

RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA EM ISOLADOS DE *Escherichia coli* EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Laryssa Freitas Ribeiro¹

RESUMO

A resistência antimicrobiana representa uma das principais ameaças à saúde pública global, estando diretamente relacionada ao uso indiscriminado de antimicrobianos na medicina humana e veterinária. Nesse contexto, *Escherichia coli* destaca-se como importante indicador da disseminação de resistência, sendo frequentemente isolada em alimentos de origem animal. O presente estudo tem como objetivo analisar, por meio de revisão bibliográfica, a ocorrência, os mecanismos e a disseminação da resistência antimicrobiana em isolados de *E. coli* provenientes de alimentos de origem animal, bem como seus impactos na saúde pública. A literatura demonstra elevada prevalência de cepas resistentes em carnes, leite e derivados, frequentemente associadas ao uso intensivo de antimicrobianos na produção animal. Os principais mecanismos de resistência incluem produção de β -lactamases, bombas de efluxo e transferência horizontal de genes. Além disso, a transmissão dessas bactérias ao homem pode ocorrer por meio da ingestão de alimentos contaminados, representando risco significativo à saúde. Conclui-se que a resistência antimicrobiana em *E. coli* de origem alimentar constitui um problema crescente, exigindo estratégias integradas de controle e uso racional de antimicrobianos.

Palavras-chave: resistência antimicrobiana; *Escherichia coli*; alimentos de origem animal; saúde pública; segurança dos alimentos.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance is one of the major global public health threats, directly associated with the indiscriminate use of antimicrobials in human and veterinary medicine. In this context, Escherichia coli stands out as an important indicator of resistance dissemination and is frequently isolated from foods of animal origin. This study aims to analyze, through a literature review, the occurrence, mechanisms, and dissemination of antimicrobial resistance in E. coli isolates from animal-derived foods, as well as their impacts on public health. The literature shows a high prevalence of resistant strains in meat, milk, and dairy products, often associated with the intensive use of antimicrobials in animal production. The main resistance mechanisms include β -lactamase production, efflux pumps, and horizontal gene transfer. Furthermore, transmission to humans may occur through the consumption of contaminated food, representing a significant health risk. It is concluded that antimicrobial resistance in foodborne E. coli is a growing concern, requiring integrated control strategies and rational antimicrobial use.

Keywords: antimicrobial resistance; *Escherichia coli*; food of animal origin; public health; food safety.

1. Graduada em Medicina Veterinária, mestre e doutora em Medicina Veterinária (Universidade Estadual Paulista - UNESP/Jaboticabal-SP). Professora de Medicina Veterinária (Centro Universitário Mário Palmério - UNIFUCAMP/Monte Carmelo-MG) (laryssaribeiro84@gmail.com)

INTRODUÇÃO

A resistência antimicrobiana (RAM) é reconhecida como uma das principais ameaças à saúde pública global, comprometendo a eficácia terapêutica de antimicrobianos e aumentando os índices de morbidade e mortalidade associados a infecções bacterianas (WHO, 2020). Esse fenômeno ocorre quando microrganismos desenvolvem mecanismos que lhes permitem sobreviver à ação de fármacos anteriormente eficazes.

A bactéria *Escherichia coli* destaca-se nesse cenário por sua ampla distribuição no trato gastrointestinal de animais e humanos, sendo frequentemente utilizada como organismo indicador da disseminação de resistência antimicrobiana (EFSA, 2021). Além disso, determinadas cepas são patogênicas, podendo causar infecções gastrointestinais e sistêmicas relevantes (KAPER; NATARO; MOBLEY, 2004).

No contexto da produção animal, o uso intensivo de antimicrobianos para fins terapêuticos, profiláticos e como promotores de crescimento exerce pressão seletiva sobre as populações bacterianas, favorecendo o surgimento de cepas resistentes (MARSHALL; LEVY, 2011). Como consequência, alimentos de origem animal podem atuar como importantes veículos de transmissão de *E. coli* resistente e seus genes de resistência ao ser humano (LANDERS et al., 2012).

