

VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE E QUANTIDADE DE ÁGUA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DO PICO, VARGEM SP

Luiz Henrique Freguglia Aiello

Universidade Estadual Paulista- UNESP, Instituto de Ciências e Tecnologia, Sorocaba, SP, Brasil
luizaiello@yahoo.com.br

Jener Fernando Leite de Moraes

Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Solos e Fertilizantes, Campinas, SP, Brasil
jener.moraes@sp.gov.br

Afonso Peche Filho

Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Engenharia e Automação, Jundiaí, SP, Brasil
afonsopeche@gmail.com

RESUMO

O objetivo caracterizar a variabilidade espaço-temporal da qualidade e da quantidade de água na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico, Vargem (SP). A caracterização do meio físico, sobre relevo, uso e ocupação das terras, e hidrografia. A qualidade da água foi obtida por meio de uma sonda HORIBA U-50. O monitoramento da vazão foi em seis pontos ao longo do curso d'água principal. A bacia hidrográfica foi estratificada em seis compartimentos. Entre setembro de 2016 e agosto de 2019, foram coletadas 38 amostras de água, com as respectivas medições de vazão. Todos os cálculos e gráficos foram feitos no software Excel. Os resultados comprovaram que a floresta nativa ocorreu em somente 55% das APPs, com consequências como o aumento de sólidos totais dissolvidos na água, da turbidez e da temperatura. As oscilações dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido e potencial redox indicam a presença de excesso de material orgânico no curso d'água, associado à ocupação irregular das APPs. Apesar de o Ribeirão do Pico ser enquadrado na Classe 1 pela Resolução CONAMA 357/2005, esse estudo constatou a ocorrência de alguns pontos que devem ser considerados para a preservação e a manutenção desse manancial de abastecimento de Vargem (SP).

Palavras-chave: Uso da terra. Monitoramento da vazão. Geotecnologias.

SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY OF WATER QUALITY AND QUANTITY IN THE RIBEIRÃO DO PICO WATERSHED, SAO PAULO STATE

ABSTRACT

The present study aimed to characterize the spatial and temporal variability in water quality and quantity in the Ribeirão do Pico watershed in the municipality of Vargem in the Brazilian state of São Paulo. Maps of relief, hydrography, and land use were generated using geoprocessing techniques. Water quality parameters were obtained using a HORIBA U-50 multiparameter probe. The study area was divided into six compartments based on altitude, each of which had flow monitoring at the main watercourse. From September 2016 to August 2019, 38 water samples were collected. The results indicated that native forests cover only 55% of the Permanent Preservation Areas (APPs), which contributed to increased levels of total dissolved solids, turbidity, and water temperature. The oscillation of pH, dissolved oxygen, and redox potential values suggests the presence of excess organic matter in the watercourse, likely associated with irregular land occupation in the APPs. Although the Ribeirão do Pico is classified as Class 1 water quality according to CONAMA Resolution No. 357/2005, this study identified critical areas requiring preservation and sustainable management.

Keywords: Land use. Flow monitoring. Geotechnologies.

INTRODUÇÃO

O Brasil concentra 8% de toda a água doce do planeta, mas, mesmo assim, é possível identificar problemas de abastecimento em diversas localidades (Roque et al., 2019). O rápido crescimento das cidades modificou o território (Dey et al., 2021) e aumentou a demanda por água (Lopes, 2019), transformando um bem natural em um bem essencial às atividades humanas (Afed Ullah; Jiang; Wang, 2018). Esse crescimento urbano também trouxe outras consequências, como a poluição e a alteração de habitats aquáticos (Bastos, 2018).

O uso de um recurso hídrico deve atender a algumas premissas de qualidade e quantidade de água (Bernegossi, 2016). Os padrões de qualidade da água superficial e subterrânea são a base para se compreender o potencial efeito dos diversos usos e ocupações das terras nas diferentes atividades socioeconômicas. Por isso, o monitoramento do recurso hídrico é uma ferramenta essencial para a gestão dos recursos hídricos (Simedó et al., 2018).

A qualidade da água varia no espaço e ao longo do tempo, sendo influenciada pelo ser humano e pelos diferentes cenários que percorre, sejam eles naturais ou antrópicos (Rodrigues et al., 2018). A substituição do meio natural pelo tecido urbano ou agrícola provoca sérias alterações na qualidade e na quantidade de água em cursos d'água e represas (Bastos, 2018; Namugize; Jewitt; Graham, 2018). Os mesmos autores advertem que, apesar de limitado, o entendimento da variabilidade espacial e temporal do uso e ocupação das terras em uma bacia hidrográfica é de extrema importância para a gestão e a manutenção natural dos recursos hídricos.

Bastos (2018) afirma que a qualidade da água depende das características geomorfológicas e edafoclimáticas, e que sua variação é cíclica, com comportamentos diferentes em cada estação do ano. As alterações no meio ambiente causadas pela agricultura representam uma ameaça aos cursos d'água, devido ao tipo de manejo aplicado. Altas doses de insumos agrícolas são carreadas para os rios pela água da enxurrada, alterando sua qualidade (Bastos, 2018), o que tem consequências negativas para o ecossistema aquático local (Afed Ullah, Jiang e Wang, 2018).

Estudos realizados por Chen et al. (2016) mostraram que o monitoramento do uso e da ocupação das terras é essencial para pesquisas sobre a relação entre a qualidade da água superficial e possíveis fontes de poluição. Raposo, Barros e Magalhães Júnior (2009) complementam que os processos de erosão natural podem alterar a dinâmica da água na bacia, alterando os padrões de qualidade.

É inquestionável que o uso e a ocupação das terras expressam a relação entre o homem e a natureza, relação esta que incentivou o desenvolvimento de novas linhas de pesquisa e avanços tecnológicos, com destaque para as geotecnologias associadas ao monitoramento dos recursos hídricos (Chugaitai; Abbas; Karas, 2021). Os mesmos autores afirmam que o monitoramento dos recursos hídricos é essencial para identificar os impactos decorrentes do uso e da ocupação das terras e possibilitar a antecipação de ações mitigadoras. Trata-se de um instrumento poderoso para a comunidade científica.

Tecnologias projetadas para monitorar, avaliar e melhorar a qualidade da água são de extrema importância para a vida (Yan, Shen e Zhou, 2022). Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo caracterizar a variabilidade espaço-temporal da qualidade e da quantidade de água na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico, localizada no município de Vargem (SP).

METODOLOGIA

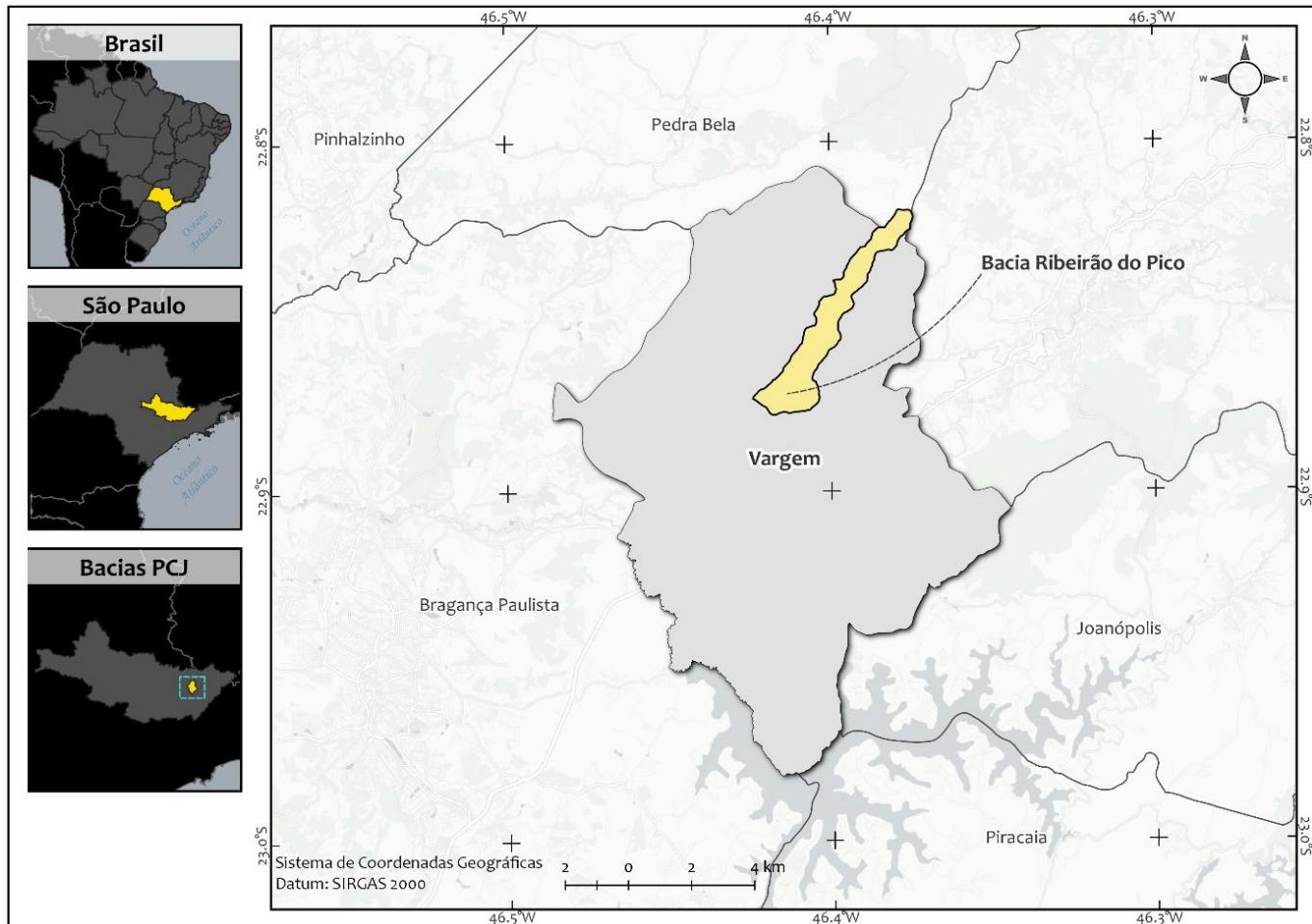
A área de estudo foi a bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico localizada entre as coordenadas 22° 52' 28" a 22° 49' 12" S e 46° 25' 35" a 46° 22' 29" O, com altitude variando entre 850 e 1.300 metros e área de influência de 6,67km². Está completamente inserida no município de Vargem-SP e pertence à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-5), bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ) (Figura 1).

A bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico formou-se sob uma associação de solos classificados como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico típico, de textura média/argilosa e argilosa; Argissolo Amarelo distrófico típico, de textura média/argilosa e argilosa; e Cambissolo Háplico Tb, de textura média e argilosa, em fase de relevo ondulado (ROSSI, 2017). O clima é do tipo Cwa, caracterizado como subtropical úmido com inverno seco (Alvares et al., 2013).

O Ribeirão do Pico nasce próximo à divisa dos estados de Minas Gerais e São Paulo, na cidade de Pedra Bela. Ele percorre toda a zona rural e parte da zona urbana da cidade de Vargem (SP) e deságua

no rio Jaguari, próximo à divisa com o município de Bragança Paulista (SP). Os estudos tiveram início em setembro de 2016, sendo finalizados em agosto de 2019.

Figura 1 - Localização do município e da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico



Fonte: IBGE, 2020 e Google Earth, 2020.

A bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico pertence ao bioma Mata Atlântica, do tipo Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial), caracterizado pela ocorrência de temperaturas elevadas e altas precipitações (MapBiomas, 2023). Os dados de precipitação pluvial representativos da área de estudo foram obtidos no site do Departamento de Águas e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE). A estação de coleta de dados mais próxima está localizada ao lado da Represa do Rio Jaguari, que faz parte do complexo de represas do Sistema Cantareira. A precipitação média anual nos últimos vinte anos é de 1.339,4 mm, com máximos acumulados de 1.709,71 mm registrados em 2009 e mínimos acumulados de 907,18 mm em 2014.

A base cartográfica utilizada neste estudo foram as cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) na escala 1:10.000. A partir dessa base, foram obtidas as curvas de nível e realizada a delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico.

Os procedimentos metodológicos para a obtenção dos mapas basearam-se no estudo realizado por Aiello (2021). O levantamento do uso e da ocupação das terras foi realizado com base em imagens de satélite de alta resolução espacial, obtidas em setembro de 2017 e disponibilizadas gratuitamente na base de dados da empresa ESRI (ESRI, 2016). As imagens foram carregadas no programa ArcGIS 10.0, sendo feita a interpretação visual das diferentes classes de uso da terra nos limites da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico. Foram definidas e mapeadas as seguintes classes de uso e ocupação do solo: silvicultura, pastagem, área construída, floresta natural e represa.

O modelo digital de elevação (MDE) foi obtido a partir das curvas de nível das cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), na escala 1:10.000. As curvas de nível foram vetorizadas, rasterizadas e interpoladas, obtendo-se, assim, uma imagem do MDE contendo a variação contínua da altitude da bacia. As informações cartográficas foram processadas no programa QGIS (QGIS, 2024), de acesso livre. A delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) dos corpos d'água foi realizada de acordo com as definições presentes na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, considerando as diferentes dimensões dos corpos d'água e a presença de nascentes, conforme descrito em seu artigo 4º (BRASIL, 2012).

A demarcação dos pontos de amostragem foi feita a partir da subdivisão da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico em seis compartimentos, onde cada compartimento corresponde a um intervalo de altitude, a partir das cotas mais elevadas. Cada ponto foi georreferenciado com o auxílio de um equipamento GPS de marca Garmin, modelo Etrex 32X. As coordenadas dos pontos amostrais se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos amostrados

Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)
P1	22°49'19"	46°22'42"	1285
P2	22°49'59"	46°23'25"	1235
P3	22°50'32"	46°23'35"	1164
P4	22°50'54"	46°23'44"	1121
P5	22°52'21"	46°24'30"	864
P6	22°52'38"	46°24'38"	860

Fonte: Os autores, 2021.

As coletas e a análise dos dados foram realizadas no período de setembro de 2016 a agosto de 2019, totalizando 38 campanhas, considerando-se uma amostragem por ponto de coleta.

Os dados sobre a qualidade da água foram obtidos por meio de uma sonda multiparâmetros da marca Horiba U-50, que possui sensores capazes de registrar os seguintes parâmetros: temperatura da água (°C), potencial hidrogênico (pH), potencial redox (mV), condutividade elétrica (mS.cm⁻¹), turbidez (NTU), oxigênio dissolvido (mg.L⁻¹ e %), sólidos totais dissolvidos (g.L⁻¹) e salinidade (%). No procedimento de coleta das amostras de água, considerou-se um trecho do corpo hídrico cuja profundidade e fluxo permitissem a imersão de todos os sensores presentes na sonda.

A vazão foi determinada nos respectivos pontos de amostragem de água, de acordo com a metodologia da Embrapa adaptada por Palhares (2007). Para a determinação da vazão, foi escolhido um trecho do ribeirão com as seguintes características: linearidade, sem quedas d'água e/ou corredeiras, comprimento mínimo de dois metros e com o mínimo de alterações antrópicas. O volume de um trecho do rio foi medido em cada ponto amostrado, e o tempo que um objeto demora para percorrer o espaço entre as seções selecionadas foi cronometrado.

A estatística descritiva foi utilizada para organizar e resumir o conjunto de dados e identificar os valores extremos de qualidade e quantidade de água. Os dados obtidos foram então comparados com os limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Todos os cálculos e gráficos de qualidade da água foram realizados no software Microsoft Office Professional Plus 2016 Excel 2016, e os gráficos de precipitação e vazão, no SigmaPlot para Windows, versão 10.0.

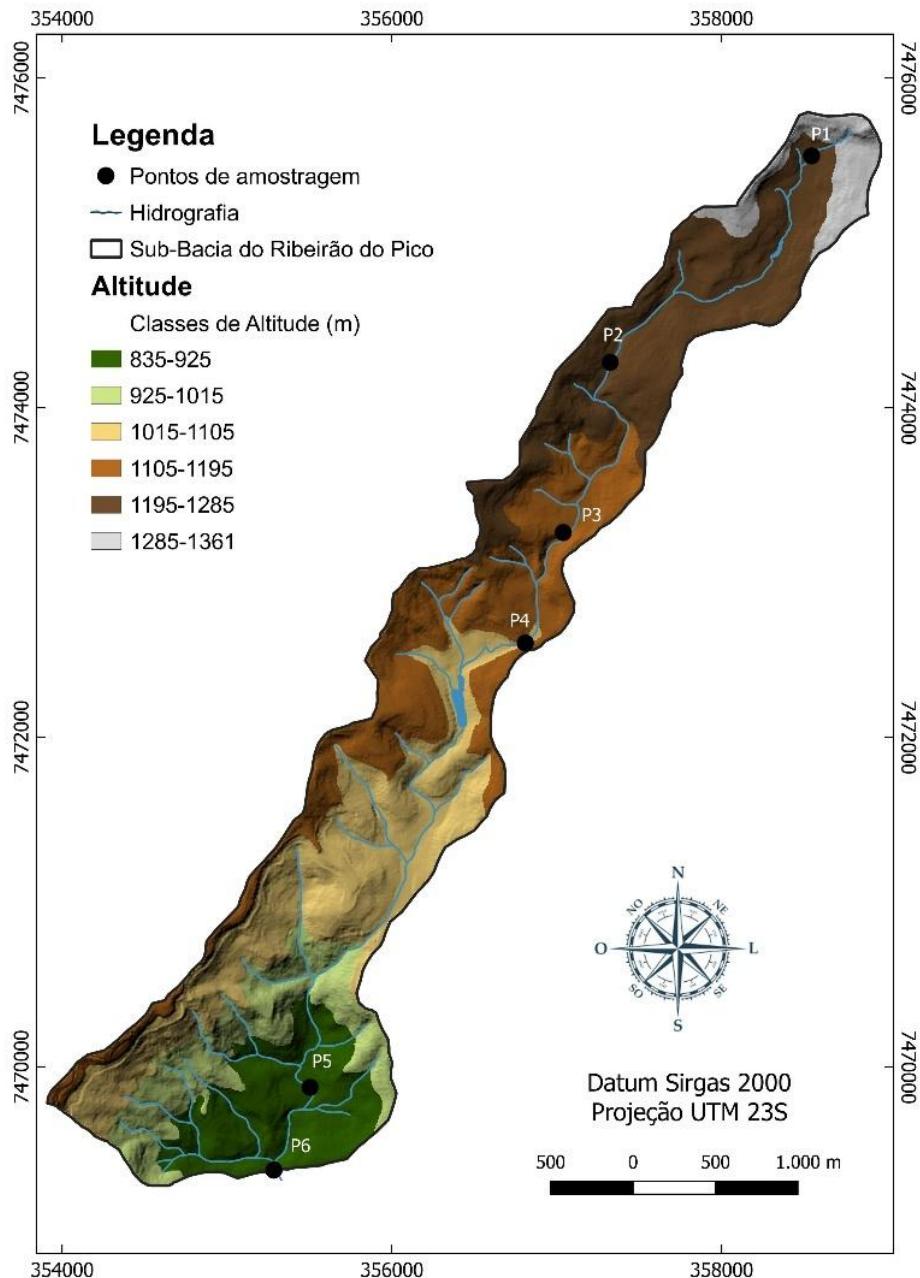
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relevo

A bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico tem amplitude de altitude de 526 metros, variando de 1.361 a 835 metros. Ela é caracterizada por uma grande extensão longitudinal (7.800 metros), mas é pequena transversalmente, com uma média de 560 metros. É possível observar também que sua porção situada

a leste do curso d'água principal apresenta características opostas à porção oeste: curto comprimento de rampa, menor variação de altitude e poucas nascentes (Figura 2).

