

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS - UNIGOIÁS  
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC  
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

**USO DE ANTIMICROBIANOS NA BOVINOCULTURA LEITEIRA E SEU IMPACTO  
NA SAÚDE PÚBLICA - REVISÃO DE LITERATURA**

AMANDA MARQUES CAETANO  
ELLEN BRITO SOUZA MATOS  
GABRIELA QUERINO CARVALHO  
ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Dra. JANDRA PACHECO DOS SANTOS

GOIÂNIA - GO

2026

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS - UNIGOIÁS  
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC  
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA

**USO DE ANTIMICROBIANOS NA BOVINOCULTURA LEITEIRA E SEU IMPACTO  
NA SAÚDE PÚBLICA - REVISÃO DE LITERATURA**

Pesquisa apresentada à faculdade de Medicina Veterinária  
do Centro Universitário de Goiás - UNIGOIÁS, como requisito  
parcial para obtenção do título de bacharel em Medicina  
Veterinária.

AMANDA MARQUES CAETANO  
ELLEN BRITO SOUZA MATOS  
GABRIELA QUERINO CARVALHO  
ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup> Dra. JANDRA PACHECO DOS SANTOS

GOIÂNIA - GO

2026

# USO DE ANTIMICROBIANOS NA BOVINOCULTURA LEITEIRA E SEU IMPACTO NA SAÚDE PÚBLICA - REVISÃO DE LITERATURA

Amanda Marques Caetano <sup>1</sup>  
Ellen Brito Souza Matos <sup>2</sup>  
Gabriela Querino Carvalho <sup>3</sup>  
Jandra Pacheco Dos Santos <sup>4</sup>

**Resumo:** A bovinocultura leiteira possui grande relevância econômica e social, mas enfrenta desafios significativos relacionados ao uso de antimicrobianos e à presença de resíduos no leite. Esta revisão analisa as principais classes de antimicrobianos utilizadas na bovinocultura leiteira, suas implicações terapêuticas e os riscos associados ao uso inadequado para a saúde pública e a cadeia produtiva. A metodologia adotada baseou-se na análise de publicações científicas, legislações e documentos técnicos nacionais e internacionais relacionados ao uso de antimicrobianos na produção leiteira, detecção de resíduos e seus impactos. A presença de resíduos de antimicrobianos no leite compromete a segurança alimentar, exigindo rigorosos mecanismos de detecção, aplicação de métodos analíticos específicos e cumprimento da legislação vigente, que estabelece limites máximos de resíduos e determina o descarte adequado da matéria-prima contaminada. Esses resíduos podem contribuir para a seleção de microrganismos resistentes, provocar reações adversas em consumidores e prejudicar a indústria de laticínios ao interferir na qualidade tecnológica dos derivados. Além disso, o descarte inadequado pode gerar impactos ambientais, com contaminação do solo e de recursos hídricos. Com base nesses achados, discutem-se estratégias para a redução do uso de antimicrobianos na pecuária leiteira, visando à promoção da segurança alimentar e ao controle da resistência antimicrobiana. Conclui-se que o uso racional desses fármacos, aliado a práticas adequadas de manejo e fiscalização, é fundamental para garantir a sustentabilidade da produção leiteira e a proteção da saúde pública.

**Palavras-chave:** Fármacos. Leite. Resistência a antimicrobianos.

## USE OF ANTIMICROBIALS IN DAIRY CATTLE FARMING AND ITS IMPACT ON PUBLIC HEALTH - LITERATURE REVIEW

**Abstract:** Dairy farming is of great economic and social importance, but faces significant challenges related to the use of antimicrobials and the presence of residues

---

<sup>1</sup> Discente do curso Medicina Veterinária do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3035809024247876>, Orcid: 0000-0002-2620-0444. E-mail: [a.mand.inhamarques@icloud.com](mailto:a.mand.inhamarques@icloud.com)

<sup>2</sup> Discente do curso Medicina Veterinária do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2637806541693051>, Orcid: 0009-0001-1063-3245. E-mail: [ellenbritolili@gmail.com](mailto:ellenbritolili@gmail.com).

<sup>3</sup> Discente do curso Medicina Veterinária do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0236915604278690>, Orcid: 0009-0004-6730-8779. E-mail: [gabriela.q.c01@gmail.com](mailto:gabriela.q.c01@gmail.com)

<sup>4</sup> Professora Adjunto do Centro Universitário de Goiás - UNIGOIÁS. Doutora em Ciência Animal pela Universidade Federal de Uberlândia. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0477214481913218>, Orcid: 0000-0001-6922-2662. E-mail: [jandra.santos@unigoias.com.br](mailto:jandra.santos@unigoias.com.br).

in milk. This review analyzes the main classes of antimicrobials used in dairy farming, their therapeutic implications, and the risks associated with their inappropriate use for public health and the production chain. The methodology adopted was based on the analysis of scientific publications, legislation, and national and international technical documents related to the use of antimicrobials in milk production, residue detection, and their impacts. The presence of antimicrobial residues in milk compromises food safety, requiring rigorous detection mechanisms, the application of specific analytical methods, and compliance with current legislation, which establishes maximum residue limits and determines the proper disposal of contaminated raw materials. These residues can contribute to the selection of resistant microorganisms, cause adverse reactions in consumers, and harm the dairy industry by interfering with the technological quality of dairy products. Furthermore, improper disposal can generate environmental impacts, with soil and water contamination. Based on these findings, strategies for reducing the use of antimicrobials in dairy farming are discussed, aiming to promote food safety and control antimicrobial resistance. It is concluded that the rational use of these drugs, combined with appropriate management and monitoring practices, is fundamental to ensuring the sustainability of milk production and protecting public health.

**Keywords:** Drugs. Milk. Antimicrobial resistance.

## INTRODUÇÃO

A bovinocultura leiteira possui grande relevância econômica e social no Brasil, sendo responsável pela geração de renda no meio rural e pelo fornecimento de alimentos de elevado valor nutricional à população (EMBRAPA, 2023; RADOSTITS et al., 2007). O país se destaca entre os maiores produtores mundiais de leite, com 27,51 bilhões de litros destinados à indústria, o que reforça a necessidade de garantir a qualidade e a segurança dos produtos lácteos (IBGE, 2025).

As enfermidades infecciosas que acometem bovinos leiteiros representam um importante desafio produtivo, impactando diretamente a produtividade e o bem-estar animal. Para o controle dessas doenças, o uso de antimicrobianos constitui uma ferramenta essencial na medicina veterinária. A utilização inadequada desses fármacos, no entanto, pode acarretar consequências relevantes para a saúde pública, especialmente no que se refere à presença de resíduos no leite e ao risco de seleção de microrganismos resistentes, o que levou órgãos reguladores a estabelecerem diretrizes rigorosas, incluindo limites máximos de resíduos, exigência de testes laboratoriais e critérios para o descarte de produtos fora dos padrões (BRASIL, 2017; BRASIL, 2018).

A presença desses resíduos pode ainda comprometer a qualidade tecnológica do leite e de seus derivados, além de gerar impactos ambientais quando não há destinação adequada. O tema envolve, portanto, não apenas aspectos produtivos, mas também questões ligadas à saúde pública e à sustentabilidade dos sistemas de produção (SACHI et al., 2019; MANYI-LOH et al., 2018).

