



ESTUDO DOS SEDIMENTOS DA CORRENTE EM DRENAGENS INSERIDAS NA ÁREA RURAL E NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE FORMOSA-GO

Sandro Morais Pimenta^{1,2}

Geraldo Resende Boaventura²

Tiago Godoi Ribeiro^{1,2}

Alfredo Palau Peña³

RESUMO

As análises de sedimentos de corrente envolvem o estudo da distribuição, migração e reações químicas dos elementos nos recursos hídricos. Essas análises geram informações acerca das alterações de ordem natural ou antrópica e podem ser associadas às análises físico-químicas de qualidade da água. Este trabalho teve por objetivo o estudo dos sedimentos de corrente e a observação dos resultados entre os córregos Bandeirinha, situado na área rural, e o córrego Josefa Gomes, inserido no núcleo urbano do município de Formosa-GO. Foram determinados 12 pontos de amostragem de sedimentos, aplicando os seguintes métodos: fracionamento granulométrico, aferição dos sólidos voláteis, determinação de elementos maiores e traços e análise por Difractometria de Raios-X para determinação da composição mineral. Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Geoquímica da UnB, no Laboratório de Raios-X do Instituto de Geociências da UnB, no Laboratório de Geotecnia do Instituto Federal de Goiás – IFG, e no Laboratório da Campo Ltda. logo após a recepção das amostras. Constatou-se a influência da geologia nas avaliações das condições geoquímicas dos sedimentos de corrente no córrego Bandeirinha e a evidente influência antrópica do núcleo urbano nos sedimentos do córrego Josefa Gomes. Os resultados podem ser associados às análises físico-químicas e avaliações por bioindicadores de qualidade de água, que auxiliam na identificação das alterações derivadas das atividades antrópicas, ou de origem natural no ambiente rural e urbano, e suas consequências a médio e longo prazo, além de contribuir com a geração de dados e caracterização geoquímica da região.

Palavras-chave: Elementos Maiores e Traços; Sedimentos; Recursos Hídricos.

¹ Instituto Federal de Goiás – IFG, GO, Brasil: E-mail para correspondência: moraiseecologia@gmail.com

² PPG em Geociências Aplicadas, Universidade de Brasília – UnB, DF, Brasil.

³ Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-Goiás, GO, Brasil.

ABSTRACT

Study of sediments in current drains entered in rural and urban area in Formosa-GO municipality. The stream sediments analysis involves the study of the distribution, migration and chemical reactions of the elements on water resources. These analyzes generate information about changes of natural and anthropic order and can be attached to physical-chemical analysis of water quality. This study aimed to the study of stream sediments and observation of the results between Bandeirinha streams located in a rural area and the stream Josefa Gomes, inserted in the urban core of the city of Formosa GO. Were determined 12 sampling points in sediments, applying the following methods: grain size fractions, measurement of volatile solids, determination of major and trace elements and analysis by diffraction of X-rays to determine the mineral composition. All procedures were performed in Geochemistry Laboratory at UNB in the X-ray Laboratory of Geosciences Institute at UNB in the Geotechnical Laboratory of the Federal Institute of Goiás - IFG, and Campo Laboratory Ltd, on receipt of the samples. It was found the influence of geology in the evaluation of geochemical conditions of stream sediments in the stream Bandeirinha and the evident anthropogenic influence the urban core in stream sediments Josefa Gomes. The results can be linked to physical-chemical analysis and evaluation by bioindicators of water quality, and help identify the changes derived from human activities or natural origin in rural and urban environment, and the consequences in the medium and long term, and contribute to the generation of data and geochemical characterization of the region.

Keywords: Elements Largest and Traces; Sediments; Water Resources.

INTRODUÇÃO

Os sedimentos de corrente são materiais não consolidados provenientes do intemperismo, dissolução das rochas, processos erosivos do solo e contribuições antrópicas, que refletem as alterações ambientais de ordem naturais e/ou antrópica ocorridas em um recurso hídrico.

Carmo *et al.* (2005) destacaram que a distribuição de elementos químicos depende não somente das suas concentrações, mas também das reações físico-químicas nos ambientes, diretamente influenciadas por condições morfoclimáticas, intemperismo natural, geologia regional e ações antrópicas.

As amostras de sedimentos informam possíveis anomalias à montante do local da coleta, pois representam a integração de todos os processos que ocorrem no ecossistema aquático, e auxiliam para elucidar a poluição ambiental atribuída aos metais ou substâncias orgânicas (Boaventura e Moreira, 2003).

Maia *et al.* (2005) realizaram o estudo mineralógico dos sedimentos de fundo no lago Paranoá, em Brasília, utilizando técnicas de difratometria de raios X. Os autores constataram que muitas informações sobre a geologia e a composição química de uma bacia de drenagem são registradas nos sedimentos de corrente.

Mulholland *et al.* (2012) utilizaram a determinação geoquímica para identificação e separação das influências de ordem antrópica ou geológica na composição dos sedimentos de corrente. Os autores identificaram os depósitos minerais e atividades de mineração como fontes de metais no sedimento. Para determinar a distribuição e o acúmulo, aplicaram técnicas de difratometria de raios-X associadas à análise das amostras com a utilização da Espectrofotometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/OES) e Espectrofotometria de Absorção Atômica (AAS).

Tanto em amostras de sedimento quanto em amostras de água é possível identificar a presença de metais de origem natural ou antrópica. Conforme Santos *et al.* (2012), diversos estudos em drenagens superficiais indicam, como possível fonte dos elementos Cu, Fe, Ni, Al, Cr, Mn, Zn e Cd, o uso e ocupação do solo, seja em área urbana ou rural. Em áreas urbanas a utilização de combustíveis, lubrificantes, produtos de limpeza, atividades industriais e outras são fontes antrópicas destes elementos. Nas áreas rurais os insumos utilizados nas atividades agropastoris auxiliam no aumento da produtividade em relação à área cultivada, contudo, geram impactos ambientais no solo e nas drenagens superficiais, além da possibilidade de intoxicação das comunidades próximas por meio da ingestão progressiva destes produtos.

Carmo *et al.* (2003) aplicaram técnicas de ICP/OES e AAS, análise granulométrica e determinação do material volátil para identificar alterações geoquímicas nos sedimentos de corrente do rio Descoberto, no DF, e demonstraram os efeitos de atividades antrópicas na região e a contribuição no processo de alteração geoquímica das águas na Bacia do Rio Descoberto.

O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo dos sedimentos de corrente e analisar os resultados do córrego Bandeirinha, situado em ambiente predominantemente rural, e do córrego Josefa Gomes, inserido no núcleo urbano do município de Formosa-GO. Assim como outros municípios do entorno de Brasília, a forma e a velocidade do processo de ocupação urbana em Formosa, impulsionado pela construção de Brasília, refletiram-se fortemente sobre os recursos naturais e o meio social.

