



Potencial de Geração de Lodos das ETE´s de Cinco Municípios do Mato Grosso do Sul/Brasil: Estimativa da presença de Metais Pesados e Potencial de Contaminação

Sludge Generation Potential of STPs in Five Municipalities of Mato Grosso do Sul/Brazil: Estimation of the Presence of Heavy Metals and Contamination Potential

MOREJON, Camilo Freddy Mendoza¹; MENDOZA, Andy Avimael Saavedra¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná, camilo_freddy@hotmail.com, andy64_5@hotmail.com

Resumo: Este estudo visa identificar o potencial de geração de lodos das estações de tratamento de esgoto (ETEs), dos cinco municípios mais populosos do Estado do Mato Grosso do Sul, bem como a explicitação da presença dos metais pesados e os impactos de contaminação. Considerando a crescente geração de lodos das ETE´s e a concentração de metais pesados nessas atividades, esta pesquisa destaca a importância da qualificação e quantificação dos lodos, como forma de prevenir os diversos impactos na saúde e no meio ambiente. A metodologia adotada incluiu a caracterização dos lodos de cada município, permitindo identificar e quantificar, de maneira total e segregada, os principais metais pesados como Zn, Mn, Cu, Cr, Pb, Ni, Cd, As e Hg, bem como o desenvolvimento de uma correlação entre a quantidade de lodo gerado e a população de cada município. Os resultados revelam a geração anual de metais pesados em cada município, tanto em valores globais quanto de forma segregada, por tipo de metal. A análise mostrou que o Zinco (Zn) é o metal predominante, seguido pelo Manganês (Mn) e o cobre (Cu), o que indica que esses elementos têm maior potencial de acumulação nos corpos receptores. Com base nesses resultados, o estudo reforça a necessidade do desenvolvimento de tecnologias e estratégias para a remoção eficaz desses metais contidos nos lodos das ETEs, visando reduzir o impacto ambiental e proteger os recursos hídricos e a biodiversidade da região.

Palavras-chave: Diagnostico ambiental, Esgoto doméstico, Resíduos perigosos.

Abstract: This study aims to identify the potential for sludge generation in sewage treatment plants (STPs) in the five most populous municipalities in the state of Mato Grosso do Sul, as well as to explain the presence of heavy metals and the impacts of contamination. Considering the increasing generation of sludge from STPs and the concentration of heavy metals in these activities, this research highlights the importance of qualifying and quantifying sludge as a way to prevent the various impacts on health and the environment. The methodology adopted included the characterization of sludge from each municipality, allowing the identification and quantification, in a total and segregated manner, of the main heavy metals such as Zn, Mn, Cu, Cr, Pb, Ni, Cd, As and Hg, as well as the development of a correlation between the amount of sludge generated and the population of each municipality. The results reveal the annual generation of heavy metals in each municipality, both in global values and segregated by type of metal. The analysis showed that Zinc (Zn) is the predominant metal, followed by Manganese (Mn) and Copper (Cu), which indicates that these elements have a greater potential for accumulation in the receiving bodies. Based on these results, the study reinforces the need to



develop technologies and strategies for the effective removal of these metals contained in the sludge of STPs, aiming to reduce the environmental impact and protect the water resources and biodiversity of the region.

Keywords: Environmental diagnosis, Domestic sewage, Hazardous waste.

Introdução

Conforme o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR, 2023), o Brasil gera anualmente cerca de 78 milhões de toneladas de lodo provenientes de estações de tratamento de afluentes e 2,5 milhões de toneladas de lodo provenientes de estações de tratamento de efluentes domésticos (esgoto). De maneira similar, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023) reportou que, em 2021, foram coletados aproximadamente 6 bilhões de metros cúbicos de esgoto, dos quais apenas 4,9 bilhões passaram por tratamento adequado.

Segundo CARVALHO *et al.* (2015), o lodo pode ser gerado tanto no tratamento de esgoto quanto em processos industriais. De acordo com a pesquisa realizada por IWAKI (2018) ressalta que cada pessoa produz cerca de 120 gramas de resíduos sólidos diariamente, que são descartados através da rede de esgoto doméstico. XU *et al.* (2022) destacam que resíduos que são provenientes de atividades industriais, como mineração, fundição, eletrólise, fabricação e tingimento, também contribuem como fontes potenciais de metais pesados nos lodos.

