

DIAGNÓSTICO DE MASTITE EM BOVINOS: MÉTODOS, APLICABILIDADE E IMPACTOS NA PRODUÇÃO LEITEIRA

DIAGNOSIS OF MASTITIS IN CATTLE: METHODS, APPLICABILITY AND IMPACTS ON MILK PRODUCTION

¹CARDOSO Anna Júlia Gomes; ¹FARIA Fernanda Siqueira Negri de; ¹ROSSETTO Giovanna Machado; ¹RODRIGUES Lucas Eduardo; ¹LIMA Rafael Xavier Benito de; ¹GOMES Victor Hugo de Lima; ¹ROSA Wesley de Araújo da; ²LEVATTI Adrielle

¹Discentes do curso de Medicina Veterinária – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos – Unifio.

²Docente do curso de Medicina Veterinária – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos – Unifio.

RESUMO

A mastite bovina é uma enfermidade inflamatória das glândulas mamárias, multifatorial e de grande impacto na pecuária leiteira, causada principalmente por agentes infecciosos como *Streptococcus agalactiae* e *Staphylococcus aureus*. A doença pode manifestar-se nas formas clínica, caracterizada por alterações visíveis no úbere e no leite, e subclínica, de diagnóstico mais complexo, pois não apresenta sinais evidentes, mas provoca alterações na composição do leite e aumento da contagem de células somáticas (CCS). A forma subclínica é a de maior prevalência e importância econômica, visto que reduz significativamente a produção e a qualidade do leite. O diagnóstico baseia-se na avaliação clínica e em métodos laboratoriais e de campo, como o teste da caneca de fundo escuro, o California Mastitis Test (CMT), a contagem de células somáticas, a microscopia e a análise microbiológica do leite, sendo esta última considerada padrão-ouro por permitir a identificação do agente etiológico e o direcionamento do tratamento. A mastite compromete a qualidade e a quantidade do leite, gerando prejuízos econômicos expressivos ao produtor, decorrentes da queda de produtividade, descarte de leite e desvalorização de animais cronicamente infectados. As estratégias de controle e prevenção envolvem boas práticas de higiene, manejo adequado da ordenha, nutrição equilibrada, uso racional de antimicrobianos e monitoramento contínuo da saúde do úbere. Recentemente, avanços tecnológicos vêm aprimorando o diagnóstico e o tratamento, com o uso de biossensores, ferramentas moleculares e terapias alternativas, como bacteriófagos e endolisinas, que se mostram promissoras frente às cepas resistentes. Assim, o controle da mastite requer uma abordagem integrada, visando à saúde do rebanho, à qualidade do leite e à sustentabilidade econômica da produção.

Palavras-chave: controle; diagnóstico; mastite bovina; produção leiteira; prevenção.

ABSTRACT

Bovine mastitis is an inflammatory disease of the mammary glands, multifactorial and of great impact on dairy cattle, caused mainly by infectious agents such as *Streptococcus agalactiae* and *Staphylococcus aureus*. The disease can manifest itself in clinical forms, characterized by visible changes in the udder and milk, and subclinical, of more complex diagnosis, because it does not show obvious signs, but causes changes in the composition of the milk and increased somatic cell count (SCCs). The subclinical form is the one with the highest prevalence and economic importance, since it significantly reduces milk production and quality. The diagnosis is based on clinical evaluation and laboratory and field methods, such as the dark bottom mug test, the California Mastitis Test (CMT), somatic cell count, microscopy and microbiological analysis of milk, the latter being considered the gold standard for allowing the identification of the etiological agent and the direction of treatment. Mastitis compromises the quality and quantity of milk, generating significant economic losses to the producer, resulting from the drop in productivity, milk disposal and devaluation of chronically infected animals. Control and prevention strategies involve good hygiene practices, proper management of milking, balanced nutrition, rational use of antimicrobials and continuous monitoring of udder health. Recently, technological advances have been improving diagnosis and treatment, with the use of biosensors,

molecular tools and alternative therapies, such as bacteriophages and endolysins, which are promising against resistant strains. Thus, mastitis control requires an integrated approach, aimed at herd health, milk quality and economic sustainability of production.

Keywords: bovine mastitis; control. diagnosis; dairy production; control; prevention.

INTRODUÇÃO

A mastite é uma inflamação que ocorre nas glândulas mamárias, podendo ser ocasionada por uma variedade de fatores, sendo eles: fatores traumáticos, alérgicos, fisiológicos, distúrbios metabólicos. Essa enfermidade tem múltiplos fatores, envolve uma vasta variedade de agentes patogênicos, 90% dos casos de mastite acontecem por influência de uma infecção bacteriana, com ênfase em *Streptococcus agalactiae* e *Staphylococcus aureus* (Gentil *et al.*, 2025).

Essa enfermidade pode ser classificada de duas maneiras, subclínica com ausência de sinais inflamatórios ou clínica, apresenta sinais de inflamação. A mastite subclínica não apresenta sinais clínicos visíveis, tornando impossível sua identificação visual. Nesse quadro as alterações estarão relacionadas a qualidade e composição do leite, o qual apresentará um aumento no teor de cloro e sódio, diminuição na concentração de caseína, gordura e lactose, elevação na contagem de células somáticas (Zimmermann *et al.*, 2017).