A avaliação das condições geoquímicas dos sedimentos de corrente, nas duas drenagens, contribuirá com a geração de dados e caracterização geoquímica regional e auxiliará na determinação das possíveis contaminações provenientes das atividades antrópicas no ambiente rural e urbano do município de Formosa, inferindo sobre suas consequências em médio e longo prazos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

As áreas selecionadas para o desenvolvimento da pesquisa foram os córregos Bandeirinha e Josefa Gomes, localizados no município de Formosa-GO. A escolha das duas drenagens para o desenvolvimento do estudo deu-se por possuírem características distintas, porém localizadas na mesma região. O município está localizado na microrregião do entorno de Brasília, cerca de 70 km da capital federal (Figura 1), e possui uma população de 100.085 habitantes (IBGE, 2010). A agropecuária é atividade estruturante na economia de Formosa, principalmente a pecuária de corte e leite.

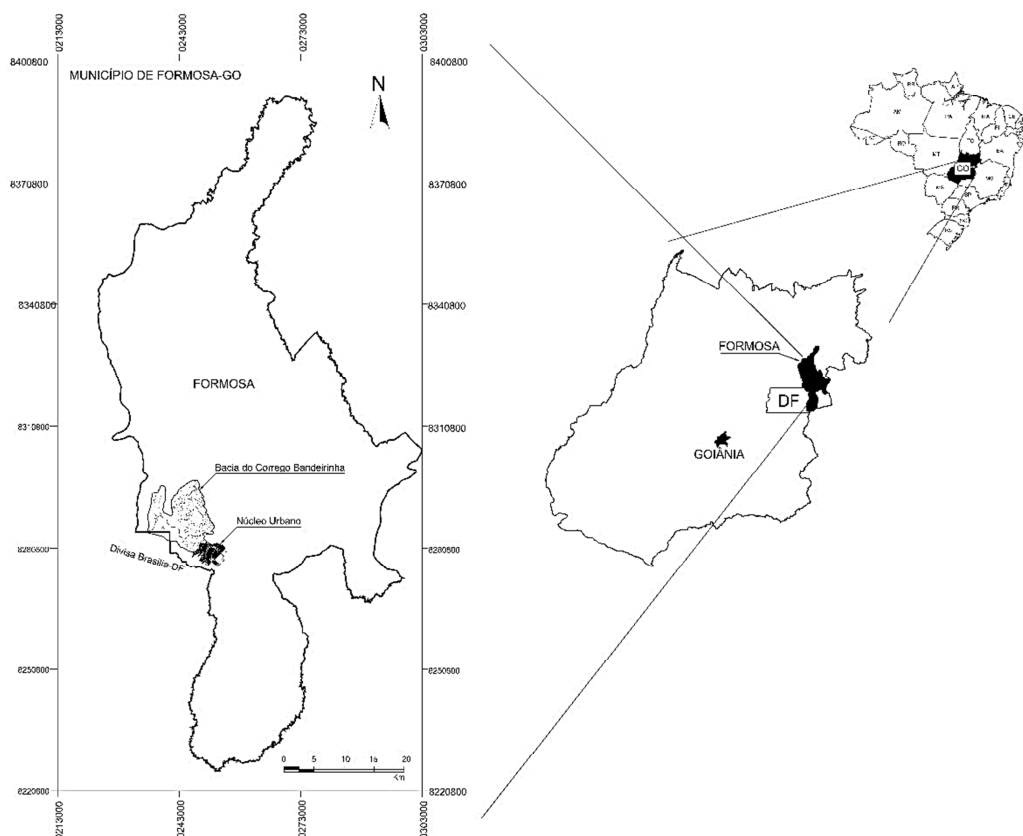


Figura 1. Localização do município de Formosa-GO (Fonte: IBGE 2010, Imagens CBERS 2-INPE, 2011).

A região do município de Formosa possui clima segundo a classificação de Koeppen: Aw, definido por uma época seca, que corresponde ao outono e inverno nos meses de maio a setembro, e a outra úmida com chuvas torrenciais, correspondendo ao período de primavera e verão nos meses de outubro a abril. O período de seca apresenta estabilidade climática e reduzida precipitação. A distribuição pluviométrica segue o padrão típico da região Centro-Oeste do Brasil no domínio

morfoclimático dos Cerrados, com precipitação média anual de 1.485 mm e temperatura média anual em torno de 21,5°C.

Na carta geológica do Serviço Geológico do Brasil, folha SD 23 Brasília, elaborada por Souza *et al.* (2004), na região do município de Formosa, há ocorrência de rochas do Proterozoico, representado pelo Grupo Paranoá, de idade Mesoproterozoica e Grupo Bambuí, Subgrupo Paraopeba de idade Neoproterozoica, coberturas Detrito-Lateríticas do Terciário-Quaternário e Aluviões recentes nas margens dos cursos de água.

Conforme Guimarães (1997), na região de Formosa-Bezerra-Cabeceiras, o Grupo Paranoá é exposto no centro de grandes anticlinais inversos de flancos falhados, podendo estar recoberto pelos diamictitos glaciais da Formação Jequitaiá ou diretamente pelos carbonatos do Grupo Bambuí.

Por meio de estudos sedimentológicos, petrográficos e químicos das rochas dos grupos Paranoá e Bambuí, Guimarães (1997) aponta que as rochas de ambas as unidades se originaram em contextos tectônicos distintos e que os sedimentos são provenientes de rochas-fontes diferentes. As rochas do Grupo Paranoá são arenitos e pelitos formadas por sedimentos cratônicos, depositadas lentamente sobre uma bacia tectonicamente estável. As rochas terrígenas do Grupo Bambuí são mineralógica e texturalmente imaturas, tendo os sedimentos se acumulado em uma bacia sobre influência de processos colisionais.

O Grupo Paranoá é formado pelo empilhamento de quartzitos e pelitos, com participação menor de arcóseos, quartzitos glauconíticos e carbonatos, enquanto as rochas terrígenas do Grupo Bambuí são ricas em micas detríticas e argilominerais. Micas (muscovita e biotita) são alteradas diageneticamente para cloritas e ilitas ou têm composição fengítica. A composição e textura de cloritas ferrosas indicam substituição de minerais máficos ou representam o produto da evolução diagenética de esmectitas trioctaédricas (Guimarães, 1997).

De acordo com a carta geológica do Serviço Geológico Nacional, elaborada por Souza *et al.* (2004), a região do córrego Bandeirinha no alto da sua bacia, correspondendo a áreas das nascentes (elevação de 1095 m), está situada em rochas do grupo Paranoá, nas regiões média e baixa da bacia sentindo do deságue no rio Paranã (elevação de 612 m), onde predominam as rochas do grupo Bambuí. Enquanto isso, o córrego Josefa Gomes está completamente inserido em rochas do grupo Paranoá, da nascente ao deságue, na Lagoa Feia.

