

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Jenyfer Cristine da Silva Santos

INVENTÁRIO DO PERFIL DE RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICOS DE *Escherichia coli* ISOLADAS DE MANANCIAIS QUE ABASTECEM QUEIJARIAS DA SERRA DA CANASTRA-MG

BambuÍ

2026

JENYFER CRISTINE DA SILVA SANTOS

INVENTÁRIO DO PERFIL DE RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICOS DE *Escherichia coli* ISOLADAS DE MANANCIAS QUE ABASTECEM QUEIJARIAS DA SERRA DA CANASTRA-MG

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFMG – *Campus* Bambuí.

Orientador: Prof. Dr. Raphael Steinberg da Silva

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

- S237i Santos, Jenyfer Cristine da Silva.
Inventário do perfil de resistência a antibióticos de *Escherichia coli* isoladas de mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra-MG [manuscrito] / Jenyfer Cristine da Silva Santos – 2026.
74 f. : il. ; color.
- Orientador: Raphael Steinberg da Silva.
Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus Bambuí*.
1. *Escherichia coli*. 2. Resistência a antibióticos. 3. Mananciais. 4. Queijo Minas Artesanal Canastra. 5. Antibiograma. I. Silva, Raphael Steinberg da. II. Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus Bambuí*. III. Título.

CDD 579.342

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino

Departamento de Ciências e Linguagens
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

Jenyfer Cristine da Silva Santos

INVENTÁRIO DO PERFIL DE RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICOS DE *Escherichia coli*
ISOLADAS DE MANANCIAIS QUE ABASTECEM QUEIJARIAS DA SERRA DA
CANASTRA-MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Bambuí* licenciada em Ciências Biológicas.

Aprovado em 14/01/2026 pela banca examinadora:

Bambuí, 14 de janeiro de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Raphael Steinberg da Silva, Professor**, em 14/01/2026, às 16:29, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Augusto Lacorte, Professor**, em 14/01/2026, às 16:30, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Lidiane Figueiredo dos Santos, Professora EBTT**, em 14/01/2026, às 16:30, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2568588** e o código CRC **0A5E22DA**.

23209.005035/2025-61

2568588v1

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso à minha família e ao meu amor.

AGRADECIMENTOS

Sou profundamente grata a todas as pessoas que fizeram parte da minha trajetória acadêmica. Foram muitos encontros, aprendizados, desafios e afetos que, juntos, construíram não apenas este trabalho, mas também a profissional e a pessoa que me tornei ao longo desse caminho.

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder oportunidades, força e discernimento, e por me permitir ser filha de pais maravilhosos como Silvania e Aleksander. Vocês sempre foram o meu alicerce. Silvania, com seu cuidado constante, atenção incansável e uma intensidade que mistura firmeza, ternura e compaixão, foi uma presença diária que me acolheu e me tranquilizou nos momentos de dúvida. Aleksander, com seu jeito alegre e divertido, sempre me incentivou a buscar o melhor de mim, ensinando-me, com responsabilidade e amor, a manter os pés firmes diante das decisões da vida. A vocês, minha eterna gratidão. Agradeço também ao meu irmão, Aleksander, pelo apoio, pela escuta e por caminhar comigo, ajudando-me a crescer em cada etapa dessa jornada.

Quando iniciei a graduação eu era aquela moça cheia de sonhos que se perdia com a realidade, mas que foi acolhida com sensibilidade, respeito e humanidade pelas professoras Maria Carolina Gaspar Botrel, Fernanda Nunes Cabral e pelo professor Gustavo Augusto Lacorte. Sou imensamente grata a vocês.

Agradeço à equipe do laboratório - Anderson Carvalho, Talita Gomes, Carina Santos e Nathan Sousa - por todo o conhecimento compartilhado. Mesmo em meio à rotina intensa, vocês encontraram na educação e na paciência a melhor forma de ensinar, acolhendo minhas dúvidas recorrentes e contribuindo de maneira fundamental para o meu aprendizado técnico e científico.

Às minhas amigas Renata Rocha, Sueli Ferreira, Luana Santos, Heloise Cruz e ao meu amigo Gabriel Henrique Silva, agradeço por todo apoio, companheirismo e pelas inúmeras conversas ao longo da graduação. Vocês foram essenciais para tornar os momentos difíceis mais leves e os desafios mais suportáveis.

Ao amor da minha vida, João Antônio Pereira, meu melhor amigo e companheiro, agradeço por caminhar ao meu lado, por tornar meus dias mais leves e felizes, por ser fonte constante de motivação e apoio incondicional.

Agradeço de forma muito especial ao meu orientador, Raphael Steinberg da Silva, pela dedicação, paciência e compromisso com esta pesquisa. Sua orientação foi fundamental não apenas na condução científica do trabalho, mas também no meu amadurecimento

acadêmico. Sou grata pela confiança depositada em mim, pelas discussões construtivas e pela disponibilidade para orientar, sempre com seriedade e responsabilidade.

Agradeço também à professora Carina de Fátima Rodrigues, do Instituto Politécnico de Bragança, por me acolher com tamanha generosidade. Mesmo em meio às suas inúmeras atividades, sempre se mostrou disponível, atenciosa e sorridente, dedicando tempo e cuidado ao ensino- uma portuguesa que levarei com carinho na memória.

À técnica de laboratório Livia Santos, agradeço pelas conversas, esclarecimentos e pelo sorriso sempre acolhedor que tornaram o ambiente mais humano e leve.

Por fim, agradeço a todos os colegas, familiares e pessoas que não foram citados nominalmente, mas que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha caminhada acadêmica. Cada gesto, palavra e apoio foram importantes.

A todos, minha sincera gratidão. Jamais os esquecerei.

"Ah, é maravilhoso ter ambições. Estou tão feliz por ter tantas. E parece que elas nunca acabam — essa é a melhor parte. Assim que você alcança uma ambição, já vê outra brilhando ainda mais alto. Isso torna a vida muito interessante."

Lucy Maud Montgomery

RESUMO

A produção do Queijo Minas Artesanal Canastra representa uma atividade de grande relevância econômica, cultural e social para a região da Serra da Canastra, sendo fortemente dependente da qualidade da água utilizada nos processos produtivos. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o perfil de resistência a antibióticos de isolados de *Escherichia coli* obtidos de mananciais que abastecem queijarias da região, considerando amostragens realizadas nas estações seca e chuvosa. Foram analisados 214 isolados de *E. coli*, sendo 118 provenientes da estação seca e 84 da estação chuvosa, distribuídos entre 12 rios utilizados como fontes de abastecimento hídrico para propriedades produtoras de Queijo Minas Artesanal Canastra. Os isolados foram submetidos ao teste de suscetibilidade antimicrobiana pelo método de difusão em disco (Kirby-Bauer), com adaptação do meio de cultura, utilizando o meio BHI sólido em substituição ao ágar Mueller-Hinton. Foram avaliados antibióticos pertencentes a diferentes classes, permitindo a determinação dos perfis de sensibilidade, sensibilidade intermediária e resistência. Os resultados evidenciaram variações no perfil de suscetibilidade entre os rios e entre as estações do ano, com maior heterogeneidade observada durante a estação seca e um perfil mais homogêneo na estação chuvosa. Destacou-se a presença de elevada resistência a antibióticos aos quais *E. coli* apresenta resistência intrínseca, bem como a ocorrência pontual de resistência a antibióticos considerados de primeira linha no tratamento de infecções entéricas. A análise comparativa entre os períodos seco e chuvoso/úmido indicou que fatores ambientais, como vazão dos mananciais, características do entorno e influência de atividades agropecuárias, podem impactar o perfil de resistência observado. Os achados reforçam a importância do monitoramento microbiológico e do controle sanitário da água utilizada na cadeia produtiva do Queijo Canastra, considerando os riscos potenciais à segurança alimentar e à saúde dos consumidores decorrentes da disseminação de bactérias resistentes no ambiente.

Palavras-chave: *Escherichia coli*. Resistência a antibióticos. Mananciais. Queijo Minas Artesanal Canastra. Antibiograma.

ABSTRACT

The production of *Queijo Minas Artesanal Canastra* represents an activity of great economic, cultural, and social relevance for the Serra da Canastra region and is strongly dependent on the quality of water used in its production processes. In this context, the present study aimed to evaluate the antibiotic resistance profile of *Escherichia coli* isolates obtained from water sources supplying cheese-producing farms in the region, considering samples collected during the dry and rainy seasons. A total of 214 *E. coli* isolates were analyzed, of which 118 were obtained during the dry season and 84 during the rainy season, distributed among 12 rivers used as water sources for *Queijo Minas Artesanal Canastra* production. The isolates were subjected to antimicrobial susceptibility testing using the disk diffusion method (Kirby-Bauer), with an adaptation of the culture medium, employing solid Brain Heart Infusion (BHI) agar instead of Mueller–Hinton agar. Antibiotics from different classes were evaluated, allowing the determination of susceptibility, intermediate susceptibility, and resistance profiles. The results revealed variations in susceptibility patterns among rivers and between seasons, with greater heterogeneity observed during the dry season and a more homogeneous profile during the rainy season. A high level of resistance to antibiotics to which *E. coli* exhibits intrinsic resistance was observed, as well as the occasional occurrence of resistance to antibiotics considered first-line treatments for enteric infections. Comparative analysis between the dry and rainy periods indicated that environmental factors, such as water flow, surrounding land use, and the influence of agricultural activities, may affect the observed resistance profiles. These findings highlight the importance of microbiological monitoring and sanitary control of water used in the *Queijo Canastra* production chain, considering the potential risks to food safety and consumer health associated with the dissemination of resistant bacteria in the environment.

Keywords: *Escherichia coli*. Antibiotic resistance. Water sources. *Queijo Minas Artesanal Canastra*. Antibiogram.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da Microrregião Produtora de Queijo Minas Artesanal da Canastra - Minas Gerais/Brasil.....	3
Figura 2 - Diagrama esquemático que ilustra as fontes de liberação de genes de resistência a antibióticos (ARGs) no ambiente.....	17
Figura 3 - O papel do ambiente no surgimento de novos genes de resistência em patógenos..	18
Figura 4 - Mapa dos pontos de coleta de amostras.....	22
Figura 5 - Realização da coleta das amostras de água.....	23
Figura 6 - Protocolo I antibiograma partindo diretamente de colônias isoladas.....	27
Figura 7 - Protocolo II antibiograma partindo diretamente de colônias isoladas.....	28
Figura 8 - Placa de Petri contendo uma das amostras de <i>Escherichia coli</i>	29
Figura 9 - Mapa de calor do perfil de resistência aos antibióticos de <i>Escherichia coli</i> isoladas de mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra durante a estação seca.....	49
Figura 10 - Mapa de calor do perfil de resistência aos antibióticos de <i>Escherichia coli</i> isoladas de mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra durante a estação chuvosa.....	50
Figura 11 - Percentual do perfil de resistência entre os rios 1 a 3.....	51
Figura 12 - Percentual do perfil de resistência entre os rios 4 a 6.....	52
Figura 13 - Percentual do perfil de resistência entre os rios 7 a 9.....	53
Figura 14 - Percentual do perfil de resistência entre os rios 10 a 12.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Critérios interpretativos do teste de difusão em disco (Kirby-Bauer) para <i>Escherichia coli</i>	30
Tabela 2 - Distribuição dos isolados de <i>Escherichia coli</i> provenientes de mananciais amostrados na estação seca.....	31
Tabela 3 - Distribuição dos isolados de <i>Escherichia coli</i> provenientes de mananciais amostrados na estação úmida.....	36
Tabela 4 - Perfil de suscetibilidade antimicrobiana (halos de inibição em mm) dos isolados de <i>E. coli</i> da estação seca.....	40
Tabela 5 - Perfil de suscetibilidade antimicrobiana (halos de inibição em mm) dos isolados de <i>E. coli</i> da estação úmida.....	42
Tabela 6 - Perfil qualitativo de suscetibilidade antimicrobiana dos isolados de <i>E. coli</i> da estação seca.....	44
Tabela 7 - Perfil qualitativo de suscetibilidade antimicrobiana dos isolados de <i>E. coli</i> da estação úmida.....	46
Tabela 8 - Critério de coloração para mapa de calor.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP - Proteção Agroecológica de Cultivos
AMC - Amoxicilina
AMI - Amicacina
AMP - Ampicilina
ARGs - Genes de Resistência a Antibióticos
BA - Bacitracina
BHI - Brain Heart Infusion
CFL - Cefalotina
CIM - Concentração Inibitória Mínima
CIP - Ciprofloxacina
CLO - Cloranfenicol
CLSI - Clinical and Laboratory Standards Institute
CRX - Cefuroxima
CTX - Cefotaxima
DAEC - *Escherichia coli* Difusamente Aderentes
DNA - Ácido desoxirribonucleico
DOX - Doxiciclina
EAEC - *Escherichia coli* Enteroagregativas
EHEC - *Escherichia coli* Enterohemorrágica
EIEC - *Escherichia coli* Enteroinvasivas
EPEC - *Escherichia coli* Enteropatogênicas
ERI - Eritromicina
ETEC - *Escherichia coli* Enterotoxigênicas
EUCAST - European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing
ExPEC - *Escherichia coli* Patogênicas Extraintestinais
GEN - Gentamicina
I - Moderadamente Sensíveis
INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPHAN - Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
MGEs - Elementos Genéticos Móveis
mL - Mililitros
mm - Milímetros

MLS - Macrolídeo-lincosamida-estreptograminas

MPs - Microplásticos

MRGs - Genes de Resistência aos Metais

NAL - Ácido nalidíxico

NIT - Nitrofurantoina

PABA - Ácido Para-Aminobenzóico

PEN - Penicilina

p/v - Peso por volume

QMA - Queijo Minas Artesanal

QMAC - Queijo Minas Artesanal Canastra

R - Resistentes

R1s - Rio 1 Estação Seca

R1u - Rio 1 Estação Chuvosa/úmida

R2s - Rio 2 Estação Seca

R2u - Rio 2 Estação Chuvosa/úmida

R3s - Rio 3 Estação Seca

R3u - Rio 3 Estação Chuvosa/úmida

R4s - Rio 4 Estação Seca

R4u - Rio 4 Estação Chuvosa/úmida

R5s - Rio 5 Estação Seca

R5u - Rio 5 Estação Chuvosa/úmida

R6s - Rio 6 Estação Seca

R6u - Rio 6 Estação Chuvosa/úmida

R7s - Rio 7 Estação Seca

R7u - Rio 7 Estação Chuvosa/úmida

R8s - Rio 8 Estação Seca

R8u - Rio 8 Estação Chuvosa/úmida

R9s - Rio 9 Estação Seca

R9u - Rio 9 Estação Chuvosa/úmida

R10s - Rio 10 Estação Seca

R10u - Rio 10 Estação Chuvosa/úmida

R11s - Rio 11 Estação Seca

R11u - Rio 11 Estação Chuvosa/úmida

R12s - Rio 12 Estação Seca

R12u - Rio 12 Estação Chuvosa/úmida

RAM - Resistência Antimicrobiana

RE - Índice de Extensão de Maturação

rep-PCR - Reação em Cadeia da Polimerase de Palíndromos Extragênicos Repetitivos

S - Sensíveis

SNP - Nitrogênio solúvel em pH 4,6

SNT - Nitrogênio Solúvel em Ácido Tricloroacético

STEC - *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga

SUT - Sulfazotrim

TET - Tetraciclina

THG - Transferência Horizontal de Genes

UFC - Unidades Formadoras de Colônias

v/v - volume/volume

ZN - Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo geral	2
2.2 Objetivos específicos	2
3. REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1 A Serra da Canastra e o Queijo Minas Artesanal Canastra (QMAC)	3
3.1 Agroecossistemas	5
3.1.1 Definição	5
3.1.2 Influência das atividades agropecuárias nos mananciais	7
3.3.3 Contaminações microbianas e atividade pecuária	9
3.1.4 Agroecossistema de produção do Queijo Canastra	11
3.2 Coliformes e <i>Escherichia coli</i> em água	13
3.3 Resistência aos antibióticos e a Saúde Única	16
3.3.1 Testes de suscetibilidade por difusão em disco (Kirby-Bauer)	20
4. METODOLOGIA	21
4.1 Área de estudo	22
4.2 Coletas de amostras de água	23
4.3 Isolamento de <i>Escherichia coli</i>	24
4.4 Triagem genética dos isolados e descarte de clones	25
4.4 Caracterização do perfil de resistência à antibióticos de <i>Escherichia coli</i>	25
4.5 Análise de dados	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Resistência intrínseca de <i>E. coli</i> e interpretação dos mapas de calor	55
5.2 Perfil de resistência antimicrobiana dos isolados de <i>Escherichia coli</i>	58
5.3 Limitações metodológicas e interpretação crítica dos resultados	59
6. CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A produção do Queijo Minas Artesanal Canastra (QMAC) constitui um dos pilares culturais, sociais e econômicos da região da Serra da Canastra, desempenhando papel fundamental tanto na identidade regional quanto na subsistência das famílias produtoras, reunindo práticas tradicionais transmitidas ao longo de gerações. Esse sistema produtivo é estruturado em agroecossistemas característicos da agricultura familiar, nos quais os mananciais possuem papel central: além de abastecerem as propriedades, fornecem a água utilizada em diferentes etapas do processo queijeiro. Dessa forma, a qualidade microbiológica desses recursos hídricos torna-se um componente essencial para a segurança do alimento e para a manutenção sustentável desta cadeia produtiva.

Dentro do grupo coliforme, a bactéria da espécie *Escherichia coli* possui importância como indicadora de contaminação fecal. Embora seja parte natural da microbiota intestinal humana e animal, a *E. coli* é considerada uma bactéria oportunista, capaz de causar infecções quando presente em ambientes inadequados ou quando cepas patogênicas estão envolvidas. Nos últimos anos, sua relevância tem aumentado devido ao crescimento global da resistência antimicrobiana, fenômeno que compromete tratamentos clínicos, afeta animais de produção e representa risco à saúde única. Em sistemas agropecuários, incluindo áreas produtoras de queijo artesanal, a presença de *E. coli* resistente a antibióticos pode indicar tanto falhas sanitárias quanto processos de disseminação de resistência por vias ambientais.

A possibilidade de que produtos artesanais, especialmente aqueles elaborados com leite cru e dependentes de água bruta de mananciais, atuem como veículos de transmissão de microrganismos resistentes a antimicrobianos, torna-se uma preocupação crescente. Assim, compreender a presença e o perfil de resistência antimicrobiana de *E. coli* em mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra é fundamental, não apenas para garantir a qualidade sanitária do produto final, mas também para avaliar potenciais rotas de disseminação de *E. coli* com resistência a antibióticos em sistemas agropecuários tradicionais.

Diante desse contexto, este estudo parte de algumas perguntas motivadoras: as linhagens de *E. coli* presentes nos mananciais utilizados por queijarias da Serra da Canastra apresentam resistência a antibióticos? Essa resistência pode indicar riscos à cadeia produtiva e à saúde humana dos consumidores? A hipótese central considera que, devido à intensa atividade agropecuária da região, ao uso recorrente de antibióticos em animais e ao despejo contínuo de matéria orgânica nos mananciais, é provável que esses ambientes atuem como

reservatórios de cepas resistentes, refletindo a pressão seletiva estabelecida nos agroecossistemas locais.

Dessa forma, o trabalho tem como propósito investigar o perfil de resistência a antibióticos de isolados de *E. coli* obtidos de mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra, articulando os resultados às discussões sobre segurança alimentar, saúde pública e práticas tradicionais de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar o perfil de resistência aos antibióticos de linhagens de *Escherichia coli* isoladas a partir de amostras de água obtidas em mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra - MG.

2.2 Objetivos específicos

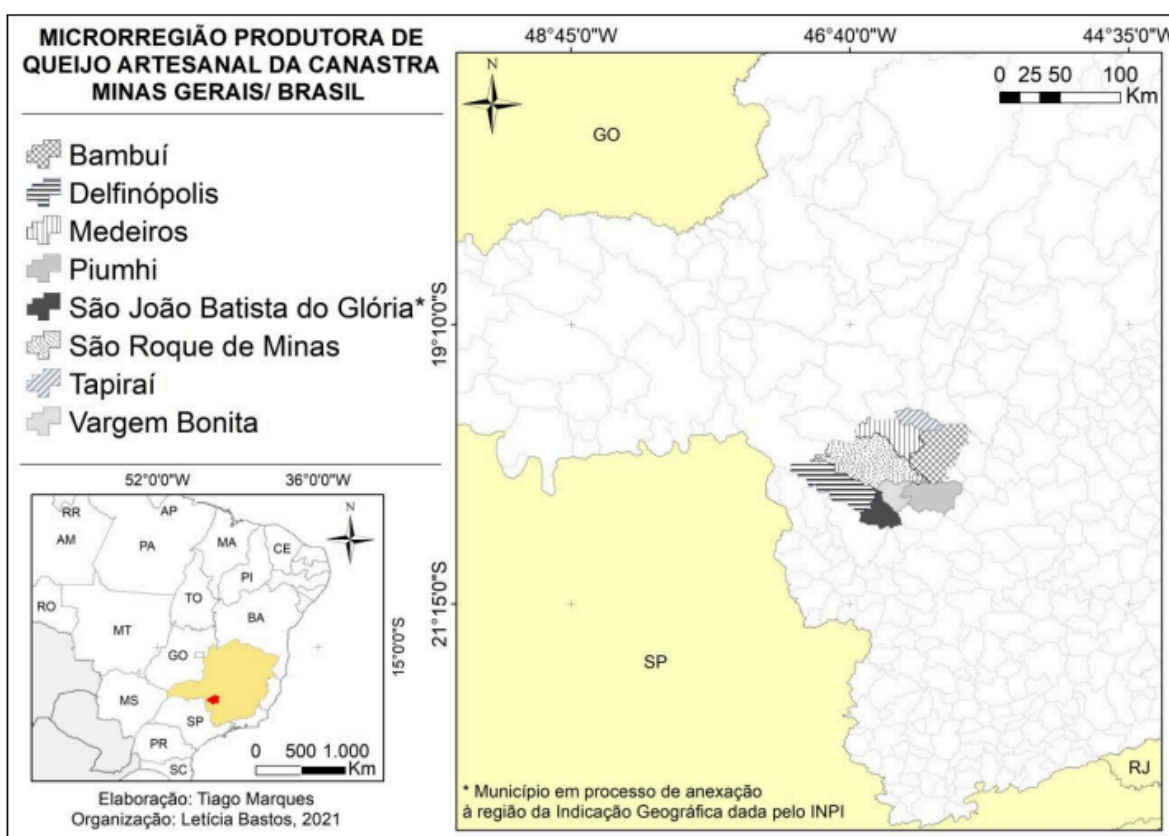
- Padronizar a técnica de avaliação de resistência por disco difusão em ágar para avaliação de antibiograma em isolados de *E. coli*;
- Avaliar o perfil de resistência aos antibióticos β -lactâmicos (amoxicilina/ácido clavulânico, ampicilina, penicilina, cefalotina, cefotaxima e cefuroxima), aminoglicosídeos (amicacina e gentamicina), quinolonas (ácido nalidíxico e ciprofloxacina), sulfonamidas (sulfazotrim), fenicóis (cloranfenicol), macrolídeos (eritromicina), nitrofuranos (nitrofurantoína), tetraciclinas (tetraciclina) e polipeptídicos (bacitracina), em linhagens de *E. coli* isoladas a partir de amostras de água obtidas de mananciais que abastecem queijarias da região;
- Mapear o perfil de resistência ao longo dos diferentes mananciais avaliados;
- Correlacionar o perfil de resistência com atividades presentes nos agroecossistemas que permeiam cada um dos mananciais avaliados, bem como com estação do ano em que os isolados foram obtidos (estação chuvosa/úmida ou seca).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Serra da Canastra e o Queijo Minas Artesanal Canastra (QMAC)

A Serra da Canastra é uma região localizada no estado de Minas Gerais, Brasil, conhecida por sua característica geomorfológica e por abrigar uma rica diversidade fitofisionômica do bioma Cerrado, com influência da Mata Atlântica. Essa formação se estende ao longo dos municípios de Bambuí, Delfinópolis, Medeiros, Piumhi, São Roque de Minas, Tapiraí e Vargem Bonita, fazendo parte da região intermediária do Alto São Francisco e Sul, sendo parte de microrregiões produtoras de queijos artesanais, em especial o Queijo Minas Artesanal da Canastra, como pode ser observado na Figura 1 (NASCIMENTO, 2021).

Figura 1 - Mapa da Microrregião Produtora de Queijo Minas Artesanal da Canastra – Minas Gerais/Brasil



Nota: O asterisco (*) identifica que município de São João Batista do Glória está em processo de anexação à região da Indicação Geográfica reconhecida pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

Fonte: BASTOS, 2023.

Por ser uma região com grande presença de rochas frias que retêm grande umidade do ar (IPHAN, 2023), apresenta diversas formações de nascentes, incluindo a do rio São Francisco, localizada no Chapadão do Diamante. Este rio percorre os estados de Alagoas,

Bahia, Distrito Federal, Minas Gerais, Pernambuco, passando também através dos biomas cerrado, caatinga e mata atlântica (ASPECTOS FÍSICOS E SOCIOECONÔMICOS, 2019). Assim, esta região apresenta importância econômica, ambiental, científica e cultural para o país.

Tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), a Serra da Canastra configura um patrimônio cultural imaterial brasileiro. Dentro de suas características culturais, destaca-se o Queijo Minas Artesanal Canastra (QMAC), considerado pela Lei nº 13.860, de 18 de julho de 2019, como aquele produzido por métodos tradicionais, com vínculo às características territoriais, culturais ou regionais da área de origem, respeitando protocolos específicos de elaboração e seguindo boas práticas agropecuárias de produção do leite e de fabricação do queijo.

O Queijo Minas Artesanal (QMA) é reconhecido como um dos queijos mais tradicionais do Brasil. Conforme a Lei estadual 23.157/2018, o QMA deve ser elaborado a partir de leite cru e integral (oriundo da produção própria), utilizando exclusivamente pingo, coalho e sal. O produto final deve apresentar massa uniforme e firme, sabor e cor característicos, além de ser isento de conservantes e corantes. O processamento deve iniciar em até 90 minutos após a ordenha, sem que o leite sofra refrigeração ou tratamento térmico (MINAS GERAIS, 2018).

De acordo com Dargère e colaboradores (2023) e Queijos Artesanais (2024), em análises realizadas com queijos artesanais de diferentes regiões produtoras de Minas Gerais (Alagoa, Araxá, Campos das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Entre Serras da Piedade ao Caraça, Mantiqueira de Minas, Serra do Salitre, Serra Geral do Norte de Minas, Serras da Ibitipoca, Serro, Triângulo Mineiro, Vale do Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Vale do Suaçuí), nas quais se avaliaram a composição centesimal e os parâmetros físico-químicos, o Queijo Canastra apresentou maior teor de umidade, característica que mais o diferenciou dos demais. Além disso, foi identificado um alto teor proteico, bem como baixos valores de nitrogênio solúvel em pH 4,6 (SNP), de nitrogênio solúvel em ácido tricloroacético a 12% (SNT) e do índice de extensão de maturação (RE).

Diversos fatores interferem nas características sensoriais e físicas do queijo artesanal, como sabor, textura, cor e formato, as quais podem se modificar conforme a época do ano. Essas variações estão associadas principalmente à interferência do clima, do tipo de alimentação fornecida aos animais, que influencia a microbiota natural do leite cru, e do caráter manual predominante no processamento realizado pelos produtores (ROLDAN, 2019).

Esses atributos conferem ao Queijo Canastra uma textura mais macia e um perfil sensorial singular, reforçando sua identidade regional e o caráter tradicional de sua produção artesanal.

O Queijo Minas Artesanal Canastra (QMAC) tem suas raízes históricas ligadas às tradições coloniais brasileiras, especialmente durante o período do ciclo do ouro, quando migrações portuguesas trouxeram saberes e práticas que deram origem ao modo artesanal de produção queijeira, por volta do século XVIII. Com a introdução do gado e de saberes tradicionais de produção de queijos curados, as técnicas europeias foram gradualmente ressignificadas pelos agricultores locais, adaptadas às condições climáticas, ao microbioma da região e aos recursos disponíveis. Essa produção tradicional permaneceu ao longo do tempo, sendo transmitida entre gerações e mantendo o caráter familiar de produção (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2006).

O processo de produção se baseia em etapas tradicionais e manuais, desde a ordenha e armazenamento do leite até a coagulação, dessoragem, prensagem, salga, maturação e armazenamento, com forte influência ambiental e microbiológica local. Elementos como temperatura, altitude, umidade do ar e características do solo contribuem diretamente para a composição microbiológica do leite e do pingo, o que confere sensorialidade ao queijo, sendo este considerado um alimento vivo, marcado pela rica presença de bactérias lácticas específicas de cada região produtora (INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL, 2006).

Além de seu valor cultural e histórico, o Queijo Canastra desempenha papel importante na economia regional, sendo uma das principais fontes de renda e subsistência das famílias agricultoras. A produção do QMAC fortalece a agricultura familiar, gera empregos, estimula o turismo gastronômico e mantém vínculos comunitários baseados no saber-fazer tradicional, no qual a produção artesanal do queijo representa, em grande parte, a principal atividade econômica das propriedades rurais, promovendo a permanência das famílias no campo e a valorização das tradições locais (SHELEIDRES, 2025).

3.1 Agroecossistemas

3.1.1 Definição

De acordo com Altieri (2012), os agroecossistemas surgem a partir da transformação de ecossistemas naturais em ambientes produtivos, nos quais as práticas humanas substituem os controles ecológicos originais por técnicas de manejo voltadas à otimização da produção. Para o autor, trata-se de sistemas agrícolas organizados segundo uma

lógica de gestão que envolve a interação entre elementos bióticos, práticas culturais e objetivos econômicos, configurando um modelo produtivo que busca atender às necessidades humanas a partir da reorganização deliberada do ambiente.

O agroecossistema contém componentes abióticos e bióticos que se conectam mutuamente por meio de ciclos de nutrientes e dos fluxos de energia (LEITE, 2007). Contudo, as práticas utilizadas para adaptar o ambiente às necessidades produtivas (como correção da acidez do solo, irrigação, drenagem e fertilização) têm contribuído para a homogeneização do sistema, reduzindo a diversidade de seus microambientes. Esse processo resulta em perda de diversidade genética local e impactos que ultrapassam os limites da propriedade, ao mesmo tempo em que fragiliza os conhecimentos e a cultura regional associados ao manejo agrícola, muitas vezes, sustentável (FEIDEN, 2005).

