% e o valor obtido por Nogueira (2013), de 32,5%.

Tabela 2. Resultados de pH, ortofosfato (g kg^{-1}), MO e COT (%), metais (mg kg^{-1}) em lodo e sedimento dos pontos estudados e recuperação do MRC em (%).

Metal	P1	P2	P3	P4	P5	MRC
	Matriz lodo			Matriz sedimento		
pH	6,36	7,26	N.D.	7,57	7,01	-
Ortofosfato	4,27	1,65	1,60	1,82	0,95	-
MO	61,75	70,08	N.D.	7,48	6,94	-
COT	34,31	38,94	N.D.	4,15	3,86	-
Cd	0,24 $\pm 0,05$	1,21 $\pm 0,07$	0,79 $\pm 0,05$	0,38 $\pm 0,01$	0,80 $\pm 0,009$	95,0 $\pm 1,17$
Cr	51,34 $\pm 13,52$	58,39 $\pm 1,38$	69,24 $\pm 8,51$	66,53 $\pm 1,88$	55,55 $\pm 0,66$	66,0 $\pm 1,10$
Cu	72,37 $\pm 2,18$	200,72 $\pm 2,56$	356,83 $\pm 6,23$	480,24 $\pm 10,83$	188,16 $\pm 2,17$	63,0 $\pm 0,45$
Fe	14.748,46 $\pm 461,85$	29.936,42 $\pm 1357,1$	75.393,44 $\pm 1410,5$	119.964,13 $\pm 8922,3$	158.122,56 $\pm 33007,1$	121,0 $\pm 151,28$
Mn	14,43 $\pm 10,72$	70,33 $\pm 19,05$	68,17 $\pm 26,25$	64,30 $\pm 2,31$	52,70 $\pm 50,91$	16,0 $\pm 2,35$
Ni	213,29 $\pm 11,55$	249,80 $\pm 0,61$	250,82 $\pm 9,17$	161,61 $\pm 0,68$	159,68 $\pm 0,48$	14,0 $\pm 1,30$
Pb	17,41 $\pm 1,34$	45,30 $\pm 0,49$	28,05 $\pm 0,01$	22,03 $\pm 0,37$	21,40 $\pm 0,32$	78,0 $\pm 0,75$
Zn	344,49 $\pm 18,14$	617,54 $\pm 51,04$	428,25 $\pm 21,31$	258,63 $\pm 6,85$	336,59 $\pm 21,26$	219,0 $\pm 14,26$

N.D. – Não Determinado.

Fonte: Autoria própria

No lodo os teores pseudo-totais dos metais, cádmio ($0,24$ a $1,21 \text{ mg kg}^{-1}$), cromo ($51,34$ a $69,24 \text{ mg kg}^{-1}$), cobre ($72,37$ a $356,83 \text{ mg kg}^{-1}$), ferro ($14.748,46 \text{ mg kg}^{-1}$ a $75.393,44 \text{ mg kg}^{-1}$), manganês ($14,43$ a $70,33 \text{ mg kg}^{-1}$), níquel ($213,29$ a $250,82 \text{ mg kg}^{-1}$), chumbo ($17,41$ a $45,30 \text{ mg kg}^{-1}$) e zinco ($344,49$ a $617,54 \text{ mg kg}^{-1}$), apresentaram menor concentração no P1, entrada da ETE, especificamente coletado na calha Parshall.

As concentrações pseudo-totais dos metais encontradas nos pontos de lodo da ETE estão abaixo dos valores reportados por Lopes (2015), na mesma região de estudo, exceto



para o Ni. Quando comparados aos valores legislados pelo CONAMA 420/2009, que “dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas”, os teores encontram-se acima dos valores de prevenção, com maior incremento para Cu e Ni, os quais são passíveis de monitoramento visto que sugerem um elevado grau de contaminação, ao tratar que o lodo tem potencial uso agrícola.

Já para o sedimento coletado no lago de Itaipu as concentrações pseudo-totais dos metais mostraram pequenas variações, indicando características semelhantes entre os pontos estudados. A variabilidade dos elementos ficou em: cádmio ($0,38$ a $0,80$ mg kg^{-1}); cromo ($55,55$ a $66,53$ mg kg^{-1}); cobre ($188,16$ a $480,24$ mg kg^{-1}); ferro ($119.964,13$ a $158.122,56$ mg kg^{-1}); manganês ($52,70$ a $64,30$ mg kg^{-1}); níquel ($159,68$ a $161,61$ mg kg^{-1}); chumbo ($21,40$ a $22,03$ mg kg^{-1}); e zinco ($258,63$ a $336,59$ mg kg^{-1}).

