

Artigo de Revisão

IMPACTOS ECONÔMICOS DA INTERNACIONALIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA ZONÓTICA EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA ONE HEALTH

Economic impacts and the internationalization of zoonotic antimicrobial resistance in animal-derived foods: an analysis from a one health perspective

*Neila Lilyane da Silva Gomes¹ (<https://orcid.org/0009-0000-7309-4165>), Mavine Pereira Barbosa Monteiro Santos² (<https://orcid.org/0009-0000-1202-6521>), Janine Passos Lima³ (<https://orcid.org/0000-0002-9465-2987>), Cezar Augusto Miranda Guedes⁴ (<https://orcid.org/0000-0003-2287-3948>)

^{1,2}Doutorandas no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária (PPGCTIA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

³ Docente no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária (PPGCTIA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Pesquisadora na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

⁴ Docente no Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação Agropecuária (PPGCTIA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) ^{1,2,3,4} Rodovia BR-465, Km 7, Seropédica - RJ, CEP: 23897-000

Submetido em: 31.03.2026; Aceito em: 23.06.2026; Publicado em: 06.08.2026.

***Autor para correspondência:** neilalilyane@outlook.com

Resumo: A Resistência Antimicrobiana (RAM) representa um dos maiores desafios globais do século XXI, com impactos profundos na saúde humana, animal, ambiental e na economia internacional. No sistema agroalimentar, a RAM de origem zoonótica emerge como consequência histórica do uso intensivo de antibióticos, afetando cadeias produtivas globalizadas e sistemas de inovação. A metodologia pauta-se em um estudo bibliográfico e documental de natureza qualitativa e teórico-reflexiva. A análise fundamenta-se na tríade agente-hospedeiro-ambiente que orienta a Saúde Única (One Health), integrando as abordagens de inovação e desenvolvimento de Carlota Pérez (Crescimento Verde), Mariana Mazzucato (Estado Empreendedor) e Etzkowitz e Zhou (Tríplice Hélice). Os resultados indicam que a resistência antimicrobiana (RAM) está diretamente relacionada aos modelos de produção intensiva e à dinâmica do capitalismo global, produzindo impactos econômicos expressivos que, no Brasil, podem alcançar milhões de dólares em cenários de barreiras sanitárias e restrições comerciais. Observou-se também que, embora a abordagem One Health contribua para integrar saúde humana, animal e ambiental, muitas vezes ela ainda trata a crise de forma predominantemente técnica, sem considerar de maneira aprofundada fatores como a exploração intensiva dos recursos naturais, a precarização do trabalho e as desigualdades territoriais.

Essa limitação dificulta a compreensão da RAM como um problema socioambiental complexo e estrutural. Conclui-se que o conceito One Health apresenta potencial importante para o enfrentamento da resistência antimicrobiana, mas ainda enfrenta desafios para incorporar plenamente as especificidades sociais, econômicas e políticas de países emergentes, como o Brasil. Nesse sentido, destaca-se a necessidade de fortalecer modelos de governança regulatória que articulem inovação científica, políticas públicas e justiça socioambiental, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e com as realidades locais da produção e da saúde coletiva.

Palavras-chave: Comércio Global; Barreiras Sanitárias; Segurança dos Alimentos; Capitalismo; Políticas Públicas.

Abstract: Antimicrobial Resistance (AMR) represents one of the greatest global challenges of the 21st century, with profound impacts on human, animal, and environmental health, as well as on the international economy. Within the agri-food system, zoonotic AMR emerges as a historical consequence of the intensive use of antibiotics, affecting globalized production chains and innovation systems. The methodology is based on a qualitative and theoretical-reflective bibliographic and documentary study. The analysis is grounded in the agent-host-environment triad that underpins the One Health approach, integrating the perspectives of innovation and development proposed by Carlota Pérez (Green Growth), Mariana Mazzucato (Entrepreneurial State), and Etzkowitz and Zhou (Triple Helix). The results indicate that antimicrobial resistance (AMR) is directly related to intensive production models and the dynamics of global capitalism, generating significant economic impacts that, in Brazil, may reach millions of dollars in scenarios involving sanitary barriers and trade restrictions. It was also observed that, although the One Health approach contributes to integrating human, animal, and environmental health, it often still addresses the crisis in a predominantly technical manner, without deeply considering factors such as the intensive exploitation of natural resources, labor precarization, and territorial inequalities. This limitation hinders the understanding of AMR as a complex and structural socio-environmental problem. It is concluded that the One Health concept holds important potential for addressing antimicrobial resistance; however, it still faces challenges in fully incorporating the social, economic, and political specificities of emerging countries such as Brazil. In this sense, the study highlights the need to strengthen regulatory governance models capable of articulating scientific innovation, public policies, and socio-environmental justice, in alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs) and with the local realities of food production and collective health.

Keywords: Global Trade; Sanitary Barriers; Food Safety; Capitalism; Public Policies.

INTRODUÇÃO

O uso de antimicrobianos acompanha a trajetória humana desde práticas tradicionais baseadas em extratos vegetais (ROCHA *et al.*, 2021), mas foi no início do século XX, com a descoberta da penicilina e a posterior industrialização dos fármacos, que se estabeleceu um paradigma científico e econômico baseado no uso desses medicamentos (GAYNES, 2017). A partir dos anos 1950, a intensificação da pecuária industrial e a modernização agrícola ampliaram a utilização de antimicrobianos para fins terapêuticos, profiláticos e como promotores de crescimento (LOW *et al.*, 2021). Esse cenário culminou na emergência da Resistência Antimicrobiana (RAM): um fenômeno de escala global que ocorre quando microrganismos evoluem para sobreviver aos fármacos anteriormente eficazes, tornando-se um alerta crítico no contexto de *One Health* (VAN BOECKEL *et al.*, 2015; REPIK *et al.*, 2022; RWARE *et al.*, 2024).

Historicamente, a interdependência entre epidemiologia e comércio internacional consolidou-se em 1920, após a introdução da peste bovina na Bélgica por animais oriundos da Índia, evento que culminou na criação da OIE/WOAH em 1924 (MARTINS & SILVA, 2021). No contexto contemporâneo, a RAM de origem zoonótica, transmitida por microrganismos resistentes em produtos como carnes, ovos e leite, adquiriu relevância global. A dinâmica econômica atual, caracterizada por fluxos além-fronteiras, sistemas produtivos fragmentados e cadeias de valor interdependentes, favorece a internacionalização da resistência microbiana, transformando-a em um problema sanitário, regulatório e geopolítico que ultrapassa as fronteiras nacionais (SAMTIYA *et al.*, 2022).

Essa crise gera crescentes impactos econômicos nas cadeias agroindustriais, incluindo perdas produtivas, elevados custos hospitalares e sanitários, além de prejuízos à reputação internacional de países exportadores. A RAM é, portanto, um entrave ao modelo de produção global, exigindo a adoção da abordagem *One Health* por reconhecer que o problema resulta de interações sistêmicas complexas entre práticas produtivas, legislações e dinâmicas de mercado (AVRAAM *et al.*, 2021; POUDEL *et al.*, 2023).

Nesse cenário, a RAM também se configura como um desafio para o desenvolvimento local, especialmente em territórios cuja economia depende da exportação de alimentos. A ocorrência de microrganismos resistentes compromete a competitividade regional, cria barreiras comerciais e impacta a geração de renda e inovação nos sistemas produtivos locais (ARDAKANI *et al.*, 2023; OLARU *et al.*, 2023).

Diante do exposto, este artigo analisa os impactos econômicos e a internacionalização da resistência antimicrobiana zoonótica em produtos de origem animal. Busca-se demonstrar que a RAM não é apenas um problema sanitário, mas um desafio de governança conectado ao capitalismo contemporâneo, fundamentando-se nas diretrizes de PÉREZ (2004, 2012), MAZZUCATO (2014) e ETZKOWITZ & ZHOU (2017). Parte-se da hipótese de que a RAM, ao se internacionalizar, constitui um entrave estrutural à competitividade, exigindo um novo arranjo institucional sob a governança *One Health*.

Bases teóricas para a governança da crise: pérez, mazzucato e a hélice tríplice

A evolução da Resistência Antimicrobiana (RAM) e as crises globais de saúde e ambientais não são eventos isolados, mas manifestações das dificuldades inerentes às transformações tecnológicas do capitalismo. Para Carlota PÉREZ (2012, p. 12), cada revolução tecnológica reorganiza estruturas produtivas e cria assimetrias, impactando profundamente o sistema agroalimentar. A crise da RAM pode ser observada como uma necessidade de adaptação entre as fases de Instalação e Implantação do atual paradigma tecnológico e econômico.

Em sua análise da dinâmica das revoluções tecnológicas, PÉREZ (2004) distingue as duas grandes fases: a de Instalação e a de Despliegue/implantação, separadas por um período de crise e reorientação (PÉREZ, 2004, p. 78). Neste cenário, a mitigação da RAM não deve ser vista apenas como um custo sanitário, mas como o investimento importante para que o setor agroalimentar atinja o que PÉREZ (2012) chama "crescimento inteligente e sustentável", onde a qualidade biológica e diversidade é a maior vantagem competitiva do país.

