

Coliformes termotolerantes e resistência antimicrobiana em solos e águas de poços representam um risco à Saúde Única em Curitiba-SC

Thermotolerant coliforms and antimicrobial resistance in soils and well waters pose a One Health risk in Curitiba-SC

Fernanda Pucci Rosá^{1*}, Leticia Gonçalves Camargo², Thais Fernandes Ronsani², Estela Kovalski², Emerson Cardoso dos Passos², Sonia Purin da Cruz²

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, Santa Catarina, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Rurais, Curitiba, Santa Catarina, Brasil.

*Autor para correspondência: feep.rosa@gmail.com

RESUMO

A resistência a antibióticos representa uma ameaça crescente à saúde pública global, sendo agravada pelo uso inadequado desses compostos na agropecuária. Este estudo avaliou a presença de coliformes termotolerantes e sua resistência a antibióticos em amostras de solo e água de poços em propriedades rurais de Curitiba – SC. As coletas ocorreram em dezembro de 2024 e fevereiro de 2025, com análise microbiológica por meio do método de NMP (água) e diluição seriada (solo). A resistência foi avaliada por disco-difusão com ampicilina, tetraciclina e ciprofloxacina. Todos os solos apresentaram coliformes, com concentração variando entre 921 e 32.108 UFC/g. Nas águas, o NMP variou de <10 a >1.100 por mL, sendo que 75% das amostras foram consideradas inadequadas para consumo. O percentual de isolados resistentes à ampicilina foi de 93% em ambos os ambientes, enquanto à tetraciclina foi de 23% (solo) e 7,5% (água), e não houve isolados resistentes à ciprofloxacina na água. Os dados indicam contaminação persistente e presença de bactérias resistentes, apontando para a necessidade de ações preventivas e de monitoramento ambiental.

Palavras-chave: contaminação ambiental; antibióticos; água subterrânea.

ABSTRACT

Antibiotic resistance represents a growing threat to global public health, exacerbated by the inappropriate use of these compounds in agriculture and livestock production. This study assessed the presence of thermotolerant coliforms and their antibiotic resistance in soil and well water samples from rural properties in Curitibanos, Santa Catarina, Brazil. Sampling was conducted in December 2024 and February 2025, with microbiological analysis performed using the Most Probable Number (MPN) method for water and serial dilution for soil. Resistance was evaluated using the disk diffusion method with ampicillin, tetracycline, and ciprofloxacin. All soil samples contained coliforms, with concentrations ranging from 921 to 32,108 CFU/g. In water samples, MPN values ranged from <10 to >1,100 per mL, with 75% of the samples deemed unfit for consumption. The percentage of isolates resistant to ampicillin was 93% in both environments, while resistance to tetracycline was 23% in soil and 7.5% in water; no ciprofloxacin-resistant isolates were found in water. The data indicate persistent contamination and the presence of resistant bacteria, underscoring the need for preventive measures and environmental monitoring.

Keywords: environmental contamination; antibiotics; groundwater.

1 INTRODUÇÃO

A resistência antimicrobiana é reconhecida como uma ameaça crescente à saúde pública, com projeções que indicam até 10 milhões de mortes anuais até 2050 (OMS, 2019). Esse problema está fortemente relacionado ao uso inadequado de antibióticos na agropecuária, favorecendo a seleção e disseminação de microrganismos resistentes no ambiente. Dentro da abordagem da Saúde Única, que interliga a saúde humana, animal e ambiental (OMS, 2017), destaca-se a importância do monitoramento de recursos naturais como solo e água, especialmente em áreas rurais.

A presença de coliformes termotolerantes, como *Escherichia coli*, é amplamente utilizada como indicador de contaminação fecal (Madigan *et al.*, 2019), e sua detecção em água ou solo representa risco à saúde pública. Além disso, esses ambientes podem conter cepas

resistentes capazes de transferir genes de resistência à microbiota humana e animal (Mishra *et al.*, 2018).

Poços são fontes comuns de abastecimento em zona rural, mas frequentemente carecem de proteção sanitária adequada, estando vulneráveis à contaminação por dejetos humanos ou animais (Da Silva *et al.*, 2022). O solo, por sua vez, atua como reservatório ambiental de microrganismos patogênicos e resistentes, contribuindo para sua persistência e circulação na cadeia alimentar (Morgado, 2022; Mattos, 2015).

