

Avaliação ambiental da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, na porção Nordeste do Estado de Minas Gerais, Brasil

Environmental assessment of the Jequitinhonha river basin, in the Northeast portion of the State of Minas Gerais, Brazil

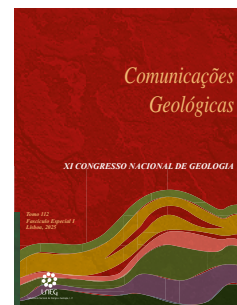
R. Vicq^{1*}, J. Ronque², M. A. Fujaco², M. Leite², E. Marques³

DOI: <https://doi.org/10.34637/84y0-6n85>

Recebido em 14/09/2023 / Aceite em 18/03/2024

Publicado online em abril de 2025

© 2025 LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia IP



Artigo original
Original article

Resumo. A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha destaca-se pela heterogeneidade. O objetivo deste trabalho é apresentar uma avaliação ambiental da qualidade dos sedimentos e da disponibilidade das águas superficiais através de índices ambientais de uma porção da bacia localizada no Nordeste do Estado de Minas Gerais. A partir de dados de estações de monitoramento foram analisadas séries históricas de chuvas, vazões fluviais e sedimentos em suspensão de 1990 a 2021 e integrados dados de uso e ocupação do solo dos anos de 2000, 2007 e 2011. As concentrações de EPTs foram determinadas por ICP-OES e ICP-MS. O cálculo dos índices ambientais demonstrou que as maiores concentrações ocorrem em áreas onde as litologias são naturalmente ricas em EPTs. Contudo, os dados temporais mostraram que desde 2007, o Médio-Baixo Jequitinhonha passou a sofrer reduções na vazão fluvial e na carga de sedimentos em suspensão causadas pela instalação da Central Hidrelétrica de Irapé.

Palavras-chave: Central hidrelétrica, sedimentos fluviais, indicadores ambientais, semiárido

Abstract: The Jequitinhonha river basin stands out for its heterogeneity. The objective of this research is to present an environmental assessment of the quality of sediments and the availability of surface waters through environmental indices for a portion of the basin located in the Northeast of the State of Minas Gerais. Using data from monitoring stations, historical series of rainfall, river flows and suspended sediments from 1990 to 2021 and evaluating land use and occupation data from the years 2000, 2007 and 2011. Obtaining concentrations of EPTs by ICP-OES and ICP-MS. The calculation of environmental indices demonstrated that the highest concentrations occur in areas where lithologies are naturally rich in EPTs. However, temporal data showed that since 2007, the Middle-Lower Jequitinhonha started to suffer reductions in river flow and suspended sediment load caused by the installation of the Irapé Hydroelectric Plant.

Keywords: hydroelectric plant, stream sediments, environmental indices, semi-arid

1. Introdução

A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha (BHRJ) está situada maioritariamente no nordeste do estado de Minas Gerais (MG; 93,38%), contando com um pequeno setor no sudeste do estado da Bahia (BA; 6,62%), centro-leste do Brasil. Apresenta uma área de 70.315 km², com uma rica diversidade de condições climáticas, geomorfológicas, geológicas, vegetacionais e sociais (Lacerda, 2005; Ferreira, 2007).

Em nível social e económico, principalmente nos setores mais a leste da bacia, a área caracteriza-se por índices de pobreza elevados e graves déficits hídricos, sendo esses setores também os mais quentes e áridos da área abordada (Ferreira 2007). Em função disso, a bacia carece de uma gestão eficaz dos recursos hídricos, devendo-se caracterizar e compreender melhor as razões das precariedades para poder atender às demandas humanas de modo eficiente e sustentável.

Inicialmente com garimpos de ouro e diamante, atualmente com a febre do lítio, a BHRJ tem sido alvo de exploração mineral desde o século XVIII, o que tem acarretado em mudanças na cobertura e no uso da terra e, conseqüentemente, na quantidade e qualidade dos recursos hídricos locais (Ferreira, 2007; Maciel, 2021).

