

Avaliação da ação antropogênica em sedimentos de fundo do córrego Campo Alegre - Goiás

Evaluation of anthropogenic action in sediments of stream Campo Alegre - Goiás



• **Data de entrada:**
11/01/2021



• **Data de aprovação:**
31/05/2022

Jéssica de Sá Guimarães Peixoto¹ | Bruno Rogério de Souza^{2*} | Taís Aragão Ishizawa³ | Luciano Soares da Cunha¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2023.034>

ORCID ID

Peixoto JSG  <https://orcid.org/0000-0001-8879-2900>
Souza BR  <https://orcid.org/0000-0003-0945-3682>

Ishizawa TA  <https://orcid.org/0000-0001-9683-7216>
Cunha LS  <https://orcid.org/0000-0003-3134-7245>

Resumo

O Córrego Campo Alegre encontra-se no estado de Goiás, dentro da bacia hidrográfica do Rio Veríssimo. Este trabalho objetiva analisar a concentração de metais nos sedimentos para identificação das principais fontes dos elementos (antropogênico). A determinação utilizou técnicas de Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Acoplado Indutivamente e a determinação dos minerais por Difração de Raio X. A análise mineralógica e o índice de geo-acumulação distinguiram-se de forma multi-elementar. As características mineralógicas foram apresentadas, por meio das análises no Raio-X, identificando o quartzo como componente principal, a caulinita, goethita, gibsite e rutilo. Os índices de geoacumulação apresentaram valores de 1 a 2 com maior predominância na maioria dos pontos de amostragem, classificando os sedimentos, em sua maioria, de não poluídos a moderadamente poluídos. Apesar de indícios de interferência da agricultura, o Córrego Campo Alegre ainda apresenta um sistema em equilíbrio.

Palavras-chave: Geoquímica. Mineralogia. Geoacumulação. Análise de metais.

Abstract

The Campo Alegre stream is located in the state of Goiás, within the hydrographic basin of the river Veríssimo. This work aims to analyze the concentration of metals in sediments to identify the main sources of the elements (anthropogenic). The determination used techniques of Atomic Emission Spectrometry with Inductively Coupled Plasma and the determination of minerals by X-Ray Diffraction. The mineralogical analysis and the geo-accumulation index were distinguished in a multi-elementary way. The mineralogical characteristics were presented, through X-ray analysis, identifying quartz as the main component, kaolinite, goethite, gibbsite, and rutile. The accumulation indexes showed values from 1 to 2 with a greater predominance in most sampling points, classifying the sediments, in their majority, as unpolluted to moderately polluted. Despite signs of interference from agriculture, Córrego Campo Alegre still has a balanced system.

Keywords: Geochemistry. Mineralogy. Geoaccumulation. Metal analysis.

¹ Universidade de Brasília - Brasília - Distrito Federal - Brasil.

² Instituto Federal de Brasília - Brasília - Distrito Federal - Brasil.

³ Universidade Federal de Goiânia - Goiânia - Goiás - Brasil.

* **Autor correspondente:** brsvzp@hotmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A ocupação do solo por atividades antrópicas, como desenvolvimento agrícola, desmatamento, indústrias e estradas, podem causar consequências para o ambiente aquático. As práticas agrícolas são as que mais preocupam, pois provocam a retirada da mata ciliar, deixando as margens dos rios, córregos e lagos desprotegidas, aumentando o escoamento superficial e permitindo o assoreamento dos cursos de água. Essa atividade torna-se ainda mais preocupante com o aumento da poluição dos mananciais com os seus resíduos, tornando os ambientes aquáticos vulneráveis às contaminações.

As análises de sedimentos são de grande relevância na avaliação desses impactos ambientais, pois fornecem a assinatura geoquímica da área em estudo, caracterizando a evolução do impacto sofrido pelo ecossistema e permitindo, assim, aferir a degradação ambiental e buscar informações consistentes para gestão de áreas impactadas (LIMA, 2008; STRAKHOVENKO et al., 2020). O Brasil apresenta elevados recursos hídricos, e uma assinatura geoquímica na formação dos biomas permite emprego imediato na avaliação qualitativa dos impactos mais relevantes.

Assim, a erosão dos solos afeta as águas com o aporte de sedimentos e, segundo Gomes (2011), qualquer resíduo lançado no corpo hídrico fica retido em suas partículas; dessa forma, passam a atuar como testemunho do que ocorreu na coluna de água. Os materiais dissolvidos da água são transportados pelo sistema aquático e consistem em componentes determinados pelo uso do solo, vegetação e geologia local, o que caracteriza a assinatura geoquímica da região (BRICKER & JONES, 1995; MOURA et al., 2020). Agricultura, pecuária, urbanização e remoção da cobertura vegetal causam alterações na composição nos recursos hídricos e no solo (VAN ANDEL et al., 1997). Essas alterações devem-se às fontes difusas, como o escoamento superficial de áreas

agropastoris, urbanas e áreas degradadas e de fontes pontuais individualizadas como despejo de esgotos urbanos (CARPENTER et al., 1998).

