

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO ENGENHARIA AMBIENTAL

RODRIGO DIAS AMATO

**ANÁLISE MULTIELEMENTAR DE SEDIMENTOS DO CÓRREGO LISO E
IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS**

Uberlândia, MG
2018

RODRIGO DIAS AMATO

**ANÁLISE MULTIELEMENTAR DE SEDIMENTOS DO CÓRREGO LISO E
IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Sueli Moura Bertolino

Uberlândia

2018

RODRIGO DIAS AMATO

**ANÁLISE MULTIELEMENTAR DE SEDIMENTOS DO CÓRREGO LISO E
IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovado em: 11 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Rudmir Rogerio de Camargo Faxina – Mestrando em Qualidade Ambiental,
Universidade Federal de Uberlândia

Tatiane Pereira Santos - Universidade Federal de Uberlândia

Sueli Moura Bertolino – Universidade Federal de Uberlândia (orientadora)

RESUMO

AMATO, R.D. Análise multielementar de sedimentos do Córrego Liso e implicações ambientais, 2018. 31p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Ciências Agrárias, Uberlândia. 2018.

Os sedimentos podem fornecer dados importantes sobre a qualidade ambiental de ambientes aquáticos, sendo assim o presente trabalho realizou uma análise multielementar de metais dos sedimentos do Córrego Liso, situado no município de Uberlândia-MG. A Resolução CONAMA 454/12 estabelece valores mínimos e máximos para avaliação do material dragado, com relação à concentração de poluentes no sedimento. O menor limite representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos, enquanto o maior limite representa a concentração acima da qual é frequentemente esperado efeito adverso. O critério para seleção dos pontos de amostragem foi a interferência antrópica, sendo um ponto localizado próximo à nascente (Ponto 1), onde espera-se baixa interferência, e outro na foz do Córrego Liso (Ponto 2), com elevada interferência. As amostras passaram pelo processo de abertura e a quantificação dos metais foi realizada em um espectrofotômetro de emissão atômica com fonte de indução de plasma acoplado (ICP-OES). Dos elementos traços analisados, cobre e cromo, apresentaram concentrações entre os níveis 1 e 2 da Resolução CONAMA nº454/12, com a probabilidade de ocorrência de efeitos biológicos adversos. A maior concentração de metais nas amostras da foz em relação às da nascente, pode indicar interferência antrópica no Córrego. Na primeira campanha, foi observada uma diferença de 500%(Cd), 39%(Cu), 49%(Cr), 120%(Ni) e 3,6%(Zn) já na segunda de 56%(Cd), 26,8%(Cu), 21%(Cr), 30,7%(Ni), 23,86%(Zn). Este trabalho evidenciou as condições atuais na qualidade dos sedimentos do Córrego Liso e mostrou que a urbanização, industrialização e a agricultura não são somente fontes poluidoras, mas também podem influenciar no transporte e acúmulo de substâncias nos sedimentos aquáticos. Por se tratarem de fontes poluidoras difusas, não foi possível identificar todos os lançamentos. Os resultados levantados aliados à verificação em campo das condições da mata ciliar e da poluição antrópica, indicam que a condição atual do estado de preservação ambiental do Liso é crítica. O estudo ainda contribuiu para validar a viabilidade da análise de sedimentos como parâmetro de diagnóstico ambiental de ambientes fluviais.

Palavras-chave: sedimentos fluviais, qualidade ambiental, poluição antrópica,

ABSTRACT

AMATO, R.D. Análise multielementar de sedimentos do Córrego Liso e implicações ambientais, 2018. 30p. Completion of course work (Graduation in Environmental Engineering) - Institute of Agrarian Sciences, Uberlândia. 2018.

The sediments can provide important data on the environmental quality of aquatic environments, so the present work carried out a multielementary analysis of sediment metals from the Liso Stream, located in the city of Uberlândia-MG. CONAMA Resolution 454/12 establishes minimum and maximum values for the evaluation of the dredged material, in relation to the concentration of pollutants in the sediment. The lower limit represents the concentration below which adverse effects are rarely expected for organisms, while the higher limit represents the concentration above which adverse effect is often expected. The criterion for selection of sampling points was anthropic interference, with a point located near the source (Point 1), where low interference is expected, and another at the mouth of the Stream (Point 2), with high interference. The samples were passed through the opening process and the quantification of the metals was performed in an atomic emission spectrophotometer with coupled plasma induction source (ICP-OES). From the trace elements analyzed, copper and chromium, presented concentrations between levels 1 and 2 of CONAMA Resolution 454/12, with the probability of occurrence of adverse biological effects. The higher concentration of metals in the samples of the mouth in relation to the spring, may indicate anthropic interference in the stream. In the first campaign, a difference of 500% (Cd), 39% (Cu), 49% (Cr), 120% (Ni) and 3.6% (Zn) was observed in the second of 56% (Cd), 26.8% (Cu), 21% (Cr), 30.7% (Ni), 23.86% (Zn). This work evidenced the current conditions in the sediment quality of the Liso Stream and showed that urbanization, industrialization and agriculture are not only polluting sources but also can influence the transport and accumulation of substances in the aquatic sediments. Because they were diffuse polluting sources, it was not possible to identify all the launches. The results obtained in conjunction with field verification of riparian forest conditions and anthropogenic pollution indicate that the current state of the environmental preservation status of the Liso is critical. The study also contributed to validate the feasibility of the sediment analysis as a parameter of environmental diagnosis of fluvial environments.

Keywords: river sediments, environmental quality, anthropogenic pollution

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da localização da Bacia do Córrego Liso com a atual situação urbanística.....	16
Figura 2 – Mapa da localização dos pontos de amostragem no Córrego Liso.	17
Figura 3 – Registros fotográficos da poluição ao longo do Córrego Liso e em suas margens.....	20
Figura 4 - Concentrações de cádmio quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.....	21
Figura 5 - Concentrações de chumbo quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.....	22
Figura 6 - Concentrações de cromo quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.....	23
Figura 7 - Concentrações de cobre quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.....	24
Figura 8 - Concentrações de níquel quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.....	25
Figura 9 - Concentrações de zinco quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.....	26
Figura 10 - Registro fotográfico do Córrego Liso com erosão marginal.	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concentrações (mg/Kg) dos níveis 1 e 2 para material dragado segundo Resolução do CONAMA nº454/2012.....	20
Tabela 2 - Concentrações médias dos metais (g/Kg) nos sedimentos dos pontos 1 e 2 nas duas campanhas.	19

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
cm	Centímetros.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
Cd	Cádmio.
Cr	Cromo.
Cu	Cobre.
EPA	Environmental Protection Agency.
HCL	Ácido Clorídrico.
HN03	Ácido Nítrico.
ICP	Espectroscopia de Emissão Ótica com Plasma de Argônio Induzido.
LAQUA	Laboratório de Qualidade da Água da Universidade Federal de Uberlândia.
m	Metros.
MG	Minas Gerais.
Ni	Níquel.
Pb	Chumbo.
Km ²	Quilômetro quadrado.
Zn	Zinco.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.	OBJETIVO	15
3.1	OBJETIVO GERAL	15
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4.	METODOLOGIA.....	15
4.1	ÁREA DE ESTUDO	15
4.2.	SELEÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS	17
4.2	ABERTURA DAS AMOSTRAS E ANÁLISES DOS METAIS.	17
4.4	QUANTIFICAÇÃO DOS METAIS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	18
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
5.1	CÁDMIO (CD).....	21
5.2	CHUMBO (PB).....	22
5.3	CROMO (CR)	22
5.4	COBRE (CU).....	23
5.5	NÍQUEL (NI)	24
5.6	ZINCO (ZN).....	25
6.	CONCLUSÕES.....	27
7.	REFERÊNCIAS	28

1. INTRODUÇÃO

Os sedimentos são considerados como um compartimento aquático ativo que desempenha um papel fundamental na redistribuição das espécies químicas à biota aquática (BEVILACQUA *et al.*, 2009). Análises químicas de sedimentos aquáticos podem indicar distribuições regionais das concentrações naturais ou antrópicas de certos elementos. As menores frações dos sedimentos (<0,2 mm) são úteis para se estimar o grau de contaminação e distinguir as fontes naturais das antrópicas (SANTOS *et al.*, 2012).

