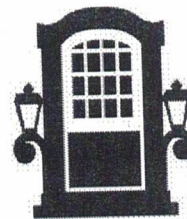




50000016039

Câmara de Vereadores de Ouro Preto

CUIDANDO DO NOSSO MAIOR PATRIMÔNIO: AS PESSOAS
Gabinete do Vereador Júlio Gori



REPRESENTAÇÃO: 98/22

Câmara Municipal de Ouro Preto
Protocolo

Nº 35007

Correspondência Recebida

Em 05/04/22

Ass. VERA Hs e 14h03 Min

À Mesa Diretora da
Câmara Municipal de Ouro Preto

Senhor Presidente,

Solicito a Vossa Excelência nos termos regimentais desta Casa, ouvido o plenário seja a presente REPRESENTAÇÃO encaminhada ao Ministério Público de Minas Gerais - Primeira Promotoria de Justiça Comarca de Ouro Preto - MG ao Excelentíssimo Sr. O Promotor Dr. Lucas Pardini Gonçalves, com cópia à Terceira Promotoria de Justiça, ao Excelentíssimo Sr. Promotor de Justiça Flávio Jordão Hamacher

A finalidade é de encaminhar a transcrição da **Avaliação Ecológica Rápida de Qualidade de Águas do Rio da Velhas, no Distrito de São Bartolomeu, Ouro Preto**, realizada pela **Universidade Federal de Minas Gerais** em conjunto com a demais instituições abaixo relacionadas:

Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Genética, Ecologia e Evolução - Laboratório de Ecologia de Bentos,

Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos,

Laboratório Nuvelhas - Projeto Manuelzão.

Levando-se em conta a importância hídrica, histórica, e econômica do Rio das Velhas, cujas nascentes estão localizadas dentro do Parque Municipal Cachoeira das Andorinhas, em nosso município;

Tendo em vista as recomendações realizadas na supracitada avaliação; atentando-se ao fato de que, transcorridos mais de dois anos da assinatura do contrato de concessão dos serviços públicos de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, pouco tem sido realizado visando a coleta e o tratamento do esgoto na sede e nos distritos; e que parte considerável deste esgoto continua sendo lançado no citado rio bem como em outros rios e córregos de Ouro Preto.



Ouro Preto

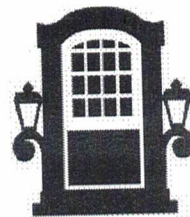
GABINETE VEREADOR
JÚLIO GORI
OURO PRETO - MG

página 1 / 2

plano

Câmara de Vereadores de Ouro Preto

CUIDANDO DO NOSSO MAIOR PATRIMÔNIO: AS PESSOAS
Gabinete do Vereador Júlio Gori



1º objetiva-se que o documento em anexo possa ser avaliado para a tomada das medidas cabíveis aspirando a proteção aos recursos hídricos bem como do meio ambiente em nosso município;

2º A notificação da Concessionária OURO PRETO SERVIÇOS DE SANEAMENTO S.A-SANEOURO no que concerne a dar início efetivamente do cumprimento da clausula 8 – OBEJETIVOS E METAS DA CONCESSÃO (...) 8.2. – (a) do esgotamento sanitário (...)

Sem mais para o momento.

Sala de Sessões, 5 de Abril de 2022.

GABINETE VEREADOR
JÚLIO GORI
OURO PRETO - MG

Vereador Júlio Gori - PSC

Naércio França

Naércio França
Vereador
Câmara de Ouro Preto

APROVADO em única discussão

Por _____
Sala das Sessões, 05 de abril de 2022

Com 09 votos a favor e com _____ votos contra

Presidente

AP = Vantuir, Luiz, Luciano, Tarcos e Bimba

Renato Zoroastro
Renato Zoroastro
Vereador
Câmara de Ouro Preto



Universidade Federal de Minas Gerais

Instituto de Ciências Biológicas
Departamento de Genética, Ecologia e Evolução
Laboratório de Ecologia de Bentos

Instituto de Geociências
Departamento de Geografia
Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos

Laboratório Nuvelhas - Projeto Manuelzão

AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA DE QUALIDADE DE ÁGUAS DO RIO DAS VELHAS NO DISTRITO DE SÃO BARTOLOMEU (OURO PRETO, MG) – junho de 2021

Equipe de Pesquisadores:

Prof. Dr. Marcos Callisto - CRBio 15940/2/4-D
Prof. Dr. Diego Rodrigues Macedo - CREA 89639/D
MSc. Carlos Bernardo Mascarenhas Alves - CRBio 08844-4D
André Braz Golgher - graduando Ciências Biológicas, UFMG
MSc. Janaina Uchôa Agra - CRBio 104052/04-D
Biól. Anderson Santos da Rocha - CRBio 123764/04-D
Geógrafa Sílvia Magalhães – CREA 70359/D
Isabela da Silva Costa - graduanda Ciências Biológicas, UFMG
Talles Alem Ribeiro - graduando Engenharia Ambiental, UFMG
Vinícius Alves Prado Reis - graduando Ciências Biológicas, UFMG

Belo Horizonte, 9 de novembro de 2021.

Resumo

A bacia do Rio das Velhas vem sendo intensivamente estudada através da utilização de bioindicadores de qualidade de água nas últimas duas décadas. O biomonitoramento foi estabelecido em Minas Gerais através da Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG No. 1, de 5 de maio de 2008. Posteriormente, a bacia do Rio das Velhas foi designada como bacia piloto para o desenvolvimento de protocolos e índices no Estado. O objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade ecológica de um trecho no alto do Rio das Velhas em São Bartolomeu (distrito de Ouro Preto, MG), utilizando abordagem de *Avaliação Ecológica Rápida*. Buscamos responder às perguntas: (i) A qualidade das águas do rio das Velhas é alterada por lançamento de efluentes urbanos na região do Distrito de São Bartolomeu? (ii) Houve perda de qualidade de água ao longo do tempo, comparando o biomonitoramento histórico e as condições atuais? Avaliamos três sítios amostrais: P1 – trecho em condições de referência, a montante do distrito de São Bartolomeu; P2 – trecho dentro do distrito, próximo à uma ponte; P3 – a jusante, próximo ao local de despejo de efluentes da Estação de Tratamento. Para a avaliação ecológica de habitats físicos utilizamos um Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Hábitats e Integridade de Zonas Ripárias. Os parâmetros físicos e químicos evidenciaram aumento de nutrientes na água, em comparação aos dados históricos, redução dos teores de Sólidos Totais Dissolvidos e menores valores de condutividade elétrica na água. Para calcular o Índice de Qualidade da Água (IQA) foram mensurados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos na coluna d'água. Para avaliar a qualidade ecológica e o funcionamento ecossistêmico do Rio das Velhas foram amostradas as comunidades de macroinvertebrados bentônicos e de peixes como bioindicadores. Os macroinvertebrados bioindicadores evidenciaram perda de qualidade ambiental devido à redução de valores de diversidade em P3, menor percentual de organismos sensíveis e tolerantes e à maior abundância de organismos resistentes à poluição (ex.: Chironomidae, Oligochaeta, Moluscos). Observamos aumento de vinte vezes nas concentrações de bactérias *Escherichia coli* em P3, evidenciando risco sanitário. Enquanto que os parâmetros físicos e químicos mensurados na coluna d'água e a comunidade de peixes avaliados em P2 e P3 não diferiram dos valores mensurados no sítio em condições de referência (P1). Recomendamos que os resultados desse estudo sejam amplamente divulgados aos moradores, visitantes, políticos e gestores ambientais no Distrito de São Bartolomeu, que seja aprimorada a eficiência do tratamento de esgotos na Estação de Tratamento e que não sejam lançados esgotos domésticos nas águas do Rio das Velhas. Reforçamos a importância da conservação do leito natural do Rio das Velhas, conservando os substratos naturais, meandros e mata ripária. Sugerimos a intensificação de campanhas de conscientização ambiental para conservar a qualidade de água, a biodiversidade aquática, bens e serviços ecossistêmicos. Como ação mitigadora do impacto causado por lançamentos de efluentes, sugerimos a implementação de campanhas de reflorestamento da mata ripária e a realização de um Programa de Biomonitoramento de longo prazo com atividades de Educação Ambiental e ciência cidadã, que envolvam moradores, turistas, professores, jovens e crianças em fase escolar.

Palavras-chave: qualidade ecológica, qualidade de água, biodiversidade aquática, Rio das Velhas, conservação de biodiversidade, bioindicadores de qualidade de água.

Resumo Executivo

Introdução

A bacia do Rio das Velhas vem sendo intensivamente estudada através da utilização de bioindicadores de qualidade de água nas últimas duas décadas. O objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade ecológica de um trecho no alto rio das Velhas em São Bartolomeu (distrito de Ouro Preto, MG) utilizando abordagem de Avaliação Ecológica Rápida. Buscamos responder às perguntas: (i) A qualidade das águas do rio das Velhas é alterada por lançamento de efluentes urbanos na região do Distrito de São Bartolomeu? (ii) Houve perda de qualidade de água ao longo do tempo, comparando o biomonitoramento histórico e as condições atuais? Para responder a essas perguntas, utilizamos as mesmas metodologias que eram utilizadas no Programa de Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas pelo Projeto Manuelzão/UFMG no período de 2003 a 2011 (macroinvertebrados bentônicos) e desde 1999 para a ictiofauna (peixes).

Metodologia

Para avaliar o potencial impacto de efluentes urbanos no distrito de São Bartolomeu, definimos três pontos de coleta, nomeados P1, P2 e P3. P1 foi considerado como sítio de referência, ou em melhor condição ecológica possível na região, pois está localizado a montante da área urbana do Distrito de São Bartolomeu e por não receber influência da urbanização. O ponto P2 localiza-se na zona urbana do Distrito, a montante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de São Bartolomeu. O ponto P3 está localizado a jusante da ETE de São Bartolomeu. Para a avaliação ecológica de habitats físicos utilizamos um Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Hábitats e Integridade de Zonas Ripárias. Para calcular o Índice de Qualidade da Água (IQA) foram mensurados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos na coluna d'água. Para avaliar a qualidade ecológica e o funcionamento ecossistêmico do Rio das Velhas foram amostradas as comunidades de macroinvertebrados bentônicos e peixes, como bioindicadores.

Resultados

A pontuação acumulada da qualidade dos habitats físicos nos pontos P1, P2 e P3 foram respectivamente 78, 43 e 60. Os parâmetros relacionados a alterações por distúrbios antrópicos foram aqueles que mais afetaram os baixos valores observados em P2 e P3, caracterizados como alterados. No geral, os resultados de parâmetros físicos e químicos de qualidade de água foram semelhantes nos três pontos de coleta. Os parâmetros físicos e químicos evidenciaram aumento de nutrientes na água, em comparação aos dados históricos, redução dos teores de Sólidos Totais Dissolvidos e menores

valores de condutividade elétrica na água. O cálculo do IQA resultou em valores classificados na faixa "bom" (70-90) de acordo com o IGAM (82,0; 71,1; 71,5, respectivamente) em todos os pontos de coleta. De acordo com esses parâmetros, observamos que os pontos de coleta apresentam boa qualidade de água. No entanto, a concentração de coliformes termotolerantes indica que P1 apresenta uma qualidade de água excelente quanto à balneabilidade (< 200 NMP/100ml; Brasil, 2000), enquanto os demais foram classificados como não satisfatórios para esta finalidade, apesar dos valores ainda se enquadrarem dentro do limite legal considerado próprio para balneabilidade (< 2000, NMP/100ml; Brasil, 2000) (Fig. 1.A). Esses resultados evidenciam que os pontos P2 e P3 possuem qualidade de água similar, porém em níveis inferiores ao ponto de referência (P1).