Fundamentado no mapeamento geomorfológico da Folha SD 23 Brasília, elaborado por Mauro *et al.* (1982), a área de estudo se insere nos domínios dos Planaltos em Estruturas Sedimentares Concordantes. Esse domínio compreende a unidade geomorfológica Chapadas do Distrito Federal, integrante da região geomorfológica Planalto Goiás-Minas.

Chaves *et al.* (2014) destacam que a Região dos Planaltos de Goiás-Minas é formada pelas Chapadas do Distrito Federal e caracteriza-se por modelados constituídos principalmente por uma

superfície de aplainamento degradada e retocada pela dissecação incipiente, produzida pelos Rios São Bartolomeu e Preto. A sudeste da cidade de Formosa, os topos tabulares do planalto são mantidos por couraças ferruginosas constituídas por fragmentos de rocha. No município, é evidente a presença dos sistemas cársticos em rochas do Grupo Bambuí.

Faria (1995) descreveu que a Cobertura Detrito-Laterítica, presente na região, corresponde a uma superfície desenvolvida a partir de um processo de aplainamento e laterização de toda uma região que engloba o centro-oeste brasileiro. São caracterizadas por latossolos vermelhos amarronzados, estrutura indefinida e textura areno-argilosa. Os aluviões são caracterizados por sedimentos inconsolidados, predominantemente arenosos, representados por areias, com níveis de cascalhos e lentes de material silto-argiloso.

O córrego Bandeirinha é o manancial utilizado pelo sistema de abastecimento de água do município e está inserido em área predominantemente rural, com percurso de aproximadamente 42 km, direção Norte, deságua no rio Paranã e pertence à bacia do rio Tocantins. O córrego Josefa Gomes está completamente inserido em ambiente urbano, tem percurso de 7,5 km em direção sudoeste. Sua nascente localiza-se no Parque Municipal Mata da Bica, e parte do percurso é retificado em 1,5 km. Após a retificação, o córrego Josefa Gomes percorre aproximadamente 6 km e deságua na Lagoa Feia. Em seguida à Lagoa Feia, o córrego é denominado de rio Preto, percorrendo os estados de Goiás, Distrito Federal e Minas, pertencendo à bacia do rio São Francisco.

Amostragem

Para a realização do estudo foram determinados oito pontos especializados/específicos no córrego Bandeirinha, e quatro pontos no córrego Josefa Gomes (Figura 2). A seleção dos pontos de amostragem deu-se considerando as atividades antrópicas ao longo da drenagem e a incidência de tributários. A amostragem ocorreu no primeiro semestre de 2013.

Os oito pontos de amostragem no córrego Bandeirinha e os quatro pontos de amostragem no córrego Josefa Gomes seguem da nascente até o deságue das drenagens. O quadro1 apresenta a localização e as considerações sobre o uso do solo no entorno dos pontos.

Quadro1. Localização e descrição do uso do solo nos pontos de amostragem.

Pontos Córrego Bandeirinha			
PB	Coordenadas UTM	Elevação (m)	Uso e Ocupação
PB1	236493 - 8285621	1076,79	Cerca de 300 metros da nascente, presença de fazendas com atividades agropastoris.
PB2	238214 - 8290682	1039,06	Tributário do córrego Bandeirinha, córrego Cachoeira Alta, presença de pequena fazenda com produção de hortaliças.
PB3	239970 - 8287121	999,64	Fazenda Asa Branca, área utilizada para a pecuária extensiva, margens protegidas.
PB4	242870 - 8284033	982,34	Área de captação de água, utilizada para o abastecimento do município de Formosa.
PB5	248426 - 8284776	800,89	A jusante do núcleo urbano do município, próximos a rodovia GO 116.
PB6	248773 - 8287121	708,86	A jusante do núcleo urbano do município, presença de atividades agropastoris.
PB7	246708 - 8291243	661,98	Localizado após o deságue do córrego Jenipapo, tributário do Bandeirinha, margens preservadas.
PB8	246891 - 8297253	605,75	Localizado, próximo ao exutório da bacia do Bandeirinha no Rio Paranã, margens protegidas com vegetação densa e área de proteção permanente.
Pontos Córrego Josefa Gomes			
PJ	Coordenadas UTM	Elevação (m)	Uso e Ocupação
PJ1	249564 - 8278950	926,80	Nascente dentro do parque municipal Mata da Bica.
PJ2	250132 - 8280902	902,15	Após o trecho de 1,5 km retificado, margens apresentam processo de assoreamento, resíduos sólidos, odor características de efluente doméstico, além do lançamento de drenagem pluvial.
PJ3	251728 - 8281177	888,10	Próximo ao conjunto de casa unifamiliares, recém-construídas margens com a presença de resíduos sólidos.
PJ4	252937 - 8280043	879,90	Área com grande adensamento populacional, cerca de 10 metros das residências, apresenta resíduos sólidos, processo de assoreamento nas margens, odor de efluente doméstico. Dista cerca de 800 metros do deságue na Lagoa Feia.