JIN *et al.* (2014) afirmam que os lodos de esgoto são compostos, do ponto de vista químico, por materiais orgânicos, macronutrientes, micronutrientes, oligoelementos, microrganismos e micropoluentes, incluindo compostos inorgânicos como metais pesados. De acordo com LI *et al.* (2021), a concentração total de metais pesados nesses resíduos varia entre 0,5% e 2% do peso total dos lodos de esgoto.

RAMOS (2022), adverte que os resíduos das estações de tratamento de esgoto, quando descartados sem tratamento, podem prejudicar o crescimento de plantas e ecossistemas aquáticos devido à presença de metais pesados. Por outro lado, VALCHEV *et al.* (2024) observam que o lodo é frequentemente utilizado na agricultura, pois contém nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. No entanto, BEDOYA-PERALES *et al.* (2023) destacam que alimentos cultivados em áreas agroindustriais expostas a metais pesados podem absorver esses contaminantes, acumulando-os nos produtos agrícolas. BALKRISHNA *et al.* (2024) reforçam que o acúmulo de metais pesados em alimentos representa uma ameaça à saúde humana, pois o consumo desses produtos pode causar doenças crônicas, como câncer, disfunções reprodutivas, diabetes e outras condições graves.



Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de estratégias robustas e políticas públicas eficazes para a gestão e o tratamento dos lodos de esgoto, especialmente aqueles com altas concentrações de metais pesados. A falta de tratamento adequado não só ameaça a qualidade ambiental e a sustentabilidade dos ecossistemas, mas também representa um risco significativo para a saúde humana, devido à contaminação de alimentos e à propagação de doenças crônicas. Portanto, é essencial que governos, indústrias e sociedade civil atuem de forma integrada para desenvolver soluções que minimizem os riscos e promovam uma gestão sustentável dos resíduos gerados.

Nesse contexto, diante do crescimento populacional e da intensificação da urbanização, que aumentam a geração desses resíduos, este trabalho tem como objetivos explicitar as principais fontes de geração de lodos domésticos, caracterizar esses resíduos e analisar o potencial de geração e contaminação dos lodos de estações de tratamento de esgoto (ETE's) que contêm metais pesados em sua composição.

Metodologia

A metodologia do trabalho foi estruturada em quatro etapas: 1) a caracterização da fonte geradora de lodos; 2) a prospecção de dados relativos aos teores de metais pesados presentes nos lodos das estações de tratamento de esgoto (ETE's); 3) a estimativa anual da geração de metais pesados em função da população (Censo 2022) reportada pelo IBGE (2024); e 4) por meio de planilhas eletrônicas, explicitar o potencial de geração e contaminação dos lodos contendo metais pesados dos cinco municípios mais populosos do Estado do Mato Grosso do Sul/Brasil.

Resultados e discussões

Na Tabela 1, considerando os censos de 2010 e 2022, são apresentados os resultados do crescimento populacional nos cinco municípios mais populosos do Estado de Mato Grosso do Sul. Consta-se que:

