

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIBEIRÃO CAIUÁ-SP

Marilena Oshima¹, Renata Ribeiro de Araújo²

¹Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, Brasil
(marilena.oshima@unesp.br)

²Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, Brasil

Resumo: Este estudo analisou a qualidade da água sob influência da precipitação no ribeirão Caiuá – SP. Foram realizadas seis campanhas mensais entre dezembro de 2025 a maio de 2026 em seis pontos. Os parâmetros monitorados foram comparados à Resolução CONAMA nº 357/2005 (classe 2) e submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP). O oxigênio dissolvido (OD) foi o principal parâmetro de não conformidade. A ACP evidenciou diferenciação espacial (CP1) e temporal ligada à precipitação, pH e OD (CP2).

Palavras-chave: Qualidade da água; Análise de Componentes Principais; Ribeirão Caiuá; Parâmetros limnológicos.

INTRODUÇÃO

Os corpos hídricos desempenham papel fundamental na manutenção dos ecossistemas e no desenvolvimento das atividades humanas, fornecendo água para abastecimento público, irrigação, atividades industriais, geração de energia e diversos outros usos. Além da sua importância socioeconômica, a água constitui elemento essencial para manutenção da vida, atuando como solvente universal que transporta gases, elementos, substâncias e compostos orgânicos dissolvidos, os quais constituem a base da vida de plantas e animais no planeta (Tundisi; Tundisi, 2008).

A qualidade das águas superficiais é resultado da interação entre fatores naturais e antrópicos que atuam sobre a área de drenagem. Nesse contexto, a bacia hidrográfica é reconhecida como a unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Brasil, conforme estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997). Assim, compreender os processos que ocorrem na bacia hidrográfica é fundamental para a avaliação das condições dos recursos hídricos.

De acordo com Soares (2015), a bacia hidrográfica compreende uma área de escoamento natural da água da chuva, cuja rede de drenagem converge para o exutório. As características da água refletem as condições ambientais presentes nessa área de drenagem, de modo que alterações decorrentes do uso e ocupação da terra podem modificar suas propriedades físicas, químicas e biológicas, comprometendo seus usos múltiplos e a integridade dos ecossistemas aquáticos (Baptista e Pádua, 2016).

Entre os fatores naturais que influenciam a qualidade da água, destaca-se a precipitação, que pode alterar a vazão dos cursos d'água e intensificar os processos de escoamento superficial, promovendo o transporte de sedimentos, nutrientes, matéria orgânica, metais pesados e outros materiais presentes na bacia hidrográfica para os corpos receptores (Pruski; Brandão; Silva, 2004; Soares, 2015). Estudos realizados em bacias hidrográficas brasileiras têm demonstrado que a precipitação exerce influência direta sobre parâmetros de qualidade da água, promovendo tanto a diluição de determinados poluentes quanto o aumento da concentração de outros, em função do escoamento superficial e do carreamento de materiais das vertentes (Rodrigues et al., 2018; Sousa et al., 2022).

Diante desse cenário, o monitoramento da qualidade das águas apresenta-se como uma ferramenta fundamental para a gestão dos recursos hídricos, uma vez que possibilita obter informações para o acompanhamento dos efeitos sobre as características qualitativas da água, subsidiando ações de controle ambiental (Carvalho et al., 2015). No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece diretrizes para o enquadramento dos corpos de água e define padrões de qualidade para cada classe de uso, constituindo importante instrumento para avaliação e gestão dos recursos hídricos (Brasil, 2005).

No estado de São Paulo, o monitoramento da qualidade das águas superficiais é realizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), por meio de uma rede distribuída pelas 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos

(UGRHIs). Apesar da abrangência estadual dessa rede, a distribuição dos pontos de monitoramento não é uniforme entre as bacias hidrográficas, e cursos d'água de menor porte podem apresentar cobertura mais reduzida. A bacia hidrográfica do Ribeirão Caiuá, especificamente, possui apenas um ponto de monitoramento oficial, o que limita a capacidade de acompanhamento espacial e temporal das variações na qualidade de suas águas e reforça a relevância de estudos complementares para ampliar o conhecimento sobre o comportamento desse sistema.

