ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Qualidade dos sedimentos em relação à presença de metais pesados no reservatório da usina hidrelétrica de Caçu – GO

Celso de Carvalho Braga¹, João Batista Pereira Cabral², Simone Marques Faria Lopes³, Susy Ferreira Oliveira⁴, Isabel Rodrigues da Rocha⁵

¹Docente do Instituto Federal de Goiás, Doutorando em Geografia - Universidade Federal de Goiás IESA - Goiânia, Jataí - GO, Brasilccarvalho@braga@gmail.com ²Docente da Universidade Federal de Goiás, Orientador no Programa de Pós-Graduação em Geografia, Jataí - GO, Brasil jbcabral2000@yahoo.com.br ³Doutora em Geografia pelo Instituto de Estudos Socioambientais IESA, Jataí - GO, Brasil simoneufg@yahoo.com.br ⁴Doutoranda em Geografia - Universidade Federal de Goiás IESA - Goiânia, Jataí - GO, Brasil susyufg@yahoo.com.br ⁵Doutoranda em Geografia - Universidade Federal de Goiás IESA - Goiânia, Jataí - GO, Brasil isabel8720@gmail.com

Artigo recebido em 13/11/2017 e aceito em 30/05/2018

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar qualitativamente a presença de metais pesados nos sedimentos do reservatório da usina hidrelétrica Caçu (UHE Caçu). Os metais avaliados foram: Cádmio, Chumbo, Mercúrio, Cobre, Níquel e Zinco. O método utilizado foi a US EPA 3051, e as análises qualitativas foram realizadas de acordo com a resolução CONAMA 454/2012. Conforme as análises realizadas, não foi detectada a presença de Mercúrio e a concentração de Chumbo encontra-se dentro dos padrões da classe I estabelecidos pela resolução vigente. 70% das amostras de Cobre, Níquel e Zinco apresentam concentrações que podem ser classificadas como de nível I e 30 % como de nível II, conforme a referida Resolução. O Cádmio apresenta altas concentrações, sendo classificado como de nível II, a partir do qual existe grande possibilidade de efeitos adversos à biota.

Palavras-chave: metais tóxicos, bacia hidrográfica, rio Claro.

Quality of sediments in relation to the presence of heavy metals in the hydroelectric plant reservoir in Caçu–Goiás

ABSTRACT

This article aims to qualitatively analyze the presence of heavy metals in the sediments of the reservoir of the hydroelectric plant (UHE) in Caçu. The evaluated metals were: Cadmium, Lead, Mercury, Copper, Nickel and Zinc. The method used was US-EPA 3051, and qualitative analyses were performed according to CONAMA Resolution 454/2012. According to those analyses carried out, it was not detected the presence of Mercury, the concentration of Lead is within the standards of class I established by the current resolution. 70% of the samples of Copper, Nickel and Zinc presented concentrations that can be classified as level I and 30% as level II, conform the above mentioned resolution. It was found high concentrations of Cadmium, being classified as level II, from which there is great possibility of adverse effects to the biota.

Keywords: toxic metals, hydrographic basin, Claro river.

Introdução

Por metais pesados, entendem-se os elementos que apresentam densidade maior que 5 g/cm³, com número atômico maior que 20, que, ainda, são considerados bons condutores de eletricidade e aparência brilhante (Malavolta, 1994).

Os metais pesados podem ser encontrados na água, solo, sedimentos e em minérios, e contaminam o meio ambiente, principalmente em virtude da ação antropogênica.

Os danos ocasionados à saúde humana pela ingestão de metais pesados são os mais variados, dependendo da taxa de ingestão, concentração e acumulação no corpo. A ingestão de metais pesados pode ser direta, quando estão dissolvidos

na água, ou indireta, quando estão acumulados nos alimentos, como, principalmente, nos peixes, provocando distúrbios no metabolismo (Tavares e Carvalho, 1992; Bidone et al., 1997; Mudgal et al., 2010).

Quando os metais pesados são liberados nos corpos hídricos, primeiramente são absorvidos por partículas orgânicas ou inorgânicas e são, conseqüentemente, incorporados aos sedimentos, sendo, neste compartimento, encontrados os maiores níveis de acumulação de metais pesados (Botté et al., 2007).