Uma avaliação da qualidade dos sedimentos pode relatar se determinado corpo hídrico está sendo impactado pela presença de áreas urbanas, regiões agrícolas e parques industriais. O aumento da concentração de elementos tóxicos no ambiente é uma consequência da urbanização e da industrialização (Adriano *et al.*, 2004). Áreas urbanas tendem a despejar nos corpos hídricos, esgoto, produtos químicos de uso doméstico e resíduos sólidos, em alguns casos sem o tratamento adequado, além do que pode ser carregado pela chuva. Atividades agrícolas intensas contribuem também com despejos e infiltrações de fertilizantes e agrotóxicos. Parques industriais, por sua vez, são responsáveis por lançamentos de produtos químicos e resíduos. Todas essas fontes poluidoras tendem a gerar um acúmulo de substâncias nos sedimentos. (Adriano *et al.*, 2004)

Para assegurar a qualidade dos corpos hídricos, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº454 de 01 de novembro de 2012 estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional e preconiza valores mínimos e máximos para avaliação deste material, com relação à concentração de poluentes no sedimento. Dessa forma, este trabalho visa analisar a atual condição do Córrego Liso e evidenciar possíveis casos de descarte irregular de efluentes e o reflexo destes, por meio de uma análise multielementar dos sedimentos presentes próximos as áreas de nascente e foz.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A água é um elemento essencial à vida, porém pode trazer riscos à saúde em face de sua má qualidade, servindo de veículo para vários agentes biológicos e químicos, por isso o ser humano deve estar atento aos fatores que podem interferir negativamente na qualidade da água que consome e no seu destino final

O monitoramento da qualidade ambiental é de fundamental importância para a manutenção da qualidade de vida da população. Segundo Berto (2008), a conceituação e os parâmetros usados para avaliar a qualidade ambiental urbana variam de acordo com a abordagem e a combinação entre indicadores escolhidos e podem estar fundamentados sob o ponto de vista sanitário, cultural, social, dentre outros. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2010) a cada dia, milhões de toneladas de esgoto tratado inadequadamente e resíduos agrícolas e industriais são despejados nos corpos d'água de todo o mundo. Todos os anos, morrem mais pessoas por consequências de água contaminada do que de todas as formas de violência, incluindo a guerra. No Brasil cerca de 35 milhões de indivíduos não possuem acesso ao abastecimento de água tratada, a nível mundial, 633 milhões de pessoas não possuem acesso a uma fonte de água potável. A contaminação da água enfraquece ou destrói os ecossistemas naturais que sustentam a saúde humana, a produção alimentar e a biodiversidade. A maioria da água doce poluída acaba nos oceanos, prejudicando áreas costeiras e a pesca (TRATA BRASIL, 2018).

Como forma de garantir a qualidade e o monitoramento dos cursos d'água brasileiros, em 1997, no dia 8 de janeiro mais precisamente, foi instituída a Lei nº 9.433, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Na referida Lei foram estabelecidos os instrumentos de gestão das águas, sendo um deles o “Enquadramento dos corpos de água”, que visa assegurar a qualidade da água diversos usos.

Porém, quando utilizamos o termo "qualidade da água", é necessário compreender que esse termo não se refere, necessariamente, a um estado de pureza, mas às características químicas, físicas e biológicas, que as águas devem possuir para determinada finalidade (MERTEN & MINELLA, 2002). A política normativa nacional para uso da água, como consta na Resolução nº357 de 2005 do CONAMA, estabelece parâmetros que definem limites aceitáveis de substâncias, considerando os diferentes usos. Os corpos de água foram classificados em 13 categorias, sendo cinco classes de água doce, a saber: classe especial, refere-se às águas destinadas para o abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção e à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; classe 1, estão as águas destinadas proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho), à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana; classe 2, são águas

destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho), à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana; classe 3, são águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e à dessedentação de animais; classe 4, são águas destinadas para à navegação, à harmonia paisagística e à harmonia paisagística.

Os sedimentos são parte integral e essencial da dinâmica das bacias hidrográficas e apresentam valor ambiental, social e econômico (VALE *et al.*, 2018). Os materiais inorgânicos e orgânicos presentes nos sedimentos dos rios podem ser um importante meio de avaliação da poluição, uma vez que estão sujeitos a rápidas trocas de composição com a coluna de água. É na fração argila que os poluentes se agregam com maior facilidade por existirem diferentes grupos argilominerais com capacidades de troca iônica distintas (BRADY, 1989 APUD PEREIRA *et al.*, 2006).

A aplicação da Resolução do CONAMA nº454, de 01 de novembro de 2012 nos últimos anos possibilitou sugerir alterações visando esclarecer aspectos relativos ao diagnóstico do material a ser dragado, ao monitoramento das áreas de dragagem e disposição, e a obrigatoriedade de apresentação de um plano de dragagem. A mesma estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Entretanto, a Resolução CONAMA nº454/2012 não define limites de concentrações de constituintes da coluna d'água de ecossistemas aquáticos submetidos a atividades de dragagem e faz menção apenas aos limites de concentração de constituintes dos sedimentos dragados.

Os sedimentos são constituídos por partículas minerais (areia, silte e argila) e matéria orgânica que são transportadas ou depositadas nos corpos d'água. Atividades antrópicas como industrialização e urbanização são responsáveis pela entrada de altas cargas de elementos nas águas superficiais das bacias hidrográficas, que podem afetar negativamente a qualidade dos sedimentos. Os sedimentos podem estocar substâncias perigosas ou, então, atuar como uma fonte secundária de poluição através da liberação de contaminantes no sistema (ROSOLEN *et al.*, 2009).

O fluxo de sedimentos constitui uma característica que expressa a funcionalidade hidrológica e o comportamento do processo erosivo nas bacias hidrográficas. Desta forma, o estudo da dinâmica sedimentar em determinado canal corrobora com a análise

das bacias hidrográficas para aplicações diversas, tais como o planejamento ambiental (CHRISTOFOLETTI, 1999).

No ambiente aquático, o compartimento considerado mais significativo na concentração de metais é representado pelos sedimentos (AXTMANN & LUOMA, 1991), sendo assim bastante utilizados em pesquisas e estudos ambientais. Para Salomons (2005) a quantidade e a qualidade dos sedimentos dependem das atividades socioeconômicas e das condições biofísicas dos sedimentos ao longo do rio. Os impactos a montante e o funcionamento dessas áreas não podem ser consideradas isoladamente, mas sim como sendo parte de um processo contínuo ao longo de todo o rio. De acordo com Salomons e Förstner (1984), a concentração de metais em sedimentos pode variar de acordo com a taxa de sedimentação, natureza e tamanho das partículas e a presença de matéria orgânica e, por esse motivo, são muito utilizados como material de amostragem, tanto em pesquisa de prospecção mineral como em estudos ambientais. Ao refletirem a qualidade do sistema e o desenvolvimento histórico de parâmetros hidrológicos e químicos (SALOMONS & FÖRSTNER 1984) são particularmente úteis na identificação, no monitoramento e no controle de fontes de poluição.