Os sedimentos também podem ser transportados por carga de fundo e suspensão, e sua caracterização é importante para a avaliação geoquímica (SUN et al., 2018). Dessa forma, conforme os sedimentos, partículas e íons são relocados dos sistemas terrestres para ecossistemas aquáticos, possibilita-se a ciclagem geoquímica, ou seja, o balanço geoquímico de sedimentos e nutrientes, para que não haja nem ganhos nem perdas expressivos de nenhum composto, caracterizando uma condição de equilíbrio próxima do ideal no ambiente (MEYBECK, 1994; LUDWIG et al. 1996).

Os sedimentos contaminados podem ser considerados os maiores contribuidores para a deterioração de ecossistemas aquáticos, tornando-se um grande empecilho para preservação dos recursos hídricos (SOARES, 2002). Estes vêm perdendo sua qualidade e quantidade em decorrência, principalmente, de desflorestamento, uso de agrotóxicos e lançamento de esgoto doméstico, ações consequentes do crescimento populacional e econômico (SOARES, 2019). O que se apresenta nesse cenário é que questões ambientais estão ficando de lado, e os estados brasileiros vêm aumentando suas fronteiras agrícolas, portanto deixam de aferir os danos ocasionados ao ambiente de forma geral.

Dentre essa problemática, o Estado de Goiás possui um alto fluxo de emigrantes devido, principalmente, à sua localização estratégica, que interliga os eixos rodoviários e está próxima da capital federal (Brasília) e de sua atividade econômica, com destaque para o setor industrial como consequência da produção e da exploração de matérias-primas e da integração da agroindústria com a agropecuária moderna (IMB, 2017). Uma das principais causas da emigração foi a intensa expansão de suas fronteiras agro-

pecuárias, que refletiu nos recursos hídricos porque a cobertura vegetal exerce uma íntima ligação com a qualidade de água, por desempenhar um papel de proteção e retenção de impurezas (BONNET et al., 2008).

O Estado de Goiás representa também, no cenário nacional, um estado de divisor de águas, uma vez que estão inseridas em seu território três grandes bacias hidrográficas: o Rio São Francisco, o Rio Tocantins e o Rio Paranaíba (MACHADO, 2006). O córrego Campo Alegre, na cidade de Campo Alegre/GO, pertencente à Bacia do rio Veríssimo, sub-bacia do Rio Paranaíba.

A Bacia do Córrego Campo Alegre possui uma população estimada de 6.060 habitantes no último censo 2010, com estimativa para 2019 de 7.589 (IBGE, 2019). A área da unidade territorial é de 2.462,993 km². A composição econômica da região é bastante homogênea, centralizada na produção agrícola de cereais, leguminosas e oleaginosas e pecuária para produção de carne bovina, suína e laticínios (IBGE, 2019).

Estudos realizados por OLIVEIRA et al. (2001), relatam problemas associados à contaminação em bacias hidrográficas no Estado de Goiás em decorrência da forte atividade agropecuária. Como exemplo, ele cita as cidades de Anápolis, Cristalina, Crixás, Cidade de Goiás, Mairipotaba, Catalão, Bela Vista, Caldasinha, entre outros, que sofrem com as condições agravantes, como desmatamentos indiscriminados, compactação e erosão dos solos, utilização de produtos químicos como agrotóxicos e fertilizantes e a retirada das Áreas de Preservação Permanentes (APP). Consequentemente, o córrego Campo Alegre possivelmente sofre, ao longo dos anos, diversos impactos decorrentes da ação antrópica.

Existem poucos estudos relacionados a essa área, que pode ser considerada uma área pioneira no estudo ambiental. Ela é considerada uma área promissora para o desenvolvimento agro-

pecuário, em que contribui com a economia de toda região. Pesquisas de Peixoto et al. (2017) e Oliveira (2001) abordaram a qualidade química dos recursos hídricos do Córrego Campo Alegre, apontando que há evidências de interferência da agricultura no fluxo de água do Córrego Campo Alegre, porém ainda tem um sistema equilibrado.

Diante do exposto, o presente estudo busca, por meio de análises geoquímicas, determinar os valores de *background* e interpretação geológica e avaliar possíveis impactos antropogênicos por sedimento de fundo na Bacia do Córrego Campo Alegre, determinar as possíveis fontes de alteração e diferenciar os impactos relacionados à interferência humana dos processos naturais controlados pela geologia regional e pedologia local.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de Campo Alegre de Goiás se encontra localizado na parte sudeste do Estado de Goiás, inserido na folha SE. 23-V-C-IV (1:50.000 (IBGE, 2013), constituída pelos grupos Ibiá, Araxá, Canastra e a Sequência vulcano-sedimentar do Rio Veríssimo, recoberto por solos vermelhos ricos em laterita (CPRM, 2018).

A região é formada por latossolos, tanto nas áreas sedimentares como nos terrenos cristalinos; são esses lugares os considerados constituídos das melhores condições para atividades agrícolas. Essa região ocupa predominantemente os maciços planaltos de estrutura complexa, dotados de superfícies aplainadas de cimeira; os domínios dos cerrados apresentam cerrados e cerradões nos diferentes tipos de planaltos regionais. As condições climáticas da bacia são marcadas por características do relevo com chapada e chapadões, clima quente e úmido, chuvas de verão, com médias térmicas variando de 19°C a 28°C (CPRM, 2018).

