

INFLUÊNCIA DO HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO SOLO E GRAU DE PROTEÇÃO DA BACIA NA QUALIDADE DA ÁGUA EM PARQUES URBANOS: UM ESTUDO DE CASO EM BELO HORIZONTE

Diego Rodrigues Macedo ¹
Hiolanda Alves Lourenço ²
Fernando César da Costa ³
Anderson Santos da Rocha ⁴

INTRODUÇÃO

Os rios desempenham um importante papel ao fornecer bens e serviços ecossistêmicos essenciais para as populações humanas, como o abastecimento de água para consumo doméstico e irrigação, regulação e proteção contra enchentes, além de servirem como habitats cruciais para a conservação de espécies de animais e plantas (FERREIRA et al., 2023). Em áreas urbanas, onde a conservação é mantida, esses cursos d'água têm o potencial de fornecer serviços ecossistêmicos significativos. No entanto, as mudanças no uso do solo têm causado impactos negativos em ecossistemas de água doce, que são particularmente intensos em áreas urbanas (RANTA et al., 2021). Quando preservados, como em áreas protegidas urbanas e parques municipais, os ecossistemas formados por rios urbanos podem oferecer serviços valiosos, incluindo melhoria da qualidade do ar, criação de áreas de recreação, regulação do microclima e promoção do bem-estar humano (HUNTER et al., 2019).

Apesar da urbanização, os cursos d'água e suas bacias podem apresentar diversos graus de impactos. Nas grandes cidades do Sul-Global, a maior parte dos rios estão altamente degradados (WANTZEN et al., 2019), no entanto, mesmo em grandes cidades existem áreas de mananciais para abastecimento público e áreas protegidas em boas

¹ Professor Adjunto do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, diegorm@ufmg.br;

² Graduada pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, hiolandaalvesl@gmail.com;

³ Doutorando do Curso de Química da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, fernandocesar_mg@yahoo.com.br;

⁴ Bioólogo e Mestre em pelo Curso de Microbiologia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, anderson.asdr@gmail.com;

condições dentro de zonas densamente urbanizadas (MADUREIRA; FERREIRA; CALLISTO, 2024). Além disso, algumas cidades têm se empenhado na recuperação de seus rios urbanos por meio de projetos de reabilitação, uma prática recente no Brasil, mas que tem sido desenvolvida há pelo menos 50 anos em países desenvolvidos (MACEDO et al., 2022). No Brasil, essa abordagem é relativamente recente, com o município de Belo Horizonte se destacando na vanguarda desse processo. Nos anos 2000, o Programa Drenurbs, implementado em Belo Horizonte, emergiu como um dos exemplos mais notáveis de reabilitação de cursos d'água no país. Entre 2006 e 2008, o programa completou a criação de três parques lineares, cujas intervenções visaram melhorar a qualidade de vida da população por meio da redução do risco de inundações, recuperação da qualidade das águas urbanas e garantia da sustentabilidade das intervenções, com o apoio do poder público para financiamento, manutenção e desenvolvimento das obras (MACEDO; MAGALHÃES JR., 2020). Além disso, Belo Horizonte conta com mais de 70 parques urbanos, administrados pela prefeitura municipal, que variam em termos de proteção ambiental e qualidade em relação aos cursos d'água. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água em cursos d'água localizados em diferentes graus de preservação e com históricos distintos de uso e ocupação do solo no município de Belo Horizonte.

METODOLOGIA

Doze parques urbanos (11 em Belo Horizonte e um no entorno) que possuem cursos d'água, foram selecionados para este estudo, sendo classificados como: referência, moderados, reabilitados e degradados. Parques de referência representam áreas de captação de água para consumo humano, classificadas como águas de qualidade especial segundo a Resolução Conama 357 de 2005. Parques moderados são áreas protegidas dentro do perímetro urbano que mantêm boas condições de preservação, apesar da urbanização. Parques reabilitados, que até 2006 apresentavam severas condições de degradação, foram recuperados pelo Programa Drenurbs entre 2006 e 2008. Parques degradados, embora protegidos, sofrem com o lançamento de efluentes em suas bacias a montante (Tabela 1; Figura 1).

