

Fortaleza, CE / Fevereiro, 2025

Resistência antimicrobiana em alimentos



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura e Pecuária***

ISSN 1677-1915 / e-ISSN 2179-8184

Documentos 202

Fevereiro, 2025

Resistência antimicrobiana em alimentos

*Terezinha Feitosa Machado
Laura Maria Bruno*

***Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2025***

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Pernambuco, 2.270, Pici
60.511-110 Fortaleza, CE
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

José Roberto Vieira Junior

Secretária-executiva

Celli Rodrigues Muniz

Membros

Afrânio Arley Teles Montenegro, Aline

Saraiva Teixeira, Eveline de Castro

Menezes, Francisco Nelsieudes

Sombra Oliveira, Helenira Ellery

Marinho Vasconcelos, Kirley Marques

Canuto, Laura Maria Bruno, Marlon

Vagner Valentim Martins, Pablo Busatto

Figueiredo, Roselayne Ferro Furtado e

Sandra Maria Morais Rodrigues

Edição executiva

Celli Rodrigues Muniz

Revisão de texto

José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica

Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

José Cesamildo Cruz Magalhães

Fotos da capa

Canva (https://www.canva.com/pt_pt/politicas/free-media/)

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria Tropical

Machado, Terezinha Feitosa

Resistência antimicrobiana em alimentos / Terezinha Feitosa Machado e Laura Maria Bruno. – Fortaleza : Embrapa Agroindústria Tropical, 2025.

PDF (15 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 2179-8184 ; 202).

1. *Staphylococcus aureus*. 2. *Salmonella* spp. 3. *Escherichia coli*. 4. Resistência antimicrobiana. I. Bruno, Laura Maria. II. Série.

CDD 664.024

Rita de Cassia Costa Cid (CRB-3/624)

© 2025 Embrapa

Autores

Terezinha Feitosa Machado

Engenheira de Alimentos, doutora em Bioquímica, pesquisadora, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

Laura Maria Bruno

Engenheira de Alimentos, doutora em Ciências Biológicas, pesquisadora, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

Apresentação

A resistência aos antimicrobianos é um dos maiores desafios para a saúde pública, com importante impacto na saúde humana, animal e vegetal, sendo reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um grande problema emergente de importância global.

Embora o desenvolvimento de resistência seja um fenômeno natural, o uso excessivo e inadequado de antimicrobianos é um fator importante para exacerbar o problema. Esses compostos são utilizados na produção animal e vegetal com o propósito de tratar e prevenir infecções, bem como para promover o crescimento animal, favorecendo pressão seletiva nos microrganismos e tornando-os resistentes.

A transmissão para humanos pode ocorrer de forma direta, mediante contato, ou indireta, no consumo do alimento e pela poluição provocada pelos resíduos biológicos agrícolas. O tema está sendo tratado mundialmente respeitando-se a abordagem de saúde única.

Enfrentar o desafio de proteger a eficácia dos agentes antimicrobianos, proteger o meio ambiente e, ao mesmo tempo, produzir alimentos seguros é uma tarefa importante que o setor agropecuário enfrenta. Este artigo explora algumas questões em torno da resistência aos antimicrobianos nos alimentos, com foco em aspectos de segurança ao longo da cadeia de produção.

Gustavo Adolfo Saavedra Pinto
Chefe-Geral da Embrapa Agroindústria Tropical

Sumário

Introdução	9
Mecanismos de RAM na cadeia de produção de alimentos	9
Cadeia de produção de alimentos – Um nicho favorável para a transmissão de RAM	10
Resistência antimicrobiana – Um importante problema de segurança dos alimentos	10
Patógenos RAM de origem alimentar	11
Considerações finais	12
Referências	13

Introdução

A descoberta dos antibióticos revolucionou a medicina no século XX. Desde então, eles tornaram-se ferramentas indispensáveis para prevenir ou tratar infecções bacterianas na medicina humana, veterinária e na agricultura. Entretanto, o uso intensivo e, às vezes, inadequado de antibióticos causou o desenvolvimento de resistência aos antimicrobianos em organismos que vão desde microrganismos deteriorantes até patógenos (Kasimanickam et al., 2021).

A resistência antimicrobiana (RAM) é a capacidade de microrganismos, como bactérias, fungos, vírus e protozoários, persistirem ou crescerem na presença de substâncias destinadas a inibi-los ou matá-los (FAO, 2017). O uso de antimicrobianos é o fator-chave na seleção de bactérias resistentes a essas substâncias, sendo o ambiente hospitalar o principal nicho ecológico de emergência na saúde humana (WHO, 2020). Entretanto, o uso de antimicrobianos na agropecuária tem contribuído para o aumento do desafio global da RAM. Neste setor, os antimicrobianos são administrados não apenas na terapia de doenças, mas também no crescimento e prevenção de doenças em animais de criação. Nesse contexto, têm sido associados a uma elevada frequência de bactérias resistentes na flora intestinal de galinhas, suínos e outros animais produtores de alimentos (Chang et al., 2015).