2.2 Amostragem e Coleta

A coleta das amostras de sedimento de fundo foi realizada em 14 pontos de coleta de sedimento, em pontos estratégicos na Bacia do Córrego Campo Alegre, distribuídos ao longo do córrego

de acordo com as unidades geológicas e os diversos tipos de uso do solo durante a estação seca (Agosto de 2013). A Fig. 1 mostra os pontos de coleta na área de estudo, e a Tabela 1, os pontos de amostragem com as coordenadas UTM.

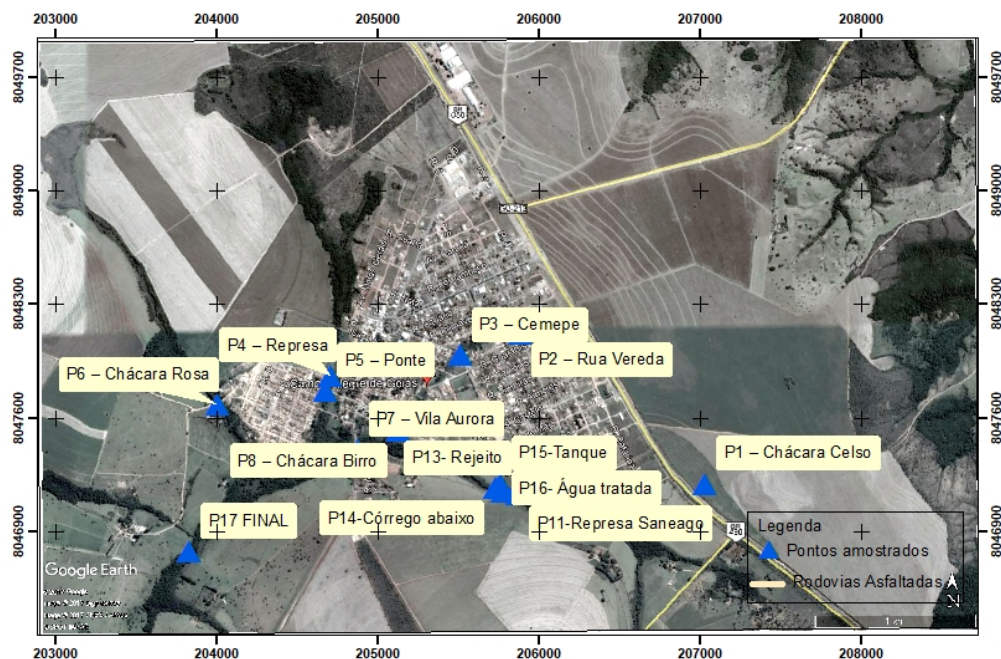


Figura 1 - Localização dos pontos de coleta de Sedimentos de Fundo (Foto dos autores).

Tabela 1 - Pontos de amostragem usados neste trabalho.

Pontos de coleta	Descrição	Coordernadas UTM
P1 - Chácara Celso	Local de área preservada, nascente do córrego Campo Alegre. (Background)	0207015 E / 8046706 S
P2 - Rua Vereda	Próximo a nascente, vegetação, presença de peixes.	0205880 E / 8048120 S
P3 - Cemepe	Área de perímetro urbano, utilizada para consumo de ribeirinhos.	0205511 E / 8047985 S
P4 - Represa	Bairro Céu Azul. Diferentes tributários se juntam.	0204703 E / 8047858 S
P5 - Ponte	Barragem da represa, perímetro urbano, pouca vegetação e área de lazer da população.	0204676 E / 8047765 S
P6 - Chácara Rosa	Próximo ao Lixão, área próxima a agricultura. Provável contaminação	0204004 E / 8047676 S
P7 - Vila Aurora	Perímetro Urbano, área próxima a agricultura, água turva	0204877 E / 8047398 S
P8 - Chácara Birro	Perímetro Urbano, presença de resíduos domésticos, restos mortais de animais.	0205126 E / 8047520 S
P9 - Chácara Garcia	Beira do Córrego. Abaixo da Saneago, área próxima a agricultura.	0205254 E / 8047324 S
P10 - Barragem Saneago	Região localizada dentro da estação de tratamento de água (Saneago) próximo a barragem de água.	0205855 E / 8047143 S
P11 - Represa Saneago	Região localizada dentro da estação de tratamento de água (Saneago) próximo a represa de água.	0205872 E / 8047122 S
P12 - Córrego após Saneago	Córrego que deságua da barragem, percurso comum do córrego.	0205773 E / 8047144 S
P13 - Rejeito	Local de despejo de água utilizada para lavagem do Tanque de tratamento.	0205750 E / 8047161 S
P14 - Córrego abaixo	Córrego após represa Saneago. Ainda se encontra nas instalações da empresa.	0205728 E / 8047166 S

