

***E. coli* e *Salmonella* na cadeia de alimentos de origem animal do Brasil: como assegurar a qualidade do campo a mesa?**

Eduardo Eustaquio de Souza Figueiredo

Maxsueli Machado

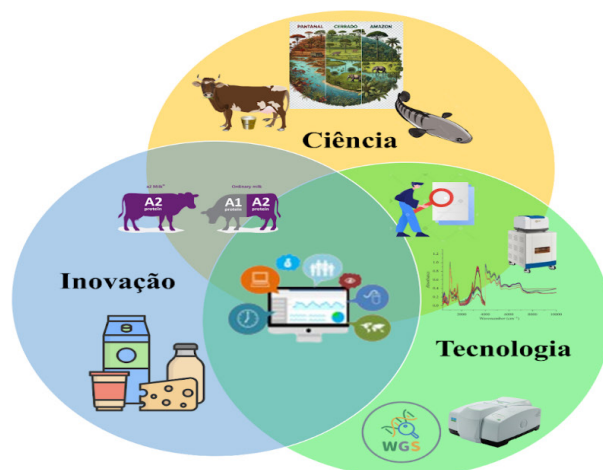
Alexsandro da Silva Siqueira

Gabriela da Silva Pinho

1. INTRODUÇÃO/CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil destaca-se por ser um dos maiores produtores de alimentos de origem animal. Seus produtos são exportados para mais de 180 países, o que demonstra robustez do serviço oficial brasileiro. Só no terceiro trimestre de 2025, o Brasil abateu mais de 10 milhões de cabeças bovinas (IBGE, 2025). Já o pescado, segundo a Associação Brasileira da Piscicultura, somente em 2025, a produção de peixes de cultivo atingiu 968.745 toneladas no Brasil (Peixe BR, 2025). Estima-se que haverá um crescimento ainda maior devido ao Brasil possuir a maior quantidade de água doce disponível (Conab, 2021; FAO, 2018). Nesse sentido, garantir a segurança microbiológica na cadeia produtiva de alimentos é de vital importância pela valorização desses produtos no mercado internacional e nacional, evitando embargos. Em geral, alimentos de origem animal, apresentam um importante papel para determinar a exposição de seres humanos aos contaminantes de origem biológica ou química (LIEVAART, 2005). Os surtos alimentares envolvendo produtos *in natura* ocorrem pela transferência dos patógenos *E. coli* e *Salmonella spp.* através da contaminação fecal direta ou cruzada durante o processamento, visto que produtos como carne e/ou leite obtidos de animais sadios são estéreis, ou seja, toda contaminação é originada a partir do processo tecnológico realizado de forma inadequada. Assim, o controle efetivo destes agentes requer uma abordagem integrada, baseada em toda cadeia produtiva (NORRUNG, 2009).

Figura 9. Elo entre ciência, inovação, e tecnologia no controle sanitário de bactérias patogênicas em produtos de origem animal



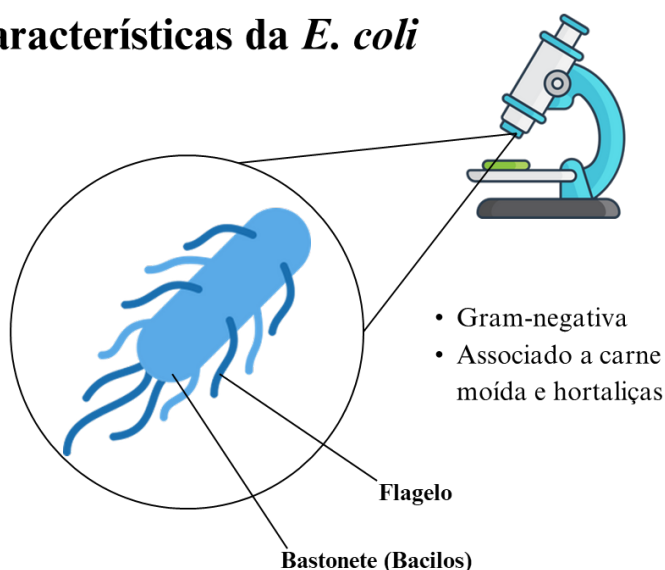
2. MICRORGANISMOS DE INTERESSE NA CADEIA PRODUTIVA DE ALIMENTOS

2.1. *Escherichia coli* (*E. coli*)

Escherichia é um gênero de bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae*, que possui oito espécies “*Escherichia blattae*, *E. vulneris*, *E. hermannii*, *E. fergusonii*, *E. alberti*, *E. adecarboxylata* e *E. marmotae*”, sendo a *Escherichia coli* de maior prevalência na cadeia de alimentos de origem animal (YU; BANTING; NEUMANN, 2021). *E. coli* é uma bactéria Gram negativa, não formadora de esporos, e móvel (possuindo flagelos que auxiliam na sua locomoção). O seu formato varia de células esféricas a bastonetes alongados ou filamentosos (PERCIVAL; WILLIAMS, 2014). Além disso, é facultativamente anaeróbia (cresce com presença ou ausência de oxigênio).