O presente trabalho tem como objetivo analisar as principais classes de antimicrobianos utilizadas na bovinocultura leiteira, os métodos de detecção de resíduos no leite, os critérios legais relacionados ao seu controle e descarte, além dos impactos na saúde pública, no meio ambiente e na indústria de laticínios. Busca-se também discutir estratégias voltadas à redução do uso desses fármacos, contribuindo para a promoção da segurança alimentar e da sustentabilidade da produção leiteira.

## METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza exploratória, com abordagem qualitativa, visando aprofundar a compreensão sobre o uso de antimicrobianos na bovinocultura leiteira e suas implicações na saúde pública. O percurso metodológico foi delineado em quatro etapas principais: definição da questão de pesquisa, levantamento bibliográfico, seleção e análise dos estudos.

O levantamento dos artigos científicos foi realizado nas bases de dados Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e PubMed, abrangendo publicações no período de 2004 a 2025. Foram incluídos artigos completos disponíveis nos idiomas português e inglês, relacionados ao tema da pesquisa, sendo excluídos estudos duplicados, incompletos ou que não apresentavam relação direta com o objeto de estudo.

A estratégia de busca utilizou a combinação de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e palavras-chave, com o emprego dos operadores booleanos AND e OR. O operador OR foi utilizado entre termos sinônimos para ampliar a busca, garantindo a recuperação de artigos que adotassem diferentes nomenclaturas para o mesmo conceito. Já o operador AND foi aplicado para restringir a busca, cruzando os diferentes eixos temáticos e refinando os resultados para os estudos que correlacionassem todos os tópicos de interesse. Em português, a chave de busca foi estruturada como: (Antimicrobiano OR Antibiótico) AND ("Bovinocultura leiteira" OR "Gado leiteiro") AND (Resíduo OR "Resistência microbiana" OR "Saúde pública"). Em inglês, adaptou-se a estratégia para: ("Antimicrobial" OR "Antibiotic") AND ("Dairy cattle" OR "Milk production") AND ("Residue" OR "Antimicrobial resistance" OR "Public health").

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, a busca resultou em um total de 26 referências bibliográficas utilizadas para a fundamentação teórica deste estudo. Esse montante compreende 10 artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais, 5 livros e manuais técnicos de medicina veterinária, além de 11 documentos de órgãos oficiais e legislações vigentes (como decretos, portarias ministeriais e dados estatísticos). As informações extraídas dessas publicações foram organizadas e categorizadas tematicamente para compor a análise qualitativa do desenvolvimento deste trabalho.

Os artigos selecionados foram analisados na íntegra, e as informações relevantes, como classes de antimicrobianos, formas de aplicação, níveis de resíduos e impactos associados, foram extraídas, organizadas e sintetizadas por similaridade temática. Os dados foram tratados por meio de análise qualitativa de conteúdo, com organização das informações em categorias temáticas. Por se tratar de uma revisão de literatura, não houve participação direta de sujeitos de pesquisa.

## **DESENVOLVIMENTO**

### **1. PRINCIPAIS CLASSES DE ANTIMICROBIANOS NA BOVINOCULTURA DE LEITE**

De acordo com Andrews et al. (2004), os antimicrobianos são amplamente utilizados na medicina veterinária para a prevenção e o tratamento de enfermidades, especialmente em casos como mastite, metrite e infecções respiratórias. Os antimicrobianos podem ser classificados em diferentes grupos de acordo com sua estrutura química, mecanismo de ação e espectro de atividade.

Entre as principais classes utilizadas na bovinocultura leiteira destacam-se as penicilinas, cefalosporinas, tetraciclina, aminoglicosídeos, macrolídeos, sulfonamidas, fluoroquinolonas e lincosamidas, cada uma com características farmacológicas específicas que influenciam sua indicação terapêutica, espectro de ação e forma de administração (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017; RADOSTITS et al., 2007).

As penicilinas pertencem ao grupo dos  $\beta$ -lactâmicos e constituem uma das classes antimicrobianas mais utilizadas, devido à sua eficácia no controle de infecções bacterianas que afetam a produção e a qualidade do leite (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017).

Esses fármacos atuam interferindo na síntese da parede celular bacteriana, ao se ligarem às Proteínas Ligadoras de Penicilina (PBPs) presentes na membrana bacteriana responsáveis pela última etapa da síntese do peptidoglicano, e impedirem a formação desse componente essencial para a integridade estrutural das bactérias, resultando em lise celular e morte bacteriana. Na bovinocultura leiteira, são amplamente empregadas no tratamento de diversas enfermidades infecciosas, com destaque para a mastite bovina, considerada uma das doenças de maior impacto

econômico na produção de leite (RADOSTITS et al., 2007; GUARDABASSI et al., 2008).

As cefalosporinas, também pertencentes ao grupo dos  $\beta$ -lactâmicos, apresentam mecanismo de ação semelhante ao das penicilinas, atuando na inibição da síntese da parede celular bacteriana. Essas substâncias possuem amplo espectro de ação contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, sendo utilizadas no tratamento de mastites, infecções uterinas e respiratórias em bovinos leiteiros (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017).

As tetraciclinas constituem outra classe amplamente utilizada. Seu mecanismo de ação baseia-se na inibição da síntese proteica bacteriana por meio da ligação à subunidade 30S dos ribossomos (desempenha o papel central na decodificação e leitura do RNA mensageiro (mRNA) durante a síntese proteica), impedindo assim a tradução e, conseqüentemente, a produção de proteínas essenciais à sobrevivência bacteriana (RADOSTITS et al., 2007).

Os aminoglicosídeos atuam pelo mesmo sítio de ligação, fixando-se de forma irreversível à subunidade 30S (componentes estruturais do ribossomo), o que resulta na produção de proteínas defeituosas e morte celular. Essa classe possui ação bactericida e é eficaz principalmente contra bactérias Gram-negativas, sendo utilizada no tratamento de infecções sistêmicas e mastites causadas por patógenos específicos (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017).

Os macrolídeos caracterizam-se pela capacidade de inibir a síntese proteica bacteriana por meio da ligação à subunidade 50S do ribossomo, estrutura responsável pela formação da cadeia polipeptídica. Esses fármacos apresentam atividade principalmente contra bactérias Gram-positivas e alguns microrganismos intracelulares, sendo utilizados com frequência no tratamento de doenças respiratórias em bovinos (GUARDABASSI; JENSEN; KRUSE, 2008).

As sulfonamidas atuam interferindo na síntese do ácido fólico bacteriano, essencial para a produção de ácidos nucleicos e multiplicação celular. Frequentemente são utilizadas em associação com o trimetoprim, o que potencializa seu efeito antimicrobiano, sendo empregadas no tratamento de infecções digestivas, respiratórias e sistêmicas em bovinos (RADOSTITS et al., 2007).

As fluoroquinolonas constituem uma classe de antimicrobianos de amplo espectro que atuam inibindo enzimas bacterianas essenciais para a replicação do DNA, como a DNA girase e a topoisomerase IV, levando à morte celular por

impossibilidade de duplicação do material genético. Esses fármacos apresentam atividade bactericida potente contra bactérias Gram-negativas e algumas Gram-positivas (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017).

As lincosamidas, por sua vez, atuam na inibição da síntese proteica bacteriana pela ligação à subunidade 50S do ribossomo, apresentando atividade principalmente contra bactérias Gram-positivas e microrganismos anaeróbios. Embora seu uso na bovinocultura leiteira seja mais restrito em comparação a outras classes, essas substâncias têm indicação em casos específicos de infecções bacterianas (GUARDABASSI; JENSEN; KRUSE, 2008).