2.3 Análise Mineralógica por Difração de Raio-X

Todas as frações utilizadas para determinação dos metais (<0,063mm) foram submetidas à análise de Difractometria de Raios-X (DRX), que consistiu em três varreduras distintas: uma da amostra total (T) e duas da fração argila, orientada e seca ao ar (N) e com etilenoglicol (G). Na análise de T, as amostras foram pulverizadas e compactadas a seco em lâminas vazadas. Para a obtenção da fração argila, as amostras com água destilada foram submetidas à centrifugação, colocadas em lâminas orientadas para a leitura de N e depois glicoladas passando pelo processo de leitura. As análises de Difractometria de Raios-X foram realizadas em equipamento *Rigaku D-MAXB* com radiação $\text{CuK}\alpha$, velocidade de varredura de $2^\circ/\text{min}$ e intervalo de medida de $0,05^\circ$. O intervalo de varredura foi de 2 a 65° para T e de 2 a 35° para N e G. Na interpretação dos difratogramas e identificação dos minerais utilizou-se o *software* JADE 3.0 Windows e *XRD Pattern Processing for the PC*, 1991-1995 *Materials Data, Inc.*

2.4 Índice de geoacumulação

A avaliação de intensidade de contaminação de cada sedimento foi efetuada por meio da análise de acumulação de metais, que foi associada aos valores de *background* (MULHOLLAND, 2009). Os índices são utilizados para avaliar a qualidade dos sedimentos e baseiam-se na comparação com valores de referência (*background*). A relevância de utilizar índice de qualidade de sedimento consiste em avaliar os inúmeros contaminantes, encontrados em baixas concentrações na água, que se acumulam no leito do corpo hídrico por meio de interações com material particulado e da precipitação por meio de reações químicas.

O índice de geoacumulação (Igeo) utiliza o *background*, como a média da área de estudo, valores de área de controle (nascente do córrego). Esse índice consiste em sete classes distintas que variam de 0 a 6 e estão relacionadas com o grau crescente de contaminação Tabela 2. O

valor mais elevado (6) corresponde a um enriquecimento de aproximadamente 100 vezes em relação ao nível de *background*, que é calculado de acordo com fórmula do Igeo: $\log_2(\text{CN}/1,5\text{CB})$.

Sendo, CN= Concentração do elemento a ser classificado;

CB= Concentração média de *background*;

1,5= é o fator de correção para possíveis variações no *background*;

Tabela 2 - Classes do Índice de geo-acumulação (MULHOLLAND, 2009).

Acumulação	Classe	Igeo
Extrema	6	Igeo > 5
Forte a Extrema	5	4 < Igeo < 5
Forte	4	3 < Igeo < 4
Moderada a Forte	3	2 < Igeo < 3
Moderada	2	1 < Igeo < 2
Ausente a Moderada	1	0 < Igeo < 1
Ausente	0	Igeo < 0

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Mineralogia e Índice de Geoacumulação

A determinação quantitativa dos vários minerais identificados na fração total, argila glicolada e aquecida foi composta por 14 pontos coletados no período seco, dentre os quais foram detectados como principais minerais o quartzo, a illita, a caolinita, a gibsita, a goethita, a hematita e o rutilo. Um difratograma característico da área em estudo é apresentado na Fig. 2.

As análises das amostras de fração total apresentaram como constituinte principal o quartzo com os maiores picos nos difratogramas. O quartzo (SiO_2) possui suas intensidades de picos registradas em $d \approx 3,3$, e foi o mineral encontrado em maior intensidade, pelo fato de a geologia local na Formação Verde do Grupo Ibiá conter bandas quartzosas, 4. Nas análises químicas, os teores de SiO_2 variaram entre 19,5% e 45,6%, podendo estar coligados ao quartzo, mas também a caulinita, a gibsita e a illita, por serem minerais constituídos por silício.

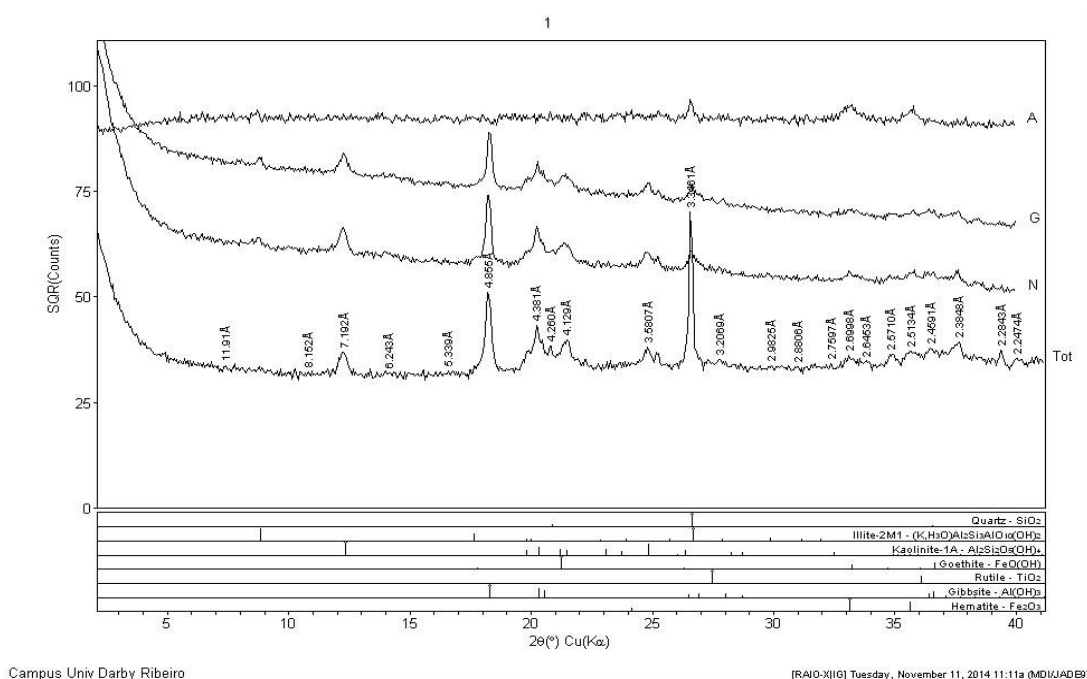


Figura 2 - Difratograma dos minerais mais comuns na área de estudo (Ponto 1) *background*.

