

Qualidade microbiológica e resistência antimicrobiana em rios e poços de Curitiba – SC

Microbiological quality and antimicrobial resistance in rivers and wells of Curitiba – SC

Fernanda Pucci Rosá¹ , Leticia Gonçalves Camargo¹ , Nicolas Matheus Ribeiro Ortiz¹ ,
Joni Stolberg¹ , Sonia Purin da Cruz¹ 

¹Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Curitiba, SC, Brasil. E-mails: feep.rosa@gmail.com, leticiacamargo2001@gmail.com, nick_mro2@hotmail.com, joni.stolberg@ufsc.br, s.purin@ufsc.br

Como citar: Rosá, F. P., Camargo, L. G., Ortiz, N. M. R., Stolberg, J., & Cruz, S. P. (2023). Qualidade microbiológica e resistência antimicrobiana em rios e poços de Curitiba – SC. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 20, e27. <https://doi.org/10.21168/rega.v20e27>

RESUMO: Em regiões rurais e desprovidas de abastecimento público, o uso de água pode causar sérios problemas de saúde, devido à contaminação microbiológica. Outro aspecto gravíssimo, porém negligenciado, é a ocorrência de bactérias resistentes a antibióticos na água consumida pela população. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou a qualidade físico-química e microbiológica, bem como resistência a antimicrobianos, na região de Curitiba - SC. Foram coletadas amostras dos Rios Marombas, Correntes, Canoas e Pessegueirinho e poços adjacentes aos mesmos. O número médio de coliformes em rios foi de $631 \times 100 \text{ mL}^{-1}$, e indica restrições para o uso das águas. Coliformes termotolerantes ocorreram em 75% das amostras de poços, estando em inconformidade para consumo humano. A maior porcentagem de isolados resistentes ocorreu em relação à ampicilina e ampicilina + sulbactam, tanto em rios como poços. Temperatura e precipitação foram os fatores ambientais que mais se correlacionaram com variáveis físico-químicas e microbiológicas e podem contribuir para a poluição das águas. A utilização desses recursos hídricos sem tratamento prévio representa riscos para a saúde da população, além de representar um problema ambiental crítico, devido à disseminação de microrganismos resistentes pelo ambiente.

Palavras-chave: Resistência a antibióticos; Coliformes termotolerantes; Microbiologia da água.

ABSTRACT: In rural places and regions that lack public water supply, use of contaminated water may cause serious health problems, due to microbiological contamination. Another very serious, although neglected issue, is the occurrence of bacteria that are resistant to antibiotics in the water used by population. Hence, this study evaluated the physical-chemical and microbiological quality, as well as antimicrobial resistance, at the region of Curitiba – SC. Samples were collected from rivers Marombas, Correntes, Canoas and Pessegueirinho and adjacent wells. The average number of coliforms in rivers was $631 \times 100\text{mL}^{-1}$ and indicates restrictions to water use. Thermotolerant coliforms occurred in 75% of sampled wells, and are in for nonconformity for human consumption. Highest percentage of resistant isolates occurred in relation to ampicillin and ampicillin + sulbactam, in both rivers and wells. Temperature and precipitation were the environmental factors that were most correlated to physical-chemical and microbiological variables and may contribute to water pollution. Use of these water resources without previous treatment represents risks to health of the population, besides representing a critical environmental problem, due to dissemination of resistant microorganisms throughout the environment.

Keywords: Resistance to antibiotics; Thermotolerant coliforms; Water microbiology.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade da água é um dos principais fatores que garante a saúde pública, e se esse recurso estiver em condições sanitárias comprometidas, torna-se um veículo de disseminação de diversos microrganismos com potencial patogênico (Soares et al., 2023; Ribeiro et al., 2022). Assim, a preocupação com a qualidade da água está primordialmente relacionada à transmissão de doenças infecciosas, tanto para a população humana como animal, visto que a água é um recurso amplamente utilizado. Dentre os microrganismos de importância para a qualidade da água, destacam-se os coliformes

Recebido: Agosto 03, 2023. Revisado: Dezembro 20, 2023. Aceito: Dezembro 21, 2023.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

termotolerantes, que são responsáveis por doenças relacionadas a gastroenterites (Mombach et al., 2023; Martinez & Trabulsi 2008). Os coliformes termotolerantes são bactérias presentes no trato intestinal de humanos e animais capazes de fermentar a lactose, produzindo gás em um período de 48h a 35°C e determinam a contaminação da água por fezes (Madigan et al., 2019; Shah et al., 2023). Segundo a Organização Mundial da Saúde (World Health Organization, 2019), cerca de 2 bilhões de pessoas utilizam água contaminada por fezes para consumo, e estima-se que a falta de água potável, de saneamento básico e de higiene pessoal seja responsável por cerca de 829 mil óbitos a cada ano.

Devido ao potencial de indicação de poluição fecal e a relação da qualidade da água com a saúde da população, os coliformes termotolerantes são adotados como parâmetro da qualidade microbiológica da água em nível mundial (Silva et al., 2022). No Brasil, a Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) rege os parâmetros da qualidade de água não tratada (como rios e poços) e as classifica, dentre outros critérios, de acordo com o número de coliformes termotolerantes, determinando seus possíveis usos. As águas doces, objeto deste estudo, podem ser enquadradas em cinco diferentes classes, sendo que as classes especial, 1 e 2 são as de melhor qualidade e que podem ser usadas pela população em regiões do interior para irrigação e dessedentação animal, principalmente (Brasil, 2005). Para consumo humano, as águas devem ser submetidas a tratamento e que elimine os coliformes termotolerantes. Porém, caso isso não ocorra e a água ingerida esteja contaminada, principalmente com bactérias resistentes, as pessoas estarão suscetíveis não somente a infecções, mas também a problemas causados pela resistência a antibióticos (Sério et al., 2023; Gomes et al., 2023).

A disseminação da resistência antimicrobiana é um fenômeno conhecido mundialmente, e vem sendo responsável por milhares de mortes todos os anos, visto que a infecção por bactérias resistentes possui maior gravidade e demora mais para ser completamente eliminada, piorando o prognóstico geral dos pacientes (Martínez & Baquero, 2023; Frieri et al., 2017). A Organização Mundial da Saúde aponta que o crescimento da resistência a antibióticos está sendo um dos problemas mais graves da atualidade e estima que até 2050 essa será a principal causa de óbitos da população global (World Health Organization, 2019).