Os sedimentos são reservatórios de elementos-traço biodisponíveis que ficam retidos nos minerais por processos de adsorção, precipitação, oclusão e incorporação (AHLF & FÖSTNER, 2001). Uma das maiores problemáticas relacionadas aos sedimentos é a contaminação com elementos-traços de origem antropogênica, pois estes poluentes não são degradáveis e ainda se acumulam em formas químicas, que por sua vez, são mais reativas que a forma original. Sedimentos contaminados podem estar presente em várias áreas de deposição, tais como: portos, lagos, barragens e planícies de inundação (SALOMONS, 2005). Os sedimentos ainda conseguem estocar e imobilizar elementos tóxicos, com isso podem ser considerados como “armadilhas geoquímicas” e os efeitos diretos da poluição podem não se manifestar imediatamente. Embora esta função possa ser considerada positiva, não há garantia de que os elementos químicos estarão seguros e indefinidamente estocados (STIGLIANI, 1988). Fatores ambientais que influenciam na capacidade de estocagem dos sedimentos ou na biodisponibilidade dos elementos estocados podem sofrer mudanças com a mobilização dos elementos químicos no ambiente. Durante os períodos de inundação, os poluentes ligados aos sedimentos podem ultrapassar os limites das planícies de inundação, invadindo áreas residenciais e agrícolas (FÖSTNER, 1983).

Estudos relacionados a sedimentos focam em aspectos quali-quantitativos com impactos sobre as condições ecológico-ambientais de uma bacia hidrográfica (SALOMONS & BRILIS 2004). Considerando os aspectos quantitativos, mudanças hidrológicas influenciadas pelo clima e pelo homem podem modificar o tempo, a intensidade e a descarga disponível efetiva para o transporte dos sedimentos (VÖRÖSMARTY *et al.* 2003). Com relação às fontes antrópicas, vários estudos têm registrado elevada concentração de metais nos sedimentos dos rios, causada por fontes industriais (RAMAMOORTHY & RUST 1978). Além dessas, os esgotos domésticos também são fontes de metais (RUBIN 1976, NTEKIM *et al.* 1993).

De acordo com COSTA *et al.* (2012) os córregos urbanos da região industrial de Uberlândia apresentam qualidade de sedimentos que merecem atenção, tanto da população quanto do setor público. Os elevados valores de metais estão relacionados às atividades antropogênicas, de origem na agricultura ou por resíduos domésticos e industriais presentes ao longo do Córrego Liso.

Rosolen *et al.* (2009) constatou em pontos do Córrego Liso que as condições críticas na qualidade dos sedimentos do local excedem os valores mínimos estabelecidos. Valores elevados para Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn), foram encontrados, tornando evidente o impacto da urbanização e agricultura no transporte e acúmulo dessas substâncias potencialmente tóxicas nos sedimentos.. Por se tratar de fontes difusas de poluição, a identificação dos pontos de lançamento, bem como o controle e mitigação dos efeitos da poluição são dificultados.

Estudos anteriores apontaram a ocupação do solo por meio da urbanização como possível fonte dos elementos Cu, Ni, Cr, Mn, Zn e Cd em sistemas fluviais. O mesmo ocorre em áreas cultivadas que, apesar do benefício decorrente da utilização de herbicidas, pesticidas e fertilizantes para o aumento na produtividade agrícola, as implicações ambientais são inúmeras, sobretudo pela intoxicação por meio da ingestão gradual desses produtos (SANTOS *et al.*, 2012).

Os metais supracitados podem ser encontrados em diversas atividades antrópicas o que permite compreender quais as fontes de contaminação podem influenciar a qualidade dos sedimentos. No caso do zinco as principais fontes são: a mineração, a corrosão de estruturas galvanizadas, a incineração de lixo e uso de fertilizantes e agroquímicos que apresentem este elemento em sua composição. No caso do cádmio, as fontes em destaque são: as baterias, ripas galvanizadas e tintas. O cobre tem como principais fontes os fertilizantes, pesticidas, algicidas, além de ser utilizado em indústrias

de tintas e ligas metálicas. Já as fontes de níquel são indústrias de produção de aço inoxidável e indústrias de fundição, além de ser utilizado na produção de baterias. As fontes de cromo ocorrem principalmente devido a perdas e vazamentos de líquidos que contenham cromo, ou a incorreta disposição de resíduos sólidos, como os subprodutos do cromato ($\text{Cr}_2\text{O}_4^{2-}$) chamado de lama (STANIN, 2005).

Segundo MOZETO (1996), os sedimentos desempenham um papel importante no destino de xenobióticos em ambientes aquáticos, pois refletem a quantidade corrente do sistema e podem ser utilizados para detectar a presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais. Os fenômenos de acúmulo e de redistribuição de espécies nos sedimentos os qualificam como de extrema importância em estudos de impactos ambientais, pois registram em caráter permanente os efeitos da contaminação. Assim sendo, a determinação de metais-traço em sedimentos pode permitir identificar o grau de contaminação em que a água e os organismos que a utilizam estão sujeitos.

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

Realizar análise quali-quantitativa e multielementar em amostras de sedimentos do Córrego Liso localizado no setor industrial do município de Uberlândia/MG.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar diagnóstico ambiental da área de estudo, avaliando possíveis fontes de poluição e o estado atual de preservação da mata ciliar.
- Quantificar os metais: Cádmio (Cd), Chumbo (Pb). Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em amostras de sedimentos.

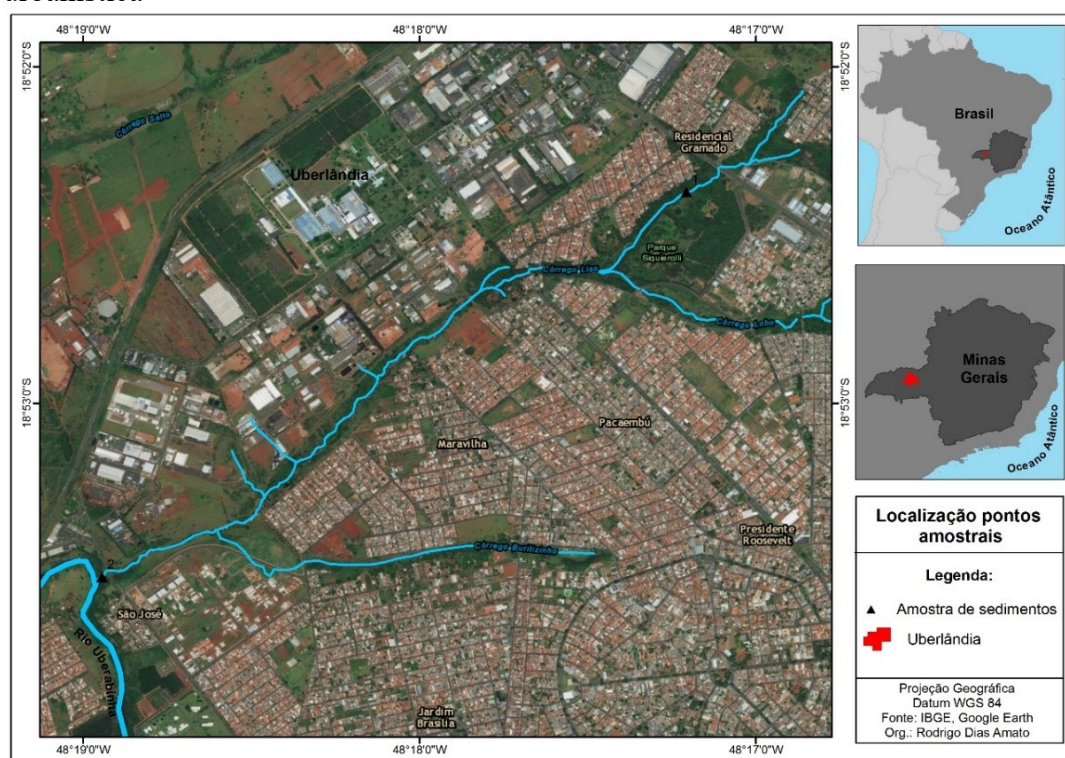
4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A micro bacia do Córrego Liso (Figura 1) e seus afluentes está localizada na área urbana de Uberlândia. O clima na região é do tipo tropical com dois períodos bem definidos, um extremamente seco (maio a outubro) e outro úmido (novembro a abril), com precipitação média anual de 1500mm (INMET, 2017). O curso d'água principal é afluente do Rio Uberabinha possui aproximadamente 5.000 metros de extensão e recebe