Os resultados do inventário de macroinvertebrados bentônicos evidenciou riqueza taxonômica e índices BMWP e ASPT similares entre os três pontos de coleta. No entanto, a composição taxonômica e a densidade de indivíduos em P3 foi marcadamente diferente dos outros pontos de coleta, devido ao elevado número de indivíduos de macroinvertebrados bentônicos resistentes à poluição, como Chironomidae (2967), Simuliidae (178), Bivalvia (24) e ocorrência de Planorbidae (potencial hospedeiro intermediário do veiculador da doença esquistossomose humana) (Fig. 1.B). Os índices de diversidade biológica de Shannon e Simpson também apontam perda significativa da diversidade em P3 quando comparada aos outros pontos de coleta (Fig. 1.C e 1.D). A avaliação de táxons sensíveis, tolerantes e resistentes evidenciou valores semelhantes em P1 e P2 (Tabela 8). No entanto, em P3 foram observados menores percentuais de macroinvertebrados bentônicos sensíveis e tolerantes e predomínio de organismos resistentes à poluição. A estimativa das abundâncias relativas de grupos tróficos funcionais evidenciou que os coletores-catadores são maioria nos três sítios amostrais, com valores crescentes entre P1, P2 e P3. Os cálculos dos índices sobre funcionamento de ecossistemas evidenciaram que em P3 há maiores teores de FPOM – matéria orgânica particulada fina - transportada na coluna d'água, do que nos demais sítios amostrais; e menores teores de CPOM - matéria orgânica particulada grossa. Esses resultados mostram que o ponto 3 apresenta uma qualidade ecológica inferior aos demais.

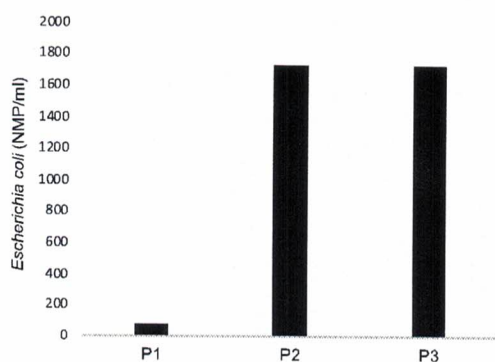


Figura 1A

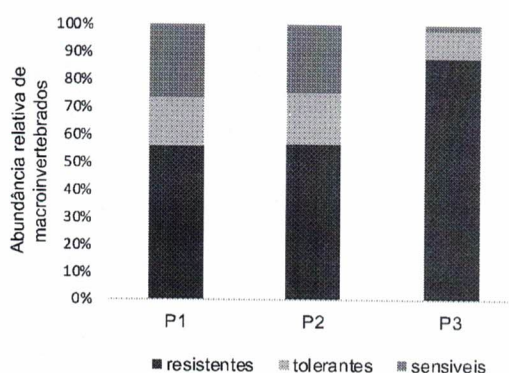


Figura 1B

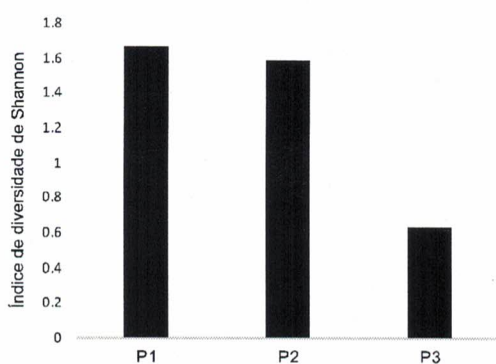


Figura 1C

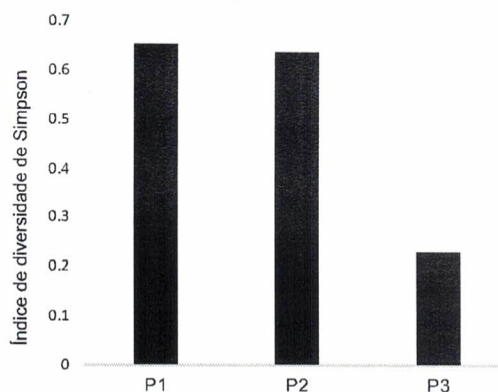


Figura 1D

Figura 1. Destaque de dados bióticos coletados no rio das Velhas em três pontos de coleta no Distrito de São Bartolomeu (Ouro Preto-MG), em junho de 2021. P1 –em condições de referência, a montante do distrito. P2 –na zona urbana, a montante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de São Bartolomeu. P3 –localizado a jusante da ETE de São Bartolomeu. Figura 1A: Concentração de bactérias *Escherichia coli* (NMP/100 ml). Figura 1B: Abundância relativa de macroinvertebrados bioindicadores de qualidade de água, resistentes, tolerantes e sensíveis a distúrbios humanos. Figura 1C: Valores do índice de diversidade de Shannon para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Figura 1D: Valores de índice de diversidade de Simpson para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos.

Recomendações

Recomendamos aos moradores e visitantes do Distrito de São Bartolomeu, políticos e gestores ambientais, ser de fundamental importância divulgar os resultados deste estudo de Avaliação Ecológica Rápida da qualidade das águas e biodiversidade do Rio das Velhas no Distrito de São Bartolomeu. Sugerimos: (i) a ampliação da rede de captação de esgoto doméstico no distrito para evitar o lançamento de esgotos sem tratamento nas águas do rio das Velhas; (ii) que seja realizada uma investigação mais detalhada da carga de nutrientes e microrganismos lançados nas águas do rio das Velhas pela ETE; (iii) investigação das principais fontes da carga difusa, que podem estar ligadas à

deficiência na limpeza urbana e disposição de resíduos sólidos; (iv) a preservação do leito natural do Rio das Velhas; (v) a conservação da vegetação ripária e o plantio de mudas de espécies nativas, conforme preconizado pelo Código Florestal Brasileiro (Lei No. 12.651 de 25 de maio de 2012); (vi) a intensificação de campanhas de sensibilização de moradores, visitantes, estudantes e população ribeirinha sobre a importância da conservação de qualidade de água e biodiversidade aquática (p.ex. insetos aquáticos e peixes), a importância dos bens e serviços ecossistêmicos providos pelo Rio das Velhas e os riscos de perda devido ao incremento de poluição em suas águas; (vii) a realização de um Programa de Biomonitoramento com Bioindicadores de Qualidade de Água, contínuo e de longo prazo (5-10 anos), financiado pelo Poder Público, utilizando as abordagens e ferramentas aqui apresentadas, permitindo a comparação com a série histórica de dados existente; (viii) a implementação de um Programa de Monitoramento Participativo (ciência cidadã).

Introdução

A abundância de água de boa qualidade está diretamente associada à integridade biológica de comunidades de organismos aquáticos (Silva et al., 2017). Além disso, o manejo sustentável de recursos hídricos provém múltiplos benefícios e serviços ecossistêmicos para populações humanas (Silva et al., 2017). Entretanto, a crescente demanda por água para múltiplos usos urbanos e perturbações antrópicas têm causado degradação generalizada de ecossistemas aquáticos. Como consequência, a biodiversidade aquática vem sofrendo um rápido declínio devido à perda de habitats, poluição das águas, mudanças nos usos do solo, invasões por espécies exóticas, mudanças no fluxo natural dos rios e mudanças climáticas (Feio et al., 2015). Distúrbios antropogênicos são particularmente severos em regiões tropicais em grandes cidades que têm como características a coleta e tratamento deficientes de esgotos domésticos, a sobre-exploração de recursos hídricos, o corte da vegetação nativa dando lugar a pastos, plantações e áreas de mineração (Callisto et al., 2019b; Feio et al., 2015; Garuana et al., 2020; Silva et al., 2017). Particularmente no Brasil, importantes bacias hidrográficas como as dos rios Doce, São Francisco, Piracicaba e Paraopeba, têm sofrido múltiplos impactos devido a esses fatores (Garuana et al., 2020).

A maioria das fontes de água para múltiplos usos humanos localizam-se em áreas urbanas ou peri-urbanas, onde as densidades populacionais são elevadas, causando, portanto, sérios problemas ambientais (Feio et al., 2021). Como consequência, córregos urbanos usualmente transportam sedimentos e poluentes e apresentam elevado grau de impermeabilidade de seu leito devido ao assoreamento (Silva et al., 2018). Programas de monitoramento de qualidade de águas podem subsidiar a proposição de soluções efetivas para esses distúrbios antropogênicos, mas também podem ser de elevado custo, demandando técnicas sofisticadas. Além disso, deve-se ter em mente a importância de avaliar não só aspectos físicos e químicos da água, bem como o habitat físico e as condições biológicas (França et al., 2019). Assim, avaliações de qualidade de água e potencial restauração de córregos e rios devem levar em conta diferentes aspectos do ecossistema, tais como qualidade de água, transporte de água e sedimentos, morfologia e dinâmica do canal, regime hidrológico, e composição de espécies de fauna e flora aquáticas (Feio et al., 2015; Wantzen et al., 2019; Feio et al., 2021). Além disso, o estudo e a restauração de córregos e rios devem integrar, sempre que possível, valores ecológicos, econômicos e sociais, para que serviços ecossistêmicos de ambientes aquáticos sejam mantidos no longo prazo (Callisto et al., 2019a), caracterizando uma perspectiva multidisciplinar Humboldtiana (Callisto et al., 2019b), para conservação e manejo de bacias hidrográficas.

A bacia do rio das Velhas vem sendo intensivamente estudada nas últimas duas décadas através da utilização de bioindicadores de qualidade de água. Garuana et al. (2020), por exemplo, analisaram indicadores físicos e químicos na água e assembleias de macroinvertebrados bentônicos em microbacias urbanas na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e os associaram a indicadores de saúde humana, tais como taxa de mortalidade infantil e internação por diarreia na bacia hidrográfica do rio das Velhas (MG). Callisto et al. (2019a) analisaram a bacia do Rio das Velhas associando dados físicos e químicos na água, classes de cobertura de solo e dados do Censo Demográfico relacionados com bioindicadores bentônicos. França et al. (2019) analisaram indicadores

de habitat físico, condições físicas e químicas da água e bioindicadores bentônicos para avaliar a relevância do monitoramento em ciência cidadã na avaliação e monitoramento de condições ecológicas de córregos urbanos em Belo Horizonte e região metropolitana. Macedo et al. (2011), Silveira et al. (2019) e Rothe-Neves et al. (2019) analisaram a reabilitação de córregos urbanos, também na região Metropolitana de Belo Horizonte. Agra et al. (2015, 2019) e Martins et al. (2018) avaliaram córregos em condições de referência na biomas Mata Atlântica e Cerrado. Feio et al. (2015) compararam sítios em condições de referência e sítios perturbados na bacia do Rio das Velhas utilizando índices multimétricos bentônicos. Ferreira et al. (2011, 2012), Macedo et al. (2016) e Silva et al. (2017) desenvolveram índices multimétricos para avaliar assembleias de macroinvertebrados bentônicos em bacias hidrográficas no cerrado mineiro e Martins et al. (2020, 2021) recentemente avaliaram a efetividade desses índices e o risco ecológico do uso do solo em uma bacia hidrográfica no cerrado.

O objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade ecológica de um trecho no alto do rio das Velhas em São Bartolomeu (distrito de Ouro Preto, MG) utilizando abordagem de Avaliação Ecológica Rápida. Buscamos responder às perguntas: (i) A qualidade das águas do rio das Velhas é alterada por lançamento de efluentes urbanos na região do Distrito de São Bartolomeu? (ii) Houve perda de qualidade de água ao longo do tempo, comparando o biomonitoramento histórico e as condições atuais? Para responder a essas perguntas, utilizamos as mesmas metodologias que eram utilizadas no Programa de Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas pelo Projeto Manuelzão/UFMG no período de 2003 a 2011 (macroinvertebrados bentônicos) e desde 1999 (peixes, Alves & Pompeu, 2010).

Material e Métodos

Área de Estudo

As amostragens em campo foram realizadas em três sítios amostrais no trecho alto do Rio das Velhas no distrito de São Bartolomeu (município de Ouro Preto, Minas Gerais) (Figura 1). O distrito de São Bartolomeu está inserido na Unidade de Conservação denominada Área de Proteção Ambiental Cachoeira das Andorinhas (APA Cachoeira das Andorinhas), com 18,7 mil hectares, e que tem por objetivo principal a proteção de nascentes e riachos no trecho alto da bacia do Rio das Velhas. A região é considerada zona de transição entre a Mata Atlântica e o Cerrado, biomas considerados "hotspots" terrestres de biodiversidade (Myers et al., 2000). Dentre as fitofisionomias predominantes observam-se florestas estacionais semi-decíduais e os campos rupestres.

O trecho alto do Rio das Velhas está inserido na zona do Quadrilátero Ferrífero, uma das principais jazidas de minério de ferro do Brasil, que somada à produção em Carajás (Pará), coloca o país na 2ª posição do ranking mundial em extração de ferro (IBRAM, 2012). O clima é do tipo CWb segundo a classificação do Köppen, caracterizado por invernos secos com temperaturas médias entre 13,5 °C e 15,5 °C (junho a agosto) e verões chuvosos com temperaturas médias entre 20 °C e 21 °C (novembro a janeiro). Ao longo do ano a precipitação varia entre a mínima de 1.300 mm e máxima de 1.900 mm (Scalco & Gontijo, 2011).

Para avaliar o potencial impacto de efluentes urbanos no distrito de São Bartolomeu, definimos três pontos de coleta, nomeados P1, P2 e P3 (Figura 1). P1 ($20^{\circ} 18' 47,2''$ S; $43^{\circ} 34' 29,8''$ O) foi considerado como o sítio de referência, ou em melhor condição ecológica possível na região, pois está localizado a montante da área urbana do Distrito de São Bartolomeu e por não receber influência da urbanização (Fotografias 1 e 2). O ponto P2 ($20^{\circ} 18' 42,1''$ S; $43^{\circ} 34' 45,1''$ O) localiza-se na zona urbana do Distrito, a montante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de São Bartolomeu (Fotografias 3 e 4). O ponto P3 está localizado a jusante da ETE de São Bartolomeu ($20^{\circ} 18' 40,3''$ S; $43^{\circ} 34' 49,9''$ O) (Fotografias 5 e 6). No detalhe (Fotografia 7), o ponto exato de saída da tubulação de lançamento do efluente tratado na ETE no rio das Velhas.

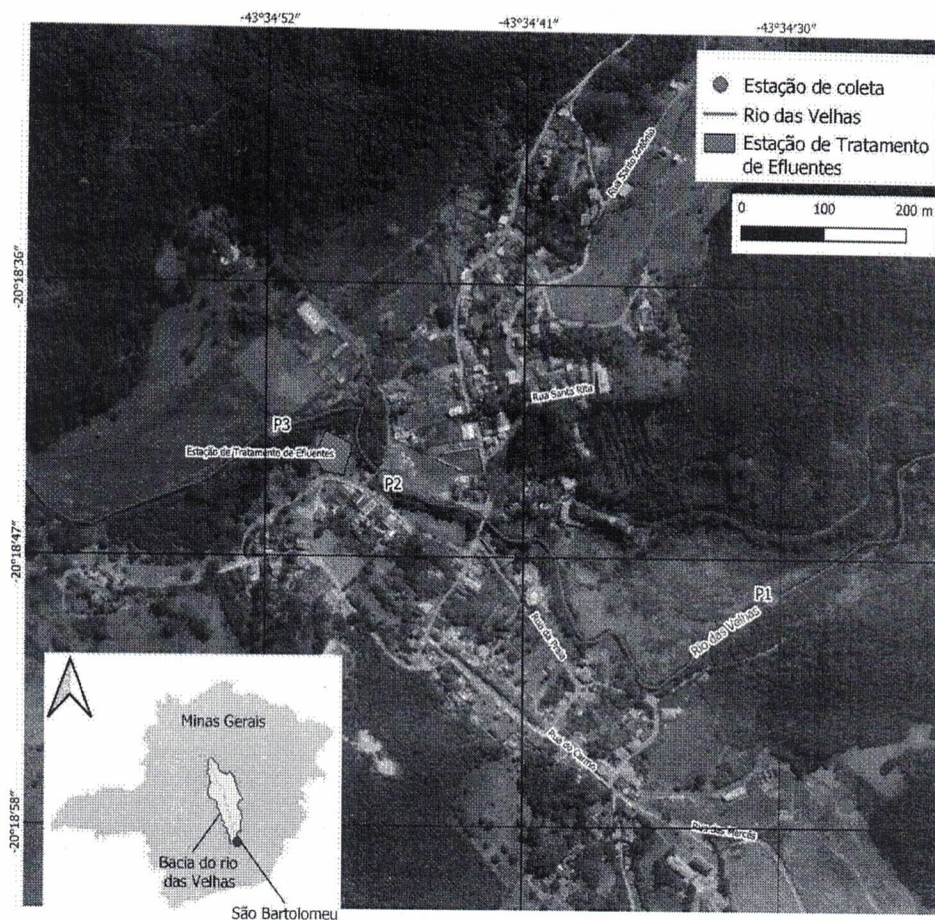
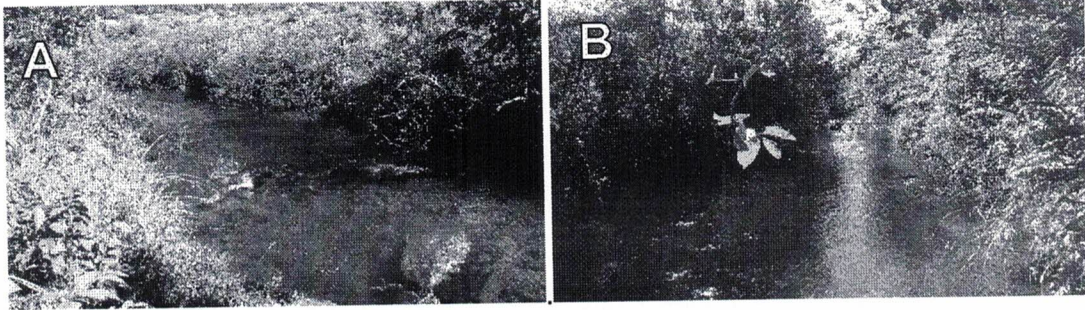
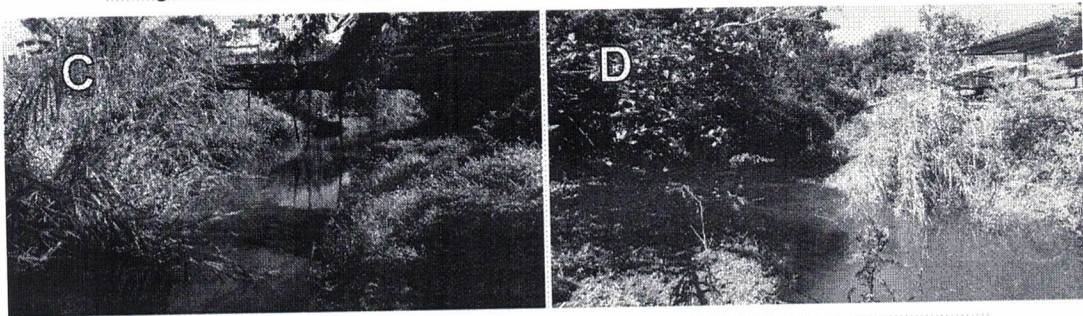


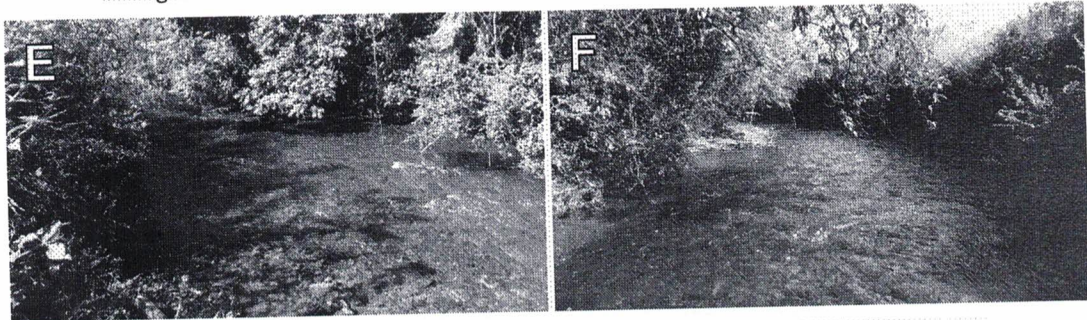
Figura 1. Localização das estações de coleta no distrito de São Bartolomeu.



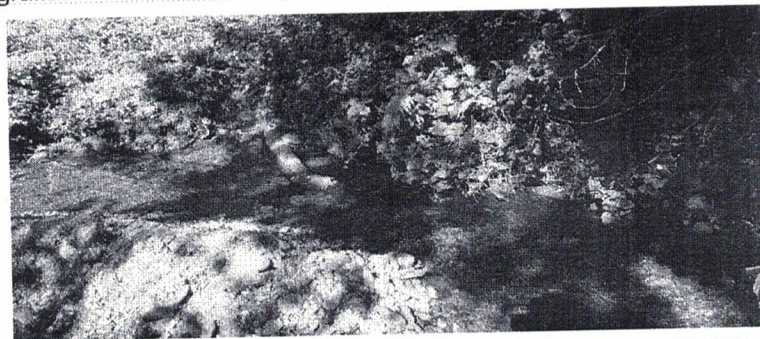
Fotografias 1 e 2. Ponto P-1: (A) visão para jusante; (B) visão para montante.



Fotografias 3 e 4. Ponto P-2: (C) visão para jusante; (D) visão para montante.



Fotografias 5 e 6. Ponto P-3: (E) visão para jusante; (F) visão para montante.



Fotografia 7. Local de lançamento do efluente tratado pela Estação de Tratamento de Esgoto da Saneouro.

Amostragens em campo

Protocolo Avaliação Rápida Diversidade de Hábitats e Integridade Zonas Ripárias

Na visita a campo realizada em 24/06/2021 foi aplicado o protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats físicos e integridade de zonas ripárias, proposto por Callisto et al. (2002). Esse protocolo possibilita uma avaliação ecológica rápida e descrição de trechos de córregos ou rios com a utilização de observações visuais, que são pontuadas e somadas, fornecendo um valor total final para o local analisado.