Já a mastite clínica se manifesta com sinais de inflamação, aumento de temperatura, sensibilidade e endurecimento do teto. É possível visualizar alterações nas características do leite sendo elas: grumos e pus. Somado a isso as vacas podem apresentar desconforto durante a ordenha e queda na produção (Melo, 2021).

O diagnóstico da mastite subclínica é complexo pois não apresenta sinais clínicos aparentes. Mundialmente é utilizado o Califórnia Mastitis Test (CMT), pois gera uma grande vantagem ao produtor, com seu diagnóstico rápido e de fácil manipulação realizado na hora da ordenha, onde ocorre uma reação química entre o leite e o reagente. Já a mastite clínica é mais fácil de diagnosticar, pois vai apresentar sinais aparentes, como: grumos no leite, pus. Os produtores utilizam vários métodos para diagnosticar, porém o mais utilizado é o teste da caneca com fundo escuro, que facilita a visualização do aspecto do leite, consequentemente auxilia no diagnóstico. (Ramos *et al.* 2017).

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise aprofundada, por meio de revisão de literatura, acerca dos métodos de diagnóstico aplicados à mastite

bovina, enfatizando sua eficácia, limitações e aplicabilidade em diferentes contextos produtivos. Busca-se compreender como as ferramentas diagnósticas — desde as técnicas convencionais, como o California Mastitis Test (CMT) e a contagem de células somáticas (CCS), até métodos microbiológicos e moleculares mais recentes contribuem para a identificação precisa e precoce da enfermidade. Além disso, objetiva-se discutir os impactos fisiológicos, produtivos e econômicos decorrentes da mastite, destacando a relevância do diagnóstico integrado às práticas de manejo sanitário e preventivo na pecuária leiteira, visando à sustentabilidade, à melhoria da qualidade do leite e à redução das perdas financeiras associadas à doença.

DESENVOLVIMENTO

A mastite subclínica acontece quando a vaca está em período de lactação, isso provoca um aumento na produção de células somáticas. A transmissão pode acontecer através das mãos de quem está ordenhando, dos panos utilizados para higiene do teto (Brum, 2012). A mastite na sua forma subclínica representa maior prevalência nos rebanhos leiteiros que a forma clínica, e se caracteriza por não apresentar mudanças visíveis no aspecto do leite. Entretanto, alterações em sua composição podem ocorrer (Alves *et al.*, 2020).

A transmissão da mastite clínica pode ocorrer através de microrganismos presentes no ambiente, para controlar a proliferação desses microrganismos é necessário controlar a temperatura e a umidade do local, deve-se realizar de forma complexa a higiene da sala de ordenha e dos materiais utilizados (Amorim *et al.*, 2021).

Os microrganismos causadores da mastite encontrados, 80% a 90% dos casos são causados por bactérias, 95% dos casos de mastite são originados por *Streptococcus uberis* e *Escherichia coli*, *Streptococcusagalactiae*, *Staphylococcus aureus*, *treptococcus dysgalactiae*. Os outros 5% das infecções são representados por microrganismos como: *Corynebacterium spp*, *Bacillus spp*, *Nocardia spp*, *Pseudomonas aeruginosa* (Rodrigues, 2009).

Os microrganismos da mastite contagiosa, se alojam, manifestando a forma subclínica da infecção. Já os ambientais são denominados invasores oportunistas, e não sobrevivem no hospedeiro, desenvolvendo a mastite clínica (Zimmermann; Moraes Araujo, 2017).

Mastite ambiental

A mastite ambiental é provocada por microrganismos oportunistas que habitam o ambiente de ordenha ou de confinamento, podendo ser encontrados na água contaminada, no solo, nas fezes e em materiais orgânicos utilizados como cama para os animais. A contaminação da glândula mamária pode ocorrer durante a ordenha, seja pelo contato com equipamentos como a teteira, seja pelas mãos do próprio ordenhador. Além disso, a infecção pode acontecer no intervalo entre ordenhas, especialmente quando as vacas permanecem deitadas em locais contaminados (Perez; Zapa, 2011; Santos, 2001; Bressan, 2000).

Entre as bactérias mais frequentemente associadas a esse tipo de mastite estão os coliformes, como *Escherichia coli*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. Também se destacam espécies do gênero *Streptococcus*, incluindo *Streptococcus uberis* e *Streptococcus dysgalactiae* (Fonseca; Santos, 2001; Cassol, 2010). Outros agentes envolvidos são *Pseudomonas aeruginosa* e algumas microalgas, como *Prototheca zopfii* (Cassol, 2010).

Mastite contagiosa

Existem também os microrganismos contagiosos, que possuem capacidade de adaptação para sobreviver no hospedeiro e encontram-se presentes no organismo do animal com ou sem sinais clínicos de mastite. A transmissão ocorre principalmente durante a ordenha, por meio do contato dos ordenhadores, da transferência de tetos já infectados para sadios, além do uso compartilhado de equipamentos de ordenha, bezerros e até utensílios como panos e esponjas (COSTA *et al.*, 2001). Os principais agentes etiológicos desse grupo são o *Streptococcus agalactiae* e o *Staphylococcus aureus* (LANGONI, 2000).