Figura 2 - Modelo Digital de Elevação da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico.



Fonte: Os autores, 2021.

A análise dos compartimentos de altitude mostrou diferenças importantes entre eles, com destaque para os compartimentos 1 (1.361 m) e 6 (860 m), que apresentaram a maior e a menor cota de altitude, respectivamente, e para o compartimento 5, que apresentou a maior extensão das vertentes e a maior amplitude de cota de altitude (1.121-864 m). Isso demonstra que o escoamento superficial da água terá um comportamento distinto entre esses compartimentos, indicando a necessidade de se planejar práticas adequadas de manejo do solo e da água para mitigar os processos erosivos e o aporte de sedimentos no curso d'água.

Uso e ocupação das terras

Conforme apresentado na tabela 2, foram mapeadas as seguintes classes de uso e ocupação do solo, com suas respectivas porcentagens de ocorrência: pastagem (43,4%), floresta nativa (39,4%), silvicultura (15,3%), área construída (1,8%) e represa (0,2%). Os resultados foram apresentados para cada compartimento e também para as áreas de preservação permanente dos corpos d'água (APP). As áreas de pastagem e de floresta nativa são os usos predominantes. Destaca-se que somente 55% das APPs de toda a bacia hidrográfica estão preservadas com floresta.

Tabela 2 - Distribuição percentual do uso e ocupação das terras na bacia hidrográfica, APP dentro de cada compartimento

Classe de uso	Por compartimento						Na bacia
	1	2	3	4	5	6	
	(%)						
Pastagem	11,6	64,1	45,5	26,1	42	33,1	43,4
Floresta nativa	27,1	13,7	35,7	19,3	42,5	63,9	39,4
Silvicultura	61,3	19,6	14,6	54,3	13,9	1,3	15,3
Área construída	0	2,6	4,2	0,2	1,2	1,7	1,8
Represa	0	0,1	0	0	0,4	0	0,2
	APP por compartimento						APP na bacia
	(%)						
Pastagem	11,1	65,9	38,7	38	37,7	17,7	36,5
Floresta nativa	49,5	26,4	56,5	31,7	54,5	80	55,3
Silvicultura	39,5	3,1	1,1	29,7	4,7	0	5,2
Área construída	0	4,2	3,7	0,6	1,5	2,4	2,2
Represa	0	0,5	0	0	1,6	0	0,8

Fonte: Os autores, 2021.

Estudos que contemplam as relações entre o uso e a ocupação das terras e as variações da qualidade da água são de grande importância para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas (Pakoksung et al., 2025).

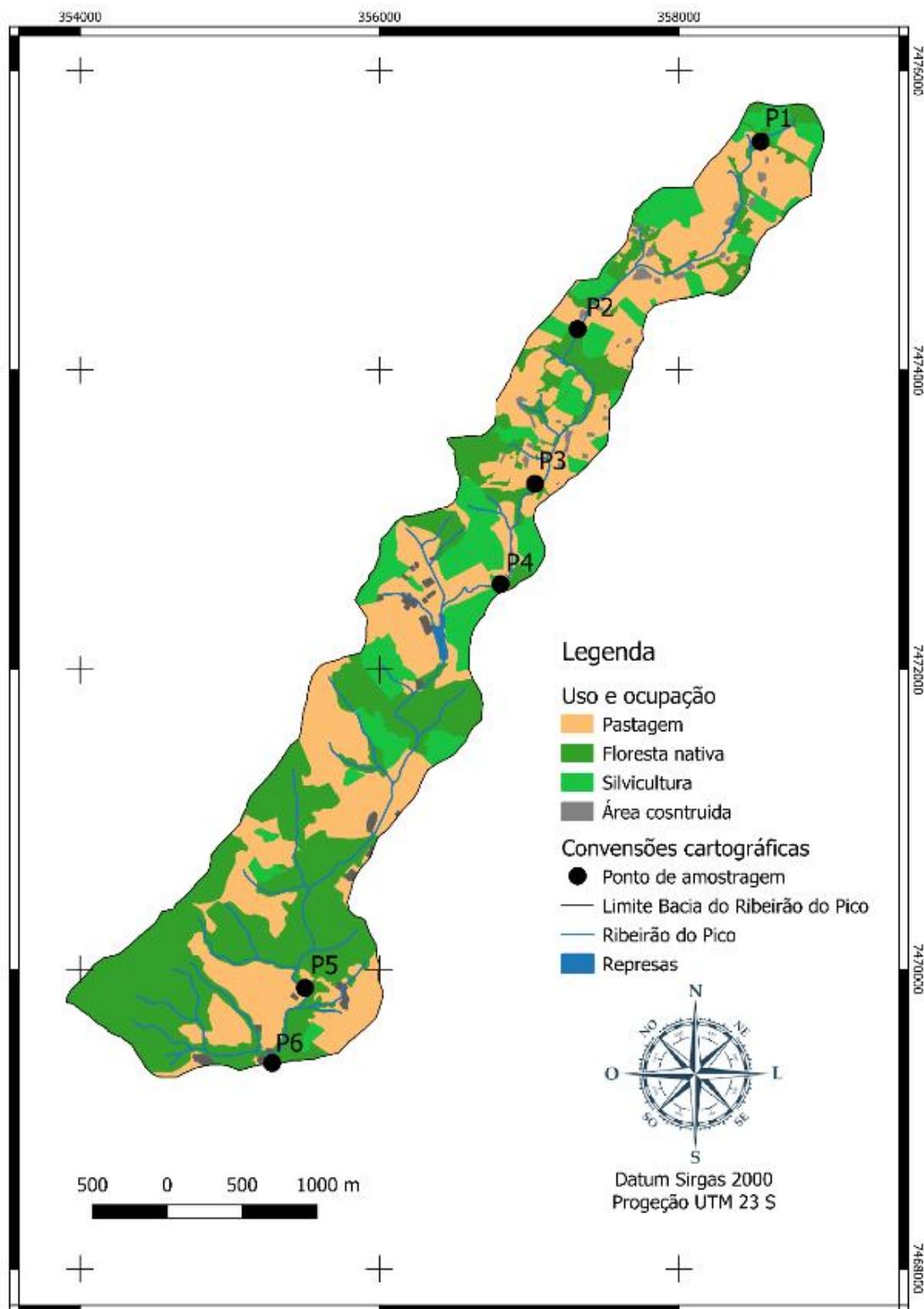
A análise das mudanças na paisagem entre os compartimentos permitiu identificar padrões de uso e ocupação. Nos compartimentos 1 e 2, prevaleceu a silvicultura e a pastagem. Nos compartimentos 3 e 4, a silvicultura e a pastagem também se destacaram, porém com proporções diferentes. No compartimento 5, a pastagem e a floresta nativa apresentaram proporções semelhantes, e no compartimento 6, a floresta nativa foi o uso predominante (Figura 3).

A análise do uso e da ocupação das terras nas APPs mostrou que a floresta nativa é o uso predominante em 80% da APP no Compartimento 6, mas representa apenas 26,4% das APPs no Compartimento 2.

Nos demais compartimentos, a floresta nativa ainda é o uso predominante nas APPs, com valores próximos a 55% dessas áreas. A evidente falta de vegetação natural nas margens do Ribeirão do Pico impacta diretamente a vulnerabilidade da bacia hidrográfica, fato refletido nos resultados das análises de qualidade e quantidade de água realizadas neste estudo.

Pakoksung et al. (2025) afirmaram que os impactos gerados pela mudança dos usos e ocupações afetam negativamente a qualidade da água dos recursos hídricos, principalmente na estação chuvosa, devido à maior probabilidade de ocorrência de escoamento superficial. Os mesmos autores destacam que ações de mitigação dos problemas causados pelas alterações de cobertura do solo podem contribuir para a melhoria da qualidade da água. É fundamental adotar práticas conservacionistas para mitigar a ocorrência de processos erosivos, principalmente em áreas agrícolas (Cunha et al., 2022; Zhang et al., 2019).