O protocolo baseia-se em dois quadros, sendo o primeiro com 10 quesitos, pontuados de 0 a 4, onde os valores mais altos indicam menor interferência antrópica. Os quesitos são: tipo de ocupação das margens do corpo d'água; erosão próxima e/ou nas margens; alterações antrópicas; cobertura vegetal do leito; odor, oleosidade e transparência da água; e odor, oleosidade e tipo de fundo. O segundo quadro tem 14 quesitos, pontuados de 0 a 5, sendo atribuídos maiores valores à menor influência por atividades antrópicas. Os indicadores incluem: tipos de fundo; extensão e frequências de rápidos; tipos de substrato; deposição de lama e sedimentos; alteração no canal do rio; características do fluxo de água; presença e extensão de mata ciliar; estabilidade das margens; e presença de plantas aquáticas. O somatório dos dois quadros resulta entre 0 e 100, sendo que valores de 0 a 40 representam trechos impactados, valores de 41 a 60 representam trechos alterados, e valores acima de 60 representam trechos em condições de referência. Esse protocolo foi anteriormente utilizado em diversos estudos, sendo de rápida e eficiente aplicação para diagnóstico de qualidade ambiental na bacia do Rio das Velhas (França et al., 2019, Feio et al., 2015, Ferreira et al., 2011, 2012, Macedo et al., 2011).

Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade de água

Foram mensurados *in situ* nos três sítios amostrais parâmetros físicos e químicos de qualidade de água, incluindo temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L e % saturação) (YSI), pH, potencial oxirredox (Digimed DM-2P), turbidez (Digimed DM-TU), condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade e resistividade (Digimed DM-3P).

Em laboratório foram determinados os teores de nutrientes totais e dissolvidos na água: P-total (mg/L), N-total (mg/L), nitrato (mg/L), nitrito (mg/L). Além disso, foi realizada a análise de oxigênio dissolvido (mg/L) e demanda bioquímica de oxigênio (mg/L). As análises seguiram a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005) e foram realizadas no Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos do Departamento de Geografia no Instituto de Geociências/UFMG. Adicionalmente foram coletadas amostras de água para a mensuração de coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) na medida de número mais provável por 100 mililitros (NMP/100 ml). A identificação foi realizada pelo teste Colilert, aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (US-EPA) e amplamente utilizado no Brasil (Conama 357/2005). As análises foram realizadas no Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas/UFMG. Os dados da série histórica do Programa de Biomonitoramento do Projeto Manuelzão/UFMG (coletados no ponto P2) foram utilizados comparativamente aos obtidos neste estudo.

O índice de qualidade das águas – IQA foi calculado segundo a metodologia utilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2017). Este índice é internacionalmente utilizado para avaliar a qualidade de água bruta, sobretudo o uso para abastecimento público, após tratamento (Klamt et al., 2021). Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são, em sua maioria, indicadores de contaminação causada por lançamento de esgotos domésticos. O índice é composto por 9 parâmetros que são ponderados por valores de peso (w) com base na importância para a avaliação global da qualidade da água (Tabela 1). Sendo assim, o cálculo do IQA é resultado do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a seguinte fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i -ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

w_i = peso correspondente ao i -ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade

Tabela 1. Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivos pesos. Fonte: IGAM (2017)

Parâmetro	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais Dissolvidos	0,08

Bioindicadores bentônicos de qualidade de água

Foram coletadas três sub-amostras de sedimento com um amostrador do tipo *Surber* (0,09m²) em cada um dos três pontos de coleta, sendo uma amostra em substrato de seixos/cascalhos, outra amostra em sedimentos finos (areias e siltes) e uma terceira amostra em depósitos de folhas submersas. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e fixadas com álcool 70%. Em laboratório as sub-amostras de sedimento foram lavadas, os organismos triados e identificados até o nível taxonômico de família, exceto para os indivíduos da subordem Hydracarina, da classe Bivalvia e a subclasse Oligochaeta. Os organismos foram identificados sob lupa, utilizando chaves taxonômicas específicas (Costa et al., 2006; Fernández e Domínguez, 2001; Merritt et al., 2008; Mugnai et al., 2010).

Os indivíduos identificados em cada uma das sub-amostras coletadas em um mesmo ponto de coleta foram somados para o cálculo de métricas biológicas. Foram estimadas a riqueza (número total de táxons identificados), a composição taxonômica, a abundância de indivíduos, o índice de diversidade de Shannon (H') (Equação 1) e o índice de diversidade de Simpson (D) (Equação 2) para cada ponto de coleta. O índice de Shannon varia de zero ao ∞, sendo que quanto maior o seu valor mais diverso é o local (Magurran, 2013). O índice de Simpson varia de zero a 1, e quanto maior o valor mais diverso é o local amostrado (Magurran, 2013).

Equação 1:

$$H = - \sum p_i \ln (p_i)$$

Onde:

p_i = a proporção de abundância de um táxon específico.

Equação 2:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Onde:

S = riqueza de táxons

p_i = a proporção de abundância de um táxon específico.

Os macroinvertebrados bentônicos foram classificados em sensíveis, tolerantes e resistentes às perturbações antrópicas (França e Callisto, 2019). Para cada táxon foi atribuída uma pontuação com base no nível de sensibilidade do táxon frente à distúrbios antrópicos de acordo com tabela proposta por Junqueira et al. (1998), (2000) e (2018). A pontuação varia de 1 a 10, e quanto maior é a pontuação maior a sensibilidade do táxon aos distúrbios.

A partir das pontuações nós calculamos cinco índices biológicos para cada ponto amostral, sendo eles a abundância relativa (%) dos táxons sensíveis, tolerantes e resistentes em cada ponto de coleta, os índices BMWP (Biological Monitoring Working Party) e BMWP-ASPT (Average Score per Taxon). O índice BMWP consiste na somatória desta pontuação, enquanto o BMWP-ASPT é obtido pela razão do valor de BMWP pelo número de famílias pontuadas em cada ponto de coleta.

Em locais mais preservados, espera-se encontrar mais indivíduos sensíveis do que em locais perturbados por atividades antrópicas, onde os organismos mais resistentes devem prevalecer. De acordo com Junqueira et al. (2000), a classificação de qualidade de águas está delimitada por faixas de valores do índice BMWP, onde valores > 81 indicam uma condição “excelente”, entre 80-61 “boa”, entre 60-41 “regular”, 40-26 “ruim” e < 25 é considerada “péssima”. Locais onde o somatório de escores de BMWP-ASPT for maior que 6, a qualidade da água é considerada como “muito boa”, entre 6-5 “boa”, entre 4,9-3,9 “regular”, entre 2,5-3,8 “ruim” e valores menores que 2,5 classificam a qualidade das águas como “péssima”.

Para determinar o funcionamento do ecossistema, os táxons foram classificados em cinco Grupos Funcionais, de acordo com a principal forma como adquirem sua fonte de alimento (Cummins et al., 2005; Merritt et al., 2008; Ramírez & Gutiérrez-Fonseca, 2014): coletores-catadores, coletores-filtradores, fragmentadores, raspadores ou predadores. Os coletores-catadores alimentam-se principalmente de depósitos de matéria orgânica particulada fina (FPOM). Os coletores-filtradores filtram a FPOM na coluna d'água (coletores-filtradores). Os fragmentadores são aqueles que quebram a matéria orgânica particulada grossa (CPOM). Os raspadores são capazes de raspar o perífiton de superfícies duras no fundo de rios. Enquanto que os predadores alimentam-se de outros animais (Tabela 2).

Baseado na composição de grupos tróficos funcionais, foram calculados três índices que avaliam a condição funcional das assembleias de macroinvertebrados bentônicos em cada sítio amostral (Cummins et al. 2005): (a) um *proxy* para a quantidade de matéria orgânica particulada fina (FPOM) transportada na coluna d'água, calculada como a proporção de coletores-filtradores sobre coletores-catadores (C-F/CC); (b) um *proxy* para a quantidade de matéria orgânica particulada grossa (CPOM) disponível, calculada como a proporção de fragmentadores sobre a de coletores-filtradores e catadores (F/CF+CC); (c) um *proxy* para a estabilidade de substrato, estimado como a proporção de raspadores e coletores-filtradores sobre a proporção de fragmentadores e coletores-catadores (R+CF/F+CC) (Tabela 3).

Peixes como bioindicadores

Para a coleta dos peixes foi empregada uma peneira (forma de D) de tela mosquiteira (malha de 1mm), utilizada em cada um dos três trechos demarcados, por 15 minutos, envolvendo duas pessoas. Foram coletados peixes junto à vegetação marginal, nos barrancos escavados e no leito, envolvendo pedras e cascalho contra a correnteza.

Os peixes coletados foram acondicionados em sacos plásticos, rotulados com o nome do ponto de coleta e data da amostragem, e mantidos em bombona plástica com solução de formol 10%. Foi realizado o registro fotográfico das espécies em laboratório. Após o período de uma semana, os peixes foram retirados da solução de formol, lavados, pesados e medidos, identificados ao nível de espécie (Britski et al., 1986; Langeani, 1990; Buckup, 1992; Lütken, 2010; Terán et al., 2020). Em seguida, foram mantidos em solução de álcool 70%, no Laboratório Nuvelhas do Projeto Manuelzão/UFGM.

Tabela 2: Categorias de grupos tróficos funcionais e fontes de recursos (adaptado de Cummins et al., 2005 e Merritt et al., 2017). MOPG = Matéria Orgânica Particulada Grossa (CPOM = Coarse Particulate Organic Matter), MOPF = Matéria Orgânica Particulada Fina (FPOM = Fine Particulate Organic Matter).

Grupos Tróficos	Mecanismos alimentação tamanho de partículas	Recursos alimentares dominantes	Amplitude de tamanho de partículas de alimento (mm)
Fragmentadores	Mastigam folhas condicionadas por hyphomicetos aquáticos ou tecidos de plantas vasculares, ou madeira apodrecida	MOPG em decomposição (ou macrófitas aquáticas vivas) de plantas vasculares	> 1,00
Coletores-filtradores	Alimentam-se de partículas em suspensão, filtrando a água	MOPF – partículas de detritos em decomposição; algas, bactérias, fezes de invertebrados	0,01 – 1,00
Coletores-catadores	Alimentam-se de partículas depositadas no sedimento ou coletam partículas em áreas deposicionais	MOPF – partículas de detritos em decomposição; algas, bactérias, fezes de invertebrados	0,05 – 1,00
Raspadores	Pastam em rochas e superfícies de madeiras ou gravetos ou plantas aquáticas enraizadas	Perifiton – algas filamentosas não aderidas e detritos associados, microflora e fauna, e fezes	0,01 – 1,00
Predadores	Capturam e engolem presas ou tecidos, ingerem fluidos corporais	Presas animais vivas	> 0,5

Tabela 3: Razões de grupos funcionais de alimentação como indicadores de atributos de ecossistemas lóticos.