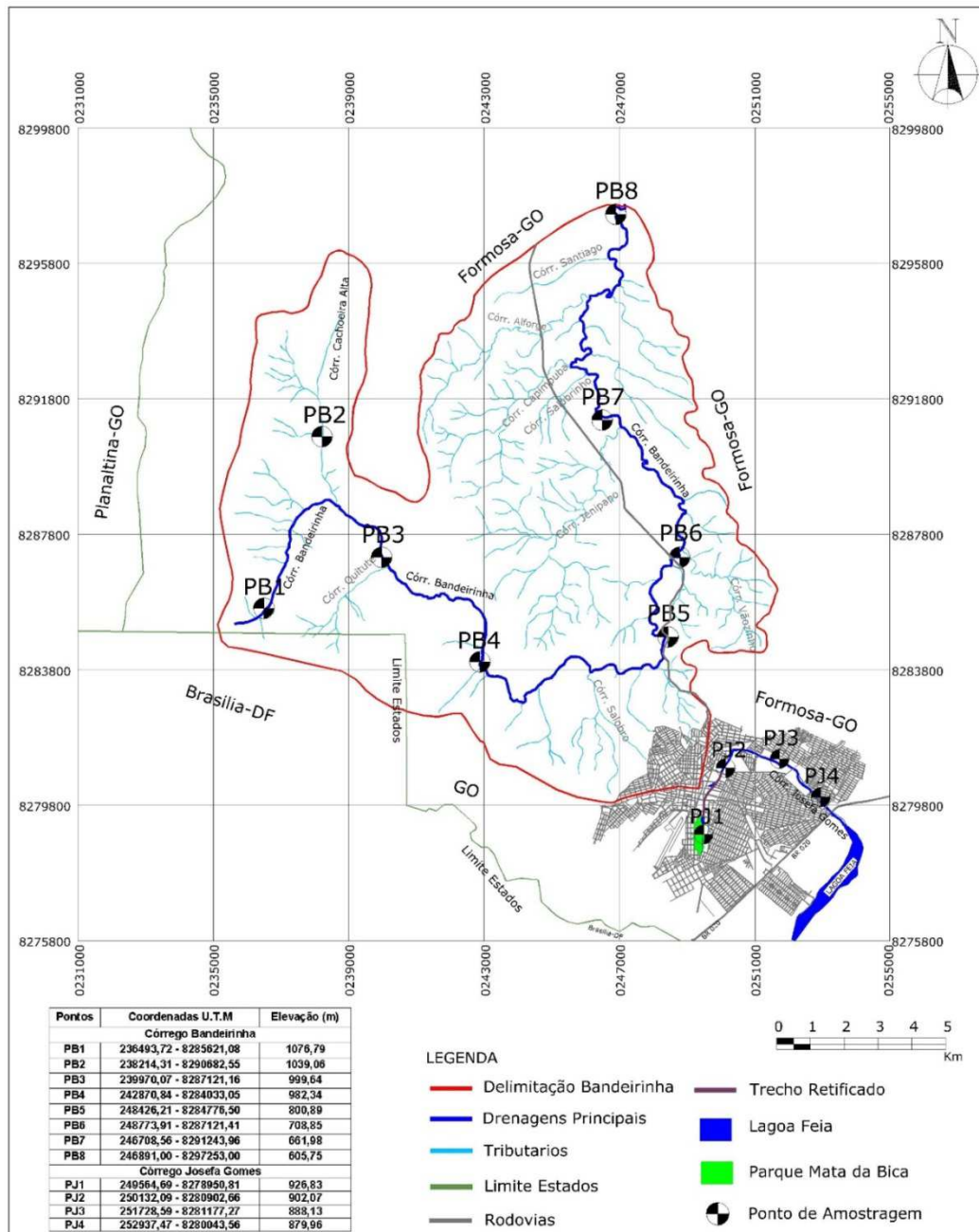


Figura 2. Pontos de amostragem córrego Bandeirinha e Josefa Gomes, Formosa-GO (Fonte: IBGE 2010, Imagens CBERS 2-INPE, 2011).

Determinações em Laboratório

Nos 12 pontos de amostragem de sedimentos, foi realizado o fracionamento granulométrico, aferição dos sólidos voláteis, determinação de elementos maiores e traços e análise por difratometria de raios-x da composição mineral. Todos os procedimentos foram realizados nos Laboratórios de Geoquímica e de Raios-X do Instituto de Geociências da UnB, nos Laboratórios de Saneamento e Geotecnia do Instituto Federal de Goiás, e no Laboratório de Campo Centro de Tecnologia Agrícola e Ambiental Ltda., logo após a recepção das amostras.

A coleta e análise das amostras de sedimentos de corrente seguiram os trabalhos de Boaventura e Moreira (2003), Maia *et al.* (2005), Mulholland *et al.* (2012) e Santos *et al.* (2012). Foi coletado aproximadamente 1 kg manualmente com a utilização de uma pá comum. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno, lacradas, identificadas e mantidas em refrigeração até a chegada ao laboratório. As amostras de sedimentos foram dispostas em bandejas previamente lavadas com HNO₃ 20% v/v, cobertas com papel e colocadas para secar a temperatura ambiente.

Após a secagem, as amostras foram desagregadas e passaram por uma série de peneiras para o fracionamento granulométrico e a retirada de restos de folhas, plantas, pedregulhos e objetos maiores. O material passante na peneira de 0,8 mm foi dividido em duas subamostras: uma foi reservada para a aferição dos sólidos voláteis e determinação mineralógica e a outra, passada em peneira de nylon para separar a fração menor que 63 µm a ser utilizada na determinação dos elementos maiores e traços.

Para o fracionamento granulométrico das amostras, as peneiras foram previamente limpas e encaixadas de modo a formar um conjunto com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo e fundo fechados. Realizou-se a agitação mecânica do conjunto de peneiras por um tempo que permitisse a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grão da amostra.

A determinação dos sólidos voláteis nas amostras de sedimento foi realizada por gravimetria, seguindo as normas do *Standard Methods for the Examination of Water and Waste water* (APHA, AWWA, WPCF, 1999). Porções de 2 g das amostras foram pesadas e colocadas para secar em estufas a 105°C por 24 horas para determinar seu peso seco. Em seguida, as amostras foram levadas ao forno mufla, à temperatura de 450°C, durante 24 horas. Posteriormente, foram novamente pesadas. Os resultados são apresentados em percentagem pela diferença entre o peso inicial subtraído do peso final dado por: $\% = (P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}) * 100$.

A mineralogia das amostras de sedimentos, após fracionadas, foi identificada pela técnica da Difractometria de Raios-X (DRX), que consistiu em quatro varreduras distintas: uma da amostra total (t) e quatro da fração argila, orientada e seca ao ar (n) com etilenoglicol (g), com glicerol (gl) e aquecida (a). Para tanto, utilizou-se o aparelho RIGAKU D-MAXB com radiação de CuKα, velocidade de varredura de 2°/min e intervalo de medida de 0,05°. O intervalo de varredura foi de 2 a 65° para t, de 2 a 35° para n e de 2 a 35° ou 2 a 25° para g, gl e a, respectivamente. A preparação das amostras seguiu as técnicas e rotinas do laboratório. Para as interpretações dos difratogramas, bem como a identificação dos minerais, utilizou-se o *software* JADE 3.0 para Windows, *XRD Pattern Processing for the PC, 1991-1995 Materials Data, Inc.*

A técnica da espectrometria de emissão com plasma indutivamente acoplado foi utilizada para a determinação dos elementos maiores e traços. Os metais presentes nas amostras precisam

estar em solução; para este objetivo, foi realizado o ataque com fusão de Metaborato de lítio (LiBO_2). Assim, a matriz a ser analisada passou por um processo de digestão para que os metais sejam disponibilizados em solução (Boaventura, 1991). Esta técnica foi utilizada para determinar os elementos maiores SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , TiO_2 , Na_2O , K_2O com resultados ajustados para 100%.

As amostras foram pesadas em cadinho de platina, aproximadamente $0,05 \pm 0,0001$ g; logo após, pesou-se $0,17 \pm 0,01$ g de fundente (LiBO_2) no mesmo cadinho, homogeneizou-se a amostra ao fundente e a conduziu-se à mufla em temperatura de 950°C por 30 minutos. Após passar pela mufla, foi dissolvida em béquer de 250 mL com 200 mL de HCl a 15% v/v. Para finalizar o preparo da amostra, a mesma foi aquecida suavemente para ajudar na dissolução e transferiu-se a solução para o balão de 500 mL com água destilada e desmineralizada, homogeneizando-a e conduzindo-a para leitura.