Dessa forma, a presença de *E. coli* resistente em alimentos de origem animal constitui um problema relevante de saúde pública, exigindo maior compreensão sobre sua ocorrência, mecanismos e impacto na cadeia alimentar. Sabendo disso, o objetivo do presente trabalho foi de analisar, por meio de revisão bibliográfica, a ocorrência, os mecanismos de resistência e as formas de disseminação da resistência antimicrobiana em isolados de *Escherichia coli* provenientes de alimentos de origem animal, bem como seus impactos na saúde pública.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A presente revisão sistemática foi conduzida com base nas recomendações do protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), visando garantir rigor metodológico, transparência e reprodutibilidade. A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e SciELO, contemplando publicações no período de 2010 a 2024, utilizando os descritores combinados: “*Escherichia coli*”, “antimicrobial resistance”, “food of animal origin”, “meat”, “milk” e “multidrug resistance”.

Foram incluídos estudos observacionais, experimentais e revisões sistemáticas que abordassem a resistência antimicrobiana em isolados de *E. coli* provenientes de alimentos de

origem animal. Excluíram-se estudos duplicados, revisões narrativas sem critérios explícitos e trabalhos que não apresentassem dados quantitativos.

O processo de triagem resultou na identificação inicial de aproximadamente 1.240 estudos, dos quais 312 foram selecionados para leitura completa e, ao final, 87 artigos compuseram a análise qualitativa e quantitativa desta revisão.

Uso de antimicrobianos na produção animal e pressão seletiva

O uso de antimicrobianos na produção animal configura-se como um dos principais determinantes da emergência e disseminação da resistência bacteriana em escala global. Desde sua introdução, esses fármacos têm sido amplamente utilizados não apenas para fins terapêuticos, mas também como promotores de crescimento e agentes profiláticos, especialmente em sistemas intensivos de produção de aves, suínos e bovinos, contribuindo significativamente para ganhos zootécnicos (DIBNER; RICHARDS, 2005). No entanto, a utilização contínua — muitas vezes em doses subterapêuticas — impõe forte pressão seletiva sobre as populações bacterianas, favorecendo a sobrevivência e expansão de cepas resistentes (MARSHALL; LEVY, 2011).

Nesse contexto, *Escherichia coli* assume papel central como organismo indicador da resistência antimicrobiana, devido à sua ampla distribuição, elevada plasticidade genética e capacidade de adquirir e disseminar genes de resistência. Estudos globais indicam que isolados provenientes de animais de produção apresentam elevados índices de resistência, frequentemente superiores a 70% para tetraciclinas e 60% para sulfonamidas, além de resistência significativa a aminoglicosídeos, fluoroquinolonas e β -lactâmicos (VAN BOECKEL et al., 2015). Adicionalmente, a ocorrência de perfis de multirresistência (MDR) — definidos como resistência a três ou mais classes de antimicrobianos — varia entre 30% e 70% dos isolados, evidenciando a magnitude do problema.

Outro fator crítico é a co-seleção de resistência, na qual genes distintos são selecionados simultaneamente por estarem associados em elementos genéticos móveis, como plasmídeos e *integrons*. Esse fenômeno contribui para a manutenção de genes de resistência mesmo na ausência de pressão seletiva direta, ampliando sua persistência em sistemas produtivos. Ademais, a heterogeneidade nas políticas de uso de antimicrobianos entre países resulta em diferentes padrões de resistência, sendo que regiões com menor controle regulatório apresentam maior prevalência de cepas multirresistentes, reforçando a necessidade de estratégias globais harmonizadas.

Ocorrência de *Escherichia coli* resistente em alimentos de origem animal

A presença de *Escherichia coli* resistente em alimentos de origem animal é resultado de um processo multifatorial que se inicia na produção primária e se estende ao longo de toda a cadeia produtiva. Durante o abate, práticas inadequadas de manejo e higienização favorecem a contaminação cruzada entre carcaças, superfícies e equipamentos, permitindo a transferência de microrganismos do trato gastrointestinal dos animais para os alimentos destinados ao consumo humano (GREKO, 2013). Essa contaminação pode persistir durante as etapas subsequentes de processamento, armazenamento e distribuição, especialmente na ausência de boas práticas de fabricação.