Observou-se que as concentrações de silício aumentaram em direção a jusante, retratando um mineral primário de rochas e solos, muito resistente ao intemperismo e associam-se ao transporte dos solos a jusante dos pontos coletados e erosão das margens dos leitos do córrego. A presença desse mineral nas frações mais grossas dos sedimentos de fundo é considerada normal (BERGAYA, 2006).

O quartzo e o rutilo (TiO_2) são minerais considerados resistentes e por isso não interferem na concentração de qualquer íon presente em solução, uma vez que os íons presentes nesses minerais não são solubilizados em solução aquosa (GROTZINGER et al., 2013). A partir do valor *background*, calculou-se o índice de geoacumulação em cada amostra de sedimento para verificar o grau de intensidade de contaminação no qual o córrego Campo Alegre se encontra. A Tabela 3 classifica os pontos amostrados de acordo com o índice de geoacumulação

obtido para cada elemento. O valor de *background* se encontra na Tabela 3, ponto 1 (P1); como se pode notar, apresentou-se isento quanto ao índice de geo-acumulação (IGEO).

Avaliando a Tabela 3 em questão, notou-se um comportamento distinto entre o ponto 10 e os demais pontos estudados. O ponto 10 está localizado próximo à montante da bacia, porém no ponto da barragem da represa de captação de água para abastecimento, que não é utilizada para tratamento, e sim percurso comum do córrego, e apresentou classe 4 (Fortemente poluído) para Sr. Em seguida, os pontos 4, 6, 12 e 13 apresentaram classe 3 (Moderadamente a Fortemente poluído) para Sr e Mn. O Sr é encontrado na forma de carbonato (estroncianita). A similaridade dos raios iônicos do cálcio e estrôncio permite que este substitua o primeiro nas redes iônicas de suas espécies minerais, o que provoca a grande distribuição do estrôncio (WEDEPOHL, 1969; BURGER & LICHTSCHEIDL, 2019).

Tabela 3 - Classificação do Índice de Geo-acumulação.

Pontos	Índice de Geo-acumulação						
	0	1	2	3	4	5	6
P1	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Sr, Ba, Y, La, V, Cr, Mo, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, P, Pb						
P2	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MgO, TiO ₂ , K ₂ O, Ba, La, Y, V, Cr, Mo, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, P, Pb	CaO, Na ₂ O, Sr,					
P3	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Y, La, V, Cr, Mo, Co, Ni, Cd, P, Pb	SiO ₂ , MgO, Cu, Zn,	Sr, Ba, Mn,				
P4	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , Y, La, V, Cr, Mo, Cd, Pb	SiO ₂ , CaO, Na ₂ O, MgO, K ₂ O, Co, Ni, Zn, P,	Ba, Mn, Cu,	Sr			
P5	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, TiO ₂ , Na ₂ O, Sr, La, Y, V, Cr, Mo, Co, Ni, Cu, Cd, Pb	SiO ₂ , K ₂ O Zn, P,					
P6	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, Sr, Y, La, V, Cr, Mo, Cd, P, Pb	SiO ₂ , MgO, K ₂ O, Ni, Zn,	Ba, Co, Cu,	Mn			
P7	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Sr, V, Cr, Mo, Ni, Cd, Pb	SiO ₂ , Ba, Y, La, Co, Cu, Zn, P,	Mn,				
P8	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , K ₂ O, Y, La, V, Cr, Mo, Co, Ni, Cd, P, Pb	SiO ₂ , MgO, Na ₂ O, Sr, Ba, Cu, Zn,	CaO, Mn,				
P9	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, V, Cr, Mo, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, P, Pb	SiO ₂ , Sr, Ba, Y, La,					
P10	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, V, Cr, Mo, Cu, Cd, P, Pb	Ba, Y, La, Mn, Co, Zn,			Sr		
P11	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MgO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Sr, V, Cr, Mo, Mn, Co, Ni, Cd,	SiO ₂ , CaO, Ba, Cu, Zn, P, Pb	Y, La,				
P12	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, MgO, TiO ₂ , Na ₂ O, V, Cr, Mo, Ni, Cd, Pb	K ₂ O, Sr, Ba, Y, La, Co, Cu, Zn, P,			Mn		
P13	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , Y, La, V, Cr, Mo, Co, Ni, Cd, Pb	SiO ₂ , CaO, MgO, Na ₂ O, K ₂ O, Ba, Cu, Zn, P,	Mn	Sr			
P14	Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MgO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Y, La, V, Cr, Mo, Co, Ni, Pb	SiO ₂ , CaO, Cu, Ba, Mn, Zn, P,	Sr				