Deguine e colaboradores (2023) trazem uma abordagem chamada Proteção Agroecológica de Cultivos (ACP), que busca assegurar a melhoria da produtividade agrícola e da produção de alimentos saudáveis, promovendo a redução dos impactos negativos da agricultura nos ecossistemas e na saúde humana, sem comprometer a viabilidade econômica das explorações agrícolas nem a adaptação da agricultura às mudanças climáticas. Essas alterações são a base para a transição agroecológica, uma medida de restauração para a redefinição da paisagem e a garantia dos serviços ecossistêmicos (GONÇALVES; GODOY; SANTOS, 2023).

Diante da complexidade que caracteriza os agroecossistemas e suas dinâmicas, a Agroecologia busca o desenvolvimento de sistemas produtivos integrados, com mínima dependência de insumos externos. Para os agroecologistas, a homogeneização do ambiente representa uma falha nos processos ecológicos; por isso, procura-se identificar as causas desse desequilíbrio e corrigi-las por meio de práticas de manejo adequadas. Dessa forma, os agricultores podem promover, de maneira natural, a produtividade, a fertilidade do solo e, conseqüentemente, a proteção de seus sistemas agrícolas (NICHOLLS *et al.*, 2016).

Nos contextos rurais, a produção agrícola deve ser compreendida como parte de um sistema dinâmico, no qual interagem diferentes organismos e componentes naturais. A transição para modelos sustentáveis implica resgatar e valorizar os recursos genéticos locais, de modo a favorecer sua utilização em sistemas de base ecológica. Esse processo depende não apenas da adoção de práticas inovadoras, mas também do fortalecimento do diálogo e da cooperação entre agricultores e profissionais técnicos, garantindo avaliações mais completas e adequadas dos sistemas produtivos (GONÇALVES *et al.*, 2023).

Em uma avaliação do microbioma do solo, a inoculação de rizobactérias promotoras de crescimento vegetal tem se destacado como uma estratégia sustentável para aumentar a produtividade, reduzir os efeitos de estresses bióticos e abióticos e mitigar a ação de patógenos. Outra abordagem biotecnológica envolve a manipulação indireta, por meio da aplicação de corretivos de solo e substratos seletivos, ou direta, pela inoculação de microrganismos probióticos específicos, consórcios artificiais ou mesmo pela transferência de comunidades microbianas. Nesse contexto, a engenharia do microbioma vegetal apresenta-se como um recurso capaz de ser incorporado às práticas agrícolas tradicionais, favorecendo a construção de agroecossistemas mais resilientes e sustentáveis (ARIF; BATOOL; SCHENK, 2020).

Diante disso, a água assume o papel central dentro do agroecossistema, já que faz parte da manutenção da biodiversidade e da sustentabilidade dos sistemas de manejo, atuando não apenas como insumo físico, mas também como componente regulador dos ciclos ecológicos, afetando os fluxos de energia, a ciclagem de nutrientes e a dinâmica microbiana do solo. Quando mal manejada, a água pode se tornar via de contaminação microbiológica e disseminação de agentes patogênicos. Dessa forma, compreender o papel da água como elemento dos agroecossistemas é fundamental (GLIESSMAN, 2000).

3.1.2 Influência das atividades agropecuárias nos mananciais

A água é um componente abiótico essencial à vida e à manutenção dos ecossistemas, desempenhando múltiplos serviços ambientais, como a dissolução de efluentes e a reciclagem de nutrientes. No entanto, a garantia de sua disponibilidade, em qualidade e quantidade adequadas, para uma população crescente tem se tornado cada vez mais desafiadora. A ocupação desordenada do solo para fins urbanos, industriais e agropecuários intensifica as pressões sobre os mananciais, comprometendo tanto a sua capacidade de renovação quanto a qualidade da água disponível para consumo animal, vegetal e humano (MAGALHÃES; JÚNIOR, 2019).

No contexto agropecuário, a água é utilizada principalmente para irrigação de lavouras e para o abastecimento de animais, com destaque para o uso de fontes superficiais (rios, lagos) e subterrâneas (aquíferos). No Brasil, cerca de 90 trilhões de litros de água por ano são retirados em sua forma total, classificado como uso consuntivo da água, ou seja, aquela que não retornará ao corpo d'água. Desse total, 85% são destinados à agricultura irrigada, à indústria de transformação e abastecimento urbano. Além disso, estudos indicam

que até 2040, a demanda por esse recurso crescerá em torno de 30%, quando comparada com o consumo para os mesmos fins em 2022 (ANA, 2025).

Diante dessa alta necessidade por recursos hídricos, a qualidade da água é afetada significativamente por fatores antropogênicos, como descargas de águas industriais e urbanas, agricultura e pecuária, que contribuem para a introdução de sedimentos, resíduos orgânicos e inorgânicos, metais pesados, pesticidas e fármacos nos ecossistemas aquáticos. Essa poluição provoca desequilíbrios nos ecossistemas aquáticos, afetando a aquicultura, a saúde humana e o meio ambiente, além de colocar em risco o abastecimento de água potável (BARBATUNDE, 2024).

Embora a expansão agrícola seja importante para a produtividade alimentar, também gera graves problemas de escassez de água. Em escala global, a mudança climática é considerada um fator determinante de alterações no ciclo hidrológico, sendo também influenciada por fatores antropogênicos, como extração de águas subterrâneas e agricultura intensiva em escala regional (ZAERPOUR *et al.*, 2025). A extensão da estação seca e o desmatamento alteram a evapotranspiração, o escoamento superficial e a infiltração da água, modificando a quantidade e a distribuição deste recurso nos ecossistemas, resultando em mudanças no regime de chuvas, aumento de secas ou enchentes e intensificação do ciclo hidrológico em regiões agrícolas (CHAGAS, 2022). Todas essas alterações acabam gerando impactos profundos na vida das pessoas e na produtividade agropecuária das regiões atingidas.

A agricultura, juntamente com fatores como o crescimento populacional e o aumento da demanda por alimentos e combustíveis, tem sido determinante para a intensificação da produção agrícola. Esse processo ocorreu por meio da expansão de áreas cultivadas e irrigadas, bem como pelo uso cada vez mais frequente de insumos agrícolas, como fertilizantes e pesticidas. Tais práticas, embora fundamentais para sustentar a produção, também estão associadas ao aumento da poluição dos mananciais e à degradação da qualidade da água (EVANS *et al.*, 2019).

Durante os processos de irrigação e o ciclo natural das chuvas, substâncias químicas, como pesticidas, podem ser arrastadas para as águas subterrâneas, sobretudo aquelas de maior solubilidade. Uma vez no subsolo, esses compostos apresentam baixa taxa de degradação, podendo permanecer ativos por longos períodos. A presença prolongada desses contaminantes está associada à alteração da dinâmica bioquímica e da atividade microbiana no solo, refletindo negativamente no crescimento e na saúde das plantas, bem como no surgimento de doenças em seres humanos (RAD; RAY; BARGHI, 2022).

Os fertilizantes, embora essenciais para aumentar a produtividade agrícola, podem causar sérios impactos ambientais quando utilizados em excesso. O nitrogênio e o fósforo, presentes na composição da maioria dos fertilizantes comerciais, tendem a ser aplicados em quantidades superiores às necessidades das plantas, resultando em acúmulo desses nutrientes no solo. Os nitratos, por serem altamente solúveis, são facilmente lixiviados pela água de irrigação ou das chuvas, enquanto os fosfatos, menos solúveis, se fixam nas partículas de terra e chegam aos mananciais por meio da erosão dos solos. Esse transporte de nutrientes resulta no enriquecimento das águas superficiais (rios, córregos, estuários e mananciais), levando à eutrofização e ao consequente desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos (RAD, 2022; ZHANG *et al.*, 2021).

Outro fator que contribui para a eutrofização dos corpos d'água é o uso de fertilizantes orgânicos, resultantes de compostos e resíduos de origem animal. Embora ricos em nutrientes, quando aplicados em excesso, esses insumos favorecem o acúmulo de matéria orgânica e o consequente desequilíbrio ambiental. Além do impacto nutricional, os dejetos animais representam uma fonte significativa de contaminação microbiana, uma vez que carregam microrganismos potencialmente patogênicos, os quais podem ser transportados para as águas superficiais e comprometer a sua qualidade e segurança para uso agropecuário e para consumo humano. Portanto, é necessário implementar leis e regulamentos, bem como exigir boas práticas sobre o uso das águas no ambiente agrícola, com o objetivo de garantir a prevenção e mitigar a poluição dos recursos hídricos (RAD, 2022; TASHO E CHO, 2016; ZAHOOR E MUSHTAQ, 2023).

3.1.3 Contaminações microbianas e atividade pecuária

Com o aumento populacional da Terra, a demanda por produtos de origem agrícola que garantem a disponibilidade de alimentos, principalmente da proteína animal, impulsiona as atividades da produção pecuária. Esse crescimento, por sua vez, acarreta grande volume de resíduos provenientes da criação intensiva de gado e aves. Esse cenário evidencia a urgente necessidade de estratégias eficazes de manejo (KENNETH *et al.*, 2023).

Historicamente, o esterco de gado e a cama de frango têm sido utilizados de diferentes formas, sendo o seu uso mais recorrente como fertilizante orgânico, com o objetivo de melhorar a produtividade agrícola após a adoção de métodos de tratamento. No entanto, os métodos de tratamento de resíduos empregados pelos agricultores são, em geral, convencionais e, posteriormente, esses resíduos são aplicados em terras aráveis. Isso pode colocar em risco a saúde do solo e dos recursos hídricos, em razão da contaminação por

nutrientes, da presença de microrganismos potencialmente patogênicos, bem como de genes de resistência a antibióticos ou fatores de virulência (KENNETH *et al.*, 2023).

Devido a essa urbanização e às mudanças de hábitos, alimentos de origem animal têm sido a base da dieta humana, provenientes de animais de produção, como gado, galinhas e porcos. Essa demanda tem intensificado a produção animal e de seus produtos derivados, como carne, leite e ovos, que, devido à urgência pela fabricação, podem levar à negligência nos processamentos, aumentando o risco de contaminação dos recursos naturais presentes nas propriedades rurais por organismos patogênicos com potencial zoonótico, os quais podem ser transmitidos ao ser humano por meio do consumo de alimentos e de água contaminados (HEREDIA E GARCIA, 2018).

Os principais reservatórios de muitos patógenos transmitidos por alimentos são os animais da cadeia produtiva, caracterizados por conter em seu intestino cepas de *Escherichia coli* produtora de toxina *Shiga*, *Campylobacter*, *Listeria monocytogenes* e sorotipos não *Typhi* de *Salmonella enterica*. Esses microrganismos são frequentemente responsáveis por doenças e surtos de infecções alimentares em diferentes países, resultando em numerosas mortes e internações hospitalares (HEREDIA E GARCIA, 2018). Entre 2000 e 2021, o Brasil registrou 14.590 surtos de doenças transmitidas por alimentos, resultando em 266.247 casos confirmados e 212 óbitos, sendo *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Salmonella* spp os principais patógenos envolvidos (MARQUES E TRINDADE, 2022).

A contaminação de alimentos pode ocorrer em diferentes etapas da cadeia produtiva, desde a produção até o consumo final, estando diretamente relacionada às condições de higiene dos manipuladores e às práticas sanitárias adotadas. Além disso, produtos de origem animal representam um risco adicional, já que sua contaminação é de difícil controle e pode estar associada tanto a fatores ambientais, como a presença de fauna, qualidade da água e descarte de esterco, quanto a práticas humanas, ligadas ao manejo, abate, processamento e armazenamento inadequados de carne e carcaças (ABEBE *et. al.*, 2020; HEREDIA E GARCIA, 2018).

A fertilização com o esterco curtido é frequentemente utilizada por agricultores para favorecer a fertilidade do solo, elevando o teor de nutrientes e de matéria orgânica. Entretanto, essa prática também está associada ao processo de eutrofização e à contaminação microbiana do solo e da água. Isso ocorre porque o esterco não processado contém uma diversidade de microrganismos, incluindo patógenos que podem oferecer risco à saúde humana e animal (SEMENOV *et al.*, 2021).

O solo contém seu próprio ecossistema, que desempenha papel essencial como barreira natural frente aos microrganismos introduzidos. No entanto, sua eficácia depende de fatores abióticos, como pH, temperatura e umidade, além de fatores bióticos, como interação com raízes, predadores naturais e competição com a microbiota nativa. Esses fatores podem contribuir para a sobrevivência ou não de microrganismos presentes no esterco aplicado ao solo. Embora grande parte da microbiota intestinal do gado não sobreviva fora do ambiente entérico, algumas espécies, como *E. coli* e *Salmonella*, podem persistir em solos adubados por períodos que variam de semanas a meses (SEMENOV *et al.*, 2021).

Além dos riscos microbiológicos, o uso contínuo de esterco na fertilização também está associado à presença de resíduos de antibióticos, utilizados nos animais para o tratamento de doenças bacterianas e para a promoção de crescimento, e de metais pesados, como a doxiciclina (DOX) e o zinco (Zn), frequentemente encontrados em excrementos de gado e aves. Estudos de longo prazo indicam que esses compostos podem permanecer no solo em níveis elevados, alterando significativamente a diversidade microbiana e favorecendo a expressão e a frequência de genes de resistência a antibióticos (ARGs) e aos metais (MRGs) (ZHAO *et al.*, 2025).

De acordo com Zhao e colaboradores (2025), a aplicação de diferentes tipos de esterco resulta em efeitos distintos, sendo que resíduos de suínos tendem a aumentar a concentração de DOX, enquanto os de aves elevam os níveis de genes de resistência a metais. Esses achados reforçam que a adubação com esterco não apenas modifica a microbiota do solo, mas também potencializa a disseminação de resistência antimicrobiana, representando um risco adicional para os agroecossistemas e para a qualidade da água utilizada nas atividades agropecuárias. O esterco do gado, por exemplo, embora seu uso seja milenar como adubo orgânico em fazendas, parece atuar como reservatório de genes de resistência a β -lactâmicos, colocando em risco a saúde humana e animal, já que está relacionado, muitas vezes, com a produção de alimentos (SAMPAIO, OLIVEIRA, NASCIMENTO, 2007; TIAN *et al.*, 2021).

3.1.4 Agroecossistema de produção do Queijo Canastra

De acordo com Bastos e colaboradores (2023), a formação da identidade do queijo no Brasil está associada ao contexto histórico da colonização, quando a prática queijeira começou a se disseminar. Ao longo do tempo, essa atividade deixou de ser apenas uma técnica de conservação de alimentos e passou a se integrar ao modo de vida das comunidades rurais, sendo moldada pelas condições naturais e pelos saberes transmitidos

entre gerações. Grande parte dos queijos produzidos teve forte influência de diferentes países europeus e não ibéricos. (PENNA *et al.*, 2021).

Entre os produtos resultantes desse processo, destaca-se o Queijo Minas Artesanal Canastra (QMAC), reconhecido por seu forte vínculo com o ambiente de origem e com as práticas locais de manejo agropecuário. A produção artesanal de queijos a partir de leite cru constitui um sistema complexo, no qual fatores ambientais, como clima, tipo de solo, vegetação e microbiota endógena, interagem de forma determinante na formação de propriedades sensoriais únicas. Dessa maneira, cada região produtora apresenta um perfil microbiológico e físico-químico específico, refletindo a singularidade do agroecossistema local e das condições ecológicas e culturais que o caracterizam (BASTOS; CONSONI; MESQUITA, 2023).

O *terroir* do Queijo Minas Artesanal Canastra é determinado pela interação entre o ambiente natural e as práticas tradicionais de produção. Essa relação envolve fatores edafoclimáticos que, aliados ao manejo do gado e ao uso do leite cru, resultam em características sensoriais próprias. Na microrregião da Serra da Canastra, reconhecida pelo Instituto Mineiro de Agropecuária, o clima tropical, com invernos secos e verões chuvosos, e as pastagens naturais conferem ao queijo um sabor e aroma singulares, destacando sua identidade regional e cultural (ABREU *et al.*, 2024; BASTOS; CONSONI; MESQUITA, 2023).

A água desempenha um papel essencial na produção de queijos artesanais, pois, está envolvida em várias etapas de sua fabricação. De acordo com Diamante (2023), a captação de água ocorre por meio de nascentes próximas às regiões produtoras, sendo utilizada na cadeia produtiva do queijo artesanal para a nutrição do gado, lavagem da ordenha, de equipamentos e das superfícies da queijaria. Por isso, a qualidade microbiológica da água captada se torna um parâmetro importante a ser avaliado, visto que a água influencia diretamente a segurança microbiológica do queijo, podendo ser uma via de contaminação por microrganismos potencialmente patogênicos.

Embora o queijo seja reconhecido por seu valor nutricional, ele também pode atuar como um veículo de microrganismos patogênicos (FIRMO *et al.*, 2023). Entre os principais fatores que comprometem a qualidade do queijo estão falhas no manejo dos animais, antes e durante a ordenha, e deficiências no processamento do leite, como a falta de conformidade com normas sanitárias e condições inadequadas de higiene no ambiente de produção, bem como falhas dos diferentes manipuladores da matéria-prima e do produto final (ALMEIDA *et al.*, 2021).

Outro fator que representa um desafio recorrente para o controle microbiológico envolvendo a produção de laticínios é a formação de biofilmes. Esses biofilmes se desenvolvem em superfícies frequentemente expostas ao leite, como tanques e utensílios de aço inoxidável, devido à abundância de nutrientes disponíveis nesse meio e à falta de higienização adequada. Componentes do leite, especialmente proteínas e lipídios, desempenham papel determinante nesse processo, pois tendem a aderir às superfícies e facilitar a fixação bacteriana, servindo como base para o início da formação do biofilme (FLINT *et al.*, 2015).

A adoção de boas práticas higiênico-sanitárias nas queijarias não depende apenas do manejo correto da água, mas principalmente de sua qualidade físico-química e microbiológica. A legislação brasileira, por meio da Portaria GM/MS nº 888/2021, estabelece os padrões de potabilidade da água, incluindo a ausência de coliformes termotolerantes, como *Escherichia coli*, em 100 mL de amostra de água. Porém, em áreas rurais, é comum a ausência de tratamento adequado da água captada, o que aumenta os riscos de contaminação cruzada nos produtos lácteos, principalmente nos de origem artesanal, como o QMAC (BRASIL, 2021).

Segundo Diamante (2023), para um bom uso da água nos vários setores envolvidos na cadeia produtiva do Queijo Minas Artesanal Canastra, é essencial que haja o monitoramento desse insumo, pois ele pode gerar contaminação cruzada e favorecer a multiplicação de microrganismos indesejáveis. Além de trazer risco à saúde do consumidor e ao ambiente, essa possível contaminação também impacta a aparência, o sabor e a durabilidade do queijo, um produto de grande importância para a economia da região.

As contaminações por coliformes, resultantes da ausência ou da ineficiência na higienização da água utilizada na fabricação do queijo, podem gerar efeitos indesejáveis, como estufamento e olhaduras irregulares, causadas pela produção de gases por esses microrganismos. Em níveis elevados de coliformes totais e fecais, o queijo artesanal pode ser considerado impróprio para o consumo humano, demonstrando a importância do monitoramento e do tratamento adequado constante da água utilizada para a produção desse alimento (SALES, 2015).

3.2 Coliformes e *Escherichia coli* em água

A família Enterobacteriaceae, também conhecida como bactérias entéricas, compreende um grupo filogeneticamente homogêneo pertencente à classe Gammaproteobacteria, que inclui *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Yersinia pestis*, *Klebsiella*,

Shigella, *Proteus*, *Enterobacter*, *Serratia* e *Citrobacter*. São bacilos gram-negativos, anaeróbios facultativos, não formadores de esporos e, em sua maioria, móveis por flagelação peritrica. Essas bactérias possuem exigências nutricionais simples, fermentam glicose e reduzem nitrato, podendo crescer em diversos meios seletivos e não seletivos, como ágar MacConkey e ágar sangue. Além disso, apresentam-se como catalase positivas e oxidase negativas, sendo esta última característica um critério importante para diferenciá-las de outros bacilos gram-negativos, fermentadores e não fermentadores, como *Vibrio* e *Pseudomonas* (BATT E TORTORELLO, 2014; MADIGAN *et al.*, 2016; MURRAY, ROSENTHAL, PFALLER, 2017; PFALLER, 2017).

Os membros dessa família são microrganismos ubiqüitários, ou seja, estão amplamente distribuídos no ambiente, sendo encontrados em solos, águas e vegetação, além de integrarem a microbiota intestinal de humanos e de diversos animais. Embora muitas espécies sejam comensais, outras podem atuar como patógenos oportunistas ou estritos, capazes de causar infecções intestinais e extraintestinais, como bacteremias e infecções do trato urinário. A patogenicidade varia entre os gêneros, incluindo organismos exclusivamente patogênicos, como *Salmonella enterica* sorotipo Typhi e *Shigella* spp, e outros comensais, potencialmente patogênicos, como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Proteus mirabilis*. Em alguns casos, cepas originalmente não patogênicas podem adquirir fatores de virulência por meio de plasmídeos, bacteriófagos ou ilhas de patogenicidade, tornando-se capazes de causar doenças em humanos e animais (MURRAY; ROSENTHAL; PFALLER, 2017).

Algumas bactérias pertencentes à família Enterobacteriaceae são classificadas no grupo denominado coliformes, por compartilharem características morfológicas e bioquímicas semelhantes. Apesar disso, sua origem pode variar: algumas espécies estão associadas ao trato intestinal de animais de sangue quente, sendo denominadas de coliformes fecais, enquanto outras estão associadas a materiais vegetais ou à origem ambiental. Entre os principais gêneros estão *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia* e *Citrobacter*. Essas bactérias apresentam as características típicas da família à qual pertencem, com capacidade de fermentar lactose com produção de ácido e gás entre 24 a 48 horas, a cerca de 35°C (BATT E TORTORELLO, 2014).

O grupo dos coliformes tem grande importância sanitária, pois é amplamente utilizado como indicador de contaminação microbiana em alimentos e na água. A presença dessas bactérias em amostras hídricas indica condições favoráveis ao desenvolvimento de patógenos entéricos e, portanto, falhas nas práticas de higiene ou tratamento. Entre os

coliformes, *Escherichia coli* é considerada o principal indicador de contaminação fecal, já que seu habitat natural é o intestino de humanos e de outros animais de sangue quente, e sua detecção na água reflete contaminação recente por material fecal. No entanto, a ausência de *E. coli* não garante, por si só, que a água seja potável, visto que outros microrganismos patogênicos, como vírus e protozoários, ainda podem estar presentes, mesmo que não identificados por meios seletivos para coliformes (BATT E TORTORELLO, 2014; BRASIL, 2021; MLADENOVIC, 2021).

A *E. coli* faz parte do grupo de bactérias coliformes fecais, também chamadas de termotolerantes, pois fermenta a lactose em temperaturas de 44-45,5 °C, produzindo ácido e gás (SILVA; CAVALLI; OLIVEIRA, 2006). Por sua vez, é considerada o marcador mais específico de contaminação fecal recente, por isso, é exigida nas análises de potabilidade da água, conforme a Portaria GM/MS nº 888/2021 (BRASIL, 2021). Sua identificação é feita pelo teste de produção de indol a 44,5°C ou crescimento em meio EC-MUG (fluorescência sob UV) e, segundo o manual, a identificação de "1 UFC/100 mL já indica risco sanitário", pois patógenos como *Salmonella* e *Vibrio cholerae* compartilham a mesma rota de contaminação que *E. coli* (FUNASA, 2022).

Além das cepas comensais de *E. coli*, existem cepas patogênicas, sendo responsáveis por diversas doenças infecciosas em humanos. As variantes patogênicas são classificadas em diferentes patótipos, de acordo com seus mecanismos de virulência e manifestações clínicas, destacando-se as *E. coli* produtora de toxina Shiga (STEC), enteropatogênicas (EPEC), enterotoxigênicas (ETEC), enteroagregativas (EAEC), difusamente aderentes (DAEC) e enteroinvasivas (EIEC). Essas linhagens estão associadas principalmente às infecções gastrointestinais e surtos de diarreia em escala global, sendo a *E. coli* enterohemorrágica (EHEC), especialmente o sorotipo O157:H7, uma das mais virulentas por provocar colite hemorrágica e síndrome hemolítico-urêmica, podendo evoluir para insuficiência renal aguda e óbito. Além das infecções intestinais, certas cepas também podem causar doenças extraintestinais, como infecções urinárias, meningite neonatal e septicemia, sendo denominadas *E. coli* patogênicas extraintestinais (ExPEC) (JANG *et al.*, 2017).

A presença de *E. coli* patogênica no ambiente tem sido associada à contaminação de águas superficiais e subterrâneas, resultante do descarte inadequado de dejetos de origem animal, efluentes de matadouros e águas residuais urbanas. Cepas como STEC e EPEC têm sido frequentemente identificadas em surtos transmitidos pela água em diversas regiões do mundo, evidenciando a importância sanitária desse microrganismo e a necessidade de

estratégias de monitoramento e controle nos sistemas de captação e distribuição de água potável (JANG *et al.*, 2017).

No contexto brasileiro, águas que apresentam valores superiores a 1 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, conforme o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, são caracterizadas como potenciais vetores de patógenos entéricos. Por esse motivo, regiões de produção rural que possuem prática intensa de atividade agropecuária, como as de produção artesanal de queijos, requerem tratamento adequado da água captada dos mananciais, por meio da cloração, cloraminação, do dióxido de cloro, de isocianuratos clorados ou por meio da desinfecção por radiação ultravioleta ou uso do ozônio para garantir uma eficácia real sobre a segurança microbiológica, prevenir riscos à saúde pública e disseminação de genes de resistência através de possíveis patógenos veiculados pela água no queijo (BRASIL, 2021).

3.3 Resistência aos antibióticos e a Saúde Única

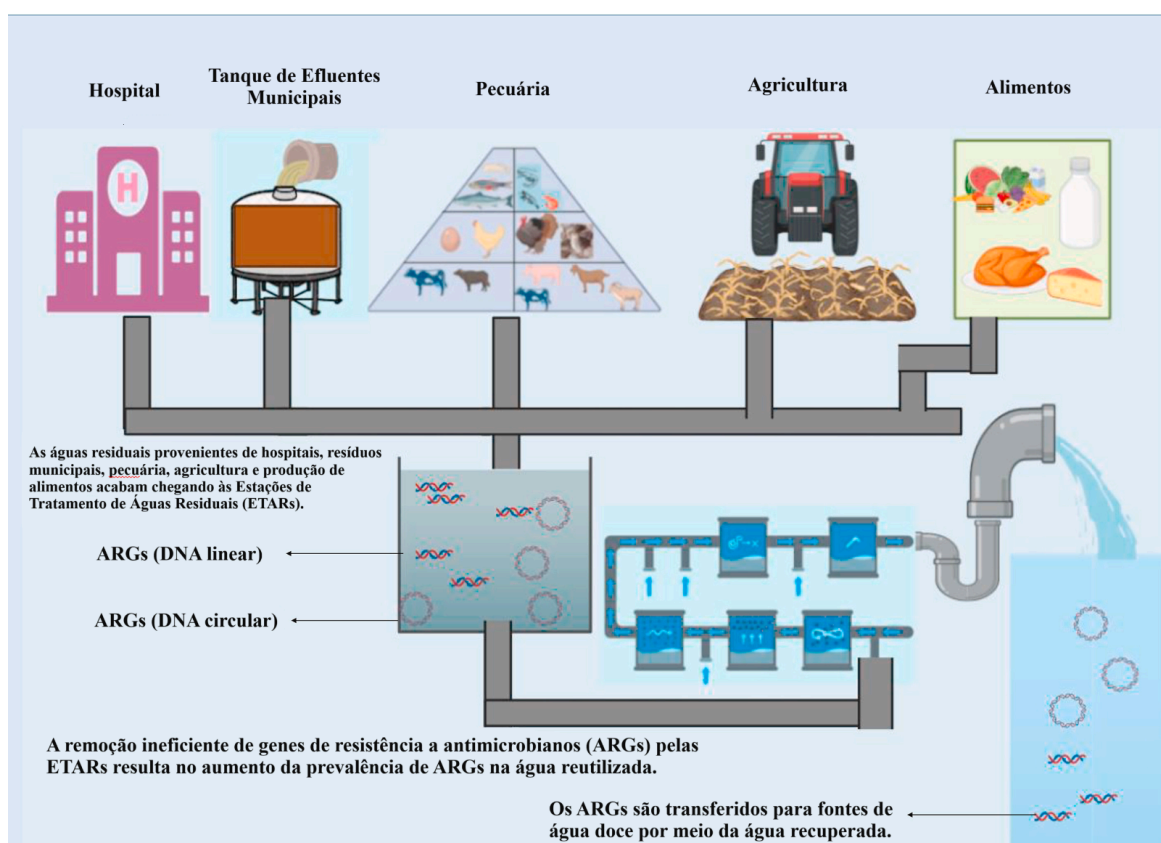
Os antimicrobianos são substâncias destinadas à inibição ou eliminação de microrganismos em geral, abrangendo antibióticos, antifúngicos, antiparasitários e antivirais (Saibu, 2024). Outro termo importante a ser destacado é o resistoma, definido como o conjunto completo de genes relacionados à resistência a antibióticos, presentes tanto em bactérias patogênicas quanto em não patogênicas. Essa definição foi posteriormente aprimorada para englobar diferentes tipos de resistência: a adquirida, a intrínseca, a silenciosa, a críptica e a protorresistência (KIM E CHA, 2021).

Os antibióticos são comumente destinados ao tratamento de doenças e infecções, mas também podem ser utilizados para potencializar o crescimento em animais de produção (BOECKEL *et al.*, 2015). Contudo, grande parte dessas substâncias não é completamente absorvida ou metabolizada pelos animais, sendo excretada por meio das fezes e da urina, o que contribui para a disseminação de resíduos antimicrobianos no ambiente. Assim, os dejetos de origem animal tornam-se fontes de bactérias resistentes, genes de resistência e resíduos de antibióticos, que podem atingir o solo e a água, promovendo a transferência de elementos genéticos causadores de resistência entre microrganismos e, conseqüentemente, para a microbiota associada aos seres humanos (USUI *et al.*, 2024).