Patogenia

Nos quadros infecciosos, os patógenos chegam à glândula mamária por via ascendente, que inclusive é a mais comum, sendo as principais bactérias causadoras *Staphylococcus*, *Streptococcus* e coliformes e, pela via descendente, que é a segunda via de acesso das bactérias à glândula mamária, onde a infecção se dá pela via hematogena ou linfática (Costa *et al.*, 2013).

Os agentes etiológicos penetram no úbere através do canal do teto,

multiplicam-se ali e progridem em direção aos seios lactíferos, ductos coletores e alvéolos. Os microrganismos invasores causam uma resposta inflamatória seguida de migração leucocitária para o úbere e edema. A resolução da infecção pode resultar em fibrose, formação de abscessos ou atrofia glandular (Alves *et al.*, 2020). Entre os principais agentes envolvidos na mastite infecciosa podemos destacar *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae*. Esses microrganismos têm a capacidade de colonizar o epitélio dos tetos, principalmente em pele lesionada ou ressecada. Uma vez dentro da glândula mamária, levam a um aumento significativo da contagem de células somáticas (CCS) causando, na maioria das vezes, mastite subclínica de longa duração com ocorrência de casos clínicos esporádicos (Maricato *et al.*, 2007).

O *Staphylococcus* é o principal coagulase positivo, manitol e maltose positivos, formadores de colônias pigmentadas, e produtores de toxinas. O está presente em mais de 50% das infecções da glândula mamária dos bovinos leiteiros, assim, é o patógeno mais importante da doença, graças a sua ampla distribuição geográfica coerentemente, também o microrganismo mais frequentemente isolado em leite cru o é capaz de invadir e se replicar dentro das células epiteliais da glândula mamária bovina, podendo ser esse mecanismo um pré- requisito para a infecção e uma forma de resistência no úbere durante o período em que o animal não está em lactação (Dalanezi *et al.*, 2016).

O leite fica exposto a uma série de influências de natureza físico-química e a grande número de contaminações, e isso ocorre desde a sua obtenção até o seu consumo. Os microrganismos normalmente utilizam como substrato, os componentes do leite, incluindo proteína, gordura, lactose e outros constituintes menores. Distúrbios fisiológicos da glândula mamária, em decorrência de danos físicos leves ou invasão por materiais inertes, podem resultar em mastite de curta duração, entretanto, as mastites geralmente são causadas por infecção bacteriana (Neto; Zappa, 2011). Os patógenos envolvidos na incidência de mastite bovina possuem muitos fatores de virulência que facilitam a colonização e infecção da glândula mamária, e alguns deles podem evadir-se às defesas do hospedeiro ao se aderirem às células epiteliais, produzindo cápsulas que dificultam a captura e destruição pelos neutrófilos, produzindo endotoxinas e exotoxinas que destroem ou inativam os leucócitos, ou se mantem no interior das células para escapar à resposta imune (Fonseca, 2021).

Sinais clínicos

A mastite clínica, apresenta sinais evidentes como edema, aumento de temperatura, endurecimento, dor na glândula mamária, grumos, pus ou qualquer alteração das características do leite e sensibilidade no úbere, podendo ocorrer até fibrose do teto. A inflamação pode ocorrer em um quarto, ou nos quatro quartos mamários. Considerada de fácil diagnóstico, pode-se dizer que sua ocorrência é mais baixa nas propriedades em relação à mastite subclínica (Carvalho *et al.*, 2018). A mastite subclínica é considerada de maior importância devido à sua apresentação silenciosa, que gera dificuldade no diagnóstico e automaticamente uma maior prevalência, fazendo com que o animal permaneça na linha de produção, causando grandes impactos econômicos para todos os setores da produção de leite e derivados, como gastos com suprimentos e atendimento médico veterinário, descarte do leite de animais que cumprem período de carência por uso de medicamentos, descarte de vacas acometidas e outros (Bandoch; Melo, 2021).