Microrganismos resistentes e genes de resistência a antimicrobianos podem se espalhar facilmente em cada etapa da cadeia de produção de alimentos e causar infecções em humanos. O surgimento de RAM ao longo da cadeia alimentar é, portanto, um importante problema de saúde pública global, com vários estudos relatando animais e produtos alimentícios contaminados por cepas resistentes a antibióticos, como *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA), *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* produtoras de beta-lactamase de espectro estendido, entre outras (Founou et al., 2016).

A situação da RAM é agravada pela certeza de que muitas das cepas bacterianas podem adquirir resistência a múltiplos antimicrobianos estruturalmente não relacionados, e que poucos novos antimicrobianos provavelmente estarão disponíveis nos próximos anos. Como consequência, o tratamento-padrão de certas doenças, antes efetivo, acaba sendo comprometido, ocasionando o prolongamento de enfermidades, o aumento da mortalidade e a redução da segurança dos alimentos (Razzolini; Dropa, 2019).

“O paradoxo dos antibióticos” descreve a premissa de que o uso indevido de antibióticos destrói seus poderes curativos. A resistência aos antimicrobianos é, atualmente, um dos maiores desafios para a saúde pública, com importante impacto na saúde humana e dos animais. Neste trabalho, algumas questões são exploradas em torno da resistência aos antimicrobianos nos alimentos, com foco em aspectos de segurança ao longo da cadeia de produção.

Mecanismos de RAM na cadeia de produção de alimentos

Os microrganismos que compõem a cadeia de produção de alimentos podem ser patógenos, comensais e de origem alimentar. É um microbioma dinâmico, resultante da mistura de animais domésticos e selvagens, alimentos, ambiente e seres humanos (Hughes et al., 2021).

O mecanismo de resistência desse microbioma pode ser de três formas distintas: I) intrínseca, caracterizada pela resistência natural à ação de um dado fármaco, como efeito de uma particularidade funcional ou estrutural (Kapoor et al., 2018); II) induzida, que ocorre por influência da ação de antibióticos, agentes mutagênicos como radiação (ultravioleta ou ionizantes), agentes alquilantes ou espécies reativas a oxigênio (Teixeira et al., 2019); e III) extrínseca ou adquirida, que ocorre quando bactérias anteriormente suscetíveis adquirem resistência a antibióticos por meio de mecanismos de recombinação genética que possibilitam que elas evoluam e se adaptem ao meio ambiente (Silva, 2019). Nessa última, as mutações podem ocorrer durante o processo de replicação celular ou aquisição de material genético exógeno, já que estes genes de resistência não estão contidos no genoma do microrganismo, mas são incorporados a ele por meio de transferência gênica horizontal (Spinosa et al., 2017). Essa transferência horizontal de genes é um mecanismo de recombinação genética, classificado de quatro formas distintas, de acordo com a forma de aquisição de DNA de um outro organismo ou do ambiente, sendo elas: conjugação, transformação, transdução e transposição (Teixeira et al., 2019). Essa troca genética pode ocorrer quando as bactérias interagem ao longo das diferentes etapas da cadeia de suprimento de alimentos (Hughes et al., 2021).

Quando os microrganismos são expostos aos antimicrobianos, as bactérias suscetíveis são mortas ou inibidas, enquanto as bactérias que são intrinsecamente resistentes ou adquiriram um traço de resistência têm maiores chances de sobrevivência e proliferação. A RAM é promovida principalmente por meio do uso excessivo de antimicrobianos. No entanto, outras práticas, como uso e dosagem inadequados, também contribuem para o crescimento de fenótipos de resistência. Globalmente, o aumento da prevalência de organismos resistentes a medicamentos e genes de resistência têm sido associados à pressão seletiva do uso de antibióticos em ambientes clínicos e agropecuários, o que ameaça a saúde humana e animal (Verraes et al., 2013; Prestinaci et al., 2015).

Os antimicrobianos usados em sistemas agropecuários têm o potencial de promover RAM em microrganismos comensais e patógenos, com a subsequente consequência deletéria de uma terapia antimicrobiana fracassada para as doenças transmitidas por alimentos, para as quais o tratamento com antibióticos é necessário (Doyle et al., 2016). Microrganismos resistentes e genes RAM são onipresentes no ambiente em torno dos sistemas de produção pecuária, na alimentação animal e em solos. Além disso, cursos d'água e oceanos são reservatórios para genes RAM, e há evidências de troca de genes de resistência a antibióticos entre bactérias do solo e patógenos clínicos e de organismos resistentes de humanos para animais e vice-versa (Cahill et al., 2017). Cepas de *E. coli* que são ingeridas com alimentos podem conter genes de β -lactamase de espectro estendido (ESBL) localizados em elementos genéticos móveis. Portanto, é possível que a resistência aos antibióticos β -lactâmicos seja transferida para patógenos no sistema digestivo humano (Verraes et al., 2013).