O avanço da globalização, o crescimento populacional e a intensificação das atividades agropecuárias têm ampliado o contato entre seres humanos, animais e o ambiente,

favorecendo o surgimento de novos patógenos e a disseminação da resistência a antibióticos. A combinação desses fatores, associada à poluição, à degradação ambiental e às mudanças climáticas tem contribuído para a expansão de microrganismos resistentes, representando uma das maiores ameaças à saúde pública global. Embora o desenvolvimento de antibióticos tenha revolucionado o tratamento de infecções bacterianas, seu uso contínuo e, muitas vezes, indiscriminado, acelerou o processo de seleção de cepas resistentes (DESPOTOVIC *et al.*, 2023).

Figura 2 - Diagrama esquemático que ilustra as fontes de liberação de genes de resistência a antibióticos (ARGs) no ambiente



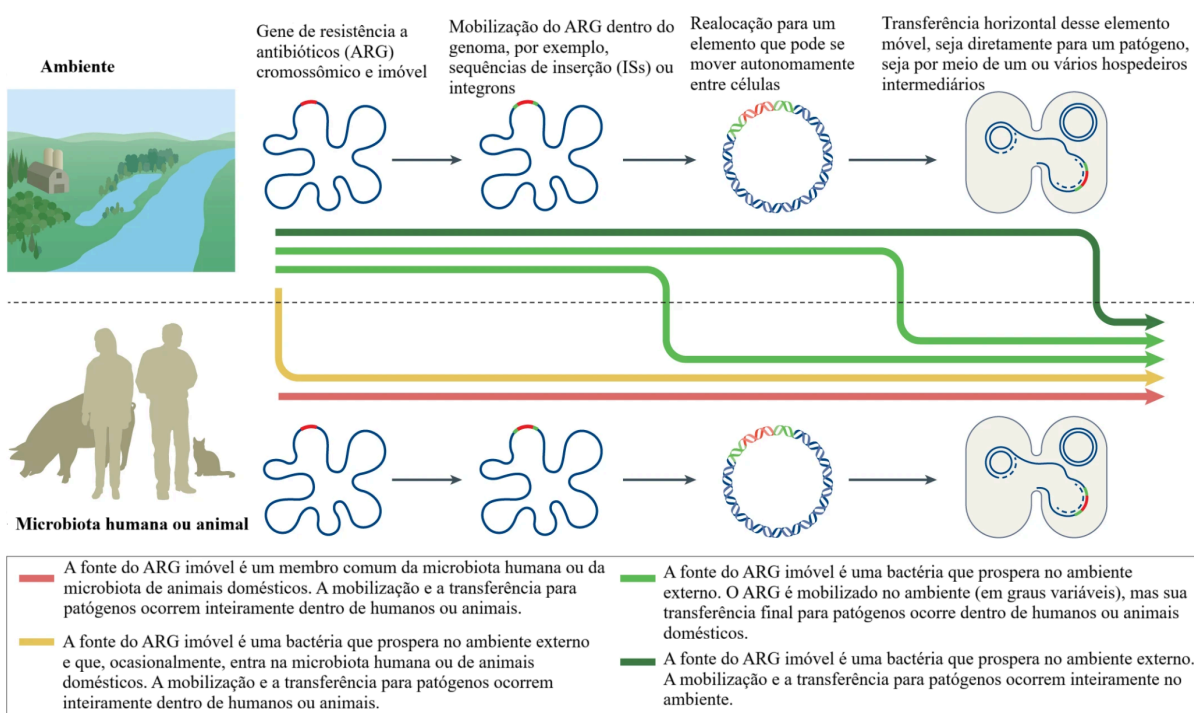
Nota: O diagrama ilustra como os efluentes de diferentes setores (hospitalar, agropecuário e industrial) convergem para as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs), onde a remoção incompleta destes genes pode resultar na sua libertação em corpos de água doce e solos.
Fonte: KANNAN; GOPAL; MUTHU, 2024. Tradução nossa.

Na última década, a presença de genes de resistência antimicrobiana tem sido amplamente documentada em efluentes domésticos, escoamentos agrícolas e águas residuais de sistemas aquícolas. Esses genes, após alcançarem corpos hídricos naturais, como rios, lagos e oceanos, tendem a se acumular nos sedimentos, que funcionam como reservatórios de genes de resistência a antibióticos (ARGs) como demonstra a Figura 2, (XIAO *et al.*, 2025).

Essa contaminação não se limita a áreas antropizadas, pois estudos já identificaram a presença natural desses genes em ecossistemas antigos, como o permafrost e sedimentos oceânicos profundos, o que evidencia que a resistência é um fenômeno biológico intrínseco e natural, embora tenha sido intensificada pelas ações humanas (GUAN *et al.*, 2022).

De acordo com Guan e colaboradores (2022) a ação antropogênica tem contribuído significativamente para a manutenção e disseminação de ARGs no ambiente, em que a presença simultânea de poluentes metálicos e antimicrobianos tem favorecido a co-seleção de ARGs e genes de resistência a metais (MRGs), o que intensifica sua persistência em ecossistemas expostos à poluição. Além disso, também promove o surgimento e a propagação de genes relacionados à resistência multidroga, como macrolídeos-lincosamida-estreptograminas (MLS), vancomicina, β -lactâmicos e sulfonamidas. Essa dinâmica é potencializada pelos elementos genéticos móveis (MGEs), que facilitam a transferência simultânea de ARGs e MRGs entre diferentes microrganismos, ampliando o risco de disseminação da resistência em ambientes naturais e antropizados.

Figura 3 - O papel do ambiente no surgimento de novos genes de resistência em patógenos



Nota: O diagrama esquematiza os diferentes caminhos de evolução e disseminação dos Genes de Resistência a Antibióticos (ARGs). As setas coloridas representam a origem do gene (ambiente externo ou microbiota humana/animal) e o seu percurso até à integração final em patógenos. Destacam-se os processos de mobilização genômica (sequência de inserção ou integrons) e a transferência horizontal entre células como mecanismos chave para o surgimento de novas resistências em diferentes hospedeiros.

Fonte: LARSSON E FLACH, 2022. Tradução nossa.

A disseminação dos genes de resistência entre bactérias ocorre principalmente por meio da transferência horizontal de genes (THG), um processo que possibilita a troca de material genético entre organismos não relacionados (Figura 3). Essa transferência pode ocorrer por diferentes mecanismos: a conjugação, que envolve a passagem direta de plasmídeos entre uma célula doadora e uma receptora; a transdução, mediada por bacteriófagos que transportam fragmentos de DNA entre bactérias; e a transformação, na qual células bacterianas competentes incorporam DNA livre presente no ambiente. Além desses, a fusão de vesículas ou protoplastos também pode ser considerada uma via de possível disseminação, especialmente entre bactérias gram-negativas e gram-positivas (BRASIL, 2020; KHAN *et. al.*, 2025;).

De acordo com Khan e colaboradores (2025), os microplásticos (MPs) são considerados vetores na disseminação da resistência antimicrobiana (RAM), fornecendo uma superfície estável para a adesão microbiana e a formação de biofilmes, o que facilita a transferência horizontal de genes de resistência entre diferentes tipos de bactérias. Além de atuarem como poluentes físicos, participam ativamente na propagação de genes e infecções resistentes por ecossistemas aquáticos, terrestres e sistemas clínicos. Ademais, de acordo com Li e colaboradores (2024) os MPs podem atuar como transportadores de ARGs em plantas, alterando a biomassa vegetal. ARGs também podem ser encontrados em bioaerossóis, ou seja, em partículas biológicas suspensas oriundas de organismos do ambiente ou resultantes de ações antropogênicas (CHEN; GUO; LI, 2022).

Estudos recentes identificaram, pela primeira vez no Sul da Ásia, a presença simultânea dos genes *fosA4*, *mcr-1* e *tet(X4)* em isolados de *Escherichia coli* provenientes de amostras fecais de aves silvestres. Essa coexistência de genes de resistência e os resultados das análises filogenéticas indicam que os plasmídeos multirresistentes transportados por essas bactérias possuem alto potencial de disseminação horizontal para a microbiota de diferentes hospedeiros, incluindo aves selvagens, animais de criação e seres humanos. A similaridade genômica observada entre isolados de aves e humanos reforça a hipótese de que esses animais atuam como reservatórios e vetores ambientais de ARGs, contribuindo para a propagação global da resistência antimicrobiana. Diante desse cenário, destaca-se a importância sobre a investigação e monitoramento do perfil de resistência a antibióticos de microrganismos de origem ambiental, já que se trata de um problema complexo que envolve o meio social, ambiental e animal, ou seja, a saúde única (MUNIR *et al.*, 2025).

3.3.1 Testes de suscetibilidade por difusão em disco (Kirby-Bauer)

O teste de suscetibilidade antimicrobiana por difusão em disco é um dos principais métodos realizados em laboratórios clínicos para determinar de forma *in vitro* a resistência ou sensibilidade de bactérias a antibióticos selecionados (SALAM *et al.*, 2023). Essa técnica é conhecida também como Kirby-Bauer, descrita e padronizada pelos cientistas William Kirby e Alfred Bauer, tendo caráter de baixo custo, simplicidade de execução e resultados confiáveis. Apesar dessas vantagens, o método apresenta como limitação a impossibilidade de determinar numericamente a concentração inibitória mínima (CIM) pela qual o microrganismo é inibido pelo antibiótico (BAUER, 1966; TEMMERMAN, 2020). O teste é mais indicado para bactérias não exigentes, uma vez que oferece resultados consistentes nessas condições, enquanto microrganismos mais sensíveis requerem meios de cultura e atmosferas específicas para o crescimento adequado e leitura do resultado (SALAM *et al.*, 2023).

O princípio do método consiste no preparo de uma suspensão bacteriana obtida de cultivo recente e na fase log de crescimento, cuja turbidez é ajustada ao padrão 0,5 da escala de McFarland, correspondente a aproximadamente $1,5 \times 10^8$ unidades formadoras de colônias por mililitro (UFC/mL). Essa suspensão é então inoculada de forma homogênea sobre a superfície de uma placa contendo ágar Mueller-Hinton, onde os discos de papel serão impregnados com concentrações conhecidas de antibióticos são dispostos. Após a incubação entre 35°C e 37°C por 18 a 24 horas, ocorre a difusão radial do antibiótico, formando zonas de inibição em torno dos discos, sendo as áreas de impedimento do crescimento bacteriano visíveis e mensuráveis, quando o microrganismo é sensível àquela droga (LABORCLIN, 2011; SALAM *et al.*, 2023).

A medição do diâmetro das zonas de inibição é realizada manualmente com o uso do paquímetro, permitindo a interpretação qualitativa da suscetibilidade bacteriana. Os resultados são comparados às tabelas padronizadas do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), que classificam os isolados como sensíveis (S), moderadamente sensíveis (I) ou resistentes (R) (NGUYEN, 2025). O método de difusão em disco pode ser realizado com uma ampla variedade de bactérias, incluindo as gram-negativas, como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Haemophilus influenzae*, bem como as gram-positivas, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus agalactiae* e *Streptococcus pneumoniae* (TRAUB E LEONHARD, 1994).

O uso do meio de cultura ágar Mueller-Hinton ocorre de forma padrão, porque permite uma melhor difusão dos antibióticos, tornando as áreas de inibição mais visíveis, uma

vez que se trata de um meio não seletivo e não diferencial (ARYAL, 2022). Outro aspecto importante é que ele possui baixos níveis de ácido para-aminobenzóico (PABA), timina/timidina, os quais poderia inativar certos tipos de antibióticos, como sulfonamidas e trimetoprima (Aryal, 2022). Esse meio é o recomendado pelo European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST) e pelo Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) para os testes de suscetibilidade antimicrobiana (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015; EUCAST, 2019).

Sejas e colaboradores (2003) identificaram que os discos de antibióticos comercializados no Brasil são de baixa qualidade, o que pode levar a resultados incorretos e à ineficácia de tratamento de uma infecção baseada no resultado do antibiograma, além de contribuir para o aumento da frequência de bactérias resistentes. Como forma de automatizar a técnica de Kirby-Bauer, estudos recentes identificaram a eficácia do uso de modelos computacionais, como Faster R-CNN, RetinaNet, YOLOv7, para analisar as imagens contendo os halos de inibição na placa de Petri, permitindo o reconhecimento automático dos valores inibitórios (NGUYEN, 2025; YU *et. al.*, 2025). Assim, ao integrar as ferramentas desenvolvidas atualmente à técnica de difusão em disco, será possível reduzir o tempo de análise no laboratório e minimizar erros de leitura.

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de compreender como a resistência antimicrobiana se manifesta em microrganismos presentes nos sistemas produtivos da Serra da Canastra, especialmente considerando que os mananciais que abastecem as queijarias podem atuar como reservatórios e disseminadores de *Escherichia coli* resistentes. Parte-se da hipótese de que as cepas isoladas dessas águas apresentam perfis de resistência variados, influenciados tanto pelas atividades agropecuárias quanto pela dinâmica dos agroecossistemas locais. Assim, o objetivo geral deste trabalho consiste em caracterizar o perfil de resistência aos antibióticos de isolados de *E. coli* obtidos desses mananciais por meio de uma metodologia investigativa, contribuindo para a compreensão dos riscos sanitários associados ao sistema produtivo regional.

4. METODOLOGIA

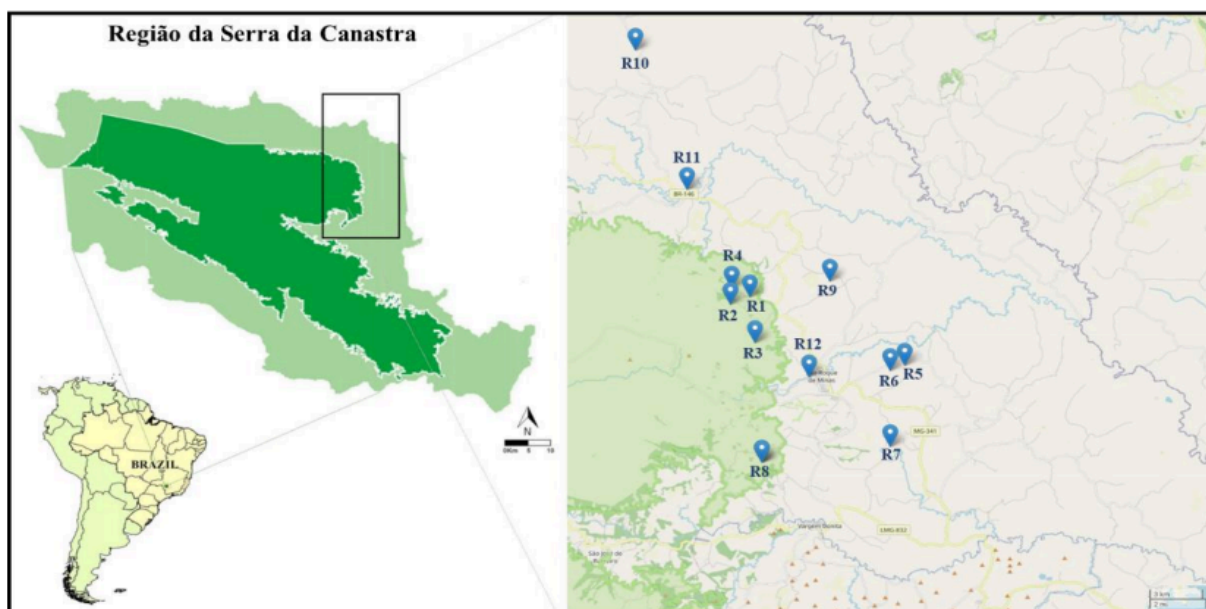
Antes de detalhar os procedimentos adotados neste estudo, é importante destacar as etapas referentes ao delineamento da área de amostragem, à coleta das amostras de água, ao isolamento inicial de *Escherichia coli* e à triagem das linhagens por meio da técnica de rep-PCR (GTG₅). Essas etapas foram realizadas no âmbito do Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido por Souza (2025), com participação direta da presente autora nas

atividades de campo e laboratoriais. As amostras e isolados gerados nesse processo constituem a base experimental utilizada na presente pesquisa, que se propõe a dar continuidade à investigação por meio da caracterização fenotípica do perfil de resistência antimicrobiana dessas linhagens.

4.1 Área de estudo

O trabalho foi conduzido em uma região situada nas proximidades do Parque Nacional da Serra da Canastra, no município de São Roque de Minas - MG, pertencente à microrregião oficialmente reconhecida como produtora do Queijo Minas Artesanal Canastra (QMAC), conforme a Portaria IMA nº 694, de 17 de novembro de 2004 (MINAS GERAIS, 2004). A escolha da área baseou-se na expressiva concentração de propriedades rurais voltadas à produção do QMAC, caracterizadas por sistemas agroecológicos familiares. Nesses empreendimentos, a água proveniente de mananciais é amplamente utilizada no abastecimento da propriedade e nas diversas etapas do processo produtivo, desempenhando papel essencial na manutenção da atividade queijeira, reconhecida como uma das principais fontes econômicas e culturais da região.

Figura 4 - Mapa dos pontos de coleta de amostras



Nota: Os pontos indicados pelas siglas R1 à R12 correspondem aos locais exatos onde foram efetuadas as recolhas das amostras na região da Serra da Canastra. A área em destaque no mapa à esquerda representa a delimitação do Parque Nacional, enquanto o detalhe à direita apresenta a distribuição geográfica dos pontos de amostragem.

Fonte: DIAMANTE (2023)

4.2 Coletas de amostras de água

As amostras analisadas neste estudo foram as mesmas utilizadas na pesquisa desenvolvida por Diamante (2023), coletadas em rios de pequeno porte localizados na região da Serra da Canastra, no município de São Roque de Minas - MG. Foram selecionados doze mananciais utilizados como fontes de abastecimento hídrico em empreendimentos rurais produtores do Queijo Minas Artesanal Canastra (QMAC), identificados de R1 a R12. A escolha dos pontos de coleta considerou locais de captação de água diretamente relacionados à atividade queijeira, com base na disponibilidade de acesso e na relevância sanitária para a produção artesanal (Figura 4).

As coletas foram realizadas entre os meses de julho e agosto de 2022 e, também, no mês de março de 2023, abrangendo os períodos seco e úmido, respectivamente. Em cada ponto amostral, foram coletadas três amostras de 50 mL de água, a aproximadamente 10 cm de profundidade, utilizando frascos estéreis de tubo Falcon devidamente identificados conforme o código de cada rio (Figura 5). As amostras foram acondicionadas em caixas térmicas contendo gelo artificial, de modo a manter a temperatura entre 10 e 15 °C durante o transporte até o Laboratório de Pesquisa Multiusuário do IFMG - *Campus* Bambuí.

Figura 5 - Realização da coleta das amostras de água.



Nota: O registro fotográfico ilustra o procedimento de recolha de amostras de água num dos pontos amostrais localizados na Serra da Canastra. A recolha foi efetuada utilizando frascos estéreis, seguindo os protocolos de preservação para posterior análise laboratorial de resistência bacteriana.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Os pontos amostrais foram distribuídos de modo a representar tanto áreas de montante quanto de jusante das captações de água utilizadas nos empreendimentos rurais, assim como no ponto de captação, totalizando dez amostras obtidas em cada manancial.

A autora deste trabalho participou diretamente do processo de coleta em campo, realizando a identificação dos pontos, a obtenção das amostras e o armazenamento adequado dos materiais até a etapa de laboratório.

4.3 Isolamento de *Escherichia coli*

O isolamento bacteriano foi conduzido de acordo com o protocolo descrito por Souza (2025), com a participação também da autora deste trabalho em parte das etapas de processamento e seleção dos isolados. Todas as análises foram realizadas em condições assépticas, sob capela de fluxo laminar, a fim de evitar contaminações cruzadas.

Inicialmente, as amostras de água foram processadas em tubos Falcon de 50 mL, em triplicata para cada ponto amostral. Os tubos foram centrifugados a 3.000 rpm por 20 minutos, visando concentrar as populações bacterianas presentes. Após a centrifugação, o sobrenadante foi cuidadosamente descartado, e 1 mL de solução salina estéril (NaCl 0,85% p/v) foi adicionado aos tubos para ressuspender o pellet bacteriano gerado nos três tubos em 1 mL de salina.

Durante o processo de ressuspensão, o conteúdo do primeiro tubo foi transferido para o segundo e deste para o terceiro, de modo a concentrar o material em uma única amostra representativa por ponto de coleta, que, por fim, foi transferida para um microtubo de 1,5 mL. Essa amostra foi considerada a diluição inicial (D0). A partir dela, foram realizadas diluições seriadas em solução salina estéril a 0,85%, obtendo-se as diluições D-1, D-2 e D-3, conforme o delineamento experimental determinado em um experimento piloto prévio.

Alíquotas de 0,1 mL de cada diluição foram plaqueadas em duplicata, pela técnica de *spread plate* em placas de Petri contendo o meio Chromocult® Coliform Agar (Merck, Germany), meio cromogênico seletivo e diferencial para coliformes e *Escherichia coli*, confeccionado de acordo com recomendações do fabricante. As placas foram incubadas em aerobiose a 37 °C por 24 a 48 horas.

As colônias que apresentaram coloração azul-escuro foram consideradas presuntivas de *Escherichia coli*, conforme o critério de Byamukama e colaboradores (2000). Foram selecionadas até seis colônias por ponto de coleta, sempre que tecnicamente possível, e repicadas em meio Ágar MacConkey (Merck, Alemanha), seletivo para bactérias

gram-negativas, sendo novamente incubadas sob as mesmas condições de atmosfera e temperatura.

Os isolados que apresentaram colônias de coloração rosa em Ágar MacConkey foram considerados como *E. coli* presuntivas e, posteriormente, inoculados em caldo Brain Heart Infusion (BHI), incubados por 18 a 24 horas a 37 °C em aerobiose. Após o crescimento, amostras foram criopreservadas em duplicata com a adição de glicerol a 20% (v/v) e armazenadas a -80 °C para as análises futuras do projeto.

4. 4 Triagem genética dos isolados e descarte de clones

Após o isolamento e criopreservação, as *E. coli* armazenadas a -80 °C foram reativadas e cultivadas em caldo BHI, retornando ao crescimento ativo. O DNA genômico das culturas foi extraído a partir de um protocolo adaptado de precipitação salina, fundamentado no método descrito por Madani e colaboradores (2022), permitindo a obtenção de material genético em quantidade e pureza adequadas. Em seguida, cada amostra teve sua concentração de ácido nucleico e razão de pureza avaliadas por espectrofotometria, através do uso do NanoDrop™ One (*Thermo Fisher Scientific Waltham, MA, EUA*), onde, após a quantificação, o DNA dos isolados foram diluídos usando-se água ultrapura para a concentração de uso de 50 ng/μL.

A etapa seguinte consistiu na aplicação da técnica molecular *fingerprinting* rep-PCR (GTG)5 para diferenciação genética entre os isolados, a partir da formação de bandas produzidas pela utilização do *primer* degenerado, seguindo a resolução dos *amplicons* em eletroforese de gel.

Os perfis obtidos foram comparados entre si para identificação de similaridade genética conforme as bandas no gel de eletroforese. Isolados que apresentaram padrões idênticos foram classificados como clones e, portanto, foram descartados. Apenas as linhagens que exibiram perfis distintos foram mantidas para a análise do perfil de resistência antimicrobiana, garantindo que o teste fosse realizado exclusivamente com genótipos não redundantes provenientes dos mananciais avaliados.

4.4 Caracterização do perfil de resistência à antibióticos de *Escherichia coli*

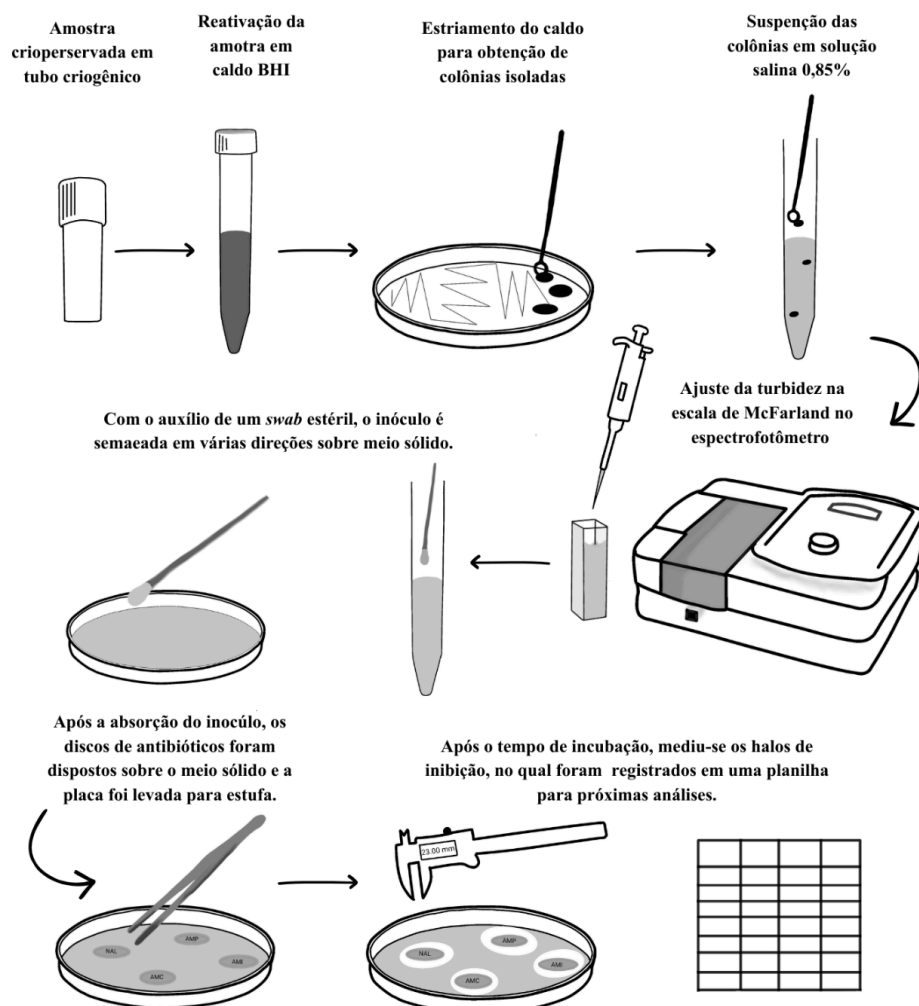
As amostras de *Escherichia coli* obtidas dos mananciais e previamente criopreservadas em glicerol 20% (v/v) a -80 °C foram reativadas em 5 mL de caldo BHI (Brain Heart Infusion) e incubadas a 37 °C por 24 h. Após o crescimento, as culturas foram

utilizadas para a execução dos testes de suscetibilidade antimicrobiana, realizados segundo o método de difusão em disco (Kirby-Bauer), descrito por Charteris *et al.* (1998) e pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2005).

Com o objetivo de padronizar a técnica de avaliação de resistência, foram testados dois protocolos experimentais distintos: (i) o antibiograma partindo diretamente de colônias isoladas e (ii) o antibiograma a partir do caldo bacteriano reativado.

O primeiro protocolo testado consistiu na obtenção de colônias isoladas crescidas na placa de Petri com meio BHI com Agar (Figura 6). Posteriormente, houve preparo da suspensão de três colônias em solução com 6 mL de salina 0,85% em um tubo Falcon, usando alça calibrada. Em seguida, houve ajuste da turbidez para 0,5 na escala de McFarland (absorbância de 0,08–0,10 a 625 nm) utilizando espectrofotômetro modelo UV-VIS UV-9200 (Beijing Rayleigh Analytical Instrument Corporation, Pequim, China). O inóculo foi então semeado com *swab* estéril em diferentes direções sobre a placa de Petri contendo o meio sólido que se constitui por BHI (*Brain Heart Infusion Broth*) com acréscimo de ágar-ágar (ACS Científica, São Paulo, Brasil) 1,5% (p/v) para sua solidificação, garantindo uma cobertura homogênea. Em seguida, foi dispostos 16 discos com antimicrobianos - sendo 4 discos para cada placa, totalizando 4 placas por amostra - de forma equidistante na superfície do ágar, onde as placas foram incubadas posteriormente a 37 °C por 24 h. Os antibióticos utilizados foram: ácido nalidíxico 30 µg (NAL); amicacina 30 µg (AMI); amoxicilina 30 µg (AMC); ampicilina 10 µg (AMP); bacitracina (BA); cefalotina 30 µg (CFL); cefotaxima 30 µg (CTX); cefuroxima 30 µg (CRX); ciprofloxacina 5 µg (CIP); cloranfenicol 30 µg (CLO); eritromicina 15 µg (ERI); gentamicina 10 µg (GEN); nitrofurantoina 300 µg (NIT); penicilina 10 µg (PEN); sulfazotrim 25 µg (SUT); tetraciclina 30 µg (TET).