Tabela 1. Informações principais dos parques estudados

Parque	Ano de criação do parque	Grupo	Área (km ²)	População na bacia	Cobertura Natural na bacia
Rola Moça	1994	Referência	2,804	7	100%
Mangabeiras	1982	Referência	1,418	231	98%
Burle Marx	1994	Referência	1,816	0	99%
Jacques Custeau	1999	Moderado	0,059	38	97%
Lagoa do Nado	1994	Moderado	0,237	2419	95%
Aggeo Pio Sobrinho	1996	Moderado	1,16	1516	64%
Primeiro de Maio	2008	Reabilitado	0,207	2447	84%
Baleares	2008	Reabilitado	0,145	2265	13%
Nossa Senhora da Piedade	2008	Reabilitado	0,191	1757	25%
BHTec	2008	Degradado	1,103	2651	45%
Zoológico	1959	Degradado	0,704	10707	14%
Vilarinho	2005	Degradado	1,231	12830	8%

Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas, imagem CBERS A4 de 2023. Organizado pelos Autores.

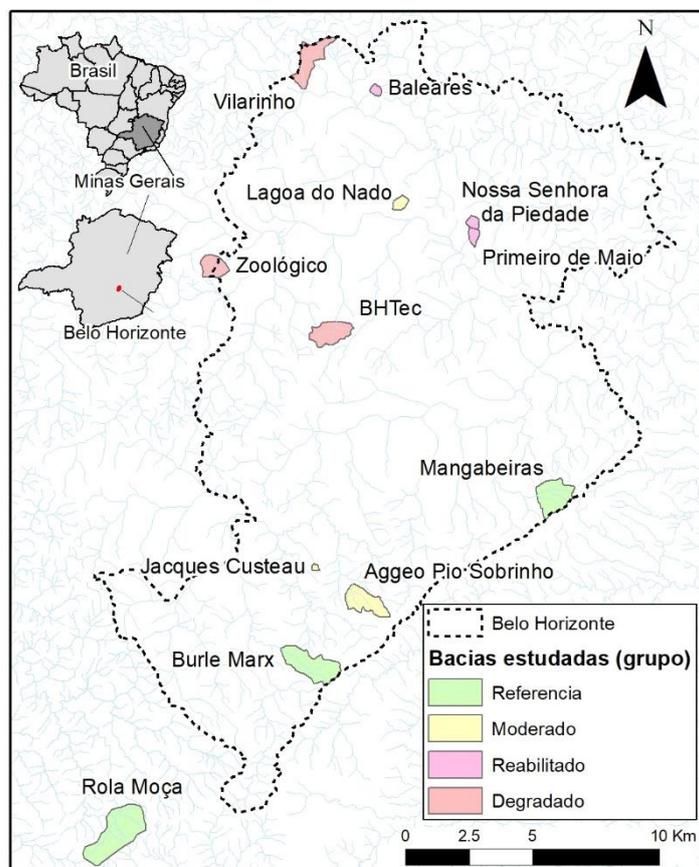


Figura 1. Localização das bacias hidrográficas estudadas em Belo Horizonte e entorno. Fonte: Elaborado pelos autores utilizando dados do IDE-Sisema e IDE-Belo Horizonte.