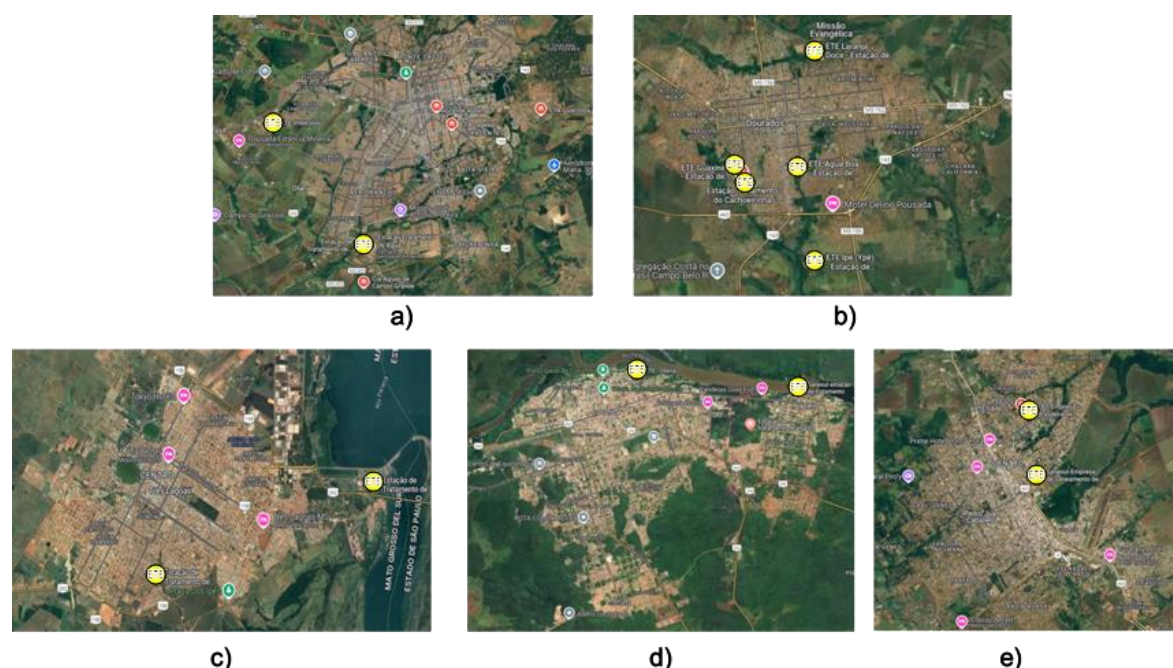
- a) O município que teve o maior crescimento populacional foi Três Lagoas, com 29,91%, seguido de Dourados, com 24,12%, Ponta Porã, com 18,17%, Campo Grande, com 14,08% e Corumbá que teve um decréscimo de 7,23%; e
- b) Considerando o último Censo, Campo Grande é o município que possui a maior população no Estado do Mato Grosso do Sul (898.100 habitantes), segue Dourados (243.367 habitantes), Três Lagoas (132.152 habitantes), Corumbá (96.268 habitantes) e Ponta Porã com 92.017 habitantes.

Tabela 1. População dos cinco municípios mais populosos do Estado de Mato Grosso do Sul/Brasil

Municípios	Censo 2010	Censo 2022	Estimativa 2030
Campo Grande	787.204	898.100	972.031
Dourados	196.068	243.367	274.900
Três Lagoas	101.722	132.152	152.439
Corumbá	103.772	96.268	91.265
Ponta Porã	77.866	92.017	101.451

Na Figura 1 se apresenta as estações de tratamento de esgoto dos 5 municípios mais populosos do Estado do Mato Grosso do Sul/Brasil. Embora o município de Campo Grande tenha uma maior população (898.100 habitantes) ele conta com duas estações de tratamento de esgoto, enquanto o município de Dourados, com 243.367 habitantes, conta com 5 estações de tratamento de esgoto. Os demais municípios (Três Lagoas, Corumbá e Ponta Porã) também contam com duas estações de tratamento de esgoto. Outro fato que chama a atenção é a proximidade com os elementos de drenagem hídrica e áreas de proteção ambiental (APL)

Figura 1. Estações de tratamento de esgoto de: a) Campo Grande; b) Dourados; c) Três Lagoas; d) Corumbá; e e) Ponta Porã



Fonte: Elaboração própria utilizando o Google Maps.

Na Tabela 2 se apresenta os resultados do teor de metais pesados (em mg/kg, em base seca) dos lodos das estações de tratamento de esgoto da China, Mexico e Brasil. Nessa tabela, a composição dos metais pesados é variável e depende da fonte de



geração, sendo influenciada por fatores humanos e econômicos. No caso dos lodos provenientes das ETE's do Brasil, prevalece, na sua concentração, a presença de metais pesados, sendo $Zn > Mn > Cu > Cr > Pb > Ni > Cd > As > Hg$. Do ponto de vista quantitativo, utilizando a correlação implementada na planilha eletrônica foi utilizada para a estimativa da geração de metais pesados contidos nos lodos das ETE's dos municípios do Estado de Mato Grosso do Sul. Essa estimativa foi realizada em função da população desses municípios.