Figura 6 - Protocolo I antibiograma partindo diretamente de colônias isoladas

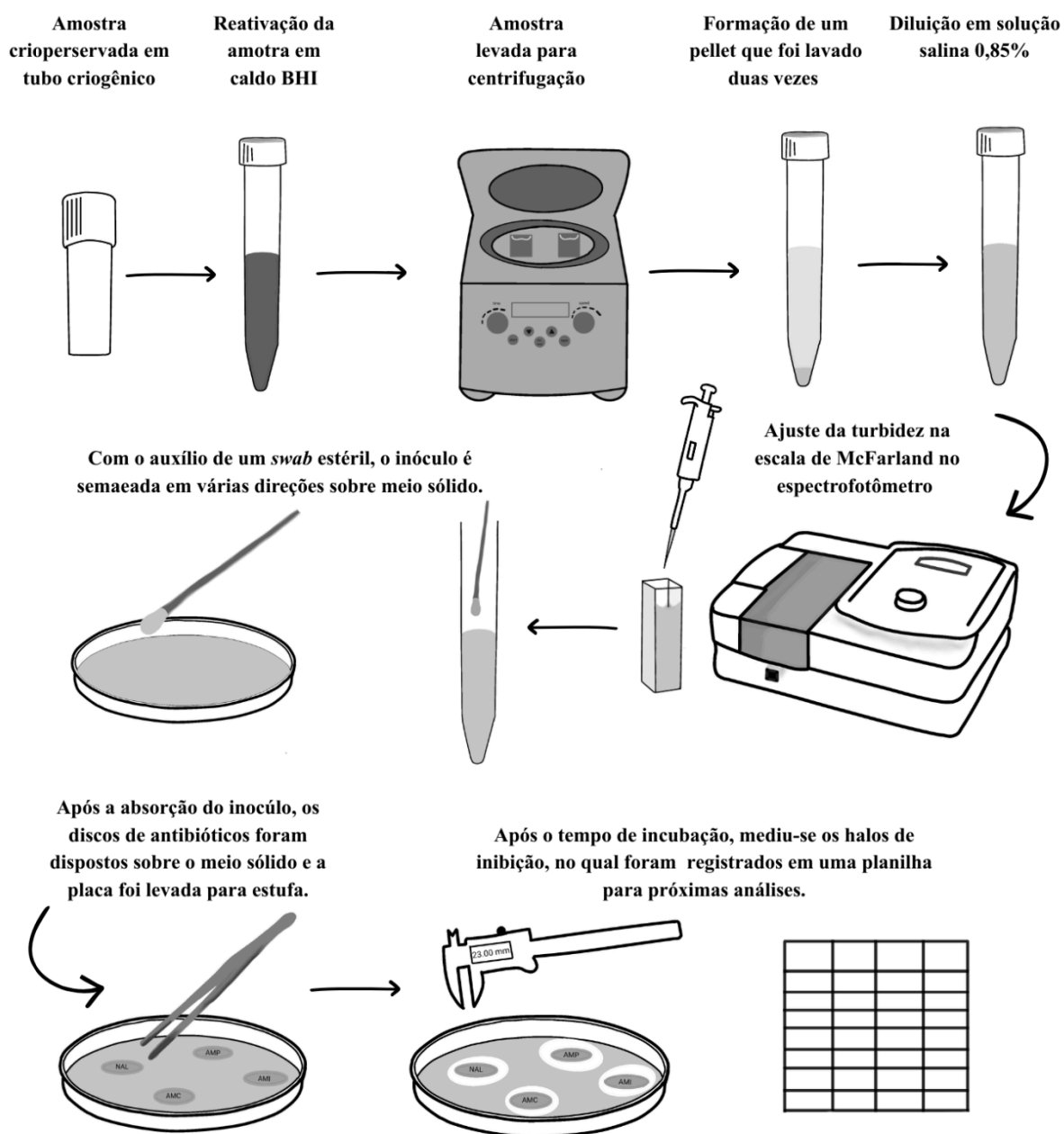


Nota: A representação esquemática ilustra as principais etapas operacionais do protocolo 1 testado.
 Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

No segundo protocolo testado, a suspensão bacteriana foi obtida a partir do cultivo líquido em caldo BHI após 24 horas de crescimento, à 37°C em aerobiose (Figura 7). Após a centrifugação do crescimento bacteriano a 3.500 rpm por 10 min, o sobrenadante foi descartado e o pellet lavado duas vezes em solução salina 0,85%. A turbidez da suspensão foi ajustada para a faixa de absorvância de 0,08–0,10 a 625 nm utilizando o espectrofotômetro UV-VIS UV-9200 (Beijing Rayleigh Analytical Instrument Corporation, Pequim, China), equivalente à escala 0,5 McFarland, sendo posteriormente semeadada com *swab* estéril sobre placas contendo de BHI, preparado pela adição de ágar-ágar (ACS Científica, São Paulo,

Brasil) 1,5% (p/v) para solidificação. O meio BHI foi utilizado em substituição ao ágar Mueller-Hinton devido à sua disponibilidade e eficiência para o crescimento de *E. coli*, ainda que tal adaptação possa influenciar o diâmetro dos halos de inibição. Este protocolo acabou sendo selecionado para a execução do presente estudo devido à sua maior praticidade e uniformidade dos resultados.

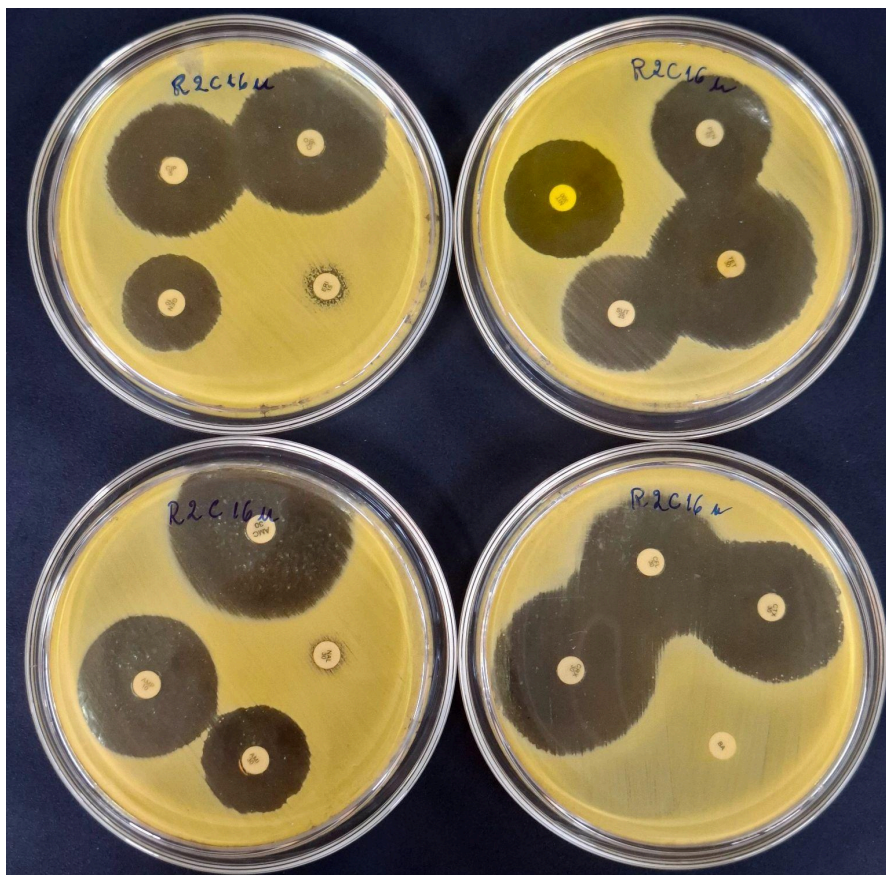
Figura 7 - Protocolo II antibiograma partindo diretamente de colônias isoladas



Nota: A representação esquemática ilustra as principais etapas operacionais do protocolo 2 testado.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a semeadura, os discos contendo os antimicrobianos (ácido nalidíxico, amicacina, amoxicilina com ácido clavulânico, ampicilina, bacitracina, cefalotina, cefotaxima, cefuroxima, ciprofloxacina, cloranfenicol, eritromicina, gentamicina, nitrofurantoina, penicilina G, sulfazotrim e tetraciclina) que já possuem concentrações específicas e padronizadas, foram aplicados sobre o meio sólido com auxílio de pinça estéril, sendo as placas incubadas em aerobiose por 18-24 h à 37 °C. Decorrido o período de incubação, os diâmetros dos halos de inibição (incluindo o disco) foram mensurados com o auxílio de um paquímetro universal digital 150mm (ZAAS Precision). Os resultados foram interpretados com base na tabela fornecida pela Liofilchem®, que classifica os isolados como sensíveis, moderadamente sensíveis ou resistentes, de acordo com critérios harmonizados a partir das diretrizes do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) e do European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST), (Liofilchem®, 2017).

Figura 8 - Placa de Petri contendo uma das amostras de *Escherichia coli*



Nota: Placa de Petri contendo a amostras R2C16u de *Escherichia coli* submetidos ao teste de suscetibilidade antimicrobiana pelo método de difusão em disco (Kirby-Bauer), em meio BHI solidificado, evidenciando os halos de inibição.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Os dados obtidos foram registrados em uma planilha e posteriormente utilizados para o cálculo do perfil de resistência das cepas de *E. coli* isoladas dos mananciais da Serra da Canastra.

4.5 Análise de dados

Os resultados obtidos a partir dos testes de difusão em disco foram expressos em milímetros (mm), correspondendo ao diâmetro total dos halos de inibição formados ao redor de cada disco de antibiótico. A classificação dos isolados quanto à suscetibilidade foi interpretada segundo os critérios preconizados pelo Liofilchem® (Tabela 1), e os resultados foram expostos por meio da elaboração de mapas de calor.

Tabela 1 - Critérios interpretativos do teste de difusão em disco (Kirby-Bauer) para *Escherichia coli*

Antibiótico			Cepa controle	Nível de susceptibilidade		
Nome	Sigla	Concentração no disco	-	Resistente	Moderadamente Sensível	Sensível
Ácido Nalidixico	NAL 30	30 µg	ATCC 25922	d≤21	21<d<29	d≥29
Amicacina	AMI 30	30 µg	ATCC 25922	d≤18	19<d<26	d≥27
Amoxicilina/Ácido Clavulânico	AMC 30	20/10 µg	ATCC 35218	d≤17	18<d<24	d≥25
Ampicilina	AMP 10	10 µg	ATCC 25922	d≤14	15<d<22	d≥23
Bacitracina	BA	-	Não aplicável	-	-	-
Cefalotina	CFL 30	30 µg	ATCC 25922	d≤14	15<d<21	d≥22
Cefotaxima	CTX 30	30 µg	ATCC 25922	d≤28	29<d<35	d≥36
Cefuroxíma	CRX 30	30 µg	ATCC25922	d≤19	20<d<26	d≥27
Ciprofloxacina	CIP 5	5 µg	ATCC 25922	d≤29	30<d<40	d≥41
Cloranfenicol	CLO 30	30 µg	ATCC 25922	d≤20	21<d<27	d≥28
Eritromicina	ERI 15	15 µg	Não aplicável	-	-	-
Gentamicina	GEN 10	10 µg	ATCC 25922	d≤18	19<d<26	d≥27
Nitrofurantoina	NIT 300	300 µg	ATCC 25922	d≤19	20<d<25	d≥26
Penicilina G	PEN 10U	10 µg	Não aplicável	-	-	-
Sulfazotrim (trimetoprim-sulfametoxazol)	SUT 25	25 µg	ATCC 25922	d≤22	23<d<29	d≥30
Tetraciclina	TET 30	30 µg	ATCC 25922	d≤17	18<d<25	d≥26

Nota: Os valores de "d" representam o diâmetro da zona de inibição medido em milímetros (mm). As siglas dos antibióticos e as respectivas concentrações seguem as recomendações de padronização para testes de suscetibilidade. O termo "Não aplicável" refere-se a fármacos para os quais não existem pontos de corte estabelecidos para a espécie *Escherichia coli* segundo a base de dados consultada.

Fonte: Elaborado pela autora (2025) com base nos dados de Liofilchem® (2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, foram analisados 214 isolados de *Escherichia coli* provenientes de mananciais utilizados por propriedades produtoras de Queijo Minas Artesanal Canastra, contemplando amostragens realizadas nos períodos seco e chuvoso. Na estação seca, foram obtidos 118 isolados, os quais apresentaram crescimento adequado e foram integralmente incluídos na análise do teste de antibiograma. Já na estação úmida, foram

inicialmente obtidos 96 isolados; entretanto 12 não apresentaram crescimento após a reativação, resultando em um total de 84 isolados viáveis para a realização do teste.

Na estação seca, os 118 isolados de *E. coli* foram distribuídos entre os diferentes mananciais da seguinte forma: Rio 1: 11 isolados; Rio 2: 5 isolados; Rio 3: 6 isolados; Rio 4: 1 isolado; Rio 5: 9 isolados; Rio 6: 4 isolados; Rio 7: 3 isolados; Rio 8: 19 isolados; Rio 9: 18 isolados; Rio 10: 20 isolados; Rio 11: 5 isolados; Rio 12: 17 isolados, como é possível visualizar na Tabela 2.

Já na estação úmida (Tabela 3), a distribuição dos 84 isolados ocorreu da seguinte forma: Rio 1: 4 isolados; Rio 2: 13 isolados; Rio 3: 2 isolados; Rio 4: 5 isolados; Rio 5: 5 isolados; Rio 6: 5 isolados; Rio 7: 15 isolados; Rio 8: 10 isolados; Rio 9: 4 isolados; Rio 10: 8 isolados; Rio 11: 5 isolados; Rio 12: 8 isolados. Observa-se, em ambos os períodos, uma distribuição desigual dos isolados entre os mananciais, com maior concentração nos rios 8, 9, 10 e 12 durante a estação seca, e nos rios 2, 7 e 8 durante o período chuvoso, decorrente da perda de amostras durante as diferentes etapas do experimento, desde a coleta até o congelamento das amostras.

Tabela 2 - Distribuição dos isolados de *Escherichia coli* provenientes de mananciais amostrados na estação seca

Código do isolado	Rio de origem	Estação
R1C1s	Rio 1	Seca
R1C2s	Rio 1	Seca
R1C3s	Rio 1	Seca
R1C4s	Rio 1	Seca
R1C5s	Rio 1	Seca
R1C6s	Rio 1	Seca
R1C7s	Rio 1	Seca
R1C8s	Rio 1	Seca
R1C9s	Rio 1	Seca
R1C10s	Rio 1	Seca
R1C11s	Rio 1	Seca
R2C2s	Rio 2	Seca

R2C3s	Rio 2	Seca
R2C4s	Rio 2	Seca
R2C5s	Rio 2	Seca
R2C6s	Rio 2	Seca
R3C1s	Rio 3	Seca
R3C2s	Rio 3	Seca
R3C3s	Rio 3	Seca
R3C4s	Rio 3	Seca
R3C5s	Rio 3	Seca
R3C6s	Rio 3	Seca
R4C1s	Rio 4	Seca
R5C1s	Rio 5	Seca
R5C2s	Rio 5	Seca
R5C3s	Rio 5	Seca
R5C4s	Rio 5	Seca
R5C5s	Rio 5	Seca
R5C6s	Rio 5	Seca
R5C7s	Rio 5	Seca
R5C8s	Rio 5	Seca
R5C9s	Rio 5	Seca
R6C1s	Rio 6	Seca
R6C2s	Rio 6	Seca
R6C3s	Rio 6	Seca
R6C4s	Rio 6	Seca
R7C1s	Rio 7	Seca
R7C2s	Rio 7	Seca
R7C3s	Rio 7	Seca
R8C1s	Rio 8	Seca

R8C2s	Rio 8	Seca
R8C3s	Rio 8	Seca
R8C4s	Rio 8	Seca
R8C5s	Rio 8	Seca
R8C6s	Rio 8	Seca
R8C7s	Rio 8	Seca
R8C8s	Rio 8	Seca
R8C9s	Rio 8	Seca
R8C10s	Rio 8	Seca
R8C11s	Rio 8	Seca
R8C12s	Rio 8	Seca
R8C13s	Rio 8	Seca
R8C14s	Rio 8	Seca
R8C15s	Rio 8	Seca
R8C16s	Rio 8	Seca
R8C17s	Rio 8	Seca
R8C18s	Rio 8	Seca
R8C19s	Rio 8	Seca
R9C2s	Rio 9	Seca
R9C3s	Rio 9	Seca
R9C4s	Rio 9	Seca
R9C5s	Rio 9	Seca
R9C6s	Rio 9	Seca
R9C7s	Rio 9	Seca
R9C8s	Rio 9	Seca
R9C9s	Rio 9	Seca
R9C10s	Rio 9	Seca
R9C11s	Rio 9	Seca

R9C12s	Rio 9	Seca
R9C13s	Rio 9	Seca
R9C14s	Rio 9	Seca
R9C15s	Rio 9	Seca
R9C16s	Rio 9	Seca
R9C17s	Rio 9	Seca
R9C18s	Rio 9	Seca
R9C19s	Rio 9	Seca
R10C1s	Rio 10	Seca
R10C2s	Rio 10	Seca
R10C3s	Rio 10	Seca
R10C4s	Rio 10	Seca
R10C5s	Rio 10	Seca
R10C6s	Rio 10	Seca
R10C7s	Rio 10	Seca
R10C8s	Rio 10	Seca
R10C9s	Rio 10	Seca
R10C10s	Rio 10	Seca
R10C11s	Rio 10	Seca
R10C12s	Rio 10	Seca
R10C13s	Rio 10	Seca
R10C14s	Rio 10	Seca
R10C15s	Rio 10	Seca
R10C16s	Rio 10	Seca
R10C17s	Rio 10	Seca
R10C18s	Rio 10	Seca
R10C19s	Rio 10	Seca
R10C20S	Rio 10	Seca

R11C1s	Rio 11	Seca
R11C2s	Rio 11	Seca
R11C3s	Rio 11	Seca
R11C4s	Rio 11	Seca
R11C5s	Rio 11	Seca
R12C1s	Rio 12	Seca
R12C2s	Rio 12	Seca
R12C3s	Rio 12	Seca
R12C4s	Rio 12	Seca
R12C5s	Rio 12	Seca
R12C6s	Rio 12	Seca
R12C7s	Rio 12	Seca
R12C8s	Rio 12	Seca
R12C9s	Rio 12	Seca
R12C10s	Rio 12	Seca
R12C11s	Rio 12	Seca
R12C12s	Rio 12	Seca
R12C13s	Rio 12	Seca
R12C14s	Rio 12	Seca
R12C15s	Rio 12	Seca
R12C16s	Rio 12	Seca
R12C17s	Rio 12	Seca

Nota: Os códigos dos isolados (ex: R1C1s) detalham o rio de origem, o número da coleta ("c") e a estação do ano ("s" para seca). A tabela apresenta a listagem completa dos isolados obtidos para ambos os rios monitorizados.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Tabela 3 - Distribuição dos isolados de *Escherichia coli* provenientes de mananciais amostrados na estação úmida

Código do isolado	Rio de origem	Estação
R1C1u	Rio 1	Úmida
R1C2u	Rio 1	Úmida
R1C3u	Rio 1	Úmida
R1C4u	Rio 1	Úmida
R2C1u	Rio 2	Úmida
R2C2u	Rio 2	Úmida
R2C4u	Rio 2	Úmida
R2C5u	Rio 2	Úmida
R2C6u	Rio 2	Úmida
R2C7u	Rio 2	Úmida
R2C8u	Rio 2	Úmida
R2C10u	Rio 2	Úmida
R2C11u	Rio 2	Úmida
R2C12u	Rio 2	Úmida
R2C14u	Rio 2	Úmida
R2C15u	Rio 2	Úmida
R2C16u	Rio 2	Úmida
R2C17u	Rio 2	Úmida
R3C1u	Rio 3	Úmida
R3C2u	Rio 3	Úmida
R3C3u	Rio 3	Úmida
R3C4u	Rio 3	Úmida
R3C5u	Rio 3	Úmida
R3C6u	Rio 3	Úmida
R3C7u	Rio 3	Úmida
R3C8u	Rio 3	Úmida

R3C9u	Rio 3	Úmida
R3C10u	Rio 3	Úmida
RC311u	Rio 3	Úmida
R4C1u	Rio 4	Úmida
R4C2u	Rio 4	Úmida
R4C3u	Rio 4	Úmida
R4C4u	Rio 4	Úmida
R4C5u	Rio 4	Úmida
R4C6u	Rio 4	Úmida
R5C1u	Rio 5	Úmida
R5C2u	Rio 5	Úmida
R5C3u	Rio 5	Úmida
R5C4u	Rio 5	Úmida
R5C5u	Rio 5	Úmida
R6C2u	Rio 6	Úmida
R6C3u	Rio 6	Úmida
R6C4u	Rio 6	Úmida
R6C5u	Rio 6	Úmida
R6C6u	Rio 6	Úmida
R6C7u	Rio 6	Úmida
R7C1u	Rio 7	Úmida
R7C2u	Rio 7	Úmida
R7C3u	Rio 7	Úmida
R7C4u	Rio 7	Úmida
R7C5u	Rio 7	Úmida
R7C6u	Rio 7	Úmida
R7C7u	Rio 7	Úmida
R7C8u	Rio 7	Úmida

R7C9u	Rio 7	Úmida
R7C10u	Rio 7	Úmida
R7C11u	Rio 7	Úmida
R7C12u	Rio 7	Úmida
R7C13u	Rio 7	Úmida
R7C14u	Rio 7	Úmida
R7C15u	Rio 7	Úmida
R8C1u	Rio 8	Úmida
R8C2u	Rio 8	Úmida
R8C3u	Rio 8	Úmida
R8C4u	Rio 8	Úmida
R8C5u	Rio 8	Úmida
R8C6u	Rio 8	Úmida
R8C7u	Rio 8	Úmida
R8C8u	Rio 8	Úmida
R8C9u	Rio 8	Úmida
R8C10u	Rio 8	Úmida
R9C1u	Rio 9	Úmida
R9C2u	Rio 9	Úmida
R9C3u	Rio 9	Úmida
R9C4u	Rio 9	Úmida
R10C1u	Rio 10	Úmida
R10C2u	Rio 10	Úmida
R10C3u	Rio 10	Úmida
R10C4u	Rio 10	Úmida
R10C5u	Rio 10	Úmida
R10C6u	Rio 10	Úmida
R10C7u	Rio 10	Úmida

R10C8u	Rio 10	Úmida
R11C1u	Rio 11	Úmida
R11C2u	Rio 11	Úmida
R11C3u	Rio 11	Úmida
R11C4u	Rio 11	Úmida
R11C5u	Rio 11	Úmida
R12C1u	Rio 12	Úmida
R12C2u	Rio 12	Úmida
R12C3u	Rio 12	Úmida
R12C4u	Rio 12	Úmida
R12C5u	Rio 12	Úmida
R12C6u	Rio 12	Úmida
R12C7u	Rio 12	Úmida
R12C8u	Rio 12	Úmida

Nota: Os códigos dos isolados (ex: R1C1u) detalham o rio de origem, o número da coleta ("c") e a estação do ano ("u" para úmida). A tabela apresenta a listagem completa dos isolados obtidos para ambos os rios monitorizados.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Após a definição do número e da distribuição dos isolados analisados, procedeu-se à avaliação do perfil de suscetibilidade aos antibióticos por meio do teste de difusão em disco (Kirby-Bauer). Os valores dos halos de inibição, expressos em milímetros para cada antibiótico testado e para cada isolado de *E. coli* de seu respectivo rio, encontram-se apresentados nas Tabelas 4 e 5, referente, respectivamente, às estações seca e úmida.

Tabela 4 - Perfil de suscetibilidade antimicrobiana (halos de inibição em mm) dos isolados de *E. coli* da estação seca

Isolados	ANTIBIÓTICO															
	NAL 30	AMI 30	AMC 30	AMP 10	BA	CFL 30	CTX 30	CRX 30	CIP 5	CLO 30	ERI 15	GEN 10	NIT 300	PEN 10	SUT 25	TET 30
R1C1s	24	17,23	22,14	11,06	0	12,98	32,3	24,39	28,34	24,3	0	12,72	20	0	26,33	25,29
R1C2s	23,6	15,96	23,09	11,11	0	12,41	29,52	22,91	28,6	27,13	0	18,59	20,51	0	25,37	24,44
R1C3s	27,58	17,05	26,05	0	0	14,33	33,06	24,19	33,3	28,48	0	19,58	22,99	0	25,62	24,95
R1C4s	23,3	17,67	24,34	13,08	0	15,98	32,11	24,39	30,53	27,64	0	19,05	21,87	0	27,14	25,07
R1C5s	25,42	16,29	24,66	15,38	0	16,5	31,63	22,37	31,72	29,3	0	18,58	20,29	0	23,79	24,11
R1C6s	27,39	18,72	24,08	12,68	0	14,16	32,27	25,79	33,5	29,19	0	18,79	21,65	0	26,45	25,42
R1C7s	27,84	16,84	26,87	13,21	0	13,68	31,02	22,77	32,06	28,29	0	18,79	22,01	0	21,03	25,05
R1C8s	0	24,8	46,62	36,49	0	38,72	34,46	41,43	32,81	32,39	0	30,25	26,58	0	16,13	36,78
R1C9s	29,22	22,02	40,72	33,77	0	35,97	49,28	39,36	48,29	42,47	0	25,12	35,09	0	22,6	34,38
R1C10s	23,46	17,68	26,71	12,37	0	15,37	33,98	25,48	33,1	28,76	0	19,7	21,66	0	28,89	26,42
R1C11s	26,42	17,44	25,77	12	0	14,64	32,67	25,24	32,28	27,93	0	18,76	20,79	0	29,36	25,64
R2C2s	33,84	25,25	28,34	0	0	0	27,19	0	51,74	32,37	0	31,15	38,69	0	18,89	33,7
R2C3s	35,15	20,48	23,72	0	0	0	31,85	0	43,04	37,99	0	21,89	30,55	0	0	37,35
R2C4s	30,4	17,33	23,04	0	0	0	26,12	0	43,14	25,66	0	24,47	33,15	0	18,7	25,72
R2C5s	0	26,19	33,33	22,06	0	36,02	30,22	43,46	34,66	30,94	0	31,14	32,35	0	31,45	36,2
R2C6s	17,97	21,62	27,86	21,52	0	22,71	36,94	28,27	25,8	29,34	0	22,13	27,55	0	22,12	27,03
R3C1s	20,58	16,95	24,89	11,1	0	17,42	33,39	23,78	29,83	26,42	0	18,51	21,12	0	24,53	24,78
R3C2s	22,91	16,84	25,25	12,61	0	14,15	31,28	25,53	31,9	26,69	0	18,77	21,91	0	22,78	25,48
R3C3s	22,91	16,69	23,85	12,77	0	11,53	30,14	23,74	32,78	25,48	0	17,88	20,87	0	23,79	26,5
R3C4s	37,71	20,9	22,17	0	0	0	36,42	0	50,89	42	0	27	35,41	0	13,39	33,19
R3C5s	22,05	16,36	24,16	11,42	0	14,41	28,57	22,81	29,56	26,3	0	18	19,79	0	18,37	23,08
R3C6s	23,04	17,91	24,29	13,93	0	12,68	31,82	23,72	32,52	27,72	0	18,68	21,81	0	23,38	26,39
R4C1s	19,53	17,81	24,13	11,06	0	15,92	32,57	26,56	28,54	27,18	0	19,06	21,34	0	21,03	24,84
R5C1s	20,82	16,88	21,25	9,23	0	12,71	28,88	21,52	27,78	25,99	0	17,93	18,6	0	18,99	23,44
R5C2s	21,5	17,19	21,85	11,53	0	14,1	29,72	21,05	29,12	25,59	0	19,1	22,58	0	24,03	24,03
R5C3s	20,62	15,8	21,82	12,14	0	13,31	28,95	22,42	29,33	24,57	0	17,61	21,17	0	22,78	23,72
R5C4s	24,27	17,17	25,44	12,74	0	15,83	31,24	23,82	32,3	27,68	0	18,43	21,49	0	29,28	24,35
R5C5s	25,82	17,93	26,28	10,41	0	11,55	33,53	26,11	32,5	29,66	0	18,62	19,98	0	17,75	28,16
R5C6s	25,82	17,08	24,99	15,39	0	16,43	32,27	24,6	32,28	26,44	0	18,85	20,1	0	21,8	23,97
R5C7s	25,52	17,33	25,12	12,17	0	12,8	32,62	25,15	31,75	29,7	0	19,61	24,19	0	22,09	25,28
R5C8s	22,19	18,9	23,37	0	0	12,33	30,95	25,17	31,65	23,35	0	18,46	20,95	0	22,05	24,98
R5C9s	26,31	18,08	24,94	13,26	0	14,81	34,36	25,74	33,43	30,51	0	18,42	22,53	0	20,91	27,9
R6C1s	26,19	16,67	25,19	12,44	0	13,23	29,52	22,38	30,81	26,31	0	19,18	23,17	0	23,91	24,48
R6C2s	21,6	17,12	23,21	0	0	12,15	29,39	22,84	28,54	23,96	0	17,7	20,15	0	21,97	22,96
R6C3s	0	22,91	42,92	35,79	0	38,98	32,29	38,73	30,26	27,88	0	26,65	26	0	30,51	32,97
R6C4s	23,34	17,65	23,66	10,69	0	15,04	32,08	22,24	30,06	26,83	0	17,94	21,5	0	23,3	20,4
R7C1s	24,26p	16,42	24,7	14,95	0	15,31	30,85	21,06	29,58	29,41	0	18,25	15,07	0	25,14	15,83
R7C2s	23,92	16,5	24,97	13,65	0	13,86	31,15	23,37	32,13	27,93	0	17,8	22,58	0	26,25	25,38
R7C3s	23,46	14,56	22,89	12,29	0	15,89	30,16	21,23	30,02	26,33	0	19,4	21,72	0	20,31	17,7
R8C1s	26,66	18,2	25,52	13,18	0	0	33,87	21,98	33,56	28,59	0	18,34	14,42	0	24,53	16,72
R8C2s	23,97	17,74	22,6	12,63	0	11,89	33,43	24,55	31,61	28,92	0	19,56	24,28	0	22,89	27,04
R8C3s	23,27	17,39	23,94	14,06	0	17,37	32,66	22,99	29,11	29,77	0	18,53	19,71	0	20,4	26,04
R8C4s	42,62	19,37	15,56	0	0	0	38,64	0	53,87	45,3	0	24,96	49,75	0	31,32	44,91
R8C5s	21,02	17	24,24	13,11	0	14,49	31,72	22,87	30,72	26,25	0	19,8	24,03	0	22,93	23,68
R8C6s	23,75	17,26	25,27	12,06	0	16,06	32,55	22,92	33,59	28,21	0	18,55	22,43	0	21,43	24,49
R8C7s	13,75	24,17	33,89	22,37	0	35,95	34,12	40,55	34,87	31,77	0	28,03	26,6	0	25,5	34,45
R8C8s	21,1	17,4	25,95	11,23	0	0	30,05	22,79	28,91	25,59	0	18,97	21,07	0	25,83	16,39
R8C9s	0	19,39	10,38	0	0	0	20,89	0	33,27	29,39	0	24,36	27,44	0	22,75	33,1
R8C10s	40,19	21,26	9,87	0	0	0	37,24	0	52,36	42,67	0	25,47	40,82	0	28,44	39,52
R8C11s	22,55	17,12	23,1	12,22	0	15,12	30,91	23,84	30,52	27,5	0	19,58	20,57	0	24,48	24,4
R8C12s	19,99	17,46	24,74	14,45	0	16,18	27,15	24,52	33,99	28,86	0	18,74	25,89	0	20,67	25,1
R8C13s	26,14	17,19	19,94	13,05	0	0	34,59	14,6	32,12	29,46	0	20,82	16,57	0	26,54	12,67
R8C14s	23,91	17,53	25,72	14,69	0	15,32	33	24,94	36,6	28,9	0	19,9	22,78	0	24,04	25,66
R8C15s	22,33	16,53	21,64	10,13	0	0	31,76	20,52	30,09	30,6	0	18,53	15,36	0	23,81	18,94
R8C16s	24,15	17,63	23,15	11,62	0	17,44	32,75	24,72	31,2	28,35	0	18,77	21,15	0	21,82	25,66
R8C17s	20,89	17,42	22,97	12,34	0	16,51	32,15	24,08	30,2	27,79	0	19,87	20,49	0	22,56	26,63
R8C18s	27,45	17,33	23,91	15,71	0	17,42	32,73	25,55	31,68	28,67	0	19,78	23,71	0	27,97	26,8
R8C19s	25,3	15,85	23,46	15,49	0	16,93	33,61	25,2	33,75	30,51	0	18,58	23,42	0	24,45	26,27
R9C2s	24,79	17,21	22,64	14,07	0	16,24	31,1	23,05	29,1	29,53	0	18,53	20,87	0	28,23	23,93
R9C3s	25,62	15,63	22,49	16,23	0	17,03	30,23	23,65	29,61	27,37	0	18,82	20,87	0	26,05	23,59
R9C4s	22,03	15,32	16,39	6,55	0	0	14,27	0	27,69	24,85	0	16,65	21,08	0	20,77	23,38
R9C5s	27,02	18,73	17,44	17,63	0	0	0	17,5	29,66	27,33	0	19,29	23,47	0	26,87	24,52
R9C6s	24,63	16,51	24,05	12,99	0	18,19	34,17	26,58	33,96	27,76	0	18,8	23,52	0	23,13	17,55
R9C7s	24,28	18,03	23,23	14,55	0	16,51	33,68	25,13	33,12	28,99	0	18,45	23,42	0	27,35	26,85
R9C8s	22,23	17,03	24,29	11,21	0	14,67	30,69	22,49	38,28	27,87	0	19,19	20,29	0	27,04	26,37
R9C9s	23,19	16,96	23,71	12,15	0	15,45	31,19	22,85	30,16	29,44	0	18,9	22,22	0	25,41	25,7
R9C10s	24,84	18,03	24,41	14,21	0	16,98	31,92	24,26	32,02	28,78	0	19,48	22,3	0	28,65	24,84
R9C11s	22,38	16,21	17,57	15,72	0	17,44	17,61	22,48	28,74	26,84	0	18,56	21,1	0	14,68	24,05
R9C12s	25,4	17,12	23,41	14,05	0	17,6	32,37	24,18	34,8	30,26	0	18,7	21,06	0	28,29	25,36
R9C13s	24,1	17,62	23,8	16,13	0	10,58	29,61	21,19	28,68	25,29	0	18,54	19,89	0	16,64	23,11
R9C14s	13,32	17,32	22,9	14,09	0	16,99	30,23	24,2	33,14	22,84	0	18	21,6	0	24,08	24,45
R9C15s	21,94	16,44	23,03	13	0	14,64	30,16	21,59	29,45	26,67	0	18,9	19,59	0	18,77	23,42
R9C16s	23,6	16,73	25,06	17,5	0	16,6	31,36	23,62	30,11	26,57	0	19,34	22,1	0	20,62	24,3
R9C17s	27	18,03	24,3	14,65	0	15,53	35,41	26,07	33,57	31,92	0	20,98	24,44	0	27,08	27,32
R9C18s	27,38	18,06	24,92	18,09	0	20,14	35,1	26,5	35,17	33,34	0	20,8	22,9	0	27,9	26,65
R9C19s	28,18	18,31	27,12	14,18	0	18,84	35,16	26,92	39,78	30,08	0	20,66	23,83	0	24,5	