Sedimentos em suspensão, contendo partículas de metais pesados, dependendo da morfologia dos cursos d'água e de condições hidrológicas, podem ser depositados em sedimentos de fundos a muitos quilômetros à jusante das fontes de origem (Capoane et al., 2016).

Segundo Lopes (2016), a maioria dos fertilizantes utilizados na agricultura e pecuária contém diversos tipos de metais pesados, alguns considerados micronutrientes importantes para as atividades; porém, com a acumulação, passam a ser tóxicos, e com o processo de lixiviação do solo através das precipitações, são transportados para os corpos hídricos. Assim sendo, a qualidade da água e de sedimentos é determinada em função do modelo de uso da terra da bacia hidrográfica.

Na agricultura e pecuária, as principais fontes de contaminação ambiental por metais pesados são através de fertilizantes, pesticidas, preservativos de madeira e dejetos de produção intensiva de bovinos, suínos e aves. Os metais são carregados para os ambientes aquáticos através do escoamento superficial proveniente das chuvas (Santos et al., 2002).

Para aumentar cada vez mais a produtividade da agricultura, tendo em vista a necessidade alimentícia cada vez maior no mundo, faz-se necessário o aumento do consumo de fertilizantes. Segundo Lima e Santos (2012), o uso de fertilizantes na agricultura brasileira, em média, passou de 18,5 Kg por hectare em 1970 para 146 Kg por hectare em 2002, conforme dados levantados pela Associação Nacional de Difusão de Adubos. Os fertilizantes aplicados nos cultivos agrícolas possuem em sua formulação metais pesados, os quais são liberados e acumulados no solo, e passam a estar disponíveis para plantas e animais. O acréscimo da concentração de metais pesados no solo pode, devido seu potencial contaminante, colocar em risco a saúde humana e o meio ambiente.

De acordo com Förstner et al., (1995), mais de 99% de substâncias químicas que chegam aos

cursos de água são depositados em sedimentos e menos de 1% são dissolvidos pela água.

Sedimento é considerado como compartimento aquático ativo. Por essa função, Chabukdhara e Nema (2012) consideram-no como o compartimento mais significativo enquanto indicador ambiental da poluição da água, na identificação de metais pesados.

A distribuição de elementos químicos em meios aquáticos é controlada por processos químicos, físicos e biológicos que se interagem, determinando a concentração desses na coluna de água e nos sedimentos (Menezes, 2014).

Segundo Gao e Li (2012), a distribuição e deposição de metais pesados em sedimentos são influenciadas por fatores como floculação, condições de pH, interações como materiais particulados e dissolvidos, orgânicos e inorgânicos.

A análise de concentração de metais pesados em sedimentos é uma fonte fundamental para análise da poluição no meio aquático (Brekhovskikh et al., 2002). Assim sendo, amostras de sedimentos de fundo de cursos d'água, sejam eles córregos, rios, lagos ou reservatórios, representam a integração do ecossistema à montante.

Alves et al., (2010) afirmam que os sedimentos funcionam como fonte de redistribuição dos metais na água, sabendo que a concentração de metais pesados, tanto na água como no sedimento de fundo, é uma variável potencial para avaliar a qualidade da água e, conseqüentemente, da bacia hidrográfica.

Conforme Boaventura e Moreira (2003), os sedimentos apresentam as possíveis contaminações à montante do ponto de coleta, pois os sistemas aquáticos representam a integração de todos os processos de poluição ambiental da bacia hidrográfica. Os sedimentos depositados nos cursos d'água resultam da erosão das rochas e dos solos presentes nas bacias hidrográficas; dessa forma, a composição química dos sedimentos depositados no curso d'água refletem parcialmente esses materiais (Förstner et al., 1995; Owens, 2005; Rosolen et al., 2009).

A partir da análise da concentração de metais pesados nos sedimentos dos cursos d'água, é possível verificar o histórico da acumulação de metais ao longo do tempo, pois são nos sedimentos que se depositam todos os compostos químicos, sendo possível representar e interpretar, a quantidade disponível e o desenvolvimento histórico das alterações no meio aquático por meio dos depósitos (Esteves, 1998).