O monitoramento sistemático da qualidade da água gera conjuntos de dados multivariados, nos quais as variáveis frequentemente apresentam correlações entre si. Nesse contexto, técnicas de estatística multivariada têm sido amplamente utilizadas em estudos ambientais por possibilitarem a análise integrada de múltiplos parâmetros. Entre essas técnicas, destaca-se a Análise de Componentes Principais (ACP), que consiste na transformação de um conjunto de variáveis originais em um novo conjunto de componentes ortogonais, permitindo reduzir a dimensionalidade dos dados sem perda significativa de informação e facilitar a identificação dos principais fatores associados à variabilidade observada (Gotelli e Ellison, 2011).

Ante o exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do ribeirão Caiuá com base nos parâmetros limnológicos e na Resolução CONAMA nº 357/2005, bem como identificar, por meio da Análise de Componentes Principais, os principais fatores associados à variabilidade espacial e temporal da qualidade da água no período de dezembro de 2025 a maio de 2026, com ênfase na influência da precipitação recente.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do ribeirão Caiuá está localizada na região oeste do estado de São Paulo e abrange os municípios de Presidente Venceslau, Caiuá e Presidente Epitácio. O curso principal possui aproximadamente 30 km de extensão, com nascente em Presidente Venceslau e foz no rio Paraná, em Presidente Epitácio. A bacia hidrográfica está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 (UGRHI-22), cuja gestão é de responsabilidade do Comitê das Bacias Hidrográficas do Pontal do Paranapanema (CBH-PP).

A área de drenagem da bacia hidrográfica é de 190,91 km² e a altitude varia de 459 m, na região da nascente, a 255 m, no exutório. Os corpos hídricos da estão enquadrados na classe 2, conforme estabelecido pelo Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977 (São Paulo, 1977), sendo destinados ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de

hortaliças, plantas frutíferas, parques e jardins, e às atividades de aquicultura e pesca (Brasil, 2005).

Quanto ao uso e ocupação da terra, predominam áreas de pastagem, que representam aproximadamente 80% da área da bacia hidrográfica em 2024, segundo dados da Coleção 10.1 de Cobertura e Uso da Terra do Brasil (MapBiomas, 2025).

Os valores de precipitação foram obtidos por meio da plataforma Climate Engine, utilizando o produto Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS), com resolução espacial aproximada de 5 km para o período de 1 de novembro de 2025 a 31 de maio de 2026. O produto CHIRPS tem sido validado em estudos, apresentando concordância com dados de estações meteorológicas em diferentes regiões do país, incluindo o estado de São Paulo, onde sua qualidade foi avaliada especificamente para análises de séries temporais na região central do estado (Santos et al., 2023; Costa et al., 2019).

A precipitação média espacial foi obtida a partir de polígonos vetoriais correspondentes à bacia hidrográfica do Ribeirão Caiuá e a três segmentos definidos com base nos pontos de monitoramento da qualidade da água (nascente a S2, S2 a S4 e S4 a S6). Para cada polígono, foram obtidas séries diárias de precipitação média espacial, as quais foram exportadas em formato CSV para processamento e análises estatísticas.

Foram selecionados seis pontos de monitoramento distribuídos ao longo do curso do ribeirão Caiuá, considerando critérios de acessibilidade, com trechos em que há presença de pontes sobre estradas, bem como a influência de potenciais pressões antrópicas, incluindo áreas urbanas, captações de água para irrigação e locais de lançamento de efluentes. Foram realizadas seis campanhas mensais, no período de dezembro de 2025 a maio de 2026, totalizando 36 amostras. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo e dos pontos de monitoramento.

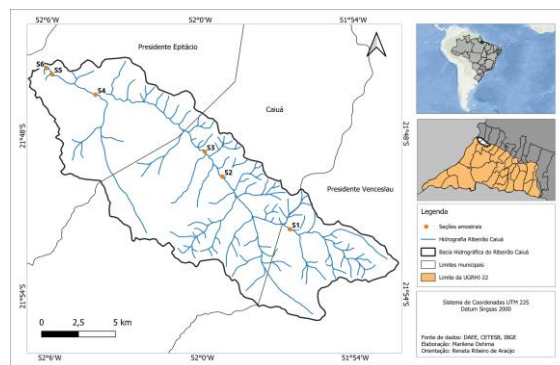


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do ribeirão Caiuá e locais de amostragem.