R10C7s	24,25	16,7	22,64	16,43	0	16,65	32,07	25,78	32,5	28,78	0	19,65	22,58	0	26,06	24,83
R10C8s	23,99	16,98	24,34	12,25	0	16,89	33,26	26	33,38	26,65	0	19,12	23,45	0	27,25	28,38
R10C9s	7,24	18,71	19,95	9,69	0	11,9	32,5	24,22	27,97	28,52	0	20	24,82	0	24,92	25,84
R10C10s	25,19	16,08	23,74	16,61	0	18,22	33,05	25,4	32,97	27,74	0	20,3	26,95	0	23,48	25,1
R10C11s	21,92	16,39	23,35	17,42	0	13,28	27,6	19,94	29,93	29,25	0	18,71	20,85	0	22,43	24,03
R10C12s	21,49	15,82	20,31	12,57	0	13,43	28,03	23,23	28,12	26,73	0	18,93	19,64	0	23,13	24,18
R10C13s	24,48	16,83	25,26	17,98	0	17,4	30,9	23,06	29,94	28	0	18,88	21,68	0	26,2	23,77
R10C14s	23,4	15,55	20,9	11,26	0	16,09	29,2	23,45	28,04	26,66	0	16,84	19,98	0	24,41	23,59
R10C15s	23,66	16,82	26,43	18,85	0	17,86	32,8	25,41	30,24	29,8	0	15,77	23,59	0	27,1	24,31
R10C16s	23,85	17,4	26,96	11,87	0	21,9	33,33	24,77	31,74	30,89	0	16,69	23,58	0	17,17	25,84
R10C17s	20,92	16,44	23,75	9,33	0	18,58	34,06	25,54	33,35	28,08	0	19,68	23,38	0	22,15	26,88
R10C18s	23,27	16,66	22,42	12,88	0	14,51	29,69	22,14	28,33	24,42	0	16,8	22,02	0	16,72	25,8
R10C19s	19,79	16,38	25,98	10,33	0	20,41	35	26,43	31,97	30,47	0	18,71	18,91	0	28,62	26,53
R10C20s	14,37	20,72	25,4	18,9	0	21,51	36,93	26,85	25,36	30,32	0	18,54	25,38	0	9,84	26,86
R11C1s	23,77	16,45	23,24	15,52	0	17,25	31,65	24,65	29,76	23,83	0	18,13	20,43	0	22,9	24,15
R11C2s	21,74	16,9	21,4	9,04	0	16,03	32,31	24,2	36,98	29,09	0	18,93	22,81	0	26,03	26,55
R11C3s	27	15,57	24,92	15,95	0	13,88	31,28	23,2	30,14	25,22	0	18,46	22,48	0	26,36	24,26
R11C4s	23,48	17,01	22	11,27	0	14,64	31,75	24,99	31,45	27,05	0	17,61	20,68	0	20,96	24,85
R11C5s	22,11	15,71	21,75	12,64	0	13,25	29,41	21,41	34,75	22,68	0	16,16	18,66	0	18,9	22,49
R12C1s	24,18	16,68	29,01	21,88	0	19,85	32,83	24,73	30,27	28,4	0	16,22	20,12	0	22,45	22,76
R12C2s	24,17	15,54	28,25	22,48	0	20,77	33,44	25,2	29,1	28,71	0	15,76	23,3	0	0	9,67
R12C3s	17,87	15,98	13,98	0	0	12,62	30	22,79	28,5	21,61	0	17,02	20,26	0	0	0
R12C4s	24,1	20,38	24,18	11,96	0	15,14	34,32	26,7	28,71	28,21	0	18,85	24,38	0	10,98	26,66
R12C5s	24,98	19,19	26,08	14,35	0	19,29	34,78	27,31	34,47	29,09	0	19,59	22,19	0	22,98	28,16
R12C6s	22,76	16,86	25,48	15	0	11,91	32,12	22,24	31,01	26,73	0	19,74	21,96	0	16,48	27,06
R12C7s	24,12	18,86	25,17	14,16	0	14,02	33,98	26,97	32,16	30,3	0	18,83	22,41	0	18,95	25,15
R12C8s	24,82	17,81	21,51	13,16	0	12,82	33,13	25,35	32,02	29,05	0	19,15	21,62	0	21,61	26,02
R12C9s	23,42	17,59	24	14,28	0	13,68	32,09	24,52	31,38	30	0	19,27	22,31	0	25,17	25,56
R12C10s	27,15	16,4	26,85	15,9	0	16,35	32,51	25,57	31,21	28,6	0	16,79	22,47	0	27,83	24,47
R12C11s	21,62	17,09	24,46	12,7	0	13,64	31,43	23,24	30,81	28,76	0	19,86	18,97	0	10,93	25,12
R12C12s	22,46	15,81	24,91	15,15	0	11,79	31,57	23,81	29,82	27,58	0	18,18	21,45	0	24,81	26,05
R12C13s	25,71	17,11	24,55	16,22	0	13,85	31,77	23,81	32,3	30,06	0	18	21,91	0	19,84	25,33
R12C14s	20,67	15,69	25,18	13,47	0	15,88	30,71	23,67	28,23	27	0	15,76	20,07	0	19,62	23,23
R12C15s	25,53	15,8	23,3	11,45	0	13,79	30,75	22,37	36,68	29,48	0	17,15	20,71	0	24,93	24,23
R12C16s	13,16	20,36	43,39	36,88	0	39,22	33,12	38,56	32,88	34,44	0	22,79	24,48	0	22,58	34,85
R12C17s	23,86	16,65	23,56	12,61	0	17,02	30,14	24,74	30,14	28	0	18,05	22,65	0	23,99	26,04

Nota: Os valores representam o diâmetro dos halos de inibição em milímetros (mm). O valor "0" indica a ausência total de halo de inibição ao redor do disco de antibiótico. Os códigos dos isolados identificam o rio (R1/R2), o número da coleta (C) e a estação seca (s).

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Tabela 5 - Perfil de suscetibilidade antimicrobiana (halos de inibição em mm) dos isolados de *E. coli* da estação úmida

Isolados	ANTIBIÓTICO															
	NAL 30	AMI 30	AMC 30	AMP 10	BA	CFL 30	CTX 30	CRX 30	CIP 5	CLO 30	ERI 15	GEN 10	NIT 300	PEN 10	SUT 25	TET 30
R1C1u	29,7	17,17	27,25	22,34	0	15,47	35,08	28,96	34,19	32,7	11,5	15,43	23,72	0	25,55	30,8
R1C2u	28,76	17,29	32,44	14,86	0	14,14	32,8	24,87	34,58	32,6	9,18	15,72	22,68	0	26,18	31,44
R1C3u	31,6	17,22	30,72	21,09	0	17,58	34,14	27,53	48,12	32,08	9,96	15,27	21,37	0	31,86	30,89
R1C4u	26,2	16,86	29,42	12,7	0	13,44	33,88	24,07	33,08	31,76	0	14,98	22,13	0	27,1	28,61
R2C1u	35,99	20,1	28,53	0	0	0	34,47	0	45,14	35,6	0	19,21	31,12	0	15,16f	30,2
R2C2u	39,58	21,35	26,84	0	0	0	27,46	0	50,93	40,03	0	23	36,48	0	27,76	40,87
R2C4u	49,4	15,06	21,39	0	0	0	33,68	0	52,69	36,21	0	19,16	35,32	0	17,48	34,36
R2C5u	33,11	24,44	29,18	0	0	0	28,24	0	42,59	35,12	0	20,34	31,87	0	14,94	31,57
R2C6u	14,8	16,8	17,69	0	0	0	30,01	0	34,4	29,63	0	16,7	25,7	0	15,88	18,06
R2C7u	37,04	18,18	26,73	0	0	0	31,14	0	46,11	36,29	0	18,94	32,4	0	14,85	32,56
R2C8u	36,56	17,38	21,31	0	0	0	29,77	0	45,93	29,12	0	17,37	30,89	0	24,12	29,17
R2C10u	38,2	18,96	23,03	0	0	0	35,15	0	46,68	31,33	0	17,85	30,37	0	15,92	30,89
R2C11u	40,1	26,65	33,95	8,9	0	8,92	28,43	0	45,53	36,02	0	21,83	32,66	0	25,2	40,81
R2C12u																
R2C14u	52,38	25,05	40,08	0	0	0	44,59	12,94	59	46,43	0	19,68	43,18	0	23,87	41,78
R2C15u	38,37	18,38	26,16	0	0	0	37,66	0	46,89	33,57	0	17,64	32,67	0	15,3f	31,17
R2C16u	0	24,68	41,87	32,19	0	33,5	32,28	37,52	31,42	35,7	8	22,79	28,72	27,95	28,73	38,88
R2C17u	0	25,29	46,7	36,58	0	39,79	36,3	40,88	32,62	39,6	10	23,55	29,99	32,05	25,93	43,44
R3C1u																
R3C2u																
R3C3u	0	23,77	39,81	29,61	0	35,27	28,85	36,36	29,96	32,64	27,15	22,93	25,45	27,4	19,22	34,74
R3C4u	37,74	18,07	25	0	0	0	34,2	0	42,74	32,32	0	18,05	31,14	0	18	30,48
R3C5u																
R3C6u																
R3C7u																
R3C8u																
R3C9u																
R3C10u																
R3C11u																
R4C1u	23,56	15,88	23,79	12,61	0	9,99	31,28	24,37	31,65	27,91	0	14,47	21,97	0	28,19	29,08
R4C2u	23,01	16,42	31,36	16,93	0	12,81	33,03	24,2	31,28	28,09	8,3	15,03	20,49	0	24,73	28,42
R4C3u	26,3	16,16	21,5	0	0	14,49	32,48	24,22	31,22	10,49	0	14,64	21,59	0	21,5	11,16
R4C4u	27,65	18,38	28,36	15,23	0	14,42	31,84	22,98	34,64	31,54	15,33	15,58	21,6	0	30,62	32,43
R4C5u	26,37	15,74	31,76	17,62	0	14,5	31,13	22,89	33,11	30,43	0	14,64	21,26	0	22,26	25,46
R4C6u																
R5C1u	23,93	16,14	27,16	15	0	15,12	30,81	22,45	30,75	27,3	0	15,03	20,4	0	25,09	26,3
R5C2u	26,2	14,53	29,51	13,57	0	15,36	31,4	22,11	29,8	28,39	0	14,41	20,64	0	0	23,82
R5C3u	31,99	20,17	16,28	0	0	0	13,19	0	20,11	30,1	0	0	28,66	0	21,54	28,73
R5C4u	21,5	14,86	27,16	16,62	0	13,25	29,26	20,51	31,19	27,92	0	14,63	20,36	0	23,92	23,9
R5C5u	14,77	15,14	7	19,35	0	14,11	27,81	0	23,79	28,96	10,08	13,96	20,61	0	23,42	24,79
R6C2u	13,48	14,75	19,65	0	0	14,89	31,3	23	22,61	27,74	0	0	20,88	0	0	11,96
R6C3u																
R6C4u	16,27	15,06	22,01	0	0	18,95	32,14	25,94	26,49	29,33	0	15,32	24	0	0	13,78
R6C5u	17,46	17,87	32,81	20	0	21,84	36,13	27,99	27,72	29,46	0	16,37	24,04	0	26,03	31,06
R6C6u	16,19	15	21,08	0	0	16,17	31,24	23,43	24,23	29,83	0	14,48	20,62	0	0	12,41
R6C7u	14,63	16,93	14,08	0	0	0	17,49	0	28,23	21,85	0	16,85	26,25	0	0	13,88
R7C1u	39,72	16,77	22,36	0	0	0	24,08	0	51,31	26,1	0	19,22	31,67	0	21,26	30,6
R7C2u	55,9	24,6	36,75	0	0	0	24,96	0	58,09	27,28	0	20,4	36,8	0	11,87	51,34
R7C3u	28,37	16,18	30,34	18,69	0	13,75	30,98	24,3	35,91	31,48	10,57	16,26	23,02	0	27,41	28,52
R7C4u	25,12	14,57	30,12	15,93	0	14,11	30,74	22,84	30,17	29,4	0	13,95	20,29	0	25,1	28,16
R7C5u	36,67	16,42	25,4	0	0	0	27,19	0	48,82	26,07	0	15,97	33,6	0	26,49	31,23
R7C6u	25,32	16,09	22,69	17,69	0	13,86	30,93	21,76	30,49	26,86	10,63	14,58	19,83	0	25,3	27,38
R7C7u	23,47	16,27	23,55	0	0	0	0	0	32,66	25,99	0	16	22,63	0	27,51	29,3
R7C8u	29	14,61	25,32	15,2	0	16,3	29,92	22,77	30,8	30,14	10,02	14,35	21,6	0	26,51	26,46
R7C9u	22,07	14,14	26,27	15,62	0	15,74	29,03	22,3	30,29	27,05	0	13,31	21,58	0	24,99	26,44
R7C10u	39,89	16,58	26,28	10,22	0	0	28,45	0	49,42	31,14	0	18,22	31,02	0	20,23	28,39
R7C11u	29,62	13,86	21,16	0	0	0	28,26	0	31,41	26,67	10,08	13,84	21,95	0	24,09	25,15
R7C12u	35,67	15,14	13,5	0	0	0	0	0	43,62	28,55	0	16,4	13,15	0	28,2	26,67
R7C13u	24,08	14,06	22,95	15,49	0	13,66	24,17	21,42	32	28,58	0	14,81	22,5	0	27,75	29,78
R7C14u	25,59	16,01	27,08	16,7	0	14,61	32,88	22,67	32,25	30,81	0	15,58	21,19	0	25,83	29,83
R7C15u	23,72	16,16	10,12	17,16	0	0	26,36	20,5	26,6	27,87	0	15,15	19,05	0	24,7	27,01
R8C1u	33,4	13,24	24,86	16,38	0	0	31,29	0	34,7	29,17	0	13,97	23,43	0	21,66	27,17
R8C2u	24,36	16,74	19,08	0	-	0	18,54	0	30,69	21,64	0	13,82	20,47	0	24,81	28,92
R8C3u	31,96	22,37	31,9	8,69	0	15,9	32,34	20,02	38,44	35,56	10,23	20,17	27,62	0	33,3	32,12
R8C4u	29,53	14,08	27,31	17,87	-	15,91	30,48	23,78	33,7	31,11	9,89	13,71	21,16	0	25,84	25,91
R8C5u	26,34	15,54	30,41	17,56	-	11,8	32,09	24,08	31,28	28,98	0	14,09	20,95	0	25,38	26,36
R8C6u	27,46	15,09	29,99	16,61	-	15,67	31,64	25,6	34,19	28,7	8,3	14,08	20,2	0	25,28	25,7
R8C7u	27,38	14,3	23,74	0	-	15,39	29,55	23,03	31,28	29	0	12,78	22,07	0	27,17	26,58
R8C8u	38,2	19,32	29,65	0	-	0	24,18	0	49,21	28,65	0	17,4	31,16	0	22,79	33,34
R8C9u	35,34	20,79	25,36	0	-	0	24,65	0	44,9	27,54	0	19,17	31,32	0	26,19	30,63
R8C10u	31,47	18,01	32,21	21,6	-	19,51	38,29	31,35	34,2	33,5	9,89	15,84	23,74	0	28,18	28,66
R9C1u	24,71	17,6	30,39	7,2	0	23,85	31,56	22,54	35,71	31,42	0	16,27	10,24	0	29,45	31,02
R9C2u	23,67	15,54	25,69	17,78	-	15,79	33,59	23,73	34,39	22,33	10,65	14,93	20,74	0	26,78	27,7
R9C3u	23,05	14,88	18,88	17,47	-	0	29,04	25,05	30,32	29,74	0	13,49	20,91	0	28,46	26,21
R9C4u	25,31	15,09	23,46	14,85	-	16,45	31,58	22,6	32,8	29,73	0	14,08	22,58	0	26,93	28,5
R10C1u	23,39	15,56	29,06	12,32	-	16,16	33,02	21,86	31,75	27,89	0	13,55	21,1	0	28,33	26,32
R10C2u	26,89	15,79	29,31	17,79	-	14,67	31,86	23,99	30,03	28,81	0	13,54	21,45	0	27,69	29,78
R10C3u	28,77	15,54	28,19	17,94	-	13,68	32,2	24,61	31,68	27,9	0	14,36	21,19	0	27,85	28,17
R10C4u	30	16,28	30	18,74	-	15,42	32,02	23,67	29,95	28,58	0	14,26	20,65	0	26,22	26,9
R10C5u	15,11	27,42	37,92	23,46	0	35,79	37,6	41,04	35,68	37,76	0	24,06	28,86	0	32,2	40,54
R10C6u	26,13	15,46	26,67	16,6	0	17,84	30,95	22,57	33,97	29,87	0	14,5	23,29	0	26,82	27,94

R10C7u	28,5	16,23	26,14	18,9	0	17,23	30,76	22,96	34,84	32,16	0	14,9	23,79	0	29,99	30,26
R10C8u	26,04	15,66	26,48	13,7	0	16,22	33	24,59	33,55	31,52	0	15,3	25,2	0	29,76	29,58
R11C1u	26,23	14,1	29,83	21,12	0	23,14	32,51	22,99	35,15	29,15	0	13,92	22,65	0	29,2	27,6
R11C2u	36,68	12,35	13,37	0	0	0	15,4	0	49,03	17,89	0	15,6	35,23	0	24,75	32,3
R11C3u	28,29	15,63	21,59	0	0	14,64	22,03	23,52	34,22	27,15	0	15,24	21,63	0	26,94	27,24
R11C4u	42,97	13,54	0	0	0	0	9,38	0	51,37	22,39	0	17,37	37,99	0	24,36	29,81
R11C5u	29,59	15,32	31,27	18,4	0	18,8	37,07	26,2	37,68	29,9	0	15,45	26,69	0	30,8	32,09
R12C1u	27,4	15,15	27,49	18,76	0	20,21	38,19	29,53	35,37	33,06	0	14,7	24,8	0	28,72	33,69
R12C2u	26,24	15,16	28,94	12,67	0	17,64	33,76	25,42	37,08	29,48	0	14,9	23,6	0	28,74	28,34
R12C3u	29,92	14,79	32,72	24,02	0	21,68	36,96	27,25	36,18	29,67	0	14,88	22,44	0	24,66	30,37
R12C4u	33,55	12,72	32,61	23,12	0	19,57	40,3	31,82	40,36	31,64	0	17,43	29,76	0	34,69	34,65
R12C5u	43,04	10,46	16,77	0	0	0	9,75	0	53,43	28	0	16,88	35,89	0	25,96	31,4
R12C6u	23,85	12,94	0	0	0	0	27,36	18,98	37,61	31,74	0	17,57	18,56	0	27,77	28,8
R12C7u	29,37	15,59	30,55	16,42	0	16,46	36,1	25,2	38,1	31,67	0	15,84	21,75	0	27,56	29,25
R12C8u	30,78	15,88	30,4	18,43	0	15,81	35,67	27,11	37,1	32,77	0	16,53	20,82	0	28,33	28,98

Nota: Os valores representam o diâmetro dos halos de inibição em milímetros (mm). O valor "0" indica a ausência total de halo de inibição ao redor do disco de antibiótico. Os códigos dos isolados identificam o rio (R1/R2), o número da coleta (C) e a estação úmida (u). O hífen (-) indica que o teste de suscetibilidade não foi realizado para o respectivo isolado devido à indisponibilidade pontual do disco de antibiótico no momento do ensaio.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

A partir das medidas dos halos, realizou-se a interpretação dos resultados conforme os pontos de corte estabelecidos na tabela interpretativa e fornecida pela Liofilchem® sintetizados na Tabela 1, baseada nos critérios do CLSI e do EUCAST, permitindo a classificação dos isolados em sensíveis (S), moderadamente sensíveis, também chamados de sensibilidade intermediária (I) ou resistentes (R), sendo possível visualizar a classificação de cada isolado nas Tabela 6 e 7, referente, respectivamente, às estações seca e úmida.

Tabela 6 - Perfil qualitativo de suscetibilidade antimicrobiana dos isolados de *E. coli* da estação seca

Isolados	ANTIBIÓTICO															
	NAL 30	AMI 30	AMC 30	AMP 10	BA	CFL 30	CTX 30	CRX 30	CIP 5	CLO 30	ERI 15	GEN 10	NIT 300	PEN 10	SUT 25	TET 30
R1C1s	I	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	R	I	R	I	S
R1C2s	I	R	I	R	R	R	I	I	R	S	R	R	I	R	I	I
R1C3s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	I	I	R	I	I
R1C4s	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	I	S
R1C5s	I	R	S	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	I
R1C6s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R1C7s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R1C8s	R	I	S	S	R	S	I	S	I	S	R	S	S	R	R	S
R1C9s	S	I	S	S	R	S	S	S	S	S	R	I	S	R	R	S
R1C10s	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	I	S
R1C11s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	S	S
R2C2s	S	I	S	R	R	R	I	R	S	S	R	S	S	R	R	S
R2C3s	S	I	I	R	R	R	I	R	S	S	R	I	S	R	R	S
R2C4s	S	R	I	R	R	R	R	R	S	I	R	I	S	R	R	S
R2C5s	R	S	S	S	R	S	I	S	I	S	R	S	S	R	S	S
R2C6s	R	I	S	I	R	S	S	R	S	R	I	S	S	R	R	S
R3C1s	R	R	S	R	R	I	I	I	R	I	R	R	I	R	I	I
R3C2s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	I	R	R	I	R	R	S
R3C3s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	I	R	R	I	R	I	S
R3C4s	S	I	I	R	R	R	S	R	S	S	R	S	S	R	R	S
R3C5s	I	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	R	R	R	R	I
R3C6s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R4C1s	R	R	I	R	R	I	I	S	R	S	R	I	I	R	R	I
R5C1s	R	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	R	R	R	R	I
R5C2s	R	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	I	I	R	I	I
R5C3s	R	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	R	I	R	R	I
R5C4s	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	S	I
R5C5s	I	R	S	R	R	R	I	S	I	S	R	R	R	R	R	S
R5C6s	I	R	S	I	R	I	I	I	I	I	R	R	I	R	R	I
R5C7s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	I	I	R	R	S
R5C8s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	I	R	R	I	R	R	I
R5C9s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	R	S
R6C1s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	I	R	I	I	R	I	I
R6C2s	R	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	R	I	R	R	I
R6C3s	R	I	S	S	R	S	I	S	I	S	R	S	S	R	S	S
R6C4s	I	R	I	R	R	I	I	I	I	I	R	R	S	R	I	I
R7C1s	I	R	S	R	R	I	I	I	R	S	R	R	R	R	I	R
R7C2s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	I
R7C3s	I	R	I	R	R	I	I	I	I	I	R	I	I	R	R	R
R8C1s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	R	R	R	I	R
R8C2s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	S	R	I	I	R	R	S
R8C3s	I	R	I	R	R	I	I	I	R	S	R	R	R	R	R	S
R8C4s	S	I	R	R	R	R	S	R	S	S	R	I	S	R	S	S
R8C5s	R	R	S	R	R	R	I	I	I	I	R	I	I	R	R	I
R8C6s	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	R	I
R8C7s	R	I	S	S	R	S	I	S	I	S	R	S	S	R	I	S
R8C8s	R	R	S	R	R	R	I	I	R	I	R	R	I	R	I	R
R8C9s	R	I	R	R	R	R	R	R	I	S	R	I	S	R	R	S
R8C10s	S	I	R	R	R	R	S	R	S	S	R	I	S	R	I	S
R8C11s	I	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	I	I
R8C12s	R	R	S	R	R	I	R	I	I	S	R	R	S	R	R	S
R8C13s	I	R	I	R	R	R	I	R	I	S	R	I	R	R	I	R
R8C14s	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	I	S
R8C15s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	S	R	R	R	R	I	I
R8C16s	I	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	R	S
R8C17s	R	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	R	S
R8C18s	I	R	I	I	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	I	S
R8C19s	I	R	I	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R9C2s	I	R	I	R	R	I	I	I	R	S	R	R	I	R	I	I
R9C3s	I	R	I	I	R	I	I	I	R	S	R	R	I	R	I	I
R9C4s	I	R	R	R	R	R	R	R	R	I	R	R	I	R	R	I
R9C5s	I	R	R	I	R	R	R	R	R	S	R	I	I	R	I	I
R9C6s	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	R
R9C7s	I	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R9C8s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	I	I	R	I	S
R9C9s	I	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R9C10s	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	I	I
R9C11s	I	R	R	I	R	I	R	I	R	I	R	R	I	R	R	I
R9C12s	I	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R9C13s	I	R	I	I	R	R	I	I	R	I	R	R	R	R	R	I
R9C14s	R	R	I	R	R	I	I	I	I	I	R	R	I	R	I	I
R9C15s	R	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	R	R	R	R	I
R9C16s	I	R	S	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	R	R	I
R9C17s	I	R	S	R	R	I	S	S	I	S	R	I	I	R	I	S
R9C18s	I	R	S	I	R	I	S	S	I	S	R	I	I	R	I	S
R9C19s	S	R	S	R	R	I	S	S	I	S	R	I	I	R	I	S
R10C1s	I	R	S	I	R	I	S	S	I	S	R	I	I	R	I	S
R10C2s	I	I	S	I	R	I	I	S	I	S	R	I	I	R	I	S
R10C3s	I	R	S	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R10C4s	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	I	I	R	R	S
R10C5s	I	R	S	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	R	I	S
R10C6s	R	R	S	R	R	I	R	I	R	S	R	R	I	R	I	S

R10C7s	I	R	I	I	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	I	I
R10C8s	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	I	S
R10C9s	R	R	I	R	R	R	I	I	R	S	R	I	I	R	I	S
R10C10s	I	R	I	I	R	I	I	I	I	S	R	I	S	R	I	S
R10C11s	R	R	I	I	R	R	R	I	R	S	R	R	I	R	R	I
R10C12s	R	R	I	R	R	R	R	I	R	I	R	R	R	R	I	I
R10C13s	I	R	S	I	R	I	I	I	R	S	R	R	I	R	I	I
R10C14s	I	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	R	R	R	I	I
R10C15s	I	R	S	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	I
R10C16s	I	R	S	R	R	S	I	I	I	S	R	R	I	R	R	S
R10C17s	R	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	I	I	R	R	S
R10C18s	I	R	I	R	R	R	I	I	R	I	R	R	I	R	R	S
R10C19s	R	R	S	R	R	I	I	S	I	S	R	R	R	R	I	S
R10C20s	R	I	S	I	R	S	S	S	I	S	R	R	S	R	R	S
R11C1s	I	R	I	I	R	I	I	I	R	I	R	R	I	R	R	I
R11C2s	R	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R11C3s	I	R	S	I	R	R	I	I	I	I	R	R	I	R	I	I
R11C4s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	R	I
R11C5s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	I	R	R	R	R	R	I
R12C1s	I	R	S	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	R	I
R12C2s	I	R	S	S	R	I	I	I	R	S	R	R	I	R	R	R
R12C3s	R	R	R	R	R	R	I	I	R	I	R	R	I	R	R	R
R12C4s	I	I	S	R	R	I	I	S	R	S	R	R	I	R	R	S
R12C5s	I	I	S	R	R	I	I	S	I	S	R	I	I	R	R	S
R12C6s	I	R	S	I	R	R	I	I	I	I	R	I	I	R	R	S
R12C7s	I	R	S	R	R	R	I	S	I	S	R	R	I	R	R	S
R12C8s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	S	R	I	I	R	R	S
R12C9s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R12C10s	I	R	S	I	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	I
R12C11s	R	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	I	R	R	R	S
R12C12s	I	R	S	I	R	R	I	I	R	S	R	R	I	R	I	S
R12C13s	I	R	S	I	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	R	S
R12C14s	R	R	S	R	R	I	I	I	R	I	R	R	I	R	R	S
R12C15s	I	R	I	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	I
R12C16s	R	I	S	S	R	S	I	S	I	S	R	I	I	R	R	S
R12C17s	I	R	I	R	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S

Nota: Os dados representam a interpretação qualitativa do perfil de suscetibilidade dos isolados obtidos na estação seca, conforme os pontos de corte estabelecidos na Tabela 1. As legendas correspondem a: S (Sensível); I (Moderadamente Sensível) e R (Resistente). Os códigos dos isolados identificam o rio (R1/R2), o número da coleta (C) e a estação seca (s).

