

MONITORAMENTO DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES E SUA RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICOS NA SUB-BACIA DO RIO MAROMBAS

MONITORING OF THERMOTOLERANT COLIFORMS AND THEIR ANTIBIOTIC RESISTANCE IN THE MAROMBAS RIVER SUB-BASIN

Fernanda Pucci Rosá¹
Thaís Fernandes Ronsani²
Leticia Gonçalves Camargo³
Joni Stolberg⁴
Nei Kavaguichi Leite⁵
Sonia Purin da Cruz⁶

RESUMO

A qualidade microbiológica da água de rios é um dos aspectos que determina sua finalidade de uso, e baseia-se na concentração de coliformes termotolerantes. Entretanto, a presença de coliformes resistentes a antibióticos, apesar de não ser um critério considerado pela legislação, é um aspecto grave e preocupante porque ocasiona doenças de difícil tratamento e óbitos. O presente estudo avaliou a concentração de coliformes termotolerantes e sua resistência a ampicilina, ciprofloxacina e tetraciclina em quatro rios da Sub-bacia do Rio Marombas, em Santa Catarina. As coletas foram realizadas bimestralmente por um ano. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram separadas pelo teste de Tukey. O número médio de coliformes termotolerantes foi 709 100 mL⁻¹, correspondente a classe 2, indicada para consumo animal e irrigação, em concordância com o uso da água feito pela população. Porém, 41% dos isolados de coliformes apresentaram resistência à ampicilina, enquanto 10% foram resistentes à tetraciclina e ciprofloxacina. Isolados resistentes foram encontrados em todos os rios, e em todas as coletas, o que indica alta frequência e abundante disseminação desses

¹Engenheira Agrônoma – mestranda em Ciência do Solo. Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages. SC. Brasil. E-mail: feep.rosa@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6266-2683>.

²Graduanda em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos - Departamento de Ciências Naturais e Sociais. Curitibanos. Santa Catarina. Brasil E-mail: tatahronsani@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2334-2815>.

³Graduanda em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos - Departamento de Ciências Naturais e Sociais. Curitibanos. Santa Catarina. Brasil. E-mail: leticiaqcamargo2001@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0418-1746>.

⁴Doutor em Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos - Departamento de Ciências Naturais e Sociais. Curitibanos. Santa Catarina. Brasil. E-mail: joni.stolberg@ufsc.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5720-3162>.

⁵Doutor em Ciências. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos - Departamento de Ciências Naturais e Sociais. Curitibanos. Santa Catarina. Brasil. E-mail: nei.leite@ufsc.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7732-8122>.

⁶Ph.D. em Ciência do Solo. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos - Departamento de Ciências Naturais e Sociais. Curitibanos. Santa Catarina. Brasil. E-mail: s.purin@ufsc.br. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7805-2789>.

microrganismos. A presença de bactérias resistentes a antibióticos na água pode ocasionar graves problemas de saúde humana e animal, além de contaminar o solo quando utilizada para irrigação, provocando impactos negativos no ambiente e no ecossistema como um todo. Destaca-se, portanto, a importância do monitoramento de bactérias resistentes na água, a necessidade de programas de conservação ambiental e uso racional e correto dos antibióticos, para minimizar a ocorrência de resistência microbiana.

Palavras-chave: resistência antimicrobiana; qualidade microbiológica da água; coliformes termotolerantes.

ABSTRACT

The presence of antibiotic-resistant coliforms, despite not being a criterion considered by legislation, is a serious and worrying aspect because it causes difficult-to-treat illnesses and deaths. The present study evaluated the concentration of thermotolerant coliforms and their resistance to ampicillin, ciprofloxacin and tetracycline in four rivers in the Marombas River Sub-basin, in Santa Catarina. Analyses were carried on bimonthly for one year. Data were subjected to analysis of variance and the means were separated by the Tukey test. The average number of thermotolerant coliforms was 709 100 mL⁻¹, corresponding to class 2, indicated for animal consumption and irrigation, in accordance with the water use made by the population. However, 41% of coliform isolates were resistant to ampicillin, while 10% were resistant to tetracycline and ciprofloxacin. Resistant isolates were found in all rivers and in all sampling dates, which indicates a high frequency and abundant spread of these microorganisms. The presence of antibiotic-resistant bacteria in water can cause serious human and animal health problems, in addition to contaminating the soil when used for irrigation, causing negative impacts on the environment and the entire ecosystem. Therefore, the importance of monitoring resistant bacteria in water, the need for environmental conservation programs and the rational and correct use of antibiotics is highlighted, in order to minimize the occurrence of microbial resistance.