O mapeamento da distribuição de elementos potencialmente tóxicos em bacias hidrográficas é fundamental para identificar as fontes de contaminação, sendo elas naturais ou antrópicas (Darnley *et al.*, 1995). Partindo do pressuposto de que sedimentos fluviais funcionam como reservatórios para estes elementos e sua interação com as águas dos canais determinam a saúde do ecossistema fluvial, dados secundários geoquímicos, em conjunto com dados hidrometeorológicos e informações sobre o uso e ocupação da bacia, são necessárias para melhor compreender a dinâmica da unidade de estudo e entender os impactos ambientais que a região vem sofrendo.

Na década passada, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM) realizou coleta de sedimentos de corrente em todo o estado de Minas Gerais. Desses dados, grande parte ainda carece de interpretações mais detalhadas, em especial aqueles relativos à Bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha.

Nesse sentido, considerando a escassez de recursos hídricos, juntamente com a distribuição irregular de chuvas durante o ano para a área (Borsoi e Torres, 1997), este trabalho apresenta uma avaliação ambiental do setor da bacia hidrográfica localizado no estado de Minas Gerais, a partir da utilização de índices ambientais multielementares, visando contribuir para a gestão dos recursos no que se refere à qualidade e disponibilidade de água superficiais.

¹ Instituto de Ciências da Terra, Polo da Universidade do Minho, Braga, Portugal.

² Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, Campus Morro do Cruzeiro s/n, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil

³ Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Serviço Geológico do Brasil, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil

* Corresponding author / Autor correspondente: raphaelcosta@dct.uminho.pt

2. Cenário Geológico

A área de estudo compreende o setor mineiro da BHRJ, que abrange grande parte do nordeste do Estado de Minas Gerais. De acordo com a Figura 1, a bacia é subdividida em três Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, as quais são definidas como: Alto Jequitinhonha, que abrange as nascentes até a confluência com o Rio Salinas e conta com 10 sedes municipais em uma área de 19.855 km²; o rio Araçuaí, que abrange 21 sedes municipais em uma área de 16.280 km²; e o Médio e Baixo Jequitinhonha, de montante da confluência com o rio Salinas até a divisa do Estado, abrangendo 29 sedes municipais, com área de 29.617 km².

Em termos geológicos, a bacia posiciona-se sobre o segmento norte da Província Tectônica Mantiqueira (PM), na Faixa Araçuaí (Delgado *et al.*, 2003).

Na região das nascentes do rio Jequitinhonha, aflora o Supergrupo Espinhaço (Meridional), com seus filitos, metarenitos e metaconglomerados, cortados por diques metamáficos da Suíte Pedro Lessa (Castro, 2014).

Na sequência, boa parte do setor do Rio Araçuaí está sobre rochas do Grupo Macaúbas, que contém espessos pacotes de diamictitos, xistos e rochas metavulcânicas ricas em horizontes sulfetados, jazidas de ferro e basaltos (Pedrosa-Soares *et al.*, 1998).

No setor Médio-Baixo Jequitinhonha, são encontradas as rochas do Complexo Jequitinhonha que afloram amplamente na porção leste do Vale, principalmente nas proximidades dos municípios de Jequitinhonha, Almenara, Joáima, Jacinto e Felisburgo, sendo

composto por paragneisses peraluminoso migmatizado com intercalações de grafita-gnaiss, quartzito e rochas calcissilicáticas. Estas rochas exibem metamorfismo em fácies anfibolito a granulito, e são correlatas à porção superior do Grupo Macaúbas. No entanto, é importante mencionar que esta seqüência sofreu a intrusão de rochas graníticas sin a tardi e pós colisionais. Esta intrusão sin a tardi colisional é representada pelo Granito Água Boa, de coloração cinza claro a bege, granulação média, foliado e peraluminoso.

Além das rochas citadas, o Complexo Jequitinhonha ainda apresenta quartzitos e rochas calcissilicáticas; Gonçalves-Dias *et al.*, 2016) e batólitos e stocks de composição tonalítica, granitos peraluminosos e leucogranitos (Pedrosa-Soares *et al.*, 2011).

A grande diversidade litológica observada é reflexo de uma longa e complexa história geológica, que contempla múltiplos ciclos tectônicos e uma dinâmica evolução do relevo. Este arcabouço geológico diverso desde sempre exerceu uma forte influência sobre a vida das comunidades que habitam o Vale do Jequitinhonha desde o início de sua ocupação, que tem os primeiros indícios demarcados na altura do Holoceno Médio (6290±30 anos) (Kuchenbecker, 2018).