Figura 10. Características morfológicas da *E. coli*.

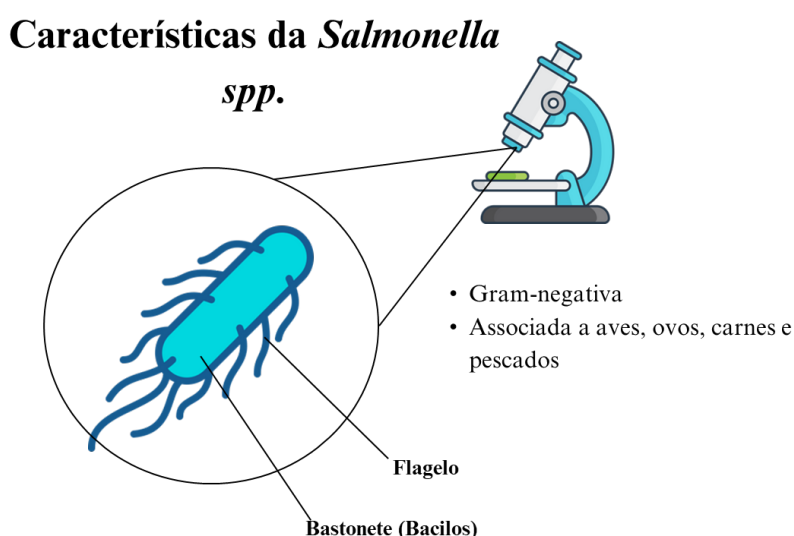
Características da *E. coli*



2.2. *Salmonella* spp.

Salmonella é uma bactéria também pertencente à família *Enterobacteriaceae* e possui duas espécies: *Salmonella enterica* e *Salmonella bongori* (Chaudhari, Singh e Kodgire, 2023). A espécie *S. enterica* possui mais de 2.600 linhagens, também denominados sorovares, que as diferenciam pelos seus antígenos O e H, que fazem parte da sua estrutura celular e flagelar. A *Salmonella* spp., cuja espécie não é definida, já é capaz de causar gastroenterites em humanos, cuja infecção, denominada salmonelose, é caracterizada por sintomas como náuseas, vômitos, cólicas abdominais e febre. Entretanto, alguns sorovares de *Salmonella* tais como *S. Enteritidis* e *S. Typhimurium*, quando infectam os humanos podem desencadear gastroenterites mais intensas, podendo levar a consequências crônicas e, em alguns casos, levar o indivíduo a óbito (Papoula-Pereira et al., 2025). É uma bactéria Gram negativa, que possui forma de bacilo, e pode crescer na ausência ou presença de oxigênio, preferencialmente em temperaturas mesofílicas (entre 30 e 44,5 °C).

Figura 11. Característica da *Salmonella* spp.



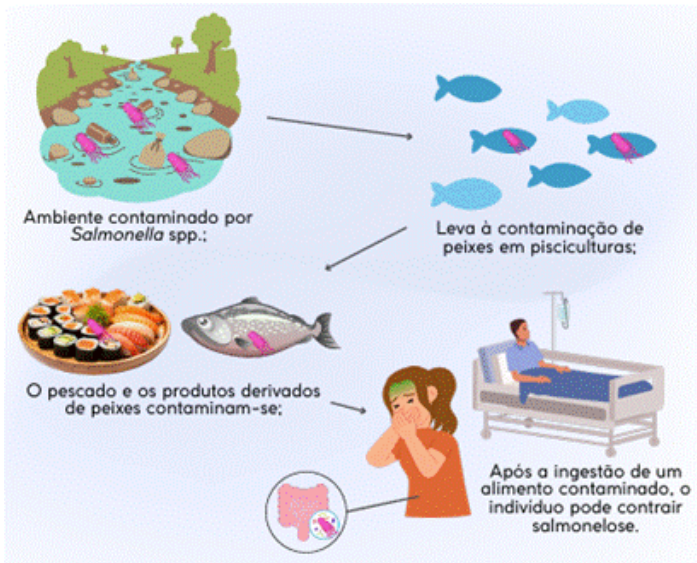
3. OCORRÊNCIA DE *E. coli* e *Salmonella* EM BOVINOS E PESCADO “DA FAZENDA A MESA”

- Fontes de Contaminação: onde tudo começa?