Figura 3 - Uso e Ocupação na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico



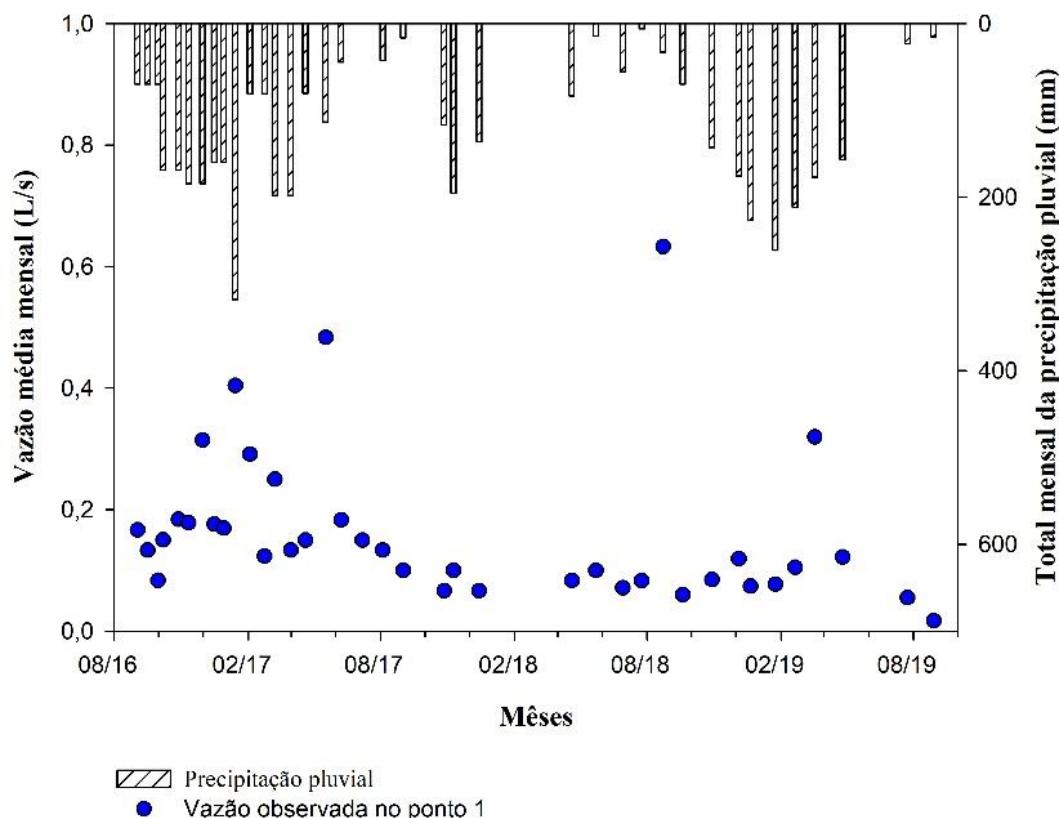
Fonte: Os autores, 2021.

Vazão

As Figuras 4 e 5 apresentam as vazões observadas nos pontos amostrados e a precipitação média mensal ao longo do período estudado. Os menores valores de vazão foram observados no ponto P1 de amostragem, localizado na cabeceira da bacia hidrográfica. Nesse ponto, a vazão variou de 0,017 L/s a 0,61 L/s. Já os maiores valores foram observados ao longo do curso d'água principal, nos pontos de amostragem de P2 a P6. Nesses pontos, a vazão variou de 3,85 L/s a 317,3 L/s.

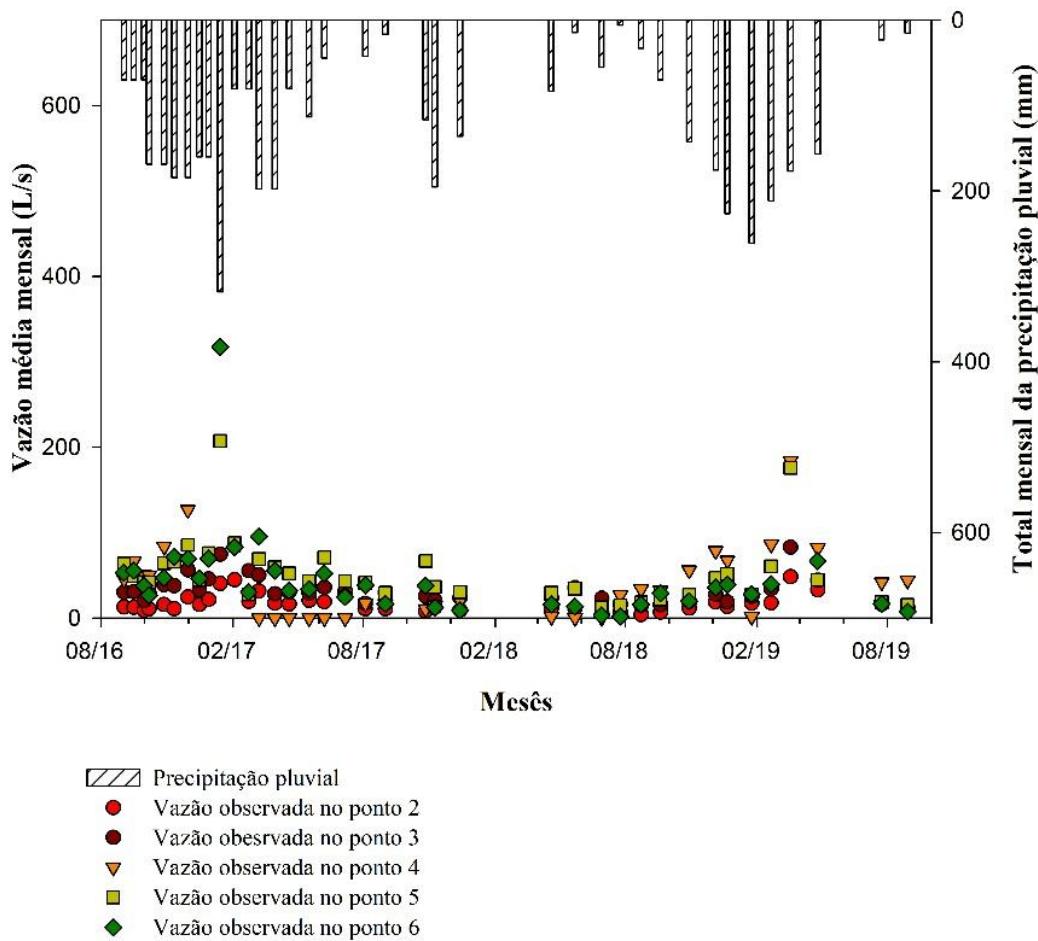
As variações nos dados de vazão apresentaram correlação com as precipitações médias observadas ao longo do período estudado, conforme apresentado nas Figuras 4 e 5, e podem ter ocorrido devido ao uso e manejo do solo na bacia hidrográfica, conforme constatado por Pakoksung et al. (2025) e Tavares et al. (2024). O relevo fortemente ondulado, associado a solos pouco desenvolvidos, como os Cambissolos e os Argissolos, predominantes na área, também influencia o aumento do escoamento superficial e as oscilações das vazões observadas, que acompanham os períodos de maior precipitação pluviométrica.

Figura 4 - Vazão medida e precipitação média no ponto 1 na cabeceira da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico



Fonte: Os autores, 2021.

Figura 5 - Vazão medida e precipitação média nos pontos de 2 a 6 da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico.



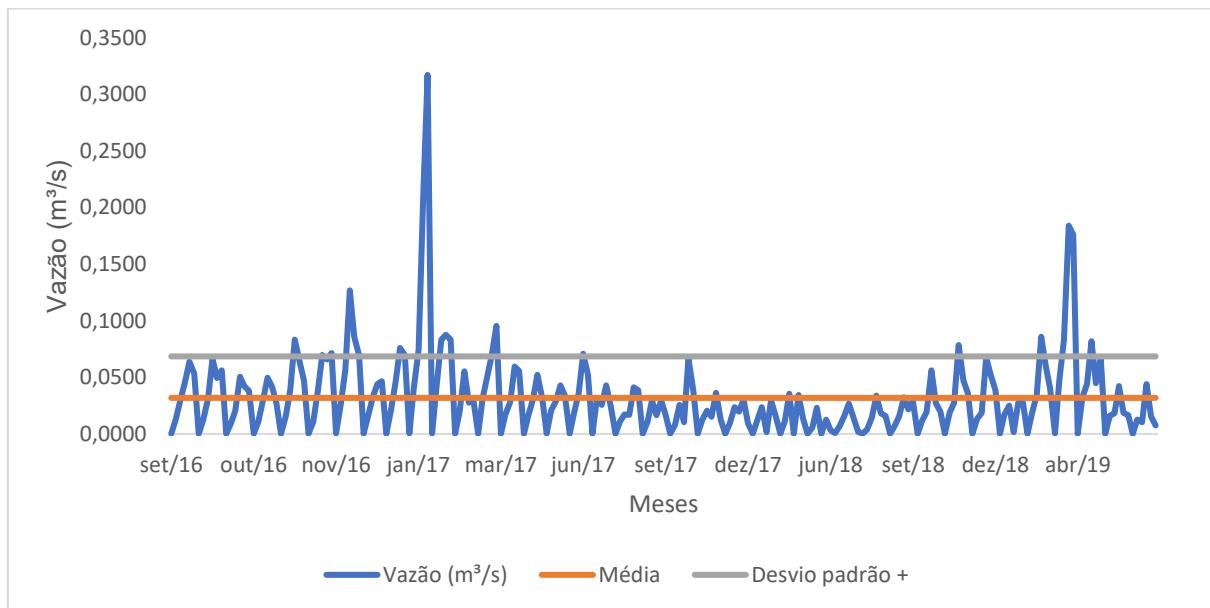
Fonte: Os autores, 2021.

A variabilidade da vazão ao longo do período estudado (Figura 6) permitiu identificar três períodos de maior volume de água no Ribeirão do Pico. Esses eventos ocorreram duas vezes na primavera/verão (de novembro de 2016 a março de 2017 e de dezembro de 2018 a abril de 2019) e uma vez no outono/inverno (de junho a setembro de 2019). Nesses três períodos, observaram-se picos de vazão máxima, com valores até três vezes maiores que a vazão média para as respectivas épocas do ano. Ao acrescentarmos o parâmetro precipitação à análise, foi possível visualizar que a vazão acompanhou as variações comuns da precipitação nas quatro estações do ano (Figuras 4 e 5).

Entretanto, a precipitação possui alta variabilidade espacial; o volume de chuva em diferentes locais pode variar bastante, mesmo em áreas relativamente próximas. Um exemplo disso é o que foi observado no mês de agosto de 2018 no ponto P1, que apresentou um pico de vazão não correlacionado com os dados médios de precipitação, conforme observado na Figura 4.