3. Materiais e Métodos

A partir de informações do MapBiomias (IBGE, 2000, 2007 e 2011), foram analisados e integrados os dados temporais de uso e ocupação da área.

Os intervalos foram escolhidos com base na instalação da barragem da Central Hidrelétrica de Irapé (CHI) no ano de 2007, a qual está situada no limite da unidade de gestão do Médio-Baixo Jequitinhonha, e na coleta de sedimentos pela CPRM que foi realizada no ano de 2011.

O clima na bacia hidrográfica varia de úmido em suas cabeceiras (Aw de Köppen; 1600 mm de total médio anual) a semi-árido na região do Médio-Baixo Jequitinhonha (Bsh de Köppen, 600 mm de total médio anual), com sazonalidade bem definida, com chuvas mais concentradas de outubro a março e seca nos demais meses.

Com base em dados de estações pluviométricas e fluviométricas (separadas nas três unidades de gestão previamente citadas), foram analisadas séries históricas (1990 a 2021) de pluviosidade, de vazão e de sedimentos em suspensão. Estes dados foram submetidos a uma ANOVA (Análise de Variância) e ao Teste de Tukey a 95% de confiabilidade, que verifica a existência de diferença significativa entre as médias por meio da Diferença Mínima Significativa (DMS).

Posteriormente, foram avaliadas as variações temporais de médias de vazão e de pluviosidade por períodos e por sub-bacia da área estudada, bem como a variação de carga de sedimentos em suspensão a jusante da Central Hidrelétrica de Irapé. Para além disso, visando compreender a influência da interferência mútua entre diferentes agentes, também foram utilizados dados de sedimentos de corrente em 461 pontos de amostragem de drenagens de 1ª e 2ª ordem, coletados no ano de 2011 e analisados por ICP-OES e ICP-MS.

A partir dos dados de concentração de elementos potencialmente tóxicos—EPT (As, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb, U e Zn) calcularam-se os índices ambientais multielementares. Estes **índices** são de extrema importância pois fornecem resultados claros sobre a real situação de possíveis contaminantes de uma área de estudo, auxiliando os gestores responsáveis a definir estratégias de controle e possíveis intervenções (Caeiro *et al.*, 2005; Buyx *et al.*, 2010). Dentre os índices adotados, tem-se: Fator de Contaminação (FC), Fator de Enriquecimento (FE), Índice de Geo-acumulação (Igeo), Índice de Carga de Poluição (ICP), Índice de Potencial Risco Ecológico (IPRE), Grau de Contaminação Modificado (GCM), Índice de Poluição (IP) e Índice de Poluição Modificado (IPM). O FC é o mais simples dos índices, sendo obtido a partir do quociente entre a concentração de cada metal e seu valor de

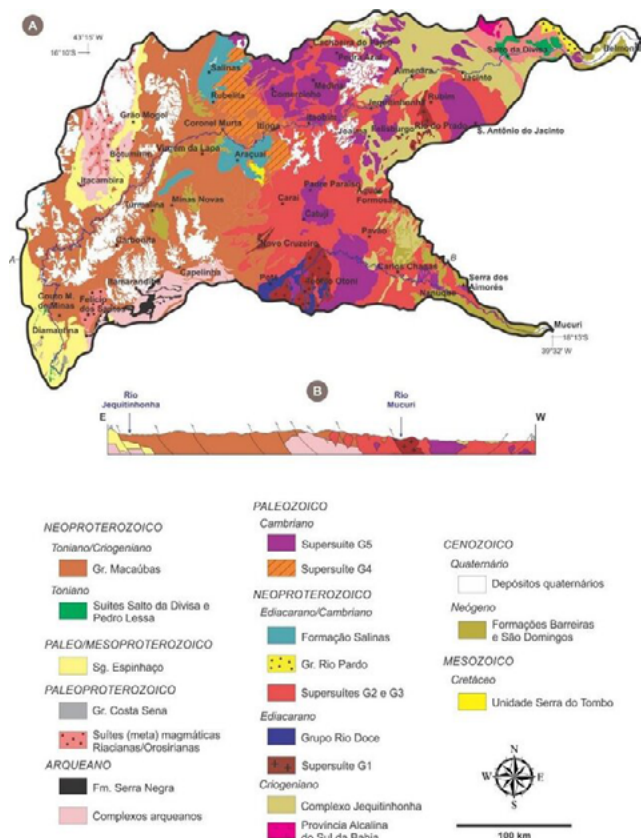


Figura 1. Mapa Geológico da Bacia do Rio Jequitinhonha – Estado de Minas Gerais. Fonte: Kuchenbecker (2018)