Key words: antimicrobial resistance; microbiological water quality; thermotolerant coliforms.

Artigo recebido em: 09/08/2024

Artigo aprovado em: 12/12/2024

Artigo publicado em: 19/12/2024

Doi: <https://doi.org/10.24302/sma.v.13.5546>

INTRODUÇÃO

A preocupação com a disponibilidade e qualidade de recursos hídricos é um aspecto que recebe cada vez mais atenção de entidades públicas, empresas,

comunidade acadêmica e da população em geral, visto que problemas de abastecimento e doenças de veiculação hídrica tornaram-se mais frequentes ao longo dos últimos anos ⁽¹⁻²⁾. Nesse sentido, os rios são os cursos de água doce mais utilizados para abastecimento público, porém ao mesmo tempo são os que mais recebem carga de poluentes dos centros urbanos, núcleos empresariais e produtores rurais, cujas atividades impactam negativamente na qualidade de água devido a poluentes de origem química e microbiológica ⁽³⁻⁴⁾.

Um dos indicadores mais utilizados na estimativa da qualidade da água são os coliformes termotolerantes, que indicam poluição dos rios por fezes, sejam elas oriundas de esgoto não tratado ou fezes de animais nas proximidades dos rios ⁽⁵⁻⁶⁾. No processo de captação de água para consumo humano, o tratamento deve eliminar completamente essas bactérias, enquanto para usos como irrigação de lavouras e dessedentação animal, a ocorrência de coliformes é limitada a 1.1000 a cada 100 mL de água ⁽⁷⁾. O uso de água com valores que não obedeçam a esses critérios pode trazer sérios riscos de infecções para populações humanas e para rebanhos animais, gerando prejuízos econômicos na avicultura, pecuária e suinocultura ⁽⁸⁻⁹⁾. Os problemas mais comuns decorrentes de infecções oriundas de água contaminada incluem gastroenterite, amebíase, giardíase, hepatites infecciosas, leptospirose e tularemia ⁽¹⁰⁻¹¹⁾.

Os coliformes transmitidos pela água podem apresentar características muito comuns a várias bactérias, que é a resistência a antibióticos ^(6, 12-13). Bactérias resistentes não responderão a tratamentos de antibioticoterapia e, como consequência, a infecção pode tornar-se generalizada e causar óbito. Atualmente, cerca de 700 mil mortes ao ano são resultantes de infecções por bactérias resistentes, e projeções da Organização Mundial da Saúde apontam que em 2050 essa será a maior causa de mortes em nível mundial ⁽¹⁴⁾.

Apesar do inquestionável impacto de bactérias resistentes sobre a saúde humana, animal e pública, bem como agricultura e piscicultura ⁽¹⁵⁾ a legislação brasileira não estabelece critérios sobre a ocorrência desses microrganismos para o uso da água não tratada. Assim, cabe às instituições públicas e privadas o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa básica e aplicada que possam subsidiar políticas de manejo e uso de recursos hídricos, de forma a garantir o uso seguro da água de rios. Esse aspecto é de suma importância em qualquer local do país onde a população não tenha acesso à água tratada por companhias de abastecimento, comumente em regiões do interior, não urbanizadas. Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a ocorrência de coliformes termotolerantes e sua resistência a antibióticos em águas de quatro rios na Sub-Bacia do Rio Marombas, no interior de Santa Catarina.

METODOLOGIA

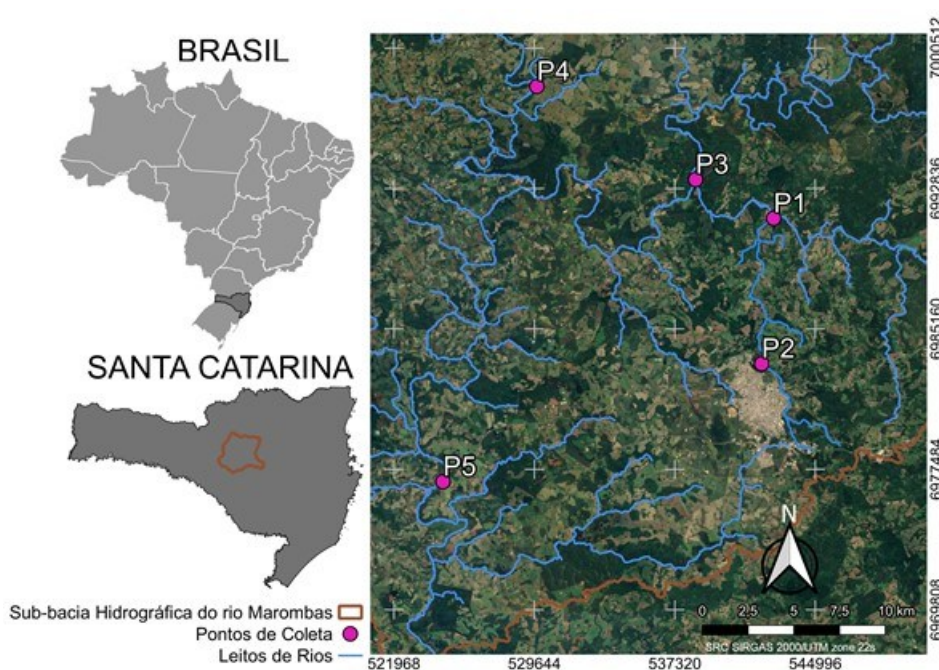
O presente estudo foi conduzido no período correspondente a um ano hidrológico entre dezembro de 2022 e outubro de 2023. Os cinco pontos de coleta foram estabelecidos nos cursos dos Rios Marombas, das Pedras, Correntes e