As bacias hidrográficas dos pontos de coleta foram delimitadas manualmente utilizando curvas de nível extraídas do modelo de terreno NASADEM. Para a produção dos vetores de uso e ocupação do solo, foi utilizada a fusão da banda pancromática e a composição R3G2B1 em uma imagem CBERS 4A de 2023. A classificação foi realizada no plug-in "Orfeo Toolbox" do software QGIS, envolvendo segmentação de imagem, treinamento e classificação orientada a objetos com o algoritmo Support Vector Machine LIBSVM. As seguintes classes foram identificadas: (1) vegetação arbórea, (2) vegetação arbustiva, (3) vegetação rasteira, (4) asfalto, (5) telhado vermelho, (6) telhado cinza, (7) corpo hídrico e (8) solo exposto. Posteriormente, as classes vegetação arbórea e vegetação arbustiva foram agrupadas na categoria "vegetação natural", enquanto telhado vermelho e telhado cinza foram combinados na categoria "construções".

A qualidade da água foi avaliada por meio de coleta em campo e análise laboratorial. Em campo, utilizou-se um meio de cultura DIPSLIDE para a análise microbiológica, que foi mergulhado no córrego, armazenado e transportado em caixa de gelo. Além disso, foram coletados 1 L de água para análise de fósforo total (mg/L) e nitrogênio total (mg/L) por espectrofotometria. O meio de cultura foi incubado por 16 horas para quantificação de *Escherichia coli* (UFC/100 ml). As coletas ocorreram em janeiro e agosto de 2024, representando os períodos chuvoso e seco, respectivamente.

As diferenças na qualidade da água entre sazonalidades e categorias de proteção dos parques (i.e, referência, moderados, reabilitados e degradados) foram analisadas por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido por testes *post-hoc* de Dunn. A correlação de Spearman foi utilizada para avaliar a relação entre os parâmetros de qualidade da água e as classes de uso e cobertura do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso (Figura 2 A-C), embora tenha sido identificada uma tendência de menores concentrações de *E.coli* durante o período seco, possivelmente associada à ausência de escoamento superficial nos meses sem chuva. Em contrapartida, as concentrações de nitrogênio total e fósforo total mostraram tendência a serem maiores no período seco, possivelmente devido à redução do efeito de diluição. Apesar da necessidade de um

monitoramento de longo prazo, esses resultados destacam a complexidade da origem das fontes de poluição, e na dinâmica hidrológica em áreas urbanas (LIN et al., 2024).