Figure 1. Geological Map of the Jequitinhonha River Basin – State of Minas Gerais.

referência local. O FE já apresenta uma metodologia que normaliza as concentrações de metais pesados em relação a um outro metal de referência como Fe ou Al. Neste caso, foi adotado como elemento normalizador o Al, pois possui uma baixa mobilidade natural no meio ambiente, além de ser o principal constituinte dos argilo-minerais presentes nos solos. O Igeo, originalmente proposto por Müller (1969), representa a intensidade da poluição de locais de amostragem individuais (Förstner *et al.*, 1990). A obtenção do Índice de Poluição e do Índice de Poluição Modificado, por sua vez, envolvem a raiz quadrada e valores médios e máximos do Fator de contaminação (FC) e do Fator de Enriquecimento (FE), respectivamente. O Índice de Carga de Poluição é calculado através da raiz enésima da multiplicação dos FC de todos os metais. Por fim, o Índice de Potencial Risco Ecológico pode ser calculado a partir do somatório de todos os riscos ecológicos.

4. Resultados

A partir de 2007, o Médio-Baixo Jequitinhonha sofreu reduções na sua vazão em função da construção da barragem da Central Hidrelétrica de Irapé (Figura 2). As vazões médias dos dois períodos analisados (antes e depois da instalação da CHI) são significativamente diferentes ($p = 0,000$). Entre 1990-2007, a vazão média / desvio padrão foram de $281,7 \pm 305,2 \text{ m}^3/\text{s}$, ao passo que no período entre 2008-2021, vazão média / desvio padrão sofreram uma significativa redução, sendo de $153,9 \pm 132,3 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo possível observar uma clara diminuição do desvio padrão após 2007.

Tabela. 1. Dados de uso e ocupação do solo nas três unidades de gestão nos anos de 2000, 2007 e 2011.

Table. 1. Land use and occupation data in the three management units in the years 2000, 2007 and 2011.

Classes	2000		2007		2011	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Alto Jequitinhonha						
Floresta Nativa	2166	11	2144	10,8	2073	10,4
Cerrado	10900	55	10654	53,7	10475	52,8
Campos Rupestres	3066	15,5	3090	15,6	3028	15,3
Silvicultura	1324	6,7	1419	7,1	1629	8,2
Agricultura/Pastagem	2111	10,7	2174	11,0	2261	11,4
Área Urbana	14,51	0,1	17	0,1	19	0,1

Rio Araçuaí

Floresta Nativa	4910	30,2	4608	28,3	4607	28,3
Cerrado	5765	35,4	5550	34,1	5550	34,1
Campos Rupestres	315	1,9	302	1,9	302	1,9
Silvicultura	933	5,7	1543	9,5	1543	9,5
Agricultura/Pastagem	4289	26,3	4160	25,6	4159	25,5
Área Urbana	40,5	0,2	49	0,3	49	0,3

Médio-Baixo Jequitinhonha

Floresta Nativa	9636	32,5	9601	32,4	9636	32,5
Cerrado	5158	17,4	6464	21,8	5158	17,4
Campos Rupestres	484	1,6	516	1,7	534	1,8
Silvicultura	52,5	0,2	68	0,2	133	0,4
Agricultura/Pastagem	14115	47,6	12732	43	13084	44,2
Área Urbana	61	0,2	68	0,2	68	0,2
Atividade Mineira	1	0,0	1,7	0,0	2,5	0,0

Verifica-se que esta influência é mais marcante nos meses chuvosos (Figura 2), com as vazões mínimas e desvios padrão estatisticamente diferentes entre os períodos analisados. No intervalo entre 1990-2007 a vazão e o desvio padrão no período seco apresentou uma média de $158,1 \pm 95,7 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto no período entre 2008-2021, foram encontrados valores na ordem de $101,55 \pm 53,76 \text{ m}^3/\text{s}$.