O uso adequado desses fármacos é fundamental para garantir a eficácia terapêutica, a segurança alimentar e a redução do desenvolvimento de resistência microbiana (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017; WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH, 2021).

Na prática clínica, a escolha do antimicrobiano está diretamente relacionada ao estado fisiológico do animal, especialmente quando se considera vacas em lactação e vacas no período seco. Durante a lactação, a utilização desses fármacos deve observar rigorosamente o período de carência (intervalo mínimo entre a última administração do medicamento e a liberação do leite para consumo), uma vez que resíduos podem comprometer a qualidade do produto e representar risco à saúde do consumidor, tornando obrigatório o descarte do leite produzido nesse intervalo (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017).

No período seco, quando a vaca interrompe a produção de leite antes do próximo parto, é comum a utilização de terapias antimicrobianas específicas, como a terapia de vaca seca, que emprega formulações de maior persistência no tecido mamário. Como o animal não está em produção, o período de carência não interfere diretamente na comercialização do leite, o que permite maior tempo de ação do medicamento no controle de infecções intramamárias e na prevenção de novos casos de mastite no início da lactação seguinte (RADOSTITS et al., 2007).

O uso frequente ou inadequado de antimicrobianos, como administração de doses incorretas, interrupção precoce do tratamento ou uso sem diagnóstico laboratorial, favorece a seleção de bactérias resistentes, tema que será aprofundado na seção 3.2 deste trabalho.

## **2. DETECÇÃO DA PRESENÇA DE RESÍDUOS DE ANTIMICROBIANOS NO LEITE E DESCARTE CORRETO**

### **2.1. Detecção de resíduos de antimicrobianos e implicações na saúde pública**

De acordo com o IBGE a aquisição de leite cru acumulada em 2025 foi de 27,51 bilhões de litros, um acréscimo de 8,5% sobre a quantidade registrada em 2024. Foi o terceiro ano seguido de crescimento na aquisição de leite, que chegou ao recorde em 2025 (IBGE, 2025). Diante desse cenário de expansão da produção leiteira, a presença de resíduos de antimicrobianos no leite constitui um problema relevante de saúde pública.

Este problema está diretamente associado ao uso terapêutico, profilático ou metafilático (tratamento de um grupo de animais quando parte dele já está doente) dos fármacos. Dentre as principais causas, destaca-se o não cumprimento do período de carência, especialmente em tratamentos intramamários durante quadros de mastite, o que resulta na presença de resíduos farmacologicamente ativos no leite destinado ao consumo humano (SANTOS; FONSECA, 2007).

Nesse contexto, o Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC), coordenado pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), desempenha papel fundamental no monitoramento da presença de resíduos em produtos de origem animal. O programa estabelece planos anuais de amostragem e análise com o objetivo de garantir que os níveis dessas substâncias estejam em conformidade com os Limites Máximos de Resíduos (LMRs), contribuindo para a proteção da saúde pública (BRASIL, 2019; BRASIL, 2024).

Dados recentes demonstram que o PNCRC (apenas em produtos formalmente inspecionados) atua não apenas no controle sanitário, mas também na rastreabilidade da cadeia produtiva, permitindo a identificação de inconformidades e a adoção de medidas corretivas. Dessa forma, exclusivamente nas cadeias que passam por fiscalização oficial, o programa contribui para a redução de riscos associados à ingestão de resíduos, como reações de hipersensibilidade, efeitos tóxicos e, principalmente, a seleção de bactérias resistentes (BRASIL, 2024).

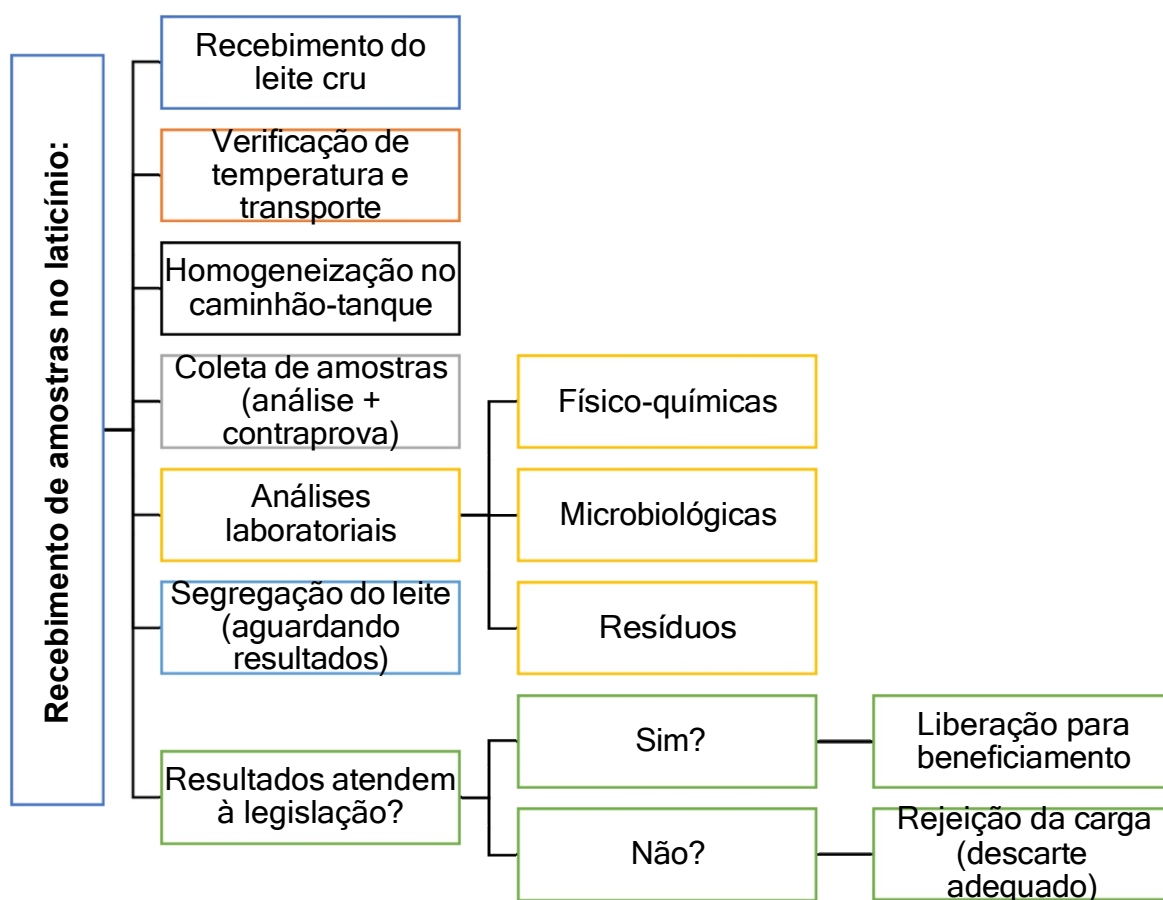
A ingestão de leite contendo resíduos de antimicrobianos pode desencadear reações adversas em indivíduos sensíveis, além de provocar alterações na microbiota

intestinal e contribuir para o desenvolvimento da resistência antimicrobiana (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017; MANYI-LOH et al., 2018).