Com base nessas informações, percebe-se a necessidade de monitoramento da qualidade de recursos hídricos, visto que a água é um dos principais veículos de disseminação de bactérias resistentes a antibióticos. Além disso, é importante identificar fatores ambientais que possam estar relacionados com a contaminação da água, para que estratégias possam ser desenvolvidas e contribuam para menor poluição físico-química e microbiológica, o que ainda é pouco explorado na literatura em nível mundial (Bungau et al., 2021; Sant’Helena et al., 2019). Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo estudar aspectos da qualidade físico-química e microbiológica da água, bem como a resistência a antimicrobianos, em rios e poços na região de Curitiba – Santa Catarina.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os locais onde o estudo foi desenvolvido estão distribuídos no curso de quatro rios que abastecem diversas cidades do Planalto Catarinense, sendo eles: Marombas, Correntes, Canoas e Pessegueirinho. As áreas de estudos estiveram distribuídas nos municípios de Curitiba e Brunópolis, localizados no interior de Santa Catarina, na Mesorregião Serrana. Essa região está inserida na sub-bacia hidrográfica do Rio Canoas, situada a 987 metros de altitude (Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística, 2022).

Foram realizadas quatro coletas entre novembro de 2021 e agosto de 2022, uma em cada estação do ano. Optou-se por coletas em quatro estações pelo fato de a região não possuir épocas características de “períodos secos e chuvosos”, ou seja, o regime de chuvas não é determinante nas condições ambientais da região de estudos. Em cada uma das quatro coletas, foram obtidas amostras de água de rios e de poços rasos. Os locais de amostragem de água de rios compreenderam pontos ao longo do curso dos quatro rios estudados. Foram também coletadas amostras de água de poços adjacentes aos quatro locais onde a água dos rios foi obtida. A Figura 1 apresenta os pontos de amostragens georreferenciados, e as respectivas coordenadas geográficas encontram-se especificadas na Tabela 1.

Em cada ponto estudado, coletou-se três amostras de cerca de 100 mL de água, que foram armazenadas em frascos de vidro borossilicato previamente esterilizados contendo duas gotas de tiosulfato de sódio 10%. As amostras, que totalizaram 24 por coleta, foram mantidas refrigeradas em caixa de isopor contendo gelo e transportadas até as dependências da Universidade Federal de Santa Catarina.

Após a chegada ao laboratório, as amostras foram utilizadas para condução do teste de presuntivo com caldo lactosado, utilizando-se três séries de diluição (1:1, 1:10 e 1:100) e três tubos cada, quando água de rios foi avaliada (American Public Health Association, 2012). Já em relação a amostras oriundas de poços, utilizou-se cinco tubos contendo 10mL de caldo lactosado em diluição 1:1 (Fundação Nacional da Saúde, 2013).



Figura 1 - Pontos de amostragem de água em Curitibanos, SC.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de água na região de Curitibanos - SC.

Ponto	Latitude (S)	Longitude (O)	Local correspondente
1	27°11'1.94"	50°36'41.20"	Rio Marombas
2	27°12'28.20"	50°32'31.90"	Poço adjacente ao Rio Marombas
3	27°10'23.41"	50°44'19.30"	Rio Correntes
4	27° 8'7.40"	50°42'2.76"	Poço adjacente ao Rio Correntes
5	27°27'40.31"	50°37'3.12"	Rio Canoas
6	27°27'46.23"	50°37'8.36"	Poço adjacente ao Rio Canoas
7	27°16'18.93"	50°34'30.36"	Rio Pessegueirinho
8	27°16'26.60"	50°34'35.80"	Poço adjacente ao Rio Pessegueirinho

Todos os tubos foram incubados em estufa bacteriológica a 35°C por um período de 48h, e após esse período apenas os tubos com resultado positivo foram selecionados para posteriores etapas da análise. Foi considerado positivo cada tubo com crescimento bacteriano, observado pela turvação do caldo, associado à bolha de gás no interior do tubo de Durham, indicando fermentação da lactose.

Os tubos positivos foram utilizados na inoculação de tubos contendo caldo EC, que é um meio seletivo para coliformes termotolerantes (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2004). Após inoculação, os tubos foram levados à estufa bacteriológica por 24h a 44,5°C. Posteriormente ao intervalo de incubação, os tubos foram retirados da estufa para determinar o número de tubos com crescimento microbiano associado à produção de gás. Com base nesse valor, o número de coliformes termotolerantes a cada 100 mL de água foi estimado utilizando-se o Número Mais Provável (N.M.P. 100 mL⁻¹). Para amostras oriundas de poços, utilizou-se a tabela para resultados positivos quando 5 porções de 10 mL são examinadas, com limite de confiança de 95% (Fundação Nacional da Saúde, 2013). Para as amostras procedentes de rios, utilizou-se a tabela para séries de 3 tubos com inóculos de 10 mL, 1 mL e 0,1 mL, e respectivos intervalos de confiança de 95% (Blodgett, 1998).

A partir de cada amostra, foram selecionados dois tubos para o isolamento de colônias de coliformes termotolerantes em placas de Petri com Ágar MacConkey. As placas permaneceram em estufa bacteriológica à temperatura de 35°C por 24 horas. Em seguida, selecionou-se uma colônia isolada de cada placa e esta foi considerada um isolado, que foi então submetido ao teste de antibiograma para determinar sua sensibilidade a agentes antimicrobianos. Foram testados seis antibióticos, que estão distribuídas nos grupos A, B e C, de acordo com a ordem de escolha de drogas que deve ser adotada para o tratamento de infecções por *Enterobacteriaceae*, segundo o CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2018). Os antibióticos testados pertencentes ao grupo A foram ampicilina (10 µg), ampicilina + sulbactam (10 µg/10 µg), cefazolina (30 µg) e gentamicina (10 µg). Para o grupo B, a ciprofloxacina foi testada (5 µg), enquanto para o grupo C, o antimicrobiano escolhido foi a tetraciclina (30 µg).

O teste de suscetibilidade a antimicrobianos por disco-difusão de Bauer et al. (1966) foi o método escolhido para analisar o perfil de resistência dos isolados, utilizando discos impregnados com antibióticos

disponíveis comercialmente. Cada colônia isolada foi repicada para um tubo de cultura contendo 5 mL de caldo Mueller Hinton. Os tubos inoculados foram incubados em uma estufa bacteriológica com agitador, a 120 RPM, a 35 °C de temperatura, por um intervalo de aproximadamente 6 horas.

Decorrido o tempo de incubação, a suspensão bacteriana obtida nos tubos foi inoculada em placas de Petri contendo Ágar Mueller Hinton. Para cada isolado, um *swab* estéril foi embebido na suspensão, que foi semeada em várias direções sobre o ágar de forma a cobrir toda sua superfície. Com o auxílio de uma pinça previamente flambada e resfriada, um disco de antibiótico foi posicionado sobre a superfície do ágar inoculado, pressionando-se levemente o disco com a ponta da pinça para garantir a fixação do mesmo ao meio de cultura. As placas foram incubadas a 35°C de temperatura, por 18 horas. Em seguida, foram retiradas da estufa e, com o auxílio de um paquímetro digital, as mesmas foram avaliadas efetuando-se a medição do diâmetro dos halos de inibição produzidos ao redor de cada um dos discos contendo antibióticos. Os valores obtidos foram comparados com valores de referência (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2018) e, dessa maneira, cada isolado foi classificado como sensível, intermediário ou resistente a cada um dos seis antibióticos testados. O teste também foi conduzido com a cepa de *E. coli* ATCC® 25922, obtida da American Type Culture Collection, recomendada pelo CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2018) como padrão para testes de antibiograma.