Pessegueirinho. Os rios abastecem Curitibanos e Brunópolis, localizados no interior de Santa Catarina, na Mesorregião Serrana. A região pertence à Sub-bacia hidrográfica do Rio Canoas, a 987 metros de altitude. Realizaram-se coletas de amostras de água bimestralmente. Na Tabela 1 encontram-se especificadas as respectivas coordenadas geográficas e a Figura 1 apresenta os pontos de amostragens georreferenciados.

Tabela 1 – Área correspondente, descrição e coordenadas geográficas dos cinco pontos de coleta de água na região de Curitibanos e Brunópolis - SC.

Ponto	Área correspondente	Descrição	Coordenadas geográficas
P1	Sub-bacia do Alto Marombas	À montante da confluência com o Rio Pessegueirinho, onde é realizada a captação de água para abastecimento público de Curitibanos.	27°12'4,0"S 50°34'7,8"O
P2	Microbacia do Pessegueirinho	Curso do Rio Pessegueirinho em área urbana.	27°12'7,7"S 50°34'12,2"O
P3	Sub-bacia do Rio das Pedras	À montante da confluência com o Rio Marombas	27°10'55,8"S 50°36'42,2"O
P4	Sub-bacia do Rio Correntes	À montante da confluência com o Rio Marombas	27°10'22,5"S 50°44'18,5"O
P5	Sub-bacia do Rio Marombas	Passo do Rio Marombas em Brunópolis, próximo à foz (atualmente área alagada da Usina Hidrelétrica São Roque).	27°19'51,2"S 50°45'5,1"O

Figura 1 – Mapa ilustrando a localização do estado de Santa Catarina, inserção da sub-bacia do Rio Marombas no Estado, e localização dos pontos de coleta de água nos municípios de Curitibanos e Brunópolis - SC.



Foram coletadas três sub-amostras de cerca de 100 mL de água em cada ponto de coleta, com auxílio de frascos de vidro borosilicato estéreis com duas gotas de

tiosulfato de sódio 10%. Cada sub-amostra foi considerada uma repetição, para fins de análises em laboratório e de procedimentos estatísticos. Todos os frascos permaneceram refrigerados em caixa de isopor com gelo e foram destinados às dependências da Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Curitibanos – para análises laboratoriais.

A primeira fase da análise de coliformes termotolerantes compreendeu a condução do teste presuntivo, pela técnica de fermentação em tubos múltiplos ⁽¹⁶⁾, com três séries de diluição de água: caldo lactosado (1:1, 1:10 e 1:100) e três tubos cada ⁽¹⁷⁾. Em seguida, os tubos foram incubados em estufa bacteriológica a 35°C por durante 48h. Os tubos com resultado positivo foram identificados (a partir da turvação do meio de cultivo e formação de gás no interior do tubo de Durham) e utilizados no teste confirmativo com caldo E.C., que confirma a presença de coliformes termotolerantes na água ⁽¹⁶⁾.

Após a inoculação, os tubos foram incubados por 24h a 44,5°C e em seguida determinou-se o número de tubos com resultado final positivo considerando-se as mesmas características avaliadas no teste presuntivo. Baseando-se no número de tubos positivos ao final do teste confirmativo, o número mais provável de coliformes termotolerantes a cada 100 mL de água (N.M.P. 100 mL⁻¹) foi calculado com base na tabela de referência para séries de 3 tubos com inóculos de 10 mL, 1 mL e 0,1 mL ⁽¹⁸⁾.