## 2.2. Controle de qualidade no recebimento do leite

Nas unidades de beneficiamento, o controle da qualidade do leite inicia-se na etapa de recebimento da matéria-prima, destacando-se a análise de plataforma como etapa crítica de controle. O fluxo de controle ocorre de forma sistematizada e sequencial, iniciando-se com a verificação das condições de transporte, seguida da homogeneização, coleta de amostras, realização de análises laboratoriais e, por fim, a liberação ou rejeição da matéria-prima, conforme apresentado na Figura 1 (BRASIL, 2018; EMBRAPA, 2023).

Figura 1 - Fluxograma de recebimento de amostras no laticínio.



Fonte: Elaborado pelas autoras

Após a chegada do leite cru refrigerado à indústria, realiza-se inicialmente a verificação das condições de transporte, incluindo a temperatura, que deve estar em conformidade com a legislação vigente. Em seguida, procede-se à homogeneização no caminhão-tanque, garantindo a representatividade das amostras coletadas (BRASIL, 2018).

A coleta de amostras é realizada diretamente do tanque de transporte, seguindo protocolos técnicos estabelecidos pelo MAPA. Esses protocolos incluem procedimentos padronizados de coleta definidos, como uso de frascos estéreis, identificação da amostra, homogeneização prévia do tanque, coleta em pontos específicos e conservação sob refrigeração até análise. Em geral, são coletadas amostras destinadas à análise e à contraprova, assegurando maior confiabilidade dos resultados (BRASIL, 2021).

Após a coleta, a matéria-prima é submetida a análises físico-químicas, microbiológicas e testes para detecção de resíduos de antimicrobianos (EMBRAPA, 2023). Durante o período em que os resultados laboratoriais não são liberados, o produto permanece segregado em tanques específicos, não sendo encaminhado ao processamento industrial (BRASIL, 2018; EMBRAPA, 2023).

Neste sentido, a Portaria 1.266/2025, define que nos Subprogramas de investigação são realizadas duas coletas, sendo a primeira, na brevidade possível, após a detecção da violação, e a segunda após a adoção das ações corretivas e preventivas nas propriedades rurais implicadas (BRASIL, 2025). Assim, a Portaria dispõe:

Art. 24. §2º. O primeiro lote de leite, ovos e mel amostrado e produtos deles derivados, no caso de serem processados, é retido e não pode ser comercializado até a obtenção dos resultados de análises.

§ 3º. Os demais lotes de leite, ovos e mel amostrados e produtos deles derivados, no caso de serem processados, não são retidos e podem ser comercializados, antes da obtenção do resultado de análise, desde que o resultado do primeiro lote seja conforme e não exista indício de que os lotes seguintes estejam violados.

Desta forma, somente após a confirmação de que todos os parâmetros atendem aos padrões estabelecidos pela legislação, o leite é liberado para beneficiamento. Caso sejam detectados resíduos acima dos limites permitidos, a

carga é rejeitada integralmente, evitando a contaminação de grandes volumes e garantindo a segurança da cadeia produtiva (BRASIL, 2020).

Os estabelecimentos devem implementar programas de autocontrole, conforme diretrizes do MAPA, incluindo rastreabilidade, controle higiênico-sanitário e monitoramento contínuo da qualidade da matéria-prima recebida, assegurando a conformidade com os padrões legais e sanitários vigentes (BRASIL, 2017; BRASIL, 2018).

### 2.3. Legislação, limites de resíduos e descarte do leite contaminado

No Brasil, o uso de fármacos na produção animal é regulamentado pela Instrução Normativa nº 76/2018, que definem critérios para registro, prescrição, períodos de carência e controle de resíduos em alimentos de origem animal, pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA) (BRASIL, 2017; BRASIL, 2018).

Um dos principais critérios refere-se aos Limites Máximos de Resíduos, os quais são estabelecidos com base em avaliações toxicológicas, considerando parâmetros como a Ingestão Diária Aceitável (IDA) e a Dose de Referência Aguda (DRfA), definidos por órgãos reguladores como a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (BRASIL, 2022).

A seguir, são apresentados os exemplos de limites máximos de resíduos (LMRs) para antimicrobianos utilizados em bovinos leiteiros, compilados a partir de normativas nacionais e internacionais (Quadro 1).

Quadro 1 - Limites máximos de resíduos (LMRs) para antimicrobianos utilizados em bovinos leiteiros

| <b>Classe de antimicrobiano:</b>      | <b>Substância:</b> | <b>LMR no leite:</b> | <b>Observação sanitária:</b>                     |
|---------------------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------------------|
| Penicilinas<br>( $\beta$ -lactâmicos) | Benzilpenicilina   | 4 $\mu\text{g/kg}$   | Baixo LMR devido ao elevado potencial alergênico |

|                                       |                 |                      |                                                        |
|---------------------------------------|-----------------|----------------------|--------------------------------------------------------|
| Penicilinas<br>( $\beta$ -lactâmicos) | Amoxicilina     | 4 $\mu\text{g/kg}$   | Uso condicionado ao cumprimento do período de carência |
| Cefalosporinas                        | Cefalexina      | 20 $\mu\text{g/kg}$  | Requer controle rigoroso em animais em lactação        |
| Tetraciclinas                         | Oxitetraciclina | 100 $\mu\text{g/kg}$ | Maior persistência no leite                            |
| Sulfonamidas                          | Sulfadiazina    | 25 $\mu\text{g/kg}$  | Uso condicionado ao período de carência                |
| Macrolídeos                           | Eritromicina    | 40 $\mu\text{g/kg}$  | Possibilidade de persistência de resíduos              |
| Aminoglicosídeos                      | Gentamicina     | 100 $\mu\text{g/kg}$ | Potencial de toxicidade relevante                      |

**Fonte:** Elaborado pelas autoras com base em Brasil (2022) e World Health Organization (2017).

A Portaria SDA/MAPA nº 1.266, de 16 de abril de 2025, considera:

Art. 2º Para efeito desta Portaria, considera-se: (...)

III - limite máximo de resíduo - LMR: é a concentração máxima de resíduo de produto de uso veterinário ou agrotóxico, expresso em miligramas ou microgramas por litro ou quilograma, legalmente permitida em alimentos de origem animal;

IV - limite máximo tolerado de contaminantes - LMT: é a concentração máxima do contaminante legalmente aceita no alimento;

Além disso, destaca-se o controle rigoroso do uso de antimicrobianos em animais leiteiros, o qual envolve a proibição do uso indiscriminado de antimicrobianos, a obrigatoriedade de administração apenas mediante prescrição veterinária e o cumprimento do período de carência. O não cumprimento desse período pode resultar na presença de resíduos no leite, tornando-o impróprio para consumo (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017; GUARDABASSI; JENSEN; KRUSE, 2008).

Outro aspecto relevante é a obrigatoriedade de testes laboratoriais no recebimento do leite pelas indústrias, que devem realizar análises rápidas e/ou confirmatórias para detecção de resíduos de antimicrobianos no leite cru, incluindo testes inibidores microbiológicos. Amostras não conformes devem ser imediatamente rejeitadas (BRASIL, 2017; BRASIL, 2018).

Com a criação da Portaria Nº 1.266, são adotados diferentes planos amostrais, incluindo o Subprograma de Monitoramento, o Subprograma de Investigação e o Subprograma de Monitoramento de Produto Importado.