A partir das amostras de água coletadas, determinou-se também os valores médios de três variáveis físico-químicas, que foram potencial hidrogeniônico (pH), turbidez e a condutividade elétrica seguindo o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association, 2012). Foram realizadas três leituras para cada variável, cada uma delas consistindo em uma repetição para fins estatísticos. A análise do pH foi realizada através de um pHmetro. O aparelho foi previamente calibrado de acordo com valores referenciados em duas soluções de calibração (pH 4,0 e pH 10), para logo após serem realizadas as medições. A turbidez foi mensurada com auxílio de um turbidímetro que foi previamente calibrado com padrões de calibração apropriado antes de sua utilização. O equipamento utilizado para a medição da condutividade elétrica foi o condutivímetro.

Os dados referentes a variáveis relacionadas ao ambiente (precipitação pluviométrica e temperatura) foram obtidos através de valores médios diários dos períodos referentes a este trabalho, e foram obtidos na página do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As médias foram calculadas através do programa Microsoft Excel. Já os dados de declividade de paisagem foram obtidos através de mensurações realizadas na área em torno de cada ponto de coleta.

No procedimento de análise estatística, inicialmente foi feita a análise de variância através do Teste F a um nível de 5% de probabilidade de erro. As variáveis microbiológicas foram analisadas considerando-se dois conjuntos de dados distintos: um formado pelas amostras provenientes de água de rios e outro pelas amostras provenientes de água de poços. Os locais de coleta e as estações do ano foram consideradas as fontes de variação do estudo. Quando foram observadas diferenças significativas, foi realizado o teste de Scott-Knott para a separação de médias, a um nível de 5% de probabilidade de erro utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2011).

Análises de correlação foram conduzidas para verificar a existência de associação entre as variáveis microbiológicas, físico-químicas e ambientais. Utilizou-se o teste exato de Fischer e o teste qui-quadrado para a análise das tabelas de contingência, com 5% de significância. Essas análises estatísticas foram realizadas no programa Statistica (Statsoft Inc., 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação aos dados coletados em rios, o número de coliformes termotolerantes foi estatisticamente constante, independente da época do ano ($Pr>F_c=0,0749$). O número mais provável foi de $631 \cdot 100\text{mL}^{-1}$ de água, o que corresponde a classe 2, de acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA. Isso indica que essas águas podem ser utilizadas para irrigação, dessedentação animal, atividades recreativas e pesca. Porém, não podem ser destinadas para consumo humano sem passarem por tratamento avançado.

A maior parte dos dados relacionados ao percentual de isolados de coliformes que exibiram resistência a antibióticos revelam que essa característica é afetada principalmente pelas estações do ano (Figura 2). Em relação à resistência a ampicilina, o inverno foi a estação com maiores valores, chegando a 75% ($Pr>F_c=0,0014$). Já em relação a ampicilina + sulbactam, valores estatisticamente maiores de resistência a esse antibiótico foram registrados no outono (62,5%) e verão (70,83%), em comparação com as demais épocas do ano ($Pr>F_c=0,0001$). O percentual de coliformes foi maior no inverno, com valores de 20,83% ($Pr>F_c=0,0034$).

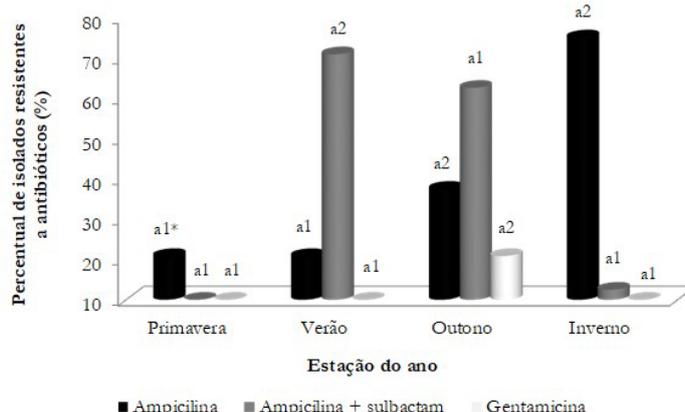


Figura 2 - Percentual de isolados de coliformes termotolerantes que apresentaram resistência a antibióticos em diferentes estações do ano entre 2021 e 2022 na região de Curitiba - SC. * Valores seguidos pela mesma combinação de letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott ($Pr > Fc = 0,05$).

Os valores de isolados resistentes à cefazolina via parental foram relativamente altos (média geral de 79%) e não foram alterados significativamente em função da época do ano ou rio estudado ($Pr > Fc = 0,6385$). Ao contrário da cefazolina via parental, os valores de coliformes resistentes a esse antibiótico via oral foram relativamente baixos (média geral de 1,04%) e não foram alterados significativamente em função da estação ou rio ($Pr > Fc = 0,4599$). O percentual de bactérias resistentes à ciprofloxacina foi constante em todos os rios e estações do ano, com média geral de 10,41% ($Pr > Fc = 0,8051$). Os valores de resistência a tetraciclina foram constantes em todos os rios e estações do ano ($Pr > Fc = 0,8337$), com média geral de 15,62%.

Os resultados das variáveis físico-químicas são apresentados na Tabela 2. Os valores de turbidez, condutividade elétrica e pH foram estatisticamente diferentes entre rios, bem como entre as estações do ano ($Pr > Fc = 0,0001$ para as três variáveis). O inverno foi o período onde se registraram os maiores valores de turbidez, em dois dos quatro rios. Em todos os rios estudados, inverno e verão foram as estações do ano que promoveram maiores valores de condutividade elétrica. Os menores valores de pH foram observados no outono.

Tabela 2 - Valores médios de turbidez, condutividade elétrica e pH em de águas provenientes de quatro rios em coletas realizadas em quatro estações do ano entre 2021 e 2022 na região de Curitiba - SC.

Rio/Estação	Primavera 2021	Verão 2022	Outono 2022	Inverno 2022
Turbidez (Unidade Nefelométrica de Turbidez - NTU)				
1	15,96 A1a2*	15,46A1a2	14,16 A1a1	27,66A2a3
3	17,13 A2a1	68,00 A3a4	41,00A3a2	47,66 A3a3
5	15,03 A1a1	21,00 A2a3	31,33 A2a4	19,36 A1a2
7	20,90 A3a2	15,86A1a1	58,66A4a3	73,33 A4a4
Condutividade elétrica (microsiemens por centímetro - $\mu S/cm$)				
1	24,36 A1a2	82,51 A3a4	19,90 A1a1	39,89 A2a3
3	39,45 A2a3	41,58 A1a3	36,24 A3a2	26,50 A1a1
5	47,66 A3a2	46,98A2a2	31,07 A2a1	73,35 A3a3
7	82,83 A4a2	123,86 A4a4	58,68 A4a1	86,43 A4a3
pH				
1	7,16 A1a2	7,04 A1a2	6,20A1a1	7,74 A3a3
3	7,72 A2a3	7,52 A2a2	6,72 A2a1	7,37 A2a2
5	7,15 A1a1	7,11 A1a1	7,01A3a1	7,24 A2a1
7	7,67 A2a2	7,65 A2a2	7,23A3a1	7,03 A1a1

* Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott. Letras maiúsculas indicam comparação dentro de uma mesma coluna; letras minúsculas indicam comparação de médias dentro de uma mesma linha. Ponto 1: Rio Marombas próximo ao ponto de captação de água pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN); Ponto 3: Rio Correntes; Ponto 5: Rio Canoas; Ponto 7: Rio Pessegueirinho na localidade da Lagoinha.