Tabela 2. Teor de Metais Pesados (mg/kg em Base Seca) dos Lodos resultantes das Estações de Tratamento de Esgoto da China, Mexico e Brasil

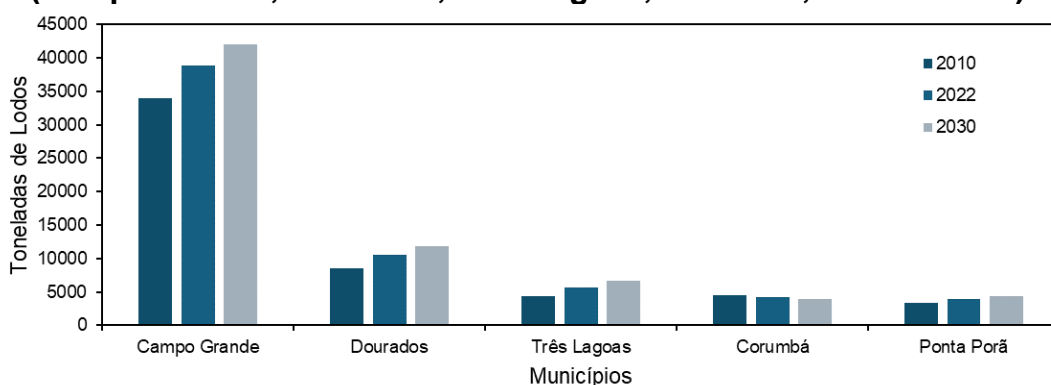
Teor de metais pesados	China	Mexico	Brasil
	Kunming	Tepatitlán de Morelos	
Cromo (Cr) mg/kg b.s.	291,750	980	58,93±38,57
Cobre (Cu) mg/kg b.s.	425,880	1720	241,67±137,26
Cádmio (Cd) mg/kg b.s.	63,63	4	4,18±3,05
Chumbo (Pb) mg/kg b.s.	290,880	321	52,59±47,08
Manganês (Mn) mg/kg b.s.	2,7	-	269,33±110,53
Níquel (Ni) mg/kg b.s.	208,8	89	27,08±20,17
Zinco (Zn) mg/kg b.s.		3150	646,70±169,71
Mercúrio (Hg) mg/kg b.s.		5	0,94±0,86
Arsênio (As) mg/kg b.s.		42	2,87±0,47

Fonte: Elaborada com base de GUO *et al.* (2023); VILLANUEVA *et al.* (2011); RAMOS (2022); FILHO *et al.* (2014); SIQUEIRA *et al.* (2018); SIQUEIRA (2017).

Na Figura 2 se apresenta os resultados do potencial de geração dos lodos provenientes das estações de tratamento de esgoto dos cinco municípios mais populosos do Estado do Mato Grosso do Sul (Campo Grande, Dourados, Três Lagoas, Corumbá, e Ponta Porã). Constata-se a tendência de crescimento da geração de lodos das ETE's dos municípios de Campo Grande, Dourados, Três Lagoas e Ponta Porã. Sendo mais evidente esse crescimento no município de Campo Grande, que em 2010 gerou 34.000 toneladas de lodo e em 2030 deve atingir a geração de 41.991 toneladas de lodos.