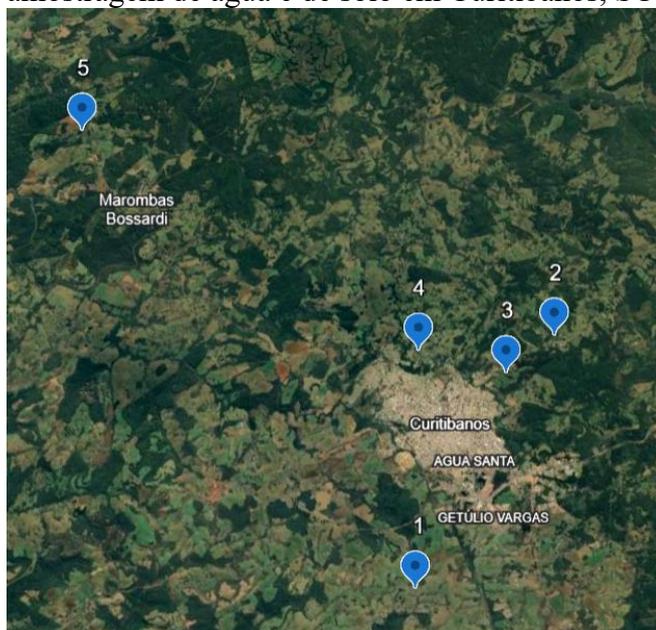
Neste contexto, o presente estudo visou avaliar a presença de coliformes termotolerantes e sua resistência a antibióticos em amostras de solo e água de poços em propriedades rurais de Curitiba – SC.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As áreas de estudo estão localizadas no município de Curitiba, interior do estado de Santa Catarina, Brasil, e englobam corpos hídricos (poços) e solos de cinco propriedades rurais da região: Fazenda Estância Velha, dois pontos na Propriedade Potreiro dos França – Ulysses Gaboardi, Rio Pessegueirinho e Localidade do Marombas (Figura 1).

Foram realizadas duas coletas, em dezembro de 2024 e fevereiro de 2025. Em cada ponto de amostragem, foram coletadas três subamostras, cada uma com aproximadamente 100 mL de água de poço e 20 g de solo. A quantificação de coliformes termotolerantes na água foi feita pelo método dos tubos múltiplos, com incubação presuntiva a 35°C e confirmativa a 44,5°C em caldo EC. Os resultados foram expressos em número mais provável (NMP) por 100 mL. Para o solo, utilizou-se diluição seriada até 10⁻⁵ e plaqueamento em ágar MacConkey, com incubação a 35°C por 24 horas. As contagens foram expressas em unidades formadoras de colônia por grama de solo seco (UFC/g).

Figura 1 - Pontos de amostragem de água e de solo em Curitibaanos, SC.



Fazenda Estância Velha (1); Propriedade Potreiro dos França – Ulysses Gaboardi (2), Propriedade Potreiro dos França – Ulysses Gaboardi (3); Rio Pessegueirinho (4) e Localidade do Marombas (5).

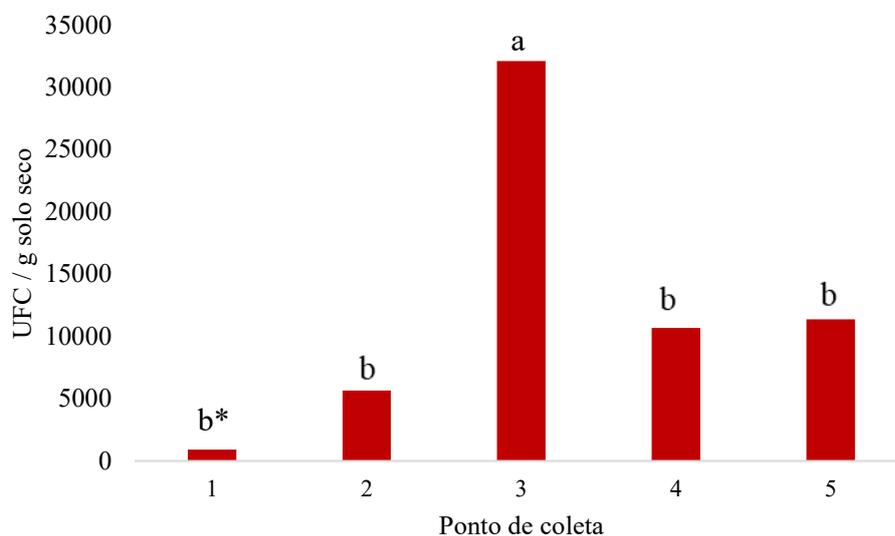
A resistência antimicrobiana foi avaliada pelo método de disco-difusão (Kirby-Bauer), utilizando os antibióticos ampicilina (10 µg), tetraciclina (30 µg) e ciprofloxacina (5 µg).