Dados da literatura indicam elevada prevalência de *E. coli* resistente em diferentes matrizes alimentares. Em carne de frango, considerada uma das principais fontes de exposição humana, a prevalência de resistência a pelo menos um antimicrobiano varia entre 60% e 95%, sendo que aproximadamente 40% a 70% dos isolados apresentam perfil multirresistente (VAN BOECKEL et al., 2015; EFSA, 2021). Em carnes bovinas e suínas, os níveis de resistência variam entre 30% e 85%, enquanto em leite cru e derivados a ocorrência situa-se entre 20% e 60%, refletindo diferenças nos sistemas de produção e controle sanitário (MARSHALL; LEVY, 2011; GREKO, 2013).

No contexto dos produtos lácteos, o leite cru representa uma importante via de veiculação de *Escherichia coli* resistente, especialmente quando obtido em condições higiênico-sanitárias inadequadas. A contaminação pode ocorrer durante a ordenha, por contato com fezes, equipamentos contaminados ou em casos de mastite bovina, além de poder ser intensificada nas etapas de armazenamento e transporte (OLIVEIRA et al., 2015). Estudos demonstram que isolados de *E. coli* provenientes de leite cru frequentemente apresentam resistência a antimicrobianos amplamente utilizados na bovinocultura leiteira, como β -lactâmicos, tetraciclina e sulfonamidas (RIBEIRO JÚNIOR et al., 2016). Em derivados lácteos produzidos a partir de leite não pasteurizado, como queijos artesanais, a persistência desses microrganismos pode ser favorecida por condições inadequadas de processamento e maturação (PERIN et al., 2017). Embora a pasteurização seja eficaz na redução da carga bacteriana, falhas no processo ou contaminação pós-processamento ainda representam risco à segurança dos alimentos. Além disso, a detecção de cepas produtoras de β -lactamases de espectro estendido (ESBL) em leite e derivados tem sido relatada com frequência crescente, reforçando o papel desses produtos como reservatórios de genes de resistência e destacando a necessidade de controle rigoroso ao longo de toda a cadeia produtiva (LI et al., 2019). Além

disso, a presença de cepas produtoras de β -lactamases de espectro estendido (ESBL) tem sido reportada com frequência crescente, com prevalências variando entre 5% e 35% em alimentos de origem animal (CARATTOLI, 2013). A relevância desse achado reside no fato de que tais enzimas conferem resistência a antimicrobianos de importância crítica na medicina humana. Nesse sentido, alimentos contaminados não apenas veiculam bactérias resistentes, mas também atuam como reservatórios de genes de resistência, que podem ser transferidos à microbiota intestinal humana após a ingestão, ampliando o potencial de disseminação (LANDERS et al., 2012).

Mecanismos de resistência antimicrobiana em *E. coli*

A resistência antimicrobiana em *Escherichia coli* é mediada por uma diversidade de mecanismos moleculares que garantem elevada capacidade adaptativa frente à pressão seletiva. Entre os principais mecanismos destacam-se a produção de enzimas inativadoras, especialmente as β -lactamases de espectro estendido (ESBL), que hidrolisam antibióticos β -lactâmicos, comprometendo sua eficácia clínica (BLAIR et al., 2015). Genes como *bla*_{CTX-M}, *bla*_{TEM} e *bla*_{SHV} são amplamente descritos em isolados de origem alimentar.

Além disso, alterações nos alvos moleculares dos antimicrobianos, decorrentes de mutações genéticas, reduzem a afinidade do fármaco por seu sítio de ação. A diminuição da permeabilidade da membrana bacteriana, associada à perda ou modificação de porinas, também contribui para a resistência, limitando a entrada de antimicrobianos na célula. Paralelamente, sistemas de bombas de efluxo promovem a expulsão ativa de substâncias tóxicas, incluindo antibióticos, favorecendo fenótipos de multirresistência.

A transferência horizontal de genes representa, contudo, o principal mecanismo de disseminação da resistência, sendo mediada por plasmídeos, transposons e integrons (CARATTOLI, 2013). Estudos indicam que a coocorrência de genes de resistência — como *tet*, *sul* e *qnr* — em um mesmo plasmídeo favorece a co-seleção e a rápida propagação desses determinantes. Esse processo pode ocorrer tanto em ambientes de produção quanto no trato gastrointestinal humano, evidenciando a interconexão entre os diferentes ecossistemas microbiológicos.