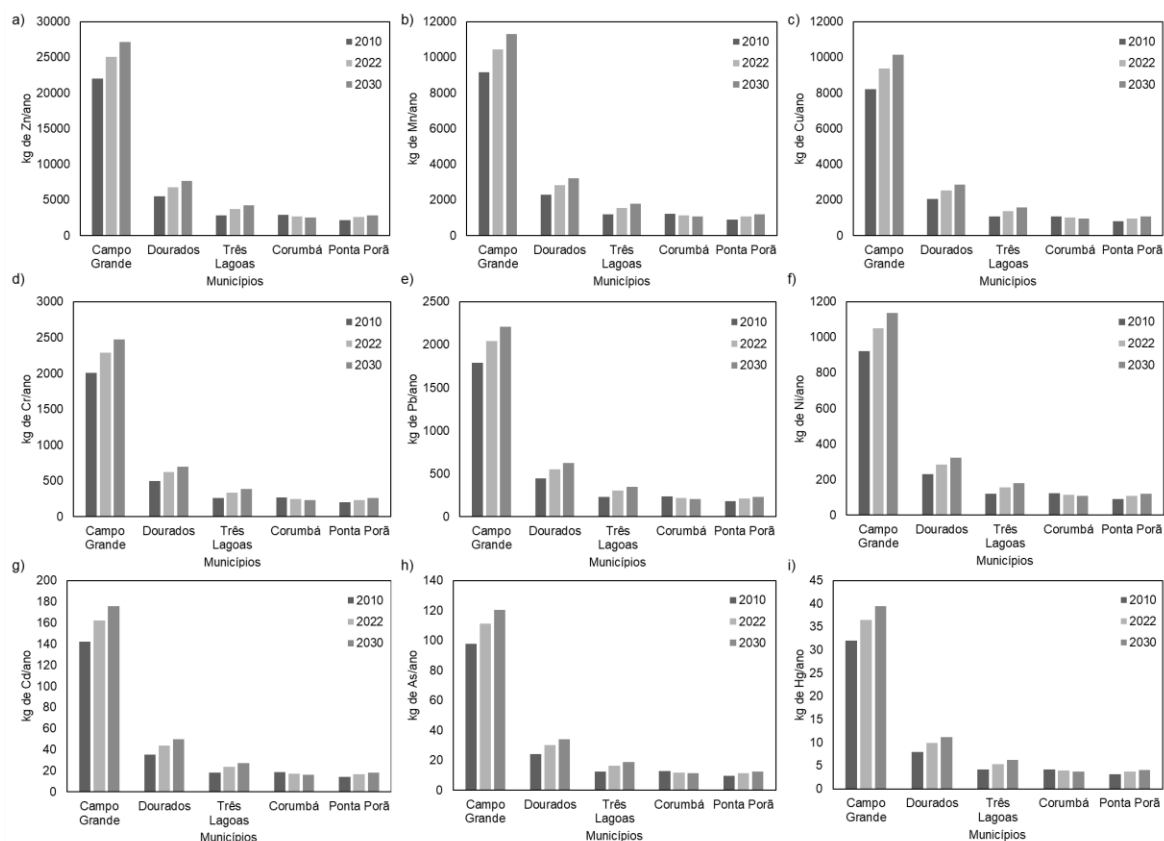
Figura 2. Potencial de geração de lodos das estações de tratamento de esgoto dos cinco municípios mais populosos do Estado do Mato Grosso do Sul (Campo Grande, Dourados, Três Lagoas, Corumbá, e Ponta Porã)



Na Figura 3, para os anos de 2010, 2022 e 2030, se apresenta os resultados da estimativa de geração anual da quantidade de zinco, manganês, cobre, cromo, chumbo, níquel, cádmio, arsênio e mercúrio presente nos lodos de esgoto de cada município.

Com base nos resultados apresentados na Figura 3, fica evidente o crescente aumento na geração de metais pesados contidos nos lodos de esgoto doméstico dos municípios estudados. Por exemplo, para o ano de 2022 os metais pesados contidos nos lodos de esgoto doméstico dos municípios são; i) Campo Grande com 25.090 kg de Zn, 10.449 kg de Mn, 9.376 kg de Cu, 2.286 kg de Cr, 2.040 kg de Pb, 1.050 kg de Ni, 162 kg de Cd, 111 kg de As e 36 kg de Hg; ii) Dourados com 6.799 kg de Zn, 2.831 kg de Mn, 2.540 kg de Cu, 619 kg de Cr, 552 kg de Pb, 284 kg de Ni, 43 kg de Cd, 30 kg de As e 9.8 kg de Hg; iii) Três Lagoas com 3.691 kg de Zn, 1.537 kg de Mn, 1.379 kg de Cu, 336 kg de Cr, 300 kg de Pb, 154 kg de Ni, 23,8 kg de Cd, 16,4 kg de As e 5,4 kg de Hg; iv) Corumbá com 2.689 kg de Zn, 1.120 kg de Mn, 1.005 kg de Cu, 245 kg de Cr, 218 kg de Pb, 112 kg de Ni, 17 kg de Cd, 11,8 kg de As e 3,9 kg de Hg; e v) Ponta Porã com 2.570 kg de Zn, 1.070 kg de Mn, 960 kg de Cu, 234 kg de Cr, 209 kg de Pb, 107 kg de Ni, 16 kg de Cd, 11 kg de As e 3,7 kg de Hg.