Quando se analisa o período chuvoso, verificam-se também valores estatisticamente diferentes, com médias / desvio padrão de $442,1 \pm 330,3 \text{ m}^3/\text{s}$ no período de 1990 a 2007. Enquanto, no intervalo entre 2008-2021, os valores foram de $214,7 \pm 153,2 \text{ m}^3/\text{s}$. As vazões máximas analisadas também diferem estatisticamente, tendo-se valores de $1177,9 \pm 948,1 \text{ m}^3/\text{s}$, no período entre 1990-2007 e de $539,7 \pm 579,2 \text{ m}^3/\text{s}$, entre os anos de 2008-2021. A Tabela 1 apresenta os dados de uso e ocupação do solo nos anos analisados.

No que tange ao transporte de sedimentos, é impossível não se perceber a forte influência da instalação da CHI (Figura 3). Nas duas estações climáticas há uma clara redução do material transportado pelo rio a jusante da barragem, mas o impacto maior é na estação chuvosa (Figura 3).

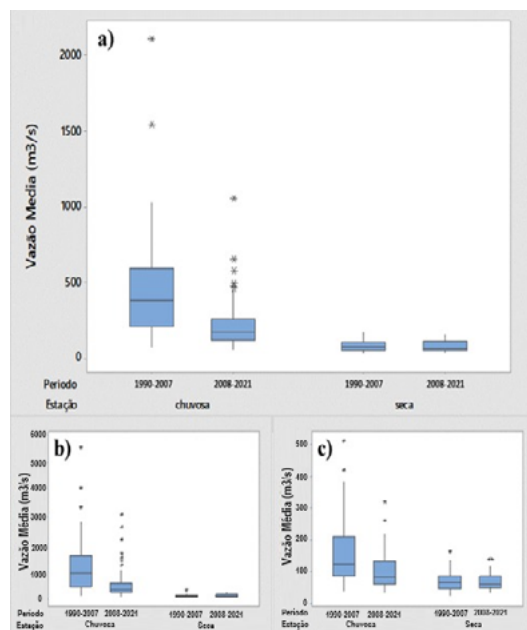


Figura 2. Gráficos do tipo boxplot, em subperíodos (1990 a 2007 e 2008 a 2021) e por estações chuvosa e seca, sendo: a) vazões médias, b) vazões máximas e c) vazões mínimas.

Figure. 2. Boxplot graphs, in sub-periods (1990 to 2007 and 2008 to 2021) and by rainy and dry seasons, being: a) average flows, b) maximum flows and c) minimum flows.

A liberação de menores vazões pela CHI, especialmente na estação chuvosa, têm como objetivo acumular maiores volumes de água no reservatório para produção de energia nos meses de seca. Com o controle das vazões liberadas e o amortecimento promovido pelo reservatório, as oscilações no volume de água são reduzidas (Figura 2), minimizando o número de picos de vazão, os eventos de maior capacidade erosiva e de transporte ao longo do curso do rio.

Os percentuais de amostras que apresentaram valores de Igeo com níveis de poluição acima de moderada, foram de 5,43% para o Co, 3,68% para o Cr, 1,74% para o Cu, 6,73% para Mn, 3,47% para Ni, 1,30% para Pb, 10,19% para U e 2,39% para Zn.

O Fator de Enriquecimento (FE) calculado mostrou que a

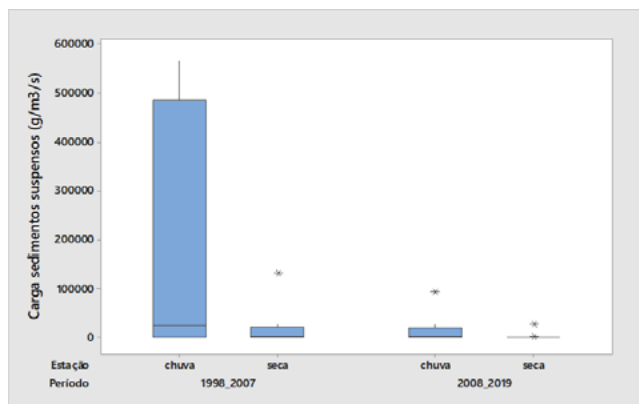


Figura 3. Gráficos do tipo boxplot dos valores médios de carga de sedimentos em suspensão, nos subperíodos de 1998 a 2007 e de 2008 a 2019, entre as estações chuvosas e secas.