Cadeia de produção de alimentos – Um nicho favorável para a transmissão de RAM

A cadeia de produção de alimentos proporciona ambientes ideais para o crescimento bacteriano e pode favorecer a evolução e transmissão da RAM. Nesses ambientes, geralmente as bactérias não residem como células livres; em vez disso, formam

biofilmes em superfícies diversas, nas quais as bactérias estão presentes em alta densidade. A matriz concentra nutrientes e compostos que facilitam a interação celular e protegem as bactérias de exposições bióticas e abióticas. Entretanto, embora os biofilmes possam oferecer um porto seguro para suas bactérias residentes e protegê-las de antimicrobianos, eles também podem ser um nicho para facilitar a emergência e transmissão de RAM (Madсен et al., 2012).

Na cadeia alimentar, a seleção de bactérias RAM e a transferência de genes RAM são complexas e podem ser influenciadas pela matriz alimentar, pelas condições ambientais e pelo estado fisiológico da bactéria (Cahill et al., 2017). Assim, os obstáculos usados para controlar o crescimento de patógenos em alimentos podem não impedir a transferência de plasmídeos entre bactérias. Meervenne e colaboradores (2015) avaliaram o efeito da temperatura (7–37 °C) e da embalagem em atmosfera modificada sobre a transferência de resistência a antibióticos de *Lactobacillus sakei* para *Listeria monocytogenes*. Os resultados indicaram que ambos os obstáculos (temperatura e embalagem) não evitaram a transferência plasmidial entre as bactérias testadas. Em outro estudo, McMahon et al. (2007) demonstraram que o uso de agentes bacteriostáticos (subletais), em vez de bactericidas (letais) na preservação de alimentos, podem contribuir para o desenvolvimento e a disseminação de RAM entre importantes patógenos de origem alimentar. Isso pode ter consequências em alimentos minimamente processados.

Resistência antimicrobiana – Um importante problema de segurança dos alimentos

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) reconhece que a cadeia alimentar proporciona inúmeros nichos em que populações microbianas abundam e nos quais a RAM pode emergir e ser disseminada, e que os alimentos desempenham um papel significativo nas vias de transmissão da RAM aos seres humanos. As pressões para a seleção de bactérias RAM na cadeia alimentar podem ocorrer tanto em ambientes

naturais quanto após a exposição a antimicrobianos na produção de alimentos, incluindo pecuária, agricultura e aquicultura (FAO, 2017).

Na pecuária e aquicultura, os antimicrobianos desempenham um papel fundamental no tratamento e na prevenção de doenças de animais. São também utilizados, em baixas concentrações, na alimentação animal para estimular o crescimento e a produção. Além disso, os sistemas produtivos tendem a se tornar intensivos com animais sedentários e dependentes de alimentos concentrados, favorecendo o aparecimento de problemas quanto ao controle da sanidade animal e, por consequência, aumentando o uso de antimicrobiano, com grande probabilidade de desencadear o surgimento de microrganismos resistentes. Soma-se a isso o fato de os produtos de origem animal poderem conter bactérias RAM devido à contaminação fecal durante o abate (Morais et al., 2023). Estudos com as bactérias zoonóticas *Salmonella* e *Campylobacter* resistentes a antibióticos, conduzidos pelos Centros de Controle e Prevenção de Doenças (CDC), mostraram que a RAM entre as cepas avaliadas foi provavelmente o resultado do uso de antimicrobianos em animais produtores de alimentos, e que a maioria das infecções por essas bactérias RAM é adquirida a partir da ingestão de alimentos contaminados (Chang et al., 2015). Contudo, vale ressaltar que os dados sobre as concentrações de resíduos de antimicrobianos em alimentos provenientes da pecuária e aquicultura são poucos. Alguns estudos testaram apenas alguns agentes antimicrobianos ou incluíram algumas espécies animais, como aves domésticas, frangos de corte e poedeiras, peixes e camarões (Gazal et al., 2020; Hassan et al., 2021).