Figura 3. Estimativa anual da quantidade de metais pesados (zinco, manganês, cobre, cromo, chumbo, níquel, cádmio, arsênio e mercúrio) presente nos lodos de esgoto, de acordo com cada município



Conclusões

Com base nos dados apresentados, conclui-se que:

A geração anual de lodos de esgoto, considerando os cinco municípios avaliados, totaliza 82,37 toneladas, com presença significativa de metais pesados;

Na composição dos metais pesados, destaca-se a prevalência de Zn (40,84 t/ano), seguido de Mn (17 t/ano), Cu (15,26 t/ano), Cr (3,72 t/ano), Pb (3,32 t/ano), Ni (1,71 t/ano), Cd (263,98 kg/ano), As (181,25 kg/ano) e Hg (59,36 kg/ano).

Diante desses valores, torna-se essencial o desenvolvimento e a implementação de novas tecnologias para a remoção eficiente de metais pesados nos lodos de esgoto das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) dos municípios, uma vez que o acúmulo



desses elementos nos corpos receptores representa um risco grave para a sobrevivência dos ecossistemas.

O presente estudo evidencia a importância da coleta, organização, análise e tratamento de dados para embasar decisões estratégicas de curto, médio e longo prazo, visando à depuração dos metais pesados e à preservação dos corpos receptores contra a contaminação.

Agradecimentos

CAPES e ao CNPq pelas bolsas de pesquisa que viabilizam a realização de pesquisas em nível de iniciação científica, mestrado e pós-doutorado.

Referências

BALKRISHNA, A. *et al.* Biosensors for detection of pesticide residue, mycotoxins and heavy metals in fruits and vegetables: A concise review. **Microchemical Journal**, v. 205, n. April, p. 111292, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.111292>.

BEDOYA-PERALES, N. S. *et al.* Assessment of the variation of heavy metals and pesticide residues in native and modern potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown at different altitudes in a typical mining region in Peru. **Toxicology Reports**, v. 11, n. June, p. 23–34, 2023.

CARVALHO, C. S. *et al.* Composição química da matéria orgânica de lodos de esgoto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 3, p. 413–419, 2015.

FILHO, J. L. d. P. *et al.* Use of stabilization pond sludge in cultivation of roses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 18, n. 1, p. 85–89, 2014.

GUO, Z. *et al.* Behavior of heavy metals in municipal sludge during dewatering: The role of conditioners and extracellular polymeric substances. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 342, p. 118287, 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2022**. Rio



de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 ago. 2024.

IWAKI, G. **Destinação Final de Lodos de ETAs e ETEs**. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/artigo/destinacao-final-de-lodos-de-et-as-e-et-es/>. Acesso em: 3 dez. 2023.

JIN, H. *et al.* Leaching of heavy metals from fast pyrolysis residues produced from different particle sizes of sewage sludge. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 109, p. 168–175, 2014.

LI, T. *et al.* The fate of heavy metals in excess sludge during disintegration by discharge plasma. **Separation and Purification Technology**, Amsterdam, v. 277, n. March, 2021.

RAMOS, L. P. **Imobilização de metais presentes no lodo de esgoto a partir da vermicompostagem e produção de alface (Lactuca Sativa)**. 2022. 43 f. - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2022.

SINIR. **Resíduos dos Serviços de Saneamento Básico**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-dos-servicos-de-saneamento-basico/>. Acesso em: 3 dez. 2023.

SIQUEIRA, D. P. . *et al.* Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de *Lafolium glyptocarpa*. **Floresta**, Curitiba/PR, v. 48, n. 2, p. 277–284, 2018.

SIQUEIRA, D. P. **Lodo de esgoto tratado na composição de substrato para produção de mudas de vinhático**. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes/RJ, 2017.

SNIS. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023.

VALCHEV, D. *et al.* Valuable elements in sludge from eight municipal wastewater



treatment plants in relation to their recovery potential. **Environmental Sciences Europe**, v. 36, n. 1, 2024.

VILLANUEVA, A. A. *et al.* Efectos de la aplicación de lodos orgánicos o biosólidos generados en el tratamiento de las aguas residuales domésticas sobre el suelo y la productividad de maíz forrajero en los Altos de Jalisco, México. **Libro: Retos de la Investigación del Agua en México**, Cuernavaca, 2011. p. 227–237.

XU, K. *et al.* Efficient adsorption of heavy metals from wastewater on nanocomposite beads prepared by chitosan and paper sludge. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 846, p. 157399, 2022.