Os teores dos metais das amostras de sedimento, quando comparados aos valores de referências de qualidade para solos apresentados na literatura por Bocardi (2009), que serve como base para indicar contribuição antropogênica, apresentam um incremento para elementos Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn. Já os elementos Cd e Mn estão em teores inferiores aos de referência de qualidade dos solos da região. Quando comparados aos valores legislados para o Nível 2 pelo CONAMA 454/2012, que “estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional”, para sedimento de água doce, o Cd, Cr e o Pb estão de acordo com a legislação. Logo, os elementos Cu, Ni e Zn estão ligeiramente acima.

Já as concentrações do elemento Fe no sedimento ficaram abaixo do legislado pela EPA, que estabelece um teor de $220.000,00$ mg kg^{-1} , para os limites de efeitos aparentes, onde impactos biológicos são sempre esperados (USEPA, 1991).

CONCLUSÕES

Com base nas metodologias aplicadas, ambas se mostram com boa precisão. Quanto a validação metodológica realizada através da análise do MRC, visando avaliar a eficiência da recuperação dos metais estudados, obteve-se uma alta taxa de variação na concentração recuperada, oscilando de 14% para Ni a 219% do Zn.

Os parâmetros físico-químicos apresentaram valores próximos aos reportados na literatura para a região de estudo, para ambas as matrizes, lodo e sedimento. Para o ortofosfato o sistema de tratamento de lodo mostrou um rendimento na remoção de 63%, ficando próximo ao esperado para reatores em batelada, que é de 80%.

As concentrações de metais pseudo-totais na matriz do lodo ficaram próximas aos resultados reportados em outros estudos da região, exceto para o elemento Ni.

Para a matriz sedimento os teores de íons metálicos de Cu, Cr, Fe Ni, Pb e Zn, para os dois pontos de amostragem, ficaram acima dos valores de referência de estudos da região. Para o Nível 2 pelo CONAMA 454/2012, o Cd, Cr e o Pb estão de acordo com a legislação e os elementos Cu, Ni e Zn estão ligeiramente acima.

Agradecimentos

Agradeço à UTFPR pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsa e pela infraestrutura disponibilizada.



XIII Seminário de Extensão e Inovação
XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR

Ciência e Tecnologia na era da Inteligência Artificial: Desdobramentos no Ensino Pesquisa e Extensão
20 a 23 de novembro de 2023 - Campus Ponta Grossa, PR

SEI-SICITE
2023



Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS - AEN. **Sanepar implanta solução baseada na natureza para tratar lodo de esgoto de Santa Helena.** 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Sanepar-implanta-solucao-baseada-na-natureza-para-tratar-lodo-de-esgoto-de-Santa-Helena>

BOCARDI, Juliane Maria Bergamin. **Valores de Referência de Qualidade de Metais, Macroelementos e Radionuclídeos em Solos do Oeste do Paraná.** Tese de doutorado, 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 420, de 28 de dezembro de 2009.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA Nº 454, de 1º de novembro de 2012.**

DE LACERDA, Luiz Drude et al. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. **Estudos Avançados**, 2008.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 3. ed. 2017.

FERNANDES, Fernando et al. Estabilização de lodo de esgoto. **Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final**, v. 1, p. 32-57, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Brasileiro de 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos.** São Paulo: Ceres, 1985.

LOPES, Thiara Reis. **Caracterização Do Esgoto Sanitário E Lodo Proveniente De Reator Anaeróbio E De Lagoas De Estabilização Para Avaliação Da Eficiência Na Remoção De Contaminantes.** Dissertação de mestrado, 2015.

NOGUEIRA, Thiago Assis Rodrigues et al. Short-term usage of sewage sludge as organic fertilizer to sugarcane in a tropical soil bears little threat of heavy metal contamination. **Journal of Environmental Management**, v.114, p.168-177, 2013.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Evaluation of Dredged Material Proposed for Ocean Disposal.** Testing Manual, 1991.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Method 3051A.** Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils, 2007.