Atributo do Ecossistema	Símbolos para os atributos dos ecossistemas	Razões dos grupos tróficos funcionais para os atributos	CrITÉrios Gerais
Índice autotrófico a heterotrófico	P/R	Raspadores por fragmentadores + total de coletores	Autotrófico > 0,75
Índice MOPG a MOPF	MOPG/MOPF	Fragmentadores por total de coletores	Associação de fragmentadores relacionada ao funcionamento da zona ripária > 0,25
MOPF suspensa sendo transportada a MOPF estocada no sedimento (depósitos bênticos)	MOPFt/MOPFb	Coletores filtradores por coletores catadores	MOPF transportada (em suspensão) maior que as partículas em suspensão > 0,50
Estabilidade de substrato no canal	Canal estável	Raspadores + coletores filtradores por fragmentadores + coletores catadores	Abundância de substratos estáveis (p.ex. pedras, seixos, grandes troncos, plantas vasculares enraizadas) > 0,50

Resultados

Protocolo de Avaliação Rápida de Diversidade de Hábitats e Integridade de Zonas Ripárias

As características físicas do habitat dos três sítios amostrais foram avaliadas pela aplicação do protocolo de avaliação física de habitats (Callisto et al. 2002) (Tabela 4). A pontuação acumulada nos pontos P1, P2 e P3 foram respectivamente 78, 43 e 60. Os parâmetros relacionados a alterações por distúrbios antrópicos foram aqueles que mais afetaram os baixos valores observados em P2 e P3.

Os resultados de parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos de qualidade de água foram semelhantes nos três pontos de coleta (Tabela 5), exceto para os valores de potencial oxi-redox e turbidez na água, que apresentaram alta variação entre os pontos. O cálculo do IQA resultou em valores classificados na faixa "boa" (71-90) de acordo com o IGAM (82,0; 71,1; 71,5, respectivamente) para todos os pontos de coleta. De acordo com esses parâmetros, observamos que os pontos de coleta apresentam boa qualidade de água. A concentração de coliformes termotolerantes indica que P1 apresenta uma qualidade de água excelente quanto à balneabilidade (< 200 NMP/100ml; Brasil, 2000), enquanto os demais pontos amostrais estão classificados como não satisfatórios para esta finalidade, mas os valores ainda enquadram-se dentro do limite legal considerado próprio para a balneabilidade (< 2000, NMP/100ml; Brasil, 2000).

Tabela 4 - Características físicas do habitat nos três pontos amostrais no Rio das Velhas em São Bartolomeu (MG), junho de 2021.

Parâmetros	Pontos Amostrais		
	P1	P2	P3
Tipo de ocupação das margens do corpo d'água	2	0	2
Erosão próxima e/ou nas margens do rio, assoreamento seu leito	2	1	2
Alterações antrópicas	4	2	2
Cobertura vegetal no leito	4	0	4
Odor da água	4	4	2
Oleosidade da água	4	4	4
Transparência da água	4	2	2
Odor do sedimento	4	4	3
Oleosidade do fundo	4	4	3
Tipo de fundo	4	2	4
Tipos de fundo (habitats)	5	2	2
Extensão de rápidos	3	2	3
Frequência de rápidos	3	2	5
Tipos de substratos	3	0	1
Deposição de lama	5	2	3
Depósitos sedimentares	5	2	2
Alterações no canal do rio	5	3	5
Características do fluxo de água	5	5	4
Presença de mata ciliar	2	0	2
Estabilidade das margens	3	2	3
Extensão de mata ciliar	0	0	2
Presença de plantas aquáticas	3	0	0
Total	78	43	60
Resultado	referência	alterado	alterado

Tabela 5 – Parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos de qualidade de água nos três pontos amostrais no Rio das Velhas em São Bartolomeu (MG), junho de 2021 e valores médios (ponto P2) da série histórica (Projeto Manuelzão/UFMG) no período de seca, de 2003 a 2011.

Parâmetros abióticos	P1	P2	P3	Média
Temperatura (°C)	13,4	13,4	14,7	16,5
pH	7,95	7,02	7,82	8,04
OD (mg/L)	12,6	12,5	12,3	7,69
OD (%)	134	136	136	-
Potencial oxi-redox (mV)	67	113	35	-
Turbidez (UNT)	1,49	5,52	2,56	6,72
Sólidos Totais Dissolvidos (ppm ou mg/L)	7,32	7,47	8,29	31,04
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	28,9	29,1	30,5	27,95
Resistividade ($\text{K}\Omega \times \text{cm}^{-1}$)	35,8	35,4	33,6	-
Salinidade (ppt)	0,0	0,0	0,0	-
DBO (mg/L)	0,4	0,3	0,35	-
P-total (mg/L)	0,033	0,038	0,038	0,02
N-total (mg/L)	2,52	1,68	1,96	0,32
Nitrito (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	-
Nitrato (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/mL)	81,3	1732,9	1732,9	-
Índice de Qualidade das Águas (IQA)	82,0	75,1	75,1	-

Bioindicadores Bentônicos

Foram coletados 4509 macroinvertebrados bentônicos, classificados em 31 famílias de insetos aquáticos, além de Oligochaeta, Hydrudinea e moluscos (Tabela 6). Os resultados do inventário de macroinvertebrados bentônicos evidenciou riqueza taxonômica similar entre os três pontos de coleta. No entanto, a composição taxonômica e a densidade de indivíduos em P3 foi marcadamente diferente dos outros pontos de coleta, devido ao elevado número de indivíduos de Chironomidae (2967), Simuliidae (178), Bivalvia (24) e ocorrência de Planorbiidae (potencial hospedeiro intermediário do veiculador da doença esquistossomose humana). Os índices de diversidade de Shannon e Simpson também apontam perda significativa da diversidade taxonômica em P3 quando comparada com os outros pontos de coleta (Tabela 7).

A avaliação de táxons sensíveis, tolerantes e resistentes evidenciou valores semelhantes em P1 e P2 (Tabela 8). No entanto, em P3 foram observados menores percentuais de organismos sensíveis e tolerantes e predomínio de resistentes. Os resultados dos índices BMWP e ASPT não evidenciaram diferenças entre os três pontos de amostragem. Considerando os índices biológicos, em todos os pontos de coleta a água foi considerada como “excelente” para a faixa de classificação do índice BMWP e “muito boa” para a faixa do índice BMWP-ASPT.

A estimativa das abundâncias relativas de grupos tróficos funcionais evidenciou que os coletores-catadores são maioria nos três sítios amostrais, com valores crescentes entre P1, P2 e P3. Além disso, P3 difere dos demais pela maior proporção de coletores-filtradores, enquanto que predadores, fragmentadores e raspadores foram menos abundantes do que nos demais sítios amostrais (Tabela 9).

Os cálculos dos índices sobre funcionamento de ecossistemas evidenciaram que em P3 há maiores teores de FPOM transportada na coluna d'água dos que nos demais sítios amostrais (Tabela 9). Por outro lado, menor concentração de CPOM. O valor para o último dos indicadores mostra valores menores para P2, sugerindo uma menor estabilidade do substrato do que nos demais sítios, como avaliado pelo Protocolo de Avaliação Rápida de habitats.

Tabela 6 – Composição taxonômica, classificação em grupos tróficos funcionais e número de indivíduos de macroinvertebrados bentônicos bioindicadores de qualidade de água coletados nos três pontos amostrais no rio das Velhas, São Bartolomeu (MG) em junho de 2021. (CC: coletores-catadores, CF: coletores-filtradores, P: predadores, F: fragmentadores).

Táxons	GTF	P1	P2	P3
Ephemeroptera-Baetidae	CC	12	15	61
Ephemeroptera-Leptohyphidae	CC	84	79	11
Ephemeroptera-Leptophlebiidae	CC	41	3	5
Plecoptera-Perlidae	P	4	1	3
Plecoptera-Gripopterygidae	F	1	2	5
Trichoptera-Hydrobiosidae	P	0	0	3
Trichoptera-Hydropsychidae	CF	4	0	10
Trichoptera-Calamoceratidae	F	16	10	1
Trichoptera-Hydroptilidae	R	1	0	0
Trichoptera-Leptoceridae	F	0	3	2
Trichoptera-Odontoceridae	F	0	0	1
Trichoptera-Polycentropodidae	P	2	0	0
Trichoptera-Sericostomatidae	F	1	1	0
Coleoptera-Elmidae	CC	55	46	74
Coleoptera-Hydrophilidae	P	4	4	9
Coleoptera-Psephenidae	R	1	0	3
Coleoptera-Scirtidae	R	0	0	3
Heteroptera-Naucoridae	P	0	4	0
Heteroptera-Helotrephidae	P	1	7	0
Odonata-Aeshnidae	P	1	0	0
Odonata-Calapterygidae	P	6	1	9
Odonata-Coenagrionidae	P	1	1	1
Odonata-Gomphidae	P	8	12	3
Odonata-Libellulidae	P	3	6	3
Odonata-Megapodagrionidae	P	6	1	1
Diptera-Chironomidae	CC	357	272	2967
Diptera-Ceratopogonidae	P	21	1	10
Diptera-Empididae	P	0	2	1
Diptera-Simuliidae	CF	1	3	178
Diptera-Tabanidae	P	0	0	1
Diptera-Tipulidae	F	5	4	1
Oligochaeta	CC	0	0	2
Hydracarina	P	0	1	0
Mollusca-Bivalvia	F	1	0	24
Mollusca-Planorbidae	R	0	0	1

Tabela 7 – Métricas de riqueza, abundância e diversidade de Shannon e Simpson de macroinvertebrados bentônicos coletados nos três pontos amostrais no Rio das Velhas em São Bartolomeu (MG), junho de 2021 e valores médios (ponto P2) da série histórica (Projeto Manuelzão/UFMG) no período de seca, de 2003 a 2011.

Métricas biológicas	Sítios amostrais			Média histórica
	P1	P2	P3	
Riqueza	25	23	28	14
Abundância	637	479	3393	423
Índice de Shannon	1,67	1,59	0,63	-
Índice de Simpson	0,65	0,64	0,23	-

Tabela 8 – Indicadores associados à sensibilidade às alterações antrópicas nos três pontos amostrais no Rio das Velhas em São Bartolomeu (MG), junho de 2021.

Métricas Biológicas	P1	P2	P3
BMWP	166	153	158
BMPW-ASPT	6,6	6,7	6,0
% Sensíveis	26,5	24,2	1,5
% Tolerantes	17,3	19,0	10,2
% Resistentes	56,2	56,8	88,3

Tabela 9 – Grupos funcionais alimentares de macroinvertebrados bentônicos nos três pontos amostrais no Rio das Velhas em São Bartolomeu (MG), junho de 2021.