Neste sentido objetivou-se analisar qualitativamente a presença de metais pesados nos

Para análise qualitativa da presença dos metais pesados Cádmio, Chumbo, Mercúrio, Cobre, Níquel e Zinco, nos sedimentos do reservatório da UHE Caçu, foram definidos 35 pontos de amostragens (Figura 2), distribuídos espacialmente, de modo que pudessem abranger

todos os compartimentos aquáticos (trecho rio, transição e lago) do reservatório. A coleta de amostras de sedimento de fundo foi realizada em 01/08/2015, denominado de período seco na região de Cerrado goiano.

Figura 2- Localização dos pontos de coleta de sedimento de fundo do reservatório da UHE Caçu. Organização: Próprios autores (2016).

Para coletar as amostras de sedimento do fundo do reservatório, foi utilizado coletor de

sedimentos tipo KAJAC, adaptado para acoplar tubo de PVC de 50 mm de diâmetro (Figura 3).

Figura 3- Coletor de sedimento KAJAC com tubo de PVC.
Fonte: Próprio autor, 2015.

Após as coletas, as amostras foram secas em temperatura ambiente e depois retiradas amostras de 50 g de sedimento da parte superior do perfil e enviadas para análise laboratorial (Figura 4).

Figura 4- Amostras de sedimento coletados no reservatório da UHE Caçu.

Fonte: Próprio autor, 2015.

A quantificação da concentração de metais pesados foi realizada através de Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Individualmente Acoplado – ICP OES, segundo a metodologia utilizada (US-EPA – 3051).

Para extração da amostra, utilizou-se Digestor por Microondas CEM Modelo MARS 5, com uma mistura de HNO₃ Ultrapuro e HCL ultrapuro. Para leitura da quantidade de metais, valeu-se do Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma (ICP-OES) PERKIN ELMER, Modelo OPTIMA 8300 DV, em que os parâmetros empregados na análise foram: Potência de radiofrequência (W) = 1400; Vazão do gás de plasma (L/min) = 15; Vazão do gás de nebulização (L/min) = 0,7; Vazão do gás auxiliar (L/min) = 0,2. O comprimento de onda utilizado para cada metal

foi: Cádmio 226,506 nm; Chumbo 220,351 nm; Mercúrio 194,165 nm; Cobre 327,394 nm; Zinco 206,196 nm; Níquel 231,603 nm.

As análises qualitativas dos sedimentos foram realizadas de acordo com a Resolução CONAMA 454/2012, que estabelece diretrizes gerais e procedimentos de referência para o gerenciamento de material a ser dragado (sedimentos) em águas sob jurisdição nacional, conforme Quadro I, Apresentada em dois níveis.

O nível I representa que as concentrações estão abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota, e o nível II representa que estão acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Elemento Químico	Nível de referência I	Nível de referência II
Cádmio –Cd	0,6	3,5
Chumbo –Pb	35	91,3
Mercúrio - Hg	0,17	0,486
Cobre – Cu	35,7	197
Zinco – Zn	123	315
Níquel - Ni	18	35,9

Quadro I – Valores de referências (mg/kg) de elementos químicos presentes nos sedimentos conforme Resolução CONAMA 454/2012

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA 454/2012.

É importante ressaltar que, para os metais pesados analisados nesta pesquisa, a Resolução CONAMA 454/2012 adotou os mesmos valores-guias estabelecidos pelo Canadian Council of Ministers of the Environment, conforme Fávaro et al. (2008).

Resultados e discussões

Segundo a metodologia utilizada (US-EPA – 3051) para quantificação de Mercúrio, em nenhuma amostra foi detectada a presença

destemetal, sendo que o limite mínimo de quantificação do método equivale a 10,40 mg/kg de amostra.

Na figura 5, tem-se o resultado da presença de Cádmio (Cd) nos sedimentos, o que revela altas concentrações que refletem a influência do modelo de uso da terra da bacia. Segundo Larson e Weincek (1994), os principais efeitos provocados à saúde humana pela ingestão de Cádmio (Cd) são: problemas gastrointestinais, respiratórios, disfunção renal, distúrbios imunológicos e osteoporose.