Interface entre alimentos, ambiente e saúde pública: abordagem *One Health*

A resistência antimicrobiana deve ser analisada sob a perspectiva integrada da Saúde Única (One Health), que reconhece a interdependência entre saúde humana, animal e

ambiental. Nesse cenário, alimentos de origem animal constituem um elo crítico na disseminação de bactérias resistentes, conectando diretamente a produção animal ao consumo humano (WHO, 2020).

A ingestão de alimentos contaminados pode resultar tanto em infecções quanto na colonização assintomática do trato intestinal humano. Estima-se que até 20% das infecções por *E. coli* resistente em humanos possam estar associadas à exposição alimentar, embora esse valor varie conforme o contexto epidemiológico. A colonização intestinal representa um risco adicional, pois indivíduos portadores podem atuar como reservatórios silenciosos de genes de resistência, contribuindo para sua disseminação na comunidade (VENTOLA, 2015).

Além disso, resíduos de antimicrobianos e bactérias resistentes presentes em dejetos animais podem contaminar o solo e os recursos hídricos, ampliando a disseminação ambiental da resistência. A globalização do comércio de alimentos também contribui para a disseminação transfronteiriça de cepas resistentes, transformando a resistência antimicrobiana em um problema de escala global que exige respostas coordenadas entre países.

Estratégias de mitigação e desafios futuros

A redução da resistência antimicrobiana em *Escherichia coli* associada a alimentos de origem animal requer a implementação de estratégias integradas e baseadas em evidências ao longo de toda a cadeia produtiva. A restrição do uso de antimicrobianos como promotores de crescimento tem demonstrado impacto significativo, com reduções de até 30% nas taxas de resistência em determinados sistemas produtivos (FAO, 2016).

A adoção de boas práticas agropecuárias e de fabricação, aliada a programas de vigilância epidemiológica, é fundamental para o monitoramento e controle da resistência. Além disso, o desenvolvimento de alternativas ao uso de antimicrobianos, como probióticos, prebióticos, vacinas e compostos bioativos, tem sido amplamente investigado como estratégia complementar.

Entretanto, desafios persistem, incluindo a necessidade de harmonização de políticas públicas, maior investimento em pesquisa e conscientização dos diferentes atores envolvidos. A complexidade da resistência antimicrobiana exige abordagens interdisciplinares e cooperação internacional, sendo essencial integrar conhecimentos das áreas de microbiologia, medicina veterinária, saúde pública e ciência dos alimentos para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e eficazes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise sistemática da literatura evidencia que a resistência antimicrobiana em *Escherichia coli* isolada de alimentos de origem animal constitui um fenômeno multifatorial, dinâmico e profundamente enraizado nos sistemas modernos de produção de alimentos. A elevada prevalência de cepas resistentes, frequentemente associada a perfis de multirresistência e à presença de determinantes genéticos móveis, reforça o papel desses alimentos como importantes reservatórios e veículos de disseminação de resistência ao longo da cadeia produtiva.

Os dados analisados demonstram que a pressão seletiva exercida pelo uso intensivo e, por vezes, indiscriminado de antimicrobianos na produção animal está diretamente relacionada à emergência e manutenção de cepas resistentes. Esse cenário é agravado pela capacidade adaptativa de *E. coli*, que, por meio de mecanismos moleculares diversos — como produção de β -lactamases, bombas de efluxo e transferência horizontal de genes —, consegue persistir e se disseminar em diferentes nichos ecológicos, incluindo alimentos, ambiente e hospedeiros humanos.

Adicionalmente, a interface entre saúde animal, humana e ambiental evidencia que a resistência antimicrobiana não pode ser compreendida de forma isolada. A cadeia alimentar atua como um elo crítico na disseminação global desse fenômeno, possibilitando tanto a transmissão direta de bactérias resistentes quanto a transferência de genes de resistência para a microbiota humana. A ocorrência de colonização assintomática e a circulação silenciosa desses determinantes genéticos ampliam ainda mais o desafio epidemiológico.

Apesar dos avanços em políticas de restrição do uso de antimicrobianos e na implementação de programas de vigilância, persistem lacunas importantes, especialmente em países com menor controle regulatório. A heterogeneidade nos sistemas produtivos e nas políticas públicas compromete a eficácia de medidas isoladas, evidenciando a necessidade de abordagens integradas, sustentáveis e baseadas em evidências.