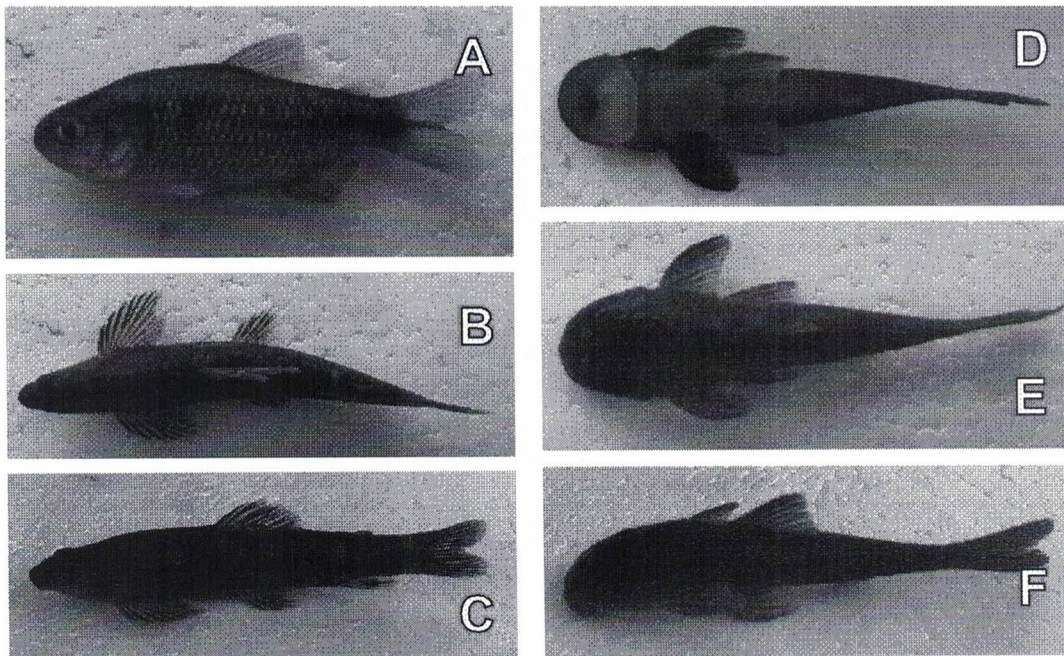
Grupo Funcional Alimentar	Sítios amostrais		
	P1	P2	P3
% Coletores-catadores (CC)	78%	82%	92%
% Coletores-filtradores (CF)	1%	1%	6%
% Predadores (P)	9%	8%	1%
% Fragmentadores (F)	3%	3%	0%
% Raspadores (R)	4%	1%	0%

Peixes

Foram coletados 34 indivíduos pertencentes a 3 espécies (Tabela 10; Fotografia 8). A Tabela 11 apresenta os valores de abundância em número e biomassa das 3 espécies registradas, por local de amostragem.

Tabela 10. Lista das espécies de peixes ordenadas por Ordem e Família, com os respectivos nomes populares coletadas nos três pontos amostrais no Rio das Velhas em São Bartolomeu (MG), junho de 2021.

<i>Taxa</i>	Nome popular
Ordem Characiformes	
Família Characidae	
<i>Psalidodon rivularis</i> (Lütken 1875)	Lambari
Família Crenuchidae	
<i>Characidium fasciatum</i> Reinhardt 1867	Mocinha
Ordem Siluriformes	
Família Loricariidae	
<i>Neoplecostomus franciscoensis</i> Langeani 1990	Cascudinho



Fotografia 8. *Psalidodon rivularis* (lambari) – vista lateral (A), *Characidium fasciatum* (mocinha) – vistas dorsal (B) e lateral (C) - *Neoplecostomus franciscoensis* (cascudinho) – vistas ventral (D), dorsal (E) e lateral (F).

Tabela 11. Número (N) e biomassa (B) das espécies, por local de amostragem, coletadas nos três pontos amostrais no Rio das Velhas em São Bartolomeu (MG), junho de 2021.

Espécies	Locais						Total	
	SB-1		SB-2		SB-3		N	B (g)
	N	B (g)	N	B (g)	N	B (g)		
<i>Psalidodon rivularis</i>	-	-	1	4,84	15	28,37	16	33,21
<i>Characidium fasciatum</i>	1	4,33	-	-	-	-	1	4,33
<i>Neoplecostomus franciscoensis</i>	10	20,45	-	-	7	9,17	17	29,62
Total	11	24,78	1	4,84	22	37,54	34	67,16

Discussão

Os resultados deste estudo evidenciam que a ocupação urbana na sede do Distrito de São Bartolomeu (MG) tem causado a perda da qualidade ambiental do Rio das Velhas, através de fontes de poluição de origem difusa (em P2) e direta, por meio do efluente tratado lançado pela ETE (P3). Destacamos a redução da diversidade de habitats, a perda de aproximadamente 60% da diversidade biológica de macroinvertebrados bentônicos indicadores de qualidade da água e o aumento da concentração de bactérias *Escherichia coli* em mais de 20 vezes em relação ao ponto amostrado de referência, a montante do distrito. Comparando com a série histórica de biomonitoramento realizado nas últimas duas décadas ao longo da bacia do rio das Velhas, observa-se risco à qualidade ecológica, bens e serviços ecossistêmicos oferecidos por suas águas, no Distrito de São Bartolomeu.

Os efluentes urbanos, mesmo tratados, são potencialmente responsáveis por causar distúrbios antropogênicos em ecossistemas aquáticos e suas bacias de drenagem. Em regiões tropicais como o Brasil, observam-se coleta e tratamento deficientes de esgotos domésticos e o corte da vegetação nativa dando lugar a pastos, plantações e áreas de mineração (Callisto et al., 2019b; Feio et al., 2015; Garuana et al., 2020; Silva et al., 2017). Em São Bartolomeu, as descargas eventuais da Estação de Tratamento de Esgoto da Saneouro no rio das Velhas tem comprometido a qualidade de suas águas, avaliadas, que podem ser enquadradas como de qualidade insatisfatória para a balneabilidade, de acordo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 274/2000 sobre as concentrações bacteriológicas observados nos pontos de coleta P2 e P3. Além disso, os bioindicadores bentônicos apontam redução das abundâncias de grupos sensíveis e tolerantes. Observamos também o aumento exacerbado da abundância de organismos da família Chironomidae ($N_{P1} = 317$, $N_{P3} = 2967$), que é um grupo reconhecido como resistente à poluição. Esta alteração na composição taxonômica evidencia perda de biodiversidade e distúrbio devido ao lançamento de esgotos pela ETE. No entanto, o impacto antrópico sobre os cursos d'água não ocorre apenas em lançamentos pontuais. A urbanização causa o aumento do carreamento de partículas presentes na superfície das cidades, como por exemplo resíduos sólidos, excremento de animais, partículas atmosféricas oriundas de queima de combustíveis fósseis. Esse processo aumenta a carga de nutrientes, sedimentos, metais, pesticidas e outros contaminantes, que impactam os cursos d'água e levam ao declínio nas comunidades aquáticas (Paul & Meyer, 2001). Os serviços de saneamento devem contemplar, além da coleta e tratamento de esgotos de forma eficiente, a limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente (Brasil, 2020).

A composição taxonômica e a diversidade de macroinvertebrados bentônicos tem sido frequentemente utilizada como medida de integridade de ecossistemas aquáticos (Macedo et al., 2016; Callisto et al., 2019a) na bacia do Rio das Velhas (p.ex. Ferreira et al., 2011, 2012). Em áreas urbanas são encontrados menores valores de índices de diversidade e métricas biológicas (p.ex. BMWP, BMWP-ASPT), como reflexo de distúrbios humanos nos ecossistemas aquáticos, sobretudo devido à urbanização e lançamento de esgotos sem tratamento adequado. A restauração de rios urbanos é prioridade em todo o hemisfério sul (Wantzen et al., 2019), com peculiaridades geográficas e político-

sociais, na chamada “Síndrome dos Hidrossistemas Urbanos do Hemisfério Sul”. A diversidade de problemas biofísicos e interações sociais, incluindo a percepção dos ecossistemas aquáticos por moradores, interações entre atores sociais e as motivações sócio-ambientais devem ser consideradas para o delineamento de projetos de restauração fluvial (Feio et al., 2021). O Rio das Velhas no Distrito de São Bartolomeu ainda possui condições de referência, capacitando-o a ser uma meta para projetos de restauração fluvial em trechos de cabeceira em bacias hidrográficas tropicais.

Programas de monitoramento de qualidade de águas podem subsidiar a proposição de soluções efetivas para esses distúrbios antropogênicos, mas deve-se ter em mente a importância de acessar não só aspectos físicos e químicos da água, bem como o habitat físico e as condições biológicas (França et al., 2019). O monitoramento de longo prazo realizado na bacia do Rio das Velhas identificou que a poluição de c. 5 milhões de habitantes na Região Metropolitana de Belo Horizonte o caracteriza como o mais poluído e de maiores proporções na bacia do Rio São Francisco (Feio et al., 2015; Callisto et al., 2019a). Além disso, 20% da bacia localiza-se em uma das principais reservas minerais de ouro e ferro na região do Quadrilátero Ferrífero. Esta poluição de águas é associada ao número de internações por diarreia infantil (indicador de saúde humana), corroborando que a saúde de populações humanas é afetada pela qualidade de água em rios urbanos (Garuana et al., 2020). Portanto, os resultados apresentados neste Relatório evidenciam o risco potencial futuro à qualidade de águas e à saúde da população de moradores do Distrito de São Bartolomeu.

Todas as três espécies de peixes são típicas de cabeceiras de cursos d’água (Langeani, 1990; Buckup, 2003; Lütken, 2010) caracterizadas por serem ambientes lóticos, com águas rápidas, temperaturas baixas, fundo de areia, cascalho e rochas. Apesar disso, exploram o ambiente de forma diferente. *Psalidodon rivularis*¹ é uma espécie característica de riachos. Lütken (2010) a denominava “piaba-do-córrego” ao contrário de outro lambari simpátrico como piaba-do-lago (*Astyanax lacustris*). Segundo Junqueira et al. (2012) aspectos ecomorfológicos estudados para duas espécies registradas em São Bartolomeu demonstraram sua habilidade em explorar esse tipo de ambiente: *Psalidodon rivularis* tem corpo lateralmente achatado, com pedúnculo caudal comprimido, típico de espécies neotônicas e *N. franciscoensis* mostra forma corporal deprimida, caracterizada por achatamento dorso-ventral e olhos localizados dorsalmente, comum em espécies bentônicas. Espécies do gênero *Characidium* habitam pequenos riachos de fluxo rápido, explorando o leito de seixos, rochas e vegetação. Alguns ocorrem em corredeiras mais fortes ou mesmo pequenas cachoeiras (Buckup, 2003). Conseguem se sustentar contra a corrente utilizando suas nadadeiras peitorais avantajadas (Fotografia 8B). *Neoplecostomus franciscoensis* além do corpo achatado (Fotografia 8F), possui boca inferior com forma de ventosa (Fotografia 8D) e também nadadeiras peitorais fortes com primeiro raio duro (Fotografia 8E), configurando sua estratégia de ocupação de ambientes lóticos, onde se alimenta do perifíton.

Todas essas espécies de peixes identificadas neste monitoramento já foram registradas em campanhas anteriores, realizadas desde junho de 1999, no programa de Biomonitoramento de Peixes da Bacia do Rio das Velhas (Alves & Pompeu, 2010). Em São Bartolomeu foram registradas 9 espécies

¹ *Psalidodon rivularis* era denominado anteriormente como *Astyanax scabripinnis rivularis* ou *Astyanax aff. scabripinnis*. Depois passou a ser considerado como *Astyanax rivularis*.

em 1999-2000 (Alves & Pompeu, 2010), 10 espécies tanto em 2005-2007 (Alves & Pompeu, 2009) como em 2010-2011 (Alves *et al.*, 2011) e 8 espécies em 2015-2016 (Alves *et al.*, 2017). Na segunda campanha prevista neste projeto espera-se aumentar a riqueza de espécies registrada até o momento. A menor riqueza observada no presente trabalho decorre do fato de se tratar de uma coleta rápida, utilizando apenas um petrecho de pesca, diferente da metodologia utilizada no biomonitoramento regular na bacia, com uso redes de espera de malha pequena, rede de arrasto, tarrafa, além da peneira.

