

Qualidade ambiental de nascentes da microbacia do Ribeirão Tapera, em Pedra do Indaiá, Minas Gerais

Atualmente a água disponibilizada para a população da área urbana de Pedra do Indaiá - MG é proveniente do Ribeirão Tapera, que tem suas nascentes no próprio município. Este estudo teve como objetivo a identificação e georeferenciamento de nascentes do Ribeirão Tapera, e ainda, a avaliação de sua qualidade ambiental e microbiológica. Para tanto, os impactos ambientais nas nascentes foram avaliados, em agosto de 2022, a partir da interpretação do Índice de Impacto Ambiental em Nascentes - IIAN, que possibilita o estabelecimento de classes que refletem a sua qualidade ambiental. A análise microbiológica da água foi realizada através do Teste do Substrato Cromogênico (Colitest®), que mostra a presença ou ausência de Coliformes Totais e Termotolerantes. O Levantamento possibilitou a identificação de 40 nascentes, sendo que em duas delas não foi possível aplicação dos testes, visto que se encontravam inacessíveis. Das nascentes avaliadas, somente duas (5,2%) atingiram o Grau de Preservação classificado como "Ótima" (Classe A). Para aquelas consideradas como "Boa" (Classe B) ou "Razoável" (Classe C), verificou-se, para ambas as classificações, 17 nascentes (44,8%). A classificação "Ruim" (Classe D) foi verificada para duas nascentes (5,2%). Dentre os impactos ambientais observados, os mais frequentes foram vegetação degradada ou ausente (n = 13 nascentes; 34,2%), vegetação alterada (n = 15; 39,5%) e uso por animais domésticos de grande porte (bovinos e equinos), com detecção de marcas, como pegadas ou fezes (n = 20; 52,6%). Cabe ressaltar que das nascentes avaliadas, 28 (73,7%) não apresentavam nenhum tipo de cercamento (proteção), permitindo, na maioria das vezes, a livre circulação de bois e/ou cavalos. Todas as nascentes encontravam-se em propriedades privadas. No que se refere à análise microbiológica, verificou-se que 28 nascentes (73,7%) apresentaram resultados positivos para presença de coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*). Os resultados mostraram que a maior parte das nascentes avaliadas se apresentavam em algum grau de degradação, evidenciando a falta de cuidado por parte dos proprietários e ainda, a ineficiência da fiscalização e aplicação das leis ambientais, uma vez que as nascentes são legalmente consideradas, pela Lei 12.651/2012, como Áreas de Preservação Permanente - APP's.

Palavras-chave: Mananciais; Recursos Hídricos; Degradação Ambiental.

Environmental quality of springs in Ribeirão Tapera watershed, in Pedra do Indaiá, Minas Gerais

Currently, the water available to the population of the urban area of Pedra do Indaiá - MG comes from Ribeirão Tapera, which has its springs in the municipality itself. This study aimed to identify and georeference the springs of Ribeirão Tapera and evaluate their environmental and microbiological quality. Therefore, the environmental impacts on the springs were evaluated, in August 2022, based on the interpretation of the Environmental Impact Index on Springs - IIAN, which allows the establishment of classes that reflect their environmental quality. The microbiological analysis of the water was carried out using the Chromogenic Substrate Test (Colitest®), which shows the presence or absence of Total and Thermotolerant Coliforms. The Survey made it possible to identify 40 springs, and in two of them it was not possible to apply tests, as they were inaccessible. Of the springs evaluated, only two (5.2%) reached the Preservation Level classified as "Excellent" (Class A). For those considered "Good" (Class B) or "Reasonable" (Class C), there were, for both classifications, 17 springs (44.8%). The "Poor" classification (Class D) was verified for two springs (5.2%). Among the environmental impacts observed, the most frequent were degraded or absent vegetation (n = 13 springs; 34.2%), altered vegetation (n = 15; 39.5%) and use by large domestic animals (cattle and horses), with detection of marks, such as footprints or feces (n = 20; 52.6%). It is worth noting that, of the springs evaluated, 28 (73.7%) did not have any type of enclosure (protection), allowing, in most cases, the free movement of oxen and/or horses. All springs were on private properties. Regarding microbiological analysis, it was found that 28 springs (73.7%) presented positive results for the presence of total and thermotolerant coliforms (*Escherichia coli*). The results showed that most of the springs evaluated were in some degree of degradation, highlighting the lack of care on the part of the owners and the inefficiency of inspection and application of environmental laws, since the springs are legally considered, by Law 12,651/2012, as Permanent Preservation Areas - APP's.

Keywords: Springs; Water resources; Ambiental degradation.