Correlacionando os dados de mineralogia e índice de geoacumulação, notou-se que a partir da Fig. 2 e dos dados de P1 na Tabela 1 e 3, esse ponto de coleta foi selecionado por ser uma área de nascente, propícia para ser determinada como área de *background*. Os valores de referência geoquímica para as amostras de sedimento da bacia do córrego Campo Alegre foram determinados de acordo com a formulação dos índices de geoacumulação e dos valores de *background* estabelecidos neste estudo Tabela 3. Durante a coleta foi definido como ponto 1, situado na nascente do Córrego Campo Alegre onde apresenta vegetação preservada, água de nascente e as principais unidades geológicas (Grupo Ibiá e coberturas detrito-lateríticas ferruginosas) com atividades antrópicas inexistentes ou de pequena quantidade.

Com os resultados obtidos é possível evidenciar que dados corroboram, como: SiO₂ proveniente

do quartzo, Al₂O₃ (Kaolinita e Ilita), Fe₂O₃ (Goethita e Hematita), TiO₂ (Rutilo), entre outros. Isso traz evidência, por ser uma área em que ainda existe preservação ambiental (ponto 1 - P1), sendo considerada ponto de referência comparada com o todo, pois a região tem sua economia voltada para produção de grãos e criação de animais, sendo importante um monitoramento da água que abastece a população.

Os pontos 3, 4, 6, 7, 8, 11, 13 e 14 estão na classe 2 (moderadamente poluído), representada pelo Sr (estrôncio), Ba (bário), Mn (mangânese), Co (cobalto), Cu (cobre). Embora agrupados, sugerem que estejam associados a duas fontes distintas. Os elementos cobalto (Co) e cobre (Cu) ligam-se, principalmente, à matéria orgânica, podendo estar associados a fontes antrópicas, pois nos pontos 3 e 8 existe grande índice de resíduos domésticos. O Cu pode ainda estar presente em

veneno agrícola, algicida e o cobalto, junto com o Mo em fertilizantes importantes na fixação do nitrogênio por meio do *Bradyrhizobium* (SFREDO et al., 2010).

O Ba tem como principais fontes antrópicas a fabricação de papel (que usa o bário como pigmento branco), lâmpadas fluorescentes e tintas, e na área de estudo não contém nenhuma fábrica com essas caracterizações, podendo assim estar relacionado com origem geogênica, que pode ser encontrado em quantidades-traços de rochas sedimentares (BRIDGESTOCK et al., 2018), ligado ao manganês, pois segundo HEM (1985) a concentração de bário (Ba) em águas naturais pode ser influenciada pela adsorção de óxidos e hidróxidos, principalmente manganês (Mn). Outro fato é que o estrôncio (Sr) é um elemento presente nos feldspatos e seu comportamento reflete as tendências observadas no bário.

Percebe-se que, para esse córrego, a maioria dos metais analisados foi enquadrada na classe 1 (não poluído a moderadamente poluído), o que é explicado pela presença de mata ciliar, que minimiza a influência antrópica nessa área. A referência geoquímica para os sedimentos do Córrego Campo Alegre por faixa de concentração, de acordo a formulação de índices de geoacumulação e valores de *background* (P1 na tabela 1 e 3), pode-se perceber pela Tabela 1 que a área escolhida obteve-se êxito por ser área da nascente do córrego Campo Alegre e não apresenta índice de geoacumulação como pode ser evidenciado na Tabela 3; esses são valores de referência definidos para o Córrego Campo, mas poderão ser aplicados em outros corpos hídricos da região que possuem geologia equivalente.

A definição de valores de *background* geoquímico é uma estratégia para quantificar e qualificar o impacto das atividades antropogênicas sobre os recursos naturais (SIMÃO et al., 2019). Dessa forma, esse estudo geoquímico do córrego Campo

Alegre é inédito e servirá de subsídio para trabalhos futuros.

No presente estudo foi possível realizar investigações das possíveis interferências antrópicas na qualidade dos sedimentos de fundo da bacia a partir da análise comparativa dos resultados com o valor de *background* regional e as aplicações dos indicadores de qualidade de sedimentos, e mostraram-se coerentes entre si. Verificou-se a distribuição espacial de Sr, Ba, Mn, Co, Cu nos sedimentos de fundos na Bacia Hidrográfica do Córrego Campo Alegre.

Os resultados obtidos pelos IGEO demonstraram que, de forma geral, existem interferências de origem antrópica, principalmente em pontos específicos (P4, P6, P7, P10, P12 e P13), onde havia, próximo da área de coleta, despejo de efluentes domésticos e resíduos das atividades agropecuárias presentes na região.

Os índices de geoacumulação apresentaram valores em sua maioria baixos, e classificam-se os sedimentos da região, em sua maioria, como não poluídos a moderadamente poluídos. Foram estabelecidos valores de referência com o intuito de acompanhar as transformações ocorridas no interior desta bacia.

4 CONCLUSÕES

A avaliação dos parâmetros químicos do sedimento do Córrego Campo Alegre possibilitou examinar as interferências naturais e antrópicas e correlacioná-las com as possíveis fontes contaminantes que existem na área de estudo. Evidenciou-se nos resultados que as interferências existentes foram oriundas possivelmente de usos domésticos, principalmente em pontos em que o córrego passa dentro do perímetro urbano e oriundo de utilização de fertilizantes na agricultura.