Figura 5 - Cádmio total encontrado nas amostras de sedimento do reservatório da UHE Caçu (mg/kg).
Organização: Próprios autores (2017).

O Cádmio foi o metal pesado que mais se destacou em relação à Resolução CONAMA 454/2012, pois apresenta valores acima de 3,5 mg/kg de sedimento, o que representa maior probabilidade de efeitos adversos à biota. A concentração média de Cd verificada nas amostras foram de 18,50 mg/kg, sendo que a maior concentração 31,88 mg/kg, encontrada no ponto 30, próximo à barragem da UHE Caçu, a qual possui profundidade média de 25 metros, sendo ainda área de influência do antigo leito do Rio Claro, representando bem a área de aporte de sedimento de toda a bacia.

Nos pontos 1 e 2 de amostragem encontraram-se os menores índices de concentração de Cd (2,8 e 2,43 mg/kg, respectivamente). Tais valores podem ser associados à velocidade de escoamento da água, que nesse local é considerado elevado em relação aos demais pontos, uma vez que estão localizados na entrada do reservatório, em que, basicamente, correspondem a depósito de areias grossas, enquanto que o material mais fino é depositado à jusante, em ambiente lântico.

As altas concentrações detectadas podem estar associadas à presença do Cd, como

fertilizantes fosfatados utilizados em culturas anuais e pastagens, sendo que quanto menor o pH do solo, maior a captação de Cádmio pelas plantas. Teores de Cd acima do limite da Resolução CONAMA 454/2012 também foram encontrados nos sedimentos de fundo do Rio Formoso-MG, no estudo desenvolvido por Baggio e Horn (2011), e em trechos do rio São Francisco, entre a represa de Três Marias e Pirapora, no estudo desenvolvido por Ribeiro et al. (2012), em que os mesmos apontaram que as altas taxas de Cd estavam relacionadas com atividades agrícolas das regiões pesquisadas.

No período chuvoso, as concentrações de Cd nos sedimentos podem exceder o limite estabelecido pela Resolução CONAMA, devido ao lixiviamento do solo e ao fato de o reservatório da UHE Caçu ser o primeiro barramento ao longo de mais de 90 Km em linha reta, desde a PCH Jataí, em Jataí-GO, até o barramento do UHE Caçu. Outro fator é que, segundo Cabral et al. (2011) e Lopes (2016), a bacia do rio Claro vem sofrendo,

nas últimas décadas, efeitos antrópicos devido ao intenso uso do solo, pelas atividades agrícolas e pecuárias, em que fertilizantes e agrotóxicos, com elevados teores de elementos químicos, como por exemplo o fosfato, são depositados no solo, através de adubação, correção de pH e ainda agrotóxicos carregados para o leito do rio Claro pelos processos erosivos do solo, vindo a depositar, em grande parte, em ambientes lânticos.

Quanto à presença de Chumbo (Pb) (Figura 6), as menores concentrações foram encontradas em ambientes de água corrente, nos pontos do início do reservatório - pontos 1 a 3. Esses pontos de coleta localizam-se no setor de rio, em que a vazão é forte e a água não é parada, e ainda no ponto 24, próximo à foz do ribeirão dos Paulas (maior afluente da margem esquerda do reservatório), e ponto 35, localizado próximo à foz do ribeirão Caçu (maior afluente da margem direita do reservatório).

Figura 6- Chumbo total encontrado nas amostras de sedimento do reservatório da UHE Caçu (mg/kg). Organização: Próprios autores (2017).

Em todas as amostras analisadas, as concentrações foram avaliadas como abaixo do nível I da resolução CONAMA 454/2012, que é de 35,00 mg/kg, ou seja, as concentrações de Pb estão abaixo do nível de probabilidade de efeitos adversos à biota.

A concentração máxima de Pb encontrada nas amostras de sedimento foi de 29,25 mg/kg no ponto 34, localizado em ambiente lântico, logo acima da foz do ribeirão Caçu, indicando que esta maior concentração pode estar relacionada com a ocupação antrópica da bacia do ribeirão Caçu.