Neste sentido, a Portaria dispõe que:

Art. 9º. O serviço oficial responsável pela amostragem deve evitar padrão temporal de coleta de amostras que possa comprometer o elemento surpresa e deve coletar as amostras de forma aleatória, garantindo iguais chances de amostragem de todos os lotes de animais abatidos, leite, ovos e mel.

Art. 10. A programação de coleta pelo serviço oficial responsável pela amostragem não deve ser comunicada aos responsáveis pelas propriedades rurais e pelos estabelecimentos sob inspeção oficial em antecedência que comprometa a representatividade da amostragem.

Art. 11. As amostras devem ser coletadas do volume de leite, de um único produtor rural, de um único lote de animais, encaminhados para abate, e de ovos, mel e pescado, encaminhados para processamento, antes da mistura com outros de diferentes procedências.

Desta forma, sempre que constatada violação em resultado de análise de amostras do Subprograma de Monitoramento deve ser instaurado um Subprograma de Investigação que compreende as ações adotadas pelo serviço oficial de fiscalização agropecuária e pelos agentes privados das cadeias produtivas para tratamento dos casos de violação (BRASIL, 2025).

Nesse contexto, há também a proibição da comercialização de leite fora dos padrões estabelecidos, sendo vedado seu processamento, consumo ou distribuição quando houver detecção de resíduos acima dos limites permitidos, com consequente descarte obrigatório do produto (BRASIL, 2017).

A legislação prevê mecanismos de rastreabilidade e controle da matéria-prima, por meio da identificação da origem do leite, controle de fornecedores e registro sistemático de análises por lote, o que possibilita a responsabilização sanitária em caso de irregularidades. Destaca-se ainda a atuação da fiscalização sanitária oficial, realizada por órgãos como o MAPA e os Serviço de Inspeção Federal (SIF), Serviço de Inspeção Estadual (SIE) e o Serviço de Inspeção Municipal (SIM), responsáveis por auditorias e monitoramento contínuo da conformidade dos produtos de origem animal (BRASIL, 2017; BRASIL, 2024).

O conceito de “descarte zero” refere-se à exigência de que o leite apresente níveis de resíduos iguais ou inferiores aos LMRs estabelecidos para cada substância antimicrobiana, não significando ausência absoluta de resíduos, mas sim

conformidade com os padrões de segurança alimentar definidos pela legislação sanitária. Os valores variam conforme a substância, refletindo diferenças toxicológicas, farmacocinéticas e potenciais riscos à saúde humana, sendo definidos por organismos internacionais e adotados em normativas nacionais de controle sanitário (BRASIL, 2022; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

De acordo com o MAPA, quando há detecção de resíduos acima dos limites permitidos, o leite deve ser obrigatoriamente descartado, sendo proibido seu consumo ou processamento industrial. Esse descarte deve ser realizado de forma ambientalmente adequada, conforme orientações técnicas de órgãos oficiais, incluindo tratamento em sistemas de efluentes industriais, destinação controlada para compostagem quando permitido e encaminhamento para unidades de tratamento de resíduos (BRASIL, 2020). O descarte inadequado pode resultar na contaminação do solo e de recursos hídricos, favorecendo a disseminação de antimicrobianos no ambiente e contribuindo para a seleção de microrganismos resistentes (CYCON et al., 2019).

#### 2.4. Métodos de detecção de resíduos de antimicrobianos no leite

A detecção de resíduos de antimicrobianos no leite pode ser realizada por diferentes métodos analíticos. Esses métodos variam quanto à sensibilidade, especificidade, custo e tempo de execução. De modo geral, podem ser classificados em testes de triagem, testes microbiológicos e métodos confirmatórios físico-químicos. Os testes de triagem incluem, principalmente, os ensaios imunoenzimáticos, como o Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA), os quais permitem a detecção rápida e sensível de resíduos de antimicrobianos, sendo amplamente utilizados na rotina de laticínios como etapa inicial de avaliação da qualidade do leite (SILVA et al., 2019).

Os testes microbiológicos baseiam-se na inibição do crescimento de microrganismos sensíveis na presença de substâncias antimicrobianas, possibilitando a detecção de diferentes classes de resíduos. Embora apresentem elevada aplicabilidade, esses métodos possuem como limitação o maior tempo de análise quando comparados aos testes rápidos (PEREIRA et al., 2021).

Por outro lado, os métodos confirmatórios, como a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) e as técnicas acopladas à espectrometria de massas, são

utilizados em laboratórios de referência para identificação e quantificação precisa dos resíduos, sendo considerados métodos de alta especificidade e confiabilidade analítica (PEREIRA et al., 2021).

A Instrução Normativa nº 76/2018 estabelece a obrigatoriedade do controle de qualidade, incluindo a realização de testes para detecção de resíduos de antimicrobianos no leite cru refrigerado, sendo essencial para garantir a qualidade da matéria-prima e a segurança dos produtos lácteos destinados ao consumo humano (BRASIL, 2018).

### **3. IMPACTO DOS RESÍDUOS DE ANTIMICROBIANOS NA PRODUÇÃO DE DERIVADOS DO LEITE E NA SAÚDE PÚBLICA**

De acordo com o Plano de Ação Global contra a Resistência Antimicrobiana, o uso inadequado de antimicrobianos na produção de leite está associado a impactos que abrangem prejuízos econômicos na indústria de laticínios até ameaças significativas à saúde pública em nível global, reforçando a necessidade de ações integradas sob a perspectiva da abordagem Saúde Única (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

A Saúde Única é um conceito que reconhece a interdependência entre saúde humana, animal e ambiental e é adotado por organizações como a Organização Mundial da Saúde (OMS), a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) e a *World Organisation for Animal Health* (WOAH) como base para políticas de controle da resistência antimicrobiana.

#### **3.1. Contaminação ambiental (água e solo)**

Os antimicrobianos administrados aos animais não são totalmente metabolizados pelo organismo, de modo que uma parcela significativa é eliminada por meio das fezes e da urina. Esses compostos, provenientes do descarte inadequado ou da utilização de esterco como fertilizante, podem alcançar o solo e os corpos hídricos, promovendo alterações na microbiota ambiental. Esse fenômeno está relacionado à baixa taxa de metabolização de determinados fármacos veterinários, o que favorece sua excreção na forma biologicamente ativa. Como consequência, essas

substâncias permanecem ativas no ambiente, podendo interferir na dinâmica microbiana local (MANYI-LOH et al., 2018).

A presença desses resíduos no solo e na água pode afetar microrganismos essenciais para o equilíbrio ambiental, incluindo decompositores da matéria orgânica, além da microfauna e macrofauna. Ademais, a presença de antimicrobianos no ambiente favorece a seleção de bactérias resistentes, contribuindo para a disseminação do resistoma ambiental (conjunto de genes de resistência presentes em um dado ambiente) e podendo impactar a saúde animal e humana (MANYI-LOH et al., 2018; CYCON et al., 2019).