Para determinação dos elementos-traço, foi utilizada a digestão via ácida pelo método da água régia, pesando 1g da amostra em béquer de teflon e adicionando 3 mL de HNO_3 65% v/v e 10 mL de HCl 37% v/v, a solução foi aquecida a 200°C até perto do ponto de secura. Em seguida foi adicionado 2mL HNO_3 65% v/v, e 5mL de HCl 37% v/v, aqueceu-se novamente a 200°C até o ponto de secura, adicionou 75mL de HCl 10% v/v, aqueceu-se novamente até solubilização completa do resíduo. Após este procedimento, as amostras foram transferidas para balões volumétricos de 100 mL para posterior leitura dos elementos Ba, V, Cr, Mn, Cu, Zn, P, Pb.

As leituras foram realizadas utilizando-se um Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/OES), marca Spectroflame, modelo FVM03. O controle de qualidade nas análises laboratoriais foi realizado por amostra padrão de referência, amostra de controle (branco); foi usado o padrão da NIST (National Institute for Standards and Technology - USA) SEM 2709a San Joaquin Soil, e o padrão C de rocha basalto (Boaventura e Hirson, 1987). As curvas analíticas do ICP/AES foram preparadas com soluções padrões de 1000 ppm da marca Vetec. A partir delas foram feitas as diluições necessárias para cada elemento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fracionamento Granulométrico

Os resultados desta análise foram classificados de acordo com os tamanhos dos grãos, baseados na escala de Krumbein, e utilizando os métodos e procedimentos adotados pelo Laboratório de Geotecnia do Instituto Federal de Goiás – IFG. Os grãos variaram de Cascalho médio (16 – 8 mm), Cascalho fino (8 – 4 mm), Areia grossa (1 – 0,50 mm), Areia média (0,50 -

0,25 mm) e Areia fina (0,25 – 0,12 mm). A distribuição percentual dos sedimentos, conforme granulometria, está apresentada na figura 3.

Nas amostras do córrego Bandeirinha, ocorreu a predominância da fração granulométrica de 0,50 a 0,12 mm, correspondendo à areia média e fina, componentes naturais presentes no leito desta drenagem. Os resultados para os sedimentos amostrados nos pontos do córrego Josefa Gomes mostram uma maior concentração de Areia grossa seguida de Cascalho fino e Cascalho médio. Essa diferença nos resultados entre as drenagens decorre que parte deste material presente no leito do Josefa Gomes provém de contribuições do sistema de águas pluviais, que carregam estes materiais da área urbana para o curso de água.

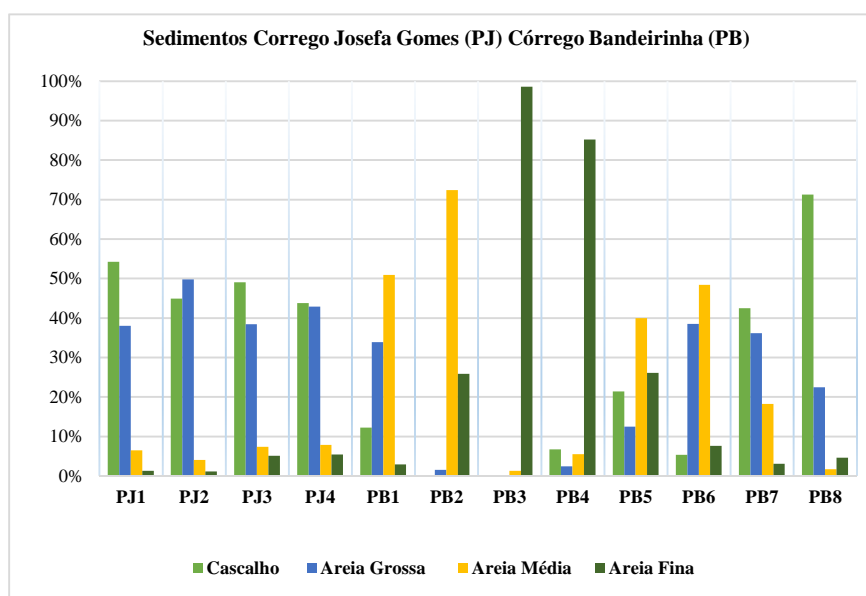


Figura 3. Caracterização granulométrica dos sedimentos nos córregos Josefa Gomes (PJ) e Bandeirinha (PB), distribuídos ao longo dos pontos de amostragem.

Os resultados do fracionamento granulométrico foram condizentes com as características geológicas da região, representada pelo Grupo Paranoá e Grupo Bambuí, com coberturas Detrito-Lateríticas do Terciário-Quaternário e Aluviões recentes nas margens dos cursos de água, que correspondem a um depósito de sedimentos clásticos (areia, cascalho e/ou lama), formado pelo sistema fluvial no leito e nas margens dos córregos Bandeirinha e Josefa Gomes.

Determinação dos Sólidos Voláteis

No córrego Bandeirinha, a média de sólidos voláteis foi de 4,5%, tendo seu maior valor aferido 8% no ponto PB5. Este ponto é localizado à jusante do núcleo urbano do município,

consequentemente, recebe a influência da área urbana, o que justifica o valor mais elevado. Todos os demais pontos de amostragem ficaram abaixo de 8%.

O córrego Josefa Gomes apresentou valores maiores, em média de 16,25%. O maior valor aferido foi no ponto PJ2 (21%). Neste ponto, apresentam-se as maiores intervenções antrópicas na drenagem. Ele está localizado no final do trecho retificado entre o encontro de duas vias do município e recebe o deságue do sistema de águas pluviais e lançamentos clandestinos de efluentes domésticos. Foram obtidos os seguintes resultados conforme quadro 2.

Quadro 2. Sólidos voláteis em percentagem (%) para os córregos Bandeirinha e Josefa Gomes.

Sólidos Voláteis (%)											
Córrego Bandeirinha								Córrego Josefa Gomes			
PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PJ1	PJ2	PJ3	PJ4
2	7	2	5	8	4	3	5	18	14	10	21

Mineralogia dos Sedimentos

Na aplicação da difratometria de raios-x, executou-se em primeiro instante a varredura em amostra total, identificando as amostras que continham argila suficiente para as demais determinações. Após essa análise, os resultados foram separados em dois grupos: resultados da amostra total correspondente a todos os pontos dos córregos Bandeirinha e Josefa Gomes, e resultados das amostras com fração argila pontos do córrego Bandeirinha PB5, PB8 e todos os pontos do córrego Josefa Gomes. Os resultados são apresentados no quadro 3 e estão organizados por pontos em ordem de abundância encontrada nas amostras.

Quadro 3. Resultados da difratometria de raio-x nas amostras do Córrego Bandeirinha e Josefa Gomes.