Os parâmetros avaliados foram: oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade

elétrica (CE), temperatura da água, sólidos totais dissolvidos (TDS) e turbidez. As variáveis OD, pH, CE, temperatura da água e TDS foram aferidas *in situ* por meio de medidor multiparâmetro portátil modelo HI98194. Amostras de água foram coletadas e armazenadas em frascos de polietileno para posterior determinação da turbidez em laboratório, utilizando turbidímetro portátil de alta precisão modelo HI98703.

Os valores de precipitação obtidos para os segmentos da bacia foram integrados aos dados limnológicos para avaliação das relações entre as variáveis por meio da Análise de Componentes Principais (ACP), realizada no software Statistica 7.0. Foram consideradas as variáveis OD, pH, CE, temperatura da água, TDS, turbidez e precipitação acumulada dos três dias antecedentes a cada campanha de monitoramento. Os dados foram transformados por $\log_{10}(x+1)$ antes da análise.

A interpretação dos resultados baseou-se nos dois primeiros componentes principais e nas cargas fatoriais das variáveis, mantendo-se apenas aquelas com valores absolutos iguais ou superiores a 0,5 ($|carga\ fatorial| \geq 0,5$), considerados representativos da associação entre as variáveis e os componentes principais. A ACP foi realizada a partir da matriz de correlação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação na bacia hidrográfica do ribeirão Caiuá apresentou variação ao longo do período monitorado (Figura 2).

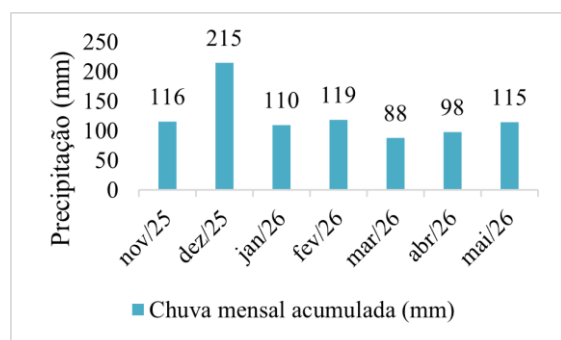


Figura 2. Precipitação mensal para a bacia hidrográfica do ribeirão Caiuá.

O maior volume mensal acumulado foi registrado em dezembro de 2025, totalizando 215 mm. Os meses de novembro de 2025, janeiro, fevereiro e maio de 2026 apresentaram acumulados intermediários, variando entre 110 e 119 mm. Por outro lado, os menores volumes de precipitação foram observados em março e abril de 2026, com acumulados de 88 mm e 98 mm, respectivamente.

Considerando a precipitação acumulada nos três dias antecedentes às campanhas de monitoramento (Figura 3), verificou-se que as coletas de dezembro de 2025,

janeiro e maio de 2026 foram precedidas por eventos de chuva, com acumulados de 23 mm, 23 mm e 21 mm, respectivamente. Em contrapartida, nas campanhas realizadas em fevereiro, março e abril de 2026 não foram registradas chuvas. Dessa forma, as campanhas contemplaram tanto condições influenciadas por precipitação recente quanto períodos sem ocorrência de chuva antecedente, permitindo avaliar possíveis reflexos dessas condições sobre os parâmetros de qualidade da água.

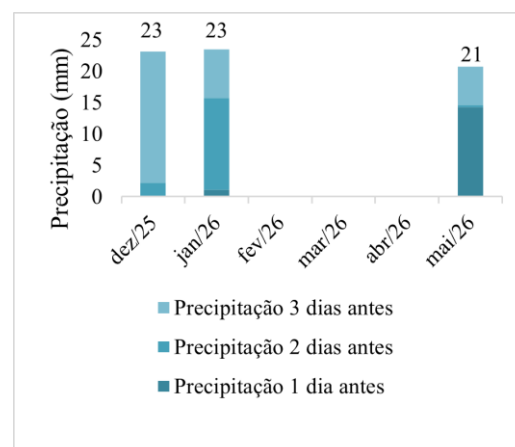


Figura 3. Precipitação acumulada nos dias que antecederam as campanhas de monitoramento.