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de correlação entre as variáveis microbiológicas (V1-V8), físico-químicas (V9-V11) e ambientais (V12-V14). Os percentuais de isolados resistentes a dois antibióticos tiveram correlação positiva tanto com a temperatura e a declividade da paisagem. Uma correlação negativa foi observada entre o percentual de isolados resistentes à gentamicina e a precipitação. A turbidez e o pH, por outro lado, exibiram correlações significativas apenas com a precipitação.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson entre parâmetros microbiológicos, físico-químicos e ambientais analisados entre o período de novembro de 2021 a agosto de 2022 em amostras provenientes de água de rios na região de Curitiba - SC.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
V12	0,054	0,439*	0,365*	0,147	0,033	-0,007	-0,266	-0,148	-0,267	0,076	0,130
V13	0,018	0,167	-0,138	0,146	0,156	-0,229	-0,452*	-0,81	0,385*	0,254	0,491*
V14	0,246	0,272	0,049	0,139	-0,113	0,310*	0,046	0,290*	0,193	0,090	0,151

V1: número de coliformes termotolerantes; V2: percentual de isolados resistentes à ampicilina; V3: percentual de isolados resistentes à ampicilina + sulbactam; V4: percentual de isolados resistentes à cefazolina via parental; V5: percentual de isolados resistentes à cefazolina via oral; V6: percentual de isolados resistentes à ciprofloxacina; V7: percentual de isolados resistentes à gentamicina; V8: percentual de isolados resistentes à tetraciclina; V9: turbidez; V10: condutividade elétrica; V11: pH; V12: temperatura; V13: precipitação; V14: declividade. *Valores estatisticamente significativos ($Pr > Fc < 0,05$).

Já em relação à água de poços, a maior parte das variáveis microbiológicas estudadas exibiu diferenças significativas tanto em função da estação do ano como da localização do poço (Tabela 4). O poço adjacente ao Rio Pessegueirinho foi o que apresentou maior número de coliformes termotolerantes, independente da época do ano. O poço com menor número de coliformes foi aquele localizado nas proximidades do Rio Marombas.

A porcentagem de bactérias resistentes à ampicilina foi maior no verão. Comparando-se os poços entre si, o localizado próximo ao Pessegueirinho apresentou os valores mais altos. O mesmo padrão foi observado em relação a ampicilina + sulbactam.

O outono foi a estação do ano em que os maiores valores de isolados resistentes à ciprofloxacina e gentamicina foram observados. O poço próximo ao Rio Pessegueirinho foi o local com maior contaminação, independente da época do ano. Os maiores valores médios de coliformes resistentes à tetraciclina foram observados no inverno. Os poços mais contaminados foram os próximos aos Rios Canoas e Pessegueirinho.

Os valores médios de isolados resistentes à cefazolina via parental foram afetados apenas pela localização do poço ($Pr > Fc = 0,0001$). Os poços localizados nas proximidades dos Rios Canoas e Pessegueirinho foram aqueles com maiores valores, que foram de 83 e 92%, respectivamente. Os percentuais observados nos Rios Correntes e Marombas foram estatisticamente inferiores, com valores de 37,5 e 8,33%. A porcentagem de coliformes resistentes à cefazolina via oral foi muito baixa (média geral de 1,04%) e constante entre poços, bem como estação do ano ($Pr > Fc = 0,4599$).

Os valores médios de turbidez, condutividade elétrica e pH foram estatisticamente diferentes tanto entre estações do ano como entre poços ($Pr > Fc = 0,0001$; Tabela 5). No inverno registraram-se, de uma maneira geral, as maiores médias de turbidez. Dentre os quatro poços, o com menor turbidez ao longo de todo o ano foi o que localiza-se próximo ao Rio Marombas. As maiores médias de condutividade elétrica foram sempre registradas no Rio Marombas. Outono e inverno foram as estações em que a água apresentou maior condutividade elétrica, em geral. As maiores médias de pH foram registradas no inverno e no outono. Poços próximos ao Rio Marombas e ao Rio Correntes apresentaram valores de pH superiores aos demais poços.

A Tabela 6 apresenta os dados médios de precipitação e temperatura na região de estudo nas quatro estações, que serviram como base para estabelecimento das análises de correlação (Tabela 7). Nela, são apresentadas as correlações entre variáveis microbiológicas, físico-químicas e ambientais. O número de coliformes termotolerantes, bem como de isolados resistentes à ampicilina, mostrou estar positivamente associado ao aumento da temperatura ($r = 0,339$ e $r = 0,474$, respectivamente). Já o percentual de isolados resistentes à gentamicina esteve negativamente correlacionado com a temperatura e a precipitação ($r = -0,299$ e $r = -0,439$, respectivamente). A turbidez associou-se negativamente à temperatura, e os valores de pH exibiram correlação negativa com a precipitação.

A presença de coliformes termotolerantes na água indica que há poluentes oriundos de fezes ou esgoto não tratado, e isso foi observado tanto em água de rios como de poços nas regiões estudadas. Infelizmente, a poluição em rios no Brasil com coliformes termotolerantes é algo frequentemente reportado na literatura. Duarte et al. (2014) encontraram bactérias termotolerantes em 100% das amostras obtidas nos três pontos

de coleta no Rio Guamá, em Belém-PA. A maioria dessas amostras apresentou valores acima de $1.100 \times 100 \text{ mL}^{-1}$. Morais et al. (2023) avaliaram a qualidade da água dos três principais rios da região de São Roque - SP, e em alguns locais a concentração de coliformes termotolerantes foi superior a $500.000 \times 100 \text{ mL}^{-1}$, o que revela altíssimos níveis de poluição por fezes e esgoto não tratado.

Tabela 4 - Valores médios de coliformes termotolerantes e porcentagem de isolados resistentes a antibióticos de águas de poços adjacentes ao curso de quatro rios, em coletas realizadas em quatro estações do ano entre 2021 e 2022 na região de Curitiba - SC.