A análise da resistência microbiana a antibióticos foi conduzida segundo os padrões do CLSI ⁽¹⁹⁾, pelo método de disco-difusão de Bauer *et al.* ⁽²⁰⁾. Selecionou-se dois tubos positivos, de cada repetição amostral, para a condução do teste de resistência a antibióticos. A suspensão bacteriana de cada tubo foi semeada em placas de Petri com Ágar MacConkey e as mesmas foram mantidas a 35°C por 24 horas.

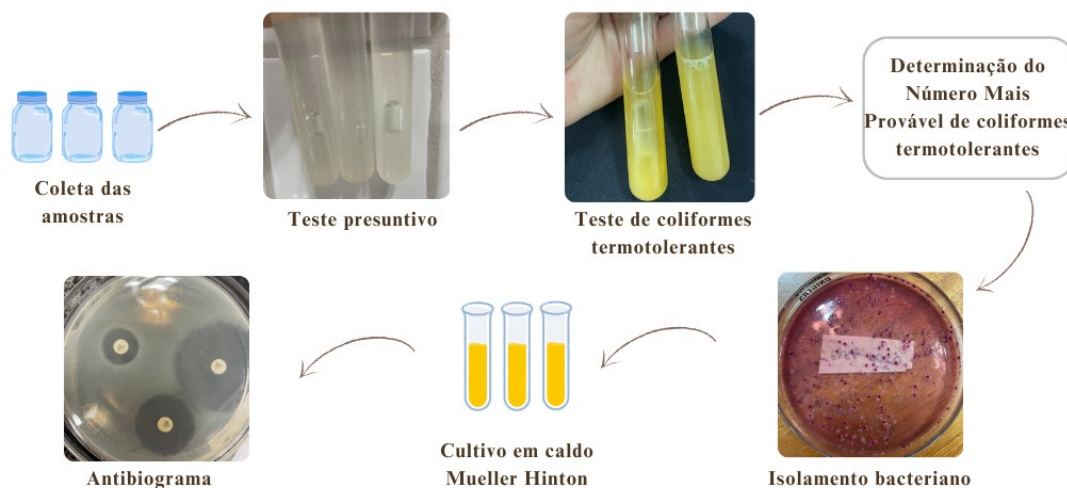
Posteriormente, uma colônia foi escolhida em cada placa e foi considerada como um isolado de coliforme termotolerante. A colônia foi utilizada como fonte de inóculo para determinar a ocorrência de resistência a três antibióticos dos grupos A, B e C, adotados tratamento de infecções causadas por enterobactérias. Foram testados a ampicilina (10 µg – grupo A), ciprofloxacino (5 µg – grupo B), e tetraciclina (30 µg – grupo C).

Cada colônia selecionada foi utilizada para repicagem das células microbianas para um tubo de cultura contendo 5 mL de caldo Mueller Hinton. A incubação foi conduzida em estufa bacteriológica com agitador, a 120 RPM, a 35 °C durante 6 horas. Após esse intervalo, a suspensão bacteriana obtida de cada tubo foi espalhada sobre placas de Petri com Ágar Mueller Hinton com auxílio de um *swab* estéril.

Decorrida a secagem da superfície do meio de cultura, utilizou-se uma pinça metálicas esterilizada para introduzir os discos contendo antibióticos sobre a superfície do meio. Em seguida, todas as placas foram incubadas a 35°C por 18 horas. Cada placa foi então analisada quanto ao diâmetro do halo de inibição produzido em torno de cada disco contendo antibiótico. A partir desses valores, realizou-se uma comparação com valores de referência ⁽¹⁹⁾. Assim, cada isolado bacteriano foi

classificado como sensível, intermediário ou resistente a cada um dos três antibióticos. Paralelamente, a análise também foi feita com a cepa de *E. coli* ATCC® 25922, recomendada como padrão para testes de antibiograma ⁽¹⁹⁾. A Figura 2 ilustra as etapas das análises microbiológicas.

Figura 2 – Esquematização das análises de coliformes termotolerantes e avaliação da resistência a antibióticos.



O primeiro passo da avaliação estatística dos dados foi a análise da variância (Teste F, no intervalo de 95% de confiança). Ao observarem-se diferenças significativas, procedeu-se o teste de separação de médias de Tukey, considerando-se tanto os pontos como os meses de coleta como as fontes de variação. Os procedimentos de análise foram conduzidos com o programa GexpDes.

RESULTADOS

O número de coliformes termotolerantes foi estatisticamente igual entre coletas e rios. A média geral foi de 709 coliformes termotolerantes 100 mL^{-1} de água.