Fonte: Elaborado pela autora (2025) com base nos dados de Liofilchem® (2017).

Tabela 7 - Perfil qualitativo de suscetibilidade antimicrobiana dos isolados de *E. coli* da estação úmida












Isolados	ANTIBIÓTICO															
	NAL 30	AMI 30	AMC 30	AMP 10	BA	CFL 30	CTX 30	CRX 30	CIP 5	CLO 30	ERI 15	GEN 10	NIT 300	PEN 10	SUT 25	TET 30
R1C1u	S	R	S	S	R	I	S	S	I	S	S	R	I	R	I	S
R1C2u	S	R	S	R	R	R	I	I	I	S	S	R	I	R	I	S
R1C3u	S	R	S	I	R	I	I	S	S	S	S	R	I	R	S	S
R1C4u	I	R	S	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R2C1u	S	I	S	R	R	R	I	R	S	S	R	I	S	R	R	S
R2C2u	S	I	S	R	R	R	R	R	S	S	R	I	S	R	I	S
R2C4u	S	R	I	R	R	R	I	R	S	S	R	I	S	R	R	S
R2C5u	S	I	S	R	R	R	R	R	S	S	R	I	S	R	R	S
R2C6u	I	R	R	R	R	R	I	R	I	S	R	R	S	R	R	I
R2C7u	S	R	S	R	R	R	I	R	S	S	R	R	S	R	R	S
R2C8u	S	R	I	R	R	R	I	R	S	S	R	R	S	R	I	S
R2C10u	S	R	I	R	R	R	S	R	S	S	R	R	S	R	R	S
R2C11u	S	S	S	R	R	R	R	R	S	S	R	I	S	R	I	S
R2C12u																
R2C14u	S	I	S	R	R	R	S	R	S	S	R	I	S	R	I	S
R2C15u	S	R	S	R	R	R	S	R	S	S	R	R	S	R	R	S
R2C16u	R	I	S	S	R	S	I	S	I	S	S	I	S	S	I	S
R2C17u	R	I	S	S	R	S	S	S	I	S	S	I	S	S	I	S
R3C1u																
R3C2u																
R3C3u	R	I	S	S	R	S	R	S	R	S	S	I	S	S	R	S
R3C4u	S	R	S	R	R	R	I	R	S	S	R	R	S	R	R	S
R3C5u																
R3C6u																
R3C7u																
R3C8u																
R3C9u																
R3C10u																
RC311u																
R4C1u	I	R	I	R	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R4C2u	I	R	S	I	R	R	I	I	I	S	S	R	I	R	I	S
R4C3u	I	R	I	R	R	R	I	I	I	R	R	R	I	R	R	R
R4C4u	I	R	S	I	R	R	I	I	I	S	S	R	I	R	S	S
R4C5u	I	R	S	I	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	R	S
R4C6u																
R5C1u	I	R	S	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	S	S
R5C2u	I	R	S	R	R	I	I	I	R	S	R	R	I	R	R	I
R5C3u	S	I	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	S	R	R	S
R5C4u	I	R	S	I	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	I
R5C5u	R	R	R	I	R	R	R	R	R	S	S	R	I	R	I	I
R6C2u	R	R	I	R	R	R	I	I	R	S	R	R	I	R	R	R
R6C3u																
R6C4u	R	R	I	R	R	I	I	I	R	S	R	R	I	R	R	R
R6C5u	R	R	S	I	R	S	S	S	R	S	R	R	I	R	I	S
R6C6u	R	R	I	R	R	I	I	I	R	S	R	R	I	R	R	R
R6C7u	R	R	R	R	R	R	R	R	R	I	R	R	S	R	R	R
R7C1u	S	R	I	R	R	R	R	R	S	I	R	I	S	R	R	S
R7C2u	S	I	S	R	R	R	R	R	S	S	R	I	S	R	R	S
R7C3u	S	R	S	I	R	R	I	I	I	S	S	R	I	R	I	S
R7C4u	I	R	S	I	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R7C5u	S	R	S	R	R	R	R	R	S	I	R	R	S	R	I	S
R7C6u	I	R	I	I	R	R	I	I	I	I	S	R	R	R	I	S
R7C7u	I	R	I	R	R	R	R	R	I	I	R	R	I	R	I	S
R7C8u	S	R	S	I	R	I	I	I	I	S	S	R	I	R	I	S
R7C9u	I	R	S	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R7C10u	S	R	S	R	R	R	R	R	S	S	R	R	S	R	R	S
R7C11u	S	R	I	R	R	R	R	R	I	I	S	R	I	R	I	S
R7C12u	S	R	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	R	R	I	S
R7C13u	I	R	I	I	R	R	R	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R7C14u	I	R	S	I	R	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R7C15u	I	R	R	I	R	R	R	I	R	S	R	R	R	R	I	S
R8C1u	S	R	S	I	R	R	I	R	I	S	R	R	I	R	R	S
R8C2u	I	R	I	R	-	R	R	R	I	I	R	R	I	R	I	S
R8C3u	S	I	S	R	R	I	I	I	I	S	S	I	S	R	S	S
R8C4u	S	R	S	I	-	I	I	I	I	S	S	R	I	R	I	S
R8C5u	I	R	S	I	-	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R8C6u	I	R	S	I	-	I	I	I	I	S	S	R	I	R	I	S
R8C7u	I	R	I	R	-	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R8C8u	S	I	S	R	-	R	R	R	S	S	R	R	S	R	R	S
R8C9u	S	I	S	R	-	R	R	R	S	S	R	I	S	R	I	S
R8C10u	S	R	S	I	-	I	S	S	I	S	S	R	I	R	I	S
R9C1u	I	R	S	R	R	S	I	I	I	S	R	R	R	R	S	S
R9C2u	I	R	S	I	-	S	I	I	I	I	S	R	I	R	I	S
R9C3u	I	R	I	I	-	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R9C4u	I	R	I	R	-	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R10C1u	I	R	S	R	-	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R10C2u	I	R	S	I	-	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R10C3u	S	R	S	I	-	R	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R10C4u	S	R	S	I	-	I	I	I	R	S	R	R	I	R	I	S
R10C5u	R	S	S	S	R	S	S	S	I	S	R	I	S	R	S	S
R10C6u	I	R	S	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	I	S

R10C7u	S	R	S	I	R	I	I	I	I	S	R	R	I	R	S	S
R10C8u	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	R	R	S	R	S	S
R11C1u	I	R	S	I	R	S	I	I	I	S	R	R	I	R	S	S
R11C2u	S	R	R	R	R	R	R	R	S	R	R	R	S	R	I	S
R11C3u	S	R	I	R	R	R	R	I	I	S	R	R	I	R	I	S
R11C4u	S	R	R	R	R	R	R	R	S	I	R	R	S	R	I	S
R11C5u	S	R	S	I	R	I	S	I	I	S	S	R	S	R	S	S
R12C1u	I	R	S	I	R	I	S	S	I	S	S	R	I	R	I	S
R12C2u	I	R	S	R	R	I	I	I	I	S	S	R	I	R	I	S
R12C3u	S	R	S	S	R	S	S	S	I	S	R	R	I	R	I	S
R12C4u	S	R	S	S	R	I	S	S	S	S	R	R	S	R	S	S
R12C5u	S	R	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	S	R	I	S
R12C6u	I	R	R	R	R	R	R	R	I	S	R	R	R	R	I	S
R12C7u	S	R	S	I	R	I	S	S	I	S	R	R	I	R	I	S
R12C8u	S	R	S	I	R	I	S	S	I	S	R	R	I	R	I	S

Nota: Os dados representam a interpretação qualitativa do perfil de suscetibilidade dos isolados obtidos na estação úmida, conforme os pontos de corte estabelecidos na Tabela 1. As legendas correspondem a: S (Sensível); I (Moderadamente Sensível) e R (Resistente). Os códigos dos isolados identificam o rio (R1/R2), o número da coleta (C) e a estação úmida (u). O hífen (-) indica que o teste de suscetibilidade não foi realizado para o respectivo isolado devido à indisponibilidade pontual do disco de antibiótico no momento do ensaio. Fonte: Elaborado pela autora (2025) com base nos dados de Liofilchem® (2017).

Os valores dos diâmetros (d) dos halos dos discos de antibióticos foram tabulados em planilhas eletrônicas no software Microsoft Excel® 2019, de acordo com a amostra de cada rio coletado (Tabela 4 e Tabela 5). Posteriormente, as amostras foram classificadas quanto ao perfil de suscetibilidade (Tabela 6 e Tabela 7). Em seguida, para construção dos mapas de calor, aqueles que apresentaram perfil resistente denominamos como 1, moderadamente sensível como 2 e sensível como 3. Após isso, calculou-se a média dos valores dos diâmetros, utilizando esses números substitutos (1 a 3) para cada antibiótico, a fim de determinar o nível de suscetibilidade. A Tabela 8 foi utilizada como critério de coloração para realização dos mapas de calor, apresentados nas Figuras 9 e 10, referentes aos isolados obtidos na estação seca e chuvosa, respectivamente.

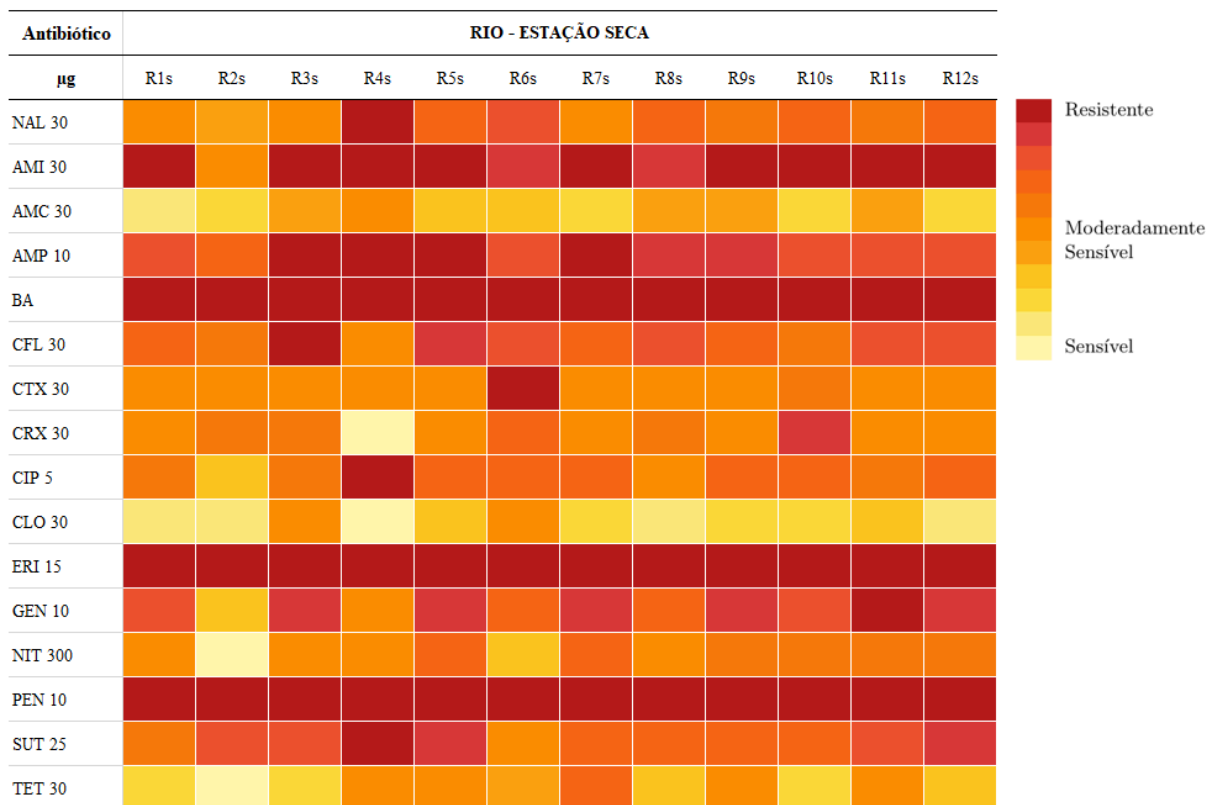
Tabela 8 - Critério de coloração para mapa de calor

Classe	Intervalo de \bar{V}	Nível de Susceptibilidade	Cor	Nome da Cor	HEX
1	$1.0 \leq \bar{V} < 1.2$	Resistente		Vermelho escuro	#B71C1C
2	$1.2 \leq \bar{V} < 1.4$			Vermelho médio	#D93A3A
3	$1.4 \leq \bar{V} < 1.6$			Vermelho-alaranjado	#EF5130
4	$1.6 \leq \bar{V} < 1.8$			Laranja avermelhado	#F66717
5	$1.8 \leq \bar{V} < 2.0$			Laranja intenso	#F97A0B
6	$2.0 \leq \bar{V} < 2.2$	Moderadamente Sensível		Laranja	#FB8C00
7	$2.2 \leq \bar{V} < 2.4$			Laranja amarelado	#FCA311
8	$2.4 \leq \bar{V} < 2.6$			Amarelo-alaranjado	#FDC320
9	$2.6 \leq \bar{V} < 2.8$			Amarelo forte	#FEDB3A
10	$2.8 \leq \bar{V} < 3.0$	Sensível		Amarelo claro	#FEEA78
11	3.0			Amarelo bem claro	#FFF7AE

Nota: Os dados apresentam a escala cromática utilizada para a geração do mapa de calor, baseada na média aritmética (\bar{V}) dos perfis de susceptibilidade (onde resistente = 1; Moderadamente Sensível = 2; Sensível = 3). O intervalo de cores em gradiente, identificado pelos códigos HEX, permite a visualização espacial da transição entre os níveis de resistência bacteriana para cada antibiótico e rio analisado.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

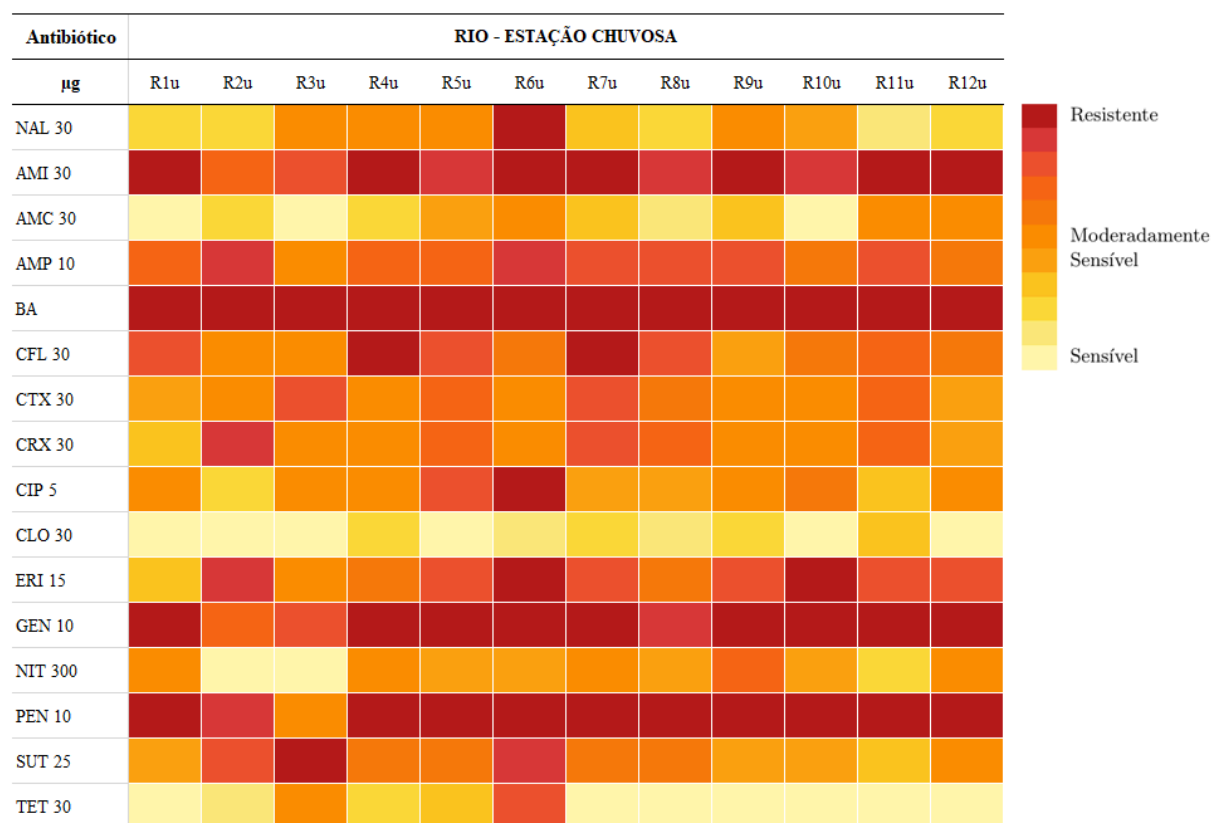
Figura 9 - Mapa de calor do perfil de resistência aos antibióticos de *Escherichia coli* isoladas de mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra durante a estação seca.



Nota: O mapa utiliza uma escala de cores para facilitar a visualização da resistência bacteriana em cada rio estudado da estação seca (R1 a R12). Os tons de vermelho escuro indicam os pontos de maior resistência, enquanto os tons amarelados mostram onde as bactérias são mais sensíveis aos antibióticos testados.

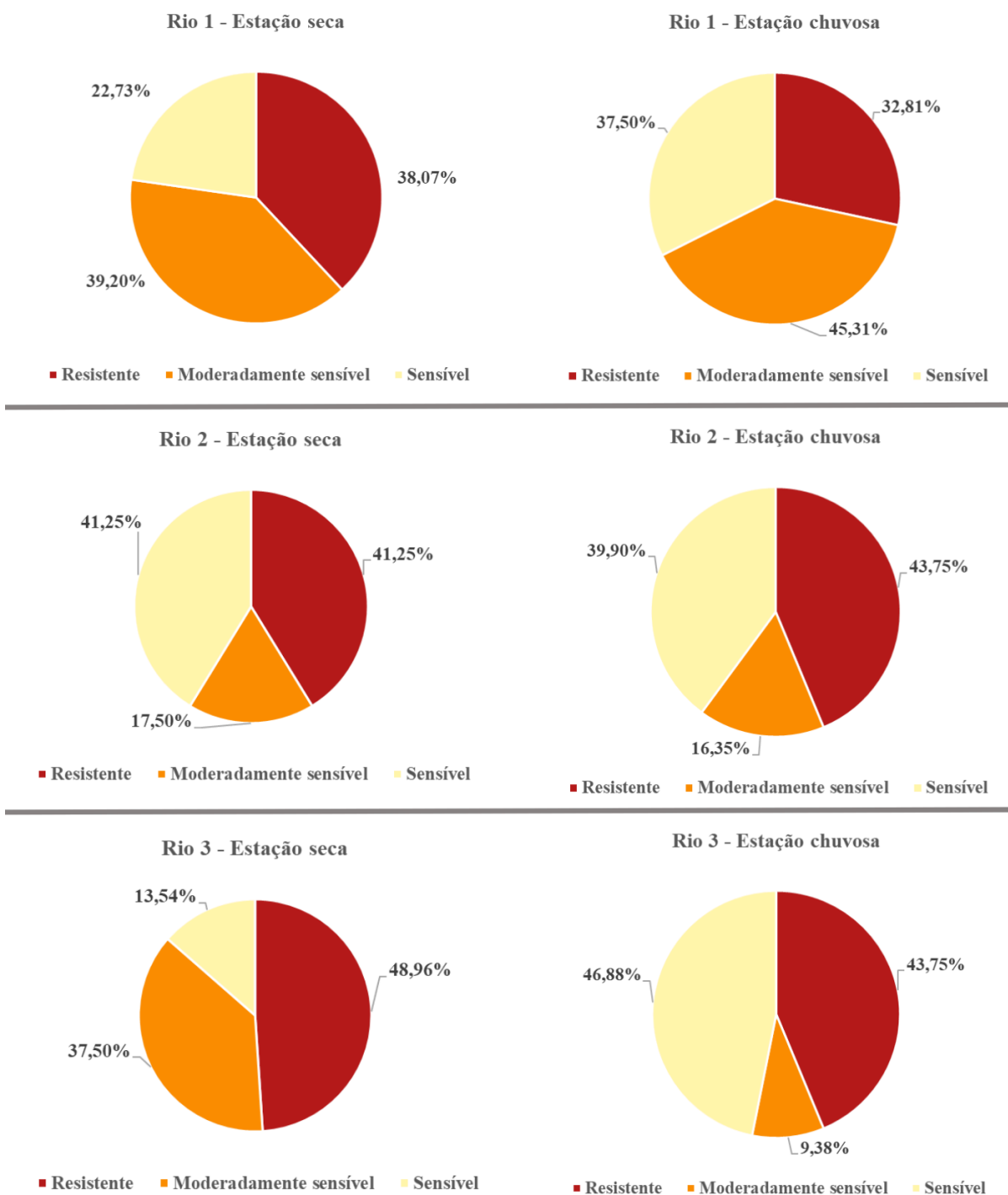
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 10 - Mapa de calor do perfil de resistência aos antibióticos de *Escherichia coli* isoladas de mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra durante a estação chuvosa.



Nota: O mapa utiliza uma escala de cores para facilitar a visualização da resistência bacteriana em cada rio estudado da estação chuvosa/úmida (R1 a R12). Os tons de vermelho escuro indicam os pontos de maior resistência, enquanto os tons amarelados mostram onde as bactérias são mais sensíveis aos antibióticos testados.
Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

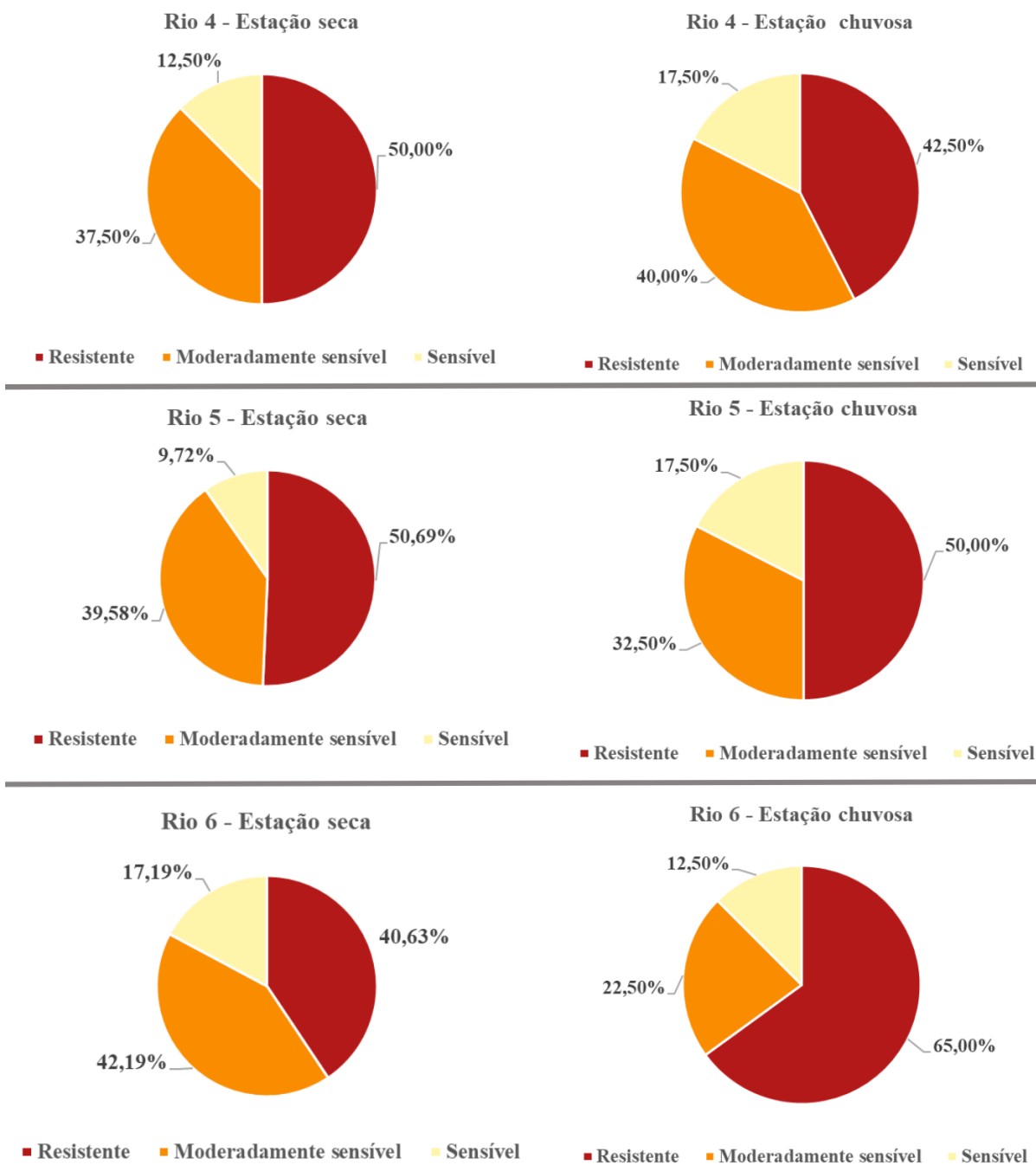
Figura 11 - Percentual do perfil de resistência entre os rios 1 a 3.



Nota: Os gráficos comparam o percentual de resistência dos isolados de *E. coli* durante os dois períodos estudados (estação seca e chuvosa/úmida) para os rios 1 à rio 3.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

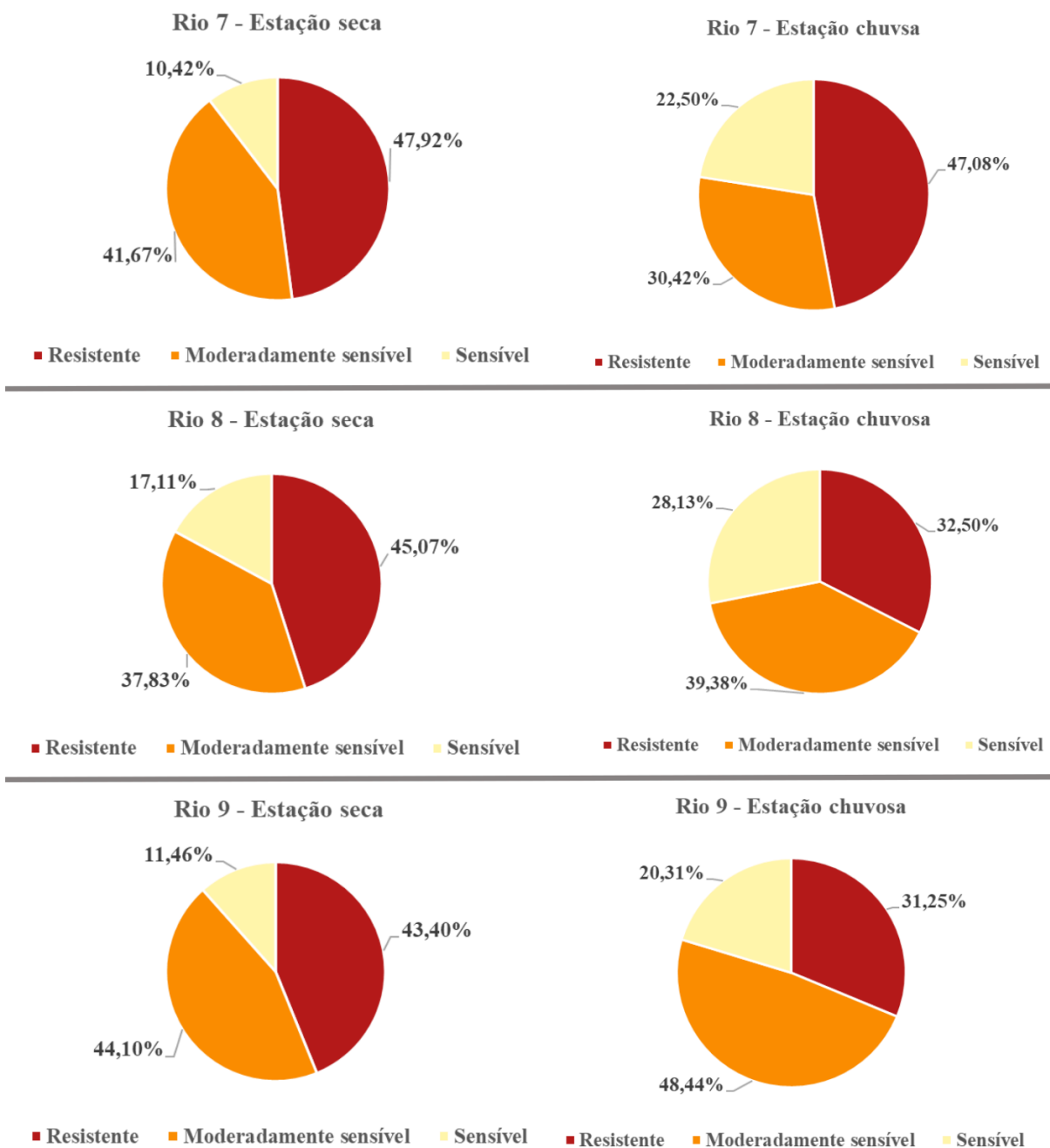
Figura 12 - Percentual do perfil de resistência entre os rios 4 a 6.