As espécies de peixes registradas podem ser consideradas típicas de nascentes de rios e riachos, podendo ser consideradas sensíveis à perda de qualidade da água e do ambiente em seu entorno. *Psalidodon rivularis* é onívoro alimentando-se tanto de macroinvertebrados aquáticos como de insetos provenientes da mata ciliar. *Characidium fasciatum* se alimenta de macrozooplâncton e invertebrados aquáticos (Uieda, 1983), com preferência para larvas de insetos (Casatti & Castro, 2006). *Neoplecostomus franciscoensis*, se alimenta do perífiton aderido ao cascalho (Casatti & Castro, 1988) e estruturas rígidas do leito do rio, como a maioria dos Loricariídeos (Andrade, 2012). Essas características dos hábitos alimentares dos peixes podem nos fazer supor que, no rio das Velhas em São Bartolomeu, há condições favoráveis à sua manutenção, comprovada pela sua ocorrência nos últimos 22 anos.

Caso a qualidade das águas do rio das Velhas seja alterada por atividades urbanas em São Bartolomeu, pode-se supor que as espécies hoje registradas possam sofrer impactos e até desaparecerem localmente. No próprio rio das Velhas esse tipo de situação foi registrado a jusante da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) tanto para peixes quanto para macroinvertebrados bentônicos (Pompeu *et al.*, 2005). Com base na avaliação da ictiofauna como bioindicador, aparentemente ainda não foi detectada perda de qualidade de água ao longo do tempo, já que as espécies registradas ocorrem na área há duas décadas, pelo menos.

Conclusões & Recomendações

Recomendamos aos moradores e visitantes do Distrito de São Bartolomeu, políticos e gestores ambientais, ser de fundamental importância divulgar os resultados deste estudo de Avaliação Ecológica Rápida da qualidade das águas e biodiversidade do Rio das Velhas no Distrito de São Bartolomeu. Sugerimos (i) a ampliação da rede de captação de esgoto doméstico do distrito, para evitar o lançamento de esgotos sem tratamento nas águas do rio das Velhas; (ii) recomendamos que seja realizada uma investigação mais detalhada da carga de nutrientes e microrganismos lançados nas águas do rio das Velhas pela ETE; (iii) investigar as principais fontes geradoras de carga difusa que podem estar ligadas à deficiência na limpeza urbana e disposição de resíduos sólidos; (iv) a preservação do leito natural do Rio das Velhas; (v) a conservação da vegetação ripária e o plantio de mudas de espécies nativas, conforme preconizado pelo Código Florestal Brasileiro (Lei No. 12.651 de 25 de maio de 2012); (vi) a intensificação de campanhas de conscientização junto a moradores, visitantes, estudantes e população ribeirinha sobre a importância da conservação de qualidade de água e biodiversidade aquática (p.ex. insetos aquáticos e peixes), a importância dos bens e serviços ecossistêmicos providos pelo Rio das Velhas e os riscos de perda devido ao incremento de poluição

em suas águas; (vii) a realização de um Programa de Biomonitoramento com Bioindicadores de Qualidade de Água, contínuo e de longo prazo (5-10 anos), financiado pelo Poder Público, utilizando as abordagens e ferramentas aqui apresentadas, permitindo a comparação com a série histórica de dados existente; (viii) a implementação de um Programa de Monitoramento Participativo (ciência cidadã), com as metodologias descritas em França & Callisto (2019).

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelo Projeto de Pesquisa & Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica (CEMIG-ANEEL GT-599); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG (PPM 00104-08), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (140364/2021-8 para JA, 304060/2020-8 para MC, 309763-2020-7 para DRM), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (Código 001). Agradecemos ao Sr. José Geraldo dos Anjos pelo apoio nas amostragens em campo, ao técnico Fernando César da Costa do Laboratório de Geomorfologia e Recursos Hídricos (Depto. Geografia, IGC-UFMG) pelo apoio nas análises de nutrientes em laboratório, e às sugestões de Diego Castro e Marden Linares.

Referências

- Agra, J., Callisto, M. & Santos, R. (2015) Condições de referência em riachos tropicais: bases para monitoramento e conservação de recursos hídricos. Anais do VIII CBUT, Curitiba.
- Agra, J., Ligeiro, R., Macedo, D.R., Hughes, R.M. & Callisto, M. (2019) Ecoregions and stream types help us understand ecological variability in neotropical reference streams. *Marine and Freshwater Research*, 70, 594-602. doi: 10.1071/MF18309.
- Alves, C.B.M. & Pompeu, P.S. 2010. A Fauna de Peixes da Bacia do Rio das Velhas no Final do Século XX. In: Alves, C.B.M; Pompeu, P.S. (Org.). Peixes do Rio das Velhas: Passado e Presente. 2 ed. Belo Horizonte: Argvmentvm, 2010, v. 1, p. 167-189.
- Alves, C.B.M. & Pompeu, P.S. 2009. Análise comparativa da distribuição espacial da fauna de peixes na calha do rio das Velhas, após a operação da ETE – Arrudas. Relatório Técnico Final. Feam. 22p.
- Alves, C.B.M., Pompeu, P.S. & Bueno, M.L. 2011. Biomonitoramento da bacia do rio das Velhas pós-operação da ETE Onça (2010-2011). Relatório Técnico Final. Copasa. 122p.
- Alves, C.B.M; Pompeu, P.S.; França, J.S.; Godinho, L.S. & Carvalho, D.R. 2017. Biomonitoramento da Ictiofauna e Monitoramento Ambiental Participativo na Bacia do Rio das Velhas. Relatório Técnico Final. Agência Peixe Vivo, 534p.
- Andrade, B.N. 2012. Uma espécie nova de *Neoplecostomus* Eigenmann & Eigenmann, 1888 (Siluriformes: Loricariidae: Neoplecostominae) do Sistema do Alto rio Paraná, com uma descrição osteológica completa de *Neoplecostomus microps* (Steindachner, 1876). Dissertação de Mestrado. Unesp. 99p.

- APHA - American Public Health Association (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- Barbola, I., Moraes, M., Anazawa, T., Nascimento, E., Sepka, E., Polegatto, C., Milléo, J. & Schühli, G. (2011) Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. Iheringia. Série Zoologia, Porto Alegre, 101 (1-2), 5-23.
- Brasil (2000). Resolução 274 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 29 de outubro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. In: Diário Oficial da União, Brasília, 25 de janeiro de 2001.
- Brasil (2005). CONAMA 357-Conselho Nacional de Meio Ambiente. Diário Oficial da União 53: 58-63.
- Brasil (2020). Lei 14026 de 15 de julho de 2020. Novo Marco Legal do Saneamento Básico. In: Diário Oficial da União, Brasília, 15 de julho de 2020.
- Britski, H. A., Sato, Y. & Rosa, A. B. S. (1986). Manual de Identificação de Peixes da região de Três Marias. Brasília: Câmara dos Deputados/CODEVASF. 128p, il.
- Buckup, P. A. (1992) Redescription of *Characidium fasciatum*, type species of the Characidiinae (Teleostei, Characiformes). Copeia, 1992 (4), 1066-1073.
- Callisto, M., Ferreira, W., Moreno, P., Goulart, M. & Petrucio, M. (2002) Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). Acta Limnol. Bras., 14 (1), 91-98.
- Callisto, M., Moreno, P. & Macedo, D. (2019a) Biomonitoramento e pressões da urbanização: uma abordagem integrada entre Ecologia e Geografia na bacia do rio das Velhas. Revista Espinhaço, 8 (1), 2-12. doi: 10.5281/zenodo.3345811.
- Callisto, M., Solar, R., Silveira, F., Saito, V., Hughes, R., Fernandes, G., Gonçalves-Júnior, J., Leitão, R., Massara, R., Macedo, D., Neves, F. & Alves, C. (2019b) A Humboldtian Approach to mountain conservation and freshwater ecosystem services. Frontiers in Environmental Science, 7 (195), 1 – 12. doi: 10.3389/fenvs.2019.00195.
- Camelo, F. (2013) Avaliação da qualidade ambiental da Bacia do Rio Uberabinha através de um índice BMWP adaptado. Dissertação na UFU.
- Casatti, L. & R. M. C. Castro. 1998. A fish community of the São Francisco River headwater riffles, southeastern Brazil. Ichthyological Exploration of Freshwaters, 9: 229-242
- Casatti, L. & Castro, R.M.C. 2006. Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. Neotropical Ichthyology, 4(2):203-214.
- Costa, C., Ide, S. & Simonka, C. (2006) Insetos imaturos – Metamorfose e Identificação. Ribeirão preto: Holos.
- Cummins, K.W., Merritt, R.W. & Andrade, P.C.N. (2005) The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. Studies on Neotropical Fauna and Environment, 40(1): 69-89.

- Da Silva, P. (2005) Revisão dos Principais índices Bióticos Utilizados em Monitoramento Ambiental através de Macroinvertebrados Bentônicos. Monografia apresentada ao Departamento de Zoologia da UFPR.
- Esteves, F. & Amado, A. (2011) Nitrogênio. Em: Fundamentos de Limnologia (Esteves, F.: Coordenador). Rio de Janeiro: Editora Interciência, 3ª edição.
- Esteves, F., Figueiredo-Barros, M. & Petrucio, M. (2011) Principais cátions e ânions. Em: Fundamentos de Limnologia (Esteves, F.A. Coordenador). Rio de Janeiro: Editora Interciência, 3ª edição.
- Esteves, F. & Furtado, A. (2011) Oxigênio dissolvido. Em: Fundamentos de Limnologia (Esteves, F.: Coordenador). Rio de Janeiro: Editora Interciência, 3ª edição.
- Esteves, F. & Marinho, C. (2011) Carbono Inorgânico. Em: Fundamentos de Limnologia (Esteves, F.: Coordenador). Rio de Janeiro: Editora Interciência, 3ª edição.
- Esteves, F.A. & Panosso, R. (2011) Fósforo. Em: Fundamentos de Limnologia (Esteves, F.: Coordenador). Rio de Janeiro: Editora Interciência, 3ª edição.
- Feio, M.J., Ferreira, W., Macedo, D., Eller, A., Alves, C.B.M., França, J.S. & Callisto, M. (2015) Defining and testing targets for the recovery of tropical streams based on macroinvertebrate communities and abiotic conditions. *River Res. Applica.*, 31, 70-84. doi: 10.1002/rra.2716.
- Feio, M.J., Hughes, R.M., Callisto, M. et al. (2021) The biological assessment and rehabilitation of the world's rivers: an overview. *Water* 13: 371. Doi: 10.3390/w13030371.
- Fernández, W. & Domínguez, E. (2001) Guía para la determinación de los Artrópodos Bentônicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, Tucumán.
- Ferreira, W.R., Paiva, L. & Callisto, M. (2011) Development of a benthic multimetric index for biomonitoring of a neotropical watershed. *Braz. J. Biol.*, 71 (1), 15-25.
- Ferreira, W.R., Rodrigues, D.R., Alves, C.B.M. & Callisto, M. (2012) Biomonitoramento de longo prazo da bacia do rio das Velhas através de um índice multimétrico bentônico. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17 (3), 253-259.
- França, J.S. & Callisto, M. (2019) Monitoramento participativo de rios urbanos por estudantes-cientistas. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/2019/Livro_monitoramento/LivroCompleto.pdf
- França, J.S., Solar, R., Hughes, R.M. & Callisto, M. (2019) Student monitoring of the ecological quality of neotropical urban streams. *Ambio*, 48, 867-878. doi: 10.1007/s13280-018-1122-z.
- Garuana, L., Macedo, D.R., Matta-Machado, A.T. & Callisto, M. (2020) Integração de indicadores ecológicos, ambientais e de saúde humana em microbacias urbanas. *Revista do Espinhaço*, 9 (1), 1-16. doi: 10.5281/zenodo.3937470.
- IBRAM, 2012. Informações e análises da economia mineral Brasileira. , 68, <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00002806.pdf>.
- IGAM - INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DE ÁGUAS (2017). Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2016. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão de Águas, 172 p