A porcentagem de isolados resistentes à ampicilina e ciprofloxacina foi diferente entre coletas ($Pr > Fc = 0,0001$), e mostrou-se igual, estatisticamente, entre todos os rios. Os menores e maiores valores em relação a ambos antibióticos foram observados em dezembro de 2022 e outubro de 2023, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Porcentagem de isolados de coliformes termotolerantes resistentes à ampicilina e ciprofloxacina ao longo de seis coletas, realizadas em cinco pontos amostrais distribuídos em quatro rios da Sub-bacia do Marombas – SC.

Mês de coleta	Porcentagem de isolados resistentes à ampicilina	Porcentagem de isolados resistentes à ciprofloxacina
Dezembro 2022	0 c*	0 b
Fevereiro 2023	70,0 a	3,3 b
Abril 2023	36,7 b	10,0 b
Junho 2023	40,0 ab	0 b
Agosto 2023	30,0 bc	0 b
Outubro 2023	70,0 a	46,7 a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em um intervalo de 95% de confiança.

Por outro lado, a porcentagem de isolados resistentes à tetraciclina foi similar entre coletas, mas diferiu estatisticamente entre os pontos ($Pr > F_c = 0,0035$). Os maiores percentuais de isolados resistentes à tetraciclina foram registrados na foz do Rio Marombas (Tabela 3).

Tabela 3 – Porcentagem de isolados de coliformes termotolerantes resistentes à tetraciclina em cinco pontos amostrais distribuídos em quatro rios da Sub-bacia do Marombas – SC.

Ponto de coleta	Porcentagem de isolados resistentes à tetraciclina
P1: Sub-bacia do Alto Marombas	5,6 ab*
P2: Microbacia do Pessegueirinho	0,0 b
P3: Sub-bacia do Rio das Pedras	0,0 b
P4: Sub-bacia do Rio Correntes	16,7 ab
P5: Sub-bacia do Rio Marombas	25,0 a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey em um intervalo de 95% de confiança.

DISCUSSÃO

A preocupação com a oferta e a qualidade de recursos hídricos é um aspecto que recebe cada vez mais atenção da comunidade científica e da população, pois a água é um dos principais fatores determinantes da saúde e da qualidade de vida (21-22). Esse é um fator de suma importância principalmente em regiões do interior, nas quais os habitantes não possuem acesso à água tratada e dependem de fontes alternativas para consumo humano e animal. Muitas vezes, os mesmos também não dispõem de recursos e alternativas para tratar a água, usando-a *in natura*, expondo-se aos riscos potenciais dos seus contaminantes físicos, químicos e microbiológicos.

Do ponto de vista microbiano, a contaminação por coliformes termotolerantes é a mais importante, do ponto de vista de determinação da qualidade e uso da água, de acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA (7). Nesse sentido, o nível médio de coliformes ao longo do período de estudo aponta que as águas de todos os locais podem ser classificadas como Classe 2, de acordo com os parâmetros que a legislação federal estabelece. Águas dessa categoria podem ser utilizadas para

irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e demais culturas agrícolas, bem como para dessedentação animal, pesca e recreação de contato primário. Ao longo de todo o período amostral, observou-se que de fato os agricultores e moradores fazem uso da água para tais fins. Deste modo, ao considerar-se apenas essas modalidades de uso, o enquadramento das águas dos cinco pontos amostrais é adequado, e não oferece riscos de acordo com a concentração média de coliformes termotolerantes.

Por outro lado, um aspecto de extrema relevância, e que não é levado em consideração pela legislação brasileira, é a característica de resistência a antibióticos em coliformes termotolerantes. Isso significa que, apesar de a concentração de bactérias não parecer comprometedor, suas características de resistência podem ocasionar sérios problemas para a saúde humana, animal e ambiental ⁽²³⁾ – o que não é considerado por nenhum órgão regulamentador.

A maior porcentagem de isolados resistentes foi sempre observada em relação à ampicilina. Em duas coletas, o valor foi superior a 70%, o que é um número bastante elevado comparando-se com outros estudos. Um estudo anterior, por exemplo, observou que 34% dos isolados bacterianos do Rio Paraopeba – MG, foram resistentes à ampicilina ⁽²⁴⁾. Em Santa Catarina, Wagner ⁽²⁵⁾ observou que 66% dos isolados do Rio Tubarão exibiram resistência a ampicilina. No presente estudo, a média geral de isolados resistentes a esse antibiótico foi de 41%. Em um monitoramento realizado em anos anteriores, na mesma região de estudo, registraram que 39% dos isolados de coliformes termotolerantes foram resistentes à ampicilina, o que indica que a incidência dessas bactérias parece ser constante nos diferentes rios e ao longo dos anos, o que é um aspecto bastante preocupante ⁽²⁶⁾.