Na produção agrícola, face aos problemas causados por insetos, ácaros, fungos e bactérias fitopatogênicas, o uso dessas substâncias tem aumentado a fim de prevenir doenças nas lavouras e também para preservar as colheitas (Cesa-Luna et al., 2020). No caso específico das bacterioses, os antimicrobianos geralmente são usados de forma preventiva, mas a aplicação repetida e frequente leva à seleção e predominância na população bacteriana com resistência aos princípios ativos, fazendo com que o antimicrobiano perca a eficiência. Cada espécie de fruta ou hortaliça pode ser afetada por uma ou mais espécie de bactérias, que em geral é um problema na produção de alimentos (Maia et al., 2009). Os produtos vegetais podem ser contaminados com bactérias RAM durante a produção devido à utilização de água de irrigação contaminada com essas bactérias (Verraes et al., 2013).

Patógenos RAM de origem alimentar

Entre os patógenos de origem alimentar, o foco de atenção da RAM está voltado para *Salmonella* spp, *E. coli* enteropatogênica, *Campylobacter* spp., *Staphylococcus aureus* e *Enterococcus* sp. Essas bactérias são oriundas de animais e podem contaminar os alimentos em algum estágio da cadeia alimentar. O uso de antibióticos no ciclo de vida desses animais aumenta a probabilidade de que esses microrganismos sejam resistentes aos antibióticos comuns. Os alimentos de origem animal podem constituir a principal via de transmissão de bactérias resistentes e genes de resistência dos animais para humanos. Entretanto, o contato direto com animais ou com o ambiente de produção animal, frutas e hortaliças contaminadas por resíduos animais ou água contaminada também podem constituir uma via de transmissão. Assim, a resistência aos antibióticos é um desafio para a segurança dos alimentos (Cahill et al., 2017).

Salmonella spp. é um agente zoonótico frequentemente associado às infecções em humanos. Os sorovares mais encontrados em animais e seus produtos são *Salmonella* Enteritidis e *Salmonella* Typhimurium, sendo preocupantes as resistências dessas bactérias às quinolonas e cefalosporinas, antibióticos de importância crítica para a medicina humana. Além disso, a multirresistência (resistência a mais de quatro classes de antibióticos) está disseminada em vários sorovares de *Salmonella*, particularmente em *S. Typhimurium*. Os alimentos, principalmente de origem animal, são um importante reservatório de *Salmonella* resistente a antibióticos que pode ser transmitida de animais para pessoas. Dentre os alimentos, os mais implicados nessas infecções são tipicamente carne bovina, suína, aves, laticínios e ovos (Lima et al., 2016; Silva et al., 2018; Resende et al., 2021). Por ser, na maioria das vezes, uma doença autolimitante, o tratamento com antibióticos não é recomendado para casos de salmonelose em indivíduos saudáveis. Nesses casos, o tratamento é focado na reidratação e reposição de eletrólitos. Contudo, existem complicações associadas à infecção por *Salmonella* que podem requerer esse tipo de terapia. É o caso dos grupos de risco, como crianças, idosos e imunocomprometidos (Corção, 2015; Rukambile et al., 2019; Gaertner, 2024).

A campilobacteriose, causada por bactérias do gênero *Campylobacter*, é uma das principais doenças bacterianas transmitidas por alimentos em

diversos países, alguns dos quais notificam números superiores aos casos de salmonelose (Buiatte, 2021). As principais causas estão associadas ao consumo da carne de frango contaminada e inadequadamente cozida, como também a práticas incorretas de manipulação de alimentos, gerando contaminação cruzada com outros alimentos consumidos crus, como as saladas (Campos et al., 2015). A maioria dos casos é autolimitada e não requer tratamentos com antibiótico, mas, quando necessário, os macrolídeos e as fluoroquinolonas são usados como drogas de primeira linha. Se a cepa envolvida for resistente a esses antibióticos, a escolha do antibiótico é limitada, podendo ocorrer falha do tratamento, com maior duração e gravidade da doença. A mortalidade por campilobacteriose costuma ser bastante baixa, mas tende a ser maior em pacientes com comorbidades e naqueles infectados por cepas resistentes a antibióticos (Panzenhagen et al., 2016).

Cepas de *Escherichia coli* resistentes aos antimicrobianos provenientes de animais e de água podem contaminar os alimentos, que, ao serem ingeridos, podem transferir resistência para outras bactérias durante a passagem pelo intestino humano. Se houver desenvolvimento de infecção a partir dessas bactérias, o tratamento com antibiótico pode não responder no tempo certo, resultando no prolongamento e aumento da gravidade da doença. Uma preocupação atual é o rápido surgimento das cepas de *E. coli* produtoras de β -lactamase de espectro estendido, que são capazes de quebrar os antibióticos β -lactâmicos, tornando-os ineficazes. Isso inclui penicilinas e cefalosporinas, comumente usadas em hospitais e clínicas de saúde como tratamentos de primeira linha. O aumento de cepas de *E. coli* produtoras de ESBL nos últimos anos tem sido observado em infecções humanas e entre bactérias isoladas de animais para alimentação, como bovinos e aves, e particularmente frangos de corte (Mezalira et al., 2019; Seethalakshmi et al., 2024). Carcaças de frango (Vasconcelos, 2017), leite cru, queijo artesanal (Parussolo et al., 2019) e queijo Minas Frescal (Pires et al., 2019) também estão entre os produtos que veiculam essa bactéria.