Inicialmente, deve-se considerar que a estação meteorológica está fora da área de estudo. No entanto, verificou-se que, nesse mês, ocorreu uma chuva de 37,5 mm no dia anterior à medição da vazão, conforme observado no posto meteorológico "D3-018", de acordo com medições realizadas pelo DAEE (DAEE - Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica). Essa chuva também alterou os valores da qualidade da água, principalmente nos parâmetros potencial redox, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos.

Figura 6 - Variação espaço-temporal da Vazão ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico

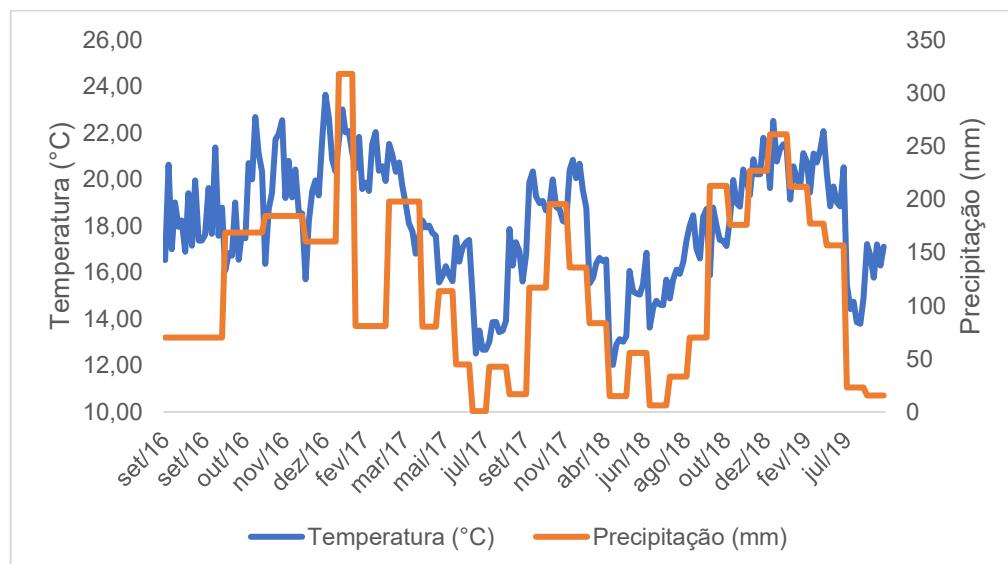


Fonte: Os autores, 2021.

Qualidade de água

Não foram observadas oscilações significativas na temperatura da água ao longo de todo o curso d'água da bacia hidrográfica. De modo geral, a temperatura oscilou na amplitude normal esperada para as diferentes estações do ano (Figura 7). A temperatura variou de 12,02 °C a 23,64 °C durante o período estudado. Destaca-se o compartimento 2, que apresentou os principais resultados na análise estatística descritiva (Tabela 3). Uma das razões para isso pode ser a predominância de pastagem no compartimento 2 e em suas APPs, conforme apresentado na Tabela 2. Segundo Arcova e Cicco (1999), a substituição da vegetação natural por outros usos do solo resulta em um aumento da incidência de energia solar sobre a água, com consequente elevação de sua temperatura.

Figura 7 - Variação espaço-temporal da Temperatura da água ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico



Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 3 - Análise descritiva dos dados de temperatura da água por compartimento.

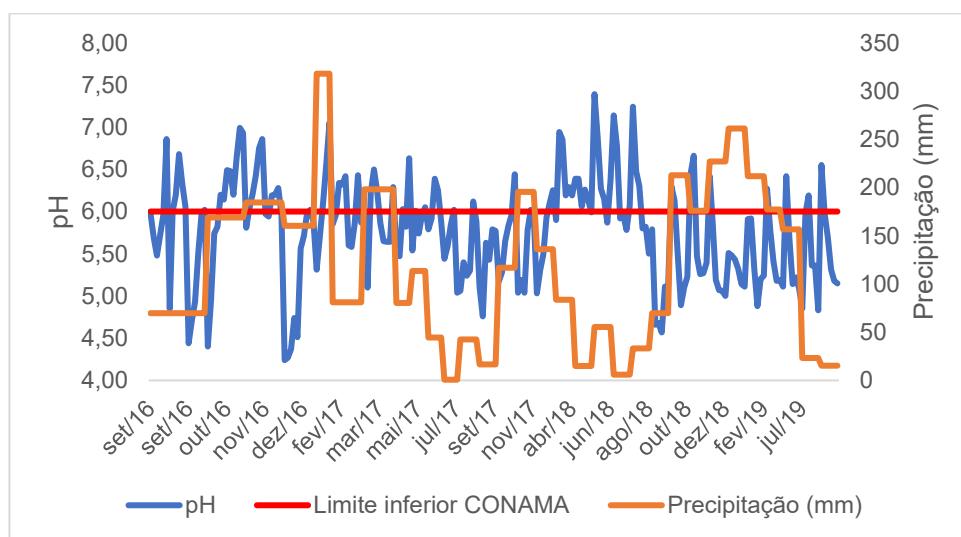
	Compartimentos					
	1	2	3	4	5	6
Média	17,65	18,56	17,97	18,26	18,20	18,16
Erro padrão	0,39	0,48	0,39	0,52	0,43	0,37
Mediana	17,74	19,09	18,01	18,84	18,08	18,24
Desvio padrão	2,42	2,93	2,40	2,71	2,67	2,27
Variância da amostra	5,86	8,64	5,75	7,32	7,12	5,16
Curtose	-0,58	-0,57	-0,48	-0,76	-0,82	0,13
Assimetria	-0,17	-0,44	-0,33	-0,42	-0,28	-0,48
Intervalo	9,18	11,62	9,71	9,55	9,41	9,86
Mínimo	12,53	12,02	12,91	13,13	12,67	12,68
Máximo	21,71	23,64	22,62	22,68	22,08	22,54

Fonte: Os autores, 2021.

A variação da temperatura da água interfere diretamente nas reações químicas e bioquímicas, alterando a solubilidade de gases, os ciclos de vida e os processos de decomposição da matéria orgânica (Bernegossi, 2016; Mendonça, 2016; Pires; Santos; Del Prette, 2002). A temperatura da água é um parâmetro de grande influência na qualidade da água, sendo recomendado que sua análise seja realizada em conjunto com outros parâmetros, como oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, turbidez, entre outros (Von Sperling, 2014).

O pH variou de 4,24 a 7,39, com valores médios próximos aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 (Figura 8). O compartimento 1 se destaca por apresentar a maior amplitude de pH (3,15), o que pode estar associado ao aumento de material orgânico de diversas fontes que entram no curso d'água (Tabela 4).

Figura 8 - Variação espaço-temporal do pH ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico



Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 4 - Análise descritiva dos dados de pH por compartimento

	Compartimento					
	1	2	3	4	5	6
Média	5,78	5,75	5,72	5,66	5,84	5,87
Erro padrão	0,12	0,10	0,08	0,10	0,09	0,10
Mediana	5,83	5,74	5,71	5,72	5,96	5,98
Desvio padrão	0,74	0,62	0,52	0,55	0,56	0,63
Variância da amostra	0,54	0,39	0,27	0,30	0,31	0,40
Curtose	0,06	-0,03	0,28	-0,61	-0,73	-0,63
Assimetria	0,03	-0,20	-0,40	0,07	-0,23	-0,15
Intervalo	3,15	2,67	2,48	2,11	2,25	2,54
Mínimo	4,24	4,27	4,37	4,57	4,74	4,51
Máximo	7,39	6,94	6,85	6,68	6,99	7,05

Fonte: Os autores, 2021.

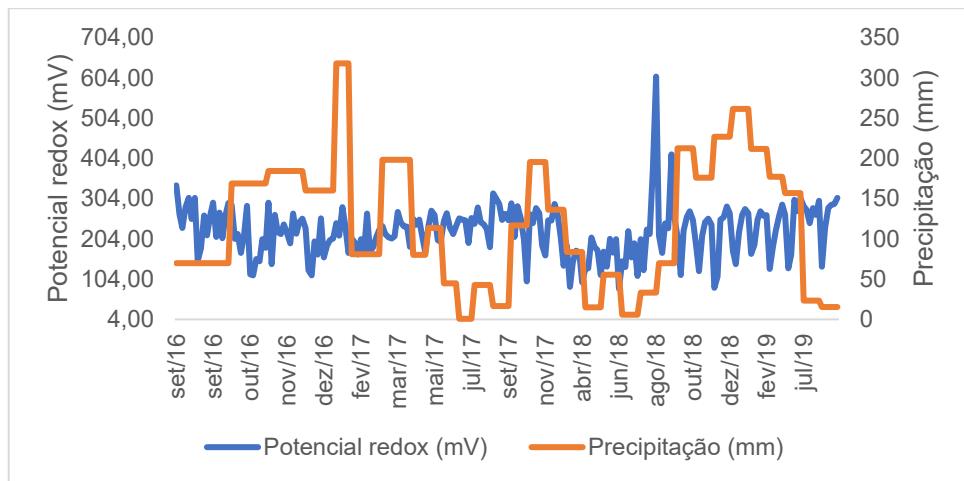
De acordo com Bernegossi (2016), a variação do pH é influenciada pela presença de matérias orgânicas, pela dissolução de materiais rochosos, pela fotossíntese, por águas negras e pelo aumento da carga orgânica proveniente de animais domésticos, hortas e outras atividades agrícolas nas margens do corpo hídrico. Roberto et al. (2017) mostraram que a variação da turbidez, do pH e da concentração de coliformes fecais está intimamente relacionada à presença de efluentes domésticos clandestinos lançados nas margens do córrego, resultando em água imprópria para o consumo humano. Variações de pH também podem estar associadas à atividade microbiana, ao consumo e/ou à produção de dióxido de carbono (CO_2) por organismos fotossintetizadores, bem como a fenômenos de respiração ou fermentação, que apresentam como resíduo radicais livres de hidrogênio.