Diagnóstico

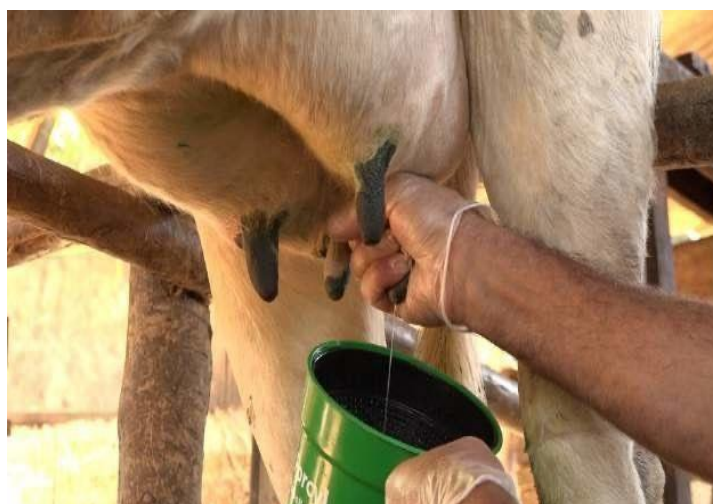
Segundo Stagnaferro *et al.* (2016), a detecção de vacas com mastite clínica, nos programas de monitoramento de saúde, envolve a análise das características do leite, a observação de sinais inflamatórios no úbere e manifestações sistêmicas da doença. A primeira etapa desse monitoramento consiste na verificação de sinais clínicos por meio de exames físicos (Beloti *et al.*, 2015). O diagnóstico precoce, aliado ao início do tratamento adequado, é essencial para alcançar os objetivos de um programa de controle (Langoni *et al.*, 2017). O exame físico baseia-se na avaliação dos parâmetros do animal através de palpação e inspeção visual da glândula mamária, procedimento que pode ser feito durante a ordenha. Quando observados sinais suspeitos, recomenda-se realizar um exame clínico completo no animal para identificar possíveis manifestações sistêmicas de infecção (Santos; Fonseca, 2007; Beloti *et al.*, 2015). Entre os sinais clínicos sugestivos de mastite clínica destacam-se: sensibilidade ao toque, hiperemia, aumento da temperatura, edema, alteração da consistência do tecido mamário e presença de nódulos, estes últimos podendo indicar formação de tecido cicatricial fibroso (Langoni, 2013). Já os

sinais sistêmicos de inflamação incluem elevação da temperatura retal, mudanças de comportamento, anorexia e apatia (Neto; Zappa, 2011).

Exames das características físicas do leite

O teste mais utilizado para avaliar as características físicas do leite é o da caneca de fundo escuro. Segundo Santos e Fonseca (2007) esse procedimento deve ser feito antes de cada ordenha, consistindo na coleta dos quatro primeiros jatos de leite em uma superfície escura e telada, para verificar consistência e possíveis alterações, como grumos, coágulos, pus, ou seja, qualquer alteração que altere as características do leite (Figura 1). Como os funcionam de forma independente, a análise deve ser feita em cada porção do úbere separadamente (Brito, 2002; Beloti *et al.*, 2015).

FIGURA 1 : Teste da caneca do fundo escuro indicando mastite clínica.



Fonte: Marcos Marcontes (2020).

Deteccção de mastites subclínicas

A mastite subclínica pode ser identificada por exames que avaliam o conteúdo celular do leite (Costa, 2005). Durante esse tipo de infecção, há elevação na contagem de células somáticas, imunoglobulinas, lipases e íons como cloro e sódio, além da redução de caseína, lactose, potássio, cálcio e gordura (SANTOS; FONSECA, 2007). O aumento na contagem de células somáticas indica a ocorrência de um processo

inflamatório na glândula mamária, sendo esse parâmetro amplamente utilizado no diagnóstico da mastite subclínica (Acosta *et al.*, 2016). Entretanto, vários fatores podem interferir nessa contagem, como estágio de lactação, nível de produção, raça, número de lactações, estação do ano e tipo de microrganismo causador da infecção (Sharma *et al.*, 2011).

Tangorra *et al.* (2010) destacam que as células somáticas fazem parte da defesa natural do organismo, sendo constituídas principalmente por leucócitos e células epiteliais secretoras. Os leucócitos migram da corrente sanguínea para o tecido mamário devido a mudanças na permeabilidade capilar, e sua elevação no leite indica resposta imunológica da vaca a uma infecção. No leite bovino, a proporção dessas células varia: 2% de epiteliais glandulares, 3% de polimorfonucleares, 16% de linfócitos e 80% de macrófagos (Sharma *et al.*, 2011). Para diagnosticar o processo inflamatório subclínico, utilizam-se testes de campo, como o *California Mastitis Test* (CMT), ou métodos laboratoriais, como a contagem manual ou eletrônica de células somáticas (Pantoja *et al.*, 2009). Segundo Langoni (2017), os efeitos negativos da mastite subclínica são bem conhecidos, já que há destruição do parênquima mamário, levando à perda da função secretora, queda na qualidade do leite e de seus derivados. O maior impacto, entretanto, está nos prejuízos causados pela redução da produção na propriedade e no rendimento da indústria de laticínios.

California mastitis test (CMT)

De acordo com Richter *et al.* (2013), a contagem de células somáticas pode ser realizada de forma indireta, avaliando a viscosidade do leite após adição de reagente, ou diretamente, por contagem em microscópio ou equipamentos eletrônicos. O CMT é um método indireto que estima a quantidade de células somáticas do leite por meio da ação de um detergente aniônico que rompe as células, liberando o material genético. A interação deste com o reagente resulta na formação de gel, cuja intensidade indica a concentração celular (Beloti *et al.*, 2015).