Topic: Engenharia de Recursos Hídricos


Received: 10/05/2023


Approved: 12/07/2023


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Alysson Rodrigo Fonseca e Silva 
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7244894047381373>
<http://orcid.org/0000-0002-7510-8142>
arodrigofonseca@hotmail.com

Laila Eduarda Oliveira 
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0627052365503918>
<http://orcid.org/0009-0006-6269-6797>
laila.1694877@discente.uemg.br

Lidiane da Silva 
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
<http://orcid.org/0009-0004-9804-0592>
meioambiente@pedradoindaiia.mg.gov.br

Clécio Eustáquio Gomides 
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4262249615205561>
<http://orcid.org/0000-0002-8566-2913>
clecio.gomides@uemg.br

Mauro Cesar Cardoso Cruz 
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4407100133253421>
<http://orcid.org/0009-0008-7808-1193>
mauro.cruz@uemg.br

Tiago de Moraes Faria Novais 
Universidade do Estado de Minas Gerais, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9482673722002800>
<http://orcid.org/0000-0002-8097-8222>
tiago.novais@uemg.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2023.003.0003

Referencing this:

FONSECA, A. R.; OLIVEIRA, L. E.; SILVA, L.; GOMIDES, C. E.; CRUZ, M. C. C.; NOVAIS, T. M. F.. Qualidade ambiental de nascentes da microbacia do Ribeirão Tapera, em Pedra do Indaiá, Minas Gerais. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.14, n.3, p.24-35, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2023.003.0003>

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é de fundamental importância no ciclo hidrológico, uma vez que é responsável pela infiltração, escoamento e captação natural da água. Nesse sentido, todo curso d'água, independentemente do seu tamanho, consiste no resultado da contribuição de determinada área topográfica, que é a sua bacia hidrográfica (ARAÚJO et al., 2009; CARVALHO et al., 2020).

A exploração inadequada dos recursos naturais tem causado inúmeros problemas ambientais, afetando não somente o solo e atmosfera, mas também os recursos hídricos e em especial as nascentes. Essas constituem-se no afloramento temporário ou perene da água subterrânea, sendo essas importantes tributárias para a rede de drenagem superficial (FELIPPE, 2009; MARCIANO et al., 2016; FONSECA et al., 2021), pois possibilitam a formação dos canais de drenagem e conseqüentemente a manutenção dos mananciais (FELIPPE et al., 2012; PINTO et al., 2012; SANTOS et al., 2020). Marcam, portanto, o início dos canais de drenagem, sendo responsáveis pela existência das águas superficiais (PINTO et al., 2012; SILVA et al. 2022).

Os processos decorrentes da urbanização, industrialização e ainda, as atividades agrossilvipastoris, podem ocasionar impactos negativos aos sistemas hídricos, causando alterações irreversíveis ou até mesmo a destruição dos mananciais e em especial às nascentes (FONSECA et al., 2018; PIERONI et al., 2019; SILVA et al. 2022). Esse comprometimento da qualidade ambiental das nascentes pelas ações antrópicas têm sido verificado tanto em áreas urbanas, como nas rurais (MERTEN et al., 2002; MALAQUIAS et al., 2013; CARVALHO et al., 2021). Cabe ressaltar que os locais onde existem as nascentes são considerados pelo Código Florestal vigente (Lei nº 12.651/2012) áreas de preservação ambiental, devendo a dimensão mínima da faixa marginal de vegetação nativa a ser preservada, em qualquer que seja sua situação topográfica, de no mínimo 50 metros em torno das nascentes. Entretanto, segundo Moura (1994), a legislação específica não garantiu a necessária proteção das nascentes ao longo do tempo devido, em parte, à falta de operacionalização do aparato legal e da fiscalização.

Devido à importância das nascentes, torna-se preeminente a necessidade de identificação, proteção e recuperação daquelas existentes tanto nas áreas rurais como nas urbanas (FONSECA et al., 2019; SILVA et al., 2021; SILVA et al., 2022). Localizada no centro oeste-mineiro, o município de Pedra do Indaiá não possui rios volumosos em suas terras, salvo o Rio Indaiá e o Rio Lambari. No entanto, há uma quantidade considerável de nascentes que formam córregos e riachos bem espalhados entre as colinas e montanhas do município.

Atualmente a água disponibilizada para a população do município é proveniente do Ribeirão Tapera, após tratamento pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. São praticamente inexistentes dados oficiais e/ou científicos que atestam sobre a existência, número e localização dessas nascentes, assim como as condições ambientais que essas se encontram. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo identificar e georreferenciar as nascentes do Ribeirão Tapera, assim como realizar análises microbiológicas da água e avaliar a qualidade ambiental desses mananciais.

METODOLOGIA

O município do Centro Oeste mineiro, Pedra do Indaiá, com população estimada de 3.977 habitantes e área de 347,920 km², tem na agropecuária a base de sua economia. O clima da região é caracterizado por invernos secos e verões chuvosos, com temperatura e precipitação média anual de 20,7°C e 1420 mm, respectivamente (IBGE, 2023).

O município está inserido em uma região do bioma mata atlântica, porém em área de transição com o domínio cerrado (IDE - SISEMA, 2022), estando hoje seu ambiente bastante alterado pelas atividades da agricultura, silvicultura e pecuária. Sendo assim, há pouquíssimos remanescentes das condições originais da vegetação, pois a maior parte encontra-se degradada pela atividade pastoril de forma extensiva no município e ainda, por práticas agrícolas não adequadas, desmatamentos e queimadas.