Difratometria Raio-X Córrego Bandeirinha			Difratometria Raio-X Córrego Josefa Gomes		
Pontos	Espécie Mineral	Composição Química	Pontos	Espécie Mineral	Composição Química
PB1	Quartzo	SiO ₂	PJ1	Quartzo	SiO ₂
	Gibbsita	Al(OH) ₃		Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
	Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		Gibbsita	Al(OH) ₃
PB2	Quartzo	SiO ₂	PJ2	Quartzo	SiO ₂
	Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
PB3	Quartzo	SiO ₂		Gibbsita	Al(OH) ₃
PB4	Quartzo	SiO ₂		Calcita	CaCO ₃
PB5	Quartzo	SiO ₂		Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂
	Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		Muscovita	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂
PB6	Quartzo	SiO ₂		Hematita	Fe ₂ O ₃
	Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄		PJ3	Quartzo
	Microclina	KAlSi ₃ O ₈	Caulinita		Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
PB7	Quartzo	SiO ₂	Gibbsita		Al(OH) ₃
	Ortoclase	(K,Ba,Na)(Si ₁ Al) ₄ O ₂	Ilita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	
	Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	PJ4	Quartzo	SiO ₂
Ilita	(K,H ₃ O)Al ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂	Caulinita		Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	
PB8	Quartzo	SiO ₂		Gibbsita	Al(OH) ₃
	Muscovita	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂			
	Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄			

Os pontos amostrados no córrego Bandeirinha evidenciam a presença predominante de quartzo como maior constituinte das amostras, identificado em conjunto ou isoladamente com a caulinita, ou, ainda, associado com a gibbsita, ilita ou muscovita. O quartzo está presente nos sedimentos de fundo das drenagens, proveniente tanto do retrabalho do material das margens, quanto do carreamento dos sedimentos transportados pelos tributários.

Maior diversidade nos minerais é encontrada nos pontos PB6, PB7 e PB8, que estão localizados próximo ao deságue e que recebem influências indiretas do núcleo urbano, além do carreamento natural de sedimentos que ocorre ao longo da drenagem. Foram identificados nesses pontos microclina, ortoclase, ilita e muscovita, espécies minerais que têm origem nos argilominerais presentes no Grupo Bambuí, onde está situada a drenagem do córrego Bandeirinha.

No córrego Josefa Gomes, a determinação por difratometria de raios-x evidencia a predominância de quartzo em maior abundância, associado à caulinita e gibbsita. Existe, contudo, maior diversidade de minerais no ponto PJ2, localizado após o trecho retificado do Josefa Gomes, onde ocorre o lançamento de águas pluviais oriundas das Avenidas Ivone Sadd e Avenida Califórnia, além de processo de assoreamento em suas margens.

A maior diversidade mineral no ponto PJ2, que não é identificada nos demais pontos, está associada à aceleração do intemperismo provocado pela constante alteração geomorfológica produzida no leito da drenagem, ao carreamento de materiais pelo uso do solo urbano, à ausência de

mata ciliar, ao lançamento de águas pluviais e ao carreamento de resíduos da construção civil. O difratograma do ponto PJ2 está apresentado na figura 4.

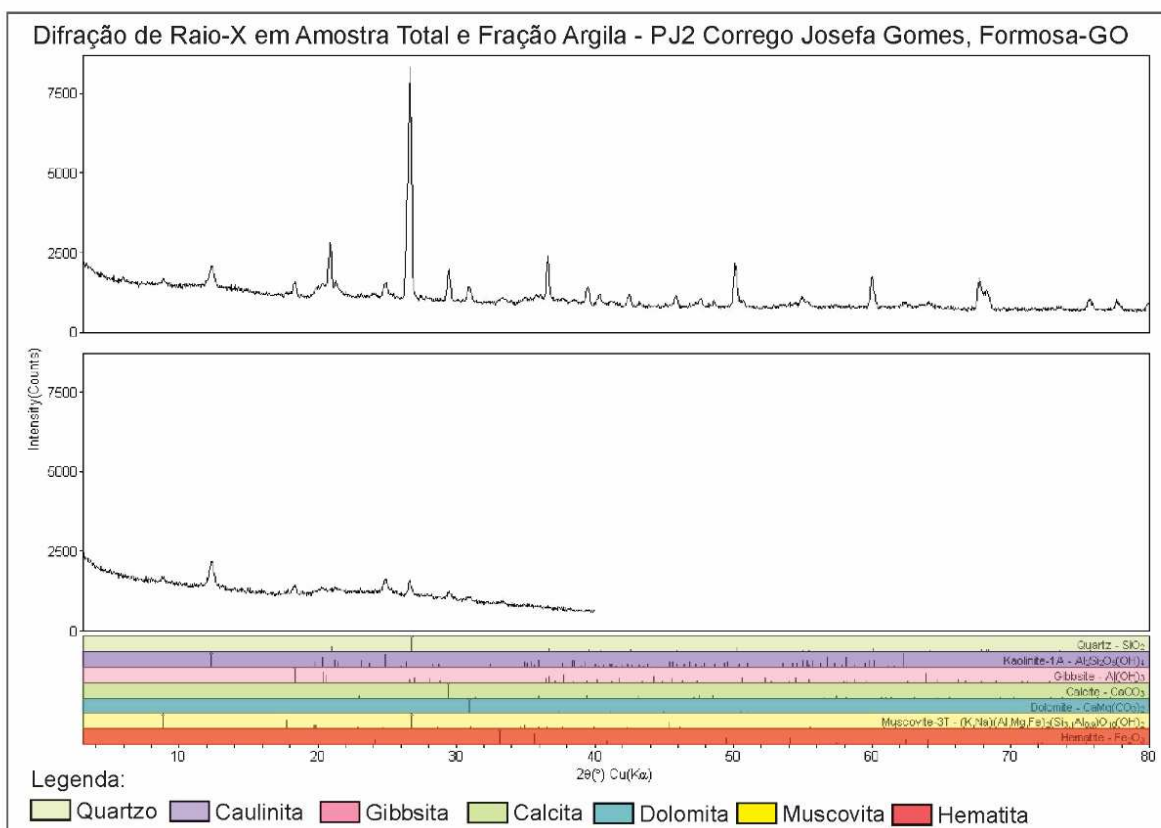


Figura 4. Difratoograma dos pontos no córrego Josefa Gomes, Formosa-GO.

Determinação de Elementos Maiores e Traços

Foram determinados oito elementos maiores e oito elementos-traço nos sedimentos dos córregos Josefa Gomes (PJ) e Bandeirinha (PB). Os resultados são mostrados no quadro 4.

Entre os elementos maiores, Si e Al apresentaram maiores concentrações em todos os pontos analisados, consequência das características geológicas da região. Si e Al provêm do quartzo da caulinita e gibbsita, identificados pela difratometria de raios-x. Schaeffer *et al.* (2008) destacam que os latossolos brasileiros apresentam mineralogia da fração argila composta por caulinita, gibbsita, goethita e hematita, variando nas suas proporções em função do grau de intemperização dos minerais primários.