Poço/Estação	Primavera 2021	Verão 2022	Outono 2022	Inverno 2022
N.M.P. de coliformes termotolerantes 100mL ⁻¹				
2	0,00 A1a1*	1,70 A1a1	0,00 A1a1	2,20 A1a1
4	0,00 A1a1	>16,00 A2a3	0,00 A1a1	7,76 A2a2
6	>16,00 A2a2	>16,00 A2a2	>16,00 A2a2	5,50 A1a1
8	>16,00 A2a2	>16,00 A2a2	>16,00 A2a2	10,10 A2a1
Percentual de isolados resistentes à ampicilina				
2	0,00 A1a1*	33, A1a1	0,00 A2a1	0,00 A1a1
4	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A2a1	0,00 A1a1
6	0,00 A1a1	83,33 A2a2	50,00 A2a2	0,00 A1a1
8	0,00 A1a1	100,00 A2a2	0,00 A1a1	16,66 A1a1
Percentual de isolados resistentes à ampicilina + sulbactam				
2	0,00 A1a1*	33,33 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1
4	0,00 A1a1	33,33 A1a1	0,00 A1a1	33,33 A1a1
6	0,00 A1a1	83,33 A2a2	66,66 A2a2	83,33 A2a2
8	0,00 A1a1	100,00 A2a2	66,66 A2a2	100,00 A2a2
Percentual de isolados resistentes à ciprofloxacina				
2	0,00 A1a1*	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1
4	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1
6	0,00 A1a1	16,66 A1a1	83,33 A3a2	0,00 A1a1
8	33,33 A2a2	50,00 A2a2	33,33 A2a2	0,00 A1a1
Percentual de isolados resistentes à gentamicina				
2	0,00 A1a1*	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1
4	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1	16,66 A1a1
6	0,00 A1a1	0,00 A1a1	100,00 A2a2	16,66 A1a1
8	0,00 A1a1	0,00 A1a1	16,66 A1a2	33,33 A1a2
Percentual de isolados resistentes à tetraciclina				
2	0,00 A1a1*	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1
4	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1	0,00 A1a1
6	50,00 A2a2	0,00 A1a1	0,00 A1a1	100,00 A2a3
8	0,00 A1a1	33,33 A1a2	0,00 A1a1	33,33 A1a2

* Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott. Letras maiúsculas indicam comparação dentro de uma mesma coluna; letras minúsculas indicam comparação de médias dentro de uma mesma linha. Ponto 2: Rio Marombas próximo ao ponto de captação de água pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN); Ponto 4: Rio Correntes; Ponto 6: Rio Canoas; Ponto 8: Rio Pessegueirinho na localidade da Lagoinha.

Tabela 5 - Valores médios de turbidez, condutividade elétrica e pH em de águas de poços adjacentes ao curso de quatro rios, em coletas realizadas em quatro estações do ano entre 2021 e 2022 na região de Curitiba - SC.

Rio/Estação	Primavera 2021	Verão 2022	Outono 2022	Inverno 2022
Turbidez (Unidade Nefelométrica de Turbidez - NTU)				
2	0,16 A1a1*	0,10 A1a1	0,25 A1a1	0,10 A1a1
4	1,05 A3a1	5,86 A3a3	1,04 A2a1	2,16 A2a2
6	6,40 A4a4	1,02 A2a2	0,51 A1a1	5,93 A3a3
8	0,75 A1a1	1,10 A2a2	0,99 A2a2	14,80 A4a3
Condutividade elétrica (microsiemens por centímetro - µS/cm)				
2	143,76 A4a2	140,63 A4a1	187,83 A3a4	164,10 A4a3
4	38,25 A2a1	36,73 A2a1	83,40 A1a3	69,81 A1a2
6	24,29 A1a1	22,08 A1a1	85,016 A1a3	74,71 A2a2
8	43,19 A3a1	41,83 A3a1	90,19 A2a2	100,52 A3a3
pH				
2	7,55 A3a2	7,37 A4a1	7,30 A3a1	7,58 A3a2
4	5,84 A2a1	6,16 A3a2	8,86 A4a3	9,48 A4a4
6	5,32 A1a1	5,52 A1a2	5,66 A1a2	5,30 A1a1
8	5,83 A1a1	5,93 A2a1	5,97 A2a1	5,74 A2a1

* Valores seguidos pela mesma combinação de letras e números não diferem entre si de acordo com o teste Scott-Knott. Letras maiúsculas indicam comparação dentro de uma mesma coluna; letras minúsculas indicam comparação de médias dentro de uma mesma linha. Ponto 2: Rio Marombas próximo ao ponto de captação de água pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN); Ponto 4: Rio Correntes; Ponto 6: Rio Canoas; Ponto 8: Rio Pessegueirinho na localidade da Lagoinha.

Tabela 6 - Dados de temperatura e precipitação na cidade de Curitiba por estação do ano em quatro estações compreendidas entre o período de novembro de 2021 (primavera) a agosto de 2022 (Inverno).

Estação / dados	Temperatura média (° C)	Precipitação (mm)
Primavera 2021	17,3	136
Verão 2021/2022	20,9	134
Outono 2022	14,7	110
Inverno 2022	12,8	116

Tabela 7 - Coeficientes de correlação de Pearson entre parâmetros microbiológicos, físico-químicos e ambientais analisados entre o período de novembro de 2021 a agosto de 2022 em amostras provenientes de água de poços na região de Curitiba - SC.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
V12	0,339*	0,474*	0,044	0,130	0,033	0,141	-0,299*	-0,223	-0,285*	-0,056	-0,262
V13	0,199	0,205	-0,143	0,060	0,155	-0,119	-0,439*	-0,023	-0,061	0,047	-0,310*
V14	0,012	0,044	0,091	0,025	0,195	0,104	-0,175	-0,155	0,008	-0,068	0,003

V1: número de coliformes termotolerantes; V2: percentual de isolados resistentes à ampicilina; V3: percentual de isolados resistentes à ampicilina + sulbactam; V4: percentual de isolados resistentes à cefazolina via parental; V5: percentual de isolados resistentes à cefazolina via oral; V6: percentual de isolados resistentes à ciprofloxacina; V7: percentual de isolados resistentes à gentamicina; V8: percentual de isolados resistentes à tetraciclina; V9: turbidez; V10: condutividade elétrica; V11: pH; V12: temperatura; V13: precipitação; V14: declividade. *Valores estatisticamente significativos ($Pr > Fc < 0,05$).

A qualidade microbiológica da água de rios é de suma importância para a saúde humana e animal, bem como para a conservação ambiental. Estes estudos ressaltam a necessidade de monitorar e avaliar de forma periódica a qualidade microbiológica da água de rios. É importante ressaltar que o ambiente e as estações do ano podem facilitar a disseminação desses microrganismos e da resistência associada a eles, conforme observado no presente estudo. Deve-se procurar identificar as potenciais fontes de contaminação, especialmente considerando que essa água é amplamente utilizada na agricultura irrigada, podendo disseminar patógenos e causar infecções em seres humanos que consomem alimentos irrigados com essa água contaminada. A manutenção da qualidade microbiológica da água de rios é essencial para garantir a saúde das comunidades que dependem desses recursos, bem como para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas aquáticos. Ações contínuas de monitoramento e políticas de proteção ambiental são fundamentais para garantir que a água dos rios permaneça segura e adequada para consumo e uso sustentável.