O gênero *Staphylococcus* engloba uma variedade de patógenos oportunistas, sendo *Staphylococcus aureus* coagulase-positiva o mais importante clinicamente (Pasachova et al., 2019). Uma propriedade importante desta cepa é sua capacidade de se tornar resistente à meticilina devido à presença do gene *mecA*, que a torna resistente às penicilinas, cefalosporinas e aos carbapenêns (Kale; Dhawan, 2016). *Staphylococcus*

aureus resistente à meticilina (MRSA) é uma das principais causas de infecção em humanos. Cepas de MRSA são capazes de colonizar órgãos e tecidos em animais de produção. Consequentemente, podem contaminar produtos de origem animal destinados ao consumo. Estudos relatam o isolamento de linhagens de MRSA em diferentes alimentos, incluindo carnes de origem bovina, suína e de frango, além de leite, queijo e outros produtos derivados (Silveira-Filho et al., 2014; Saka; Terzi, 2018; Alves et al., 2020; Velásquez et al., 2020).

Enterococcus sp. são bactérias do grupo ácido-láticas (BAL) e constituem parte da microbiota natural do trato gastrointestinal de humanos e de vários animais, podendo ser encontradas em diversos ambientes, como solo, água, plantas e alimentos (Chotinantakula et al., 2017). Esse grupo de microrganismos possui um grande papel no que diz respeito à fermentação de produtos alimentícios. Em produtos lácteos, além da caracterização sensorial, é conhecido que algumas cepas de BAL apresentam funções probióticas (Lopes et al., 2023). Contudo, algumas cepas apresentam resistência a antibióticos e oferecem riscos à saúde; dentre essas, *Enterococcus* sp. são intrinsecamente resistentes a uma ampla gama de antimicrobianos, como β -lactâmicos e aminoglicosídeos. *Enterococcus* resistente à vancomicina (VRE) é considerado um nível de ameaça grave pelo CDC, pois apenas algumas opções antimicrobianas estão disponíveis para o tratamento de infecções por VRE (Centros de Controle e Prevenção de Doenças, 2019). Algumas cepas exibem resistência a três ou mais classes distintas de antimicrobianos, o que as classificam como multirresistentes (Prieto et al., 2016; Magill et al., 2018). Por sua natureza ubíqua, podem ocorrer em uma ampla variedade de alimentos, o que torna importante uma vigilância frequente de sua presença em alimentos (Soares-Santos, 2015).

Considerações finais

Embora a resistência aos antimicrobianos seja inerente aos microrganismos, o uso indevido ou abusivo de antimicrobianos promove resistência adicional nesses organismos. Prescritos inicialmente quando havia pouca opção, os antibióticos passaram a ser usados em excesso, tanto para uso medicinal quanto na agropecuária, impondo pressão seletiva sobre bactérias anteriormente sensíveis para adquirir resistência. O que se vê é um

crescente número de bactérias resistentes aos antimicrobianos, levando a uma diminuição na eficácia terapêutica de alguns tratamentos com antibióticos e a uma maior incidência de infecções bacterianas resistentes. Na cadeia alimentar, O surgimento da RAM em patógenos veiculados por alimentos e bactérias indicadoras está associado ao uso imprudente de antimicrobianos na produção agropecuária. Além disso, do campo à mesa, os alimentos são expostos a uma grande variedade de microrganismos que podem carrear elementos genéticos de resistência antimicrobiana. A transmissão dessa resistência pelos alimentos já é conhecida e enfatiza a necessidade de controlar essa microbiota. Assim, estratégias destinadas a reduzir ou minimizar o surgimento e a disseminação de RAM no setor agropecuário tornam-se urgentes em escala mundial. Sabe-se que saneamento básico e higiene são pré-requisitos para o controle de perigos em alimentos e, nesse contexto, devem ser vistos também como um requisito para o controle da transmissão de RAM. Além disso, é essencial o controle do uso de antimicrobianos em toda a cadeia de produção do alimento, desde o campo até à mesa, para prevenir a resistência antimicrobiana, uma vez que esse fenômeno tem efeitos prejudiciais, tanto no setor econômico como social dos sistemas públicos de saúde.