Segundo PEREZ (2014), a superação deste “intervalo de reacomodo” exige inovações institucionais e financeiras e é neste ponto que o papel do Estado se torna indispensável. Para Mazzucato, o Estado deve ir “além da correção de falhas de mercado para se posicionar como criador e impulsionador de novos mercados”. Grandes avanços científicos, incluindo biotecnologias relevantes para a mitigação da RAM, surgiram de investimentos públicos de longo prazo. O investimento governamental, paciente e de longo prazo, é necessário para a inovação de impacto (MAZZUCATO, 2014, p. 13).

Os referenciais teóricos apresentados evidenciam que o enfrentamento da RAM exige não apenas soluções técnicas, mas também ações institucionais e tecnológicas capazes de alinhar inovação, sustentabilidade e segurança alimentar. Nesse contexto, torna-se fundamental articular políticas públicas, financiamento científico e estratégias regulatórias que promovam a transição para modelos produtivos mais sustentáveis e socialmente responsáveis. A integração entre Estado, universidades e setor produtivo permite ampliar a capacidade de resposta às crises sanitárias e ambientais, fortalecendo sistemas de inovação comprometidos com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e com a governança da saúde global.

Finalmente, para enfrentar esta crise exige-se um esforço coordenado entre governo, empresas e instituições de pesquisa, bem estruturada pela Hélice Tríplice (ETZKOWITZ & ZHOU, 2017). O Estado, como empreendedor e coordenador, deve direcionar a inovação para a sustentabilidade e segurança alimentar, superando falhas institucionais que resultaram na crise da RAM.

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo qualitativo, de natureza exploratória e caráter analítico-sintético, fundamentado em revisão bibliográfica e análise documental. Adota-se uma abordagem interdisciplinar, integrando contribuições das ciências agrárias, da saúde pública e da economia da inovação, com o objetivo de analisar a internacionalização da Resistência Antimicrobiana (RAM) zoonótica sob a perspectiva *One Health*.

O levantamento bibliográfico compreendeu publicações entre 2004 e 2025, período que abrange desde a consolidação do atual paradigma tecnológico e econômico até os alertas sanitários globais mais recentes sobre a RAM. A delimitação temporal considerou tanto estudos clássicos sobre economia da inovação e governança tecnológica quanto pesquisas recentes sobre resistência antimicrobiana, comércio internacional de alimentos e abordagem *One Health*.

As buscas foram realizadas nas bases de dados Scopus, Web of Science, SciELO, PubMed e Google Scholar, utilizando descritores combinados em português e inglês, tais como “Resistência Antimicrobiana”, “Antimicrobial Resistance”, “One Health”, “Economia da Inovação”, “Comércio Internacional de Alimentos”, “Zoonoses”, “Food Chain”, “Antibiotic Use in Livestock” e “Governança”. Os descritores foram associados por operadores booleanos (“AND” e “OR”), permitindo ampliar a abrangência e, simultaneamente, refinar a especificidade das buscas.

Na etapa inicial de identificação, foram localizados aproximadamente 88 documentos científicos e institucionais. Após a remoção de duplicidades e da leitura preliminar de títulos e resumos, procedeu-se à etapa de triagem temática, na qual foram excluídos estudos sem relação direta com a RAM zoonótica, com a cadeia produtiva de alimentos ou com a perspectiva *One Health*.

Os critérios de inclusão contemplaram: (i) estudos publicados entre 2004 e 2025; (ii) artigos revisados por pares, relatórios institucionais, documentos técnicos e obras teóricas de referência; (iii) pesquisas relacionadas à resistência antimicrobiana em alimentos de origem animal, comércio internacional, saúde pública, economia da inovação ou governança sanitária; e (iv) trabalhos com contribuição analítica relevante para a compreensão da RAM no contexto internacional.

Foram excluídos estudos exclusivamente laboratoriais ou clínicos sem articulação com saúde pública, comércio, inovação ou cadeia agroalimentar, bem como publicações duplicadas, trabalhos sem acesso ao texto completo e materiais opinativos sem fundamentação científica consistente. Após a aplicação desses critérios, 68 estudos compuseram o corpus final de análise, incluindo artigos científicos, relatórios técnicos de organismos internacionais, documentos institucionais e obras teóricas clássicas da economia da inovação.

O suporte teórico do estudo fundamenta-se nos frameworks das Revoluções Tecnológicas e do Crescimento Verde (PÉREZ, 2004; 2012), no modelo da Hélice Tríplice (ETZKOWITZ & ZHOU, 2017) e no conceito de Estado Empreendedor (MAZZUCATO, 2014). Esses referenciais foram mobilizados de forma analítica para interpretar as falhas sistêmicas do modelo produtivo vigente e as possibilidades de governança da RAM no contexto do capitalismo contemporâneo.

A análise documental concentrou-se em relatórios técnicos, bases de dados e documentos institucionais de organismos internacionais, com destaque para a World Organisation for Animal Health (WOAH), a Food and Agriculture Organization (FAO), European Food Safety Authority (EFSA) e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Esses documentos foram utilizados para identificar padrões de impacto econômico, barreiras sanitárias e riscos à competitividade associados à RAM em produtos de origem animal.

A sistematização e análise dos resultados ocorreram em três frentes complementares:

1. Quadro Analítico (Quadro 1): síntese da literatura científica correlacionando categorias de alimentos de origem animal, principais patógenos e genes de resistência, impactos econômicos e implicações no comércio internacional, sob a *perspectiva One Health*.
2. Ações Estratégicas (Tabela 1): proposição de um modelo de governança baseado na Hélice Tríplice, articulando os papéis do Estado, da universidade e do setor produtivo no enfrentamento da RAM e na transição para um novo paradigma tecnológico e econômico.
3. Representação Visual (Figura 1): elaboração de uma nuvem de palavras como recurso metodológico auxiliar, destinada a evidenciar a convergência temática entre saúde única, inovação e dinâmica econômica no corpus analisado.

Na etapa de análise qualitativa, os estudos selecionados foram organizados em eixos temáticos recorrentes identificados na literatura, incluindo: (i) uso de antimicrobianos na produção animal; (ii) disseminação de genes de resistência na cadeia alimentar; (iii) impactos econômicos e comerciais da RAM; (iv) políticas regulatórias e controles sanitários; e (v) estratégias de governança e inovação sob a perspectiva *One Health*.

A interpretação dos dados ocorreu de forma comparativa e integrativa, buscando identificar convergências, lacunas e desafios relacionados à internacionalização da RAM zoonótica.

Essa estratégia metodológica permitiu integrar evidências sanitárias, econômicas e institucionais, oferecendo uma análise sistêmica da RAM zoonótica enquanto fenômeno internacional, econômico e de governança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência antimicrobiana (RAM) zoonótica em alimentos de origem animal tornou-se um fenômeno complexo que envolve impactos sanitários, econômicos, ambientais e produtivos. A análise da literatura evidencia que a internacionalização das cadeias agroalimentares ampliou a circulação global de microrganismos resistentes, tornando a RAM um desafio global que ultrapassa os limites da saúde pública tradicional.

Nesse contexto, os resultados discutidos a seguir foram organizados em eixos temáticos que abordam: i) o panorama global da RAM e seus impactos econômicos; ii) a inserção do Brasil nas cadeias internacionais de produção animal; iii) os reflexos da RAM no desenvolvimento territorial; iv) os riscos associados às diferentes categorias de alimentos de origem animal; e v) as implicações sistêmicas da governança One Health frente as exigências sanitárias internacionais e à sustentabilidade das cadeias produtivas.

Panorama mundial da resistência antimicrobiana zoonótica e seus impactos econômicos globais

A resistência antimicrobiana (RAM) zoonótica representa uma preocupação global crescente, com impactos econômicos substanciais em escala mundial. Segundo o relatório global de saúde animal divulgado pela World Organisation for Animal Health, a RAM pode impor perdas econômicas estimadas em US\$ 100 trilhões até 2050, além de comprometer a segurança alimentar de até 2 bilhões de pessoas, caso medidas preventivas não sejam implementadas (DOWN TO EARTH, 2025). Conforme o Ipea, o risco aumenta com o crescimento populacional e com a necessidade de produzir alimentos para cerca de 10 bilhões de pessoas até 2050, elevando a interação entre humanos, animais e o meio ambiente (MARTINS & SILVA, 2021).

Os impactos da RAM não são iguais entre os países. Nações desenvolvidas tendem a possuir maior capacidade tecnológica, laboratorial e regulatória para monitorar a resistência antimicrobiana e responder às exigências sanitárias internacionais, enquanto países em desenvolvimento enfrentam limitações estruturais relacionadas à vigilância epidemiológica, financiamento científico e implementação de políticas integradas de biossegurança. Essa desigualdade amplia a vulnerabilidade econômica de países exportadores periféricos, que dependem fortemente do agronegócio e da exportação de commodities de origem animal.