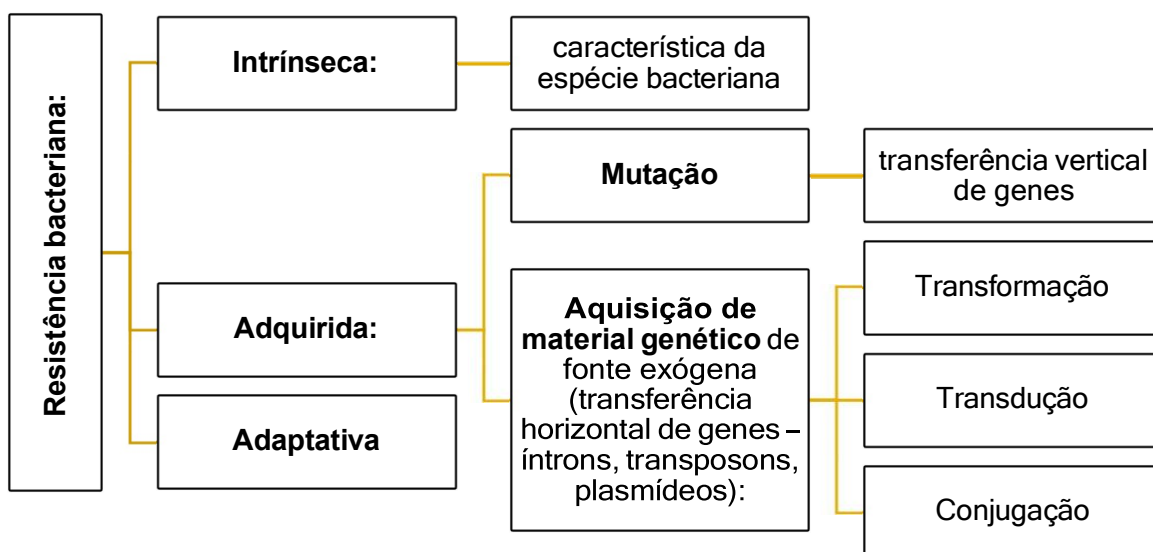
A fiscalização é compartilhada entre a Anvisa que monitora a venda de antimicrobianos e resíduos em alimentos, MAPA que atua na coordenação da RAM em animais e uso na agropecuária, pelo Ibama (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) e Órgãos Estaduais (ex: CETESB), que são responsáveis pela fiscalização da qualidade da água e solo, embora poluentes emergentes ainda careçam de normas específicas de limite máximo.

### 3.2. Resistência antimicrobiana

De acordo com a WORLD HEALTH ORGANIZATION (2017) e a FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (2016), a resistência antimicrobiana é atualmente reconhecida como um dos maiores desafios para a saúde pública mundial, sendo definida como a capacidade de microrganismos resistirem aos efeitos de medicamentos que antes eram eficazes no seu controle. Esse problema está intimamente ligado ao uso indiscriminado de antimicrobianos tanto na medicina humana quanto na produção animal, o que contribui para o surgimento e a propagação de cepas resistentes.

As bactérias podem apresentar alguns tipos de resistência, conforme Figura 2.

Figura 2 - Fatores responsáveis pela resistência bacteriana.



**Fonte:** Elaborado pelas autoras com base em Guardabassi, Jensen e Kruse (2008) e World Health Organization (2017).

Ou seja, caracteriza-se pela capacidade adquirida ou natural de microrganismos sobreviverem à ação de substâncias que anteriormente eram eficazes contra eles (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017; WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH, 2021).

A presença de resíduos de antimicrobianos no ambiente exerce pressão seletiva sobre populações bacterianas, promovendo a sobrevivência de microrganismos naturalmente resistentes ou que adquiriram mecanismos de resistência. Bactérias sensíveis são eliminadas, enquanto as resistentes proliferam, alterando o equilíbrio microbiológico e favorecendo a persistência de genes de resistência em diferentes ecossistemas (MARSHALL; LEVY, 2011).

Marshall e Levy (2011) destacam que a transferência horizontal de genes de resistência pode ocorrer entre diferentes espécies bacterianas por meio de mecanismos como conjugação, transformação e transdução. Esse processo acelera a disseminação da resistência antimicrobiana, permitindo que microrganismos inicialmente sensíveis adquiram rapidamente essa característica, ampliando o problema em ambientes naturais, produtivos e clínicos.

A resistência antimicrobiana compromete significativamente a eficácia dos tratamentos terapêuticos, tanto na medicina veterinária quanto na humana. Em animais, pode resultar em infecções persistentes, aumento da morbidade e perdas

produtivas. Em humanos, infecções causadas por bactérias resistentes tendem a ser mais difíceis de tratar, exigindo o uso de medicamentos mais potentes, muitas vezes com maior custo e efeitos adversos, além de elevar os índices de mortalidade (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017; WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH, 2021).

Diante desse cenário, existe a necessidade de estratégias como o uso racional de antimicrobianos, a adoção de boas práticas de manejo sanitário, o cumprimento do período de carência, o monitoramento contínuo de resíduos em alimentos de origem animal e o fortalecimento de programas de vigilância e educação sanitária como medidas essenciais para conter a disseminação da resistência e proteger a saúde pública (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2016; WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH, 2021).

### 3.3. Reações adversas e riscos à saúde humana

A presença de resíduos de antimicrobianos em alimentos de origem animal, como o leite, pode representar riscos significativos à saúde humana, especialmente quando associada ao consumo contínuo dessas substâncias (MANYI-LOH et al., 2018). Entre os principais efeitos adversos, destacam-se as reações de hipersensibilidade, que podem ocorrer mesmo em baixas concentrações em indivíduos sensíveis, manifestando-se por meio de alergias alimentares (SACHI et al., 2019; KANG'ETHE; LANG'A, 2009) (p. 21).

Nesse contexto, as penicilinas estão entre as principais classes responsáveis por reações de hipersensibilidade em humanos, podendo desencadear desde manifestações leves, como urticária, até quadros graves de anafilaxia, mesmo em concentrações reduzidas (SACHI et al., 2019; KANG'ETHE; LANG'A, 2009).

As tetraciclinas, por sua vez, podem apresentar efeitos tóxicos quando ingeridas de forma contínua, incluindo alterações dentárias e possíveis impactos hepáticos, especialmente em exposições prolongadas (MANYI-LOH et al., 2018). Além disso, as cefalosporinas também podem desencadear reações alérgicas, principalmente em indivíduos com histórico de sensibilidade às penicilinas, devido à possibilidade de reatividade cruzada (SACHI et al., 2019).

A exposição prolongada a resíduos de antimicrobianos pode desencadear efeitos tóxicos cumulativos, especialmente quando ocorre ingestão acima dos limites seguros estabelecidos. Esses efeitos variam conforme o tipo de substância, a dose e a suscetibilidade individual, podendo estar relacionados ao potencial de bioacumulação de determinados compostos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2016).

Outro aspecto relevante é a disbiose intestinal, caracterizada pelo desequilíbrio da microbiota resultando em sintomas como gases, inchaço, diarreia ou prisão de ventre, uma vez que a ingestão de resíduos pode interferir na composição e na atividade dos microrganismos benéficos do trato gastrointestinal. Esse processo pode comprometer funções essenciais, como digestão, imunidade e proteção contra patógenos, em decorrência do amplo espectro de ação de muitos antimicrobianos (SACHI et al., 2019).

Por fim, estudos indicam possíveis associações entre a exposição a resíduos de antimicrobianos e o desenvolvimento de alterações metabólicas e imunológicas. Embora tais relações ainda demandem maior aprofundamento científico, reforçam a importância do controle rigoroso desses contaminantes nos alimentos (KANG'ETHE; LANG'A, 2009).