Valores de pH entre 6 e 9 são compatíveis, a longo prazo, com a maioria dos organismos, sendo que valores de pH acima ou abaixo desses limites são prejudiciais ou letais para a maioria dos organismos aquáticos, especialmente para os peixes. Bernegossi (2016) estudou os efeitos do uso e da ocupação do solo na qualidade da água e dos sedimentos em rios de pequena ordem e observou uma relação moderada entre os parâmetros de oxigênio dissolvido e pH.

Os dados do potencial redox variaram pouco ao longo de todo o período de análise, permanecendo próximos à média de cada compartimento, com valores máximos e mínimos oscilando entre 80mV e 310mV. (Figura 9). Observou-se somente dois picos de valores de 607mV e 414mV nos meses de agosto e setembro de 2018, respectivamente.

A análise da estatística descritiva dos dados de potencial redox é apresentada na Tabela 5. As oscilações desse parâmetro podem estar relacionadas com problemas de saneamento rural e aporte de matéria orgânica. O potencial de redução da solução está relacionado com a perda e o recebimento de elétrons dos sais presentes na solução. A biodisponibilidade de uma série de metais está associada ao seu estado de oxidação. O conhecimento do potencial redox pode ajudar a definir quais são as formas mais frequentes dos íons metálicos em maior concentração no corpo d'água (Jardim, 2014).

Figura 9 - Variação espaço-temporal do Potencial Redox ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico



Fonte: Os autores, 2021.

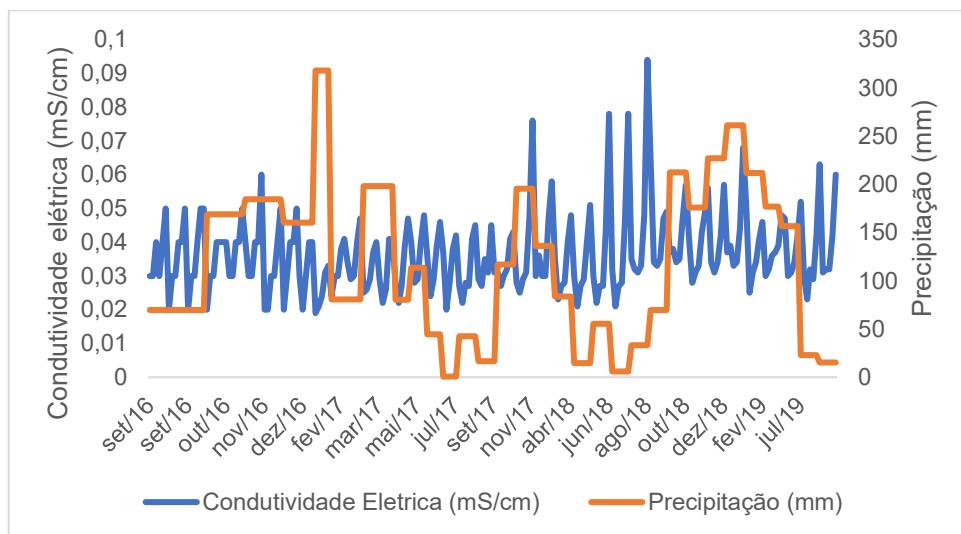
Tabela 5 - Análise descritiva dos dados de Potencial Redox por compartimento

	Compartimento					
	1	2	3	4	5	6
Média	222,66	189,50	232,76	233,55	240,26	221,70
Erro padrão	10,14	9,35	7,20	8,03	8,69	14,72
Mediana	236,50	191,00	233,50	251,00	216,00	235,00
Desvio padrão	62,50	57,66	44,38	41,74	53,56	89,52
Variância da amostra	3906,55	3324,47	1969,64	1742,26	2868,41	8014,05
Curtose	-0,61	-1,08	0,18	-0,74	2,26	8,72
Assimetria	-0,37	0,12	-0,68	-0,75	1,40	1,98
Intervalo	255,00	220,00	188,00	140,00	243,00	527,00
Mínimo	82,00	85,00	113,00	148,00	171,00	80,00
Máximo	337,00	305,00	301,00	288,00	414,00	607,00

Fonte: Os autores, 2021.

Os dados de condutividade elétrica (CE) apresentaram poucas variações ao longo dos três anos de monitoramento, variando entre $0,019 \text{ mS.cm}^{-1}$ e $0,094 \text{ mS.cm}^{-1}$. No período de novembro de 2017 a agosto de 2018, observou-se uma maior oscilação, com aumento da amplitude dos dados. A partir de setembro de 2018, no entanto, a CE voltou a variar como no início do monitoramento, com ligeiro aumento da amplitude (Figura 10). A análise da estatística descritiva dos dados destacou os compartimentos 5 e 6, que apresentaram os principais valores de CE, conforme a Tabela 6.

Figura 10 - Variação espaço-temporal da Condutividade Elétrica ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico



Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 6 – Análise descritiva dos dados de Condutividade Elétrica por compartimento.

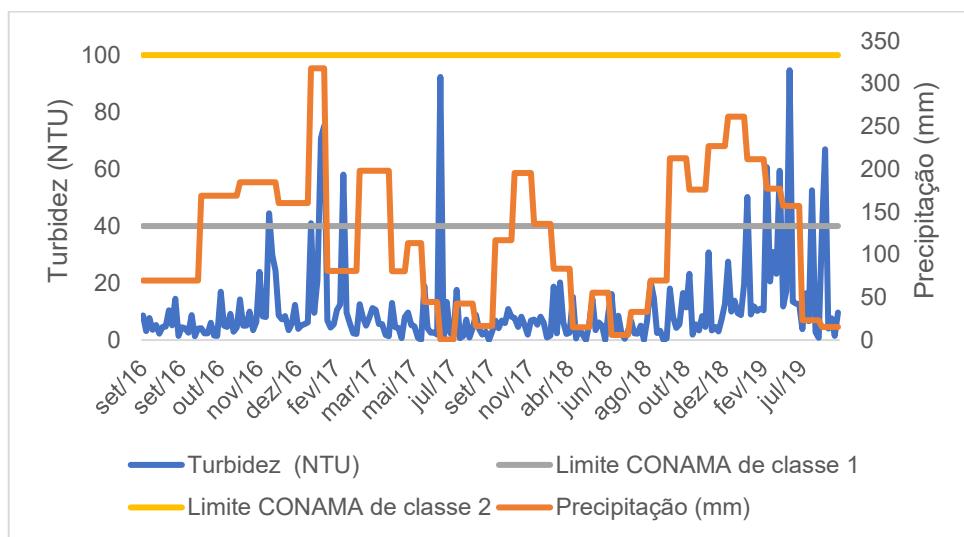
	Compartimento					
	1	2	3	4	5	6
Média	0,033	0,027	0,030	0,033	0,042	0,052
Erro padrão	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Mediana	0,030	0,028	0,030	0,033	0,040	0,049
Desvio padrão	0,011	0,005	0,003	0,004	0,004	0,013
Variância da amostra	0,000122	2,69E-05	1,11E-05	1,78E-05	1,34E-05	0,000169
Curtose	1,480	-0,635	2,247	-0,840	1,132	2,488
Assimetria	1,175	0,293	1,157	0,434	0,105	1,433
Intervalo	0,045	0,019	0,016	0,013	0,019	0,063
Mínimo	0,019	0,020	0,024	0,027	0,031	0,031
Máximo	0,064	0,039	0,040	0,040	0,050	0,094

Fonte: Os autores, 2021.

Observou-se uma tendência de aumento dos valores de CE ao longo dos pontos amostrados, o que pode estar relacionado ao aporte de nutrientes provenientes de atividades agrícolas sem tempo hábil para a depuração da água. O uso de insumos e a falta de práticas de manejo e conservação do solo, principalmente nas proximidades dos cursos d'água, podem oferecer riscos quando esses insumos são carreados para os cursos d'água pelo escoamento superficial da água. Tanaka et al. (2016) observaram uma relação direta entre a condutividade elétrica da água e a predominância de pastagens em Áreas de Preservação Permanente (APP). Por outro lado, a preservação da APP com vegetação natural propicia uma redução na absorção de íons dissociados e na infiltração de águas (Queiroz et al., 2010).

A variação dos valores de turbidez ao longo do período analisado mostrou que 94% dos dados ficaram abaixo do limite de 40 NTU estabelecido pela Resolução 357/2005 do Conama. Isso permitiu atribuir a classe 1 ao ribeirão do Pico, de acordo com esse parâmetro (Figura 11). Os valores de turbidez variaram entre zero e 94,7 NTU. Maiores valores de turbidez foram observados no compartimento 1, o que pode estar associado à entrada de sedimentos e/ou de matérias orgânicas no corpo d'água (Tabela 7).

Figura 11 - Variação espaço-temporal da Turbidez ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico.



Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 7 - Análise descritiva dos dados de Turbidez por compartimento

	Compartimento					
	1	2	3	4	5	6
Média	20,60	9,51	8,65	7,98	8,20	8,28
Erro padrão	3,00	2,88	1,44	1,63	2,42	2,05
Mediana	15,70	4,65	5,55	5,90	2,65	5,70
Desvio padrão	18,48	17,76	8,86	8,49	14,95	12,48
Variância da amostra	341,68	315,51	78,51	72,08	223,64	155,76
Curtose	5,59	17,04	10,41	13,78	11,11	23,86
Assimetria	2,22	4,08	2,96	3,46	3,27	4,53
Intervalo	88,20	94,10	46,50	42,70	70,90	75,00
Mínimo	4,10	0,60	1,30	1,80	0	0,10
Máximo	92,30	94,70	47,80	44,50	70,90	75,10

Fonte: Os autores, 2021.