O teste é simples, barato e fácil de interpretar, sendo amplamente aplicado a campo, como ilustra a figura Segundo Beloti *et al.* (2015), o CMT deve ser realizado após o teste da caneca de fundo escuro e o descarte dos primeiros jatos, utilizando 2 mL de leite e igual volume de reagente. O resultado é classificado em cinco níveis, que correspondem a uma faixa de contagem de células somáticas conforme o grau

de gelatinização observado (Philpot; Nickerson, 2002). Santos e Fonseca (2007) recomendam o CMT em situações como: triagem de vacas recém-adquiridas, identificação do quarto mamário infectado quando há alta CCS em amostra composta, monitoramento mensal da mastite subclínica no rebanho, avaliação pós-parto e acompanhamento de tratamentos no período seco.

FIGURA 2: Teste do CMT sendo realizado à campo



Fonte: RENNO *et al.* (2016).

Quadro 1 - Interpretação do California Mastitis Test (CMT) e os valores aproximados de contagem de células somáticas correspondentes

	Ausência	0 a 200.000
Traços	Pequena formação	150.000 a 500.000
+	Pequena a moderada	400.000 a 1.500.000
++	Moderada	800.000 a 5.000.000
+++	Consistente	> 5.000.000

Fonte: Philpot, Nickerson, (2002)

Contagem de células somáticas (CCS)

A CCS precisa, em amostras individuais ou de conjunto, é considerada a melhor ferramenta de monitoramento da saúde do úbere (Belotl *et al.*, 2015). Segundo Santos e Fonseca (2007), quanto maior a CCS, maior a probabilidade de uma infecção entramaria. O leite de quartos sadios possui CCS abaixo de 100.000 cel/mL, enquanto quartos infectados apresentam geralmente valores acima de 200.000 cel/mL.

A CCS pode ser realizada por métodos manuais em lâminas ou através de

equipamentos eletrônicos, como a citometria de fluxo (Richter *et al.*, 2013). Este último permite rapidez, precisão, análise de muitas amostras e envio do material para laboratórios, sem a influência da interpretação do avaliador (Santos; Fonseca, 2007). Entretanto, Melo *et al.* (2014) salientam que, devido ao custo elevado, a contagem manual ainda é necessária em muitos casos.

Microscopia óptica

Jesus *et al.* (2014) destacam que a contagem microscópica direta é o método de referência para determinação da CCS em leite cru, utilizado inclusive para calibração de equipamentos eletrônicos modernos. O procedimento consiste na aplicação de 0,01 mL de leite em lâmina delimitada, secagem, coloração com azul de metileno e contagem ao microscópio (Marshall, 1992). Apesar de fornecer dados importantes, esse método é trabalhoso, sujeito à variação entre observadores e pouco viável para análises em grande escala (Digiovani *et al.*, 2017).

Microscopia eletrônica

Para superar essas limitações, existem equipamentos eletrônicos como *Somacount* e o *Fossomatic*, amplamente utilizados pela Rede brasileira de laboratórios de controle da qualidade do leite (figura 3) (Reis; Lopes, 2014).

Esses aparelhos funcionam por citometria de fluxo, onde as células suspensas em meio fluido são coradas com brometo de etídio, e, ao passarem por feixe de laser, emitem sinal fluorescente que permite a estimativa da CCS (Hogeveen, 2010).

FIGURA 4 - Equipamento eletrônico *Fossomatic* para contagem de células somáticas através da citometria de fluxo.



Fonte: CRUZ et al., (2018).

Análises microbiológica do leite.

O isolamento de microrganismos patogênicos em amostras de leite é considerado o método de referência para o diagnóstico da mastite. Além disso, a identificação do agente etiológico é essencial para orientar decisões de tratamento, descarte de animais e, principalmente, para a implementação e acompanhamento das medidas de controle. Essa identificação é realizada por meio de cultivo microbiológico em laboratório especializado (Santos; Fonseca, 2007).

Após a detecção da doença nos animais, a eliminação eficaz do agente causador depende diretamente de sua correta identificação e da avaliação de sua sensibilidade a diferentes antimicrobianos. Para isso, o leite deve ser coletado de maneira asséptica em tubos estéreis, especialmente dos animais que apresentam altas contagens de células somáticas. As amostras são então semeadas em meios de cultura seletivos e não seletivos, visando ao isolamento dos microrganismos.

Uma vez isoladas, as culturas devem ser submetidas a testes laboratoriais simples para determinação do gênero e da espécie, sempre que possível, e também a testes de sensibilidade a antimicrobianos, por meio do antibiograma. A escolha correta do medicamento eficaz contra o agente isolado é fundamental para o sucesso do tratamento (Beloti et al., 2015).

Impactos na produção: efeitos na qualidade e na quantidade do leite

A incidência de mastite subclínica compromete significativamente os parâmetros qualitativos e quantitativos da produção leiteira, ocasionando reduções no rendimento e gerando perdas econômicas expressivas aos sistemas de produção (Da Cunha Dias, 2019).