Os parâmetros limnológicos avaliados nos seis pontos de monitoramento ao longo do ribeirão Caiuá são apresentados na Tabela 1, que reúne os valores médios, mínimos e máximos observados, bem como os limites estabelecidos para corpos hídricos de classe 2.

Tabela 1. Estatística descritiva (média, mínimo e máximo) das variáveis limnológicas e valores de referência para corpos hídricos de classe 2.

Parâmetro	CONAMA 357/2005 (classe 2)	Ponto	Méd	Mín	Máx
pH	6 a 9	S1	6,60	6,09	6,92
		S2	6,36	6,02	6,60
		S3	6,41	6,00	6,65
		S4	6,74	6,25	7,13
		S5	6,64	6,25	7,00
		S6	7,24	6,58	8,64
OD (mg/L)	> 5	S1	4,84	3,44	9,13
		S2	2,23	1,00	5,22
		S3	3,87	2,71	6,42
		S4	6,68	5,87	8,48
		S5	2,11	0,14	4,84
		S6	6,30	5,58	6,81



CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-	S1	64,50	46	103
		S2	62,17	59	66
		S3	64,17	60	66
		S4	61,33	59	64
		S5	61,50	56	68
		S6	73,83	66	82
TDS (mg/L)	< 500	S1	32,50	23	52
		S2	31,00	29	33
		S3	32,33	30	33
		S4	30,50	29	32
		S5	30,83	28	34
		S6	37,00	33	41
Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$)	-	S1	23,33	21,94	24,53
		S2	23,46	22,26	24,46
		S3	23,93	22,55	25,17
		S4	24,13	22,76	25,05
		S5	24,96	22,99	26,40
		S6	29,93	28,48	30,55
Turbidez (UNT)	< 100	S1	14,58	9,87	23,20
		S2	25,75	18,10	35,50
		S3	34,58	25,30	53,70
		S4	30,35	17,30	40,50
		S5	19,05	10,70	25,90
		S6	4,44	2,20	8,03

De modo geral, os parâmetros pH, TDS e turbidez mantiveram-se em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação para corpos hídricos de classe 2. O pH apresentou baixa variabilidade espacial, com médias relativamente próximas entre os pontos monitorados e valores predominantemente entre 6 e 7. A principal variação foi observada no ponto S6, que apresentou a maior média (7,24), indicando pH mais elevado em relação aos demais trechos. Os valores de TDS variaram entre 23 e 57 mg/L , permanecendo muito abaixo do limite estabelecido pela legislação. Em relação à turbidez, os valores oscilaram entre 2,20 UNT, registrado no ponto S6, e 53,70 UNT, observado no ponto S3. De modo geral, verificou-se aumento da turbidez nos trechos intermediários do ribeirão, seguido de redução nos pontos localizados a jusante.

A CE e a temperatura da água não possuem valores de referência estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Nos pontos monitorados, a CE apresentou valores médios entre 61 e 74 $\mu\text{S}/\text{cm}$, permanecendo abaixo do valor indicativo de impacto ambiental, uma vez que concentrações superiores a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ podem indicar ambientes impactados (CETESB, 2024). Além disso, a CE apresentou comportamento

semelhante ao observado para os sólidos totais dissolvidos, com menores valores médios nos trechos intermediários e aumento no ponto mais a jusante.

Em relação à temperatura da água, observou-se tendência de aumento nos trechos mais a jusante do ribeirão Caiuá. Esse comportamento pode estar relacionado às características físicas do canal e do entorno, uma vez que os trechos iniciais e intermediários apresentam canais mais estreitos e maior sombreamento proporcionado pela vegetação ciliar, reduzindo a incidência direta da radiação solar sobre a superfície da água. Em contrapartida, os trechos finais apresentam maior largura do canal e maior exposição da superfície da água à radiação solar, coincidindo com os maiores valores de temperatura observados. Temporalmente, verificou-se influência da sazonalidade climática, com temperaturas mais elevadas durante os meses de verão e redução gradual dos valores ao longo do outono.