A média de concentração de Pb encontrada foi de 20,14 mg/kg e a mínima concentração foi de 3,47 mg/kg, no ponto 2. Altas concentrações de Pb podem provocar, à saúde humana, problemas no sistema nervoso, medula óssea, rins, alterações neurológicas, febre e náuseas, além de problemas reprodutivos, encefalopatia, anemia, problemas renais e hipertensão, entre outros (Menezes, 2014).

As concentrações de Cobre (Cu) nos sedimentos entre os pontos 4 e 34 (Figura 7) ultrapassaram o nível I (35,7 mg/kg) da resolução CONAMA 454/2012, mas não excedendo o nível II, que é de 197 mg/kg, ou seja, o nível de contaminação da amostra não representa grande probabilidade de efeitos adversos à biota.

A maior concentração de Cu encontrada nas amostras foi de 131,00 mg/kg, no ponto 30, ponto este próximo ao barramento da UHE Caçu, localizado no antigo leito do rio Claro, que, conseqüentemente, representa toda bacia à montante, onde existem grandes lavouras de

monoculturas de milho, soja e principalmente, cana-de-açúcar, além de pastagens. A média da concentração de Cu dos pontos amostrados foi de 83,17 mg/kg, sendo que a menor concentração foi de 10,6 mg/kg, encontrada no ponto 2.

Nos pontos de coleta 1 a 3 e 35, foram detectados os menores índices de concentração de Cu; tal fato pode ser associado ao fato de esses pontos estarem localizados em ambiente lótico, na entrada do reservatório (1 a 3) e próximo à foz do ribeirão Caçu, em que, basicamente, existe depósito de areias grossas, e todo material mais fino é depositado em ambiente lântico.

No estudo desenvolvido por Trindade et al. (2012), nos sedimentos no rio São Francisco, entre Três Marias e Pirapora-MG, as maiores concentrações de Cu foram encontradas próximas a áreas de influência agrícolas.

Figura 7 - Cobre total encontrado nas amostras de sedimento do reservatório da UHE Caçu (mg/kg). Organização: Próprios autores (2017).

A alta concentração de Cobre em relação à saúde humana pode provocar alterações da hipertensão, icterícia e vômitos (Larson e Weincek 1994).

As concentrações de Níquel (Ni) (Figura 8), encontradas nas amostras de sedimentos de fundo do reservatório da UHE Caçu, são, de modo

geral, consideradas baixas quando comparadas aos resultados obtidos por Capoane et al. (2016), em avaliação da qualidade dos sedimentos de leito em uma bacia hidrográfica localizada no município de Palmitinho, noroeste do estado do Rio Grande do Sul, em que foi detectada média de 142,89 mg/kg de Ni. De modo geral, as concentrações detectadas

para o reservatório de Caçu apresentam média de 17,42 mg/kg, não ultrapassando o nível I (18,00 mg/kg) da Resolução CONAMA 454/2012.

Figura 8 - Níquel total encontrado nas amostras de sedimento do reservatório da UHE Caçu (mg/kg). Organização: Próprios autores (2017).

As maiores concentrações de Ni (pontos 24, 30 e 34) foram encontradas no ambiente lântico do reservatório, sendo que a maior concentração foi no ponto 24 (28,89 mg/kg), próximo à foz do ribeirão dos Paulas. Nos pontos de coleta 1 a 3 e 35, foram encontrados os menores índices de concentração de Ni, sendo que a menor concentração foi encontrada no ponto 2, com apenas 0,74 mg/kg.

Os valores verificados para a área de estudo podem ser associados às lavouras de soja e milho existentes à montante da bacia hidrográfica do reservatório da UHE Caçu, sendo que o barramento da UHE Caçu atua como reservatório para a decantação dos sedimentos. O Ni é um

micronutriente essencial para a vida de diversas espécies, sendo bastante utilizado na agricultura, principalmente em lavouras de soja, para aumentar a atividade da uréase foliar (Trindade et al., 2012).