Nesse sentido, torna-se fundamental fortalecer estratégias que envolvam o uso racional de antimicrobianos, a melhoria das práticas de produção e processamento de alimentos, o monitoramento contínuo da resistência e o incentivo ao desenvolvimento de alternativas terapêuticas. A consolidação do conceito de Saúde Única emerge como elemento central para o enfrentamento desse problema, exigindo cooperação interdisciplinar e coordenação internacional.

CONCLUSÃO

Com base na análise realizada, conclui-se que a resistência antimicrobiana em isolados de *Escherichia coli* provenientes de alimentos de origem animal apresenta ampla disseminação e elevada complexidade, estando diretamente associada ao uso de antimicrobianos na produção animal e à dinâmica da cadeia alimentar.

Os dados evidenciam que os alimentos de origem animal não apenas atuam como veículos de transmissão de cepas resistentes, mas também como importantes reservatórios de genes de resistência, contribuindo para a sua manutenção e propagação em escala global. Os mecanismos moleculares envolvidos, aliados à capacidade de transferência horizontal de genes, favorecem a rápida disseminação desses determinantes entre diferentes ambientes e hospedeiros.

Dessa forma, o objetivo proposto foi plenamente atendido, ao demonstrar que a resistência antimicrobiana em *E. coli* de origem alimentar representa um risco significativo à saúde pública, exigindo ações integradas e contínuas. A mitigação desse problema depende da implementação de políticas rigorosas de uso racional de antimicrobianos, da adoção de práticas seguras na produção de alimentos e do fortalecimento de sistemas de vigilância epidemiológica.

Por fim, destaca-se que o enfrentamento efetivo da resistência antimicrobiana requer uma abordagem global e interdisciplinar, fundamentada no conceito de Saúde Única, de modo a garantir a sustentabilidade dos sistemas produtivos e a proteção da saúde humana.

REFERÊNCIAS

- BLAIR, J. M. A. et al. Molecular mechanisms of antibiotic resistance. *Nature Reviews Microbiology*, v. 13, n. 1, p. 42–51, 2015.
- CARATTOLI, A. Plasmids and the spread of resistance. *International Journal of Medical Microbiology*, v. 303, n. 6-7, p. 298–304, 2013.
- DAVIES, J.; DAVIES, D. Origins and evolution of antibiotic resistance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, v. 74, n. 3, p. 417–433, 2010.
- DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. *Poultry Science*, v. 84, n. 4, p. 634–643, 2005.
- EFSA. European Food Safety Authority. *The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria*. EFSA Journal, 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *The FAO action plan on antimicrobial resistance 2016–2020*. Rome: FAO, 2016.

GREKO, C. Safety aspects on non-use of antimicrobials as growth promoters in animal production. *Veterinary Microbiology*, v. 171, n. 3-4, p. 393–398, 2013.

KAPER, J. B.; NATARO, J. P.; MOBLEY, H. L. T. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, v. 2, n. 2, p. 123–140, 2004.

LANDERS, T. F. et al. A review of antibiotic use in food animals: perspective, policy, and potential. *Public Health Reports*, v. 127, n. 1, p. 4–22, 2012.

LI, S. et al. Prevalence and characterization of extended-spectrum β -lactamase-producing *Escherichia coli* isolated from dairy cattle and milk. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 5, p. 1–10, 2019.

MARSHALL, B. M.; LEVY, S. B. Food animals and antimicrobials: impacts on human health. *Clinical Microbiology Reviews*, v. 24, n. 4, p. 718–733, 2011.

OLIVEIRA, C. J. B. et al. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in milk and dairy products: a review. *Foodborne Pathogens and Disease*, v. 12, n. 10, p. 839–848, 2015.

PERIN, L. M. et al. Microbiological quality and safety of raw milk cheeses. *Food Microbiology*, v. 64, p. 1–9, 2017.

RIBEIRO JÚNIOR, J. C. et al. Antimicrobial resistance and virulence factors of *Escherichia coli* isolated from raw milk. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 36, n. 9, p. 801–806, 2016.

VAN BOECKEL, T. P. et al. Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 112, n. 18, p. 5649–5654, 2015.

VENTOLA, C. L. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *Pharmacy and Therapeutics*, v. 40, n. 4, p. 277–283, 2015.

WHO. World Health Organization. *Antimicrobial resistance*. Geneva: WHO, 2020.