O OD, por sua vez, foi o parâmetro que apresentou o maior número de desconformidades com a legislação. Os pontos S2 e S5 registraram, em determinadas campanhas, valores mínimos de 1,00 mg/L e 0,14 mg/L , respectivamente, valor bem abaixo do limite de 5 mg/L estabelecido. Além disso, os pontos S1 e S3 também apresentaram médias abaixo desse limite (4,84 mg/L e 3,87 mg/L). Em contrapartida, os pontos S4 e S6 mantiveram concentrações médias acima do valor mínimo exigido, registrando 6,68 mg/L e 6,30 mg/L , respectivamente.

No ponto S2, foram observados indícios de aporte pontual de matéria orgânica em área próxima às áreas urbanizadas. Segundo Von Sperling (1996), baixas concentrações de OD geralmente estão associados à presença de matéria orgânica, uma vez que os processos de decomposição consomem oxigênio dissolvido da água. O aumento observado em S4 pode estar relacionada à capacidade de autodepuração do ribeirão, associada à reaeração natural e pela diluição da carga orgânica ao longo do percurso.

Entretanto, no ponto S5, observa-se nova redução das concentrações de OD, possivelmente associada à influência da proximidade com a área urbana e à elevada presença de macrófitas aquáticas cobrindo significativamente a superfície da água. Bianchini Junior (2003) aponta que o excesso dessas plantas eleva a demanda bioquímica de oxigênio pela decomposição da biomassa e reduz as trocas gasosas entre a água e a atmosfera, resultando em déficits de oxigênio no ambiente. Adicionalmente, as características físicas desse trecho do ribeirão podem favorecer menores velocidades de escoamento, reduzindo a reaeração natural da água e contribuindo para os déficits de oxigênio observados.

Embora a análise individual dos parâmetros permita identificar o comportamento espacial e temporal da

qualidade da água, a compreensão integrada das relações entre as variáveis permite identificar padrões e tendências e requer abordagens multivariadas. Nesse contexto, foi aplicada a ACP, incluindo os parâmetros limnológicos e a precipitação acumulada dos 3 dias antecedentes ao monitoramento limnológico, com o objetivo de identificar os principais fatores responsáveis pela variabilidade observada no ribeirão Caiuá.

A CP aplicada ao conjunto de variáveis de qualidade da água e precipitação acumulada de 3 dias resultou em dois componentes principais (CP) com autovalores superiores a 1,0, os quais explicaram conjuntamente 65,22% da variância total dos dados (Tabela 2).

Tabela 2. Cargas fatoriais resultantes da ACP

Parâmetro	CP1	CP2
CE	-0,834	-0,423
TDS	-0,827	-0,426
Temperatura da água	-0,782	0,219
Turbidez	0,778	-0,256
Precipitação (3 dias)	0,152	0,710
pH	-0,521	0,620
OD	-0,236	0,507
Autovalor	2,95	1,62
Variância (%)	42,09	23,13
Variância acum. (%)	42,09	65,22

O CP1 respondeu por 42,09% da variância total e foi caracterizada por elevadas cargas fatoriais negativas para CE, TDS e temperatura da água e carga fatorial positiva para turbidez. A associação entre CE e TDS era esperada, uma vez que a condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados (CETESB, 2024). A relação inversa entre esses parâmetros e a turbidez sugere que o CP1 está associado à dinâmica entre material dissolvido e material em suspensão no sistema.

O CP2 explicou 23,13% da variância e agrupou a precipitação acumulada de 3 dias às variáveis químicas pH e OD. O aumento das concentrações de OD pode estar relacionado à elevação da vazão e da turbulência após eventos de precipitação, favorecendo as trocas gasosas entre a água e a atmosfera e, consequentemente, a incorporação de oxigênio ao sistema aquático. Em relação ao pH, o aumento dos valores podem estar associados ao carreamento superficial de materiais do solo com pH mais elevado para o curso hídrico durante os eventos de chuva.

A Figura 4 apresenta a distribuição das campanhas de monitoramento em função dos dois primeiros componentes principais obtidos pela ACP.