No que se refere ao seu patrimônio hídrico, o município apresenta em sua área urbana nascentes que contribuem significativamente para a vazão da microbacia dos Ribeirões Tapera e Indaiá e ainda, Bacia do Rio Lambari, sendo este último, afluente do Rio Pará pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco (IDE-SISEMA, 2022). Destes, o Ribeirão Tapera, que nasce da zona rural do município apresenta grande relevância ambiental e social, pois suas águas, após tratamento, abastecem a população urbana.

Avaliação dos Impactos Ambientais

Os impactos ambientais nas nascentes foram avaliados, neste estudo, a partir da interpretação do Índice de Impacto Ambiental em Nascentes – IIAN, apresentado por Gomes et al. (2005) e adaptado por Felipe et al. (2012) e Malaquias et al. (2013). A metodologia proposta, segundo Felipe et al. (2012), busca verificar de forma qualitativa o grau de proteção das nascentes, através de uma técnica de avaliação sensorial, macroscópica e comparativa de elementos-chave na identificação dos impactos ambientais, possibilitando inferir sobre suas consequências nos ambientes onde essas se encontram.

Para identificar e quantificar as nascentes que contribuem para o Ribeirão Tapera foram buscadas informações junto à Polícia Ambiental, ao Instituto Estadual de Florestas – IEF, a Prefeitura Municipal de Pedra do Indaiá e o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pará – CBHPará, além de informações através da própria população. As visitas de campo possibilitaram, *in loco*, o registro das coordenadas geográficas, através de um GPS (Sistemas de Posicionamento Global) modelo Garmin MAP 78, assim como também foram realizados registros fotográficos através de uma câmera Nikon D5000. Importante informar que o projeto foi realizado em parceria com a Prefeitura Municipal de Pedra do Indaiá – MG, através da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente.

Para a caracterização da avaliação macroscópica das nascentes, foram analisados os parâmetros do Quadro 1, conforme proposto na metodologia do estudo de Gomes et al. (2005). Tais parâmetros foram enquadrados em padrões para a quantificação, permitindo a somatória dos pontos obtidos, por meio da pontuação indicada para cada parâmetro. Dessa forma, o atributo definido como bom, médio ou ruim foi convertido em um escore e o índice obtido é resultado da soma dos escores atribuídos a cada parâmetro.

Quadro 1: Metodologia do índice de impacto ambiental macroscópico em nascentes.

Parâmetro Macroscópico	Qualificação		
	Ruim (1)	Médio(2)	Bom(3)
Cor da água	Escura	Clara	Transparente
Odor da água	Forte	Com odor	Não há
Lixo ao redor da nascente	Muito	Pouco	Não há
Materiais flutuantes	Muito	Pouco	Não há
Espumas	Muito	Pouco	Não há
Óleos	Muito	Pouco	Não há
Esgoto na nascente	Visível	Provável	Não há
Vegetação	Degradada ausente	ou Alterada	Bom estado
Uso por animais domésticos	Presença	Apenas Marcas	Não detectado
Uso por Humanos	Presença	Apenas Marcas	Não detectado
Proteção do local	Sem proteção	Com proteção (mas com acesso)	Com proteção (sem acesso)
Proximidade com residência ou estabelecimento	Menos de 50 metros	Entre 50 e 100 metros	Mais de 100 metros
Tipo de área de inserção	Ausente	Propriedade privada	Parques ou áreas protegidas

Fonte: Gomes et al. (2005).

Tendo-se o índice final, resultado do somatório dos escores, QUADRO 3 permite que seja realizada a interpretação desses valores, de forma a atribuir às nascentes suas respectivas classificações frente ao Grau de Preservação.

Quadro 2: Classificação das nascentes quanto aos impactos macroscópicos (somatória final).

Classe	Grau de Preservação	Pontuação final
A	Ótima	37-39
B	Boa	34-36
C	Razoável	31-33
D	Ruim	28-30
E	Péssima	Abaixo de 28

Fonte: Gomes et al. (2005).

As nascentes que participaram do estudo foram georreferenciadas por Global Positioning System – GPS (Garmin MAP 78), sendo as coordenadas geográficas obtidas transferidas para o Google Earth e o sistema QGIS versão 2.8.1, possibilitando a geração de mapa da bacia do Ribeirão Tapera, com as nascentes identificadas e plotadas. Tais informações foram complementadas por meio de documentação fotográfica de cada nascente, utilizando-se uma câmera Nikon D5000.

Além dessas análises, com o Google Earth, foi possível delimitar a sub-bacia do Ribeirão Tapera. A partir da definição do exultório, parte mais baixa do trecho do curso d'água, com a conexão dos pontos mais elevados e tendo por base a altitude, foi possível determinar o limite da sub-bacia que circunda o curso d'água e as nascentes de seus contribuintes, encontrando também a área da mesma.

Análise microbiológica da água

As amostras da água, coletadas nas nascentes, foram armazenadas em vasilhames de 100 ml em frasco estéril, devidamente identificado e posteriormente armazenado em caixa de isopor, sendo logo após as coletas, levados ao laboratório de Química da Universidade Estadual de Minas Gerais – UEMG, Unidade Divinópolis.