Durante a infecção, ocorrem alterações importantes na composição do leite, como o aumento da contagem de células somáticas, de imunoglobulinas e de lípases, além da redução de nutrientes essenciais como a caseína, lactose e gordura (Viana *et al.*, 2025). Essas mudanças, ainda que discretas, indicam danos nas células responsáveis pela secreção do leite, comprometendo a produção desses componentes fundamentais. Os impactos negativos da mastite subclínica vão além das modificações na composição do leite, afetando de forma significativa a funcionalidade da glândula mamária e, conseqüentemente, a produtividade do rebanho. (Silva; Primieri, 2020). Em regiões com alta produção leiteira, pesquisas indicam que entre 30% e 50% das vacas podem apresentar mastite subclínica. Esse índice elevado está, em grande parte, associado à carência de investimentos em tecnologias e na adoção de práticas adequadas de manejo, o que compromete tanto a saúde dos animais quanto a qualidade do leite obtido (Fonseca, 2021). A mastite subclínica, apesar de não apresentar sintomas clínicos evidentes, provoca queda expressiva na produção de leite, decorrente da destruição de células epiteliais da glândula mamária, da redução do número de alvéolos funcionais e do redirecionamento do metabolismo do animal para combater a infecção. Essas alterações, associadas à persistência da doença e à alta taxa de disseminação no rebanho, podem resultar em perdas produtivas superiores a 30% em vacas com infecções crônicas (Konemann *et al.*, 2018).

A redução na produtividade láctea decorrente da mastite está diretamente relacionada a uma série de fatores interdependentes, tais como a virulência e patogenicidade do agente etiológico, a competência da resposta imune do animal, a cronicidade e a evolução do quadro infeccioso, bem como o grau de disseminação da enfermidade dentro do rebanho (Bramley *et al.*, 1996).

Estratégias de controle e prevenção: práticas de manejo e medidas preventivas

A prevenção depende de boas práticas de higiene no alojamento, na ordenha e na desinfecção dos tetos, que reduzem a entrada e multiplicação de patógenos. O controle eficaz inclui: manejo adequado da ordenha, manutenção e higienização dos equipamentos, cuidados no período seco, nutrição balanceada, ordenha das vacas doentes por último, descarte de animais crônicos, registros sanitários e monitoramento da saúde do úbere (Amorim *et al.* 2021).

A eliminação das infecções pode ocorrer por recuperação espontânea, descarte seletivo, tratamento durante a lactação ou no período de secagem, sendo favorecida pelo uso correto de antimicrobianos. Estima-se que 20 a 30% dos casos sejam resolvidos naturalmente pelo sistema imune. Além disso, nutrição adequada, manejo correto e ambiente sem estresse reduzem a incidência da doença. Contudo, a eficácia dos antimicrobianos varia conforme o agente envolvido e o grau de comprometimento da glândula mamária. O sucesso do programa ocorre quando a taxa de novas infecções é menor que a de eliminação das já existentes (Tozetti *et al.* 2008).

Impactos econômicos: análise dos custos associados à mastite subclínica

A mastite subclínica, caracterizada pela ausência de sinais clínicos evidentes, representa um dos principais desafios econômicos para a pecuária leiteira. Estudos indicam que, para cada caso clínico detectado, podem ocorrer até 35 casos subclínicos no rebanho, evidenciando a dificuldade de detecção e a disseminação silenciosa da doença (Fonseca; Santos, 2000; Cullor, 1993).

A principal consequência econômica da mastite subclínica é a redução na produção de leite. Estimaram que cada quarto mamário infectado pode resultar em uma perda de até 3,85 litros de leite por dia, representando até 43,8% do impacto econômico total em rebanhos com baixa incidência de mastite. Além disso, a alteração na composição do leite, com aumento da contagem de células somáticas e redução nos teores de gordura, proteína e lactose, pode levar a penalidades financeiras nos sistemas de pagamento por qualidade do leite (Lopes *et al.* 2020).

Outros custos significativos incluem o descarte de leite durante o período de tratamento e a desvalorização de matrizes acometidas cronicamente. Observaram que, em rebanhos com alta incidência de mastite clínica, essas perdas representaram até 52,9% do impacto econômico total. O custo operacional efetivo com o tratamento

curativo de casos clínicos também aumenta proporcionalmente à frequência de ocorrência da doença, atingindo até 26,1% do impacto econômico em situações de alta prevalência (Santos; Fonseca, 2007).

A implementação de programas de prevenção, incluindo monitoramento da contagem de células somáticas, pré e pós-dipping, vacinação e manejo da vaca seca, apresenta-se como medida economicamente vantajosa. Embora represente até 19,7% do impacto econômico total, o investimento em prevenção proporciona retorno significativo, reduzindo a incidência de novos casos, diminuindo perdas de leite e minimizando custos com tratamentos emergenciais (Fonseca; Santos, 2000; Oliveira *et al.*, 2006).

Estudos demonstram que cada unidade monetária investida em prevenção pode gerar até seis vezes esse valor em retorno econômico, evidenciando a importância de medidas preventivas no manejo de rebanhos leiteiros (Fonseca; Santos, 2000).

Em síntese, a mastite subclínica exerce impacto econômico substancial nos sistemas de produção de leite, principalmente devido à redução na produção, descarte de leite e desvalorização de animais. A adoção de estratégias de prevenção é essencial para minimizar esses custos, promovendo eficiência produtiva e sustentabilidade econômica no manejo do rebanho (Lopes *et al.*, 2012; Santos; Fonseca, 2007; Oliveira *et al.*, 2006).