Globalmente, a urgência do tema é corroborada pela necessidade de um sistema integrado de vigilância da resistência antimicrobiana em bactérias transmitidas por alimentos (ELBEHIRY *et al.*, 2025). Esse impacto vem de perdas de produtividade animal, custos de saúde pública e restrições comerciais (FERREIRA NETO, 2024). O setor pecuário é frequentemente criticado, com a RAM somando-se a outros problemas ambientais, como pegada hídrica e emissão de gases de efeito estufa (KAZIMIERCZAK *et al.*, 2023). Os custos econômicos da RAM incluem despesas com saúde, perda de produtividade e a necessidade de tratamentos alternativos (STRYDOM *et al.* 2023).

A produção globalizada implica que a RAM zoonótica não é um risco restrito ao território de origem, mas um desafio de governança sanitária global. Apesar de sua relevância econômica, a propagação da RAM é uma preocupação, com a presença de genes de resistência antimicrobiana em isolados bacterianos de carnes, leite, derivados e ovos (DEDECEK *et al.* 2025; RABELLO *et al.*, 2020; PEREIRA *et al.*, 2025). As principais bactérias zoonóticas associadas à RAM no Brasil incluem *Salmonella* spp., *Escherichia coli* (incluindo cepas produtoras de ESBL e resistentes à colistina), e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) (RABELLO *et al.*, 2020).

A presença de bactérias resistentes em produtos exportados pode impactar o comércio internacional, gerando medidas sanitárias impostas por países importadores. Segundo MARTINS & SILVA (2021) em documento do Ipea, o Acordo sobre a Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS) da Organização Mundial do Comércio (OMC) permite que medidas justificadas cientificamente sejam impostas por países importadores para proteger seus territórios, o que eleva o custo de conformidade para o exportador. Portanto, a implementação de medidas de biossegurança e a vigilância integrada (adotando o modelo *One Health*) são cruciais para mitigar a RAM e proteger tanto a saúde pública quanto a competitividade econômica de um país (PLUMMER & FAJT, 2025; XU *et al.*, 2023).

No cenário brasileiro, os impactos de choques sanitários e restrições comerciais são severos. Um surto hipotético de febre aftosa, por exemplo, acompanhado pela proibição de exportações de carne e animais vivos, poderia gerar perdas de bem-estar estimadas entre US\$ 132 milhões e US\$ 271 milhões para o Brasil, dependendo da severidade das restrições impostas (DE MENEZES *et al.*, 2022). Além da perda imediata de acesso a mercados internacionais, o país enfrentaria custos elevados com medidas de controle, indenizações a produtores, queda na produção e impactos negativos em todas as cadeias produtivas ligadas à pecuária (DE MENEZES *et al.*, 2022).

No contexto brasileiro, a relevância da produção de alimentos de origem animal vai além da dimensão macroeconômica, pois constitui base produtiva de inúmeros territórios rurais e cadeias regionais de desenvolvimento. A competitividade sanitária dessas cadeias influencia diretamente o desenvolvimento local, ao afetar a geração de emprego, a renda de produtores e a inserção internacional de regiões agroexportadoras.

A Gestão da RAM como vetor de desenvolvimento local e sustentabilidade territorial

Além da dimensão sanitária e econômica global discutida anteriormente, a resistência antimicrobiana também possui implicações diretas para as dinâmicas de desenvolvimento territorial. A Análise da Resistência Antimicrobiana (RAM) sob a ótica da internacionalização revela que o enfrentamento deste fenômeno é, intrinsecamente, uma agenda de desenvolvimento local. Como preconiza MAZZUCATO (2014), o papel do Estado empreendedor em nível regional é fundamental para coordenar missões que articulem a vigilância sanitária à inovação tecnológica. No contexto agroalimentar, o fortalecimento das capacidades locais de diagnóstico e controle da RAM não apenas protege a saúde pública, mas atua como um mecanismo de salvaguarda econômica para os arranjos produtivos locais (APLs).

Ao reduzir a dependência de insumos químicos externos e promover o uso de alternativas biotecnológicas, como metabólitos secundários de plantas da biodiversidade regional, os territórios inserem-se na onda de crescimento verde descrita por PÉREZ (2010). Essa transição paradigmática permite que o desenvolvimento local deixe de ser apenas uma resposta a exigências regulatórias internacionais para tornar-se uma vantagem competitiva sustentável. Sob o conceito *One Health*, o território que assegura a integridade biológica de seus sistemas de produção consolida sua reputação nos mercados globais, mitigando riscos de exclusão comercial e promovendo uma economia circular onde a saúde ambiental e animal são bases da resiliência econômica territorial.

A internacionalização da RAM zoonótica na cadeia produtiva de alimentos

A internacionalização da resistência antimicrobiana (RAM) zoonótica em produtos de origem animal representa uma das principais ameaças contemporâneas à saúde pública global (FRIEDRICH, 2019). Esse fenômeno é impulsionado pelo uso intensivo e muitas vezes indiscriminado de antimicrobianos na produção animal, aliado à expansão do comércio internacional de alimentos e à capacidade de disseminação de bactérias resistentes entre animais, seres humanos e o ambiente (HASAN *et al.*, 2025; OLARU *et al.*, 2023).

Nesse contexto, bactérias resistentes podem ser transferidas dos animais para produtos destinados ao consumo humano, inserindo-se diretamente na cadeia alimentar (KHALIFA *et al.*, 2024). Além da contaminação direta, a disseminação da resistência é favorecida pela transferência horizontal de genes mediada por elementos genéticos móveis, como plasmídeos, transposões e integrrões, que facilitam a rápida propagação de determinantes de resistência entre diferentes espécies bacterianas (ZHANG *et al.*, 2022).

No Brasil, o aumento do consumo de antibióticos em humanos e na pecuária reforça a preocupação com a expansão da RAM e seus impactos econômicos, sanitários e produtivos. Estudos demonstram crescimento contínuo no consumo humano de antibióticos nas últimas décadas. Entre 2014 e 2019, observou-se aumento aproximado de 30% no consumo em farmácias comunitárias, medido em DDD/1.000 habitantes/dia, em todas as regiões brasileiras (LOPES *et al.*, 2024). Dados anteriores já apontavam crescimento nacional de 18% entre 2013 e 2016, com aumentos regionais superiores a 85% nas regiões Norte e Nordeste (CASTRO *et al.*, 2020). Mais recentemente, FERREIRA *et al.* (2025) identificaram a dispensação de aproximadamente 4,59 bilhões de unidades padrão de antibióticos sistêmicos em farmácias privadas brasileiras entre 2014 e 2020, evidenciando tendência persistente de elevação no consumo.

Na pecuária, o cenário também é expressivo. Estimativas globais indicam que, em 2010, foram utilizados cerca de 63.151 toneladas de antimicrobianos em animais destinados à produção de alimentos, sendo aproximadamente 9% desse total consumido pelo Brasil, o equivalente a cerca de 5.683 toneladas (CARDOSO, 2019). Historicamente, grande parte desses antimicrobianos foi utilizada como promotora de crescimento animal. Contudo, nos últimos anos observa-se tendência de redução desse uso em decorrência de regulamentações mais restritivas e da implementação do Plano Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos na Agropecuária (CARDOSO, 2019).

Embora o uso de antimicrobianos possa reduzir custos produtivos no curto prazo, seus impactos econômicos e sanitários de longo prazo são significativos. A resistência antimicrobiana está associada ao aumento dos custos hospitalares, à maior duração de internações e à perda de produtividade econômica. Estimativas globais apontam custos adicionais de até US\$ 29 mil por paciente infectado por bactérias resistentes, além da possibilidade de impactos superiores a US\$ 1 trilhão anuais e redução de até 1,1% do PIB mundial em cenários futuros de agravamento da RAM (POUDEL *et al.*, 2023; NAYLOR *et al.*, 2025).

No âmbito da produção animal, modelos econômicos sugerem que políticas de taxação sobre antimicrobianos poderiam reduzir significativamente o consumo global. AVRAAM *et al.* (2021) estimam que um aumento de 50% no preço desses medicamentos poderia diminuir seu uso em aproximadamente 33%. Entretanto, os autores alertam que medidas isoladas podem comprometer a competitividade de países emergentes, como o Brasil, caso não haja coordenação internacional.

Experiências europeias demonstram que políticas integradas podem produzir resultados relevantes. Países da Europa registraram reduções entre 30% e 50% nas vendas de antimicrobianos para uso animal ao longo de aproximadamente uma década, por meio da combinação de metas nacionais, monitoramento por propriedade e por veterinário, restrições ao uso de antimicrobianos críticos e melhorias em biossegurança, manejo e bem-estar animal (VAN BOECKEL *et al.*, 2017; MORE, 2020). Paralelamente, revisões recentes destacam o avanço de alternativas tecnológicas consideradas mais sustentáveis, como probióticos, fitoterápicos, ácidos orgânicos, peptídeos antimicrobianos e melhorias nas práticas de manejo, capazes de reduzir a dependência de antibióticos na produção animal, embora ainda existam desafios relacionados ao custo, padronização e adoção em larga escala (ZHENG *et al.*, 2025).