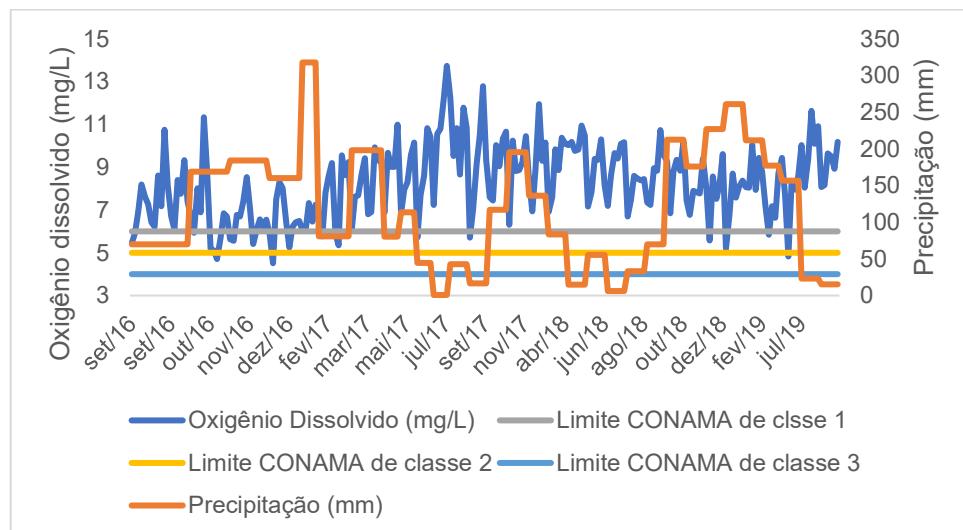
A turbidez está associada à presença de partículas em suspensão na água, como plânctons e sedimentos, que dificultam a passagem da luz (Porto et al., 1991). Elevados valores de turbidez estão associados à potencial alteração da dinâmica de conservação do uso do solo, com consequências como erosão e degradação da bacia hidrográfica. As variações da turbidez da água também estão relacionadas à presença ou à ausência de vegetação natural em Áreas de Preservação Permanente (APP), que funcionam como uma barreira ao escoamento superficial e impedem a chegada de sedimentos ao corpo d'água (Cunha; Calijuri, 2010; Queiroz et al., 2010).

Oscilações na vazão do rio também influenciam a turbidez da água, principalmente quando o aumento da velocidade da água resulta em assoreamento de suas margens (Queiroz et al., 2010). Valores elevados de turbidez indicam a ocorrência de processos erosivos em encostas agricultáveis dentro de uma bacia hidrográfica (Raposo; Barros; Magalhães Júnior, 2009).

O oxigênio dissolvido (OD) apresentou 86% de seus dados acima dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, permitindo o enquadramento do ribeirão do Pico na classe 1 (figura 12). Os valores de OD variaram de 4,51 mg/L a 13,74 mg/L (Tabela 8) e ultrapassaram os limites do CONAMA nos períodos chuvosos. O oxigênio dissolvido tem duas fontes principais: a atmosfera e a

liberada por organismos fotossintetizantes (Von Sperling, 2014). Ele é de extrema importância para os seres vivos manterem seus processos metabólicos de produção de energia e reprodução (Porto et al., 1991). Por isso, seu monitoramento é essencial para a sobrevivência dos microrganismos e para identificar alterações na qualidade da água causadas pela descarga de material orgânico.

Figura 12 - Variação temporal do Oxigênio Dissolvido ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico.



Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 8 - Análise descritiva dos dados de Oxigênio Dissolvido por compartimento

	Compartimento					
	1	2	3	4	5	6
Média	7,06	7,10	8,61	8,46	9,25	9,27
Erro padrão	0,22	0,26	0,23	0,28	0,26	0,24
Mediana	6,86	6,92	8,65	8,47	9,13	9,40
Desvio padrão	1,37	1,60	1,43	1,47	1,60	1,48
Variância da amostra	1,87	2,57	2,05	2,17	2,56	2,21
Curtose	4,69	-0,44	0,83	0,26	-0,35	1,10
Assimetria	1,68	0,56	-0,33	0,45	0,10	0,24
Intervalo	7,05	6,05	7,32	6,27	6,57	7,25
Mínimo	5,18	4,51	4,71	5,68	6,22	6,49
Máximo	12,23	10,56	12,03	11,95	12,79	13,74

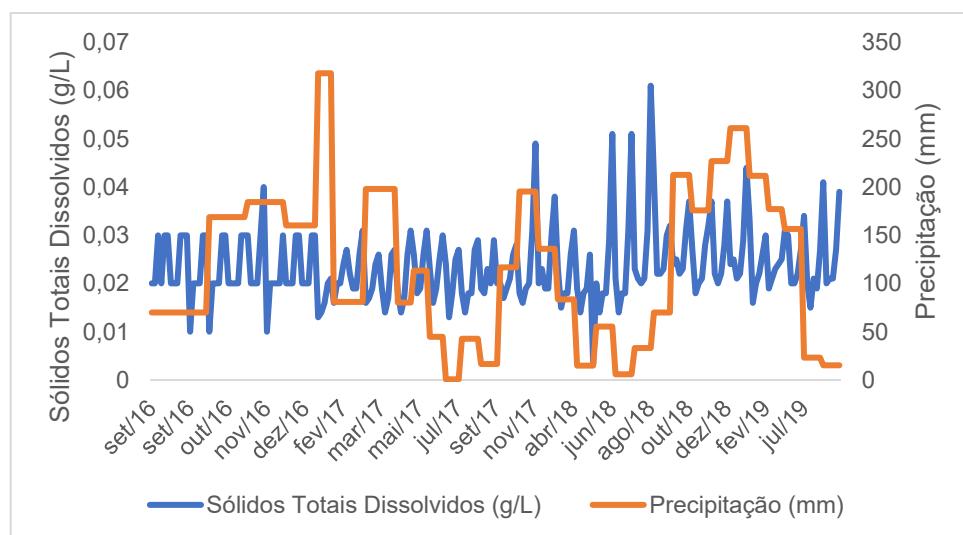
Fonte: Os autores, 2021.

Concentrações muito baixas desse parâmetro podem indicar intensa atividade biológica, principalmente em decorrência da elevada carga orgânica no corpo receptor (lançamento de esgoto doméstico sem tratamento). A medida de oxigênio dissolvido deve sempre estar associada à temperatura. Bernegossi (2016) e Garcia et al. (2018) ressaltam que resíduos e/ou altos níveis de material orgânico alteram os valores de temperatura e de oxigênio dissolvido, resultando em desequilíbrio da vida aquática. De acordo com Arcova e Cicco (1999), a vazão em locais de fluxo de água mais lento apresenta menores teores de oxigênio dissolvido, resultado do consumo desse gás em processos de decomposição da própria água.

Em áreas de nascentes, a presença de baixas concentrações de oxigênio dissolvido podem estar relacionada à espessura da lámina d'água, à presença de macrófitas e a ambientes lênticos (Cunha; Calijuri, 2010; Garcia et al., 2018). A variação da temperatura da água também influencia os teores de oxigênio dissolvido; maiores solubilidades de oxigênio dissolvido são observadas em temperaturas mais baixas. A atividade microbiana, que consome o oxigênio dissolvido na água em velocidades diferentes conforme a variação da temperatura, é outro fator de influência nos valores de oxigênio dissolvido (Queiroz et al., 2010).

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) apresentaram comportamento semelhante ao da CE (Figuras 10 e 13), com valores variando de 0,010g.L⁻¹ a 0,061g.L⁻¹ ao longo do período. Destaca-se o compartimento 6, que apresentou valores muito acima dos outros compartimentos. Também é possível identificar o aumento progressivo dos valores de STD, evidenciando a falta de depuração da bacia hidrográfica e destacando a possível entrada de sedimentos no curso d'água (Tabela 9).

Figura 13 - Variação espaço-temporal de sólidos totais dissolvidos ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico



Fonte: Os autores, 2021.

Tabela 9 - Análise descritiva dos dados de Sólidos Totais Dissolvidos por compartimento

	Compartimento					
	1	2	3	4	5	6
Média	0,022	0,018	0,020	0,021	0,027	0,033
Erro padrão	0,0012	0,0005	0,0004	0,0005	0,0005	0,0016
Mediana	0,020	0,0195	0,020	0,020	0,028	0,030
Desvio padrão	0,0073	0,0032	0,0023	0,0024	0,0028	0,0098
Variância da amostra	5,4E-05	1,05E-05	5,22E-06	6,03E-06	7,93E-06	9,59E-05
Curtose	1,529	-0,767	9,953	6,857	0,753	3,008
Assimetria	1,025	0,083	2,373	2,080	-0,909	0,369
Intervalo	0,032	0,012	0,014	0,012	0,011	0,058
Mínimo	0,010	0,013	0,016	0,018	0,020	0,0033
Máximo	0,042	0,025	0,030	0,030	0,031	0,061

Fonte: Os autores, 2021.

Cabral e Reis (2015) afirmaram que a vazão e o STD variam com o tempo e apresentam relações complexas com os períodos de chuva, o uso e o manejo do solo. Essas relações podem provocar variações na qualidade e na quantidade de água, além de evidenciar problemas relacionados à conservação do solo.