Ao longo do período de estudo, o valor médio de isolados resistentes à ciprofloxacina foi de 10%. De maneira similar, no Rio Douro, em Portugal apontou que 13% dos isolados apresentaram resistência à ciprofloxacina na concentração de 2 mg L⁻¹. Apesar de a porcentagem de isolados resistentes à ciprofloxacina ter sido relativamente menor que à ampicilina, em uma das coletas o valor foi de aproximadamente 50%, o que pode ser considerado elevado ⁽²⁷⁾. Vasconcelos *et al.* ⁽²⁸⁾, por exemplo, encontrou apenas 4,7% dos isolados sendo classificados como resistentes. Entretanto, valores tão extremos quanto 94% já foram registrados em alguns locais do Brasil ⁽²⁹⁾.

Semelhantemente à ciprofloxacina, o valor médio de isolados resistentes à e tetraciclina foi de 10%. Em nenhuma coleta, a porcentagem foi superior a 25%. Os valores observados no presente estudo assemelham-se a registros feitos em outras localidades do país. Vasconcelos *et al.* ⁽²⁷⁾ registraram 25% dos isolados como resistentes a esse antibiótico. Em rios avaliados por Magali ⁽³⁰⁾ esse valor foi de 20%.

É importante destacar que, em todas as coletas e todos os rios, sempre foram identificados isolados resistentes a algum antibiótico, o que é um fato preocupante. Sob o ponto de vista de saúde única, existe uma conexão sólida entre todos os componentes da biosfera, e impactos negativos em uma das partes ocasionarão consequências nas demais ⁽³¹⁻³²⁾. Considerando-se os ambientes envolvidos no presente estudo, as bactérias encontradas nas águas de rios serão aportadas no solo ou em plantas, se a água for usada para fins de irrigação ⁽³³⁾. O aporte de

microrganismos com potencial patógeno, em plantas, representa um risco no caso de hortaliças ou frutos consumidos crus e sem tratamento ⁽³⁴⁾. Já no caso do solo, as bactérias que ali se encontram podem ser transportadas para poços, lagoas ou rios, no caso de chuvas volumosas. Assim, há um ciclo que envolve solo e água, e se retro-alimenta contribuindo para maior multiplicação e disseminação de bactérias resistentes a antibióticos no ambiente.

Por outro lado, se a água for usada para consumo animal, as bactérias resistentes serão ingeridas e afetarão diretamente o trato gastrointestinal dos animais podendo ocasionar doenças e até mesmo óbito. Ribeiro *et al.* ⁽³⁵⁾ apontam uma estreita correlação entre coliformes resistentes a antibióticos e a ocorrência de mastite bovina, diarreia e pneumonia em cães, bem como infecções no aparelho genital e urinário. Problemas de mastite geram perdas significativas na produção de leite e podem inclusive levar à morte ocasional dos animais ⁽³⁶⁾.

A preocupação com a disseminação de bactérias resistentes a antibióticos é cada vez mais frequente em nível mundial, devido aos inúmeros agravantes de saúde a elas ligados ⁽³⁷⁾. O uso de um recurso natural contaminado, seja ele água, solo ou alimento, traz muitas consequências negativas e perigosas ⁽³⁸⁻³⁹⁾. Os dados do presente estudo ressaltam a necessidade de monitoramento da resistência antimicrobiana em águas consumidas sem tratamento, para que doenças sejam evitadas e, também, para que não haja comprometimento da qualidade de vida, em todas as esferas abrangidas.

CONCLUSÃO

A água de rios na região de Curitiba, apesar de não apresentar níveis altos de coliformes termotolerantes, tem alta incidência de coliformes resistentes a antibióticos, principalmente à ampicilina, o que representa uma ameaça à saúde humana, animal e ambiental. Os dados poderão ser utilizados para elaborar ações de conservação de recursos naturais, contribuindo para melhor qualidade de vida e diminuindo os problemas causados por bactérias resistentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC (Edital de chamada pública FAPESC Nº 03/2022).