A contaminação por *E. coli* e *Salmonella* spp. inicia-se na própria fazenda e pode se estender até o consumidor final. Uma das principais formas de transmissão é através das fezes de animais, sendo os alimentos, especialmente a carne bovina e pescado, considerados importantes veiculadores desses patógenos (OLIVER et al., 2008). Na **fazenda**, a contaminação ocorre principalmente por meio da água não tratada, ração contaminada e presença de animais silvestres próximos ao local de manejo, reservatórios hídricos e armazenamento inadequado da ração (SOON; CHADD; BAINES, 2011).

No entanto, sabe-se que os peixes não são um reservatório natural de *Salmonella* spp. (Cunha-Neto et al., 2019). Durante o **transporte e processamento** na indústria, os riscos aumentam devido à manipulação inadequada, equipamentos e superfícies mal higienizadas e falhas na refrigeração (Fernandes et al., 2021). No **consumidor** final, a contaminação pode ocorrer pelo cozimento insuficiente da carne, mistura de alimentos crus com alimentos prontos para consumo (Lu et al., 2025) e armazenamento inadequado, fora das condições de refrigeração recomendadas.

Figura 12. Etapas de contaminação da *Salmonella* spp. na cadeia de pescado e consumo



- **Risco para a saúde pública**

Tabela 1 - Principais sintomas e tratamentos em humanos causado por bactérias patogênicas.

Agentes	Sintomas	Tratamento
<i>E. coli</i>	Diarreia, cólicas fortes, febre baixa. Em casos graves: Síndrome Hemolítica Urêmica (SHU) (RAHAL; KAZZI; NASSAR; MATAR, 2012)	Hidratação oral/venosa; não usar antibióticos (podem piorar a SHU); suporte médico hospitalar nos casos graves.
<i>Salmonella</i> sp.	Náusea, vômito e diarreia não sanguinolenta, podendo ser acompanhada de febre, dor abdominal, mialgia, dores nas articulações e cabeça (CUNHA-NETO et al., 2018)	Hidratação oral/venosa; antibióticos apenas em casos graves e repouso alimentar leve.

- **Formas de mitigação**

As principais estratégias incluem práticas de limpeza e saneamento, bem como triagem e diagnóstico de indivíduos que manuseiam alimentos; vigilância de animais portadores (animais de criação), e tratamento adequado quando necessário (WHO, 2018). Além disso, práticas de gestão agrícola na fazenda, promovem a biossegurança, tais como separação de espécies domésticas, medidas ambientais preventivas nas explorações “instalação de barreiras/cercas físicas, esquemas de monitorização e vacinação” (BUTUCEL et al., 2022).

4. IMPACTOS NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

- **Perdas econômicas por interdição de lotes**

A interdição de lotes contaminados resulta em perdas diretas para produtores e indústrias, com desperdício de matéria-prima, redução da capacidade produtiva e custos adicionais para descarte seguro.

- **Recall dos produtos**

O recall de produtos contaminados pode gerar expressivos prejuízos econômicos às empresas, uma vez que compromete a confiança de consumidores e investidores. Essa perda de credibilidade impacta diretamente nos preços e na competitividade, especialmente no curto prazo (MOGHADAM; SCHMIDT; GRIER, 2013).

- **Barreira Sanitária para exportação**

A detecção de patógenos em produtos de origem animal pode levar à imposição de barreiras sanitárias por países importadores (BAPTISTA et al., 2023), restringindo o acesso a mercados internacionais e afetando a competitividade do agronegócio brasileiro.

5. LEGISLAÇÃO: O QUE A LEI EXIGE SOBRE *E. coli* e *Salmonella* spp. EM RELAÇÃO AO ALIMENTO SEGURO?

No Brasil, a segurança de produtos de origem animal, especialmente a carne bovina e pescado, são garantidas por normas específicas que estabelecem limites e critérios para a presença de microrganismos patogênicos. Entre eles, *E. coli* e *Salmonella* spp. recebem atenção especial, por estarem diretamente associados a surtos alimentares e riscos à saúde pública. A Instrução Normativa nº 161/2022 do Ministério da Saúde (MS) junto a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece que os produtos cárneos destinados ao consumo humano devem estar isentos de *Salmonella* spp. Para *E. coli*, são definidos limites microbiológicos de 10 UFC/g (mínimo) e 10³ UFC/g (máximo), conforme as categorias específicas de produtos, refletindo padrões internacionais de segurança

alimentar. No cenário internacional, o Codex Alimentarius, referência global em segurança de alimentos, também recomenda critérios rigorosos de controle desses patógenos, especialmente em produtos de origem animal destinados ao comércio. Dessa forma, o cumprimento da legislação brasileira não apenas protege a saúde dos consumidores, mas também fortalece a competitividade da carne nacional em mercados mais exigentes.