como afluentes o Córrego Buritizinho com 2.250 metros e o Córrego do Lobo com 1.500 metros de extensão. A micro bacia do Córrego Liso possui uma área de 14,60 Km², 10, o que representa aproximadamente 7,73% da área urbana do município de Uberlândia (CARRIJO & BACCARO, 2000). Além disso, o Córrego Liso está localizado em uma área de grande potencial poluidor devido a presença de diferentes atividades industriais. Sendo assim, o monitoramento da qualidade deste curso d'água é de grande relevância, já que terá influência direta na qualidade da água do Rio Uberabinha, que é o principal curso d'água do município. (ROSOLEN, *et al.*, 2009). O Córrego Liso ainda é circundado por treze bairros urbanos. Devido ao elevado grau de ocupação, o Córrego apresenta indicadores de degradação ambiental típicos de áreas onde a urbanização não foi acompanhada por ações de mitigação de impactos ambientais. As margens do Córrego Liso foram ocupadas desde os primeiros anos de expansão significativa da cidade, mas ainda possui algumas áreas verdes destinadas à conservação ambiental, como o Parque Municipal Victorio Siquierolli e o Parque do Distrito Industrial (PÉRES, 2005).

Figura 1 - Mapa da localização da Bacia do Córrego Liso com a atual situação urbanística

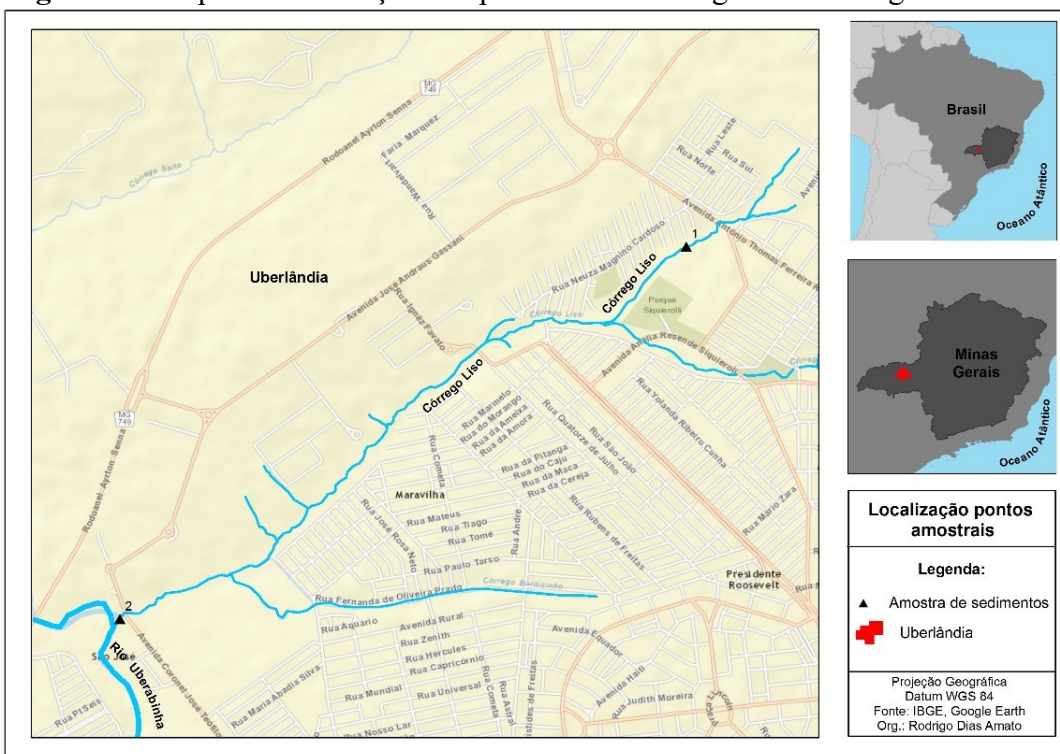


Fonte: Amato, 2018; Google Earth, 2017.

4.2. Seleção dos Pontos de Coletas

O critério utilizado para a escolha dos pontos de amostragens de sedimento (Figura 2) foi a localização em relação às possíveis interferências antrópicas. O primeiro ponto (P1) de coleta foi definido próximo à nascente, com as coordenadas geográficas 18°52'21.54"S e 48°17'12.70"O, e o segundo ponto (P2), próximo à foz, situada na confluência do Córrego Liso com o Rio Uberabinha, com as coordenadas 18°53'32.30"S e 48°18'57.30"W.

Figura 2 – Mapa da localização dos pontos de amostragem no Córrego Liso.



Fonte: Amato, 2018; Google Earth, 2017.

4.2 Abertura das amostras e análises dos metais.

As amostras foram coletadas com o auxílio de uma cavadeira entre 0-10cm de profundidade no fundo do Córrego, próximas à margem, em pontos onde a turbulência da água era menor. Foram realizadas duas campanhas: a primeira no período de estiagem (outubro/2016) e a segunda em período chuvoso, (fevereiro/2017). O material coletado foi acondicionado em frascos de polietileno e encaminhados para a preparação e análise laboratorial. No laboratório LAQUA da Universidade Federal de Uberlândia, os sedimentos foram homogeneizados, secados em estufa entre 50-60°C por volta de 48 horas até estarem completamente secos, misturados, peneirados com malha de nylon para

obter a fração <0,062mm, seguindo os procedimentos propostos por Mudrock & Mcknight (1994) citado por Förstner (2004) . Após a preparação, os sedimentos foram levados para o processo de abertura com água régia. Os procedimentos foram realizados em triplicata para cada ponto amostrado.

A digestão foi realizada em bloco digestor adicionando-se 200 mg da amostra e 5 mL de água régia (3:1 v/v, HCl:HNO₃) em um tubo digestor; a digestão ocorreu a 80 °C por 4 horas, segundo metodologia da EPA nº3051-A. Após a digestão a solução foi filtrada em papel filtro faixa azul e o volume aferido para 50mL.

4.4 Quantificação dos metais e análise dos resultados.

A quantificação dos metais foi realizada com um espectrofotômetro de emissão atômica com fonte de indução de plasma acoplado (ICP-OES), marca Agilent modelo 5100, com capacidade de leitura na visão axial e radial. Foram conduzidas duas análises, sendo a primeira qualitativa para 23 elementos e outra quantitativa para os metais Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni) e Zinco (Zn). Todos esses elementos com coeficiente de correlação da curva de calibração maior que 0,99, com erro de 1% por conta do próprio equipamento.

A concentração fornecida pelo ICP foi expressa em ppm (parte por milhão). Para cálculo da concentração do metal expressa em mg/Kg foi utilizado a Equação 1, segundo metodologia da EPA nº3051-A.

Exemplo: Os resultados obtidos nas análises conduzidas no ICP, foram submetidos a análise estatística descritiva...

$$\text{Concentração } \left(\frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \right) = \frac{\text{Concentração metal extrato (mg/L)} * \text{Volume extrato (mL)} * 0,001 * \text{Fator diluição}}{\text{Peso da amostra digerida (g)} * 0,001}$$

Equação 1

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Resolução do CONAMA nº454/2012 foi utilizada como referência, pois estabelece níveis de classificação do material a ser dragado em função da concentração de substâncias poluentes contidas na fração total da amostra. O nível 1 estabelece a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos, enquanto que o nível 2 representa a concentração acima da qual é esperado efeito adverso para os organismos e ao meio ambiente. Na faixa entre os níveis 1 e 2

(Tabela 1) situam-se os valores onde existe a probabilidade de ocorrência de efeitos biológicos adversos. As concentrações dos metais encontrados nos sedimentos amostrados no Córrego Liso nas duas campanhas (Tabela 2) foram organizados em tabelas e gráficos.

Tabela 1 – Concentrações (mg/Kg) dos níveis 1 e 2 para material dragado segundo Resolução do CONAMA nº454/2012.