A análise univariada foi realizada em delineamento inteiramente casualizado com fatorial duplo, considerando ponto e data de coleta como fontes de variação. Os dados foram submetidos à ANOVA e, quando significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o software GespDex.

3 RESULTADOS

Em relação à concentração de coliformes no solo, observou-se diferença significativa apenas entre os pontos de coleta. O ponto 3 (Propriedade Potreiro dos França) apresentou a maior média (32.108 UFC g⁻¹), diferenciando-se estatisticamente dos demais. Os demais pontos (1, 2, 4 e 5) não diferiram entre si, com médias variando entre 921 e 11.377,67 UFC g⁻¹. Esses resultados indicam uma maior carga microbiana no solo da propriedade 3, o que pode estar relacionado a características específicas do local, como uso do solo, práticas de manejo ou proximidade de fontes de contaminação.

Figura 2 - Unidades Formadoras de Colônias (U.F.C.) de coliformes termotolerantes em solo. Fazenda Estância Velha (1); Propriedade Potreiro dos França – Ulysses Gaboardi (2), Propriedade Potreiro dos França – Ulysses Gaboardi (3); Rio Pessegueirinho (4) e Localidade do Marombas (5).



*Médias seguidas pelas mesmas letras e números não diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade de erro.

Na avaliação da resistência dos isolados bacterianos aos antimicrobianos testados (ampicilina, tetraciclina e ciprofloxacina), não foram observadas diferenças significativas entre os diferentes pontos de coleta nem entre os períodos amostrais. Os dados indicam que o perfil de resistência é semelhante entre os solos analisados, independentemente da localização geográfica ou da época do ano em que as amostras foram coletadas. O percentual médio de isolados resistentes foi de 93% para ampicilina, 23% para tetraciclina e 20% para ciprofloxacina, evidenciando uma alta frequência de bactérias resistentes à ampicilina nos pontos de coleta.

A Tabela 1 apresenta os valores médios do número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes em água de poços. Observa-se uma ampla variação na contaminação microbiológica entre os pontos amostrados e entre os períodos, com destaque para os poços 3 e 4, que apresentaram os maiores valores de NMP, principalmente na coleta realizada no verão.

Tabela 1 - Valores médios de número mais provável (NMP) de coliformes termotolerantes em 100mL de água de poços, em cinco pontos e duas coletas realizadas em Curitiba - SC.

Poço/ Coleta	Dezembro 2024	Fevereiro 2025
1	10,20 NS*	24,07 c**
2	9,27 NS	1,20 c
3	94,00 B	813,33 Aab
4	179,67 B	>1.100 Aa
5	106,00 NS	451,67 NSbc

*NS: diferenças não significativas pela análise de variância (ANOVA; $Pr < Fc = 0,05$).

** : Valores seguidos pelas mesmas letras e números não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey. Letras maiúsculas indicam comparação dentro de uma mesma linha; letras minúsculas indicam comparação de médias dentro de uma mesma coluna.

Poço adjacente a Fazenda Estância Velha (1); Poço adjacente a nascente na Propriedade Potreiro dos França – Ulysses Gaboardi (2); Poço adjacente a nascente na Propriedade Potreiro dos França – Ulysses Gaboardi (3); Poço adjacente ao Rio Pessegueirinho (4) e Poço adjacente a Localidade do Marombas (5).

Em relação à resistência bacteriana dos isolados em amostras de água de poço, observou-se que para a ampicilina houve efeito significativo apenas entre as coletas. A média de isolados resistentes à ampicilina na segunda coleta foi de 75%, significativamente superior à da primeira, que apresentou 13,33%.

Para a tetraciclina, não foi verificado efeito significativo nem entre pontos de coleta, nem entre períodos amostrados. A média geral de isolados resistentes foi baixa, de apenas 7%. No caso da ciprofloxacina, nenhum isolado resistente foi identificado em nenhuma das coletas e pontos avaliados.

4 DISCUSSÃO

A presença de coliformes termotolerantes em todas as amostras de solo evidencia uma contaminação ambiental contínua, mesmo na ausência de aplicação recente de dejetos. Esses dados reforçam a necessidade de atenção à qualidade microbiológica do solo, que pode atuar como reservatório e via de disseminação de microrganismos patogênicos.

Estudos anteriores apontam para níveis igualmente elevados em áreas agrícolas com uso de adubação orgânica, como Pedroso (2023), com até 900.047 UFC/g em solo de cebolinha, e Cargnin *et al.* (2006), que relataram 70.000 UFC/g após aplicação de dejetos de suínos. Embora neste estudo não tenha havido adubação recente, a contaminação foi compatível com valores

relatados em áreas com aplicação direta de resíduos, sugerindo poluição persistente.