Dentre os diferentes setores da cadeia produtiva animal, a produção de leite e derivados ocupa posição estratégica nas discussões sobre RAM zoonótica, tanto pelo elevado consumo desses alimentos quanto pela frequente utilização de antimicrobianos no controle de mastites e outras infecções em rebanhos leiteiros. Assim, compreender a dinâmica da resistência antimicrobiana nesse segmento torna-se fundamental para discutir os riscos microbiológicos associados aos alimentos e seus impactos na saúde pública.

Leite e derivados

Leite e produtos lácteos, especialmente aqueles feitos a partir de leite cru em contextos onde sua produção e comercialização ocorrem de forma tradicional ou informal, são frequentemente contaminados por bactérias resistentes a antibióticos, como *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (ZHANG *et al.*, 2022; CONDOR *et al.*, 2025). A presença de *E. coli* multirresistente em leite bovino e derivados constitui uma preocupação crescente em nível global (MAHMOUDI *et al.*, 2025). Bactérias lácticas (LAB) em produtos lácteos demonstraram resistência a antibióticos e podem servir como vetores para a transferência de resistência a bactérias comensais e patogênicas no intestino humano (FLORIS *et al.*, 2025). Além do risco sanitário, a sustentabilidade da produção láctea é um fator relevante, com a indústria buscando otimizações de sistemas para reduzir o impacto ambiental (ZIRA *et al.* 2025; BENOIT *et al.* 2023).

Esses achados indicam que o leite e seus derivados não constituem apenas um risco sanitário, mas demonstra a vulnerabilidade econômica em cadeias agroalimentares globalizadas. A presença de microrganismos resistentes e de resíduos antimicrobianos amplia os custos de conformidade regulatória, intensifica auditorias internacionais e expõe países exportadores a rejeição de lotes e ao comprometimento da credibilidade frente ao mercado externo. Nesse contexto, a gestão da RAM no setor lácteo, assim como nos demais, torna-se multifacetada e constitui também um elemento de competitividade internacional sob a governança *One Health*.

Ovos

As zoonoses transmitidas por ovos, particularmente as causadas por *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis* (SE), representam uma preocupação significativa para a saúde pública global devido à sua associação com doenças transmitidas por alimentos e à crescente prevalência de RAM (ABDELHAMID & YOUSEF, 2023; NEELAWALA *et al.*, 2024). No contexto de ovos, a *Salmonella* pode contaminar a gema antes mesmo da formação da casca, tornando a transmissão vertical um desafio na cadeia de produção de aves (NEELAWALA *et al.*, 2024).

Nos ovos, a ocorrência de *Salmonella* resistente evidencia que falhas sanitárias na produção podem rapidamente se transformar em problemas econômicos. Como se trata de um alimento frequentemente associado a surtos, a identificação de bactérias resistentes leva à adoção de restrições comerciais e à perda de confiança dos países importadores. Isso demonstra a importância de estratégias integradas de biossegurança e vigilância ao longo da cadeia produtiva, conforme a abordagem *One Health*.

Mel

O mel, um produto de origem animal com vasta aplicação, não está salvo pelo problema da RAM. A contaminação por resíduos de antibióticos tem sido relatada em diversos artigos científicos, configurando um risco relevante para a saúde pública (LIMA *et al.*, 2020). Estudos na China, por exemplo, identificaram resíduos de fluoroquinolonas em amostras, reforçando a persistência do uso não regulamentado na apicultura (HE *et al.*, 2023). Similarmente, a pesquisa de FRY (2022) na Austrália sugere que as abelhas melíferas são bioindicadores eficientes, com 83% das abelhas testadas contendo genes de Resistência Antimicrobiana (RAM), indicando a disseminação via corpos d'água.

Do ponto de vista econômico e da internacionalização, a presença de resíduos de antibióticos inviabiliza a comercialização, como ilustrado pelo caso brasileiro em 2006, quando a União Europeia impôs um embargo comercial ao mel devido a falhas no monitoramento, demonstrando como a falha no controle gera prejuízos econômicos diretos e afeta a reputação internacional (LIMA *et al.*, 2020). Os episódios de contaminação do mel por resíduos de antibióticos mostram que mesmo produtos vistos como de 'baixo risco' podem gerar prejuízos no comércio global. Embargos e rejeições de produtos demonstram que a RAM é capaz de comprometer a confiança sanitária de um país. Logo, o monitoramento produtivo e ambiental é indispensável para garantir a viabilidade econômica das exportações.

Carnes

A carne é descrita como um potencial reservatório de bactérias zoonóticas resistentes. Patógenos multirresistentes comumente associados a esses produtos incluem *Campylobacter* spp., *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Listeria* spp. (BEZERRA *et al.*, 2025; EKEN *et al.*, 2025). Contudo, a problemática se estende a patógenos tradicionalmente classificados como nosocomiais, que vêm sendo detectados em carnes, carcaças e ambientes de processamento. Nesse contexto, estudos têm relatado o isolamento de *Pseudomonas aeruginosa* em carnes e superfícies associadas à produção animal (EL-WEHEDY *et al.*, 2025). Da mesma forma, *Clostridioides difficile* tem sido isolado em carnes e ao longo da cadeia produtiva, sendo atualmente considerado um patógeno emergente com potencial de transmissão zoonótica e alimentar; contudo, as evidências ainda são limitadas e heterogêneas, e o papel da carne como via efetiva de transmissão permanece em investigação (CANDEL-PÉREZ *et al.*, 2019; PIDSDNY *et al.*, 2025). Em conjunto, esses achados evidenciam a capacidade de microrganismos resistentes transitarem entre ambientes clínicos, produtivos e alimentares, encontrando meios de inserção na cadeia alimentar (DEL BARRIO-TOFIÑO *et al.*, 2020; BORJI *et al.*, 2023).

Em pescado cru na Polônia, foi identificada uma alta prevalência de contaminação por *Listeria* spp., com 100% dos isolados patogênicos (*L. monocytogenes*) exibindo multirresistência (MDR), configurando um risco crítico à saúde pública.

Tal cenário sugere que a aquicultura e os ecossistemas aquáticos atuam como fontes relevantes de disseminação da RAM (SOŁTYSIUK *et al.*, 2025), o que reforça a necessidade de controle de efluentes e monitoramento ambiental sob a lógica *One Health*. No Brasil, em uma importante região produtora de carne suína, o estudo de SOVINSKI *et al.* (2019) identificou que 100% dos isolados de *Staphylococcus aureus* apresentaram multirresistência, sendo que 50% confirmaram a presença do gene *mecA*, evidenciando a disseminação de cepas de MRSA (resistentes à meticilina) na cadeia produtiva nacional.

O (Quadro 1), a seguir, sintetiza a dimensão *One Health* do problema, correlacionando as categorias de alimentos aos seus impactos econômicos e à relevância no comércio internacional. A elevada prevalência de bactérias multirresistentes em carnes demonstra que a RAM zoonótica representa um risco concreto às cadeias globais de proteína animal. Além de afetar a saúde pública, esse fenômeno gera restrições sanitárias, eleva custos de controle e reduz a competitividade dos exportadores. Nesse sentido, controlar a RAM torna-se essencial para a sustentabilidade econômica do comércio internacional. De acordo com dados oficiais compilados pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC) e pela Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC), as exportações brasileiras de carne bovina alcançaram recordes históricos em 2025, com 3,50 milhões de toneladas exportadas e receita de US\$ 18,03 bilhões, distribuídas para mais de 170 países. Essa elevada distribuição comercial atua como um vetor potencial de internacionalização da resistência antimicrobiana zoonótica, reforçando a necessidade de uma governança regulatória integrada, capaz de mitigar barreiras não tarifárias e preservar a competitividade nacional.

O (Quadro 1) demonstra que a crise da RAM vai além da dimensão sanitária, caracterizando uma vulnerabilidade econômica e geopolítica inerente à fragmentação das cadeias de valor globais. A presença de bactérias resistentes em produtos de origem animal impõe exigências normas sanitárias comerciais, afetando diretamente a competitividade de países exportadores, como o Brasil. Esta conexão entre riscos biológicos e prejuízos econômicos enfatiza que o sistema institucional atual, baseado em práticas intensivas e monitoramento descoordenado, é inviável no longo prazo. A mitigação, portanto, exige uma abordagem que não se limite a uma simples fiscalização e adote uma perspectiva holística e coordenada, como a Governança *One Health*.

Implicações sistêmicas da ram e a governança *one health*

Além dos riscos toxicológicos, como reações alérgicas, desequilíbrios da microbiota intestinal e possíveis reações anafiláticas, o consumo contínuo de alimentos contaminado pode contribuir para o avanço da resistência antimicrobiana em humanos, uma vez que pequenas doses de antibióticos ingeridas regularmente podem exercer pressão seletiva sobre a microbiota (SUBIRATS *et al.*, 2019). Sob a perspectiva *One Health*, esse processo envolve simultaneamente animais, ambiente e humanos, ampliando o potencial de disseminação de bactérias resistentes. Sob a perspectiva do desenvolvimento local, a abordagem *One Health* também contribui para fortalecer capacidades institucionais e científicas em escala regional, promovendo inovação tecnológica, melhoria da biossegurança produtiva e maior resiliência econômica das cadeias agroalimentares. A internacionalização do problema é evidente. A mobilidade humana e animal, o comércio global de alimentos e as práticas agrícolas que variam entre países contribuem para a disseminação de bactérias resistentes (OLARU *et al.*, 2023).