Metais	Nível 1	Nível 2
Cádmio	0,6	3,5
Chumbo	35	91,3
Cromo	37,3	90
Cobre	35,7	197
Níquel	18	35,9
Zinco	123	315

Tabela 1 - Concentrações médias dos metais (mg/Kg) nos sedimentos dos pontos 1 e 2 nas duas campanhas.

Metais (mg/Kg)	Ponto 1		Ponto 2	
	1ª Campanha	2ª Campanha	1ª Campanha	2ª Campanha
Cádmio (Cd)	0.30	0.98	1.80	1.53
Chumbo (Pb)	18,65	24.78	17.37	19.78
Cromo (Cr)	54.91	74.88	81.91	90.63
Cobre (Cu)	67.48	85.47	93.88	108.43
Níquel (Ni)	8.80	12.30	19.34	16.08
Zinco (Zn)	127.43	85.33	131.99	105.54

Nota: 1ª Campanha: período de seca; 2ª Campanha: período chuvoso.

Em relação aos pontos de amostragem, pode-se notar que a concentração dos elementos na foz (ponto 2) apresenta valores superiores aos encontrados próximo à nascente (ponto 1) do Córrego Liso. Tal fato pode estar relacionado com o descarte irregular de efluentes provenientes de atividades antrópicas e também pela poluição encontrada ao longo do percurso do Córrego. O descarte de resíduos nas margens foi observado ao longo de toda a extensão do córrego (Figura 3), corroborando com a hipótese de degradação antrópica da Bacia.

Figura 3 – Registros fotográficos da poluição ao longo do Córrego Liso e em suas margens.



Fonte: Bertolino, 2017.

Ao comparar os resultados das duas campanhas do primeiro ponto (nascente), observou-se que houve um aumento nas concentrações de todos os elementos na segunda campanha, o que pode ser justificado pelo maior carreamento de partículas por escoamento superficial durante o período chuvoso. No ponto 2, houve um aumento na concentração na segunda campanha para os elementos chumbo, cobre e cromo enquanto que os elementos cádmio, níquel e zinco apresentaram reduções em suas concentrações. Mesmo com parte dos elementos tendo apresentado decréscimo em suas concentrações, a situação é cautelosa, visto que no ponto 2 se encontra na confluência com o Rio Uberabinha. Os descartes irregulares de efluentes e a poluição urbana podem afetar diretamente às características físico-químicas de um curso d'água e o Rio Uberabinha é um dos principais recursos para captação e abastecimento de água no município de Uberlândia.

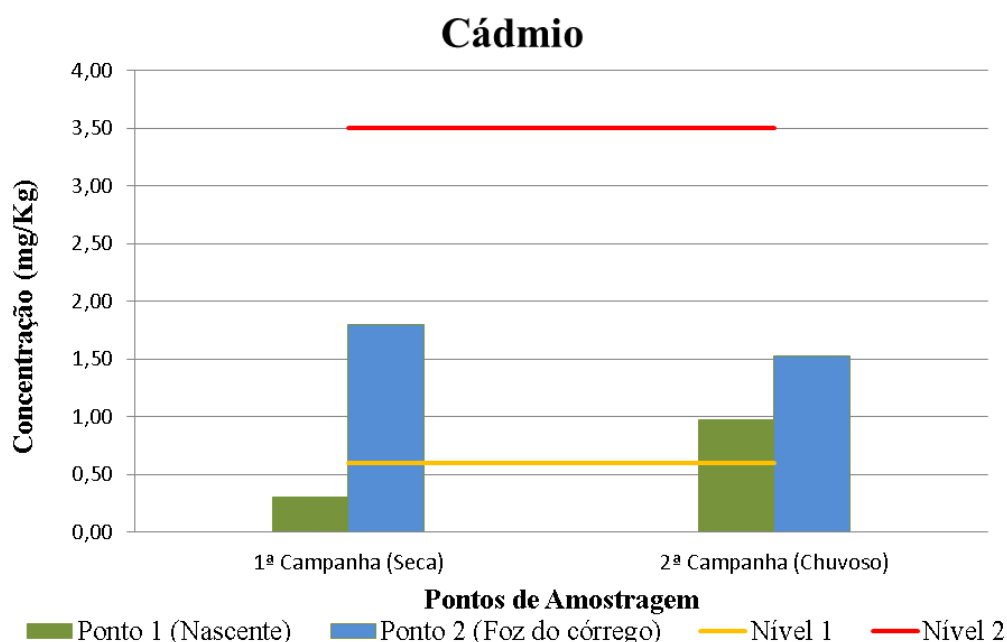
Rosolen *et al.* (2009) quantificou os níveis dos metais nos sedimentos da mesma área de estudo deste trabalho no período de 2009 e relatou as respectivas implicações.

Estes autores utilizaram a mesma metodologia aplicada neste estudo para quantificar metais traços (Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Níquel, Zinco, em sedimentos.

5.1 Cádmio (Cd)

As principais fontes de origem antrópica de cádmio são as baterias descartadas, pigmentos de tintas e atividades de mineração de Zinco e Chumbo. Este elemento pode entrar na corrente sanguínea ao ser absorvido pelo estômago ou intestino, após ingestão de água e/ou alimentos contaminados.

Figura 4 - Concentrações de cádmio quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.



Fonte: Amato, 2018.

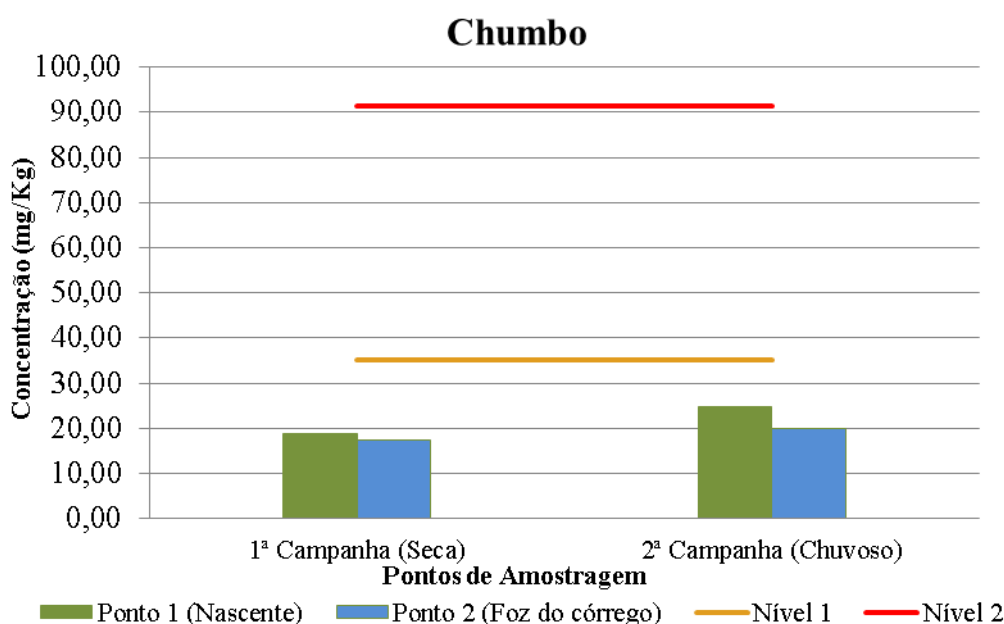
Na primeira coleta, o Ponto 1 apresentou valor abaixo do nível 1 (Figura 4), onde raramente esperam-se efeitos adversos. Enquanto no Ponto 2 o valor encontrado está entre os níveis 1 e 2 da Resolução do CONAMA nº454/12, onde ocasionalmente esperam-se efeitos adversos, provavelmente devido ao descarte de efluentes contendo metais. Rosolen *et al.* (2009) não detectou concentrações de cádmio em ambos os pontos, o que

pode indicar o surgimento de novos descartes irregulares de efluente ao longo dos anos em ambos os pontos.