Além disso, houve a presença de isolados resistentes à ampicilina (93%) no solo são preocupantes. Esse percentual foi superior ao relatado por Da Silva *et al.* (2005) e Rosá *et al.* (2023), que observaram respectivamente 60% e até 80% de isolados resistentes. A presença de isolados resistentes à tetraciclina (23%) e à ciprofloxacina (20%) também sugere uma exposição contínua a resíduos de antimicrobianos, possivelmente decorrente de práticas agropecuárias na região.

Em relação à resistência bacteriana em poços, 93% dos isolados foram resistentes à ampicilina, reforçando a hipótese de contaminação ambiental persistente. Apenas 7,5% dos isolados foram resistentes à tetraciclina e não foram identificados isolados resistentes à ciprofloxacina, diferentemente do solo. Esse contraste pode estar relacionado à menor permanência ou concentração de resíduos farmacêuticos na água em comparação ao solo.

O consumo de água contaminada representa risco direto à saúde humana, além de ser vetor para disseminação de genes de resistência. A irrigação de alimentos ou o consumo por animais também contribuem para a circulação ambiental desses microrganismos.

Diante dos resultados obtidos, reforça-se a importância de medidas preventivas, como o tratamento adequado da água, o uso controlado de antibióticos e ações contínuas de monitoramento ambiental integradas aos princípios da Saúde Única.

5 CONCLUSÃO

Este estudo comprovou a presença de coliformes termotolerantes resistentes a antibióticos em solos e águas de poço em áreas rurais de Curitiba – SC. Houve um percentual elevado de isolados resistentes à ampicilina tanto no solo quanto na água, indicando uma contaminação ambiental constante e preocupante. Mesmo sem uso recente de dejetos orgânicos, os níveis observados mostram que essas fontes naturais estão expostas a poluição contínua.

Os dados reforçam a importância do monitoramento microbiológico de solos e águas subterrâneas, especialmente em regiões sem saneamento básico. Também apontam para a necessidade do uso consciente de antibióticos na agropecuária e do tratamento adequado da água antes do consumo humano. A integração dessas ações é fundamental para proteger a saúde

humana, animal e ambiental, conforme preconiza o conceito de Saúde Única.

REFERÊNCIAS

CARGNIN, R. H. O. *et al.* Persistência de coliformes em solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Fertibio 2006**, 2006.

Conselho Nacional do Meio. **Resolução CONAMA N° 357**, de 17 de março de 2005.

DA SILVA, P. *et al.* Isolamento, caracterização e resistência a antimicrobianos de bactérias Gram-negativas aeróbias e anaeróbias facultativas de amostras de solo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p. 245-251, 2005.

DA SILVA, T. S. M. S. *et al.* Perfil de sensibilidade aos antimicrobianos das cepas de *Escherichia coli* isoladas de amostras de águas superficiais do Rio Carioca-RJ, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 673-682, 2022.

MADIGAN, M. T. *et al.* **Block Biology of Microorganisms** (14th ed.), 2019

MATTOS, M. A. J. *et al.* Análise da qualidade microbiológica de águas de córregos utilizadas na irrigação de hortaliças. *In: Anais do Congresso de Pesquisa, Ensino e Extensão CONPEEX*. 2013. p. 12037-12041.

MISHRA, M. *et al.* Multi-drug resistant coliform: water sanitary standards and health hazards. **Frontiers in Pharmacology**, v. 9, n. 311, 2018

MORGADO, M. E. *et al.* The effect of a first flush rainwater harvesting and subsurface irrigation system on *E. coli* and pathogen concentrations in irrigation water, soil, and produce. **Science of The Total Environment**, 843, 156976, 2022.

ROSÁ, F. P. *et al.* Coliformes fecais indicam poluição edáfica e hídrica na sub-bacia do rio Marombas. **Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde**, v. 5, n. 3 (especial), 2023.

ROSÁ, F. P. *et al.* Qualidade microbiológica e resistência antimicrobiana em rios e poços de Curitiba – SC. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 20, 2023.

SCHERER, K. *et al.* Avaliação bacteriológica e físico-química de águas de irrigação, solo e alface (*Lactuca sativa* L.). **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 665-675, 2016.

World Health Organization. One Health [Internet]. [S. l.: s. n], 2017. Disponível em: <https://www.who.int/features/qa/onehealth/en/>. Acesso em: 14 abr. 2025

World Health Organization (OMS). Defeating neglected tropical diseases: Progress, Challenges and Opportunities. 2019.