As características mineralógicas foram apresentadas, após análises no raio-X, identificando o quartzo como componente principal e a caulinita, goethita, gibsitita, rutilo, componentes secundários encontrados em todos os pontos amostrados. Com a determinação dos elementos, foi possível confirmar os elementos constituintes de cada mineral, observando que a capacidade de troca dos minerais dessa área é baixa, e com a análise química, que apesar da pouca retenção de metais pelo sedimento pode afetar a qualidade do córrego.

A análise mineralógica e o índice de geo-acumulação permitiram distinguir, de forma multi-elementar, as diferentes influências ocasionadas pelos depósitos minerais no acúmulo de metais nos sedimentos do córrego, e apresentou alguns indícios de atividade antropogênica, proveniente em geral de despejos domésticos e atividades agropecuárias, porém dentro da normalidade, mas merece monitoramento para evitar danos irreversíveis à população e à cadeia alimentar. Além disso, foi possível determinar o ponto P1 como propício para área de *background*. Apesar de indícios de interferência da agricultura, o Córrego Campo Alegre ainda apresenta um sistema em equilíbrio.

5 AGRADECIMENTOS:

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. À UnB pelo suporte na pesquisa e ao Instituto de Geociências pelo aprimoramento de conhecimentos.

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

7 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. G. **Elementos-traço A, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn em latossolos e plantas de milho após treze aplicações anuais de lodo de esgoto**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, 2011.
- BERGAYA, F.; THENG, B.C.G.; LAGALY, G. Handbook of clay science. In: General introduction: Clay, clays minerals and clay science. **Amsterdam: Elsevier**. Cap. 1. p. 1-18, 2006. [https://doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01001-9](https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01001-9)
- BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants: developments, visual and analytical diagnosis**. New York: Gustv Fischer Verlag Jena, 1992. 741p; ISBN-13: 978-1560813576
- BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C. Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás uma análise à escala da bacia hidrográfica. **Revista Árvore**, v.32, n.2, p.311-322, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000200014>
- BRICKER, O.P.; JONES, B.F. **Main factors affecting the composition of natural waters.Trace elements in Natural Waters**; Eds Salbu B. & Steinnes E, p. 1-20, 1995.
- BRIDGESTOCK, L., HSIEH, Y. TE, PORCELLI, D., HOMOKY, W.B., BRYAN, A., HENDERSON, G.M. Controls on the barium isotope compositions of marine sediments. **Earth Planet. Sci. Lett.** 481, 101-110, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.10.019>
- BURGER, A., LICHTSCHEIDL, I. Strontium in the environment: Review about reactions of plants towards stable and radioactive strontium isotopes. **Sci. Total Environ.** 653, 1458-1512, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.312>
- CARPENTER, S.R.; CARACO, N.F.; CORREL, D.L.; HOWARTH, R.W.; SHARPLEY, A.N.; SMITH, V.H. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. **Ecological applications**, v. 8, n. 3, p. 559-568, 1998. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[0559:NPOSWW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[0559:NPOSWW]2.0.CO;2)
- CETESB- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2007. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>>. Acessado em: 10out2013.
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/geolgoias/geolgoiasmpgeolgoe.pdf>>. Acessado em: 02jul2018.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n. 357 de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.
- FARIA, M. M.; SANCHEZ, B. A. Geoquímica e mineralogia dos sedimentos recentes da Baía de Guanabara (NE setor) e seus principais rios- Rio de Janeiro - Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.73, Rio de Janeiro, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652001000100010>.
- FELLENBERG, G.; FROELICH, C. G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. EPU, 216 p,2003.