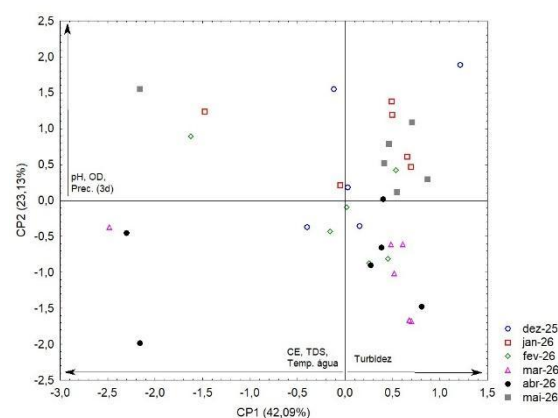


Figura 4. Distribuição das campanhas de monitoramento no plano CP1 x CP2.

Conforme observado na Figura 4, as campanhas de janeiro e maio de 2026, meses precedidos por acumulados de 23 mm e 21 mm, respectivamente, posicionaram-se, em sua maioria, no lado positivo de ambos os componentes, indicando associação com maiores valores de precipitação, pH e OD (CP2) e também com maior turbidez e menor CE, TDS e temperatura (CP1). A campanha de dezembro de 2025, embora também tenha registrado chuva antecedente (23 mm), apresentou pontos mais dispersos, indicando que a resposta do sistema à chuva em dezembro não foi uniforme entre os pontos de coleta. Em contraste, as campanhas de fevereiro, março e abril de 2026, realizadas sem chuva nos 3 dias antecedentes, concentraram-se, predominantemente, na região negativa do CP2, refletindo menores valores de pH e OD.

A Figura 5 apresenta a distribuição dos pontos de monitoramento em função dos dois primeiros componentes principais obtidos pela ACP.

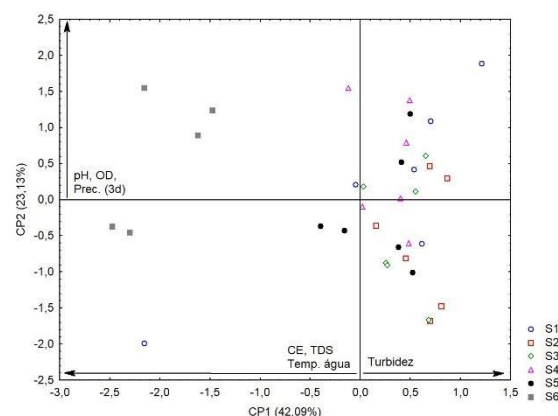


Figura 5. Distribuição espacial dos pontos de monitoramento no plano CP1 x CP2



A Figura 5 evidencia uma separação espacial dos pontos de monitoramento em função do CP1. A maioria dos locais concentrou-se no lado positivo desse componente, associando-se a maiores valores de turbidez e menores valores de CE, TDS e temperatura da água. Em contrapartida, o ponto S6 posicionou-se exclusivamente no lado negativo do CP1, indicando associação com maiores valores de CE, TDS e temperatura da água e menor turbidez em relação aos demais locais monitorados. Esse padrão corrobora os resultados da análise descritiva, que evidenciaram aumento da temperatura e dos sólidos dissolvidos nos trechos mais a jusante do ribeirão Caiuá.

Os resultados da ACP indicam que a qualidade da água no ribeirão Caiuá pode ser explicada por dois fatores principais. O CP2 evidenciou a influência da precipitação recente, que eleva o pH e o OD, distinguindo as campanhas com chuva recente daquelas sem chuva. O CP1, por sua vez, agrupou variáveis físicas associado à dinâmica entre material dissolvido e particulado e à temperatura da água, separando também espacialmente os pontos de monitoramento. A análise conjunta das campanhas e dos pontos de coleta permitiu distinguir que a variação entre campanhas está mais associada ao CP2, enquanto a variação entre os pontos de coleta é capturada predominantemente pelo CP1, indicando que ambos os componentes são importantes para a compreensão integrada da qualidade da água no sistema.

Os resultados da ACP permitem complementar a interpretação das concentrações de OD discutidas anteriormente. Embora a distribuição espacial do OD tenha evidenciado influência de fatores locais, como aporte de matéria orgânica e presença de macrófitas nos pontos S2 e S5, o agrupamento dessa variável ao CP2, junto à precipitação acumulada e ao pH, indica que sua variabilidade também está associada a um componente temporal ligado à ocorrência de chuva antecedente. Esse padrão sugere que, além das pressões antrópicas locais, os processos de aeração e diluição promovidos pelos eventos de precipitação contribuem para explicar as oscilações observadas nas concentrações de OD ao longo das campanhas, reforçando a importância de considerar conjuntamente fatores espaciais e temporais na avaliação da qualidade da água do ribeirão Caiuá.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que a qualidade da água do ribeirão Caiuá manteve-se, em geral, dentro dos padrões da Resolução CONAMA nº 357/2005 para classe 2, exceto pelo oxigênio dissolvido, que apresentou concentrações abaixo do limite mínimo em quatro dos seis pontos monitorados.