Para a avaliação dos parâmetros Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes foi utilizado o Teste de Substrato Cromogênico (Colitest®). Para tanto, foi adicionado aos frascos contendo as amostras de água das nascentes o conteúdo de um frascote com o substrato cromogênico, sendo posteriormente incubada a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ durante 24 horas. As amostras com coloração amarelada indicavam a presença de Coliformes Totais. Os testes positivos foram expostos a uma lâmpada ultravioleta de 365nm – a detecção de fluorescência indicava a presença de Coliformes Termotolerantes. Os testes que permaneceram com água sem coloração amarela, após as 24 horas de incubação, indicavam a ausência de coliformes, sendo o teste então interpretado como negativo (FUNASA, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área calculada para a sub bacia do Ribeirão Tapera foi de 13,6 km² sistematizada na Figura 1, que mostra também os pontos com as nascentes avaliadas e suas respectivas coordenadas. As bacias hidrográficas são formadas nas regiões mais altas do relevo, sendo delimitadas por divisores onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente formando os rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (TEODORO et al., 2007). São consideradas pela Lei n.9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) como a menor unidade de gestão territorial e sua capacidade de recarga está relacionada com o relevo e topografia em que está inserida, além dos fatores ambientais ali presentes (SMA, 2009).

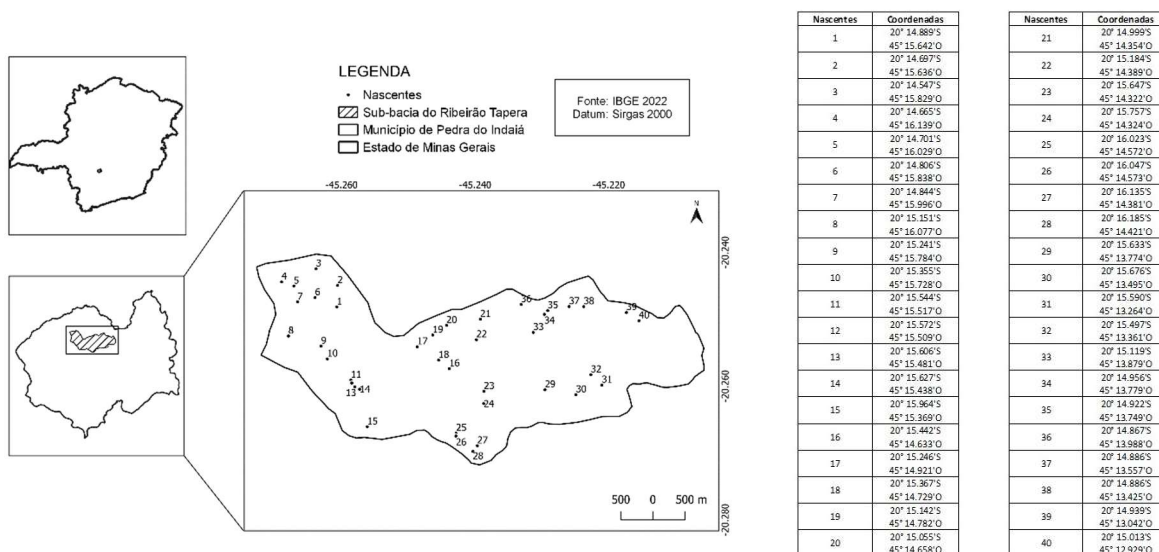


Figura 1: Bacia do Ribeirão Tapera, nascentes avaliadas e suas respectivas coordenadas geográficas (QGIS versão 2.8.1).

A partir da aplicação do Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (IIAN), os resultados obtidos a foram sistematizados na Tabela 1. Das 40 nascentes identificadas como tributárias do Ribeirão Tapera, em duas não foi possível fazer as análises (nascentes 36 e 38), pois encontravam-se inacessíveis, em profundidade superior a 20 metros. Importante ressaltar que quase todas as nascentes avaliadas (n = 35 nascentes) encontravam-se em áreas comumente chamadas de “grotas”, que se constituem como depressões ou cavidades úmidas encontradas nas interseções entre montanhas, podendo formar vales profundos e extensos. Isso ocorre em função do município estar inserido na geomorfologia do tipo

homogênea aguçada (IDE-SISEMA, 2022), que segundo Cavalcante (2005), trata-se de um conjunto de formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidas em sedimentos, denotando controle estrutural, definidas por vales encaixados.

Tabela 1: Quantificação da Análise dos Parâmetros Macroscópicos das nascentes avaliadas em Pedra do Indaiá - MG.