REFERÊNCIAS

- 1 Rukavishnikov VS, Efimova NV, Savchenkov MF, Mylnikova IV, Lisovtsov AA. Quality of drinking water and risk to the health of the population of the south Baikal region (Russia). *Emerging Contaminants*. 2024, 10(2): 100300.
- 2 Adangampurath Kolothumthodi S, Pulikkal AK. Effects of seasonal variation on the water quality of the Kadalundi river, India: evaluation of water quality indices, physicochemical and biological parameters. *International Journal of River Basin Management*. 2024.
- 3 Silva FHR, Andrade EJA, Libânio M, Oliveira VES. Evaluating total nitrogen and phosphorous concentrations in a watershed impacted by diverse anthropic activities in a developing country. *Environ Monit Assess*. 2024,196(195). <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12326-6>
- 4 Zena K, Adugna T, Fufa F. Climate and human activities impact on runoff and sediment yield in the central rift valley of Ethiopia. *Cogent Engineering*. 2024, 11(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2023.2297511>.
- 5 Silva FO, Camargo AF, Treichel H. Thermotolerant coliform bacteria present in water bodies. *BASR*. 2024 Feb. 7;8(1):42-67. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/67046>
- 6 Mondal L, Hossain T, Saha ML. Bacterial load, multiple antibiotic-resistance patterns, and cytotoxic effects of coliform and coliform-related bacteria associated with the surface water of dhaka city. *Bangladesh J. Bot.* [Internet]. 2024 Mar. 31 [citado 2024 Dec. 19];53(1):41-8. Disponível em: <https://www.banglajol.info/index.php/BJB/article/view/72298>
- 7 Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados->
- 8 Ochola EA, Karanja DMS, Elliott SJ. The impact of Neglected Tropical Diseases (NTDs) on health and wellbeing in sub-Saharan Africa (SSA): A case study of Kenya. *PLoS Negl Trop Dis*. 2021 Feb 11;15(2):e0009131. doi: 10.1371/journal.pntd.0009131.
- 9 Luo C, Wang Y, Su Q, Zhu J, Tang S, Bergquist R, Zhang Z, Hu Y. Mapping schistosomiasis risk in Southeast Asia: a systematic review and geospatial analysis. *Int J Epidemiol*. 2023 Aug 2;52(4):1137-1149. doi: 10.1093/ije/dyac227.
- 10 Golomazou E, Mamedova S, Eslahi AV, Karanis P. *Cryptosporidium* and agriculture: a review. *Sci Tot Environm*. 2024, 916:170057. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170057>.

- 11 Nombot-Yazenguet MPM, Doté JW, Koyaweda GW et al. Hepatitis E outbreak in the health district of Bocaranga-Koui, Central African Republic, 2018–2019. *BMC Infect Dis.* 2024, 24:215. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12879-024-09116-3>
- 12 Mondal L, Hossain T, Saha ML. Bacterial load, multiple antibiotic-resistance patterns, and cytotoxic effects of coliform and coliform-related bacteria associated with the surface water of dhaka city. *Bangladesh J. Bot.* [Internet]. 2024 Mar. 31 [citado 2024 Dec. 19];53(1):41-8. Disponível em: <https://www.banglajol.info/index.php/BJB/article/view/72298>
- 13 Skof A, Koller M, Baumert R, Hautz J, Treiber F, Kittinger C, Zarfel G. Comparison of the Antibiotic Resistance of *Escherichia coli* Populations from Water and Biofilm in River Environments. *Pathogens.* 2024 Feb 13;13(2):171. doi: 10.3390/pathogens13020171.
- 14 World Health Organization (WHO). Safer Water, Better Health: Costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. Geneva, World Health Organization; 2019.
- 15 Vivant AL, Marchand E, Janvier B, Berthe T, Guigon E, Grall N, Alliot F, Goutte A, Petit F. Wild fish from a highly urbanized river (Orge, France) as vectors of culturable *Enterobacterales* resistant to antibiotics. *Can J Microbiol.* 2024 Feb 1;70(2):63-69. doi: 10.1139/cjm-2023-0121.
- 16 Fundação Nacional Da Saúde. Manual Prático de Análise de Água. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde; 2013.
- 17 American Public Health Association (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (22nd ed.). Washington: American Public Health Association; 2012
- 18 Blodgett R. BAM Appendix 2: Most Probable Number From Serial Dilutions. *In* U.S. Food & Drug Administration, *Bacteriological Analytical Manual (BAM)* (8th ed.). FDA; 1998.
- 19 Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Manual de Antibiograma. (4. ed.); 2018.
- 20 Bauer AW, Kirby WM, Sherris JC, Turck M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *Am J Clin Pathol.* 1966 Apr;45(4):493-6.
- 21 Guo Z. High quality and sustainable development of soil and water conservation. *Adv Earth & Env Sci;* 5(3):1-8. Doi : <https://doi.org/10.47485/2766-2624.1053>.
- 22 Shyam, R., Krishan, G., Kheraj, & Kumar, A. (2022). Evaluation of groundwater quality for life-supporting activities: a case study of Haryana, India. *Int. J Riv Basin Managem.* 2022, 22(2): 297–308. Doi: <https://doi.org/10.1080/15715124.2022.2135518>.