Nota: Os gráficos comparam o percentual de resistência dos isolados de *E. coli* durante os dois períodos estudados (estação seca e chuvosa/úmida) para os rios 4 à rio 6.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

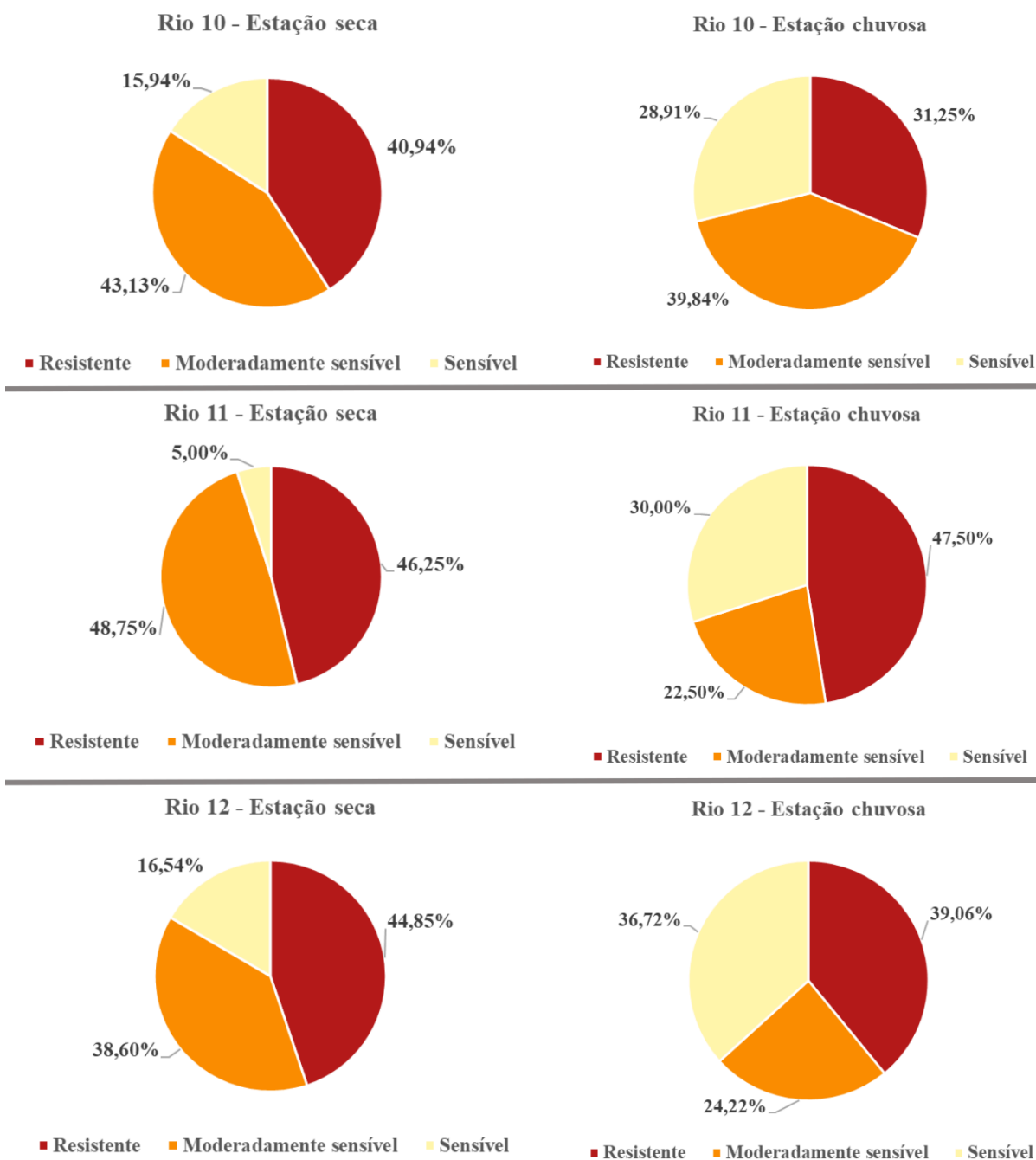
Figura 13 - Percentual do perfil de resistência entre os rios 7 a 9.



Nota: Os gráficos comparam o percentual de resistência dos isolados de *E. coli* durante os dois períodos estudados (estação seca e chuvosa/úmida) para os rios 7 à rio 9.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Figura 14 - Percentual do perfil de resistência entre os rios 10 a 12.



Nota: Os gráficos comparam o percentual de resistência dos isolados de *E. coli* durante os dois períodos estudados (estação seca e chuvosa/úmida) para os rios 10 à rio 12.

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

5.1 Resistência intrínseca de *E. coli* e interpretação dos mapas de calor

A análise dos mapas de calor referentes à estação seca evidenciou que o Rio 3 apresentou maior predominância de cores mais escuras, indicando um perfil de maior resistência média aos antibióticos testados quando comparado aos demais mananciais. Esse achado torna-se particularmente relevante quando analisado à luz de resultados obtidos em estudos prévios realizados com as mesmas amostras. Em pesquisa conduzida por Diamante (2023), o Rio 3 também se destacou por apresentar a maior carga de coliformes totais durante a essa estação, sugerindo um padrão consistente de maior pressão microbiológica nesse manancial durante nessa estação.

De acordo com Diamante (2023), o ponto de coleta do Rio 3 localiza-se em área de elevada altitude, com 1.100 m, mas com baixa ocupação humana, próximo ao Parque Nacional da Serra da Canastra, o que inicialmente poderia indicar menor influência antrópica direta. No entanto, a área e o manancial não possuem cercamento, e **sofrem** com infestação de animais **silvestres**, principalmente pelo javali (*Sus scrofa scrofa*), **uma** espécie exótica invasora, o que configura um importante fator de pressão ambiental. Tal convergência entre elevada contaminação microbiológica e maior resistência antimicrobiana reforça que ambientes com maior aporte de microrganismos tendem a favorecer, não apenas a persistência bacteriana, mas também a manutenção e disseminação de fenótipos resistentes **por meio** da formação de biofilmes, colaborando para a transferência horizontal de genes (THG) (URUÉN, 2021).

O javali é reconhecido como uma das invasões biológicas mais impactantes em agroecossistemas, com potencial para alterar a dinâmica ecológica local e gerar contaminação fecal (LOBO, 2022; ROSA et al., 2018). Além disso, a maior resistência observada na estação seca pode ser explicada pela menor vazão do manancial nesse período, reduzindo o efeito de diluição e aumentando a concentração de microrganismos e contaminantes. Na estação chuvosa, por outro lado, a elevação do volume de água tende a promover maior diluição, o que corrobora a redução tanto da carga de coliformes quanto da resistência média observada nos isolados de *Escherichia coli* desse rio (Diamante, 2023).

Durante a estação seca, os isolados de *E. coli* provenientes dos mananciais da Serra da Canastra apresentaram elevada resistência aos antibióticos Bacitracina (BA), Eritromicina (ERI) e Penicilina (PEN). Esse fenótipo era esperado, já que é comum para as bactérias gram-negativas possuírem resistência intrínseca a essas classes de fármacos, visto

que são caracterizadas por uma membrana externa que atua como uma barreira de permeabilidade seletiva e impede a entrada de moléculas grandes, como os macrolídeos (ERI) e glicopeptídeos (BA), enquanto a falta de alvos de ligação específicos ou a presença de bombas de efluxo natural justifica a resistência às penicilinas de espectro restrito (ARZANLOU, CHAI, VENTER, 2027; GIRGIS, HOTTES, TAVAZOIE, 2009; MA *et. al.*, 2024)

Por outro lado, a resistência observada à amicacina (AMI) sugere um fenômeno de resistência adquirido, possivelmente derivado da pressão seletiva exercida pelo uso de antimicrobianos em atividades agropecuárias locais. Na estação seca, a redução do volume de água nos rios pode levar a uma maior concentração de resíduos químicos e dejetos orgânicos pelo baixo fluxo de água, intensificando o contato dos microrganismos com agentes seletivos, como resíduos de antibióticos, metais pesados e formação de biofilmes pela escassez de nutrientes do ambiente (JIMÉNEZ *et. al.*, 2025; LIU *et. al.*, 2010).

Em contrapartida, houve elevada sensibilidade observada para a amoxicilina/ácido clavulânico (AMC), um achado significativo, dado que o ácido clavulânico atua como um inibidor de beta-lactamases, restaurando a eficácia da amoxicilina contra estirpes que produzem estas enzimas. Contudo, estudos recentes e sistemas de vigilância têm evidenciado que a *Escherichia coli* tem adquirido resistência progressiva a esta combinação, um fenômeno que pode ser atribuído à hiperprodução de beta-lactamases de classe A ou à presença de enzimas resistentes à inibição (MATANOVIC *et. al.*, 2020; STAPLETON *et. al.*, 1995; VIMALA *et. al.*, 2025).

Para o antibiótico cloranfenicol (CLO) também foi observada elevada sensibilidade, o que sugere que se tratam de cepas selvagens, visto que estudos recentes têm demonstrado que isolados de *E. coli*, provenientes de ambientes clínicos e de criação de animais, tem apresentado grande resistência a este antibiótico (BISCHOFF *et. al.*, 2002; ALMSHAWIT *et. al.*, 2025). É importante ressaltar que a prevalência desta resistência não é uniforme, variando de acordo com o nicho ecológico e o nível de pressão seletiva exercido pelo uso de antimicrobianos no ambiente em que a bactéria é encontrada (MATANOVIC *et. al.*, 2020). Assim, a manutenção da sensibilidade nos mananciais da Serra da Canastra sugere, até o momento, uma menor disseminação de genes de resistência específicos para esta combinação de fármacos na região.

Durante a estação úmida observou-se alta resistência aos antibióticos amicacina e gentamicina, e maior sensibilidade à amoxicilina/ácido clavulânico, cloranfenicol e tetraciclina, sendo um padrão incomum, visto que a tendência é um perfil contrário a este

observado. No caso dos β -lactâmicos associados a inibidores de β -lactamase, como o ácido clavulânico, a eficácia do antimicrobiano depende da presença e do nível de expressão de enzimas β -lactamases pela bactéria, uma vez que o clavulanato é capaz de inibir essas enzimas quando produzidas em quantidades moderadas. Assim, cepas que não produzem β -lactamases ou que as expressam em baixos níveis tendem a permanecer sensíveis a essa associação terapêutica. De forma semelhante, a resistência à tetraciclina está diretamente relacionada à presença de genes específicos, como os genes tet, responsáveis por mecanismos de efluxo ou proteção ribossômica; a ausência ou baixa frequência desses determinantes genéticos resulta em perfis de sensibilidade, mesmo em ambientes sujeitos à contaminação difusa por antibióticos (ESFAHANI *et. al.*, 2024; LUNDSTRÖM *et al.*, 2016; WEN *et. al.*, 2025).

A amicacina e a gentamicina integram o grupo dos antibióticos aminoglicosídeos empregados no tratamento de infecções graves causadas por bactérias gram-negativas, incluindo *E. coli*. O desenvolvimento de resistência bacteriana a esses fármacos pode ocorrer tanto por mutações cromossômicas quanto pela aquisição de elementos genéticos móveis, como plasmídeos, integrons e transposons, que carregam genes associados à esta resistência. Os principais mecanismos envolvidos na resistência aos aminoglicosídeos incluem a inativação do antibiótico por modificação enzimática, a redução do acúmulo intracelular da droga e alterações no alvo de ação, como a substituição de proteínas ribossômicas ou mutações no RNA ribossômico (OJDANA *et. al.*, 2018).

Esse comportamento pode estar relacionado à dinâmica hidrológica do período chuvoso, que favorece o carregamento de contaminantes microbiológicos e genéticos para os mananciais. Durante eventos de maior precipitação, ocorre maior escoamento superficial e lixiviação do solo, possibilitando o transporte de bactérias resistentes, bem como de elementos genéticos móveis associados à resistência antimicrobiana, provenientes de áreas de uso agropecuário, dejetos animais e solos adubados com esterco (RAD, 2022; TASHO E CHO, 2016; ZAHOOR E MUSHTAQ, 2023). Outra hipótese relevante envolve a pressão seletiva indireta exercida pelo uso dos antibióticos para tratamento de infecções sistêmicas graves em animais de produção, uma prática comum em sistemas agropecuários (SINGH *et. al.*, 2023; TANIN *et. al.*, 2025).

Portanto, o conjunto desses achados sugere que o perfil de resistência observado na estação chuvosa resulta da interação entre fatores ambientais, hidrológicos e antrópicos, refletindo não apenas o uso de antimicrobianos, mas também a dinâmica de dispersão e seleção de bactérias resistentes nos agroecossistemas que influenciam os mananciais

avaliados. Esses resultados reforçam a importância do monitoramento sazonal da resistência antimicrobiana em ambientes aquáticos utilizados no abastecimento de queijarias, considerando seu potencial impacto na segurança alimentar e na saúde pública.

5.2 Perfil de resistência antimicrobiana dos isolados de *Escherichia coli*

Os gráficos de pizza elaborados para os períodos seco e chuvoso (**Figuras 9 a 12**) permitiram a visualização integrada do perfil médio de resistência dos isolados de *Escherichia coli* obtidos de mananciais que abastecem queijarias da Serra da Canastra.

Nos rios que apresentaram alteração no perfil de sensibilidade aos antibióticos entre a estação seca e a chuvosa, como observado para o Rio 6 (Figura 10), essa variação pode ser explicada pelas características ambientais e pelo uso do solo no entorno do manancial. De acordo com resultados previamente descritos por Diamante (2023), os rios 5 e 6 estão inseridos em áreas mais habitadas, com pontos de coleta localizados em altitudes inferiores aos currais, queijarias e residências humanas que utilizam água desses mananciais.

Essa configuração favorece o aporte de efluentes de origem doméstica e agropecuária, especialmente durante o período chuvoso, quando o aumento da vazão amplia a área de drenagem da bacia hidrográfica. Nesse contexto, a estação chuvosa atua como um fator de intensificação do carreamento de microrganismos e de resíduos associados às atividades agropecuárias, o que pode alterar a composição genética das populações de *Escherichia coli* e, conseqüentemente, seu perfil de sensibilidade aos antibióticos (SEMENOV *et al.*, 2021).

Em contraste, rios que não apresentaram mudanças expressivas no perfil de resistência entre as estações, como os rios 1, 2, 4, 5, 7 e 10, tendem a estar associados a contextos em que a pressão antrópica é constante ao longo do ano (ZARAGOZA *et al.*, 2025).

Nessas situações, a entrada contínua de efluentes ou a manutenção de práticas agropecuárias semelhantes em ambas as estações pode resultar em uma população bacteriana com perfil de resistência relativamente homogêneo, independentemente da variação sazonal (WU *et al.*, 2024). Dessa forma, as diferenças observadas entre os rios refletem não apenas a sazonalidade climática, mas sobretudo o grau e o tipo de interferência antrópica sobre cada manancial.

A presença de *E. coli* resistentes a antibióticos de primeira escolha em ambientes aquáticos associados à cadeia produtiva do Queijo Minas Artesanal Canastra levanta a

preocupação quanto ao potencial de veiculação desses microrganismos ao longo do processo produtivo. Considerando que a água dos mananciais é utilizada em diferentes etapas da produção artesanal, incluindo higienização de equipamentos e ambientes, existe a possibilidade de contaminação cruzada e incorporação dessas bactérias no produto final, visto que Diamante (2023) mostrou elevada carga bacteriana de coliformes totais e *E. coli* em grupos de empreendimentos que utilizavam água não tratada para efetuar a lavagem da sala de ordenha. Esse cenário é particularmente sensível no caso de queijos artesanais produzidos a partir de leite cru, nos quais as etapas de maturação podem não ser suficientes para eliminar completamente microrganismos resistentes, permitindo sua sobrevivência e eventual exposição do consumidor.

Do ponto de vista clínico, a circulação de *E. coli* com resistência a antibióticos de primeira linha (amoxicilina/ácido clavulânico, ampicilina, penicilina G, gentamicina) implica risco adicional, uma vez que infecções ou intoxicações causadas por essas cepas podem não responder adequadamente aos tratamentos empíricos iniciais (PAKBIN *et. al.*, 2021). Isso pode resultar em falhas terapêuticas, prolongamento do quadro clínico e necessidade de utilização de antimicrobianos de segunda ou terceira linha, frequentemente mais caros, menos acessíveis e associados a maior risco de efeitos adversos.

Portanto, encontrar bactérias resistentes na água de abastecimento é um sinal de alerta. Isso não significa que todo queijo seja perigoso, mas indica rota potencial de contaminação. O risco de intoxicação, infecção e de tratamentos mais difíceis aumenta caso essa água não seja devidamente tratada e as boas práticas de higiene e processamento não sejam rigorosamente seguidas (AGUIAR *et. al.*, 2022).

5.3 Limitações metodológicas e interpretação crítica dos resultados

Deve-se considerar que o teste de suscetibilidade antimicrobiana foi realizado pelo método de difusão em disco com adaptação do meio de cultura, utilizando-se ágar Brain Heart Infusion (BHI) em substituição ao ágar Mueller-Hinton (MH), que é o meio padrão recomendado pelas diretrizes do *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2023). A literatura demonstra que a composição do meio de cultura pode influenciar a difusão dos antimicrobianos e, conseqüentemente, os diâmetros dos halos de inibição, uma vez que fatores como teor nutricional, concentração de proteínas, presença de íons e características

físico-químicas do ágar interferem no comportamento das moléculas antimicrobianas (ANDREWS, 2001; JORGENSEN, FERRARO, 2009).

Estudos comparativos indicam que meios alternativos ao Mueller-Hinton podem apresentar desempenho distinto no teste de difusão em disco (NASSAR; HAZZAH; BAKR, 2019). No entanto, evidências recentes mostram que o BHI pode ser empregado como meio alternativo em situações específicas, especialmente para microrganismos fastidiosos ou de crescimento exigente, nos quais o Mueller-Hinton, mesmo suplementado, pode não permitir crescimento adequado, como descrito para o grupo *Streptococcus milleri* (GRINWIS *et al.*, 2010).

No caso de *Escherichia coli*, entretanto, a literatura ainda é limitada quanto à avaliação sistemática do uso do ágar BHI solidificado como substituto direto do Mueller-Hinton para testes de suscetibilidade antimicrobiana. Trabalhos recentes ressaltam que diferentes meios de cultura podem gerar variações nos diâmetros dos halos sem, necessariamente, invalidar o teste, mas alertam que a comparação direta entre resultados obtidos em meios distintos deve ser realizada com cautela (RODRIGUEZ *et al.*, 2022). Dessa forma, não há consenso que indique que o uso do BHI seja inadequado para *E. coli*, mas sim que seus efeitos sobre o perfil de suscetibilidade ainda não estão completamente estabelecidos.

Adicionalmente, destaca-se que métodos quantitativos, como a determinação da Concentração Inibitória Mínima (MIC), são considerados mais precisos para a avaliação da resistência antimicrobiana, por fornecerem a menor concentração do antibiótico capaz de inibir o crescimento bacteriano, reduzindo a influência de variáveis relacionadas à difusão no meio sólido (ANDREWS, 2001). Estudos demonstram que a MIC pode revelar níveis de resistência não detectados pelo método de difusão em disco em situações limítrofes ou quando há variações no meio de cultura (JORGENSEN; FERRARO, 2009). Contudo, limitações estruturais e operacionais do laboratório impossibilitaram a aplicação dessa metodologia no presente estudo, justificando a escolha do teste de difusão em disco como abordagem viável para a comparação dos perfis de suscetibilidade entre os isolados ambientais analisados.

Nesse contexto, os resultados obtidos neste estudo devem ser interpretados considerando essa limitação metodológica, reconhecendo que análises comparativas entre ágar Mueller-Hinton e ágar BHI, utilizando os mesmos isolados e antibióticos, seriam necessárias para avaliar possíveis diferenças no perfil de suscetibilidade. Essa abordagem permitiria verificar se a adaptação do meio influencia de forma significativa a classificação

dos isolados como sensíveis, moderadamente sensíveis ou resistentes, especialmente para antibióticos cuja difusão é mais sensível às características de composição do meio.

6 CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou a presença de *Escherichia coli* com diferentes perfis de suscetibilidade a antibióticos em mananciais utilizados no abastecimento de queijarias da Serra da Canastra, indicando que a qualidade microbiológica da água pode ser influenciada por fatores ambientais, sazonais e pelo uso do solo no entorno das áreas de captação. A identificação de resistência aos antibióticos reforça a necessidade de atenção quanto ao papel desses mananciais como potenciais reservatórios e vias de disseminação de bactérias resistentes ao longo da cadeia produtiva de alimentos artesanais.

Nesse contexto, os achados deste trabalho dialogam diretamente com o conceito de Saúde Única, ao evidenciar a interconexão entre a saúde ambiental, a saúde animal e a saúde humana. O monitoramento da resistência antimicrobiana em ambientes aquáticos utilizados na produção de alimentos torna-se, portanto, uma estratégia essencial não apenas para a segurança alimentar, mas também para a prevenção de riscos à saúde pública, contribuindo para ações integradas de vigilância e manejo sanitário.

REFERÊNCIAS

ABEBE, Engidaw; GUGSA, Getachew; Ahmed, Meselu. **Review on Major Food-Borne Zoonotic Bacterial Pathogens**. Journal of Tropical Medicine, v. 2020, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2020/4674235>. Acesso em: 04 out. 2025.

ABREU, Danilo José Machado; PEREIRA, Fernanda; LORENÇO, Mario Sérgio; MARTINEZ, Silva Juliana; BATISTA, Nádia Nara; CARVALHO, Elisângela Elena Nunes; SCHWAN, Rosane Freitas, PICCOLI, Roberta Hilsdorf. **Microbial trace based on PCR-DGGE to evaluate the ripening stage of minas artisanal cheeses from the Canastra microregion produced by different dairies**. Food Research International, v. 190, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996924006677>. Acesso em: 09 out. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Usos da água: outros usos**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usuarios-da-agua/outros-usos#:~:text=Os%20usos%20consuntivos%20s%C3%A3o%20aqueles,da%20%C3%A1gua%20sem%20consu%C3%ADm%20da>. Acesso em: 25 set. 2025

AGUIAR, Renata Amanda Carneiro; FERREIRA, Fabienne Antunes; DIAS, Ricardo Souza; NERO, Luís Augusto; MIOTTO, Marília; VERRUCK, Silvani; MARCO, Ivan; LIDNER, Juliano de Dea. **Graduate Student Literature Review**: Enterotoxigenic potential and antimicrobial resistance of *Staphylococci* from Brazilian artisanal raw milk cheeses. *Journal of Dairy Science*, v. 105, ed. 7, p. 5685-5699, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030222003174>. Acesso em: 28 dez. 2025.

ANDREWS, Jennifer M. **Determination of minimum inhibitory concentrations**. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, v. 48, Suppl. 1, p. 5–16, 2001. Acesso em: 29 dez. 2025.

ALMEIDA, Simone de Lira; JÚNIOR, Fernando Gomes Paiva; GUERRA, José, Roberto Ferreira; MEDEIROS, Janann Joslin. **Regulação Cultural, Indicação Geográfica e a (Re)Significação de um Queijo Artesanal**. *Organizações e Sociedade*, p. 413-433, 2021. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/osoc/a/Nf5VhPVHp9LwVcRfd3CyZtC/?lang=pt&format=pdf&utm_source=consensus. Acesso em: 09 out. 2025.

ALMSHAWIT, Hala; SHAGSHOG, Retaj; ALDIB, Hana; AREEBI, Sarah. **Antimicrobial Resistance Patterns of Escherichia coli Among Visitors of Pathology Centers in Gharyan**. *AlQalam Journal of Medicinal and Applied Sciences*, v. 8, ed. 1, 2025.

ALTIERI, Miguel A. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Normas de desempenho para testes de sensibilidade antimicrobiana**: 15º suplemento informativo, v. 25, n. 1, p. 55-58, 2005.

ARIF, Inessa; BATOOL, Maria; SCHENK, Peer M. **Plant microbiome engineering: expected benefits for improved crop growth and resilience**. *Trends in Biotechnology*, v. 38, n. 12, p. 1385-1397, 2020. Disponível em:

[https://www.cell.com/trends/biotechnology/abstract/S0167-7799\(20\)30121-9?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0167779920301219%3Fshoall%3Dtrue](https://www.cell.com/trends/biotechnology/abstract/S0167-7799(20)30121-9?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0167779920301219%3Fshoall%3Dtrue). Acesso em: 18 set. 2025.

ARYAL, Sagar. **Mueller Hinton Agar (MHA) – Composition, Principle, Uses and Preparation**. *MicrobiologyInfo.com*, 2022. Disponível em:

<https://microbiologyinfo.com/mueller-hinton-agar-mha-composition-principle-uses-and-preparation/>. Acesso em 24 out. 2025.

ARZANLOU, Mohsen; CHAI, Wern Chern; VENTER, Henrietta. **Intrinsic, adaptive and acquired antimicrobial resistance in Gram-negative bacteria**. *Essays in Biochemistry*, p. 49-59, 2017.

BABATUNDE, Abiodun. **Um estudo sobre métodos tradicionais de avaliação da qualidade da água**. *Risk Assessment and Management Decisions*, v. 1, n. 1, p. 41–52, 2024. Disponível em: <https://ramd.reapress.com/journal/article/view/29>. Acesso em: 25 set. 2025.

BASTOS, Letícia da Silva; CONSONI, Flávia Luciane; MESQUITA, Fernando Campos. **Crescimento e sofisticação produtiva do Queijo Minas Artesanal da Canastra: uma leitura a partir dos processos inovativos em recursos naturais.** Sociedade e Natureza, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/FjZqdnSQvnRNnfgkGg74Z9j/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 out. 2025.

BATT, Carl A; TORTORELLO, Mary Lou. **ENCYCLOPEDIA OF FOOD MICROBIOLOGY**, p. 293. London: Elsevier, 2014.

BAUER, A. W.; Kirby, W. M.; Sherris, J. C.; Turck, M. **Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method.** American journal of clinical pathology, 1966, p. 493-496.

BISCHOFF, Kenneth M; WHITE, David G; MCDERMOTT, Patrick F; ZHAO, Shaohua; GAINES, Stuart; MAURER, John J; NISBET, David J. **Characterization of Chloramphenicol Resistance in Beta-Hemolytic Escherichia coli Associated with Diarrhea in Neonatal Swine.** Journal of Clinical Microbiology, p. 389-394, 2002. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC153409/#:~:text=Abstract,whether%20CHL%2Dresistant%20swine%20E>. Acesso em 28 dez. 2025.

BOECKEL, Thomas P. Van; BROWER, Charles; GILBERT, Marius; LEVIN, Bryan T. Grenfell Simon A; ROBINSON, Timothy; TEILLANTE, Aude; LAXMINARAYAN, Ramanan. **Global trends in antimicrobial use in food animals.** Proceedings of the National Academy of Sciences, v.112, n°18, 2015. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1503141112>. Acesso em: 23 out. 2025.

BRASIL. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde.** Módulo 10 – Detecção dos Principais Mecanismos de Resistência Bacteriana aos Antimicrobianos pelo Laboratório de Microbiologia Clínica/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2020, p. 25-28. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/publicacoes/modulo-10_manual-de-microbiologia.pdf. Acesso em: 23 out. 2025

BRASIL. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. **Estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 maio 2021. Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: 28 jul. 2025.

BYAMUKAMA, D.; KANSIIME, F.; MACH, R. L.; FARNLEITNER, A. H. **Determination of Escherichia coli contamination with chromocult coliform agar showed a high level of discrimination efficiency for differing fecal pollution levels in tropical waters of Kampala, Uganda.** Applied and Environmental Microbiology, v. 66, n. 2, p. 864–868, 2000. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/AEM.66.2.864-868.2000>. Acesso em: 02 de nov. 2025.

CHAGAS, Vinícius BP; CHAFFE, Pedro LB; BLÖSCHL, Günter. **Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle.** Nature Communications, 2022.

Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-022-32580-x#citeas>. Acesso em: 26 set. 2025.

CHARTERIS, A. **Antibiotic susceptibility of potentially probiotic Lactobacillus species.** J Food Protect. v. 61, n. 12, p. 1636-1643, 1998.

CHEN, Ping; GUO, Xiaoyan; LI, Fengxiang. **Antibiotic resistance genes in bioaerosols: Emerging, non-ignorable and pernicious pollutants.** Journal of Cleaner Production, v. 348, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622007260>. Acesso em: 24 out. 2025.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. **Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests for Bacteria Isolated from Animals: CLSI Supplement VET01S; Replaces VET01-S2.** Clinical and Laboratory Standards Institute, 2015.

CLSI - Clinical and Laboratory Standards Institute. **Performance standards for antimicrobial susceptibility testing.** 33. ed. Wayne: CLSI, 2023. Disponível em: <https://iacld.com/UpFiles/Documents/672a1c7c-d4ad-404e-b10e-97c19e21cdce.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2025.

DARGERÉ, AF; PINTO, L.R; CORREIA, L.F; SANTOS, D.B; SILVA, J.G; MARÇAL, J. O; GARBOSSA, C. A. P; FARIA, R. A. P. G; FARIA, P. B. **Artisanal Minas cheese parameters associated with regions of origin in Minas Gerais, Brazil.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 74, n. 2, p. 327-336, 2022.