Figure. 3. Boxplot graphs of the average suspended sediment load values, in the subperiods from 1998 to 2007 and from 2008 to 2019, between the rainy and dry seasons.

maior parte das amostras apresentam baixo enriquecimento ou enriquecimento moderado para os EPTs.

O Fator de Contaminação (FC) demonstrou poucas amostras com contaminação considerável a elevada. Os percentuais de amostras que se enquadraram nesta classe foram de 4,34% das amostras para As, 31,67% para Cd, 9,55% para Co, 10,38% para Cr, 3,03% para Cu, 9,11% para Mn, 5,86% para Mo, 8,24% para Ni, 2,39% para Pb, 15,4% para U, 5,21% para Zn. Com o Pb, U e Zn concentrando-se na região do Rio Araçaui.

No que concerne os índices multielementares, 62,26% dos pontos de amostragem não apresentaram poluição pelo índice Grau de Contaminação Modificado (GCM), o que não ocorreu com os índices de Poluição - IP (10,63%) e de Poluição Modificado - IPM (13,02%). O IP foi o índice que mais apresentou pontos de amostragem com poluição severa a forte, com um percentual de 43,38%. O ICP possibilitou verificar que 49,46% das amostras se apresentaram poluídas e pelo Índice de Potencial Risco Ecológico (IPRE), verificou-se que 31,67% apresentaram algum grau de risco, sendo 9,33% de considerável a alto.

5. Discussão

Observa-se uma forte tendência de redução das áreas com vegetação nativa no Alto Jequitinhonha e Rio Araçaui (Florestas Nativas, Cerrado e Campos Rupestres), que estão sendo substituídas por agricultura/pecuária e, principalmente, por silvicultura (plantações de eucalipto) (Gontijo, 2001; Leite e Fujaco, 2010). Já o setor do Médio-Baixo Jequitinhonha é marcado pela presença da mineração, que registrou um aumento de 150% da área ocupada (tabela 1).

O rio Jequitinhonha apresenta regime de escoamento perene, apesar de alguns de seus tributários serem intermitentes, cujo fluxo hídrico é favorecido pelo regime torrencial das chuvas.

O transporte de sedimentos tem sido fortemente influenciado pela instalação da Central Hidrelétrica de Irapé, sendo constatada uma sensível redução do material transportado pelo rio nas áreas a jusante da barragem, tanto na estação seca, quanto nas chuvas. Contudo, observa-se que esta diminuição é mais acentuada na estação chuvosa.

O Índice de Geoacumulação (Igeo) mostrou que a maior parte das amostras são não poluídas ou moderadamente poluídas (Duodu *et al.*, 2011). No entanto, verificou-se que em alguns pontos da bacia hidrográfica. Todos os elementos apresentam uma maior

acumulação na região do Rio Araçaui, exceto U, cujas amostras com poluição alta a altamente poluído se localizam também na região centro-leste Médio-Baixo Jequitinhonha.

Os valores médios de todos os FEs foram classificados no máximo em moderado, sugerindo que a maior parte dos sedimentos amostrados são provenientes de fontes naturais (Yongming *et al.*, 2006). De forma semelhante temos o Fator de Contaminação (FC), que apresentou também a maior parte das amostras sendo classificadas como contaminação moderada e baixos percentuais enquadrados como contaminação considerável a elevada.

A área que apresentou os níveis de de FE e FC como moderado é basicamente a mesma, por isso pode-se apontar que estas concentrações são basicamente relacionadas ao ambiente natural, constituindo-se de caráter geogénico

Com relação aos valores de FE e FC do U, que apontam uma contaminação elevada na região centro-leste (Médio-Baixo Jequitinhonha), verifica-se que esta é a área que apresenta as maiores concentrações de Pb e U, provavelmente decorrentes da presença dos granitoides das supersuítas e do Complexo Jequitinhonha, foco das atuais pesquisa e minerações de lítio.

A avaliação dos índices multielementares indica que a maioria dos pontos de amostragem não apresentaram poluição pelo índice Grau de Contaminação Modificado (GCM). No entanto, os índices de Poluição e de Poluição Modificado, demonstraram um cenário diferente, o que indica a necessidade de utilização de vários índices de forma integrada para proporcionar o entendimento assertivo do contexto geoquímico de uma região.