Referências

- ALVES, M. D. F. N. F.; PENNA, B.; PEREIRA, R. F. A.; GERALDO, R. B.; FOLLY, E.; CASTRO, H. C.; AGUIAR, F. A. First report of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* harboring mecC gene in milk samples from cows with mastitis in southeastern Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 51, p. 2175-2179, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42770-020-00385-z>.
- CAHILL, S. M.; DESMARCHELIER, P.; FATTORI, V.; BRUNO, A.; CANNAVAN, A. Global Perspectives on Antimicrobial Resistance in the Food Chain. **Food Protection Trends**, v. 37, n. 5, p. 353-360, 2017.
- BUIATTE, A. B. G. **Virulência, resistência aos antimicrobianos e distribuição espacial e sazonal de *Campylobacter coli* isoladas de carcaças de frangos no Brasil**. 2021. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia.
- CAMPOS, T. M.; MENDES, G. S.; DUQUE, S. S.; ESTEVES, W. T. C.; THOMÉI, J. D. S.; FILGUEIRAS, A. L. L. Veiculação de *Campylobacter* spp. através de carne e miúdos de frangos comercializados no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 3, n. 1, p. 53-60, 2015.
- CENTROS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DE DOENÇAS. **Antibiotic resistance threats in the United States**. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services, 2019.
- CESA-LUNA, C.; BAEZ, A.; QUINTERO-HERNÁNDEZ, V.; CRUZ-ENRÍQUEZ, J.; CASTAÑEDA-ANTONIO, M. D.; MUÑOZ-ROJAS, J. Importancia de compuestos antimicrobianos producidos por bacterias benéficas en el biocontrol de fitopatógenos. **Acta Biológica Colombiana**, v. 25, n. 1, p. 140-154, 2020.
- CHANG, Q.; WANG, W.; REGEV-YOCHAY, G.; LIPSITCH, M.; HANAGE, W. P. Antibiotics in agriculture and the risk to human health: how worried should we be? **Evolutionary Applications**, v. 8, p. 240-245, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/eva.12185>.
- CHOTINANTAKULA, K.; CHANSIWA, N.; OKADAB, S. Antimicrobial resistance of *Enterococcus* spp. isolated from Thai fermented pork in Chiang Rai Province, Thailand. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 12, p. 143-148, 2017.
- CORTIÇO, S. I. S. M. N. **Salmonelose**. 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/26965>. Acesso em: 7 nov. 2024.
- DOYLE, M.; ACHESON, D.; NEWLAND, J.; DWELLE, T.; FLYNN, W.; SCOTT, H. M.; SINGER, R.; EDGE, M. S.; FLOOD, T. Enhancing practitioner knowledge about antibiotic resistance: connecting human and animal health. **Food Protection Trends**, p. 390-394, 2016.
- FAO. **Antimicrobials resistance in food and agriculture**. 2017. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/world/antimicrobial-resistance-food-and-agriculture>. Acesso em: 8 maio 2024.
- FOUNOU, L. L.; FOUNOU, R. C.; ESSACK, S. Y. Antibiotic Resistance in the Food Chain: A Developing Country-Perspective. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 1881, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01881>.
- GAERTNER, N. C. S. P. R. Salmonelose e saúde pública. **Revista Científica Sophia**, v. 16, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13307339>.
- GAZAL, E. S.; BRITO, K. C. T.; KOBAYASHI, R. K. T.; NAKAZATO, G.; CAVALLI, L. S.; OTUTUMI, L. K.; BRITO, B. G. Antimicrobials and resistant bacteria in global fish farming and the possible risk for public health. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 87, p. 1-11, e0362019, 2020.
- HASSAN, M. M.; ZOWALATY, M. E. E.; LUNDKVIST, Å.; ARHULT, J. D. J.; NAYEM, M. R. K.; TANZIN, A. Z.;