Quadro 1: Impactos Econômicos e Internacionalização da Resistência Antimicrobiana Zoonótica em Alimentos de Origem Animal na perspectiva *One Health*.

Categoria	Principais Bactérias/Genes Associados	Impactos Econômicos	Impactos no Comércio Internacional	Relevância <i>One Health</i>
Carne bovina	<i>E. coli</i> (ESBL), <i>Salmonella</i> spp., <i>S. aureus</i> resistentes	Perdas por apreensões, custos com vigilância, queda de produtividade	Exigência de certificações, risco de embargos e rejeição de lotes	Disseminação por manejo e ambiente; transmissão via cadeia alimentar
Carne suína	<i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i> (colistina, ESBL), <i>Campylobacter</i>	Custos com biossegurança e tratamentos; impacto na eficiência produtiva	Importadores exigem monitorização de RAM; risco de rejeição	Produção intensiva; favorece disseminação; risco ocupacional
Carne de aves	<i>Campylobacter</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Enterococcus</i> resistentes	Perdas por condenações e recalls; inspeções mais rígidas	Restrições comerciais por achados de RAM	Cadeia intensiva favorece rápida transmissão
Pescado / Aquicultura	<i>Vibrio</i> , <i>Aeromonas</i> , <i>Pseudomonas</i> (genes tet, bla, sul)	Perdas por surtos, mortalidade e custos de manejo	Importadores exigem rastreabilidade e controle de resíduos	Antimicrobianos no ambiente aquático aumentam a circulação de RAM
Ovos	<i>Salmonella</i> spp. resistentes	Custos com biossegurança, recalls e perdas produtivas	Exigências sanitárias rígidas e risco de suspensão de exportações	Riscos na manipulação e contaminação ambiental
Leite	<i>S. aureus</i> , <i>Streptococcus</i> spp., <i>E. coli</i> (ESBL)	Mastite resistente: descarte de leite e custos veterinários	Controle de resíduos é obrigatório; risco de rejeição de lotes	Genes de RAM circulam entre animais, humanos e ambiente
Derivados lácteos	<i>Listeria monocytogenes</i> , bactérias com genes de RAM	Recall, perdas de marca e inspeções ampliadas	Exigência de APPCC e monitorização de RAM	Transferência horizontal de genes em produtos fermentados
Mel	<i>Bacillus</i> spp., resíduos de antibióticos	Perdas por contaminação, mortalidade de colmeias e controle sanitário	Rejeição por detecção de resíduos	Impacto na microbiota ambiental e nas abelhas

Fonte: Quadro elaboração própria de acordo com as referências: Carne bovina: DEDECEK *et al.*, 2025; RABELLO *et al.*, 2020; EFSA & ECDC, 2024; VAN BOECKEL *et al.*, 2015 Carne suína: SOVINSKI *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2025; FERREIRA NETO, 2024; STRYDOM *et al.*, 2023 Carne de aves: EKEN *et al.*, 2025; KAZIMIERCZAK *et al.*, 2023; EFSA/ECDC, 2024 Pescado / Aquicultura: SOŁTYSIUK *et al.*, 2025; FAO, 2024; HASAN *et al.*, 2025 Ovos: ABDELHAMID & YOUSEF, 2023; NEELAWALA *et al.*, 2024 Leite: ZHANG *et al.*, 2022; FLORIS *et al.*, 2025; BENOIT *et al.*, 2023 Derivados lácteos: MAHMOUDI *et al.*, 2025; ELBEHIRY *et al.*, 2025. Mel: LIMA *et al.*, 2020; HE *et al.*, 2023; FRY, 2022 Bases globais / síntese *One Health*: DOWN TO EARTH, 2025; FAO, 2024; OLARU *et al.*, 2023; REPIK *et al.*, 2022.

Assim, a complexidade da internacionalização da RAM exige que o Estado atue não apenas como regulador, mas como indutor ativo de um novo processo de desenvolvimento, uma vez que a intervenção estatal determina o perfil do crescimento econômico e, em última instância, o potencial de desenvolvimento do setor agroalimentar no contexto *One Health*. O papel do Estado não se limita à criação de conhecimento por meio de universidades e laboratórios nacionais, mas envolve também a mobilização de recursos que permitam a difusão do conhecimento e da inovação por todos os setores da economia (MAZZUCATO, 2014). A autora enfatiza que o Estado empreendedor deve mobilizar redes de inovação (Hélice Tríplice) e comandar o processo de desenvolvimento industrial, criando estratégias para o avanço tecnológico em áreas prioritárias (MAZZUCATO, 2014). Em suma, a internacionalização da RAM zoonótica exige uma abordagem integrada de *One Health*, focada na vigilância, regulamentação do uso de antimicrobianos e inovação tecnológica na produção e processamento de alimentos, alinhando as práticas agrícolas sustentáveis à proteção da saúde pública global. Segundo o Ipea, as políticas de defesa agropecuária são ferramentas estratégicas para evitar choques nas cadeias de suprimento e preservar a integridade territorial contra patógenos internacionais (MARTINS & SILVA, 2021).

Portanto, a crise da RAM, por ser um problema sistêmico e transfronteiriço, demanda uma resposta de governança multilateral e integrada. Para articular a dimensão econômica e a necessidade de inovação, o modelo da Hélice Tríplice (ETZKOWITZ & ZHOU, 2017) torna-se o *framework* ideal, onde o Estado Empreendedor (MAZZUCATO, 2014) atua como catalisador. A (Tabela 1) detalha as funções e as ações estratégicas que cada pilar deve assumir para promover o reajustamento sistêmico do setor agroalimentar e garantir o controle eficaz da RAM.

A (Tabela 1) ilustra a interdependência necessária entre os pilares para que a governança *One Health* seja eficaz no combate à RAM. O Estado, atuando como empreendedor e coordenador (MAZZUCATO, 2014), é o responsável por fornecer o direcionamento estratégico, garantindo que a inovação gerada pela Academia seja absorvida e aplicada pelo Setor Privado por meio de uma adoção competitiva (PÉREZ, 2012). O sucesso dessa articulação resultará na superação do arranjo institucional insustentável, promovendo um novo paradigma que alinha a competitividade econômica à biossegurança e à proteção da saúde pública global.

A estrutura apresentada evidencia que a mitigação da RAM demanda uma governança capaz de articular capacidades estatais, científicas e produtivas, na qual a Hélice Tríplice se torna o mecanismo institucional ideal. Nessa perspectiva, a interação coordenada entre as instituições (estado, ciência e mercado), é o vetor essencial para o reajustamento da cadeia agroalimentar, permitindo enfrentar a RAM como um problema que é simultaneamente econômico, sanitário e global. Essa abordagem integrada é o caminho para transformar o desafio da RAM em uma oportunidade de inovação, ganhos de eficiência e desenvolvimento sustentável.

Tabela 1. Ações Estratégicas da Hélice Tríplice para o Novo Paradigma Tecnoeconômico da RAM,

BASE	FOCO	AÇÃO
Governo / Estado	Direcionamento Estratégico (Mazzucato)	Regulamentação rigorosa (uso racional de antimicrobianos); Financiamento de P&D de longo prazo (alternativas); Coordenação do Sistema Nacional de Vigilância Integrada.
Universidade / Pesquisa	Geração de Inovação (Etzkowitz & Zhou)	Pesquisa e desenvolvimento de novas vacinas e diagnósticos rápidos (POC); Monitoramento genômico da RAM; Transferência de conhecimento científico.
Setor Privado / Empresas	Adoção Competitiva (Pérez)	Implementação de biosseguridade avançada (<i>antibiotic-free</i>); Busca por certificações de qualidade e rastreabilidade; Adaptação do modelo produtivo para o novo paradigma.
Resultado da conexão	Governança <i>One Health</i> e Novo Paradigma	Fortalecimento da competitividade (qualidade sanitária); Mitigação de riscos e barreiras comerciais; Proteção da saúde (Humana, Animal e Ambiental).

Fonte: Elaboração própria de acordo com a literatura consultada: MAZZUCATO, (2014); PÉREZ, (2012); ETZKOWITZ & ZHOU (2017); DOWN TO EARTH, (2025); ELBEHIRY *et al.* (2025).

CONCLUSÃO

A resistência antimicrobiana zoonótica configura-se como um desafio sistêmico que ultrapassa a dimensão sanitária, envolvendo impactos econômicos, ambientais, produtivos e geopolíticos. A internacionalização das cadeias agroalimentares intensifica a disseminação da RAM e amplia a necessidade de estratégias integradas de governança sob a perspectiva One Health.