6. DESAFIOS FUTUROS

- **Resistência Antimicrobiana**

A resistência de bactérias aos antibióticos utilizados na clínica humana e animal já representam uma ameaça à saúde pública. A intensificação da produção animal, associado ao uso indiscriminado de antibióticos no tratamento de infecções em humanos, vem selecionando cepas de *Salmonella* e *E. coli* patogênicas, com resistência a antimicrobianos. Com isso, têm sido levantadas preocupações em relação à saúde pública e aos perigos relacionados a esse problema (Bisola Bello et al., 2024; Alhadlaq et al., 2024). Dentre eles, incluem: maiores taxas de mortalidade, períodos mais longos de infecção, e um maior gasto em despesas médicas (Founou, Founou e Essack, 2017). Este problema se torna ainda mais preocupante na população de risco, como crianças, idosos e pessoas imunocomprometidas.

- **O perigo escondido nos biofilmes de *E. coli* e *Salmonella* a “fortaleza invisível”**

Um dos maiores desafios no controle de *Salmonella* e *E. coli* está na capacidade que algumas dessas bactérias possuem em formar biofilmes. Esses biofilmes funcionam como verdadeiros ecossistemas, onde células microbianas ficam envoltas por uma matriz de substâncias poliméricas extracelulares (EPS), composta por proteínas, polissacarídeos e DNA. Essa estrutura permite a adesão e persistência em diferentes superfícies, vivas ou inertes, e protege os patógenos durante o processamento de alimentos, como em plantas frigoríficas (Flemming et al., 2023). A capacidade de formação de biofilme varia conforme o sorotipo e depende de fatores como temperatura, fonte e tipos de superfície de contato (Obe; Richards; Shariat, 2022). Essa característica potencializa a disseminação de *Salmonella* e *E. coli*, já que o biofilme confere proteção contra estressores químicos, mecânicos e físicos (Bai; Nakatsu; Bhunia, 2021; (Nasrollahian; Graham; Halaji, 2024). Além disso, o biofilme favorece a virulência das cepas, pois torna as bactérias mais resistentes tanto ao ataque do sistema imunológico do hospedeiro quanto à ação de antimicrobianos (Harrell et al., 2021). Em resumo, os biofilmes transformam esses microrganismos em uma verdadeira fortaleza invisível, dificultando sua eliminação e representando uma ameaça constante para a segurança dos alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALHADLAQ, Meshari Ahmed et al.. Overview of pathogenic *Escherichia coli*, with a focus on Shiga toxin-producing serotypes, global outbreaks (1982–2024) and food safety criteria. *Gut Pathogens*, v. 16, n. 1, p. 1-18, 7 out. 2024. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13099-024-00641-9>.
- BAI, X.; NAKATSU, C. H.; BHUNIA, A. K. **Bacterial Biofilms and Their Implications in Pathogenesis and Food Safety**. *Foods*, v. 10, n. 9, p. 2117, 8 set. 2021.
- BAPTISTA, D. Q et al. **Salmonella Serovars Isolated from Poultry Breeding Flocks under the Brazilian Official Control Programme Between 2016 and 2018**. *Brazilian Journal Of Poultry Science*, v. 25, n. 1, p. 1-11, 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2022-1646>.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022, 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-161-de-1-de-julho-de-2022-413366880>>. Acesso em: 17 set. 2025
- BUTUCEL, Eugenia et al. **Farm Biosecurity Measures and Interventions with an Impact on Bacterial Biofilms**. *Agriculture*, v. 12, n. 8, p. 1251, 18 ago. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture12081251>.
- CHAUDHARI, R.; SINGH, K.; KODGIRE, P. **Biochemical and molecular mechanisms of antibiotic resistance in *Salmonella* spp.** *Research in Microbiology*, v. 174, n. 1–2, p. 103985, jan. 2023.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento Boletim Hortigranjeiro Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/hortigranjeiros-prohort/boletim-hortigranjeiro/boletim-hortigranjeiro-2021>. Acesso em: 17 set. 2025.
- CUNHA-NETO, A. DA et al. **Salmonella isolated from chicken carcasses from a slaughterhouse in the state of Mato Grosso, Brazil: antibiotic resistance profile, serotyping, and characterization by repetitive sequence-based PCR system**. *Poultry Science*, v. 97, n. 4, p. 1373–1381, abr. 2018.
- CUNHA-NETO, A. et al. **Occurrence and antimicrobial resistance profile of *Salmonella* isolated from native fish slaughtered and commercialised in Brazil**. *Journal of Food Safety and Food Quality*, v. 70, n. 4, p. 94–98, 2019.
- FAO, E. **Meeting the sustainable development goals**. The state of world fisheries and aquaculture, p. 227, 2018.
- FERNANDES, D. V. G. S. et al. *Salmonella* in the processing line of farmed Tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) in Mato Grosso, Brazil: serotypes of occurrence and antimicrobial profile. *Tropical Animal Health and Production*, v. 53, n. 1, p. 146, 29 mar. 2021.