As concentrações de Zinco (Zn) (Figura 9) têm as mesmas características das concentrações de Níquel, sendo que a Resolução CONAMA 454/2012 determina que o nível a partir do qual existe pequena probabilidade de efeitos adversos à biota é de 123,00 mg/kg, e apenas no ponto 24, próximo à foz do ribeirão dos Paulas, foi encontrada concentração de 181,10 mg/kg, maior que o nível I da referida Resolução.

Figura 9 - Zinco total encontrado nas amostras de sedimento do reservatório da UHE Caçu (mg/kg).
Organização: Próprios autores (2017).

A média da concentração de Zn encontrada foi de 69,38 mg/kg, e a menor concentração foi de 10,60 mg/kg, encontrada no ponto 2. As menores concentrações encontradas foram nos pontos 1 a 3 e 35.

No quadro 3, é apresenta-se resumo dos resultados dos sedimentos de fundo do reservatório da UHE Caçu. Ao se fazer uma relação entre os metais pesados avaliados, verificou-se que as maiores concentrações de níquel, cobre, zinco foram encontradas no ponto 24, que recebe a carga de sedimentos lixiviados dos solos da bacia do ribeirão dos Paulas, que tem um uso predominante da pecuária extensiva, utilizando agroquímicos em fertilizantes para renovação das pastagens.

As menores concentrações de metais pesados (Ni, Cu, Pb, Cd e Zn) ocorrem nas amostras dos três primeiros pontos (pontos 1, 2 e 3), em que, na época da coleta (01/08/2015), o nível do reservatório era considerado baixo devido ao período seco na região. Esse trecho do reservatório foi considerado por Cabral et al. (2013) como setor rio, local em que a velocidade de escoamento da água tem força suficiente para carrear sedimentos com frações do tamanho de areia. Após o ponto 3, próximo à foz do córrego Cachoeirão, onde se inicia o setor de transição, começa a ocorrer a deposição de sedimentos mais finos, como areia

muito fina, silte e argila. Essa deposição acontece em todo setor de transição e lago, até o barramento da UHE Caçu, e em todo esse espaço do reservatório ocorre, de modo geral, deposição aparentemente uniforme dos metais pesados analisados.

Observando-se os dados estatísticos das concentrações de metais pesados (quadro 2), se retirarmos os dados dos pontos 1, 2, 3 e 35, em que a velocidade da correnteza da água faz diferença na deposição de sedimentos e, conseqüentemente, de metais pesados, o desvio padrão das concentrações tende a diminuir.

Metais pesados	Níquel	Cádmio	Chumbo	Cobre	Zinco
Menor concentração	0,74	2,43	3,47	10,60	10,60
Maior concentração	28,89	31,88	29,25	131,00	181,10
Média da Concentração	17,42	18,50	20,14	83,17	69,38
Desvio padrão	6,10	6,60	7,74	28,01	30,66
Coefficiente de variação	0,35	0,36	0,38	0,34	0,44
Nível I Resolução CONAMA 454/2012	18,00	0,60	35,00	35,70	123,00
Nível II Resolução CONAMA 454/2012	35,90	3,50	91,30	197,00	315,00

Quadro 2 – Estatísticas dos metais pesados (mg/kg) presentes nos sedimentos do reservatório da UHE Caçu.
Organização: Próprios autores (2017).

No caso do Níquel, que tem um desvio padrão (DV) de 6,10, com todas as concentrações, o mesmo diminui para 3,32, enquanto o DV de Cobre diminui de 28,01 para 13,97. Já o coeficiente de variação dos elementos também diminui muito, como exemplo o caso das concentrações de Cádmio, que em todos os pontos analisados eram de 0,38, e utilizando somente os dados de ambiente lântico, diminuem para 0,21. Esses índices demonstram que, de modo geral, existe uma uniformidade em ambiente lântico das concentrações dos metais pesados analisados. Mostra ainda que, em sedimentos de menor granulometria, como silte argila e areias finas, que são característicos de sedimentos em ambientes lânticos, tem-se uma maior retenção dos metais pesados analisados, o que foi detectado em todas as amostras de sedimentos dos pontos 4 a 34, coletados no reservatório da UHE Caçu.