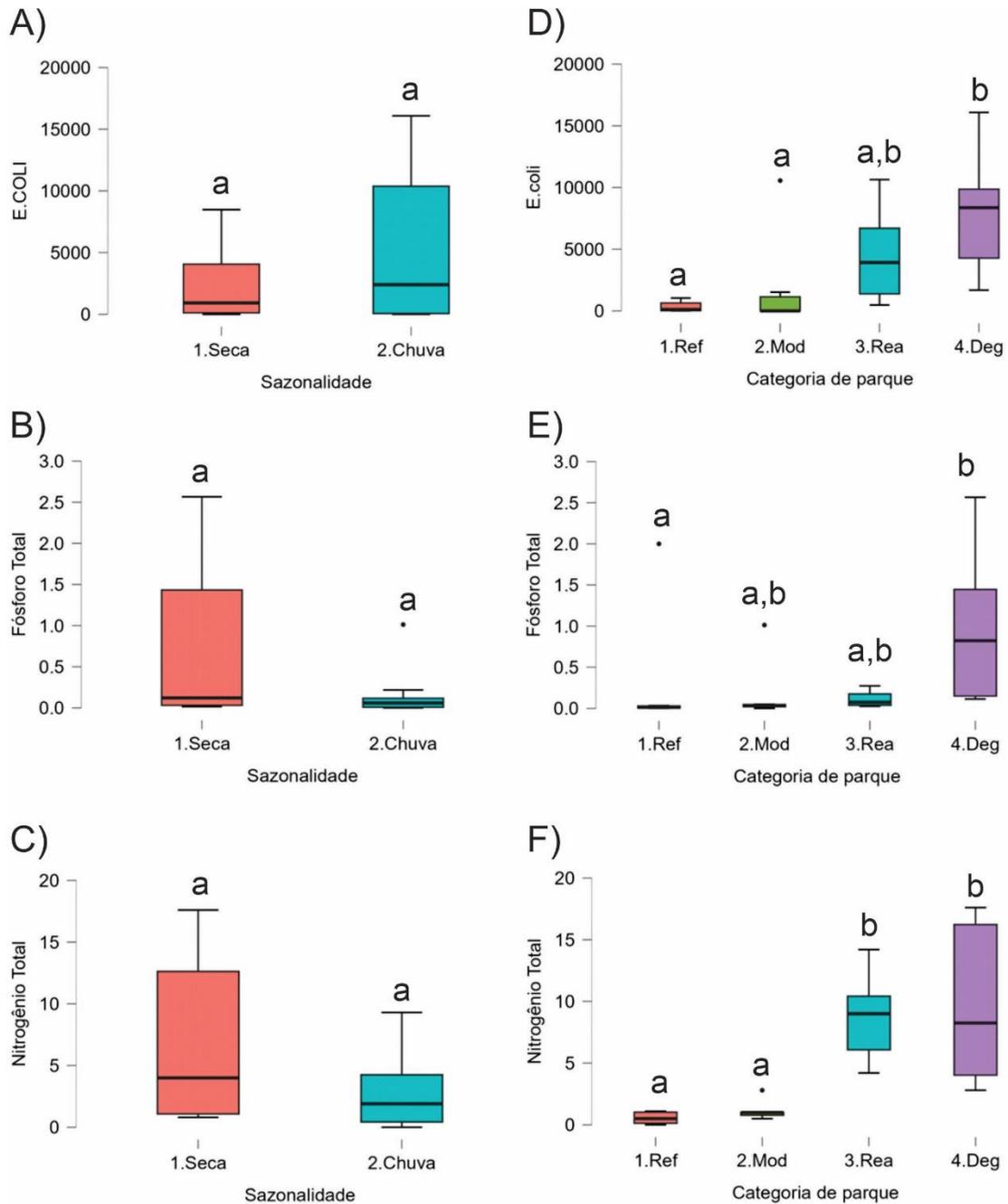


Figura 2. Resultados dos parâmetros de qualidade de água E.coli, Fósforo Total e Nitrogênio Total, considerando a sazonalidade (A, B e C) e categorias de Parques (D, E e F). Fonte: Organizado pelos autores a partir dos dados coletados neste estudo.

Quanto aos diferentes graus de proteção, os parques de referência apresentaram os menores valores para os três parâmetros avaliados, enquanto os parques degradados apresentaram as maiores concentrações (Figura 2 D-F). Nos parques moderados e reabilitados, observou-se que, apesar de estarem em áreas densamente urbanizadas, todos possuem infraestrutura adequada para coleta de esgoto e lixo. No entanto, os parques reabilitados ainda apresentam valores mais elevados de alguns parâmetros de qualidade da água, corroborando os resultados de Madureira et al. (2024). Esses resultados indicam que a reabilitação de parques pode resultar em melhorias significativas na qualidade ambiental, conforme observado nos estudos de Macedo et al. (2022), Moura; Melo; Macedo (2023) e Madureira et al. (2024).

As análises de correlação indicaram que a cobertura natural na bacia a montante está negativamente correlacionada com as concentrações de *E.coli* e nitrogênio total, enquanto a presença de asfalto e construções mostrou correlação positiva com esses parâmetros (Tabela 2). Estes resultados mostram que áreas urbanas, mesmo em condições adequadas de saneamento, continuam apresentando risco para os cursos d'água (FEIO et al., 2023). A vegetação rasteira apresentou correlação positiva com o fósforo total, sugerindo seu papel na retenção de nutrientes difusos. A densidade populacional não apresentou correlação significativa com a qualidade da água.

Tabela 2. Correlação de Spearman entre os parâmetros de qualidade de água e as classes de uso e ocupação do solo.