FLEMMING, H.-C. et al. The biofilm matrix: multitasking in a shared space. *Nature Reviews Microbiology*, v. 21, n. 2, p. 70–86, 20 fev. 2023.

HARRELL, J. E. et al. **Salmonella Biofilm Formation, Chronic Infection, and Immunity Within the Intestine and Hepatobiliary Tract.** *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, v. 10, 2 fev. 2021.

IBGE. **Produção agropecuária: bovinos abatidos.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos-abatidos/br>. Acesso em: 18 set. 2025.

LU, J. et al. Salmonella: Infection mechanism and control strategies. *Microbiological Research*, v. 292, p. 128013, mar. 2025.

MOGHADAM, Arian Khaleghi; SCHMIDT, Claudia; GRIER, Kevin. The impact of E. Coli O157: h7 recalls on live cattle futures prices. *Food Policy*, v. 42, p. 81-87, out. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.07.002>.

NASROLLAHIAN, Sina; GRAHAM, Jay P.; HALAJI, Mehrdad. A review of the mechanisms that confer antibiotic resistance in pathotypes of E. coli. *Frontiers In Cellular And Infection Microbiology*, v. 14, 4 abr. 2024. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fcimb.2024.1387497>.

OLIVER, S. P.; PATEL, D. A.; CALLAWAY, T. R.; TORRENCE, M. E.. ASAS Centennial Paper: developments and future outlook for preharvest food safety¹. *Journal Of Animal Science*, v. 87, n. 1, p. 419-437, 1 jan. 2009. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2008-2008-1151>.

OBE, T.; RICHARDS, A. K.; SHARIAT, N. W. Differences in biofilm formation of Salmonella serovars on two surfaces under two temperature conditions. *Journal of Applied Microbiology*, v. 132, n. 3, p. 2410–2420, 1 mar. 2022.

PEIXE BR. Anuário Brasileiro da Piscicultura. 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 17 set. 2025.

PERCIVAL, Steven L.; WILLIAMS, David W. *Escherichia coli*. *Microbiology Of Waterborne Diseases*, p. 89-117, 2014. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-415846-7.00006-8>.

PAPOULA-PEREIRA, R. et al. **Economic evidence for the control of Salmonella in animal-derived food systems: A scoping review.** *Food Control*, v. 175, p. 111275, set. 2025.

RAHAL, Elias A.; KAZZI, Natalie; NASSAR, Farah J.; MATAR, Ghassan M. **Escherichia coli O157: h7-clinical aspects and novel treatment approaches.** *Frontiers In Cellular And Infection Microbiology*, v. 2, p. 1-138, 2012. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fcimb.2012.00138>.

SOON, J. M.; CHADD, S. A.; BAINES, R. N. **Escherichia coli O157: h7 in beef cattle.** *Animal Health Research Reviews*, v. 12, n. 2, p. 197-211, dez. 2011. Cambridge University

Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s1466252311000132>.

WHO. **Salmonella (Non-Typhoidal)**. Disponível em: <[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-\(non-typhoidal\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salmonella-(non-typhoidal))>. Acesso em: 17 set. 2025.

YU, Daniel; BANTING, Graham; NEUMANN, Norman F. **A review of the taxonomy, genetics, and biology of the genus Escherichia and the type species Escherichia coli.** *Canadian Journal Of Microbiology*, v. 67, n. 8, p. 553-571, ago. 2021. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/cjm-2020-0508>.