Além da contaminação por coliformes, um aspecto gravíssimo é a ocorrência de bactérias resistentes que estão sendo encontradas em grande quantidade em ambientes aquáticos, e a legislação brasileira não contempla em nenhum aspecto. Thompson et al. (2023) avaliaram a ocorrência de resistência a antibióticos em 170 isolados obtidos no Rio Paraopeba - MG, e observaram que 59 isolados foram resistentes à ampicilina, e 30 à ampicilina + sulbactam. No Rio Tubarão, em Santa Catarina, Wagner (2018) observou que 66% dos isolados exibiram resistência a ampicilina. Rosá et al. (2022) registraram que 17% dos isolados de coliformes termotolerantes obtidos nas águas dos rios da região de Curitiba são resistentes à ampicilina, enquanto 13% são resistentes à tetraciclina. Um estudo realizado por Correia (2014) no Rio Douro, em Portugal apontou que 70% das amostras apresentaram coliformes fecais e demonstraram resistência a ciprofloxacina.

Dentre os parâmetros físicos e químicos importantes para a qualidade da água, estão a turbidez, condutividade elétrica e o pH. A turbidez é um grau de atenuação da intensidade que a luz sofre ao atravessar a água, ela limita a penetração de raios solares, assim, restringindo a fotossíntese que reduz a reposição de oxigênio (Gonçalves, 2009). A Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece que para rios de água doce, de classe 1, o valor não deve exceder 40NTU, e para classe 2, não deve exceder 100NTU. Conforme os dados desse presente estudo, as amostras enquadraram-se nessas duas classes, estando dentro dos padrões estabelecidos.

A condutividade elétrica da água representa a facilidade da passagem da eletricidade pela água e está diretamente relacionada à quantidade de sais dissolvidos. Na legislação, não existe padrão de condutividade estabelecido. Porém, Von Sperling (1996) diz que as águas naturais apresentam teores de condutividade entre 10 a 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Considerando-se nesses números, a maior parte das amostras desse presente trabalho estaria com valor aceitável, com exceção do Rio Pessegueirinho no verão.

Em relação ao pH, em todas as amostras de rios analisadas apresentam valores médios que estão dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA. Ela determina que, para a proteção de vida aquática, o pH de águas doces deve estar entre 6,0 e 9,0.

Com relação às análises de coliformes em poços, percebe-se que a água encontra-se bastante suscetível à contaminação por fezes, tornando-se imprópria para o consumo humano se não for tratada da forma correta. No presente estudo, 75% das amostras não atendem as recomendações da Portaria nº888/2021 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021) para fim de consumo humano. Para que a população possa utilizar água dessas fontes, a mesma deve passar por tratamento, como filtragem, fervura ou a cloração, para assim eliminar os microrganismos presentes. Isso revela a precariedade em que se encontram os recursos hídricos consumidos pela população do interior de Curitiba.

Estudos prévios evidenciam a ocorrência dessas bactérias nos recursos hídricos destinados à potabilidade em diversas regiões do Brasil. Brandão et al. (2023) analisaram 210 amostras de poços na cidade de Rio Branco - AC, e apontaram que 73% delas foram consideradas impróprias para consumo humano devido à presença de coliformes termotolerantes. Colet et al. (2021) quantificaram coliformes em águas de poços artesianos em municípios do noroeste do Rio Grande do Sul, onde foram avaliados 40 poços. Observou-se que 80% das amostras apresentaram contaminação por coliformes totais, e 22,5% apresentaram *E. coli*, tornando as águas oriundas desses poços impróprias para consumo humano. Bortoloti et al. (2018) analisaram a qualidade microbiológica da água de fontes canalizadas potenciais para consumo humano, e 80% delas apresentaram coliformes termotolerantes, indicando inconformidade com padrões de potabilidade. Da mesma forma, Zan et al. (2013) realizaram análise microbiológica de água de poços rasos no município de Buritis - MG, onde foram encontrados coliformes fecais nas amostras de todos os locais analisados, mostrando que essas águas são impróprias para o consumo.

A ocorrência de bactérias resistentes a antibióticos em água de poços também é um fato observado em outras localidades do país, apesar de ser estudado de maneira menos frequente. Colet et al. (2021), testaram oito antibióticos a fim de avaliar a sensibilidade de *E. coli* e observaram que os maiores valores foram registrados contra a gentamicina (77,8%) e ampicilina + sulbactam (33,3%). Araújo et al. (2016) avaliaram a resistência de *E. coli* a antibióticos em água proveniente de 20 poços. Os autores observaram que 22% dos isolados apresentaram resistência à tetraciclina, um valor que pode ser considerado baixo se comparado com os resultados obtidos pelo presente estudo, onde 100% dos isolados apresentaram resistência a tetraciclina nos poços adjacentes aos Rios Canoas e Pessegueirinho.

Para água potável, a Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021 (Brasil, 2021), é estipulado um valor máximo de 5,0 NTU para a turbidez da água. Portanto, pode-se observar que aproximadamente 30% das amostras do presente estudo estão fora do padrão estabelecido, com turbidez elevada. O único poço que não apresentou em nenhuma estação a sua turbidez elevada foi o adjacente ao Rio Marombas. Os valores mais elevados de condutividade foram encontrados no poço adjacente ao Rio Marombas, onde os valores estiveram acima de 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ em todas as coletas. O nível de condutividade elétrica não representa riscos à saúde, porém, através dela, é possível estimar a concentração de sólidos totais dissolvidos, que quando em excesso, pode tornar-se com sabor desagradável, além de poder corroer tubulações, e causar acúmulo desses sais na corrente sanguínea (Santos & Morh, 2013).

Em relação ao pH, diversas amostras estiveram fora do padrão estabelecido para a legislação, que é de 6,0 a 9,0. Mais de 50% das amostras apresentaram pH abaixo de 6, e os poços do Rio Canoas e Pessegueirinho não estiveram dentro dos padrões estabelecidos em nenhum momento. Quando o pH da água é baixo, há comprometimento do sabor da água e aumento do potencial corrosivo. No presente estudo, o poço adjacente ao Rio Correntes, no inverno, apresentou pH acima de 9,0, indicando água de elevada dureza, e isso faz com que a água tenha seu sabor comprometido, além de aumentar a formação de incrustações (Birkheuer et al., 2017).