### 3.4. Impactos na indústria de laticínios

A presença de resíduos de antimicrobianos no leite exerce impactos diretos e significativos na indústria de laticínios, comprometendo tanto os processos tecnológicos quanto a viabilidade econômica da produção. Um dos principais efeitos está relacionado à interferência na fermentação, uma vez que esses resíduos podem inibir o crescimento de bactérias lácticas utilizadas como culturas iniciadoras, essenciais para a produção de derivados lácteos (MITCHELL; GRIFFITHS; McEWEN, 1998; SACHI et al., 2019).

A inibição dessas bactérias compromete a conversão da lactose em ácido láctico, etapa fundamental para a redução do pH e para a coagulação do leite na produção de queijos. Como consequência, podem ocorrer falhas na formação do coágulo, alterações na textura, redução do rendimento industrial e prejuízos na qualidade final dos produtos (MITCHELL; GRIFFITHS; McEWEN, 1998; SACHI et al., 2019).

Esse efeito é particularmente relevante na produção de queijos e iogurtes, nos quais a atividade microbiana é essencial para o desenvolvimento das características sensoriais e da segurança microbiológica. A inibição parcial ou total dessas culturas pode resultar em falhas no processo fermentativo, comprometendo sabor, textura e estabilidade dos produtos (OLIVER; MURINDA; JAYARAO, 2011).

Além dos impactos tecnológicos, a presença de resíduos de antimicrobianos pode gerar perdas econômicas significativas para a indústria. A necessidade de descarte de matéria-prima contaminada, interrupção de processos produtivos e custos adicionais com análises laboratoriais e controle de qualidade contribuem para o aumento dos prejuízos e reforçam a importância do monitoramento rigoroso ao longo da cadeia produtiva (BRASIL, 2020; SACHI et al., 2019).

A detecção de resíduos acima dos limites permitidos implica no descarte obrigatório de matérias-primas e produtos de lotes contaminados, conforme exigências legais e sanitárias. Essa medida, embora essencial para garantir a segurança alimentar, representa perdas financeiras relevantes e evidencia a necessidade de controle efetivo desde a produção até o processamento do leite (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

#### **4. ESTRATÉGIAS PARA REDUZIR O USO DE ANTIMICROBIANOS NA PECUÁRIA LEITEIRA**

A crescente preocupação com a resistência antimicrobiana tem impulsionado a adoção de estratégias voltadas à redução do uso desses medicamentos na produção animal, especialmente na bovinocultura leiteira, onde sua utilização é frequente no controle de enfermidades infecciosas. Nesse contexto, o uso racional de antimicrobianos constitui um dos pilares das práticas sanitárias, visando não apenas a eficácia terapêutica, mas também a preservação da saúde pública e da sustentabilidade da produção (GUARDABASSI; JENSEN; KRUSE, 2008; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

Uma das principais estratégias para a redução do uso de antimicrobianos consiste na adoção de boas práticas de manejo higiênico-sanitário. Medidas como a higienização adequada dos tetos antes e após a ordenha (*pré e pós-dipping*: técnicas de desinfecção dos tetos essenciais no manejo da ordenha que, se mal manejadas ou aplicadas com produtos incorretos, podem se tornar fontes de contaminação

cruzada), a desinfecção de equipamentos, o controle da umidade e ventilação das instalações, bem como o manejo adequado da cama, são fundamentais para a prevenção de enfermidades, especialmente a mastite bovina. A aplicação sistemática desses procedimentos reduz a carga microbiana no ambiente e diminui a incidência de infecções, reduzindo, consequentemente, a necessidade de intervenções terapêuticas (RADOSTITS et al., 2007; EMBRAPA, 2023).

Paralelamente, a implementação de programas preventivos estruturados desempenha papel essencial na manutenção da saúde do rebanho. Esses programas incluem a adoção de calendários vacinais, controle estratégico de endo e ectoparasitas, fornecimento de alimentação balanceada e monitoramento contínuo dos indicadores sanitários do rebanho. A adequada nutrição, associada a condições ambientais favoráveis, contribui para o fortalecimento do sistema imunológico dos animais, aumentando sua resistência a infecções e reduzindo a ocorrência de doenças (ANDREWS et al., 2004).

Outra estratégia fundamental refere-se à realização de diagnóstico clínico e laboratorial antes da administração de antimicrobianos. A utilização de exames como cultura microbiológica e testes de sensibilidade antimicrobiana permite a identificação do agente etiológico e a seleção do fármaco mais eficaz, evitando o uso empírico e indiscriminado de antimicrobianos. Essa abordagem, além de aumentar a taxa de sucesso terapêutico, reduz a pressão seletiva sobre microrganismos e contribui para a mitigação do desenvolvimento de resistência (GUARDABASSI; JENSEN; KRUSE, 2008).

Nesse sentido, o uso racional de antimicrobianos baseia-se em princípios técnicos que incluem a escolha do medicamento adequado, a administração na dose correta, em intervalos e duração compatíveis com o quadro clínico, além do estrito cumprimento do período de carência. Envolve ainda a restrição do uso profilático indiscriminado, priorizando intervenções baseadas em evidências clínicas e laboratoriais. A adoção desses critérios evita falhas terapêuticas, como subdosagem e interrupção precoce do tratamento, que são fatores diretamente associados à seleção de microrganismos resistentes (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

A terapia seletiva de vaca seca destaca-se como uma estratégia eficaz para a redução do uso de antimicrobianos. Diferentemente da abordagem tradicional, em que todos os animais recebem tratamento ao final da lactação, a terapia seletiva

restringe o uso de antimicrobianos apenas às vacas com histórico de mastite clínica ou com elevada contagem de células somáticas. Essa prática baseia-se em protocolos de monitoramento individual, utilizando registros produtivos e sanitários para tomada de decisão, permitindo reduzir significativamente o uso de antimicrobianos sem comprometer a saúde do rebanho (RADOSTITS et al., 2007).

Além disso, alternativas ao uso de antimicrobianos têm sido amplamente estudadas e incorporadas à produção leiteira. Entre elas, destacam-se os probióticos e prebióticos, que atuam na modulação da microbiota intestinal; os fitoterápicos, com propriedades antimicrobianas naturais; os imunomoduladores, que estimulam a resposta imune; e os selantes intramamários, utilizados como barreira física na prevenção de infecções durante o período seco. Essas estratégias contribuem para a redução da dependência de antimicrobianos, atuando principalmente na prevenção de enfermidades (SPINOSA; GÓRNIK; BERNARDI, 2017).

Por fim, a capacitação contínua de produtores, ordenhadores e demais trabalhadores rurais, associada ao acompanhamento técnico veterinário, constitui um elemento essencial para a implementação eficaz dessas estratégias. O treinamento adequado quanto às boas práticas de manejo, aos protocolos de ordenha, à correta administração de medicamentos e à interpretação de indicadores sanitários permite maior controle sobre os fatores de risco, reduzindo o uso inadequado de antimicrobianos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

## **CONCLUSÃO**

A presente revisão permitiu avaliar os riscos associados ao uso de antimicrobianos na bovinocultura leiteira e suas repercussões sobre a saúde pública, o meio ambiente e a cadeia produtiva do leite. O percurso realizado, das classes farmacológicas aos métodos de detecção, da legislação vigente aos impactos nos derivados lácteos, evidenciou que o problema não se restringe ao âmbito da produção animal, mas atravessa toda a cadeia, chegando ao consumidor final de formas nem sempre visíveis ou imediatas.