DEGUINE, J. P., AUBERTOT, J. N.; BELLON, S; CÔTE, F. X; LAURI, P. E; LESOURRET, F; RATNADASS, A; SCOPEL, E; ANDRIEU, N; BARBERI, P; BECKER, N; BOUYER, J; BRÉVAULT, T; CERDAN, C; CORTESERO, A. M; DANGLES, O; DELATTE, H; DINH, P; DREYER; DURU, M; FLOR, R. J; GARDARIN, A. HUSSON, O; JACQUOT, M; JAVELLE, A; JUSTES, E; LAM, M. T. X; LAUNAY, M; LE, V. V; LONGIS, S; MARTIN, J; JOLAIN, N. M; NGUYEN, N. T. T; NGUYEN, T. T. N; PENVERN, S; PETIT, S; POISOT, A. S; ROBIN, M. H; ROLLAND, B; RUSH, A; SABOURIN, E; SANGUIN, H; SARTHOU, J. P; SESTER, M; SIMON, S; SOURISSEAU, J. M; STEINBERG, C; TCHAMITCHIAN, M; THOUMAZEAU, A; TIBI, A; TIVET, F; TIXIER, P; TRINH, X. T; VIALATTE, A; WYCKHUYS, K; LAMICHHANE, J. R. **Chapter One - Agroecological crop protection for sustainable agriculture.** Advances in Agronomy, v. 178, p.1-59, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211322001092?via=ihub>. Acesso em: 18 de set. 2025.

DESPOTOVIC, Milena; NIES, Laura; BUSI, Susheel Bhanu; WILMES, Paulo. **Reservoirs of antimicrobial resistance in the context of One Health.** Current Opinion in Microbiology, v. 73, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369527423000280#bib1>. Acesso em: 17 out. 2025.

DIAMANTE, Leôncio Jânio Silva. **Impacto da produção artesanal de queijos em mananciais da Serra da Canastra.** Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade

e Tecnologia Ambiental) – Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Bambuí, 18 ago. 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.14387/1705>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ESFAHANI, Sayed Nassereddin Mostafavi; ROSTAMI, Soodabeh; POORSHARIAT, Shekoufe. **Antimicrobial Susceptibility Patterns of Escherichia coli Isolates from Hospitalized Patients with Different Infections in Isfahan, Iran: Impact on Empiric Antibiotic Therapy in Associated Infections.** International Journal of Infection, v.10, n.2, 2024. Disponível em: <https://brieflands.com/journals/iji/articles/141058>. Acesso em 28 dez. 2025.

EVANS, Alexandra EV; SAGASTA, Javier Mateo; QADIR, Manzoor; BOELEE, Eline; IPPOLITO, Alessio. **Agricultural water pollution: key knowledge gaps and research need.** Current Opinion in Environmental Sustainability, v.36, p.20-27, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343518300873?via%3Dihub>. Acesso em: 29 set. 2025.

EUCAST, E. C. on AST. **Antimicrobial susceptibility testing EUCAST disk diffusion method-Version 7.0.** Eur Soc Clin Microbiol Infect Diseases, 2019.

FEIDEN, Alberto. **Agroecologia: Introdução e Conceitos.** Edição. Brasília, DF:Embrapa Agrobiologia, 2005. Disponível em: <https://www.bibliotecaagppta.org.br/agricultura/agroecologia/livros/AGROECOLOGIA%20-%20INTRODUCAO%20E%20CONCEITOS.pdf>. Acesso em: 04 de set. 2025.

FIRMO, Maria José Novaes; MENEZES, Liliane Denize Miranda; SALES, Gilson de Assis; CARVALHO, Antônio Fernandes de; COSTA, Noé Mitterhofer Eiterer Ponce de Leon da; JÚNIOR, Bruno Ricardo de Castro Leite; MARTINS, Maurilio Lopes. **Diagnosis of the microbiological quality of fiscal artisanal Minas cheese samples.** Food Control, v. 153, 2023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713523002876?casa_token=TivszOgdHNkAAAAA:SLjh5c8YY7LYrEWi2SsFRNAwe5XSnic2IgA66ksKuk_C9_J_mnyeY-TUKa dSKwVs62or2bsVpg. Acesso em: 09 out. 2025.

FLINT, Steve; JUMALUDIN, Norshhaidah Mohd; SOMERTON, Ben; PALMER, Jon; BROOKS, John. **The Effect of Milk Composition on the Development of Biofilms.** Biofilms in the Dairy. Chichester: John Wiley & Sons, p. 36-48, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118876282.ch3>. Acesso em: 16 out. 2025.

FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). **Manual prático de análise de água (2. ed.).** Brasília: FUNASA, s.d. Disponível em: https://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_pratico_de_analise_de_agua_2.pdf. Acesso em: 28 jul. 2025.

GIRGIS, Hanny S; HOTTES, Alisson K; TAVAZOIE, Saeed. **Genetic Architecture of Intrinsic Antibiotic Susceptibility.** PLoS one, 2009. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2680486/>. Acesso em: 28 dez. 2025.

GLIESSMAN, R. Stephen. **Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável.** Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2000.

GONÇALVES, Larisse Medeiros; VARGAS, Thiago de Oliveira; GODOY, Cristiane Maria Tonetto; SANTO, Luana Santos dos. **Transição agroecológica: conectando teoria à prática.** Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 13, n. 1, 2024. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/23798>. Acesso em: 17 set. 2025.

GRINWIS, Margot E; SIBLEY, Christopher D; Parkins, Michael D; ESHAGHURSHAN, Christina S; RABIN, Harvey R; SURETTE, Michael G. **Macrolide and Clindamycin Resistance in Streptococcus milleri Group Isolates from the Airways of Cystic Fibrosis Patients.** Antimicrobial Agents and Chemotherapy, v. 54, n. 1, p. 397–401, 2010. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/aac.01845-09>. Acesso em: 29 dez. 2025.

GUAN, Yongjing; JIA, Jia; FAN, Xiaoteng; Li, Kaiqi; WANG, Zaizhao. **Anthropogenic impacts on antibiotic resistance genes and their hosts from pristine to urban river using metagenomic and binning approaches.** Aquatic Toxicology, v. 249, 2022. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166445X22001473?casa_token=SVCJRb2d3GgAAAAA:ARan_NzJvLz5ViQkvCT4fYKgoJQNzYNq_Eya6SL-x_vi7lo0cDdQQxoIRImx-jk9fDglAZxdtQ. Acesso em: 23 out. 2022.

HEREDIA, Norma, GARCIA, Santos. **Animals as sources of food-borne pathogens: A review.** Animal Nutrition, v.4, n.3, p. 250-255, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405654518300301>. Acesso em: 02 out. 2025.

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Parecer n. 006/2006. **Processo n. 01450.012192/2006-65, referente ao registro dos queijos artesanais de Minas no Livro de Registro dos Saberes.** Brasília: IPHAN, 2006. Acesso em 29 nov. 2025.

IPHAN. **Queijo Artesanal Mineiro.** Brasília: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, 2023. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/868>. Acesso em: 28 jul. 2025.

JANG, J; HUR, H-G; SADOWSKY, MJ; BYAPPANAHALLI, MN; Yan, T; Ishii, S. **Environmental Escherichia coli: ecology and public health implications—a review.** Journal of Applied Microbiology, v. 123, 3ª edição, p. 570-581, 2017. Disponível em: <https://enviromicro-journals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jam.13468>. Acesso em: 23 out. 2025.

JIMÉNEZ, Kenia Barrantes; GUIDO, Bradd Mendoza; MORA, Eric Morales; MONTERO, Luis Rivera; MORA, José Montiel; JIMÉNEZ, Luz Chacón; JIMÉNEZ, Keilor Rojas; ANDRÉS, María Arias. **Influence of Seasonality and Pollution on the Presence of Antibiotic Resistance Genes and Potentially Pathogenic Bacteria in a Tropical Urban River.** Antibiotics, v. 14, ed. 8, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/14/8/798>. Acesso em 28 dez. 2025.

JORGENSEN, James H; FERRARO, Maria Jane. **Antimicrobial susceptibility testing: a review of general principles and contemporary practices.** Clinical Infectious Diseases, v. 49, n. 11, p. 1749–1755, 2009. Acesso em 29 dez. 2025.

KANNAN, Embar Prasanna; GOPAL, Judy; MUTHU, Manikandan. **Analytical techniques for assessing antimicrobial resistance: Conventional solutions, contemporary problems and**

futuristic outlook. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, v. 178, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993624003261>. Acesso em: 17 out. 2025.

KENNETH, Mutebi John; KONER, Suproakash; HSE, Gwo-Jong; CHEN, Jung-Sheng; H. Binf-Mu. **A review on the effects of discharging conventionally treated livestock waste to the environmental resistome**. *Environmental Pollution*, v. 388, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749123016457#aep-article-footnote-id6>. Acesso em: 02 out. 2025.

KHAN, Tooba; KHANEM, Aalia; BATOOL, Irsa; ULLAH, Ikram; YOUNAS, Farhan. **Microplastics**: Disseminators of antibiotic resistance genes and pathogenic bacteria. *Aquatic Toxicology*, v. 289, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166445X25003558#bib0022>. Acesso em: 23 out. 2025.

KIM, Dae-Wi; CHA, Chang-Ju. **Antibiotic resistome from the One-Health perspective**: understanding and controlling antimicrobial resistance transmission. *Medicina Experimental e Molecular*, v.53, p. 301-309, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s12276-021-00569-z#ref-CR7>. Acesso em: 24 out. 2025.

LABORCLIN Produtos para Laboratórios Ltda. **Manual para Antibiograma – Difusão em Disco (Kirby & Bauer)**: Laborclin Produtos para Laboratórios Ltda., 2011. Disponível em: <https://docente.ifsc.edu.br/melissa.kayser/MaterialDidatico/Microbiologia/Antibiograma%20LABORCLIN.pdf>. Acesso em: 24 out. 2025.

LARSSON, DG. Joakim; FLACH, Carl Fredrik. **Antibiotic resistance in the environment**. *Nature Reviews Microbiology*, v. 20, p. 257–269, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41579-021-00649-x#citeas>. Acesso em: 23 out. 2025.

LEITE, Daniela Lopes. **Em Busca de Sustentabilidade Agrícola**: Tópicos em Educação Ambiental, Agroecologia, Agroecossistemas e Biodiversidade. 1 edição. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2007.

LIOFILCHEM®. *Antibiotic Disc Interpretative Criteria and Quality Control*. Roseto degli Abruzzi, Itália: Liofilchem®, 2017.

LI, Yi; SHI, Xinwei; ZENG, Meng; QIN, Peiqing; FU, Mingyue; LUO, Shiyu; TANG, Chijian; MO, Cuiju; YU, Fangming. **Effect of polyethylene microplastics on antibiotic resistance genes**: A comparison based on different soil types and plant types. *Journal of Hazardous Materials*, v. 472, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389424011609#bib28>. Acesso em: 23 out. 2025.

LIU, Anne; TRAN, Lillian; BECKET, Elianne; LEE, Kim; CHINN, LANEY; PARK, Eunice; TRAN, Katherine; MILLER, Jeffrey H. **Antibiotic Sensitivity Profiles Determined with an *Escherichia coli* Gene Knockout Collection: Generating an Antibiotic Bar Code**. *Antimicrob Agents Chemother*, p. 1393-1403. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2849384/>. Acesso em 28 dez. 2025.

LOBO, Gustavo Dantas. **O javali (*Sus scrofa*) no Brasil: controle, prevenção e impactos econômicos**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LUNDSTRÖM, Sara V; ÖSTMAN, Marcus; PALME, Johan Bengtsson; RUTGERSSON, Carolin; THOUDAL, Malin; SIRCAR, Triranta; BLANCK, Hans; ERIKSSON, K. Martin; TYSKLIND, Mats; FLACH, Carl-Fredrik; LARSSON, D.G. Joakim. **Minimal selective concentrations of tetracycline in complex aquatic bacterial biofilms**. *Science of The Total Environment*, v. 553, p. 587-595, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971630314X>. Acesso em 28 dez. 2025.

MA, Yibing; PIROLO, Mattia; JANA, Bimal; MEBUS, Viktor Hundofte; GUARDABASSI, Luca. **The intrinsic macrolide resistome of *Escherichia coli***. *Antimicrob Agents Chemother*, 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11304742/>. Acesso em 28 dez 2025.

MADANI, Amin; NAMAZI, Babak; ALTIERI, MARIA S; HASHIMOTO, Daniel A; RIVERA, Angela Maria; PUCHER, Philip H; WELTON, Alisson Navarrete; SANKARANARAYANAN, Genesh; BRUNT, L. Michael; OKRAINEC, Allan; ALSEIDI, Adnan. **Artificial intelligence for intraoperative guidance: using semantic segmentation to identify surgical anatomy during laparoscopic cholecystectomy**. *Annals of Surgery*, v. 276, n. 2, p. 363–369, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33196488/>. Acesso em: 06 dez. 2025.

MADIGAN, Michael T; MARTINKO, John M; BENDER, Kelly S; BUCKLEY, Daniel H; STAHL, David A. **Microbiologia de Brock**, p. 513. Porto Alegre: Artmed, 2016.

MAGALHÃES, Ronaldo José Ferreira; JÚNIOR, Antenor Rodrigues Barbora. **O valor do serviço de proteção de mananciais**. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. <https://www.scielo.br/j/esa/a/m993Yy8nmJXDKzMmSqbpSWw/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 19 set. 2025.

MARQUES, Paulo Ricardo Conceição; TRINDADE, Rodrigo Vieira Rodrigues. **Panorama epidemiológico dos surtos de doenças transmitidas por alimentos entre 2000 e 2021 no Brasil**. *Revista Multidisciplinar em Saúde*, v. 3, n.3, 2022. Disponível em: <https://editoraime.com.br/revistas/rem/article/view/3477/393>. Acesso em: 04 out. 2025.

MATANOVIC, Suzana Mimica; BERGMAN, Ulf; VUKOVIC, Dubravka; WETTERMARK, Björn; PALCEVSKI, Vera Vlahovic. **Impact of restricted amoxicillin/clavulanic acid use on *Escherichia coli* resistance - antibiotic DU90% profiles with bacterial resistance rates: a visual presentation**. *International Journal of Antimicrobial Agents*, v.36, n 4, p. 369-373, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924857910002438>. Acesso em: 28 dez. 2025.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Agropecuária. **Portaria nº 694, de 17 de novembro de 2004: identifica a microrregião da Canastra como produtora do Queijo Minas Artesanal**. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

MLADENOVIC, K.G.; GRUJOVIC, KIS, M; FURMEG, S; TKALEC, V. Jaki; STEFANOVIĆ, OD; TANACKOV, Kocić SD. **Enterobacteriaceae in food safety with an emphasis on raw milk and meat**. Applied Microbiology and Biotechnology, v. 105, p. 8615–8627, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-021-11655-7#ref-CR45>. Acesso em: 22 out. 2025.

MUNIR, Asim; LU, Xiaoyu; HUMAK, Farwa; KUREKCI, Cemil; MAHMOOD, Muhammad Shahid; GUL, Sehrish; WANG, Zhiqiang; MOHSIN, Mashkoor; LI, Ruichao. **Emergência de resistência à fosfomicina mediada por plasmídeos entre *Escherichia coli* abrigando fosA4, tet(X4), e mcr-1 genes em pássaros**. MSystems, v. 10, ed. 4, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S2379507725000534#B3>. Acesso em: 24 out. 2025.

MURRAY, Patrick R; ROSENTHAL, Ken S; PFALLER, Michael A. **Microbiologia Médica**, p. 421. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

NASCIMENTO, Ramon Spironello; ROSALIN, João Paulo; DE PAULA ISMAEL, Vinicius. **Os elementos da produção de Queijo Minas Artesanal na região da Serra da Canastra (MG): paisagem e território na perspectiva da geografia cultural**. Revista Georaguaia, v. 11, n. 1, p. 278-293, 2021.

NASSAR, Mohamed S. M; HAZZAH, Walaa A; BAKR, Wafaa M. K. **Evaluation of antibiotic susceptibility test results: how guilty a laboratory could be?** Journal of the Egyptian Public Health Association, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/s42506-018-0006-1.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2025.

NGUYEN, Hoang Bach; PHAN, Thant Luan; NGUYEN, Thin Khanh Linh. **Evaluating Deep Learning Models for Object Detection in Kirby-Bauer Test Result Images**. The Open Bioinformatics Journal, 2025. Disponível em: <https://openbioinformaticsjournal.com/VOLUME/18/ELOCATOR/e18750362370483/>. Acesso em 24 out. 2025.

NICHOLLS, C. I., Altieri, M. A., & Vazquez, L. (2016). **Agroecology: principles for the conversion and redesign of farming systems**. J Ecosys Ecograph S, 5, 010. Disponível em: <https://www.omicsonline.org/open-access/agroecology-principles-for-the-conversion-and-redesign-of-farming-systems-2157-7625-S5-010.pdf>. Acesso em 16 set. 2025.

OJDANA, Dominika; SIENKO, Anna; SACHA, Paweł; MAJEWSKI, Piotr; WIECZOREK, Piotr; WIECZOREK, Anna; TRYNISZEWSKA, Elzbieta. **Genetic basis of enzymatic resistance of *E. coli* to aminoglycosides**. Advances in Medical Sciences, v. 63, ed. 1, p. 9-13, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1896112617300433?via%3Dihub>. Acesso em: 28 dez. 2025.

PAKBIN, Babak; ALLAHYARI, Samaneh; AMANI, Zahra; BRÜCK, Wolfram Manuel; MAHMOUDI, Razzagh; PEYMANI, Amir. **Prevalence, Phylogroups and Antimicrobial Susceptibility of *Escherichia coli* Isolates from Food Products**. Antibiotics, v. 10, ed. 11,

2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/10/11/1291>. Acesso em: 28 dez. 2025.

PENNA, Ana Lucia Barretto; GIGANTE, Mirna Lucia; TODOROV, Svetoslav Dimitrov. **Artisanal Brazilian Cheeses—History, Marketing, Technological and Microbiological Aspects**. Foods, v. 10, ed. 7, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/7/1562>. Acesso em: 05 out. 2025.

RAD, Samira Mosalaei; RAY, Ajay k.; BARGHI, Shahzad. **Water Pollution and Agriculture Pesticide**. Clean Technologies, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2571-8797/4/4/66#B6-cleantechnol-04-00066>. Acesso em: 29 set. 2025.

RODRIGUEZ, Jhojailith; ALCÁNTARA, Roberto; RODRÍGUEZ, Joseline; VARGAS, Johnny; RONCAL, Elisa; ANTIPARRA, Ricardo; Gilman, Robert H; GRANDJEAN, Luís; MOORE, David; ZIMIC, Mirko; SHEEN, Patricia. **Evaluation of three alternatives cost-effective culture media for Mycobacterium tuberculosis detection and drug susceptibility determination using the microscopic observation drug susceptibility (MODS) assay**. Tuberculosis, v. 137, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S147297922200110X?via%3Dihub>. Acesso em: 29 dez. 2025.

ROLDAN, B. B. **A construção da qualidade de queijos artesanais a partir da Teoria das Convenções**. 2019. Dissertação (Doutorado em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

ROSA, Clarissa Alves da; FERREIRA, Hugo FERNANDES; ALVES, Rômulo Romeu Nóbrega. **O manejo do javali (*Sus scrofa* Linnaeus 1758) no Brasil: implicações científicas, legais e éticas das técnicas letais de controle de uma espécie exótica invasora**. Biodiversidade Brasileira, v. 8, n. 2, p. 267-284, 2018. Acesso em 27 dez. 2025.

SAIBU, Salamet; PERERA, Ishara Uhanie; SUZUKI, Satoru; RODÓ, Xavier; FUJIYOSHI, So; MARUYAMA, Fumito. **Resistomes in freshwater bioaerosols and their impact on drinking and recreational water safety: A perspective**. Environment International, v. 183, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412023006505?via%3Dihub>. Acesso em: 24 out. 2025.

SALAM, Md. Abdus; AL-AMIN, Md. Yusuf; PAWAR, Jogendra Singh; AKHTER, Naseem; LUCY, Irine Banu. **Conventional methods and future trends in antimicrobial susceptibility testing**. Saudi Journal of Biological Science, v. 30, ed. 3, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X2300027X#b0275>. Acesso em: 24 out. 2025.

SALES, G. A. **Caracterização microbiológica e físico-química de Queijo Minas Artesanal da microrregião de Araxá-MG durante a maturação em diferentes épocas do ano**. Belo Horizonte: UFMG. 2015. 107 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais.

SAMPAIO, Everardo Valadares de Sá Barretto; OLIVEIRA, Nadja Maia Batista de; NASCIMENTO, Paula Regina Fortunato. **Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com *Egeria densa***. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000500016>. Acesso em: 30 nov. 2025.

SECRETARIA DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS (MG). **Queijos Artesanais**. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/agricultura/pagina/servicos/queijos-artesanais>. Acesso em: 2 set. 2025.

SEJAS, Lilian M.; SILBERT, Suzane; REIS, Adriana O.; SANDER, Hélia S. **Avaliação da qualidade dos discos com antimicrobianos para testes de disco-difusão disponíveis comercialmente no Brasil**. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpml/a/k3Dgs4R4YM6L8RZ7wrpLHKQ/?lang=pt>. Acesso em: 24 out. 2025.

SEMENOV, Mikhail V; KRASNOV, George S; SEMENOV, Vyacheslav M; KSENOFONTOVA, Natalia; ZINYAKOVA, Natalia B; BRUGGEN, Ariena H.C. **Does fresh farmyard manure introduce surviving microbes into soil or activate soil-borne microbiota?**. Journal of Environmental Management, v.294, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030147972101080X>. Acesso em: 04 out. 2025.

SHELEIDRES, Camila Gomes. **RELEVÂNCIA SOCIOCULTURAL E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE QUEIJOS ARTESANAIS NO BRASIL: IMPORTÂNCIA E HISTÓRICO**. Revista Científica Semana Acadêmica, Fortaleza, v.13, 2025. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/relevancia-sociocultural-e-economica-da-producao-de-queijos-artesanais-no-brasil-importancia>. Acesso em: 29 nov. 2025.

SINGH, Bhoj R; AGRI, Himani; KARTHIKEYAN, Ravichandran; JAYAKUMAR, Varsha. **Comparative Antimicrobial Activity of Amikacin and Gentamicin on Clinically Important Bacteria**. Journal of Pharmacology and Clinical Toxicology, v. 11, ed. 3, 2023. Disponível em: <https://www.jscimedcentral.com/journal-article-info/Journal-of-Pharmacology-and-Clinical-Toxicology/Comparative-Antimicrobial-Activity-of-Amikacin-and-Gentamicin-on-Clinically-Important-Bacteria-11512>. Acesso em: 28 dez 2025.

SILVA M.P, CAVALLI D.R, OLIVEIRA T.C.R.M. **Avaliação do padrão coliformes a 45°C e comparação da eficiência das técnicas dos tubos múltiplos e Petrifilm EC na detecção de coliformes totais e *Escherichia coli* em alimentos**. Food Science Technology, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/FwVQNPFX6pFSLMQVDBdfpkx/?lang=pt>. Acesso em 30 nov. 2025.

SOCIOECONÔMICOS, Aspectos Físicos e. **Parque Nacional da Serra da Canastra: aspectos físicos e socioeconômicos**. Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (ANPEGE), v. 15, n. 27, p. 71-112, 2019.

SOUZA, Júlia Silva Vieira de. **Caracterização da diversidade genética de *Escherichia coli* isoladas de amostras de água de mananciais que abastecem queijarias representativas da Serra da Canastra - MG**. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, IFMG - Campus Bambuí, Bambuí, 2025.

STAPLETON, Paul; WU, Pei-Jun; KING, Anna; SHANNON, Kevin; FRENCH, Gary; PHILLIPS, Ian. **Incidence and mechanisms of resistance to the combination of amoxicillin and clavulanic acid in *Escherichia coli***. *Antimicrob Agents Chemother*, v. 39, p. 2478, 1995. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC162968/#:~:text=The%20predominant%20mechanism%20was%20hyperproduction,that%20have%20not%20yet%20spread>. Acesso em 28 dez. 2025.

TANIN, Fabid Ahmad. **Residue and Human Risk: A Reassessment of Aminoglycoside Residues in Edible Tissues**. *Journal of Natural Science Review*, v. 3, 2025. Disponível em: <https://kujnsr.com/JNSR/article/view/187>. Acesso em: 28 dez 2025.

TASHO, Reep Pandi; CHO, Jae Yong. **Veterinary antibiotics in animal waste, its distribution in soil and uptake by plants: A review**. *Science of The Total Environment*, v.563-564, p. 366-376, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716308427>. Acesso em: 30 set. 2025.

TEMMERMAN, Robin; GOETHALS, Klara; GARMYN, An; VANANTWERPERN, Gerty; VANROVAEYS, Mia; HAESEBROUCK; ANTONISSEN, Gunther; DEVREESE, Mathias. **Agreement of Quantitative and Qualitative Antimicrobial Susceptibility Testing Methodologies: The Case of Enrofloxacin and Avian Pathogenic *Escherichia coli***. *Frontiers in Microbiology*, 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2020.570975/full>. Acesso em: 24 out. 2025.

TIAN, Xueli; HAN, Bingjun; LIANG, Junfeng; YANG, Fengxia; ZHANG, Keqiang. **Tracking antibiotic resistance genes (ARGs) during earthworm conversion of cow dung in northern China**. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 222, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321006503>. Acesso em 30 nov. 2025.

TRAUB, Walter H; LEONHARD, Birgi. **Agar disk diffusion (Bauer-Kirby) tests with various fastidious and nonfastidious reference (ATCC) strains: comparison of several agar media**. *Chemotherapy*, p. 374-383, 1994. Acesso em: 24 out. 2025.

URUÉN, Cristina; ESCUIN, Gema Chopo; TOMMASSEN, Jan; JAIME, Raúl C. Mainar; ARENAS, Jesus. **Biofilms as Promoters of Bacterial Antibiotic Resistance and Tolerance**. *Antibiotics*, v. 10, n. 1, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6382/10/1/3>. Acesso em 27 dez. 2025.

USUI, Masaru; AZUMA, Takashi; KOTADA, Satoshi; FEKUDA, Akira; SUZUKI, Yasuhiko; NAKAJIMA, Chie; TAMURA, Yutaka. **Hyperthermophilic composting of livestock waste drastically reduces antimicrobial resistance**. *Waste Management Bulletin*, v. 2, ed.3, p. 241-248, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949750724000695?via%3Dihub>. Acesso em: 23 out. 2025.

VIMALA, Poornima Baskar; VAJRAMELU, Leela Kakithakara; THULUKANAM, Jayaprakash; LATHAKUMARI, Rahul Harikumar; PANNEERSELVAM, Vishnu Priya; NAIR, Dakshina M. **Clinical presentation and antibiotic resistance trends of *Escherichia coli* isolated from clinical samples in South India: A two-year study (2022–2023)**. *Infection, Disease & Health*, v. 30, ed. 3, p.183-193, 2025. Disponível em: [https://www.idhjournal.com.au/article/S2468-0451\(25\)00005-7/abstract](https://www.idhjournal.com.au/article/S2468-0451(25)00005-7/abstract). Acesso em 28 dez. 2025.

WEN, Zhi; JIN, Jiwei; CHEN, Yonghong; ZHAO, Chengjuan; XU, Chengchun; LIU, Jun; GE, Binglei. **Clinical epidemiological characteristics and antibiotic sensitivity of *Escherichia coli* urinary tract infection**. *PLOSOne*, 2025. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0336572>. Acesso em: 28 dez. 2025.

WU, Shanghua; WANG, Shijie; DONG, Yuzhu; LI, Xianglong; ZHUANG, Xuliang. **Non-negligible roles of upstream rivers in determining the antibiotic resistance genes community in an interconnected river-lake system (Dongting lake, China)**. *Science of the Total Environment*, v. 946, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969724040749?via%3Dihub>. Acesso em: 28 dez. 2025.

XIAO, Jiaman; ZHANG, Bowei; ZHANG, Renbin; XIONG, Fei; LIU, Hao; XIANG, Zichen; WEI, Yifu; XIA, Ming; WU, Naicheng. **Impact of land use on antibiotic resistance genes and bacterial communities in rivers**. *Environmental Research*, v. 276, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935125007261?via%3Dihub>. Acesso em: 23 out. 2025.

YU, Gine-Ye; LEE, Guo-Wei; HUNG, Yu-Ting; LI, Siou-Cen; MA, Ying-Ping; CHEN, Zeng-Weng; HSUAN, Shih-Ling. **AI-driven identification and analysis of inhibition zones in disk diffusion tests with the hue contrast method**. *Microchemical Journal*, v. 208, 2025). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026265X24025724>. Acesso em: 24 out. 2025.

ZAERPOUR, Masoud; HATAMI, Shade; BALLARIN, André S; PAPALEXIOU, Simon Michael; PIETRONIRO, Alain; NAZEMI, Ali. **Agriculture's impact on water–energy balance varies across climates**. *Environmental Sciences*, 2025. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2410521122>. Acesso em: 04 nov. 2025.

ZAHPPR, Iqra; MUSHTAQ, Ayesha. **Water Pollution from Agricultural Activities: A Critical Global Review**. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, p. 164-176, 2023. Disponível em: <https://iscientific.org/wp-content/uploads/2023/05/19-IJCBS-23-23-24.pdf>. Acesso em: 30 set. 2025.

ZARAGOZA, Mariana Díaz; PRECIADO, Sergio Yair Rodriguez; VENTURA, Lizeth Hernández; COVARRUBIAS, Alejandro Ortiz; GARCÍA, Gustavo Castellanos; FRANCO, Sonia Sifuentes; SUÁREZ, Ana Laura Pereira; VALLE, José Francisco Muñoz; BUELNA, Margarita Montoya; BARRAGAN, Jose Macias. **Evaluation of Antibiotic Resistance in *Escherichia coli* Isolated from a Watershed Section of Ameca River in Mexico**. *Microbiology Research*, v. 16, ed. 8, 2025. Disponível em:

<https://www.mdpi.com/2036-7481/16/8/186>. Acesso em: 28 dez. 2025.

ZHANG, You; LEUNG, Jonathan Y.S; ZHANG, Ying; CAI, Yongjiu; Zhang, Zhiming; LI, Kuanyi. **Agricultural activities compromise ecosystem health and functioning of rivers: Insights from multivariate and multimetric analyses of macroinvertebrate assemblages.** Environmental Pollution, v. 275, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749121002335>. Acesso em: 29 set. 2025.

ZHAO, Jian; HE, Jiangjie; HAN, Yurou; LIANG, Junwei; CHEN, Yucheng; ZHANG, Yimo; LIU, Jizhen; HUANG, Qizhong; XU, Weihong. **Manure application increases soil doxycycline and zinc levels and resistance gene abundance.** Ecotoxicology and Environmental Safety, v.290, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651325001423?via%3Dihub>. Acesso em: 04 out. 2025.