Há pouquíssimos estudos realizados, tanto em relação a rios como poços, sobre correlação entre fatores ambientais que influenciam na presença de coliformes e na presença de microrganismos resistentes. Seidel et al. (2014) estudaram correlações entre qualidade de água, uso de solo e declividade em Ouro - SC. O estudo mostra que em áreas de gado leiteiro, onde os animais ficam soltos para pastagem após a ordenha, e em áreas com maior declividade, há maior ocorrência de coliformes termotolerantes. Duarte et al. (2014) encontraram contaminação por coliformes termotolerantes em amostras de rios, em áreas destinadas à produção animal, onde animais tem livre acesso à água. A correlação positiva com a presença de animais ocorre devido aos dejetos deixados pelos mesmos nas proximidades do rio, e a percolação até o curso do rio provavelmente é favorecida pela precipitação ou erosão. Piacenza (2021) realizou um estudo sobre o efeito da precipitação pluviométrica em Londrina - PR, e destacou que em períodos que com menor precipitação, não houve registro de *E. coli* nos rios. Já para momentos com maior precipitação, a presença dessas bactérias do grupo de coliformes aumentou. Sant'Helena et al. (2019) observaram correlação significativa entre a quantidade de coliformes termotolerantes em poços e a declividade do terreno. No presente estudo,

não foi observado relação entre presença de coliformes termotolerantes e declividade, mas esta esteve associada ao aumento de isolados resistentes a dois antibióticos em rios.

Perante essas associações, seria recomendado evitar o uso das águas, sem tratamento, tanto de rios como de poços, em períodos de grande volume de chuva, já que a percolação de água contribui para o transporte de fezes das áreas adjacentes para o interior dos rios, ou dos poços. Isso será potencializado em locais com grande declive, que também estão sujeitos à erosão e como resultado a água apresentará maior contaminação físico-química, bem como microbiológica.

A contaminação microbiológica da água, seja de rios ou de poços, está estreitamente associada a diversas doenças em populações humanas e animais, inclusive aquelas causadas por microrganismos resistentes a antibióticos, representando uma séria preocupação devido às dificuldades no tratamento dessas infecções. Portanto, é necessário a implementação de medidas eficazes de gestão ambiental e saneamento adequado para assegurar a qualidade microbiológica da água e diminuir a incidência de bactérias resistentes. Isso inclui principalmente o tratamento apropriado de esgoto e controle rigoroso do uso de antibióticos nas atividades de produção animal. Além disso, é essencial promover a conscientização pública acerca da importância da preservação dos recursos hídricos e do consumo seguro de água, orientando a população sobre práticas de tratamento simples e economicamente viáveis, como fervura e cloração. Finalmente, trabalhos de orientação sobre o uso indiscriminado de antibióticos são fundamentais para que o desenvolvimento de resistência antimicrobiana seja contido, uma vez que existe uma relação direta entre o consumo desses fármacos e o índice de bactérias resistentes ao mesmo (De Araújo Neto et al., 2023). Todos esses fatores são fundamentais para conservação dos recursos hídricos e consequente melhoria da saúde pública, especialmente em populações do interior, cuja qualidade de vida normalmente é diretamente comprometida pela poluição da água.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos revelam condições preocupantes de contaminação da água por coliformes termotolerantes e microrganismos resistentes a antibióticos tanto em rios como em poços na região de Curitiba, o que é um fator limitante para suas finalidades de uso, apesar de os aspectos físico-químicos não revelarem características tão alarmantes. A ocorrência de microrganismos resistentes a antibióticos na água é um fator que pode favorecer a disseminação dos mesmos no ambiente de forma descontrolada, e pode gerar doenças fatais. A partir desses resultados, percebe-se também que alguns fatores ambientais influenciam de forma direta a qualidade microbiológica da água, e podem servir como informações básicas para o delineamento de práticas de manejo e conservação dos recursos hídricos, contribuindo para melhoria da saúde pública e da qualidade de vida de populações em condição de vulnerabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. (2004). *Descrição dos meios de cultura empregados nos exames microbiológicos: módulo IV* (64 p.). ANVISA.
- American Public Health Association – APHA. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (22nd ed.). Washington: APHA, AWWA, WEF.
- Araújo, S., Silva, I., Tacão, M., Alves, A., & Henriques, I. (2016). Resistência bacteriana a antibióticos em vegetais e águas de irrigação: um problema de saúde pública. *Revista Captar: Ciência e Ambiente para Todos*, 6(1), 1-3.
- Bauer, A. W., Kirby, W.M.M., Sherris, J.C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45, 493-496.
- Birkheuer, C. F., Araújo, J., Rempel, C., & Maciel, M. J. (2017). Qualidade físico-química e microbiológica da água de consumo humano e animal do Brasil: análise sistemática. *Revista Caderno Pedagógico*, 14(1), 134-145.
- Blodgett, R. (1998). Appendix 2: Most Probable Number From Serial Dilutions. In U. S. Food and Drug Administration. *Bacteriological Analytical Manual (BAM)* (8th ed.). FDA.
- Bortoloti, K. C. S., Melloni, R., Marques, P. S., Carvalho, B. M. F., & Andrade, M. C. (2018). Qualidade microbiológica de águas naturais quanto ao perfil de resistência de bactérias heterotróficas a antimicrobianos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 23, 717-725.
- Brandão, L., Farias, C. S., & Oliveira Mustafa, T. (2023). Espaço geográfico e os riscos à saúde: uma análise a partir da qualidade microbiológica das águas dos poços urbanos no município de Rio Branco-AC. *UAQUIRI-Revista do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre*, 5(1), 128-146.