- 23 Mølbak, Kare. Spread of resistant bacteria and resistance genes from animals to humans—the public health consequences. **Journal of Veterinary Medicine, Series B.** 2004; 51(8-9): 364-369.
- 24 Thompson C, Garcia G, Masi BP, Freitas T, Paz PHC, Leal CV, Otsuki K *et al.* Brumadinho dam collapse induces changes in the microbiome and the antibiotic resistance of the Paraopeba River (Minas Gerais, Brazil). *Sci Total Environ.* 2023 Mar 20;865:161278. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.161278.
- 25 Wagner FS. Perfil antimicrobiano de cepas de *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Pseudomonas aeruginosa* isoladas do rio Tubarão, SC [dissertação]. Ciências Biológicas Licenciatura. Tubarão; 2018.
- 26 Rosá FP, Camargo LG, Ortiz NMR, Stolberg J, Cruz SP. Qualidade microbiológica e resistência antimicrobiana em rios e poços de Curitiba, SC. *Revista de Gestão de Água da América Latina.* 2023, 20.
- 27 Correia AMGG. Presença de Bactérias coliformes e *Escherichia coli* resistentes aos antibióticos Ciprofloxacina e Estreptomicina em água natural; 2014. Disponível em: <https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/72775/2/27099.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2024
- 28 Vasconcelos FR, Rebouças RH, Evangelista-Barreto NS, Sousa OV de, Vieira RHSF. Perfil de resistência antimicrobiana de *Escherichia coli* isoladas do açude santo anastácio, Ceará, Brasil. *Arq Inst Biol [Internet].* 2010 Jul; 77(3):405–10. Available from: <https://doi.org/10.1590/1808-1657v77p4052010>.
- 29 Silva TSM, Abrantes JA, Ramos TMV, Cozendey-Silva EN, Nogueira JM R. Perfil de sensibilidade aos antimicrobianos das cepas de *Escherichia coli* isoladas de amostras de águas superficiais do Rio Carioca-RJ, Brasil. *Eng Sanit Ambient [Internet].* 2022Jul;27(4):673–82. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200405>
- 30 Malagi I. Qualidade da água por indicadores ambientais e análise da resistência de *E. coli* isoladas em águas superficiais urbanas. 2018. [Dissertação Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais] - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel; 2018.
- 31 Silva LOP, Estevam LB; Nogueira JMR. Disseminação da resistência aos antimicrobianos no contexto de saúde única: uma breve revisão. *RBAC.* 2024; 56(1): 5-11.
- 32 Silva FO, Camargo AF, Treichel H. Thermotolerant coliform bacteria present in water bodies. *BASR.* 2024 Feb. 7;8(1):42-67. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/67046>
- 33 Prado GC. O uso de antibióticos e a presença de bactérias multirresistentes: revisão narrativa. 2024. [Dissertação]. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2024.

- 34 Solís-Soto L, Castro-Delgado ZL, García S, Heredia N, Avila-Sosa R, Dávila-Aviña JE. Pathogenic bacteria and their antibiotic resistance profile in irrigation water in farms from Mexico. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*. 2024; 14(7): 565-571 Doi: <http://dx.doi.org/10.2166/washdev.2024.062>.
- 35 Yang Q, Chen J, Dai J, He Y, Wei K, Gong M, Chen Q et al. Total coliforms, microbial diversity and multiple characteristics of Salmonella in soil-irrigation water-fresh vegetable system in Shaanxi, China. *Sci Total Environ*. 2024 May 10;924:171657. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.171657.
- 36 Ribeiro MG, Morais ABC, Alves AC, Bolaños CAD, Paula CL, Portilho FVR, Nardi Júnior G et al. Klebsiella-induced infections in domestic species: a case-series study in 697 animals (1997-2019). *Braz J Microbiol*. 2022 Mar;53(1):455-464. doi: 10.1007/s42770-021-00667-0.
- 37 Ribeiro MG, Megid J, Paes AC. Mastite em animais domésticos: doenças infecciosas em animais de produção e de companhia. Rio de Janeiro: Roca; 2016. p. 1155-1205
- 38 Ahmed SK, Hussein S, Qurbani K, Ibrahim RH, Fareeq A, Mahmood KA, Mohamed MG. Antimicrobial resistance: impacts, challenges, and future prospects. *J Medic, Surgery, Public Health*. 2024;2:100081.
- 39 Verraes C, Van Boxstael S, Van Meervenne E, Van Coillie E, Butaye P, Catry B, de Schaetzen MA et al. Antimicrobial resistance in the food chain: a review. *Int J Environ Res Public Health*. 2013 Jun 28;10(7):2643-69. doi: 10.3390/ijerph10072643.