- BADSHA, M. R.; KHAN, S. A.; HOSSAM M. A. Residual antimicrobial agents in food originating from animals. **Trends in Food Science & Technology**, v. 111, p. 141-150, 2021.
- HUGHES, A.; ROE, E.; HOCKNELL, S. Food supply chains and the antimicrobial resistance challenge: on the framing, accomplishments and limitations of corporate responsibility. **Environment and Planning A Economy and Space**, v. 53, p. 1373-1390, 2021.
- KALE, P.; DHAWAN, B. The changing face of community-acquired methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. **Indian Journal of Medical Microbiology**, v. 34, n. 3, p. 275-285, 2016.
- KAPOOR, G.; SAIGAL, S.; ELONGAVAN, A. Action and resistance mechanisms of antibiotics: A guide for clinicians. **Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology**, v. 33, p. 467-472, 2018.
- KASIMANICKAM, V.; KASIMANICKAM, M.; KASIMANICKAM, R. Antibiotics use in food animal production: escalation of antimicrobial resistance: where are we now in combating AMR. **Medical Sciences**, v. 9, n. 1, p. 14, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.3390/medsci9010014>.
- LIMA, A. L.; RODRIGUES, D. P.; ARAÚJO, M. S.; REIS, E. M. F.; FESTIVO, M. L.; RODRIGUES, E. C. P.; LÁZARO, N. S. Sorovares e perfil de suscetibilidade a antimicrobianos em *Salmonella* spp. isoladas de produtos de origem suína. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 1, p. 39-47, 2016.
- LOPES, D. S.; BASTOS, P. A. M. B.; REBELLO, L. P. G. Avanços da aplicação de bactérias ácido-láticas com funções probióticas na produção de fermentados lácticos: uma revisão. **Vértices**, v. 25, n. 1, e25118217, 2023. DOI: <https://doi.org/10.19180/1809-2667.v25n12023.18217>.
- MADSEN, J. S.; BURMØLLE, M.; HANSEN, L. H.; SØRENSEN, S. J. The interconnection between biofilm formation and horizontal gene transfer. **FEMS Immunology Medical Microbiology**, v. 65, p. 183-195, 2012.
- MAGILL, S. S.; O'LEARY, E.; JANELLE, S. J.; THOMPSON, D. L.; DUMYATI, G.; NADLE, J.; WILSON, L. E.; KAINER, M. A. Changes in prevalence of health care-associated infections in U.S. hospitals. **New England Journal of Medicine**, v. 379, p. 1732-1744, 2018.
- MAIA, P. P.; TATH, S.; REYES, F. G. R. Antimicrobianos em alimentos de origem vegetal: uma revisão. **Segurança Alimentar e Nutrição**, v. 16, n. 1, p. 49-64, 2009.
- McMAHON, M. A. S.; XU, J.; MOORE, J.; BLAIR, I. S.; MCDOWELL, D. A. Environmental stress and antibiotic resistance in food-related pathogens. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 73, n. 1, p. 211-217, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00578-06>.
- MEERVENNE, V.; COILLIE, E. V.; WEYENBERG, S. V.; BOON, N.; HERMAN, L.; DEVLIEGHERE, F. Low temperature and modified atmosphere: hurdles for antibiotic resistance transfer? **Journal of Food Protection**, v. 78, n. 12, p. 2191-2199, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-105>.
- MEZALIRA, T. S.; GONÇALVES, D. D.; DIAS, E. H.; SILVA, F. M.; SANTOS, I. C.; GERÔNIMO, E.; DIAS, J. C. P.; OTUTUMI, L. K. Extended-spectrum β -lactamase (ESBL)-producing enterobacteria isolated from broiler breeder chickens. **Biotemas**, v. 32, n. 4, p. 1-10, 2019.
- MORAIS, E. A. L.; GONÇALVES, A. L. S.; PEREIRA, R. C.; MOTTA, T.; GALEB, L. A. G. Os diversos impactos do uso de antimicrobianos na produção animal: uma revisão narrativa da literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 4, p. 3.551-3.563, 2023.
- PASACHOVA, G. J.; RAMÍREZ, M. S.; MUÑOZ, M. L.; PASACHOVA, G. *Staphylococcus aureus*: generalidades, mecanismos de patogenicidad y colonización celular. **Nova**, v. 17, n. 32, p. 25-38, 2019.
- PANZENHAGEN, P. H. N.; AGUIAR, W. S.; FRASÃO, B. S.; PEREIRA, V. L. A.; ABREU, D. L. C.; RODRIGUES, D. P.; NASCIMENTO, E. R.; AQUINO, M. H. C. Prevalence and fluoroquinolones resistance of *Campylobacter* and *Salmonella* isolates from poultry carcasses in Rio de Janeiro, Brazil. **Food Control**, v. 6, p. 243-247, 2016.
- PARUSSOLO, L.; SFACIOTTE, R. A. P.; DALMINA, K. A.; MELO, F. D.; COSTA, U. M.; FERRAZ, S. M. Detecção de genes de virulência e perfis de resistência antimicrobiana de *Escherichia coli* isoladas de leite cru e queijo artesanal no Sul do Brasil. **Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 163-178, 2019.
- PIRES, B. A. D.; OLIVEIRA, J. W. S.; SILVA, C. R.; ABRANTES, S. M. P.; MARIN, V. A. Resistência antimicrobiana em cepas de *Escherichia coli* isoladas de queijo Minas Frescal no município do Rio de Janeiro: perfil fenotípico e genotípico. **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 7, n. 3, p. 86-91, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.22239/2317-269X.01296>.
- PRESTINACI, F.; PEZZOTTI, P.; PANTOSTI, A. Antimicrobial resistance: a global multifaceted phenomenon. **Pathogens and Global Health**, v. 109, n. 7, p. 309-318, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1179/2047773215Y.00000000030>.