- Brasil. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. (2005, 18 de março). 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, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Brasil. Ministério da Saúde. (2021). Portaria nº 888 de 4 de maio de 2021. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 20 p.
- Bungau, S., Tit, D. M., Behl, T., Aleya, L., & Zaha, D. C. (2021). Aspects of excessive antibiotic consumption and environmental influences correlated with the occurrence of resistance to antimicrobial agents. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 19, 100224.
- Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI. (2018). *Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests* (13th ed., CLSI standard M02). Wayne, PA: CLSI.
- Colet, C., Pieper, M., Kaufmann, J. V., Schwambach, K., & Pletsch, M. (2021). Qualidade microbiológica e perfil de sensibilidade a antimicrobianos em águas de poços artesianos em um município do noroeste do Rio Grande do Sul. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 26(4), 683-690.
- Correia, A. M. G. G. (2014). *Presença de Bactérias coliformes e Escherichia coli resistentes aos antibióticos Ciprofloxacina e Estreptomomicina em água natural* (Dissertação de mestrado). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- De Araújo Neto, P. P., Silva, C. R., Dos Santos, R. R. L., De Paiva, A. G. C., Da Costa Ximenes, J., Da Silva Guimarães, D. V. F., & Barros, F. T. (2023). Resistência bacteriana consecutiva do uso indiscriminado de antibióticos: revisão integrativa. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, 27(5), 3320-3330.
- Duarte, K. M. R., Gomes, L. H., Dozzo, A. D. P., & Rocha, F. (2014). Qualidade microbiológica da água para consumo animal. *Boletim de Indústria Animal*, 71(2), 135-142.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.
- Frieri, M., Kumar, K., & Boutin, A. (2017). Antibiotic resistance. *Journal of Infection and Public Health*, 10(4), 369-378.
- Fundação Nacional da Saúde – FUNASA. (2013). *Manual prático de análise de água* (4. ed., 150 p.). Brasília: FUNASA.
- Gomes, R. P., Oliveira, T. R., Rodrigues, A. B., Ferreira, L. M., Vieira, J. D. G., & Carneiro, L. C. (2023). Occurrence of antibiotic resistance genes, antibiotics-resistant and multi-resistant bacteria and their correlations in one river in Central-Western Brazil. *Water (Basel)*, 15(4), 747.
- Gonçalves, E. M. (2009). *Avaliação da qualidade da água do rio Uberabinha – Uberlândia MG* (Dissertação de Mestrado em Tecnologia dos Processos Químicos e Bioquímicos). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro.
- Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística – IBGE. (2022). *Curitibanos*. In Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística – IBGE. *Cidades. Santa Catarina. Curitibanos. Panorama*. Recuperado em 20 de julho de 2023, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/curitibanos/panorama>.
- Intituto Nacional de Meteorologia do Brasil – INMET. (2021). *Banco de dados meteorológicos (2020-2021)*. Curitibanos, SC.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Brock, D. B. (2019). *Brock biology of microorganisms*. (14th ed.). Pearson Education.
- Martínez, J. L., & Baquero, F. (2023). What are the missing pieces needed to stop antibiotic resistance? *Microbial Biotechnology*, 16(10), 1900-1923.
- Martinez, M. B., & Trabulsi, L. R. (2008). *Enterobacteriaceae*. In L. R. Trabulsi & F. Alterthum. *Microbiologia* (pp. 271-279). São Paulo: Atheneu.
- Mombach, J., Ansolin, N. B., Saucedo, I. R., Ramella, K. D. C. L., & Matos, M. R. (2023). Principais agentes bacterianos envolvidos em gastroenterites em leitões na fase de maternidade. *Revista Ibero-Americana De Humanidades. Ciência & Educação (Bauru)*, 9(6), 2135-2151.
- Morais, J. L. R., De Aguiar Vian, M., & Dos Santos Coelho, R. (2023). Avaliação dos índices de qualidade das águas dos principais rios do município de São Roque-SP. *Revista Scientia Vitae*, 2(7), 40-49.
- Piacenza, L. B. (2021). *Efeito da precipitação pluviométrica para as estruturas limnológica e microbiológica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cafezal* (Dissertação). Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, UTFPR, Londrina.
- Ribeiro, G. F., Proença, J. E., Angelo, N. M. M., & Da Cruz, S. P. (2022). Ocorrência de coliformes fecais e resistência a antibióticos em água empregada para fins de dessedentação animal em Curitibanos-SC. *Revista Acta Ambiental Catarinense*, 19(1), 1-14.

- Rosá, F. P., Ribeiro, G. F., Camargo, L. G., Oliveira, A. B. R., Ganem, J. S., Ferreira, L., Tanholi, J., & Cruz, S. P. (2022). Coliformes e bactérias resistentes a antibióticos em água de rios e poços em Curitiba. In *Anais do 9º Congresso Florestal Brasileiro*. Brasília. Recuperado em 20 de julho de 2023, de <https://publicacoes.softaliza.com.br/congressoflorestalbrasileiro/article/view/2482>.
- Sant'Helena, A., Perrone, P. R., Ribeiro, G. F., Da Cruz, S. P., De Oliveira, H. M., & Krammes, J. G. (2019). Análise microbiológica da água em Curitiba – SC e sua ligação com fatores sócio-ambientais. *Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde*, 9(2), 15-20.
- Santos, R. S., & Morh, T. (2013). Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em água subterrâneas. *Revista Contexto & Saúde*, 13(24-25), 46-53.
- Seidel, C., Robaina, A. D., Peiter, M. X., Ferraz, R. C., & Massignam, A. M. (2014). Correlação da qualidade da água com uso do solo e declividade no Arroio Doze Passos, Ouro, SC. *Revista Agropecuária Catarinense*, 27(2), 62-69.
- Sério, J., Marques, A. P., Huertas, R., Crespo, J. G., & Pereira, V. J. (2023). Occurrence and treatment of antibiotic-resistant bacteria present in surface water. *Membranes*, 13(4), 425.
- Shah, A., Arjunan, A., Baroutaji, A., & Zakharova, J. (2023). A review of physicochemical and biological contaminants in drinking water and their impacts on human health. *Water Science and Engineering*, 16(14), 333-344.
- Silva, T. S. M., Abrantes, J. A., Ramos, T. M. V., Cozendey-Silva, E. N., & Nogueira, J. M. R. (2022). Perfil de sensibilidade aos antimicrobianos das cepas de *Escherichia coli* isoladas de amostras de águas superficiais do Rio Carioca-RJ, Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 27, 673-682.
- Soares, A. S., Miranda, C., Coelho, A. C., & Trindade, H. (2023). Occurrence of coliforms and Enterococcus species in drinking water samples obtained from selected dairy cattle farms in Portugal. *Agriculture*, 13(4), 885.
- Statsoft Inc. (2014). *Statistica (data analysis software system), Eletronic version*. Recuperado em 20 de julho de 2023, de <http://www.statsoft.com/>
- Thompson, C., Garcia, G., Masi, B. P., Freitas, T., Paz, P. H., Leal, C. V., Otsuki, L., & Tschoeke, D. (2023). Brumadinho dam collapse induces changes in the microbiome and the antibiotic resistance of the Paraopeba River (Minas Gerais, Brazil). *The Science of the Total Environment*, 865, 161278.
- Von Sperling, M. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Editora UFMG.
- Wagner, F. S. (2018). *Perfil antimicrobiano de cepas de Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae e Pseudomonas aeruginosa isoladas do rio Tubarão/SC*. Ciências Biológicas Licenciatura, Tubarão.
- World Health Organization – WHO. (2019). *Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health*. Geneva: WHO.
- Zan, R. A., Costa, A. L., Costa, J. B., & Meneguetti, D. U. O. (2013). Análise microbiológica de amostras de água de poços rasos localizados no município de Buritis, Região do vale do Jamari, Rondônia, Amazônia Ocidental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 8(8), 1867-1875.

Contribuições dos autores:

Fernanda Pucci Rosá: coletas a campo, condução de análises em laboratório, tabulação e análise de dados, escrita do manuscrito.

Leticia Gonçalves Camargo: coletas a campo, condução de análises em laboratório, tabulação e análise de dados.

Nicolas Matheus Ribeiro Ortiz: coletas a campo, condução de análises em laboratório, tabulação e análise de dados.

Joni Stolberg: idealização e construção científico-filosófica do estudo, coletas a campo, condução de análises em laboratório, tabulação e análise de dados.

Sonia Purin da Cruz: idealização e construção científico-filosófica do estudo, coletas a campo, condução de análises em laboratório, tabulação e análise de dados, escrita do manuscrito.