	Cor da água	Odor da água	Lixo no entorno da nascente	Materiais flutuantes	Espumas	Óleo	Esgoto na nascente	Vegetação	Uso por animais domésticos	Uso por humanos	Proteção do local	Proximidade com residência ou estabelecimento	Tipo de área de inserção	Somatória dos pontos	Classificação
1	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2	2	36	B
2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	2	35	B
3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	2	36	B
4	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	33	C
5	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	33	C
6	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	37	A
7	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	35	B
8	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	37	A
9	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	36	B
10	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	2	33	C
11	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	33	C
12	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	33	C
13	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	33	C
14	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	33	C
15	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	3	2	32	C
16	3	3	3	3	3	3	3	1	2	3	1	3	2	33	C
17	2	3	3	3	3	3	3	1	2	3	1	3	2	32	C
18	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	33	C
19	2	3	3	3	3	3	3	1	2	3	1	3	2	32	C
20	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	2	34	B
21	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	2	34	B
22	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	2	3	34	B
23	1	3	3	3	3	3	3	2	3	1	1	2	2	30	D
24	2	3	3	3	3	3	3	1	2	1	1	2	2	29	D
25	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	2	34	B
26	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	3	2	32	C
27	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	35	B
28	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	36	B
29	3	3	3	3	3	3	3	1	2	3	1	2	2	32	C
30	1	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	35	B
31	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	33	C
32	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	1	3	2	33	C
33	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	2	34	B
34	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	2	35	B
35	2	3	3	3	3	3	3	1	2	3	1	3	2	35	C
36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	2	3	3	3	3	3	3	3	2	3	1	3	2	34	B
38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	2	35	B
40	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	2	34	B

A análise macroscópica constatou que, no tocante à cor da água, essa mostrou-se como “clara” na maioria das nascentes (n = 27 nascentes; 71%), “transparente” (n = 9; 24%) ou “escura” (n = 2; 5%) (TABELA 1, FIGURA 2). Em nascentes preservadas é de se esperar uma coloração transparente da água, sendo este parâmetro considerado positivo, uma vez que favorece a passagem de luz pela água, favorecendo a realização da fotossíntese da vegetação aquática existente. Já a coloração clara ou mesmo escura encontrada nas nascentes pode ocorrer naturalmente devido à partículas de rochas ou argila, pela presença de elementos químicos adicionados ou ainda, pela decomposição de matéria orgânica (SOUZA, 2004; ROCHA et al., 2017). Ações antrópicas que ocasionam erosão também podem ter sido responsáveis pela alteração na

cor da água, não podendo também ser descartada o revolvimento do local por animais domésticos ou mesmo silvestres.



Figura 2: Cor da água transparente na nascente 3 e escura na nascente 23.

Cabe ressaltar que, embora a água fosse clara e até mesmo transparente, a presença de água ou fundo com coloração tendendo à “ferruginosa” (FIGURA 3). foi constatada em 16 nascentes (42,1%). Segundo Carmo (2016) essa alteração se dá em função da formação geológica e também das ações antrópicas, que favorecerem o excesso de íons de ferro na água e possibilitam o desenvolvimento de colônias de bactérias ferruginosas nocivas.



Figura 3: Água ferruginosa decorrente das nascentes 3 e 4.

No que se refere ao parâmetro “odor da água”, verificou-se somente uma nascente (nascente 9) apresentou-se “com odor”, sendo as demais inodoras. No caso dessa nascente em específico, o odor ocorreu em função do excesso de íons de ferro na água, conforme mencionado anteriormente. Importante ressaltar que, embora a presença de “água ferruginosa” tenha sido constatada em 16 outras nascentes, o odor foi notório apenas na nascente 9.

Os parâmetros “lixo no entorno da nascente”, “materiais flutuantes”, “espumas”; “óleos” e “esgoto” não foram detectados nas nascentes avaliadas - isso ocorre, principalmente, em função de não haver residências ou outros tipos de construções nas proximidades das nascentes avaliadas. Tais impactos são mais comumente encontrados em áreas urbanizadas, conforme atestam os trabalhos desenvolvidos por Felipe et al. (2011); Pinto et al. (2012); Rocha et al. (2017); Fonseca et al. (2018); Fonseca et al. (2019); Fonseca et al. (2021) e Santos et al. (2021). Segundo Gomes et al. (2005) e Oliveira et al. (2020), a interferência antrópica nas nascentes é constatada em maior grau quando existe maior proximidade com residências ou outros tipos de estabelecimentos, resultando em diversos impactos ambientais negativos, como a presença de lixo,

contaminação da água, degradação da vegetação, compactação do solo e assoreamento.

Dentre os parâmetros observados, os mais frequentes foram vegetação degradada ou ausente (n = 13 nascentes; 34,2%), vegetação alterada (n = 15; 39,5%) (TABELA 2, FIGURA 4). A presença de vegetação no entorno dos mananciais desempenha importantes funções aos ecossistemas, propiciando maior infiltração da água das chuvas no solo, possibilitando a recarga nos lençóis freáticos e também a conservação da perenidade das nascentes (FONSECA et al., 2021). Segundo Paranhos Filho et al. (2005) e Silva et al. (2021) constitui-se também em elemento regularizador da biodiversidade, da composição atmosférica, do clima e do ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. Cabe ressaltar que de acordo com a Lei nº 20.922 (MINAS GERAIS, 2013), as áreas no entorno das nascentes constituem-se de Áreas de Preservação Permanente (APP's), devendo ser protegidas em um raio mínimo de 50 metros ou de 15 metros em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008.



Figura 4: Vegetação preservada na nascente 21 e degradada na nascente 29.