Medeiros, Cavalcante, Segundo e Magalhães (2015) observaram também que a variação da velocidade da água dos córregos, decorrente da oscilação da vazão, resulta no aumento do transporte de sedimentos ao longo do curso d'água e na degradação de suas margens. Carvalho, Schlittler e Tornisiello (2000) relataram que a variação da temperatura e dos sólidos em suspensão interfere na condutividade elétrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O monitoramento espaço-temporal da qualidade e da quantidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão do Pico permitiu identificar diferentes padrões de variação ao longo do tempo e do espaço.

Apesar de o Ribeirão do Pico ser classificado como Classe 1 pela Resolução CONAMA 357/2005, esse estudo constatou a ocorrência de alguns pontos que devem ser considerados para a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica estudada.

- Valores alterados de turbidez, condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos, observados em alguns pontos do curso d'água, estão associados à ocorrência de enxurradas e à deposição de sedimentos no córrego. Isso ressalta a importância da implementação de práticas conservacionistas antes do período chuvoso.
- Áreas de APP ocupadas irregularmente por outros usos devem ser priorizadas em futuros projetos de restauração das matas ciliares.
- As oscilações dos parâmetros de pH, oxigênio dissolvido e potencial redox indicam a presença de material orgânico no curso d'água e também estão relacionadas à ocupação irregular das APPs.

No contexto da proposta deste artigo, o monitoramento da qualidade e da disponibilidade da água do Ribeirão do Pico constitui uma referência para a elaboração de políticas públicas no município de Vargem (SP), considerando que se trata do seu principal manancial de abastecimento público.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical (Instituto Agronômico de Campinas)

REFERÊNCIAS

- AFED ULLAH, K.; JIANG, J.; WANG, P. Land use impacts on surface water quality by statistical approaches. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 4, n. 2, p. 231-250, 2018. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2018.04.02.010>
- AIELLO, L. H. F. Variabilidade espaço-temporal da qualidade e quantidade de água na microbacia do Ribeirão do Pico, Vargem-SP. **Dissertação** (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Campinas: Instituto Agronômico-IAC. 2021.
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. DE M., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 2, n. 26, p. 711-728, 2013. DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507)
- ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V. DE. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, n. 56, p. 125-134, 1999.
- BASTOS, F. DE. Estratégias para o monitoramento da qualidade da água em bacias rurais de cabeceira. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Santa Maria: Universidade de Santa Maria. 2018. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15018>
- BERNEGOSSI, A. C. Variação espacial e temporal da qualidade da água e do sedimento em rios de pequena ordem (São Carlos e Itirapina , SP): comparação entre ambientes impactados e de

referência. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República [2005] Disponível em:

conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450 Acesso em: 30 de jun. de 2024.

BRASIL. Lei nº12651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República [2012]. Disponível em: [L12651](#) Acesso em : 30 de jun. de 2024.

CABRAL, S. L.; REIS, R. S. Influência do uso e ocupação do solo na produção de sedimentos na bacia do rio jacarecica. **REVISTA DE GEOGRAFIA**, v. 32, n. 2, p. 147-157, 2015.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.
<https://doi.org/10.1590/S0100-4042200000500009>

CHEN, Q. et al. Impacts of land use and population density on seasonal surface water quality using a modified geographically weighted regression. **Science of the Total Environment**, v. 572, p. 450-466, 2016. [10.1016/j.scitotenv.2016.08.177](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.177)

CHUGHTAI, A. H.; ABBASI, H.; KARAS, I. R. A review on change detection method and accuracy assessment for land use land cover. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 22, n. , p. 100482, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100482>

CUNHA, E. R. et al. Assessment of current and future land use/cover changes in soil erosion in the Rio da Prata basin (Brazil). **Science of The Total Environment**, v. 818, p. 151811, 20 abr. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151811>

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. DO C. Probabilistic analysis of the occurrence of incompatibility of the water quality with the legal framework of aquatic systems - case study of Pariquera-Açu River (SP, Brazil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 337-346, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000400006>

DAEE. **Departamento de Águas e Energia Elétrica**. Disponível em:

<https://hidrologia.spaguas.sp.gov.br/Default.aspx> . Acesso em: 18 de jun. de 2025.

DEY, N. N. et al. Geospatial modelling of changes in land use/land cover dynamics using Multi-layer perception Markov chain model in Rajshahi City, Bangladesh. **Environmental Challenges**, v. 4, n. May, p. 100148, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100148>

ESRI – Environmental Systems Research Institute, ArcGIS for Desktop. Versão 10.0. Redlands: ESRI, 2016. , Disponível em:

<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=c03a526d94704bfb839445e80de95495>
Acesso em: 15 de set. de 2017.

GARCIA, J. M. et al. Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 1, p. 228-254, 2018. <https://doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-10>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências**. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 15 de março de 2025.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO (São Paulo). **Regiões de governo do Estado de São Paulo**. São Paulo: IGC, 1994. Escala 1:10.000.

JARDIM, W. F. Medição e interpretação de valores do potencial redox (EH) em matrizes ambientais. **Química Nova**, v. 37, n. 7, p. 1233-1235, 2014.
<https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140207>

LOPES, S. M. Avaliação Espaço-Temporal Da Qualidade Da Água Do Reservatório Da UHE Capivari-Cachoeira E Corpos Hídricos Relacionados : Uma Abordagem De Longo Prazo. **Dissertação** (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental) – Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019. <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4227>

MapBiomass. **Collection 8 of the Annual Land Cover and Land Use Maps of Brazil (1985-2022)**. Disponível em: <https://doi.org/10.58053/MapBiomass/VJIJCL> Acesso em: 18 de jun. de 2025.

MEDEIROS, P. R. P.; CAVALCANTE SEGUNDO, G. H.; MAGALHÃES, E. M. M. Comportamento da turbidez e material em suspensão, em um rio com vazão regularizada por sistema de barragens em cascata: Rio São Francisco (NE, Brasil). **Geochimica Brasiliensis**, v. 29, n. 1, p. 35-44, 2015. DOI: 10.5327/Z0102-9800201500010004.

MENDONÇA, A. M. Confiabilidade dos parâmetros monitorados em águas por sonda multiparâmetros. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Santa Maria: Universidade de Santa Maria, 2016.

NAMUGIZE, J. N.; JEWITT, G.; GRAHAM, M. Effects of land use and land cover changes on water quality in the uMngeni river catchment, South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 105, p. 247-264, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.03.013>

PAKOKSUNG, K. et al. Seasonal dynamics of water quality in response to land use changes in the Chi and Mun River Basins Thailand. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 7101, 2025. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-91820-4>

PALHARES, J. C. P. et al. Medição da vazão em rios pelo método do flutuador. Concórdia: **EMBRAPA**, 2007. Comunicado Técnico 455. Disponível em: [ISSN 0102-3713](https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.03.013). Acesso em: 07 de jul. de 2025.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E., **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus, Ba: editus, 2002.

PORTO, R. L. L. et al. **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo-Edusp, 1991.

QGIS. **QGIS Geographic Information System, QGIS for Desktop**. Versão 3.38.1-Grenoble Disponível em: <http://www.qgis.org/>.

QUEIROZ, M. M. F. et al. Influência Do Uso Do Solo Na Qualidade Da Água De Uma Microbacia Hidrográfica Rural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 4, p. 200-210, 2010. <https://doi.org/10.18378/rvads.v5i4.407>

RAPOSO, A. A.; BARROS, L.; MAGALHÃES JUNIOR, A. O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do rio maracujá - quadrilátero ferrífero/mg. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa-MG. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301650826_O_PARAMETRO_DE_TURBIDEZ_DAS_AQUAS_COLOM_INDICADOR_DE_IMPACTOS_HUMANOS_NA_DINAMICA_FLUVIAL_DA_BACIA_DO_RIO_MARACUJA_-_QUADRILATERO_FERRIFEROMG#fullTextContent. Acesso em: 07 de jul. de 2025.

ROBERTO, M. DA C. et al. Avaliação do pH , turbidez e análise microbiológica da água do Córrego Guará Velho em Guaraí , estado do Tocantins. **Revista desafios**, v. 4, n. 4, p. 3-14, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2017v4n4p3>.

RODRIGUES, V. et al. Effects of land use and seasonality on stream water quality in a small tropical catchment: The headwater of Córrego Água Limpa, São Paulo (Brazil). **Science of The Total Environment**, v. 622-623, p. 1553-1561, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.028>

ROQUE, A.A.O. et al. Geoprocessamento no auxílio à preservação das águas no Sistema Cantareira. In: SIMPÓSIOBRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 19., 2019, Santos-SP. **Anais de Congresso**. São José dos Campos: INPE, 2019. p. 3299-3302. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2019/10.01.16.54/doc/thisInformationItemHomePage.html> Acesso em: 07 de jul. de 2025.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, 2017.

SIMEDO, M. B. L. et al. Effect of watershed land use on water quality: A case study in córrego da olaria basin, são paulo state, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 4, p. 625-635, 2018. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.168423>

TANAKA, M. O. et al. Influence of watershed land use and riparian characteristics on biological indicators of stream water quality in southeastern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 216, p. 333-339, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.016>

TAVARES, B. M. et al. Livestock in Riparian Areas: A Neglected Environmental Issue. **Environmental Management**, v. 74, n. 5, p. 846-852, 2024. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-02041-w>

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

YAN, T.; SHEN, S.; ZHOU, A. Indices and models of surface water quality assessment: Review and perspectives. **Environmental Pollution**, v. 308, n. June, p. 119611, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119611>

ZHANG, Yifan et al. Inhibiting effects of vegetation on the characteristics of runoff and sediment yield on riparian slope along the lower Yellow River. **Sustainability**, v. 11, n. 13, 2019.
<https://doi.org/10.3390/su11133685>

Recebido em: 05/02/2025

Aceito para publicação em: 31/07/2025