De modo geral, a qualidade dos sedimentos do reservatório da UHE Caçu pode ser associada à utilização de agrotóxicos nas lavouras de soja, milho e cana-de-açúcar da região, o que contribui significativamente para o aumento das concentrações de minerais no ambiente, devido sua toxicidade e bioacumulação, fato também detectado por Rosolen et al. (2009) em pesquisa da qualidade dos sedimentos no rio Uberabinha, em Uberlândia-MG, e também por Lopes (2016), em pesquisa da contaminação por metais pesados nos sedimentos do ribeirão Paraíso, afluente do rio Claro, no município de Jataí-GO.

Conclusões

Não foi detectada a presença de Mercúrio nas amostras analisadas.

A concentração de Chumbo encontra-se dentro dos padrões da classe I, estabelecidos pela Resolução vigente.

70% das amostras de Cobre, Níquel e Zinco apresentam concentrações que podem ser classificadas como de nível I e 30 % como de nível II da referida Resolução.

O Cádmio apresentou altas concentrações, sendo classificado como de nível II, a partir do qual existe grande possibilidade de efeitos adversos à biota.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Goiás pela licença de capacitação, do primeiro autor, que deu condição à realização desta pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás pela bolsa de formação que colaborou financeiramente para realização desta pesquisa.

À CAPES e ao Programa de Cooperação Acadêmica, pelo financiamento de parte da pesquisa através do Processo 88887.124105/2014-00. Projeto “Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos uso e ocupação do solo”.

Referências

- Alves, R.I.S., Tonani, K.A.A., Nikaido, M., Cardoso, O.O., Trevilato, T.M.B., Segura-Muñoz, S.I., 2010. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e efluentes, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Ambiente & Água* 5, n3, 122-132. Disponível: http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/286/pdf_359. Acesso: 05 março de 2017.
- Baggio, H., Horn, A.H., 2011. Fonte, distribuição e características geoquímicas dos sedimentos de