O uso da área das nascentes por animais domésticos de grande porte (bovinos e equinos), detectado pela presença desses ou de suas marcas, como pegadas ou fezes, foi verificada em 92% (n=35) dos mananciais (TABELA 2, FIGURA 5). De acordo com Fonseca et al. (2021), a presença desses animais nas APP's das nascentes impacta negativamente a vegetação e favorece a compactação do solo e seu revolvimento, causando assoreamento, erosão e aumento de turbidez da água, além da contaminação biológica que ocorre principalmente através das fezes e urina. Carvalho et al. (2020) complementa apontando que a compactação do solo ocasionada pelo pisoteio diminui a capacidade de surgência da nascente.

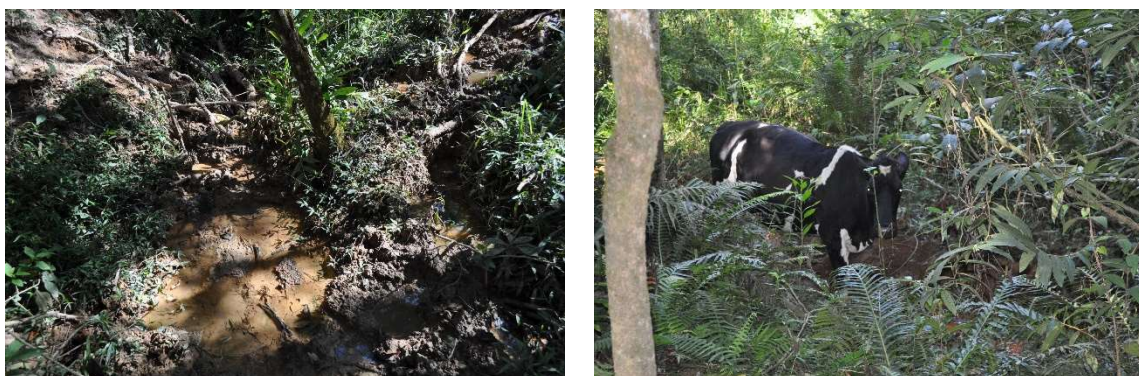


Figura 5: Presença de vestígios de animais domésticos de grande porte (pegadas e degradação da vegetação) na nascente 18 e de bovinos na 26.

O cercamento das nascentes, sem permitir o acesso de animais de grande porte, foi verificado em

apenas 7 (18,4%) das nascentes avaliadas (TABELA 2, FIGURA 6). De acordo com Pinto et al. (2004) e Fonseca et al. (2021), este parâmetro é de grande importância nas áreas de nascentes, uma vez que delimita o espaço onde elas se encontram e evitam a entrada de animais domésticos, responsáveis por impactos como degradação da vegetação, compactação e erosão do solo, além de possibilitar a contaminação e turbidez da água, afetando todo o ecossistema. Importante ressaltar que embora algumas nascentes estivessem “cercadas”, essas permitiam o acesso de bovinos e/ou equinos, uma vez que eram antigas e encontravam em estado precário, com mourões podres ou tombados e/ou com arame arrebitado ou mesmo ausente. Além disso, em algumas nascentes, como por exemplo, as 22 e 23, embora não tivessem cercamento, a presença de bois e cavalos não foi detectada – isso ocorreu provavelmente em função da profundidade dessas que, naturalmente, impedia a entrada desses animais aos locais das nascentes, funcionando como barreira física.



Figura 6: Cercamento adequado verificado na nascente 30 e em estado precário (sem proteção), na nascente 29.

Já o "uso por humanos" foi observado em apenas 3 (7.9%) das nascentes avaliadas. Tal constatação foi evidenciada pela presença de encanamento nos locais de afloramento da água e ainda, por evidências como pegadas. Felipe (2009) cita que a utilização das nascentes e de suas áreas de entorno, visando o consumo da água, irrigação, banho e lazer, quando feita inadequadamente, podem vir a alterar substancialmente a qualidade ambiental das nascentes. Aliado a isso, a utilização dessas águas, sem tratamento ou desinfecção, possibilita o risco de doenças de veiculação hídrica causadas, em sua maioria, por microrganismos de origem animal ou humana, transmitidos por rota fecal-oral.

No parâmetro "inserção de área" verificou-se que todas as nascentes avaliadas se encontravam em propriedades privadas. Cabe ressaltar que no município de Pedra do Indaiá não existem unidades de conservação, sendo essa uma característica ambiental negativa, pois áreas dessa natureza contribuem para a manutenção e preservação de ecossistemas naturais e seus recursos, incluindo solo, água e biodiversidade. Segundo Fonseca et al. (2021), a presença de nascentes em terrenos privados pode contribuir negativamente para a conservação desses mananciais, uma vez que tais áreas podem vir a ser utilizadas criminosamente, para atividades econômicas, como construções, plantações e pastagens. Os autores apontam que, mesmo que a APP da nascente seja respeitada, pode também ser impactada negativamente quando o ambiente do entorno é alterado pelas ações antrópicas.