- HEM, J. D. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. **U.S. Geological Survey Water-Supply Paper**, 2254, 263, 1985.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Campo Alegre de Goiás**. Cidades. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/campo-alegre-de-goias/pesquisa/24/76693>>. Acessado em: 20out2019.
- IMB - INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Goiás em Dados 2011/Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento; Superintendência de Estatísticas. **Pesquisa e Informações Socioeconômicas-Goiânia: SEGPLAN**, 106p., 2011.
- LIMA, E. A. M. **Avaliação da qualidade dos sedimentos e prognóstico geoquímico ambiental da zona estuarina do rio Botafogo**. Tese (Doutorado em Geociências) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2008. 205p.
- LUDWIG, W.; PROBST, J. L.; KEMPE, S. Predicting the oceanic input of organic carbon by continental erosion. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 10, n. 1, p. 23-41, 1996. <https://doi.org/10.1029/95GB02925>.
- MACHADO, L.E.G.; NUNES, E. D.; ROMÃO, P, A. Análise da influência da topografia na variação sazonal de fitofisionomias na bacia do Rio Veríssimo-GO. In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, v.14, p. 2817-2822, 2009. **Anais...**
- MATOS, P.F; PESSÔA, L. S.; O agronegócio no cerrado do sudeste goiano: uma leitura sobre Campo Alegre de Goiás, Catalão e Ipameri. **Sociedade & natureza**, v. 24, n. 1, p. 37-49, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000100004>
- MEYBECK, M. 1994. Origin and variable composition of present day riverborne material. **Material Fluxes on the Surface of the Earth**, p. 61-73, 1994.
- MORUZZI, R. B. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial - Uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 29-43, 2012.
- MOURA, D.S., LIMA NETO, I.E., CLEMENTE, A., OLIVEIRA, S., PESTANA, C.J., APARECIDA DE MELO, M., CAPELO-NETO, J. Modeling phosphorus exchange between bottom sediment and water in tropical semiarid reservoirs. **Chemosphere** 246, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125686>
- MULHOLLAND, D., S. **Geoquímica aplicada a avaliação da qualidade de sistemas aquáticos da Bacia do rio Paracatu (MG)**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Brasília, 2009.
- NASCIMENTO, L. P.; REIS, D. A.; ROESER, H. M. P.; SANTIAGO, A. F. Geochemical assessment of metals in fluvial systems affected by anthropogenic activities in the Iron Quadrangle. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 767-778, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018165852>
- OLIVEIRA, H. A.; GUIMARÃES, J. F, XAVIER, S. C.O.; TIMÓTEO, A. **A poluição química do Córrego Campo Alegre de Goiás**. Monografia (Curso de Geografia) - Universidade Estadual de Goiás. Pires do Rio, 2001.
- PEIXOTO, J. S. G.; CUNHA, L. S., REGO, E.L.; ARAÚJO, D. F. Avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Campo Alegre-Goiás. **Geochimica Brasiliensis**, v. 31, n. 1, p. 1-10, 2017. <https://doi.org/10.21715/GB2358-2812.2017301001>
- GROTZINGER, J.; JORDAN, T. **Para Entender a Terra-6**. Bookman Editora, 2013.
- McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1994. 406p.
- REIJONEN, I., HARTIKAINEN, H. Oxidation mechanisms and chemical bioavailability of chromium in agricultural soil – pH as the master variable. **Appl. Geochemistry** 74, 84-93, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2016.08.017>
- RESENDE, A.V. **Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato**. Empresa Cerrados - Documentos (INFOTECA-E), n.57, 29p, 2002.
- SEPLAN, Goiás em Dados 2011/ Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento; Superintendência de Estatísticas. **Pesquisa e Informações Socioeconômicas - Goiânia**, 2011.
- SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. **Soja Molibdênio e Cobalto**. Embrapa Soja – Documentos (INFOTECA-E), 2010.
- SIMÃO, G.; PEREIRA, J. L.; ALEXANDRE, N. Z.; GALATTO, S. L.; VIERO, A.P. Estabelecimento de valores de background geoquímico de parâmetros relacionados a contaminação por carvão. **Águas Subterrâneas**, v. 33, n. 2, p. 109-118, 2019. <https://doi.org/10.14295/ras.v33i2.29207>
- SINGH, KUNWAR P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)-a case study. **Water research**, v. 38, n. 18, p. 3980-3992, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.06.011>
- SILVA, A. M.; ALVES, S. M. Análises dos registros de intoxicação por agrotóxicos em Goiás, no período de 2001 a 2004. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4., n.2, 2007. <https://doi.org/10.5216/ref.v4i2.3055>
- SOARES, M. C.C.; MIZUSAKI, A. P.; GUERRA, T.; VIGNOL, M. L.; **Análise Geoquímica dos Sedimentos de Fundo do Arroio do Salso, Porto Alegre-RS-Brasil**. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2002. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.19565>
- SOARES, C. C. 2019. **Caracterização geoquímica de sedimentos da bacia do Rio Caatinga**. Monografia (Departamento de

Geologia) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 219. 101 p.

SHUQAIR, S. M. S. **Estudo da contaminação do solo e água subterrânea por elementos tóxicos originados dos rejeitos das minas de carvão de figueira no estado do Paraná.** Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, Ipen, São Paulo, 2002.

STRAKHOVENKO, V., SUBETTO, D., OVDINA, E., DANILENKO, I., BELKINA, N., EFREMENKO, N., MASLOV, A. Mineralogical and geochemical composition of Late Holocene bottom sediments of Lake Onego. **J. Great Lakes Res.**, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.02.007>

SUN, X., FAN, D., LIU, M., TIAN, Y., PANG, Y., LIAO, H. Source identification, geochemical normalization and influence factors of heavy metals in Yangtze River Estuary sediment.

Environ. Pollut. 241, 938–949, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.050>

TENUS, R. Z. **Caracterização Limnológica de afluentes da Bacia do Alto Rio Uruguai-SC.** Dissertação (Mestrado em Biologia Geral) – Ciências Ambientais, Unochapecó. Chapecó, 2007.

VAN ANDEL, T.H.; ZAGGER, E.E.; DEMITRACK, A. Land use and soil erosion in prehistoric and historical Greece. **Journal of field archaeology**, v.17, n.4, p 379–396, 1990.

WEDEPOHL, K. H. **Handbook of Geochemistry.** Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 1,248, 1969.

WILLIAMS, J.A., ANTOINE, J. Evaluation of the elemental pollution status of Jamaican surface sediments using enrichment factor, geoaccumulation index, ecological risk and potential ecological risk index. **Mar. Pollut. Bull.** 157, 111288, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111288>