- corrente do rio Formoso-MG. Geoambiente on-line 16. 63-65. Disponível: <<https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/viewFile/26020/14991>>. Acesso: 15 fev. 2017.
- Bidone, E.D., Castilhos, Z.C., Santos, T.J.S., Souza, T.M.C., Lacerda, L.D., 1997. Fish contamination and human exposure to mercury in Tartarugalzinho River, Amapa State, Northern Amazon, Brazil. A screening approach. *Water, Air and Soil Pollution* 95, 9-15.
- Boaventura, G.R. Moreira, R.C.A., 2003. Referência geoquímica regional para interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do lago Paranoá- DF. *Química Nova* 26, 812-820.
- Botté, S.E., Hugo Freije, R., Marcovecchio, J.E., 2007. Dissolved heavy metal (Cd, Bb, Cr, Ni) concentrations in surface water and porewater from Bahia Blanca Estuary Tidal Flats. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 79, 415-421.
- Brekhovskikh, V.F., Volkova, Z.V., Katunin, D.N., Kazmiruk, V.D., Kazmiruk, T.N., Ostrovskaya, E.V., 2002. Heavy Metals in Bottom Sediment in the Upper and Lower Volga. *Water Resources* 29, n 5, 539-547.
- Cabral, J.B.P., Wachholz, F., Becegato, V.A., Nascimento, E.S., 2013. Diagnóstico Hidrossedimentológico do Reservatório da UHE Caçu - GO. *Geofocus* 13, 25-37.
- Cabral, J.B.P., Rocha, I.R., Martins, A.P., Assunção, H.F.; Becegato, V.A., 2011. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. *GeoFocus* 11, 51-69.
- Capoane, V., Tiecher, T., Schaefer, G.L., Alvarez, J.W.R., Burrow, R.A., Santos, D.R., 2016. Avaliação da qualidade dos sedimentos de leito em uma bacia hidrográfica do noroeste do Rio Grande do Sul. *Boletim Gaúcho de Geografia* 42, n. 2, 1-20.
- CONAMA. Conselho Nacional do meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. 2012. Resolução nº 454, de 01 de novembro de 2012. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>>. Acesso: 20 mar. 2017.
- Chabukdhara, M., Nema, A.K., 2012. Assessment of heavy metal contamination in Hindon River sediments: A chemometric and geochemical approach. *Chemosphere* 87, 945-953.
- Esteves, F.A., 1998. Fundamentos de Limnologia. 2 ed, Interciência/INEP, Rio de Janeiro.
- Fávaro, D.I.T., Bostelmann, E., Damatto, S.R., Campagnoli, F., Mazzilli, B.P., 2008. Avaliação da qualidade de sedimentos do reservatório Billings, braço Rio Grande, em relação aos contaminantes inorgânicos. 1-20, Disponível: <https://tietevivo.files.wordpress.com/2008/06/deborah-it-favaro.pdf>. Acesso: 31 mai. 2017.
- Förstner, U., Salomons, W., Stigliani, W.M., 1995. *Biogedynamics of Pollutants in Soils and Sediments*. 1 ed, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Gao, X., Li, P., 2012. Concentration and fractionation of trace metals in surface sediments of intertidal Bohai Bay, China. *Marine Pollution Bulletin* 64, 1529-1536.
- Larson, K.A., Weincek, J.M., 1994. Mercury removal from aqueous streams utilizing micro emulsion liquid membranes. *Environmental Progress* 11, n. 2, 456-464.
- Lima, A.M., Santos, F.F., 2012. Análise das Propriedades Físico-Químicas e de Metais potencialmente Tóxicos na Água do Rio Claro, Próximo à Cidade de Jataí – GO. *Revista Ciências Exatas e Naturais* 14, n. 2, 239-255.
- Lopes, S.M.F., 2016. Influência do uso da terra na qualidade da água em bacias hidrográficas com usos distintos, em Jataí -GO e Canápolis - MG. Tese (Doutorado). Goiânia, Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Programa de Pós-Graduação em Geografia. Goiânia.
- Malavolta, E., 1994. Fertilizantes e seu impacto ambiental: Micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificação e fatos. 1ed, Petroquímica, São Paulo.
- Menezes, F.J.S., 2014. Teores de metais pesados na região do entorno do Lago de Sobradinho – BA. Dissertação (Mestrado). Juazeiro, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro.
- Mudgal, V., Madaan, N., Mudgal, A., Singh, R.B., Mishra, S., 2010. Effect of toxic metals on human health. *The Open Nutraceuticals Journal* 3, 94-99.
- Owens, P.N., 2005. Conceptual models and budgets for sediment management at the River Basin Scale. *Journal Soils & Sediments* 5, n. 4, 201 - 212.
- Ribeiro, E.V., Magalhães Junior, A.P., Horn, A.H., Trindade, W.M., 2012. Metais pesados e qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora-MG: índice de contaminação. *Geonomos* 20. n. 1, 49-63.
- Rocha, I.R., Cabral, J.B.P., Nogueira, P.F., Barcelos, A.A., 2015. Avaliação sazonal das águas do reservatório da usina hidrelétrica Caçu

- no Município de Caçu, Goiás. Revista do Departamento de Geografia – USP 29, 137-160.
- Rosolen, V., Herpin, U., Coelho, N.M.M., Coelho, L.M., Brito, J.L.S., Silva, L.A., LIMA, S.C., 2009. Qualidade dos sedimentos no rio Uberabinha (Uberlândia, MG) e implicações ambientais. Revista Brasileira de Geociências 39, n. 1, 151-159.
- Santos, A., Alonso, E., Callejón, M., Jiménez, J.C., 2002. Distribution of Zn, Cd, Pb and Cu metals in groundwater of the guadamar river basin. Water, Air, and Soil Pollution 134, 275-286.
- Tavares, T.M., Carvalho, F.M., 1992. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano. Química Nova 15, n. 2, 147-155.
- Trindade, W.M., Horn, A.H., Ribeiro, E.V., 2012. Concentrações de metais pesados em sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora-MG: Geoquímica e classificação de risco ambiental. Geonomos 20, n. 1, 64 - 75.
- U.S. EPA, 1994. Microwave Assisted Acid Digestion of Sediment, Sludges, Soils and Oils – Method 3051 - SW846. Disponível: <http://www.epa.gov/epaosver/hazwaste/test/3051.pdf>. Acesso: 13 fev. 2017.