5.2 Chumbo (Pb)

O mais amplo uso do chumbo é na fabricação de baterias. Outras aplicações importantes são: na fabricação de forros para cabos, elemento de construção civil, pigmentos, soldas suaves e munições. Em ambas as coletas nos dois pontos, os valores observados foram inferiores ao nível 1 (Figura 5) da Resolução do CONAMA nº454/12. Rosolen *et al.* (2009) não detectou concentrações de chumbo em ambos os pontos o que pode indicar o aumento da poluição e/ou dos descartes irregulares ao longo dos anos.

Figura 5 - Concentrações de chumbo quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.



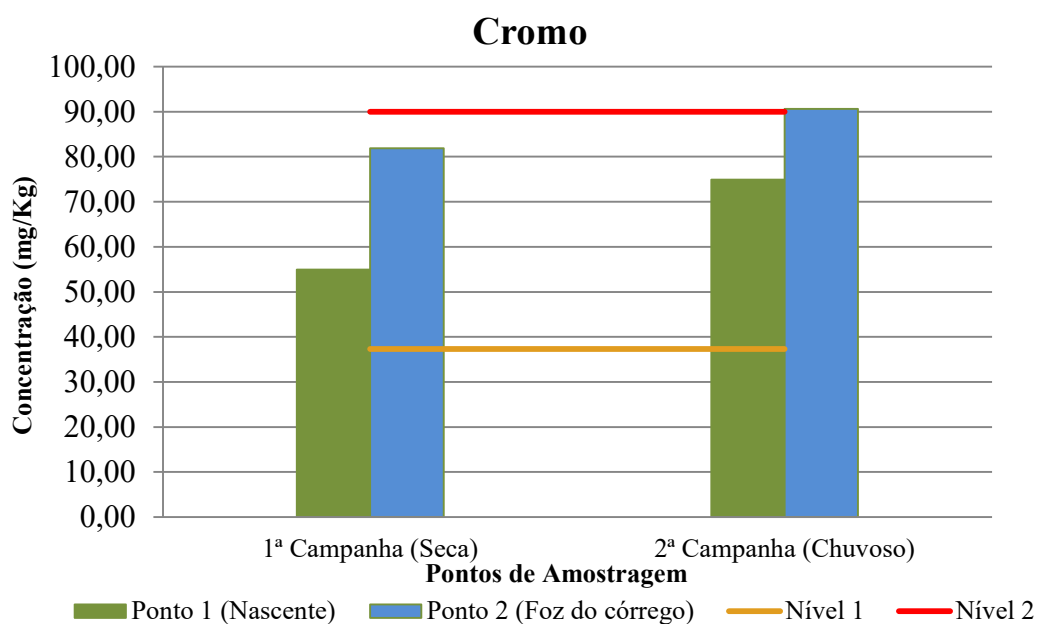
Fonte: Amato, 2018.

5.3 Cromo (Cr)

O Cromo possui alta resistência a corrosão e com isso é bastante utilizado em produções de ligas metálicas, as principais fontes de contaminação são provenientes de rejeitos urbanos e industriais. Em ambos os pontos de amostragem foram detectados rejeitos urbanos. Os valores de concentração de cromo nos sedimentos dos pontos avaliados ficaram compreendidos entre os níveis 1 e 2 (Figura 6) da Resolução do CONAMA nº454/12. Em ambas campanhas no segundo ponto de amostragem, os valores

de cromo chegaram bem próximo ao limite do nível 2. Rosolen *et al.* (2009) obteve concentrações de cromo de 106,3 mg/kg no ponto 1 e de 137 mg/kg no ponto 2, ou seja, em ambos os pontos os valores ultrapassaram o nível 2. Essa redução nos valores de cromo observada ao comparar as amostragens de Rosolen *et al.* (2009) com as campanhas deste estudo, indicam uma possível redução no lançamento clandestino de efluentes provenientes de atividades antrópicas que utilizam o metal na produção.

Figura 6 - Concentrações de cromo quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.

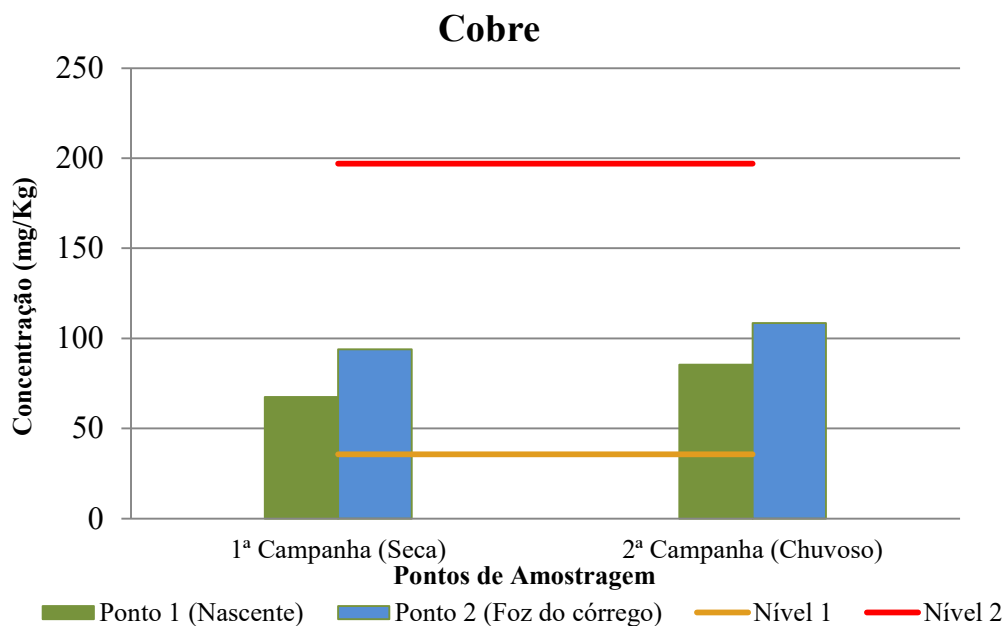


Fonte: Amato, 2018.

5.4 Cobre (Cu)

As fontes antrópicas de cobre geralmente são provenientes do uso de fertilizantes, pesticidas, algicidas, indústrias de tintas e ligas metálicas. Em ambas coletas nos dois pontos de amostragem, os valores de cobre (Figura 7) permaneceram entre os níveis 1 e 2 da Resolução do CONAMA nº454/12. Rosolen *et al.* (2009) observou valores de 61,7 mg/kg para o ponto 1 e 53 mg/kg para o 2, ambos inferiores em relação a este estudo, entretanto, também entre os níveis 1 e 2 da Resolução do CONAMA nº454/12.

Figura 7 - Concentrações de cobre quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.

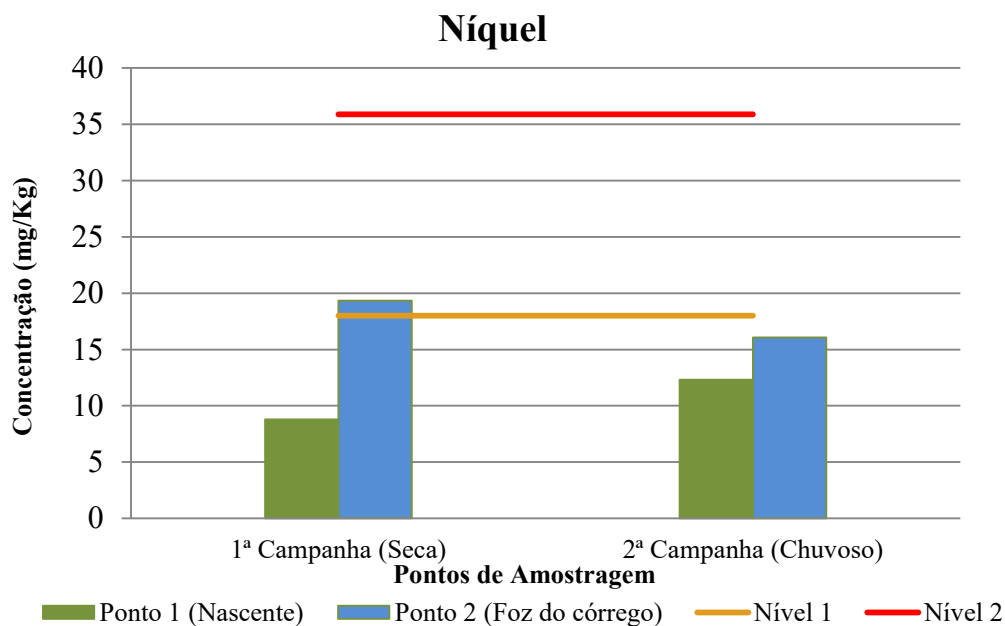


Fonte: Amato, 2018.