Avanços recentes

A mastite bovina segue como um desafio central na pecuária leiteira, devido às suas implicações econômicas, sanitárias e de bem-estar animal. No período de 2023 a 2025, três grandes frentes de inovação têm se destacado (Ramuada, 2024).

Diagnóstico mais rápido e preciso: surgiram ferramentas moleculares portáteis (como LAMP/qPCR), biossensores de campo e softwares de análise preditiva que identificam alterações térmicas em tetos para detectar mastite subclínica — como o *MastiteApp* lançado em agosto de 2025, que alerta o produtor sobre possíveis casos ao medir a temperatura dos tetos das vacas (Martins Sam, 2019).

Terapias alternativas promissoras.

Em 2025, foi desenvolvido um coquetel avançado de bacteriófagos que se mostrou eficaz em um modelo experimental de mastite causada por *Staphylococcus aureus* resistente à metilicina (MRSA). Esse coquetel conseguiu reduzir significativamente a carga bacteriana no tecido mamário, apresentando resultados semelhantes aos obtidos com antibióticos convencionais. Além disso, o tratamento também promoveu uma diminuição dos marcadores inflamatórios, como IL-1 β e TNF- α , o que indica não apenas a eliminação das bactérias, mas também um efeito positivo na redução da inflamação local. Isso é importante porque a mastite não se resume apenas à presença do agente infeccioso, mas também ao processo inflamatório que prejudica a saúde do úbere e a produção de leite. (Banar, 2025).

Paralelamente, estudos de revisão publicados em 2024 destacaram o grande potencial das endolisinas derivadas de fagos como alternativas terapêuticas contra bactérias associadas à mastite, especialmente *Staphylococcus* e *Streptococcus*. As endolisinas são enzimas produzidas pelos bacteriófagos que degradam a parede celular bacteriana, levando à lise da bactéria. Entre suas principais vantagens estão a alta especificidade, o baixo risco de resistência e sua ação mais rápida. (Vander Elst, 2024).

Além disso, pesquisas recentes mostram que as endolisinas podem ser modificadas em laboratório, criando versões quiméricas ou otimizadas para ampliar seu espectro de ação ou aumentar sua eficácia em condições mais desafiadoras, como no leite cru, onde há presença de proteínas e gorduras que podem dificultar a ação antimicrobiana. (Vander Elst, 2024).

Um exemplo promissor é o uso da endolisina quimérica Cly2v, que demonstrou reduzir de forma expressiva a carga bacteriana em modelos de mastite experimental, apresentando efeitos anti-inflamatórios comparáveis aos de antibióticos como o cefiofur. Esses achados reforçam que, no futuro, tanto os coquetéis de fagos quanto as endolisinas poderão ser utilizados como alternativas ou complementos aos antibióticos no tratamento da mastite bovina, principalmente nos casos causados por cepas resistentes como o MRSA. (WANG, 2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mastite bovina permanece como uma das principais enfermidades que afetam a pecuária leiteira, comprometendo tanto a qualidade quanto a quantidade do leite produzido. Sua alta prevalência e os prejuízos econômicos associados reforçam a necessidade de diagnóstico preciso e de práticas preventivas eficazes. A adoção de boas práticas de manejo, higiene na ordenha, controle de infecções e descarte seletivo de animais crônicos são fundamentais para reduzir a incidência e a disseminação da mastite. Além disso, a utilização racional de antimicrobianos e o investimento em programas de prevenção demonstram ser medidas economicamente vantajosas. Os avanços recentes apontam para um futuro promissor no controle da mastite, promovendo maior sustentabilidade na produção leiteira.

REFERÊNCIAS

- ALVES, B. F. C. *et al.* Sensibilidade de *Staphylococcus aureus* aos antimicrobianos usados no tratamento da mastite bovina. **Pub Vet**, v. 14, n. 4, p. 1–6, 2020.
- AMORIM, A. V. C.; SANT'ANA, D. S. Mastite bovina: reflexões sobre controle e prevenção. **Scientia Generalis**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 208–216, 2021.
- BANAR, M. *et al.* Um novo coquetel de bacteriófagos de amplo espectro contra *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina: isolamento, caracterização e potencial terapêutico em um modelo murino de mastite. **PLoS One**, 2025.
- BANDOCH, P.; MELO, L. S. Prevalência de mastite bovina por *Staphylococcus aureus*: uma revisão bibliográfica. **UEPG**, v. 17, n. 1, p. 47–51, 2021.
- BELOTI, V.; TAMANINI, R.; NERO, L. A. **Leite: obtenção, inspeção e qualidade**. Londrina: Editora Planta, 2015.
- BRITO, J. R. F. *et al.* Sensibilidade e especificidade do "California Mastitis Test" como recurso diagnóstico da mastite subclínica em relação à contagem de células somáticas. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 49–53, 2014.
- BRUM, A. L. *et al.* As práticas sustentáveis na cadeia produtiva do leite e os objetivos de desenvolvimento sustentável: um panorama do estado do Rio Grande do Sul. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, v. 16, n. 40, p. 31–65, abr. 2021.
- CARVALHO, A. S. S. *et al.* Susceptibilidade de *Staphylococcus aureus* isolados de leite cru a antibióticos comerciais. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, 2018.
- CASSOL, D. M. S. *et al.* Mastite bovina. **Hora Vet**, v. 29, p. 27–31, 2010.