No córrego Bandeirinha, destaca-se a substância Na_2O , que apresentou maior valor no ponto PB4 (1,48%). Neste ponto, pela difratometria de raios-x, foi determinado apenas o quartzo. A presença de Na_2O nos sedimentos, acima dos outros pontos amostrados, indica a contribuição de efluentes domésticos. À jusante do núcleo urbano do município, os pontos PB5 a PB8 apresentam maiores concentrações para as substâncias Fe, Ca, Mg e Ti, fator que decorre do intemperismo das

rochas do Grupo Bambuí, do aumento das corredeiras na rede de drenagem do córrego Bandeirinha, que propiciam o decapeamento das áreas e desenvolvimento dos processos erosivos, e do carreamento de solo exposto, que é conduzido pela rede de águas pluviais do município, além das contribuições antrópicas à jusante do núcleo urbano do município, o que pode ser confirmado pela maior presença de sólidos voláteis a partir do PB5.

Quadro 4. Elementos maiores e elementos-traçoem amostras de sedimentos no córrego Bandeirinha e Josefa Gomes. *PF – Perda ao fogo em % (resultados ajustados para 100%), <LD – Menor que o Limite de Detecção.

Córrego Bandeirinha									Córrego Josefa Gomes			
Elementos Maiores (%)	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PJ1	PJ2	PJ3	PJ4
SiO ₂	87,98	84,17	78,62	78,53	68,34	78,47	76,49	71,24	49,17	54,9	65,54	69,15
Al ₂ O ₃	4,71	0,73	0,96	1,35	6,52	5,47	6,29	6,59	27,83	6,95	13,4	11,2
Fe ₂ O ₃	2,04	0,32	1,08	0,52	6,75	6,23	6,04	6,25	2,24	11,87	5,09	8,61
CaO	0,43	0,32	0,35	0,37	0,67	0,65	0,43	0,52	0,57	10,48	0,88	0,6
MgO	0,15	0,05	0,06	0,04	0,21	0,25	0,48	0,1	0,31	1,99	1,08	0,28
TiO ₂	0,27	0,04	0,07	0,09	0,41	0,3	0,3	0,1	2,01	0,41	0,75	0,61
Na ₂ O	0,63	0,66	0,74	1,48	0,62	0,67	0,66	0,32	0,66	0,83	0,7	0,67
K ₂ O	0,08	0,02	0,09	0,27	0,46	0,67	1,46	0,25	0,13	0,3	1,75	0,21
PF*	7,15	13,77	18,83	16,91	15,1	8,32	9,12	16,93	17,51	13,97	10,22	10,93
Total	103,43	100,07	100,81	99,56	99,08	101,03	101,26	102,30	100,42	101,70	99,42	102,25
Elementos-Traço (mg/kg)	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PJ1	PJ2	PJ3	PJ4
Ba	<LD	<LD	<LD	<LD	4,5	7,7	3,4	4,4	3,2	8,4	0,5	0,1
V	3,1	<LD	0,2	0,3	7,9	6,3	4,1	3,7	23,6	14,7	10,4	14,7
Cr	<LD	<LD	<LD	<LD	1,5	2,3	0,9	1	4,7	10,2	7,4	9,7
Mn	<LD	<LD	<LD	<LD	21,5	33,1	14,7	21,9	0,3	21,2	<LD	3,7
Cu	<LD	<LD	<LD	<LD	0,9	3	0,5	0,6	3,3	2,4	1,1	0,7
Zn	0,7	<LD	2,1	<LD	64,4	9,6	4,8	2,6	13,6	6,2	0,7	1,4
P	19	4,8	8,6	7,8	34,7	44,2	42,8	49,5	93,3	53,2	23,4	32,9
Pb	0,7	<LD	0,1	0,5	2,8	3,1	2,2	2,5	14,6	7,1	4	4,2

No córrego Josefa Gomes, o ponto PJ2 teve as maiores alterações nas substâncias Fe, Ca, Mg e Na. Nos demais pontos de amostragem, predominaram, na determinação de raios-x, o quartzo, a caulinita e a gibbsita, o que explica as concentrações de Si e Al. Contudo, no PJ2, foram identificados calcita, dolomita, muscovita e hematita, destacando-se também a existência de processos erosivos e solos expostos na sua margem, o que pode contribuir para esta maior diversidade dos elementos.

Pires (2012) realizou a análise dos parâmetros físico-químicos da água com amostragens no córrego Josefa Gomes (Cabeceira do Rio Preto), e identificou concentrações de Ca e Mg nas águas superficiais, que podem ser resultado do contato da água com depósitos de calcita, dolomita e gipsita, e o magnésio do contato com minerais magnesita e dolomita. Essas espécies minerais foram determinadas pela difratometria de raios-x.

O ponto PJ2 também apresentou maior distribuição proporcional dos sedimentos no fracionamento granulométrico, indicando maior carreamento de materiais, além da maior concentração de sólidos voláteis (21%), provenientes de contribuições de efluentes domésticos, corroborando para determinação de alterações de origem antrópica.

A concentração de Si e Al são menores quando comparadas com as do córrego Bandeirinha. As maiores diversidades na concentração dos elementos provêm do carreamento de materiais para o leito do Josefa Gomes, além dos lançamentos de águas pluviais e esgotos domésticos, consequência de sua rede de drenagem estar completamente inserida na área urbana do município de Formosa.

Para os elementos-traço, destaca-se a variação nas concentrações aferidas entre os pontos do córrego Bandeirinha. Parte dos elementos determinados apresentaram resultados abaixo do limite de detecção entre os pontos PB1 a PB4. Os elementos-traço são encontrados em maiores concentrações no trecho correspondente entre os pontos PB5 a PB8.

Tal fato advém das características naturais do trecho PB1 a PB4, conforme determinações granulométrica e mineralógica. Nesses pontos, o sedimento apresenta predominância de quartzo (SiO_2) e baixa quantidade de sólidos voláteis. A concentração de elementos-traço em sedimentos está associada à superfície específica do sedimento e à capacidade de troca catiônica, preferencialmente ligada a sedimentos com a presença de matéria orgânica e argilominerais.

Nos pontos PB5 a PB8 foram identificadas frações argila nos sedimentos, além de maiores valores para sólidos voláteis. Esse trecho do córrego Bandeirinha está localizado à jusante do núcleo urbano do município, onde foram determinadas maiores concentrações de elementos-traço, destacando o P, Zn e Cu, indicativos de atividades agropastoris, tendo como principal fonte os derivados de fertilizantes e o Pb, V e Cr, presentes nos hidrocarbonetos e oriundos de contribuições por lançamento de águas pluviais.