5.5 Níquel (Ni)

O níquel é um elemento também presente em baterias, indústrias de fundição, produção de aço inoxidável. Também é utilizado na agricultura, em particular nas monoculturas de soja (Ure & Berrow, 1982 em BGS, 1991). Em ambas coletas os dois pontos apresentaram valores intermediários ao nível 1 e nível 2 (Figura 8) da Resolução do CONAMA nº454/12. Rosolen *et al.* (2009) encontrou os valores de 22,3 mg/kg no ponto 1 e 18,7 mg/kg no ponto 2, ou seja, no primeiro ponto, os valores foram superiores aos encontrados neste estudo, porém, no segundo ponto, o valor observado foi inferior ao encontrado na primeira campanha e superior ao encontrado na segunda. Sendo assim, é possível que parte do descarte clandestino de efluentes e a poluição urbana relacionada ao níquel tenham sido reduzidos próximo ao ponto 1, porém, mantendo-se praticamente constante no ponto 2.

Figura 8 - Concentrações de níquel quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.

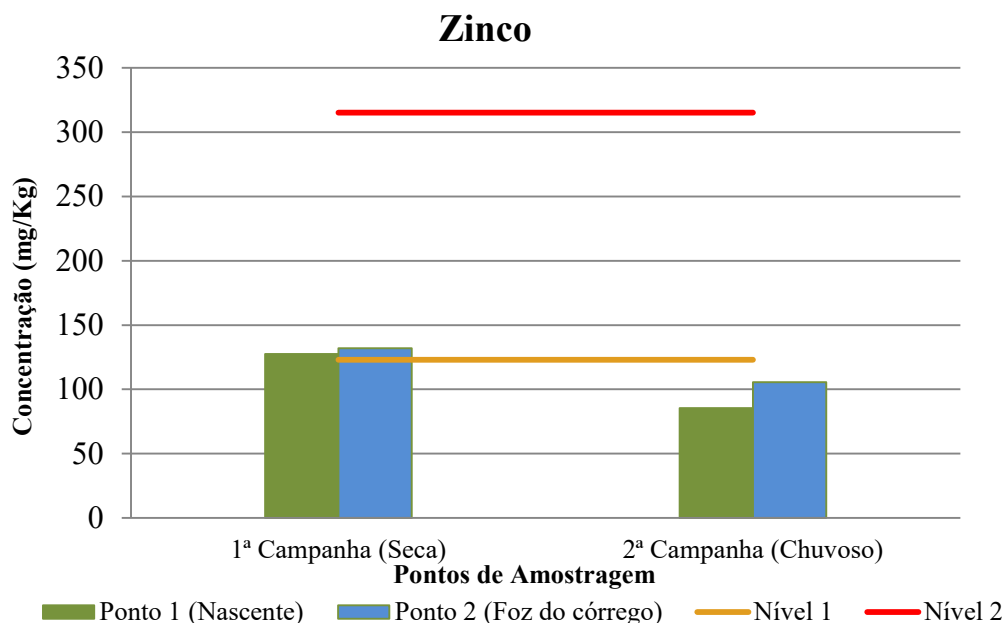


Fonte: Amato, 2018.

5.6 Zinco (Zn)

As fontes antropogênicas de zinco vêm da mineração, instalações de produção de zinco e de metal, corrosão de estruturas galvanizadas, combustão de carvão e combustível, remoção e incineração de lixo, e do uso de fertilizantes e agroquímicos que contenham este elemento. O valor de zinco nos sedimentos apresentou-se abaixo do nível 1 da Resolução do CONAMA n°454/12 na segunda campanha (Figura 9), ou seja, nível onde raramente efeitos adversos podem ocorrer, entretanto, na primeira campanha, ambos os pontos estão entre os níveis 1 e 2 da Resolução do CONAMA n°454/12, onde existe a probabilidade de ocorrência de efeitos adversos. Rosolen *et al.* (2009) observou, para o ponto 1, um valor de 74 mg/kg e 72,7 mg/kg para o segundo ponto, ou seja, valores inferiores em ambos os pontos quando comparados com os resultados obtidos neste estudo. Dessa maneira, é possível afirmar que as fontes antrópicas geradoras que utilizam este metal aumentaram.

Figura 9 - Concentrações de zinco quantificadas nas amostras de sedimento do Córrego Liso nas duas campanhas.



Fonte: Amato, 2018.

Ao comparar os resultados obtidos nas análises dos sedimentos da nascente com os da foz, durante a primeira campanha na época de seca, observou-se um aumento de 500% do elemento Cd, 39% de Cu, 49% de Cr, 120% de Ni e 3,6% de Zn e uma redução de 6,8% do elemento Pb. Na segunda campanha (chuvosa), houve um aumento de 56% de Cd, 26,8% de Cu, 21% de Cr, 30,7% de Ni, 23,86% de Zn e uma redução de 20% de Pb. Nas duas coletas (P1 e P2) a redução da concentração do chumbo pode ser explicada pela sua solubilidade em água, visto que a segunda campanha foi realizada em um período onde as chuvas são mais abundantes, possibilitando maior solubilização. Para os demais elementos o aumento das concentrações se deu pelo possível aumento da poluição urbana e pela descarga clandestina de efluentes ao longo do Córrego provenientes das atividades antrópicas.

Ao comparar os valores obtidos por Costa *et al.* (2012), que analisou as concentrações de metais pesados em sedimentos de Córregos urbanos no município de Uberlândia como indicadores de qualidade ambiental, notou-se que para o ponto 1, não foi detectado o elemento cádmio, entretanto foram encontrados: 13 mg/kg de chumbo, 120 mg/kg de cromo, 87,6 mg/kg de cobre, 29 mg/kg de níquel e 83 mg/kg de zinco. No segundo ponto também não foi observado o elemento cádmio, porém, foram obtidos: 12 mg/kg de chumbo, 54 mg/kg de cromo, 83 mg/kg de cobre, 23,3 mg/kg de níquel e 106,3

mg/kg de zinco. Os resultados obtidos por Costa *et al.* (2012) para os metais cádmio e chumbo são inferiores aos obtidos neste estudo em ambos os pontos. Entretanto, para os metais cromo e cobre, Costa *et al.* (2012) encontrou valores superiores aos obtidos neste estudo no ponto 1 e valores inferiores no ponto 2. Para o elemento níquel Costa *et al.* (2012) apresentou valores superiores em ambos os pontos. A maior diferença entre estudos foi para o zinco, no qual Costa *et al.* (2012) encontrou valores inferiores nos pontos 1 e 2 da primeira campanha e valores superiores para o ponto 2 da segunda campanha.

Com base nos resultados das análises realizadas, pode-se afirmar que ao longo dos anos a poluição urbana e o descarte irregular de efluentes provenientes de atividades antrópicas, mesmo com algumas variações sazonais e temporais, o Córrego Liso sofreu impactos ambientais (Figura 10), como por exemplo, a erosão das margens.

Figura 10 - Registro fotográfico do Córrego Liso com erosão marginal.



Fonte: Bertolino, 2017.