Os resultados evidenciam que o enfrentamento da RAM exige articulação entre Estado, universidades e setor produtivo, conforme os pressupostos da Hélice Tríplice, além de investimentos em inovação tecnológica, vigilância integrada e biosseguridade. Nesse contexto, a RAM deve ser compreendida não apenas como ameaça à saúde pública, mas também como desafio ao desenvolvimento sustentável e à estabilidade econômica global.

Como limitação do estudo, destaca-se a dependência de dados secundários e relatórios institucionais, bem como a heterogeneidade metodológica dos estudos analisados. Além disso, a literatura ainda apresenta lacunas relacionadas aos impactos econômicos regionais da RAM e às desigualdades estruturais entre países no acesso à inovação e à vigilância sanitária.

Como perspectivas futuras, recomenda-se o desenvolvimento de estudos empíricos e quantitativos sobre os impactos econômicos territoriais da RAM, bem como pesquisas voltadas à efetividade de políticas públicas, estratégias de governança multissetorial e alternativas sustentáveis ao uso de antimicrobianos na produção animal. Também se destaca a necessidade de aprofundar investigações sobre os efeitos das mudanças climáticas e das emergências zoonóticas na dinâmica global da resistência antimicrobiana.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária (PPGCTIA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABDELHAMID, AG; YOUSEF, AE. Egg-associated *Salmonella enterica* serovar *Enteritidis*: comparative genomics unveils phylogenetic links, virulence potential, and antimicrobial resistance traits. **Frontiers in Microbiology** **14**, 1278821, 2023. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2023.1278821/full> DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1278821>
- ALLEL, K; DAY, L; HAMILTON, A; LIN, L; FURUYA-KANAMORI, L; MOORE, CE; VAN BOECKEL, T; LAXMINARAYAN, R; YAKOB, L. Global antimicrobial-resistance drivers: an ecological country-level study at the human–animal interface. **The Lancet Planetary Health** **7**(4), e291–e303, 2023. Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(23\)00026-8/fulltext?ref=sanrachna.foundation](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(23)00026-8/fulltext?ref=sanrachna.foundation) DOI: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(23\)00026-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00026-8)
- ARDAKANI, Z; CANALI, M; ARAGRANDE, M; TOMASSONE, L; SIMOES, M; BALZANI, A; BEBER, CL. Evaluating the contribution of antimicrobial use in farmed animals to global antimicrobial resistance in humans. **One Health** **17**, 100647, 2023. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352771423001672> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100647>
- ARIAS, MVB; DE MAIO-CARRILHO, CMD. Resistência antimicrobiana nos animais e no ser humano. Há motivo para preocupação? **Semina: Ciências Agrárias** **33**(2), 775-790, 2012. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744112039.pdf> DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p775>
- AVRAAM, C; LAMBROU, AS; JIANG, W; SIDDIQUI, S. Antimicrobial resistance and livestock trade for low and middle income countries: Regional analysis of global coordination policies. **Frontiers in Sustainable Food Systems** **5**, 650315, 2021. Available from: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2021.650315/full> DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.650315>
- BAVA, R; CASTAGNA, F; LUPIA, C; POERIO, G; LIGUORI, G; LOMBARDI, R; NATURALE, MD; MERCURI, C; BULOTTA, RM; BRITTI, D; PALMA, E. Antimicrobial resistance in livestock: A serious threat to public health. **Antibiotics**, **13**(6), 551, 2024. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6382/13/6/551> DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics13060551>
- BENOIT, M; MARTIN, G; STEINMETZ, L; ULUKAN, D; BERNES, A; BROCK, C; DE LA FOYE, A; GRILLOT, M; MAGNE, MA; MEISCHNER, T; MOERMAN, M; MONTEIRO, L; OEHEN, B; PARSONS, D; PRIMI, R; SCHANZ, L; WINCKLER, C; DUMONT, B. Interactions between animal enterprises and marketing strategies shape organic multispecies farming systems. **Agronomy for Sustainable Development**, **43**(6), 77, 2023. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-023-00930-8#citeas> DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-023-00930-8>
- BEZERRA, WGA; HORN, RH; SILVA, ING; TEIXEIRA, RSC; LOPES, ES; ALBUQUERQUE, ÁH; CARDOSO, WC. Antibióticos no setor avícola: uma revisão sobre a resistência microbiana. **Archivos de Zootecnia**, **66**(254), 301-307, 2017. Available from: <http://uco.edu.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/2335> DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v66i254.2335>
- BORJI, S; KADIVARIAN, S; DASHTBIN, S; KOOTI, S; ABIRI, R; MOTAMEDI, H; MORADI, J; ROSTAMIAN, M; ALVANDI, A. Global prevalence of *Clostridioides difficile* in 17,148 food samples from 2009 to 2019: a systematic review and meta-analysis. **Journal of Health, Population and Nutrition**, **42**(1), 36, 2023. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s41043-023-00369-3> DOI: <https://doi.org/10.1186/s41043-023-00369-3>
- CANDEL-PÉREZ, C; ROS-BERRUEZO, G; MARTÍNEZ-GRACIÁ, C. A review of *Clostridioides difficile* occurrence through the food chain. **Food Microbiology**, **77**, 118-129, 2019. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0740002018304155> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.08.012>
- CARDOSO, M. **Antimicrobial use, resistance and economic benefits and costs to livestock producers in Brazil** [Internet]. Paris: OECD Publishing; 2019 [cited 2026 Mar 04]. Available from: <http://dx.doi.org/10.1787/27137b1e-en>

- CASTRO, PBN; RODRIGUES, DAS; ROESER, HMP; SANTIAGO, AF; AFONSO, RJC. Antibiotic consumption in developing countries defies global commitments: an overview on Brazilian growth in consumption. **Environmental Science and Pollution Research** 27(17), 21013-21020, 2020. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-08574-x> DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08574-x>
- DA SILVA BEZERRA, AD; DA SILVA, NFP; MARTINS, CMDCR; DE SOUSA NOVAES, MAS; DE SÁ, DRC; MARTINS, MG; DE SOUZA RODRIGUES, RT. Prevalência e perfil de resistência bacteriana de *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. em carne ovina comercializada em feiras e supermercados do município de Petrolina-PE. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, 23(8), e11232, 2025. Available from: https://www.researchgate.net/publication/395043099_Prevalencia_e_perfil_de_resistencia_bacteriana_de_Escherichia_coli_e_Salmonella_spp_em_carne_ovina_comercializada_em_feiras_e_supermercados_do_municipio_de_Petrolina-PE DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv23n8-166>
- DEDECEK, AS; AREND, L; PENKAL, ML; MOSCARDI, SMP; TUON, FF. Monitoring of Antimicrobial Resistance Genes and Susceptibility Profiles in Bacterial Isolates From Animal-Origin Meat. **Journal of Food Science**, 90(11), e70719, 2025. Available from: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1750-3841.70719> DOI: <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70719>
- DE CAMARGO BARROS, RS; DE ALMEIDA, LF. Triple-A approach and global value chain governance (GVC): The case of Brazilian beef. **Journal of Rural Studies**, 107, 103241, 2024. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0743016724000457> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103241>
- DE MENEZES, TC; COUNTRYMAN, AM; FERREIRA FILHO, JBS; FERREIRA, F. Economic assessment of foot-and-mouth disease outbreaks in Brazil. **Q Open**, 2(2), qoac028, 2022. Available from: <https://academic.oup.com/qopen/article/2/2/qoac028/6750236?login=false&guestAccessKey=> DOI: <https://doi.org/10.1093/qopen/qoac028>
- DEL BARRIO-TOFIÑO, E; LÓPEZ-CAUSAPÉ, C; OLIVER, A. *Pseudomonas aeruginosa* epidemic high-risk clones and their association with horizontally-acquired β -lactamases: 2020 update. **International Journal of Antimicrobial Agents**, 56(6), 106196, 2020. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924857920304027> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2020.106196>
- DIANA, A; LORENZI, V; PENASA, M; MAGNI, E; ALBORALI, GL; BERTOCCHI, L; DE MARCHI, M. Effect of welfare standards and biosecurity practices on antimicrobial use in beef cattle. **Scientific Reports**, 10(1), 20939, 2020. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-77838-w> DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77838-w>
- DE JESUS NASCIMENTO FERREIRA, T; CAETANO, R; BENKÖ, R; DE ARAÚJO MORAIS, JH; OSORIO-DE-CASTRO, CGS. Community use of systemic antibiotics among individuals aged 15 and over in Brazil: a seven-year population-based cross-sectional study. **PLoS One**, 20(6), e0325231, 2025. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0325231> DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325231>
- EKEN, CB; ARSLAN, S; ÖZDEMİR, F. Antimicrobial resistance, virulence characteristics, and multilocus sequence typing of *Campylobacter* species from retail meat and milk products. **Journal of Applied Microbiology**, 136(10), lxaf237, 2025. Available from: <https://academic.oup.com/jambio/article-abstract/136/10/lxaf237/8261531?login=false> DOI: <https://doi.org/10.1093/jambio/lxaf237>
- ELBEHIRY, A; MARZOUK, E; ABALKHAIL, A; EDREES, HM; ELLETHY, AT; ALMUZAINI, AM; IBRAHEM, M; ALMUJAIDEL, A; ALZABEN, F; ALQRNI, A; ABU-OKAIL, A. Microbial food safety and antimicrobial resistance in foods: a dual threat to public health. **Microorganisms** 13(7), 1592, 2025. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2607/13/7/1592> DOI: <https://doi.org/10.3390/microorganisms13071592>
- EL-WEHEDY, SE; ELSHAFAEE, AK; HELAL, ZF; SHEHAB-ELDIN, YR; YASSIN, AM; ZAKI, HT. Contamination of meat and its products by *Pseudomonas* species and assessment of the antibacterial effect of clove (*Syzygium aromaticum*) essential oil on multidrug-resistant *P. aeruginosa*. **Open Veterinary Journal**, 15(4), 1812, 2025. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12124795/> DOI: <https://doi.org/10.5455/OVJ.2025.v15.i4.34>
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY; EUROPEAN CENTRE FOR DISEASE PREVENTION AND CONTROL. The European Union summary report on antimicrobial resistance in zoonotic and indicator bacteria from humans, animals and food in 2021–2022. **EFSA Journal** 22(2), e8583, 2024. Available from: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2024.8583> DOI: [10.2903/j.efsa.2024.8583](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8583)
- ETZKOWITZ, H; ZHOU, C. **The Triple Helix: University–Industry–Government Innovation and Entrepreneurship**. New York: Routledge; 2017.