- Klamt, R.A., Lobo, E.A., Costa, A.B. da (2021). Development of a Water Quality Index (WQI) for public supply in the Vale do Rio Pardo region, RS, Brazil. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 16(4):e2711
- Junqueira, M.V. & Campos, S.C.M. (1998) Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 10 (2), 125-135.
- Junqueira, M.V., Amarante, M., Dias, C. & França, E. (2000) Biomonitoramento de qualidade das águas da Bacia do Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 12 (1), 73-87.
- Junqueira, N.T.; Leal, C.G.; Alves, C. B. M. & Pompeu, P.S. 2012. Morphological diversity of fish along the rio das Velhas, Minas Gerais, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 10(2):417-424.
- Junqueira, M.V., Alves, K., Paprocki, H., Campos, M., de Carvalho, M., Mota, H., & Rolla, M. (2018). Índices bióticos para avaliação de qualidade de água de rios tropicais – síntese do conhecimento e estudo de caso: bacia do alto Rio Doce. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, (49), 15-33. <https://doi.org/10.5327/Z2176-947820180322>
- Langeani, F. (1990) Revisão do gênero *Neoplecostomus* Eigenmann & Eigenmann, 1888, com a descrição de quatro novas espécies do sudeste brasileiro (Ostariophysi, Siluriformes, Loricariidae). *Comunicações do Museu de Ciências da PUCRS: série Zoologia*, 3 (1), 3-31.
- Lütken, C.F. 2010. Peixes do rio das Velhas: uma contribuição para a ictiologia do Brasil. Pp. 23-164. In: Alves, C.B.M. & Pompeu, P.S. 2010. Peixes do rio das Velhas: passado e presente. Belo Horizonte, Argvmentvm, cap. 2, 25-166.
- Macedo, D.R., Callisto, M., Magalhães Jr, A.P. (2011). Restauração de cursos d'água em áreas urbanizadas: Perspectivas para a realidade brasileira. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 16(3): 127–139.
- Macedo, D.R., Hughes, R.M., Ferreira, W.R., Firmiano, K., Silva, D., Ligeiro, R., Kaufmann, P.R. & Callisto, M. (2016) Development of a benthic macroinvertebrate multimetric index (MMI) for Neotropical Savanna headwater streams. *Ecological Indicators*, 64, 132-141. doi:10.1016/j.ecolind.2015.12.019.
- Merritt, R.W., Cummins, K.M. & Berg, M. (2008) An introduction to aquatic insects of North America, 4^a ed. Kendall/Hunt publishing company, Dubuque, IA.
- Minas Gerais, 2008. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de maio de 2008. Belo Horizonte.
- Mugnai, R., Nessimian, J. & Baptista, D. (2010) Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, RJ.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10706275>.
- Paul, M., J., & Meyer, J., L. (2001). Stream in the urban landscape. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32: 333–65.
- Percebon, C., Bittencourt, A. & Rosa Filho, E. (2005) Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de B lumenau, SC. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 56, p. 7-19, 2005. Editora UFPR.

- Pompeu, P.S.; Alves, C.B.M. & Callisto, M. 2005. The effects of urbanization on biodiversity and water quality in the Rio das Velhas basin, Brazil. In: Brown, L. R.; Hughes, R. M.; Gray, R. & Meador, M.R. (Org.). Effects of urbanization on stream ecosystems. Bethesda, Maryland, pp. 11-22.
- Portal da qualidade das águas. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>
- Ramírez, A. & Gutiérrez-Fonseca, P. (2014) FFG of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literature. *Revista de Biología Tropical*, 62(Supl 2): 155-167. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15785>. PMID:25189076.
- Rothe-Neves, M., Macedo, D.R. & Callisto, M. (2019) Eficiência de projetos de reabilitação de rios urbanos no Brasil: um estudo de caso do programa Drenurbs – Belo Horizonte (MG). XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu (PR).
- Scalco, R. F. & Gontijo, B.M. (2011). Paradoxos e complexidades na gestão do Mosaico de Unidades de Conservação da Área de Proteção Ambiental Cachoeira das Andorinhas - Ouro Preto/MG. *GEOUSP - Espaço e Tempo* 30: 90–106.
- Silva, D., Herlihy, A., Hughes, R.M. & Callisto, M. (2017) An improved macroinvertebrate multimetric index for the assessment of wadeable streams in neotropical savanna. *Ecological indicators*, 81, 514-525. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.06.017.
- Silva, D., Herlihy, A., Hughes, R.M., Macedo, D.R. & Callisto, M. (2018) Assessing the extent and relative risk of aquatic stressors on stream macroinvertebrate assemblages in the neotropical savanna. *Science of the Total Environment*, 633, 179-188. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.127.
- Silveira, J. et al. (2019) Avaliação da qualidade da água e influência da sazonalidade em córregos urbanos reabilitados. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu (PR).
- Terán, G.E., Benitez, M.F. & Mirande, J.M. (2020). Opening the Trojan horse: phylogeny of *Astyanax*, two new genera and resurrection of *Psalidodon* (Teleostei: Characidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 190 (4), 1217-1234
- Tomanova, S., Moya, N. & Oberdoff, T. (2008) Using macroinvertebrate biological traits for assessing biotic integrity of neotropical streams. *River Res.Appl.*, 24, 1230-1239. doi:10.1002/rra.1148.
- Uieda, V.S. 1983. Regime alimentar, distribuição espacial e temporal de peixe (Teleostei) em um riacho na região de Limeira, São Paulo. Dissertação de Mestrado. Unicamp. 151p.
- Wurzbacher, C., Wannicke, N., Grimmer, I & Barlocher, F. (2016) Effects of FPOM size and quality on aquatic heterotrophic bacteria. *Limnologia* 59, 109-115. doi: 10.1016/j.limno.2016.04.001

LABORATÓRIO DE TAXONOMIA, BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA DE FUNGOS
DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA - ICB-UFMG

PESQUISA DE *Escherichia coli* EM ÁGUA

Nome: Diego Macedo

Origem da amostra: P1

Data da coleta da amostra: 24/06/2021

Hora: 10:05

Data do início da análise: 24/06/2021

Hora: 15:15

RESULTADO DA ANÁLISE

COLIMETRIA PELO MÉTODO DO COLILERT® IDEXX QUANTI-TRAY 2000

MEIO DE CULTURA	MICRO-ORGANISMO	Resultado
MEIO EC-MUG	<i>Escherichia coli</i>	81,3 NMP/100mL*

*NMP: Número Mais Provável /100ml

CONCLUSÃO

A amostra de água apresenta contaminação por bactérias de origem fecal.

Belo Horizonte, 25 de junho 2012

Responsável:


Carlos Augusto Rosa
P/ ANA RAQUEL G. SANTOS

OBSERVAÇÃO: Para que uma água seja considerada potável, deve-se atender ao padrão de potabilidade, que envolve os padrões estabelecidos para parâmetros microbiológicos, substâncias químicas que representam risco à saúde, cianotoxinas, radioatividade e organolépticos de acordo com as disposições presentes na Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

LABORATÓRIO DE TAXONOMIA, BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA DE FUNGOS
DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA - ICB-UFMG

PESQUISA DE *Escherichia coli* EM ÁGUA

Nome: Diego Macedo

Origem da amostra: P2

Data da coleta da amostra: 24/06/2021

Hora: 11:20

Data do início da análise: 24/06/2021

Hora: 15:20

RESULTADO DA ANÁLISE

COLIMETRIA PELO MÉTODO DO COLILERT® IDEXX QUANTI-TRAY 2000

MEIO DE CULTURA	MICRO-ORGANISMO	Resultado
MEIO EC-MUG	<i>Escherichia coli</i>	1732,9 NMP/100mL*

*NMP: Número Mais Provável /100ml

CONCLUSÃO

A amostra de água **apresenta** contaminação por bactérias de origem fecal.

Belo Horizonte, 25 de junho 2012

Responsável:



Carlos Augusto Rosa
P/ ANA RAQUEL O. SANTOS

OBSERVAÇÃO: Para que uma água seja considerada potável, deve-se atender ao padrão de potabilidade, que envolve os padrões estabelecidos para parâmetros microbiológicos, substâncias químicas que representam risco à saúde, cianotoxinas, radioatividade e organolépticos de acordo com as disposições presentes na Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

LABORATÓRIO DE TAXONOMIA, BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA DE FUNGOS
DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGIA - ICB-UFMG

PESQUISA DE *Escherichia coli* EM ÁGUA

Nome: Diego Macedo

Origem da amostra: P3

Data da coleta da amostra: 24/06/2021

Hora: 11:00

Data do início da análise: 24/06/2021

Hora: 15:28

RESULTADO DA ANÁLISE

COLIMETRIA PELO MÉTODO DO COLILERT® IDEXX QUANTI-TRAY 2000

MEIO DE CULTURA	MICRO-ORGANISMO	Resultado
MEIO EC-MUG	<i>Escherichia coli</i>	1732,9 NMP/100mL*


*NMP: Número Mais Provável /100ml

CONCLUSÃO

A amostra de água apresenta contaminação por bactérias de origem fecal.

Belo Horizonte, 25 de junho 2012

Responsável:


Carlos Augusto Rosa
P/ ANA RAQUEL C. SANTOS

OBSERVAÇÃO: Para que uma água seja considerada potável, deve-se atender ao padrão de potabilidade, que envolve os padrões estabelecidos para parâmetros microbiológicos, substâncias químicas que representam risco à saúde, cianotoxinas, radioatividade e organolépticos de acordo com as disposições presentes na Portaria do Ministério da Saúde Nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

LABORATÓRIO DE GEOMORFOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS
 Instituto de Geociências - IGC/UFMG
 Av: Antonio Carlos, 6627 - sala 107
 Telefone: (31)3409-6330
 Email: labgeomorfo@igc.ufmg.br

Dados da coleta						
Local: São Lourenço				Data: 24/06/2021		
Responsável: Prof. Diego				Analista: Fernando		
Parâmetros IQA	Padrões da resolução CONAMA 357/05	Unidade	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	
	Águas doces - classe II					
Temperatura	-	°C	-	-	-	
pH	6,0 a 9,0	-	-	-	-	
Turbidez	≤ 100	NTU	-	-	-	
STD	500	mg/L	-	-	-	
Oxigênio dissolvido	≥ 5,0	mg OD/L	9	8,9	8,85	
DBO ^{5 dias/20 °C}	< 5,0	mg DBO/L	0,4	0,3	0,35	
Nitrogênio Total (NTK)	3,7	mg N/L	2,52	1,68	1,96	
Nitrito	1	mg NO ₂ /L	<0,1	<0,1	<0,1	
Nitrato	10	mg NO ₃ /L	<0,1	<0,1	<0,1	
Fósforo Total		mg P/L	0,033	0,038	0,038	
Coliformes totais		NMP/100 mL	-	-	-	