As concentrações de elementos-traço foram mais evidentes nos pontos do córrego Josefa Gomes. O córrego apresentou fração argila em todos os pontos amostrados e sólidos voláteis em média de 16,25%. Elementos como o V, Pb, Cr indicam a influência direta das atividades antrópicas, tendo como principais fontes os hidrocarbonetos derivados dos combustíveis. O maior valor de P, identificado no ponto PJ1, decorre dos processos de recuperação da nascente do córrego Josefa Gomes, localizada dentro do parque municipal Mata da Bica.

CONCLUSÕES

A caracterização dos sedimentos de corrente evidencia a variação dos elementos nas drenagens. Os resultados das determinações dos elementos maiores e elementos-traço e a difratometria de raios-x nos sedimentos do córrego Bandeirinha e córrego Josefa Gomes

acompanharam a geologia regional e as influências das atividades antrópicas nas drenagens. Os pontos do córrego Josefa Gomes apresentaram a maior diversidade dos elementos, destacando-se o ponto PJ2 com as maiores alterações nas substâncias Fe, Ca, Mg e Na, além de determinação de V, Cr, Cu, P e Pb.

No córrego Bandeirinha, inserido em área rural do município, os sedimentos mostraram estar em conformidade com a geologia regional, apesar dos impactos gerados pelas atividades agropastoris, o que indica uma menor influência antrópica nesta drenagem. As características geológicas dos sedimentos têm influência direta na concentração de elementos-traço nesta drenagem, fato evidenciado pelos pontos PB1 a PB4 onde houve predominância de SiO₂ e baixo teor de sólidos voláteis, o que desfavorece a concentração de elementos-traço nestes pontos.

Quanto ao córrego Josefa Gomes, inserido na área urbana, mesmo com uma drenagem pouco ramificada, foram registradas alterações nas características granulométricas e mineralógicas dos sedimentos, bem como maiores concentrações de elementos maiores e elementos-traço, que estão relacionadas ao deságue das águas pluviais, lançamentos de esgotos domésticos e ao uso e ocupação do solo nas margens.

Apesar de alguns valores encontrados para os elementos maiores e elementos-traço estarem relacionados às características geológicas do entorno dos córregos Bandeirinha e Josefa Gomes, as concentrações mais altas de alguns metais indicam uma influência da ação antrópica tanto em ambiente rural quanto urbano.

Os estudos dos sedimentos estão associados a preocupações com elementos-traço e maiores por seus efeitos à saúde humana. No entanto, os sedimentos têm papel importante no ecossistema aquático, por fornecerem habitat para muitos organismos aquáticos e ser fonte e depósito de materiais orgânicos e inorgânicos.

Os resultados obtidos com este estudo podem subsidiar a interpretação de análises físico-químicas de qualidade de água e estudos com a utilização de bio indicadores nas duas drenagens, através da identificação de fatores associados com a variabilidade dos parâmetros de qualidade de água, além de auxiliar na implementação de medidas de conservação e proteção, contribuindo, assim, na geração de informações geoquímicas das águas superficiais da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos, professores e alunos do Laboratório de Geoquímica e Laboratório de Raios-X do Instituto de Geociências da UnB, ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG, ao CNPq e a CAPES.

REFERÊNCIAS

- APHA, AWWA, WPCF. 1999. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20 ed. Washington: American Public Health Association, 1496p.
- BOAVENTURA, G. R. 1991. Performance do Espectrometro de Emissão Com Plasma (Icp) Spectroflame Fvm03, Para Determinação de 20 Elementos Químicos Nas Amostras de Referência Geoquímica Dnc-1, W-2, Unb-B1 e Unb-G1.SP. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1991, São Paulo. p. 423-426.
- BOAVENTURA, G. R.; MOREIRA, R. C. A. 2003. Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do lago Paranoá – DF, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, **26**(6):812-820.
- BOAVENTURA, G. R; HIRSON, J. R. 1987. Amostras de Referência Geoquímica Para Controle de Análise de Rochas. In: PRIMEIRO CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 1997, Anais. Porto Alegre, Brasil. p. 321-325.
- CARMO, M. S.; BOAVENTURA, G. R.; OLIVEIRA, E. C. 2005. Geoquímica das Águas da Bacia do Rio Descoberto, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, **28**(4):565-574.
- CARMO M. S; BOAVENTURA G. R; ANGÉLICA R. S. 2003. Estudo Geoquímico de Sedimentos de Corrente da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto, Pernambuco, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, **17**(2):106-120.
- CHAVES, J; GUIMARÃES E. M; SANO, E. E. 2014. Mapa Morfoestrutural da Região de Bezerra-Cabeceiras (GO) com Base em Geoprocessamento, RJ. In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2014, Rio de Janeiro. p. 165-166.
- FARIA, A. 1995. **Estratigrafia e Sistemas Depositionais do Grupo Paranoá nas Áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João d'Aliança – Alto Paraíso de Goiás**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 199p.
- GUIMARÃES E. M. 1997. **Estudos de proveniência e diagênese, com ênfase na caracterização dos filossilicatos dos grupos Paranoá e Bambuí, na região de Bezerras-Cabeceiras, GO**. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade de Brasília, 260p.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados_do_censo2010.php>. Acesso em: 27 ago. 2012.
- MAIA P. D. et al. 2005. Estudo Mineralógico dos Sedimentos de Fundo do Lago Paranoá DF, São Paulo, Brasil. **Brazilian Journal of Geology**, **35**(4):535-541.
- MAURO, C. A; DANTAS, M; ROSO, F. A. 1982. Geomorfologia da Folha SD23 Brasília: Levantamento de Recursos Naturais. In: C. A. Mauro; M. Dantas; F. A. Roso. (Org.). **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, p. 205-296.

MULHOLLAND, D. S; BOAVENTURA, G. R; ARAÚJO, D. F. 2012. Geological and anthropogenic influences on sediment metal composition in the upper Paracatu River Basin, Brazil, Berlin, Germany. **Environmental Earth Sciences**, **67**(5):1307-1317.

PIRES, N. L. 2012. **Caracterização da Qualidade da Água na Cabeceira do Rio Preto em Formosa-GO**. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual de Goiás, Formosa, 90p.

SANTOS, A. L. F; BORGES, L. O. S; BOAVENTURA, G. R. 2012. Indicadores de Qualidade dos Sedimentos do Ribeirão Piancó Anápolis – GO, e suas Implicações Ambientais, Sergipe, Brasil. **Scientia Plena**, **8**(10):1-10.

SCHAEFFER, C. E. G. R.; FABRIS, J. D.; KER, J. C. 2008. Minerals in the clay fraction of Brazilian Latosols (Oxisols): a review, Crete, Greece, **Clay Miner**, **43**(1):137-154.

SOUZA, J. D. (Coord.). 2004. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Folha Brasília SD 23**. Brasília: CPRM.