- FAO. **Tackling antimicrobial resistance in food and agriculture**. Rome: FAO; 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc9185en>. Acesso em: 17 set. 2025.
- FERREIRA, NCR; ANDRADE, RR; FERREIRA, LN. Climate change impacts on livestock in Brazil. **International Journal of Biometeorology**, **68**(12), 2693-2704, 2024. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-024-02778-3> DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-024-02778-3>
- FERREIRA NETO, JS. Current status of bovine tuberculosis in Brazil. **Medical Research Archives**, 2024. Available from: <https://esmed.org/MRA/mra/article/view/6177> DOI: <https://doi.org/10.18103/mra.v12i12.6154>
- FLORIS, I; BATTISTINI, R; TRAMUTA, C; GARCIA-VOZMEDIANO, A; MUSOLINO, N; SCARDINO, G; MASOTTI, C; BRUSA, B; ORUSA, R; SERRACCA, L; RAZZUOLI, E; MARTUCCI, F; BIANCHI, DM. Antibiotic resistance in lactic acid bacteria from dairy products in Northern Italy. **Antibiotics**, **14**(4), 375, 2025. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6382/14/4/375> DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics14040375>
- FRIEDRICH, MJ. Antimicrobial resistance on the rise in zoonotic bacteria in Europe. **JAMA**, **321**(15), 1448-1448, 2019. Available from: <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/2730626> DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2019.3829>
- FRY, K. **Urban biomonitoring of trace elements and antimicrobial resistance using European honey bees** [tese de doutorado]. Sydney: Macquarie University. 2022. 177p.
- GAYNES, R. The discovery of penicillin—new insights after more than 75 years of clinical use. **Emerging Infectious Diseases**, **23**(5), 849, 2017. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5403050/> DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2305.161556>
- GEORGE, A. Antimicrobial resistance (AMR) in the food chain: trade, one health and codex. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, **4**(1), 54, 2019. Available from: <https://www.mdpi.com/2414-6366/4/1/54> DOI: <https://doi.org/10.3390/tropicalmed4010054>
- HASAN, MAE; ISLAM, MS; FAHIM, NAI; ANTOR, MTH; SALAM, S; JAHAN, R; MASUD, RI; BAKHTIYAR, Z; JANY, DA; RANA, ML; PUNOM, SA; RAHMAN, AMMT; RAHMAN, MT. Impact of open markets on zoonotic threats and antimicrobial resistance: a one health concern. **One Health**, **101228**, 2025. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352771425002642> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2025.101228>
- HE, L; SHEN, L; ZHANG, J; LI, C. Comprehensive investigation of fluoroquinolone residues in *Apis mellifera* and *Apis cerana* honey and potential risks to consumers: a five-year study (2014–2018) in Zhejiang province, China. **Toxics**, **11**(9), 744, 2023. Available from: <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/9/744> DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics11090744>
- JANSEN, W; MUELLER, A; GRABOWSKI, NT; KEHRENBURG, C; MUYLKENS, B; AL DAHOUK, S. Foodborne diseases do not respect borders: zoonotic pathogens and antimicrobial resistant bacteria in food products of animal origin illegally imported into the European Union. **The Veterinary Journal**, **244**, 75-82, 2019. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1090023318307718> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.12.009>
- JANOTTO, LS; LUCIANO, FB; EVANGELISTA, AG. Perfil de resistência antimicrobiana de isolados bacterianos de animais destinados ao consumo humano. **Holos**, **1**, 1-9, 2022. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=481582882011> DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2021.13728>
- KAZIMIERCZAK, R; GÓRALSKA-WALCZAK, R; KOPCZYNSKA, K; SREDNICKA-TOBER, D. Wpływ produkcji żywności pochodzenia zwierzęcego na środowisko naturalne w opinii badanej grupy polskich konsumentów. **Żywność Nauka Technologia Jakość**, **30**(4), 2023. Available from: <https://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-86dc3642-22ab-41e3-baca-3f9fa26d8011> DOI: <https://doi.org/10.15193/zntj/2023/137/477>
- KHALIFA, HO; SHIKORAY, L; MOHAMED, MYI; HABIB, I; MATSUMOTO, T. Veterinary drug residues in the food chain as an emerging public health threat: Sources, analytical methods, health impacts, and preventive measures. **Foods**, **13**(11), 1629, 2024. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/11/1629> DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13111629>
- LIMA, CMG; DALLA NORA, FM; SERRALHO, SKT; DA SILVA, JM; MARZOQUE, HJ; SANTANA, RF; VERRUCK, S; SCUSSEL, VM. Antibiotic residues in honey: a public health issue. **Research, Society and Development**, **9**(11), e1739119604, 2020. Available from: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/9604> DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9604>
- LOPES, LC; MOTTER, FR; CARVALHO-SOARES, MDL. Consumption of antibiotics in Brazil—an analysis of sales data between 2014 and 2019. **Antimicrobial Resistance & Infection Control**, **13**(1), 60, 2024. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13756-024-01412-6> DOI: <https://doi.org/10.1186/s13756-024-01412-6>