No tocante às classes obtidas a partir da pontuação dos parâmetros, verificou-se que, das 38

nascentes avaliadas, somente duas (5,2%) atingiram o Grau de Preservação classificado como "Ótima" (Classe A). Para aquelas consideradas como "Boa" (Classe B) ou "Razoável" (Classe C), verificou-se, para ambas as classificações, 17 nascentes (44,8%). A classificação "Ruim" (Classe D) foi verificada para duas nascentes (5,2%), não havendo nenhuma na Classe E (péssima). As classes obtidas, junto aos impactos verificados, evidenciam um quadro generalizado de degradação, uma vez que tais impactos negativos ocorrem em APP, áreas com restrição de uso protegidas por Lei (MINAS GERAIS, 2013). São poucos os estudos desenvolvidos em Minas Gerais em nascentes de áreas rurais. Dentre esses, pode-se citar o de Marciano et al. (2016), que buscaram diagnosticar o estado de preservação das nascentes localizadas na bacia hidrográfica do córrego do Vargedo, no município de Santa Rita do Sapucaí, MG, no qual constataram elevado grau de alteração dos mananciais avaliados.

No que se refere à análise microbiológica da água, verificou-se que 28 nascentes (73,7%) apresentaram resultados positivos para presença de coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*). Tal constatação indica contaminação fecal, havendo, portanto, o risco da presença de agentes patogênicos na água (MACÊDO, 2003) e o potencial risco de contaminação caso esta água seja utilizada para consumo, sem tratamento prévio.

CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos e em especial os elevados índices de parâmetros ambientais negativos, as respectivas classes obtidas, aliado à contaminação microbiológica da maioria das nascentes avaliadas, foi possível constatar que a maioria das nascentes se encontram degradadas e desprotegidas. Isso se dá principalmente em função da falta de cuidado dos proprietários dos terrenos onde essas se encontram e ainda, a inadequabilidade de suas propriedades às leis ambientais vigentes, além da falta de fiscalização pelos órgãos ambientais.

A partir desse quadro, torna-se importante que os órgãos ambientais passem a assegurar o cumprimento das leis que conferem proteção aos mananciais e que o poder público crie políticas de incentivo de conservação e de recuperação das que se encontram degradadas. Além disso, torna-se necessário o desenvolvimento de ações que possam instruir esses proprietários sobre as leis ambientais, seus direitos e deveres, enfatizando a importância da preservação e recuperação dos mananciais.

AGRADECIMENTOS: À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. E.; SANTOS, M. J.; DUARTE, S. M.; OLIVEIRA, E. M.. Impactos ambientais em bacias hidrográficas – caso da bacia do rio Paraíba. **Tecnológica**, v.13, n.2, p.109-115, 2009.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal,

e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 1997.

CARMO, J. C. C.. **Ferro na água subterrânea do Estado da Bahia: uma avaliação preliminar dos fatores influentes na concentração**. Dissertação (Mestrado) – Universidade

Federal da Bahia, Salvador, 2016.

CARVALHO, C. G. S.; PORTO, R. A.; OLIVEIRA, U. R.. Avaliação macroscópica de impactos ambientais em nascentes do Rio de Ondas no Oeste da Bahia. **Geociências**, v.39, n.3, p.831-845, 2020. DOI: <http://doi.org/10.5016/geociencias.v39i03.15074>

CARVALHO, C. G. S.; OLIVEIRA, U. R.; PORTO, R. A.; SILVA, N.; FARIAS, R. C. G.. Uso de geotecnologias na identificação e na avaliação dos impactos ambientais nas áreas de preservação permanente em nascentes. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.4, p.39362-39380, 2021. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv7n4-410>

CARVALHO, C. G. S.; PORTO, R. A.; OLIVEIRA, U. R.. Avaliação macroscópica de impactos ambientais em nascentes do Rio de Ondas no Oeste da Bahia. **Geociências**, v.39, n.3, p.831-845, 2020. DOI: <http://doi.org/10.5016/geociencias.v39i03.15074>

CAVALCANTE, L. M.. **Zoneamento Geológico e Geomorfológico de uma Área entre Assis Brasil e Brasília – Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JR, A. P. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte - MG. **Geografias**, v.8, n.2, p.8-23, 2012. DOI: <http://doi.org/10.35699/2237-549X..13336>

FELIPPE, M. F.. **Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte - MG com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FELIPPE, M. F.; MATOS, R. E. S.; MAGALHAES JUNIOR, A. P.; RODRIGUES, B. M.; COSTA, A.; GARCIA, R.. Evolução da ocupação urbana das zonas preferenciais de recarga de aquíferos de Belo Horizonte - MG. **Revista de Geografia - PPGEO**, v.2, p.1-9, 2011.