PRIETO, A. M. G.; SCHAİK, W. V.; ROGERS, M. R.; COQUE, T. M.; BAQUERO, F.; CORANDER, J.; WILLEMS, R. J. Global emergence and dissemination of *Enterococci* as nosocomial pathogens: Attack of the Clones? **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 788, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00788>.

RAZZOLINI, M. T. P.; DROPA, M. **Resistência a antimicrobianos no ambiente**. 2019. Disponível em: www.fsp.br/nara. Acesso em: 8 mar. 2024.

RESENDE, F.; MALPASS, A. C. G.; OKURA, M. H. Estudo avaliativo do perfil de resistência de microorganismos com destaque aos microorganismos patogênicos e aos antibióticos em leites e derivados. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 15, n. 1, p. 3510-3533, 2021.

RUKAMBILE, E.; SINTCHENKO, V.; MUSCATELLO, G.; KOCK, R.; ALDERS, R. Infection, colonization and shedding of *Campylobacter* and *Salmonella* in animals and their contribution to human disease: a review. **Zoonoses Public Health**, v. 66, p. 562-578, 2019.

SAKA, E.; TERZI, G. G. Detection of Enterotoxin Genes and Methicillin-Resistance in *Staphylococcus aureus* Isolated from Water Buffalo Milk and Dairy Products. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 6, p. 1716-1722, 2018.

SEETHALAKSHMI, P. S.; VISHNU, P. N. R.; PRABHAKARAN, A.; PRATHIVIRAJ, R.; PAMANJI, R.; KIRAN, G. S.; SELVIN, J. Genomic investigation unveils high-risk ESBL producing Enterobacteriaceae within a rural environmental water body. **Current Research in Microbial Sciences**, v. 6, 100216, 2024.

SILVA, A. C. da; IACUZIO, R.; DA SILVA CÂNDIDO, T. J. da S.; RODRIGUES, M. X.; SILVA, N. C. C. Resistência antimicrobiana de *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* isolados de carcaças de frangos: resistência a antibióticos e óleos essenciais. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, v. 8, n. 1, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i1.474>.

SILVA, R. A. **A resistência a antimicrobianos: revisão sobre o uso de antibióticos em animais e a resistência em humanos**. Dissertação de Mestrado – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2019.

SILVEIRA-FILHO, V. M.; LUZ, I. S.; CAMPOS, A. P. F.; SILVA, W. M.; BARROS, M. P. S.; MEDEIROS, E. S.; FREITAS, M. F. L.; MOTA, R. A.; SENA, M. J.; LEAL-BALBINO, T. C. Antibiotic Resistance and Molecular Analysis of *Staphylococcus aureus* Isolated from Cow's Milk and Dairy Products in Northeast Brazil. **Journal of Food Protection**, v. 77, n. 4, p. 583-591, 2014.

SOARES-SANTOS, V.; BARRETO, A. S.; SEMEDO-LEMSADDEK, T. Characterization of *Enterococci* from Food and Food-Related Settings. **Journal of Food Protection**, v. 78, n. 7, p. 1320-1326, 2015.

SPINOSA, H.; GÓRNIAC, S.; BERNARDI, M. **Farmacologia: aplicada à medicina veterinária**. Sexta edição. São Paulo: Guanabara Koogan, 2017.

TEIXEIRA, R. A.; FIGUEIREDO, A. F. C.; FRANÇA, R. F. Resistência Bacteriana Relacionada ao uso de Antibióticos. **Revista Saúde em Foco**, v. 11, p. 853-875, 2019.

VASCONCELOS, P. C. **Ocorrência de enterobactérias produtoras de beta lactamase de espectro ampliado (ESBL) em carcaças de frango comercializadas no estado da Paraíba**. 2017. 50 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

VELÁSQUEZ, S. C. J.; HIGUERAA, L. D. T.; ARANGO, J. L. P.; BAUTISTAC, J. L. R.; CASTROA, F. E. G.; BURBANO, R. E. P. Perfil de resistencia antimicrobiana en aislamientos de *Staphylococcus* spp. obtenidos de leche bovina en Colombia. **Revista Argentina de Microbiología**, v. 52, n. 2, p. 121-130, 2020.

VERRAES, C.; BOXSTAEEL, S. V.; MEERVENNE, E. V.; COILLIE, E. V.; BUTAYE, P.; CATRY, B.; SCHAETZEN, M.-A.; HUFFEL, X. V.; IMBERECHTS, H.; DIERICK, K.; DAUBE, G.; SAEGERMAN, C.; BLOCK, J. D.; DEWULF, J.; HERMAN, L. Antimicrobial Resistance in the Food Chain: a review. **International Journal Environmental Research and Public Health**, v. 10, p. 2643-2669, 2013.

DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph10072643>.

WHO. **Tackling antibiotic resistance from a food safety perspective in Europe**. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>. Acesso em: 27 maio 2024.