Os índices ambientais apontam que as maiores concentrações de EPTs ocorrem em litótipos nos quais eles apresentam a tendência de estarem presentes naturalmente, o que sugere a ocorrência de uma contaminação natural na BHRJ, possivelmente agravada por exposição de materiais rochosos por atividades antrópicas (Kuchenbecker, 2018).

Os índices multielementares, em conjunto, possibilitaram indicar as regiões dos municípios mais afetados por contaminações e/ou poluições por EPTs (Figura 4). O setor do Médio-Baixo Jequitinhonha foi fortemente impactado pela redução dos fluxos (sem ocorrência de picos) e da carga sedimentar, derivada da operação da CHI. Ao mesmo tempo, essa região teve maiores reduções de chuvas nas últimas décadas.

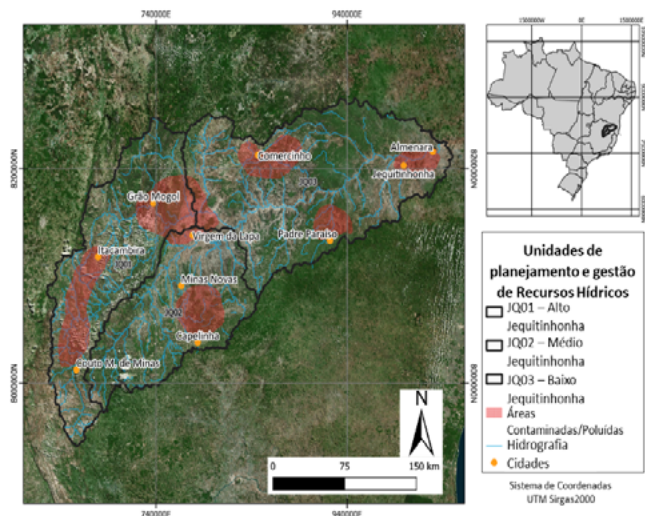


Figure. 4. Location of potential contamination sectors in the Jequitinhonha river basin, state of Minas Gerais.

Figura. 4. Localização dos setores de potencial de contaminação na bacia do rio Jequitinhonha, estado de Minas Gerais.

6. Conclusões

Apesar de apresentar muitas heterogeneidades de carácter geológico, climático e geomorfológico, a bacia do rio Jequitinhonha, em sua porção em Minas Gerais foi fortemente impactada pelas ações antrópicas ao longo das últimas décadas. O fator mais marcante foi, sem dúvida, a instalação da Central Hidrelétrica de Irapé, que entrou em plena atividade em 2007.

Apesar dos índices ambientais apontarem para controles geogênicos nas concentrações elementares nos sedimentos de corrente analisados. Constatou-se que a região mais afetada por contaminações de EPTs é o setor do Médio-Baixo Jequitinhonha, o qual foi fortemente impactado pela redução dos fluxos (sem ocorrência de picos) e da carga sedimentar, derivada da operação da CHI.

Neste sentido, conclui-se que a retenção das águas pela Central Hidrelétrica de Irapé, bem como de seus sedimentos, modificou o equilíbrio hidrossedimentar da região do Médio-Baixo Jequitinhonha, que passou a receber uma vazão mais constante, sem os picos típicos do período chuvosos.

Esses fatores foram responsáveis por reduzir a velocidade de fluxo das águas e consequentemente a sua capacidade de autodepuração, aumentando o tempo disponível para sedimentação de EPTs e, possivelmente, elevando a concentração dos sedimentos nesse setor.