6. CONCLUSÕES

É evidente que a urbanização e a industrialização têm grande influência nas substâncias que são transportadas para os sedimentos do Córrego Liso. As concentrações quantificadas dos elementos-traços (Cd, Pb, Cu, Cr, Ni e Zn) sugerem que a degradação do local esteja ocorrendo por influência antrópica. Os elementos analisados excederam os valores orientadores mínimos (nível 1) estabelecidos pela Resolução do CONAMA

nº454/2012, com exceção do chumbo, o único metal que não apresentou valores superiores às orientações normativas. Estes resultados, aliados a falta de mata ciliar adequada e a poluição observada, evidenciam a condição crítica de preservação ambiental em que se encontra o Córrego Liso e seus arredores. Fontes poluidoras difusas e clandestinas em alguns casos, dificultam a identificação dos locais de geração, comprometendo o controle e a mitigação dos efeitos da poluição. A identificação e o monitoramento das fontes de poluição, bem como o controle da qualidade ambiental no diagnóstico da preservação ambiental, podem ser mais precisos e completos quando se realiza análises de sedimentos.

7. REFERÊNCIAS

Adriano D.C., Wenzel W.W., Vangronsveld J., Bolan N.S.2004. Role of assisted natural remediation in environmental cleanup. **Geoderma**, 122:121-142.

AHLF W. & FÖRSTNER U. 2001. Managing contaminated sediments. Part I: Improving chemical and biological criteria. **J. Soils & Sediments**, 2(1):30-36.

AXTMANN E. V. & LUOMA S. N. 1991. Large-scale distribution of metal contamination in the finegrained sediments of the Clark Fork River. **Montana. Appl. Geochem.** 6 (1): 75-88.

BRASIL, CONAMA-CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE 2010. Resolução Conama nº 344, de 25 de março de 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 1 de julho de 2017.

BRASIL, CONAMA-CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE 2010. Resolução Conama nº 454, de 01 de novembro de 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 10 de outubro de 2017.

BRASIL, CONAMA-CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE 2010. Resolução Conama Nº 20, de 18 de junho de 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em: 21 de maio de 2016.

BRASIL, Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política nacional de recursos hídricos, Brasília/DF, jan. 1997.

BRASIL, INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas> Acesso: 17 de dezembro de 2017

BEVILACQUA;J.E.; *et al.*. Extração seletiva de metais pesados em sedimentos de fundo do Rio Tietê, São Paulo. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 32, n. 1, p. 26-33, 2009

BERTO, V.Z. Análise da qualidade ambiental urbana na cidade de Ponta Grossa (PR) : avaliação de algumas propostas metodológicas. Dissertação

(Mestrado em Gestão do Território: Sociedade e Natureza) - Universidade Estadual De Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

COSTA, R. A.; ROSOLEN, V. Concentração de metais pesados em sedimentos de córregos urbanos como indicador da qualidade ambiental e riscos à saúde humana. **Hygeia** v. 8, n. 15, p. 222–231, 2012.

CRUVINEL, P. ROSOLEN, V. Avaliação da contaminação química de sedimentos no Córrego Liso (UBERLÂNDIA, MG): subsídios para estudos de qualidade ambiental. p.4-15, 2008.

FÖRSTNER, U.; HEISE, S.; SCHWARTZ, R.; WESTRICH, B.; AHLF, W. Historical contaminated sediments and soils at the river basin scale. Examples from the Elbe River catchment area. **J. Soils & Sediments**, v. 4, n. 4, p. 247-260, 2004

MAYA, Y. Análise multielementar em água e sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte na região metropolitana de Goiânia e sua relação com a saúde. Dissertação (Mestrado em ciências ambientais e saúde) - Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Católica de Goiás, Goiás, p.10-26, 2004.

MESQUITA, G. Metodologias de preparo de amostras e quantificação de metais pesados em sedimentos do Ribeirão Samambaia, Catalão-GO, empregando Espectrometria de Absorção Atômica. Tese (Mestrado em química). Departamento de pós-graduação de química, Universidade Federal de Goiás, Catalão, p. 21-25, 2014.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, n 4, 2002

MOZETO, A. A.; Manejo da qualidade da água e da dinâmica do sedimento e do particulado da represa do Guarapiranga e do rio Grande, RMSP, UFSCAR: São Carlos, 1996. (Projeto RHAE, processo nº 610419/95-1).

RAMAMOORTHY, S. & RUST, B.R. Heavy metal exchange process in sediment water systems. **Environmental Geology**, 2(3):165-172, 1978.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/> Acesso em: 30 de agosto de 2017

PEREIRA, L. L. et al. Geoquímica dos Sedimentos lacustres – lagoas de Paripueira e do Sal no município de Beberibe – CE. **Revista de Geologia**, vol. 19, nº 2, 215-223, 2006.

PÉRES, R. H. B. O. Caminho das Águas: Impactos Ambientais da Drenagem de Águas Pluviais na Bacia do Córrego Liso na Cidade de Uberlândia - MG. Tese (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia. 204 p. 2005.

ROSOLEN, V. et al. Qualidade dos sedimentos no rio Uberabinha (Uberlândia, MG) e implicações ambientais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 39, n. 1, p. 151–159, 1 mar. 2009.

RUBIN, A.J. 1976. Aqueous environmental chemistry of metals. Ann. **Arbor Science Publishers**, 2ª ed .289p.

SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U. Metals in Hydrocycle, **Springer-Verlag**. Berlin, 1984

SALOMONS, W. Sediments in the catchment-coast continuum. **J. Soils & Sediments**, Salomons, W./ Sediments in the catchment-coast continuum-Dedicated to Prof. Dr. Ulrich Forstner on his 65th birthday. In: **Journal of Soils and Sediments**. 2005 ; Vol. 5, No. 1. pp. 2-8

SALOMONS W, BRILS J ;(Ed.). Contaminated sediments in European river basins. Final version, December 29th, 2004. **European Sediment Research Network (SedNet)**. EC contract no.: EVK1- CT- 2001-20002.

SANTOS, A. L. F.; BORGES, L. O. S.; BOAVENTURA, G. R. Indicadores da qualidade dos sedimentos do ribeirão Piancó , Anápolis – Go , e suas implicações ambientais. **Scientia Plena** v. 8, p. 1–10, 2012.

SCHNEIDER, M. O. Bacia do Rio Uberabinha: Uso agrícola do solo e meio ambiente. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. 157p.

SILVA, M.R. Estudo de sedimentos da bacia hidrográfica do moji-guaçu, com ênfase na determinação de metais. Dissertação (Mestrado em Ciências (Química Analítica)) – Instituto de Química de São Carlos Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

STANIN, F.T. (2005). The transport and fate of chromium (VI) in the environment. In: GUERTIN, J., JACOBS, J.A., AVAKIAN, C.P. Cr (VI) **Handbook**. New York: **CRC Press**. Cap. 5. pp. 156-214.

STIGLIANI W.M. 1988. Changes in valued “capacities” of soil and sediments as indicators of non-linear and time-delayed environmental effects. **Environ. Monit. Assess**, 10:245-307.

Ure A.M , Barrow M.L (1982) The elemental constituents of soils. In: **Environmental Chemistry**. Vol 2. Ed. H.J.M Bowen. Pp 94-205. Royal Soc. Chem; London.

U.S – EPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 1998. SW 846 (method 3051): microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. Disponível em: <http://www.caslab.com/EPA-Method-3051/>. Acesso em 22 de novembro de 2017.

VALE, P.N.C; ROSSOLEN, V. Uso do Solo da Bacia do Rio Uberabinha (Uberlândia, MG) e Impactos na Qualidade dos Sedimentos do Rio, 2008 , Disponível em: <https://ssl4799.websiteseuro.com/swge5/seg/cd2008/PDF/IC2008-0488.PDF> Acesso em 12 de dezembro de 2017.

VÖROSMARTY C.J. et al Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. **Glob. Planet Change**. 39:169-190. Abril. 2003.