Variável	E.coli	Fósforo Total	Nitrogênio Total
<i>E.coli</i>			
Fósforo Total	0,470		
Nitrogênio Total	0,575	0,577	
Densidade Populacional	-0,051	-0,122	0,162
Porcentagem da cobertura da rede de esgoto	-0,162	-0,365	-0,238
Porcentagem de cobertura natural	-0,567	-0,312	-0,671
Porcentagem de vegetação rasteira	0,01	0,464	-0,013
Porcentagem de asfalto	0,686	0,284	0,674
Porcentagem de construções	0,664	0,389	0,681

Valores significativos em negrito

Fonte: Organizado pelos autores a partir dos dados coletados neste estudo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após 15 anos de intervenções, os riachos reabilitados mostraram melhorias na qualidade da água, especialmente em comparação com os riachos degradados. Parques urbanos situados em bacias hidrográficas com gestão eficaz das cargas poluentes apresentam qualidade de água comparável a áreas sem pressão antrópica, sugerindo que a estratégia de proteção ambiental implementada em Belo Horizonte é eficaz. Este estudo oferece dados críticos sobre a importância da reabilitação ambiental de rios urbanos na terceira maior metrópole do Brasil e propõe estratégias mais adequadas para o gerenciamento de cursos d'água urbanos tropicais.

Palavras-chave: Reabilitação ambiental; qualidade da água; rios urbanos

AGRADECIMENTOS

Este trabalho recebe financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Diego Rodrigues Macedo é bolsista de Produtividade CNPq e Hiolanda Alves Lourenço é bolsista PIBIC-CNPq.

REFERÊNCIAS

- FEIO, M. J. et al. Fish and macroinvertebrate assemblages reveal extensive degradation of the world's rivers. *Global Change Biology*, v. 29, n. 2, p. 355–374, 17 jan. 2023.
- FERREIRA, V. et al. Ecosystem services provided by small streams: an overview. [s.l.] Springer International Publishing, 2023. v. 850
- HUNTER, R. F. et al. Environmental, health, wellbeing, social and equity effects of urban green space interventions: A meta-narrative evidence synthesis. *Environment International*, v. 130, n. December 2018, p. 104923, 2019.
- LIN, F. et al. Analysis of pollutant dispersion patterns in rivers under different rainfall based on an integrated water-land model. *Journal of Environmental Management*, v. 354, p. 120314, 1 mar. 2024.

MACEDO, D. R. et al. Urban stream rehabilitation in a densely populated Brazilian metropolis. *Frontiers in Environmental Science*, v. 10, n. September, p. 921934, 8 set. 2022.

MACEDO, D. R.; MAGALHÃES JR., A. P. Restauração e Reabilitação de Cursos d'Água. Em: MAGALHÃES JR, A. P.; BARROS, L. F. P. (Eds.). *Hidrogeomorfologia: Formas, Processos e Registros Sedimentares Fluviais*. 1a. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020. p. 17–28.

MADUREIRA, K. H.; FERREIRA, V.; CALLISTO, M. Rehabilitation of tropical urban streams improves their structure and functioning. *Science of the Total Environment*, v. 926, n. March, 2024.

MOURA, M. N.; MELO, K. H. M.; MACEDO, D. R. Avaliação das condições hidrogeomorfológicas de rios urbanos sobre um gradiente de pressões antrópicas em Belo Horizonte. *Anais do 14º SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia*. Anais...Corumbá: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2023. Disponível em: <<https://www.sinageo.org.br/2023/trabalhos/12/188-7.html>>

RANTA, E. et al. Urban stream assessment system (UsAs): An integrative tool to assess biodiversity, ecosystem functions and services. *Ecological Indicators*, v. 121, n. June 2020, p. 106980, 2021.

WANTZEN, M. K. et al. Urban stream and wetland restoration in the Global South - A DPSIR analysis. *Sustainability*, v. 11, n. 18, p. 4975, 11 set. 2019.