Referências

- Borsoi, Z.M.F., Torres, S. D. A., 1997. A política de recursos hídricos no Brasil. *Revista do BNDES*, **4**: 143-166.
- Buykx, S. E. J., Bleijenberg, M., Hoop, M., Loch, J.P.G., 2010. The effect of oxidation and acidification on the speciation of the heavy metals in sulfide-rich freshwater sediments using a sequential extraction procedure. *Journal Environmental Monitoring*, **2**: 23-27.
- Caeiro, S., Costa, M. H., Ramos, T. B., Fernandes, F., Silveira, N., Coimbra, A., Medeiros, G., Painho, M., 2005. Assessing Heavy Metal Contamination in Sado Estuary Sediment: An Index Analysis Approach. *Ecological Indicators*, **5**: 151-169.
- Castro, M. P., 2014. Caracterização geológica da Formação Capelinha como uma Unidade Basal do Grupo Macaúbas em sua Área Tipo, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto.
- Delgado, I. M., Souza, J. D., Silva, L. C., Silveira Filho, N. C., Santos, R. A., Pedreira, A. J., Guimaraes, J. T., Angelin, L. A. A., Vasconcelos, A. M., Gomes, I. P., Lacerda Filho, J. V., Valente, C. R., Perrota, M. M., Heineck, C. A., 2003. Geotectônica Do Escudo Atlântico. In: Bizzi L.A., Schobbenhaus C., Vidotti R.M., Gonçalves J.H. (Eds.), *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, 227-234.
- Duodu, G. O., Anim, A. K., Serfor-Armah, Y., Sarfo, D. K., 2011. Assessment of the levels of toxic and potentially toxic metals in sediments from the Weija dam Ghana. *Elixir Pollut.*, **38**: 4320-4324.
- Ferreira, V. O., 2007. Paisagem, Recursos Hídricos e Desenvolvimento Econômico na Bacia do Rio Jequitinhonha, Minas Gerais. Tese de Doutorado, UFMG, Belo Horizonte.
- Förstner, U., Ahlf, W., Calmano, W., Kersten, M., 1990. Sediment criteria development: contributions from environmental geochemistry to water quality management. In: Heling, D., Rothe, P., Förstner, U., Stoffers, P. (Eds.), *Sediments and environmental geochemistry: selected aspects and case histories*. Berlin, Heidelberg, 311-338.
- Gonçalves-Dias, T., Caxito, F. A., Pedrosa-Soares, A. C., Stevenson, R., Dussin, I., Silva, L. C., Alkmim, F., Pimentel, M., 2016. Age, provenance and tectonic setting of the highgrade Jequitinhonha Complex, Araçuaí orogen, eastern Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, **46**: 199-219.
- Gontijo, B. M., 2001. Implicações do plantio generalizado de eucaliptos no empobrecimento social e da biodiversidade do alto/médio Jequitinhonha – MG. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, 57-77.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000. Mapa de Limite dos Biomas 1:250.000 - BDIA - Banco de Dados de Informações Ambientais.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007. Mapa de Limite dos Biomas 1:250.000 - BDIA - Banco de Dados de Informações Ambientais.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. Mapa de Limite dos Biomas 1:250.000 - BDIA - Banco de Dados de Informações Ambientais.
- Kuchenbecker, M., 2018. Evolução Geológica dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri: uma revisão. *Revista Espinhaço*, **7**: 53-64.
- Lacerda, O. L., 2005. Paisagem e potencial turístico no Vale do Jequitinhonha. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.
- Leite, M. G. P., Fujaco, M. A. G., 2010. A long-term annual water balance analysis of the Araçuaí River Basin, Brazil. *Journal of Geographical Sciences*, **20**: 938-946.
- Maciel, S. A., 2021. Clima, disponibilidade hídrica e pobreza na porção mineira da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.
- Müller, G., 1969. Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River. *Geojournal*, **2**: 108-118.
- Pedrosa-Soares, A.C., Vidal, P., Leonardos, O.H., Brito-Neves, B.B., 1998. Neoproterozoic oceanic remnants in eastern Brazil: further evidence and refutation of Na exclusively ensialic evolution for the Araçuaí–West Congo orogen. *Geology*, **26**: 519-522.
- Pedrosa-Soares, A. C., Campos, C. P., Noce, C. M., Silva, L. C., Novo, T. A., Roncato, J., Medeiros, S., Castañeda, C., Queiroga, G. N., Dantas, E., Dussin, I. A., Alkmim, F. F., 2011. Late Neoproterozoic-Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí orogen (Brazil), the Eastern Brazilian Pegmatite Province and related mineral resources. *Geological Society of London, Special Publications* **350**: 25-51.
- Yongming, H., Peixuan, D., Junji, C., Posmentier, E. S., 2006. Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. *Science of the Total Environment*, Amsterdam, **355**: 176-186.