FONSECA, T. L.; FONSECA, A. R.; GONTIJO, R. A. N.; PARREIRA, A. G.; COSTA, F. A.; SOUSA, F. F. F.. Qualidade físico-química e microbiológica de nascentes do perímetro urbano de Divinópolis – MG. **Scientific Electronic Archives**, v.11, n.1, p.62-68, 2018. DOI: <http://doi.org/10.36560/1112018441>

FONSECA, A. R.; COSTA, F. A. F.; GONTIJO, R. A. N.; FONSECA, T. L.. Macroscopic analyses and evaluation of environmental quality in urban springs of Divinópolis-MG. **Scientific Electronic Archives**, v.12, n.4, p.68-74, 2019. DOI: <http://doi.org/10.36560/1242019720>

FONSECA, A. R.; NOGUEIRA GONTIJO, R. A.. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade microbiológica das águas em nascentes da área urbana de Santo Antônio do Monte – MG. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.10, n.20, p.87-101, 2021. DOI: <http://doi.org/10.22292/mas.v10i20.966>

FUNASA. **Manual Prático de Análise de Água**. 4 ed. Brasília: FUNASA; Ministério da Saúde, 2013.

GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S.. Avaliação dos impactos

ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia - MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v.17, n.32, p.103-120, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros**. Brasil: IBGE, 2023.

IDE-SISEMA. **Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Belo Horizonte: IDE-SISEMA, 2023.

MACÊDO, J. A. B.. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, 2003.

MALAQUIAS, G. B.; CÂNDIDO, B. B.. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes do município de Betim, MG: análise macroscópica. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.3 n.2, p.51-65, 2013. DOI: <http://doi.org/10.22292/mas.v3i2.174>

MARCIANO, A. G.; SILVA, L. F.; SILVA, A. P. M.. Diagnóstico das nascentes da bacia hidrográfica do córrego do Vargedo. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.5, n.3, p.330-342, 2016.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P.. Qualidade da água e bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n.4, p.33-38, 2002.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no estado. Belo Horizonte: Diário Executivo, 2013.

MOURA, H. S.. Habitação e produção do espaço em Belo Horizonte. In: MONTEMÓR, R. L. M.. **Espaços e tempos em construção**. Belo Horizonte: CEDEPLAR; PBH, 1994. p.51-77.

OLIVEIRA, F. R.; CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; FERRAZ, F. T.. Caracterização hidroambiental como indicador de qualidade de água em nascentes. **Revista Caminhos de Geografia**, v.21, n.74, p.276-294, 2020. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG217449953>

PARANHOS FILHO, A. C.; CARNELLOSI, C. F.; FERREIRA, J. H. D.; PRATES, K. V. M. C.; SOUZA, S. S.. Análise do impacto da ação antrópica sobre uma nascente do rio Água Grande (Ubiratã-PR.) através de imagem de satélite Cbers. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. **Anais**. Goiânia: INPE, 2005

PIERONI, J. P.; BRANCO, K. G. R.; DIAS, G. R. V.; FERREIRA, G. C.. Avaliação do estado de conservação de nascentes em microbacias hidrográficas. **Geociências**, v.38, n.1, p.185-193, 2019. DOI: <http://doi.org/10.5016/geociencias.v38i1.12477>

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C.. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Revista Cerne**, v.18, n.3, p.495-505, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0104-77602012000300018>

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E.. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão

Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**, n.65, p.197-206, 2004.

QGIS 2.8. **Geographic Information System**. Open-Source Geospatial Foundation Project. 2020.

ROCHA, B. F.; FONSECA, A. R.; SOUSA, F. F.. Análise Macroscópica e Parâmetros Microbiológicos de nascentes da área urbana de Cláudio, Minas Gerais, Brasil. **Conexão Ciência**, v.12, n.3, p.17-33, 2017. DOI: <http://doi.org/10.24862/cco.v12i3.567>

SANTOS, F. A. S.; ÁVILA, P. S.; SANTOS, M. de S.; ECKERT, N. O. S.. Diagnóstico ambiental da bacia do rio real: reflexões e resultados de atividades urbanas e rurais. **Revista Geomae**, v.11, n.2, p.101-116, 2020.

SANTOS, A. G.; ALMEIDA, S. S.; SILVA, A. P.; SPADON, F.; REIS, M. S.; SÁ, O. R.; TELES, T. C.. Impactos macroscópicos e qualidade da água das nascentes urbanas do município de Passos – MG. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.4, n.2, p.2083-2098, 2021. DOI: <http://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-042>

SILVA, V. A.; PEREZ FILHO, A.; MOREIRA, V. B.; LÄMMLE, L.; TORRES, B. A.; AYER, J. E. B.; SPALEVIC, V.; MINCATO, R. L.. Characterization and geochronology of the deltaic system from Jequitinhonha River, Brazil. **Agriculture and Forestry**,

v.67, n.3, p.121-134, 2021. DOI:

<http://doi.org/10.17707/AgricultForest.67.3.10>

SILVA, T. O.; LACERDA, S. M. P.; OLIVEIRA, J. T.; FRANÇA, L. C. J.; SENA, S. R.; SOUZA, P. S. V. N.; LISBOA, G. S.; SILVA, V. A.. Caracterização das nascentes na sub-bacia hidrográfica do rio dos Monos, Sudoeste da Bahia, Brasil. **Conjecturas**, v.22, n.2. p.1413-1429, 2022.

SMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade. **Cadernos da Mata Ciliar - Preservação e recuperação das nascentes de água e de vida**. São Paulo: SMA, 2009.

SOUZA, M. N.. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Belo Horizonte, 2004.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B.. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v.11, n.1, p.137-156, 2007. DOI: <http://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.