COSTA, E. O.; GARINO JÚNIOR, F.; WATANABE, E. T.; RIBEIRO, A. R.; SILVA, J. A. B. Proporção de ocorrência de mastite clínica em relação à subclínica correlacionada aos principais agentes etiológicos. **Rev. Nuc. Apoio Pesq. Gland. Mam. Prod. Leit.**, v. 4, p. 10–13, 2001.

COSTA, E. O. Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite (PNMQL). **Rev. Napgama**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 18–21, 2005.

COSTA, G. M. *et al.* Resistência a antimicrobianos em *Staphylococcus aureus* isolados de mastite em bovinos leiteiros de Minas Gerais, Brasil. **Arquivos do Instituto de Biologia**, p. 297–302, 2013.

CULLOR, J. S. Mastite em gado leiteiro: causas, diagnóstico e controle. In: **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 9, n. 2, p. 1–17, 1993.

DA CUNHA DIAS, R. V. Principais métodos de controle e diagnósticos de mastite bovina. **Acta Veterinaria Brasílica**, v. 1, n. 1, p. 24–27, 2019.

DALANEZI, F. M. *et al.* Importância das leveduras como agentes causadores de mastite clínica em diferentes estados do Brasil. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 14, n. 3, p. 89–89, 2016.

DIAS, R. V. C. Principais métodos de diagnóstico e controle da mastite bovina. **Acta Veterinária Brasílica**, v. 1, n. 1, p. 23–27, 2007.

FONSECA, M. E. B. Mastite bovina: revisão. **Pub Vet**, v. 15, n. 02, p. 1–18, 2021.

FONSECA, L. F. L.; SANTOS, M. V. **Qualidade do leite e controle da mastite**. São Paulo: Lemos, 2001. p. 175.

GIORDANO, J. A. Uso do monitoramento da ruminação e da atividade para a identificação de vacas leiteiras com distúrbios de saúde: Parte I. Distúrbios metabólicos e digestivos. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 7395–7410, 2016.

KONEMANN, E. W.; ALLEN, S. D.; JANDA, W. M. **Diagnóstico microbiológico: texto e atlas colorido**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

LANGONI, H. Qualidade do leite: utopia sem um programa sério de monitoramento da ocorrência de mastite bovina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 5, p. 620–626, 2013.

LANGONI, H. Tendências de modernização do setor lácteo: monitoramento da qualidade do leite pela contagem de células somáticas. **Revista de Educação Continuada do CRMV-SP**, v. 3, p. 57–64, 2000.

MARICATO, P. S. E. *et al.* *Streptococcus* e gêneros relacionados como agentes etiológicos de mastite bovina. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 35, n. 1, 2007.

MOTA, R. A. Mastites em ruminantes no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 7, p. 565–573, 2016.

OLIVEIRA, M. L. *et al.* Impacto econômico da mastite subclínica em rebanhos leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 1787–1795, 2006.

PERES NETO, F.; ZAPPA, V. Mastite em vacas leiteiras — revisão de literatura. **Rev. Cient. Elet. de Med. Vet.**, ano IX, n. 16, 2001.

PÉREZ, M. Aplicações da citometria de fluxo à microbiologia clínica. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 13, p. 167–195, 2000. DOI: 10.1128/cmr.13.2.167-195.

PHILPOT, W. N.; NICKERSON, S. C. **Vencendo a luta contra a mastite**. São Paulo: Editora Milkbuzz, 2002. 30 p.

RAMUADA, M. *et al.* A practical guide to diagnosing bovine mastitis: a review. **Frontiers in Animal Science**, 2024.

RODRIGUES, M. G. R. **Mastite bovina e suas consequências na qualidade do leite**. Dissertação (Especialização Lato Sensu em Defesa e Vigilância Sanitária Animal). Universidade Castelo Branco, Vitória, 2009. 48 f.

SANTOS, M. V.; FONSECA, L. F. **Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite**. São Paulo: Manole, 2007.

VANDER ELST, N. *et al.* Endolisinas fágicas para tratar patógenos da mastite bovina: oportunidades e desafios. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 66, n. 1, p. 1–15, 2024.

VIANA, A. D. *et al.* Avaliação do impacto da mastite subclínica na qualidade do leite e na produtividade de rebanhos bovinos. v. 1, n. 1, p. 8–14, 2025.

WANG, Y. *et al.* Uma endolisina quimérica Cly2v com atividade de amplo espectro contra *Streptococcus* causadores de mastite bovina. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, n. 1482189, 2024.

ZIMMERMANN, K. F.; MORAES ARAUJO, M. E. **Mastite bovina: agentes etiológicos e susceptibilidade a antimicrobianos**. **Revista Campo Digital**, [S.l.], v. 12, n. 1, 2017.