A ACP permitiu identificar dois fatores predominantes na variabilidade da qualidade da água.

O CP1 associou-se à dinâmica entre material dissolvido e material em suspensão, responsável pela diferenciação espacial entre os pontos de monitoramento. Enquanto que o CP2, relacionou-se à influência da precipitação antecedente sobre o pH e o oxigênio dissolvido, responsável pela diferenciação temporal entre as campanhas.

Conclui-se que a abordagem multivariada foi fundamental para a compreensão integrada da qualidade da água do ribeirão Caiuá, fornecendo subsídios relevantes para ações de gestão e conservação da bacia, sobretudo diante da carência de pontos oficiais de monitoramento no sistema.

REFERÊNCIAS

- BAPTISTA, M.; PÁDUA, V. L. de. Restauração de Sistemas Fluviais. Barueri: Manole, 2016. E-book. ISBN 9788520436844.
- BIANCHINI JUNIOR, I. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (Ed.). Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas. Maringá: Eduem, 2003. cap. 4, p. 85-127.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, 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. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450. Acesso em: 06 jul. 2026.
- 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. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 06 jul. 2026.
- CARVALHO, K. Q.; LIMA, S. B.; PASSIG, F. H.; GUSMÃO, L. K.; SOUZA, D. C.; KREUTZ, C. et al. Influence of urban area on the water quality of the Campo river basin, Paraná state, Brazil. Brazilian Journal of Biology, v. 75, n. 4, p. 96-106, 2015. DOI: 10.1590/1519-6984.00413suppl.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Apêndice C – Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. In:



- Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2023. São Paulo: CETESB, 2024. Disponível em: https://www.cetesb.sp.gov.br/cetesb/qualidade_ambiental/agua/aguas_interiores/publicacoes_e_relatorios. Acesso em: 08 mai. 2026.
- COSTA, J. C.; PEREIRA, G.; SIQUEIRA, M. E.; CARDOZO, F.; SILVA, V. V. Validação dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS para o Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, [S. l.], v. 24, 2019. DOI: 10.5380/abclima.v24i0.60237.
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. *Princípios de estatística em ecologia*. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- MAPBIOMAS. Projeto MapBiomias – Coleção 10.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. São Paulo: MapBiomias, 2025. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 13 jun. 2026.
- PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. *Escoamento superficial*. Viçosa: UFV, 2004.
- RODRIGUES, V.; ESTRANY, J.; RANZINI, M.; DE CICCIO, V.; MARTÍN-BENITO, J. M. T.; HEDO, J.; LUCAS-BORJA, M. E. 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. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.028.
- SANTOS, B. C.; SANCHES, R. G.; DE MELO BOLLELI, T.; DE SOUZA, P. H.; BOURSCHEIDT, V. On the quality of satellite-based precipitation estimates for time series analysis at the central region of the state of São Paulo, Brazil. *Theor Appl Climatol* 151, 467–489 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04287-y>
- SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo*, São Paulo, SP, 23 nov. 1977, P. 1. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10755-22.11.1977.html>. Acesso em: 06 jul. 2026.
- SOARES, S. de A. *Gestão de recursos hídricos*. 1. ed. Curitiba: Intersaberes, 2015. E-book. ISBN: 9788544301678
- SOUSA, R. G.; FREITAS, A. S.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, H. R. *Mapeamento da distribuição espacial da qualidade da água em função do uso e da ocupação do solo e da precipitação na Bacia do Rio Pará, MG. Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 4, p. 669-680, 2022. DOI: 10.1590/S1413-415220200369.
- TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Limnologia*. 1. ed. São Paulo: Grupo A, 2008. E-book. ISBN: 9788586238666.
- VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2a ed., v. 1, 1996.