A resistência antimicrobiana, os riscos de reações adversas em consumidores sensíveis, a contaminação do solo e dos recursos hídricos pelo descarte inadequado e os prejuízos à indústria são consequências que não surgem de forma abrupta, elas se acumulam diariamente, a cada período de carência descumprido, a cada

tratamento iniciado sem diagnóstico laboratorial, a cada uso profilático realizado sem critério técnico. Quando os efeitos se tornam visíveis, seja na forma de um laticínio rejeitado, de uma infecção bacteriana resistente em um paciente humano, o dano já está feito.

Nesse cenário, a atuação dos órgãos de inspeção sanitária oficial (como o SIF, SIE e SIM) mostra-se indispensável para garantir que as normativas de segurança e os limites máximos de resíduos sejam rigorosamente cumpridos antes que o alimento chegue à mesa da população. O risco torna-se ainda mais crítico e alarmante quando se observa o consumo expressivo de produtos de origem animal informais e desprovidos de qualquer fiscalização, como o leite cru, a carne de abates clandestinos e o queijo fresco “feito no dia” comprado diretamente da roça. Ao ignorar o circuito de inspeção, o consumidor perde a garantia de que o período de carência dos medicamentos foi respeitado, expondo-se diretamente a doses cumulativas de resíduos químicos ativos e a patógenos perigosos.

Diante disso, a inspeção de Produtos de Origem Animal (POA) consolida-se como uma barreira de defesa fundamental e uma atividade de Estado essencial para a saúde pública. Longe de ser apenas uma exigência burocrática, a fiscalização higiênico-sanitária sistemática é o mecanismo que mitiga os riscos de zoonoses e impede a comercialização de alimentos adulterados ou contaminados por resíduos químicos. Sob a ótica da Saúde Única, a eficácia desse serviço reflete-se diretamente nos hospitais, pois ao bloquear o escoamento de matérias-primas inadequadas no campo, a inspeção previne surtos alimentares e desacelera o avanço global da resistência a antibióticos na medicina humana.

Conclui-se, portanto, que o uso inadequado de antimicrobianos na bovinocultura leiteira representa uma ameaça real, multidimensional e ainda subestimada, para a indústria, para o consumidor e para o sistema de saúde pública como um todo. Garantir a qualidade e a segurança do leite produzido no Brasil exige que cada elo da cadeia produtiva compreenda seu papel nesse processo. O medicamento que salva o animal doente pode, se mal utilizado, comprometer o alimento, adoecer o consumidor e enfraquecer as ferramentas terapêuticas das quais a medicina (humana e veterinária) depende, sendo um risco que não pode ser ignorado.

## REFERÊNCIAS

ANDREWS, A. H.; BLOWEY, R. W.; BOYD, H.; EDDY, R. G. **Bovine medicine: diseases and husbandry of cattle**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. Disponível em: <https://www.wiley.com/en-us/Bovine+Medicine%3A+Diseases+and+Husbandry+of+Cattle%2C+2nd+Edition-p-9780632055968>. Acesso em: 10 mar. 2026.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 162, de 1º de julho de 2022**. Estabelece a ingestão diária aceitável (IDA), a dose de referência aguda (DRfA) e os limites máximos de resíduos (LMR) para medicamentos veterinários em alimentos de origem animal. Diário Oficial da União: Brasília, 2022.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Texto compilado com as alterações do Decreto nº 10.468, de 18 de agosto de 2020**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018**. Regulamento técnico de identidade e qualidade do leite cru refrigerado. Diário Oficial da União: Brasília, 30 nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal (PNCRC)**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/plano-de-nacional-de-controle-de-residuos-e-contaminantes>. Acesso em: 22 fev. 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Programa Nacional de Qualidade do Leite (PNQL): coleta de amostras e procedimentos operacionais**. Brasília: MAPA, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura><sup>[OBJ.]</sup>. Acesso em: 2026.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Resultados do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes – PNCRC 2024**. Brasília: MAPA, 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Controle de resíduos e contaminantes em produtos de origem animal**. Brasília: MAPA, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual instrutivo do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal – PNCRC**. Brasília: MAPA, 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Portaria SDA/MAPA nº 1.266, de 16 de abril de 2025**. Estabelece medidas de monitoramento e controle de resíduos e contaminantes químicos nas cadeias produtivas de alimentos de origem animal. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 abr. 2025. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-sda/mapa-n-1.266-de-16-de-abril-de-2025-624618379>.

CYCON, M. et al. **Antibiotics in the soil environment**: degradation and their impact on microbial activity and diversity. *Science of the Total Environment*, v. 651, p. 338-351, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718335584>. Acesso em: 12 mar. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Qualidade do leite**. Brasília: EMBRAPA, 2023. Disponível em: <https://www.atermaisdigital.cnptia.embrapa.br/web/bovino-de-leite/qualidade-do-leite>. Acesso em: 28 fev. 2026.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Antimicrobial resistance**. Rome: FAO, 2016.

GUARDABASSI, L.; JENSEN, L. B.; KRUSE, H. **Guide to antimicrobial use in animals**. Oxford; Ames: Wiley-Blackwell, 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781444302639>. Acesso em: 10 mar. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção pecuária atinge recordes históricos em 2025**. Agência IBGE Notícias, 18 mar. 2026. Disponível em: Acessar notícia do IBGE Acesso em: 17 abr. 2026.

KANG'ETHE, E. K.; LANG'A, K. A. **Antibiotic residues in milk and meat and their public health implications**. Food Safety, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228673813>. Acesso em: 22 dez. 2025.

MANYI-LOH, C. et al. **Antibiotic use in agriculture and its consequent resistance in environmental sources**: potential public health implications. *Molecules*, v. 23, n. 4, p. 795, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1420-3049/23/4/795>. Acesso em: 15 mar. 2026.

MITCHELL, J. M.; GRIFFITHS, M. W.; McEWEN, S. A. **Antimicrobial drug residues in milk and meat**. *Journal of Food Protection*, 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9761375/>. Acesso em: 25 fev. 2026.

OLIVER, S. P.; MURINDA, S. E.; JAYARAO, B. M. Impact of antibiotic use in adult dairy cows on antimicrobial resistance of veterinary and human pathogens. *Journal of Dairy Science*, v. 94, p. 2502-2512, 2011. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(11\)00236-7/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(11)00236-7/fulltext). Acesso em: 20 jan. 2026.

PEREIRA, F. R. et al. **Deteção de resíduos de antimicrobianos em leite por métodos cromatográficos**. Revista Brasileira de Ciência Veterinária, 2021.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. L. **Qualidade do leite e controle de mastite**. São Paulo: Lemos Editorial, 2007.

SACHI, S. et al. **Antibiotic residues in milk**: past, present, and future. Journal of Advanced Veterinary and Animal Research, v. 6, n. 3, p. 315-332, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6475893/>. Acesso em: 20 jan. 2026.

SILVA, J. G. et al. **Métodos de detecção de resíduos de antimicrobianos no leite**. Ciência Animal Brasileira, 2019.

SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 2017. Disponível em: <https://www.grupogen.com.br/farmacologia-aplicada-a-medicina-veterinaria>. Acesso em: 12 fev. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Antimicrobial resistance**: global action plan. Geneva: WHO, 2017.

WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **Antimicrobial resistance**. Paris: WOAH, 2021. Disponível em: <https://www.woah.org/en/what-we-do/global-initiatives/antimicrobial-resistance/>. Acesso em: 16 mar. 2026.