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO DE JANEIRO



Perspectivas da
Ciência e
Tecnologia

- LOW, CX; TAN, LTH; AB MUTALIB, NS; PUSPARAJAH, P; GOH, BH; CHAN, KG; LETCHUMANAN, V; LEE, LH. Unveiling the impact of antibiotics and alternative methods for animal husbandry: a review. **Antibiotics**, **10**(5), 578, 2021. Available from: <https://www.mdpi.com/2079-6382/10/5/578> DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050578>
- MAHMOUDI, P; RASHIDI, A; FARAJ, SIH. Network meta-analysis of the prevalence and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* isolated from bovine milk and dairy products: a global perspective. **Journal of Dairy Science**, 2025. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030225004813> DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26197>
- MARTINS, MMV; SILVA, LMN. **Medidas sanitárias e comércio internacional no contexto das zoonoses: análise preliminar para o mercado de carnes** [Internet]. Brasília (DF): Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA); 2021 [cited Nov 23]. Available from: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/b3d31f15-4ea6-4a74-bb56-41e0a24ede2> DOI: <https://doi.org/10.38116/ntdinte39>
- MKANGARA, M. Prevention and control of human *Salmonella enterica* infections: an implication in food safety. **International Journal of Food Science**, **2023**(1), 8899596, 2023. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/2023/8899596> DOI: <https://doi.org/10.1155/2023/8899596>
- MAZZUCATO, M. **O Estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. São Paulo: Portfolio-Penguin; 2014.
- MORE, SJ. European perspectives on efforts to reduce antimicrobial usage in food animal production. **Irish Veterinary Journal** **73**(1), 2, 2020. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13620-019-0154-4> DOI: <https://doi.org/10.1186/s13620-019-0154-4>
- NAYLOR, NR; HASSO-AGOPSOWICZ, M; KIM, C; MA, Y; FROST, I; ABBAS, K; AGUILAR, G; FULLER, N; ROBOTHAM, JV; JIT, M. The global economic burden of antibiotic-resistant infections and the potential impact of bacterial vaccines: a modelling study. **BMJ Global Health** **10**(6), e016249, 2025. Available from: <https://gh.bmj.com/content/10/6/e016249> DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2024-016249>
- NEELAWALA, RN; EDISON, LK; KARIYAWASAM, S. Pre-harvest non-typhoidal *Salmonella* control strategies in commercial layer chickens. **Animals** **14**(24), 3578, 2024. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/14/24/3578> DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14243578>
- NETO, OA. A estratégia espacial de internacionalização de empresas brasileiras do setor frigorífico: Os casos da JBS e da Minerva: The spatial strategy for the internationalization of Brazilian companies in the meatpacking sector: The case of JBS and Minerva. **Boletim Goiano de Geografia** **39**, 19, 2019. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10104807> DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v39.57226>
- OLARU, ID; WALTHER, B; SCHAUMBURG, F. Zoonotic sources and the spread of antimicrobial resistance from the perspective of low and middle-income countries. **Infectious Diseases of Poverty** **12**(03), 73-87, 2023. Available from: <https://mednexus.org/doi/full/10.1186/s40249-023-01113-z> DOI: <https://doi.org/10.1186/s40249-023-01113-z>
- PEREIRA, GR; PORTES, AB; CONTE, CA; BRANDÃO, MLL; SPISSO, BF. Antimicrobial resistance in bacteria from pig production chain: a systematic review and meta-analyses focused on the Brazilian context. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 1-19, 2025. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2025.2489531> DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2025.2489531>
- PÉREZ, C. **Revoluciones tecnológicas y capital financiero: la dinámica de las burbujas financieras y las épocas de bonanza**. Madrid: Siglo XXI; 2004.
- PÉREZ, C. Una visión para América Latina: dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales. **Revista Económica** **14**(2), 11-54, 2012. Available from: <https://carlotaperez.org/wp-content/downloads/publicaciones/desarrollo-sostenible/Ancla%20Perez.pdf>
- PIDSADNY, PE; DU, T; HIZON, R; AHMED, S; TAN, D; ZHANEL, GG; BAY, DC; REID-SMITH, RJ; CHARLEBOIS, A; GOLDING, GR. Surveillance of *Clostridioides difficile* in Canadian retail meat and genomic linkages to community-associated human clinical infections in Canada. **Canadian Journal of Microbiology** **71**, 1-7, 2025. Available from: <https://cdnscepub.com/doi/full/10.1139/cjm-2024-0193> DOI: <https://doi.org/10.1139/cjm-2024-0193>
- PLUMMER, P; FAJT, VR. Biosecurity practices to enhance responsible antimicrobial use and reduce the burden of antimicrobial resistance. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice** **41**(1), 25-37, 2025. Available from: [https://www.vetfood.theclinics.com/article/S0749-0720\(24\)00049-5/abstract](https://www.vetfood.theclinics.com/article/S0749-0720(24)00049-5/abstract) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2024.11.002>
- QASIM, S; KHAN, AU; RAZA, A. Zoonotic diseases and antimicrobial resistance: a dual threat at the human-animal interface. **Archives of Veterinary Medicine** **17**(1), 5-17, 2024. Available from: <https://niv.ns.ac.rs/e-avm/index.php/e-avm/article/view/361> DOI: <https://doi.org/10.46784/e-avm.v17i1.361>

- RABELLO, RF; BONELLI, RR; PENNA, BA; ALBUQUERQUE, JP; SOUZA, RM; CERQUEIRA, AMF. Antimicrobial resistance in farm animals in Brazil: an update overview. **Animals** **10**(4), 552, 2020. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/10/4/552> DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10040552>
- REPIK, CF; LISBOA, ACLC; TUKASAN, BC; GIRIO, RJS. A resistência antimicrobiana na produção animal: alerta no contexto da saúde única. **Pubvet** **16**(4), 1-6, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n04a1084.1-6>
- ROCHA, LPB; ALVES, JVO; AGUIAR, IFS; SILVA, FH; SILVA, RL; ARRUDA, LG; NASCIMENTO FILHO, EJ; BARBOSA, BVDR; AMORIM, LC; SILVA, PM; SILVA, MV. Uso de plantas medicinais: histórico e relevância. **Research, Society and Development** **10**(10), e44101018282, 2021. Available from: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18282> DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18282>
- ROMÃO, LJV; SILVA, MV; CHAVES, C; MEDEIROS, ES; SOARES, AF; IMAZAKI, PH. Salmonelose em cortes de carne bovina no Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento** **2**, 134-142, 2023. Available from: <https://envt.hal.science/hal-04959411/> DOI: <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/veterinaria/salmonelose>
- RWARE, H; MONICA, KK; IDAH, M; FERNADIS, M; DAVIS, I; BUKE, W; SOLVEIG, D; DANIEL, K; DUNCAN, C; BYSKOV, M; KEITH, H. Examining antibiotic use in Kenya: farmers' knowledge and practices in addressing antibiotic resistance. **CABI Agriculture and Bioscience** **5**(1), 21, 2024. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s43170-024-00223-4> DOI: <https://doi.org/10.1186/s43170-024-00223-4>
- SAMTIYA, M; MATTHEWS, KR; DHEWA, T; PUNIYA, AK. Antimicrobial resistance in the food chain: trends, mechanisms, pathways, and possible regulation strategies. **Foods** **11**(19), 2966, 2022. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/19/2966> DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11192966>
- SELEIMAN, MF; SELIM, S; ALHAMMAD, BA; ALHARBI, BM; JULIATTI, FC. Will novel coronavirus (Covid-19) pandemic impact agriculture, food security and animal sectors?. **Bioscience Journal** **36**(4), 2020. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Mahmoud-Seleiman/publication/341717783_Will_novel_coronavirus_Covid-19_pandemic_impact_agriculture_food_security_and_animal_sectors/links/5ed12281299bf1c67d27254d/Will-novel-coronavirus-Covid-19-pandemic-impact-agriculture-food-security-and-animal-sectors.pdf DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n4a2020-54560>
- SOVINSKI, AI. **Perfil genotípico e fenotípico da resistência à antimicrobianos de *Staphylococcus aureus* em cadeia produtiva de carne suína** [tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia; 2019. 97p. Available from: <https://pesquisa.bvsalud.org/porta1/resource/pt/vtt-213503>
- SOLTYSIUK, M; PRZYBOROWSKA, P; WISZNIEWSKA-ŁASZCZYCH, A; TOBOLSKI, D. Prevalence and antimicrobial resistance profile of *Listeria* spp. isolated from raw fish. **BMC Veterinary Research** **21**(1), 333, 2025. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12917-025-04792-y> DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-025-04792-y>
- STRYDOM, T; LAVAN, RP; TORRES, S; HEANEY, K. The economic impact of parasitism from nematodes, trematodes and ticks on beef cattle production. **Animals** **13**(10), 1599, 2023. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/10/1599> DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13101599>
- SUYAMUD, B; CHEN, Y; DONG, Z; ZHAO, C; HU, J. Antimicrobial resistance in aquaculture: occurrence and strategies in Southeast Asia. **Science of the Total Environment** **907**, 167942, 2024. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723065695> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167942>
- SUBIRATS, J; DOMINGUES, A; TOPP, E. Does dietary consumption of antibiotics by humans promote antibiotic resistance in the gut microbiome?. **Journal of Food Protection** **82**(10), 1636-1642, 2019. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X22099252> DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-158>
- VAN BOECKEL, TP; BROWER, C; GILBERT, M; GRENFELL, BT; LEVIN, SA; ROBINSON, TP; TEILLANTE, A; LAXMINARAYAN, R. Global trends in antimicrobial use in food animals. **Proceedings of the National Academy of Sciences** **112**(18), 5649-5654, 2015. Available from: <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1503141112> DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1503141112>
- VAN BOECKEL, TP; GLENNON, EE; CHEN, D; GILBERT, M; ROBINSON, TP; GRENFELL, BT; LEVIN, SA; BONHOEFFER, S; LAXMINARAYAN, R. Reducing antimicrobial use in food animals. **Science** **357**(6358), 1350-1352, 2017. Available from: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aao1495> DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aao1495>
- DOWN TO EARTH. **AMR could cost global economy \$100 trillion by 2050, says first global animal health report** [Internet]; 2025 [cited 2025 Nov 19]. Available from: <https://www.downtoearth.org.in/wildlife-biodiversity/amr-could-cost-global-economy-100-trillion-by-2050-says-first-global-animal-health-report>

- XU, X; WANG, X; SONG, C; YAN, B; ZHANG, R; LI, L; ZHOU, X. The effect of a One Health message intervention on willingness to pay for antibiotic-free animal foods: a randomized controlled trial among Chinese college students. **One Health** **17**, 100612, 2023. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352771423001325> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2023.100612>
- ZHENG, S; LI, Y; CHEN, C; WANG, N; YANG, F. Solutions to the dilemma of antibiotics use in livestock and poultry farming: regulation policy and alternatives. **Toxics** **13**(5), 348, 2025. Available from: <https://www.mdpi.com/2305-6304/13/5/348> DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics13050348>
- ZHANG, J; WANG, J; JIN, J; LI, X; ZHANG, H; SHI, X; ZHAO, C. Prevalence, antibiotic resistance, and enterotoxin genes of *Staphylococcus aureus* isolated from milk and dairy products worldwide: a systematic review and meta-analysis. **Food Research International** **162**, 111969, 2022. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996922010274> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111969>
- ZIRA, S; MANAGOS, M; PRINTZ, S; LINDBERG, M; AHLGREN, S; SONESSON, U. The dairy production system in the north of Sweden under possible future food scenarios. **Agricultural Systems** **222**, 104177, 2025. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X24003275> DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104177>

