



Graduação Pós-Graduação
 Artigo completo Relato de prática Resumo expandido

TECNOLOGIAS ADOTADAS NA PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE: uma revisão sistemática utilizando a abordagem PRISMA

Ana Paula de Jesus Godoy
Universidade Federal da Grande Dourados
anapaulagodoyzootecnia2015@yahoo.com.br

João Augusto Rossi Borges
Universidade Federal da Grande Dourados
joaborges@ufgd.edu.br

Mauricio Hiroyuki Kubo
Universidade Federal da Grande Dourados
kubo.m.hiroyuki@gmail.com

RESUMO

A busca pela produção de alimentos mais sustentáveis vem aumentando nos últimos tempos, e essa preocupação envolve todo o mundo. No entanto, é desafiador manter ou aumentar a produção de alimentos, mantendo ou reduzindo as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Uma das maneiras de reduzir as emissões de GEE é a adoção de tecnologias mais sustentáveis. Neste contexto, vale destacar o Brasil como um dos maiores produtores de alimento do mundo, portanto este estudo evidenciou a adoção de tecnologias para produção de carne bovina. O objetivo deste estudo foi identificar as tecnologias adotadas na pecuária de gado de corte. O método utilizado foi a revisão sistêmica, utilizando o protocolo Prisma, o software Microsoft Excel 365, para organização dos dados e o software R Studio para a análise de dados. Os resultados apresentados destacam o Brasil como o maior desenvolvedor de pesquisas abordando a adoção de tecnologias relacionadas a pecuária de gado de corte, seguido pela Austrália. As tecnologias pesquisadas foram: a Integração-Lavoura-Pecuária, a Nutrição do Gado, a Pecuária de Precisão e as Boas Práticas Agropecuárias.

Palavras-chave: Produção sustentável; Redução de GEE; Mudanças climáticas; Adoção.



1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios da humanidade é a busca para reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Isso pode ser observado na 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 26). Onde a COP 26 definiu a promoção de ações ao nível global nas áreas de: mitigação (redução das emissões); adaptação (assistência aos países impactados pelas mudanças climáticas); financiamento (viabilização das metas climáticas de cada país); e Cooperação (união de esforços para alcançar objetivos ainda maiores) (UNCCC, 2021).

Na literatura existe uma grande busca por novas formas de processo de produção, inovação, ou tecnologias que permitam a redução das emissões de GEE, ao mesmo tempo que mantenham a produtividade. Por exemplo, no setor de transporte, o estudo de Zhang et al. (2023), analisou o trade-off do uso de veículos de transporte rodoviários movido a combustível fóssil por veículos movidos a eletricidade, provida de fontes de energia renováveis. Outro exemplo é a implementação de sistemas circulares para a gestão de resíduos, a implementação desse sistema, resultaria na diminuição dos resíduos alimentares e do plástico (Gómes-Snsbria et al., 2022). Na pecuária leiteira o estudo de Hawkins et al. (2022), na Tanzânia, demonstrou que a adoção de raças de gado leiteiro de alto rendimento, podem acabar com a dependência da importação do leite no país. Além disso, segundo os autores a adoção de gado leiteiro de alto rendimento evita a mudança do uso da terra, e conseqüentemente reduz a emissão de GEE.

No contexto da produção de alimentos, é importante destacar o papel do sistema alimentar global na emissão de GEE, que emitiu 34% dos GEE totais em 2015 (Crippa et al., 2021). Outro ponto a ser destacado é o estudo realizado por Azevedo et al. (2018), que visou mensurar as emissões de GEE no Brasil entre os anos de 1970 e 2015. Conforme os autores, as emissões de GEE no Brasil, foram classificadas em cinco setores: a agricultura, a mudança no uso do solo, a energia, o uso de processos industriais e produtos, e o desperdício. Xu et al. (2021), argumentam que a agricultura e o uso da terra são as maiores fontes de emissão de GEE. Os autores estimaram que em 2010, das emissões de GEE totais oriundos da produção de alimentos, 57% foram emitidos pela produção de alimentos de origem animal, 29% pela produção de alimentos de origem vegetal e 14% a outras utilizações.

Neste sentido o Brasil como um dos maiores produtores de alimento do mundo, se destacando como o segundo maior produtor de carne bovina do mundo tem o importante papel de produzir alimentos com o menor impacto ambiental possível. Portanto, é necessário reduzir as emissões de GEE, buscando atender a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável

(FAO, 2022; ONU, 2015).

Uma das soluções para reduzir a emissão de GEE na agricultura e na pecuária é a adoção de tecnologias e/ou inovações que visem: reduzir a insegurança alimentar, tornar a produção rural resilientes as mudanças climáticas e reduzir ou remover as emissões de GEE das produções e das propriedades rurais (Teklu; Simane; Bezabih, 2023).

Diante do exposto, apresenta-se o seguinte problema de pesquisa: quais tecnologias estão sendo adotadas na pecuária de gado de corte? O objetivo geral da pesquisa foi: identificar as tecnologias adotadas na pecuária de gado de corte.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A crescente preocupação global com as mudanças climáticas intensificou o debate acerca da necessidade de transformar os sistemas produtivos agropecuários. A 26ª Conferência das Partes sobre Mudanças Climáticas (COP 26) reforçou compromissos internacionais voltados à mitigação das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), adaptação às mudanças climáticas, financiamento climático e cooperação internacional (UNFCCC, 2021). Nesse contexto, a agropecuária, especialmente a pecuária bovina, ocupa posição estratégica, tanto por sua contribuição à segurança alimentar quanto por sua participação nas emissões globais.

O sistema alimentar global foi responsável por aproximadamente 34% das emissões antropogênicas de GEE em 2015 (Crippa et al., 2021). Dentro desse sistema, a produção de alimentos de origem animal apresenta contribuição significativa. Xu et al. (2021) estimaram que, em 2010, 57% das emissões provenientes da produção de alimentos estavam associadas a produtos de origem animal, enquanto 29% derivaram da produção vegetal e 14% de outras cadeias produtivas. Além disso, os setores de agricultura e mudança do uso da terra figuram entre as principais fontes globais de emissões (Azevedo et al., 2018; Xu et al., 2021).

O Brasil, como segundo maior produtor mundial de carne bovina e um dos principais exportadores globais, desempenha papel central na conciliação entre produtividade e sustentabilidade ambiental (FAO, 2022). A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável reforça a necessidade de promover sistemas produtivos resilientes, eficientes e de baixo carbono (ONU, 2015). Nesse cenário, a adoção de tecnologias na pecuária de corte emerge como instrumento essencial para reduzir emissões, aumentar a eficiência produtiva e melhorar indicadores socioeconômicos.

A literatura demonstra que a incorporação de tecnologias pode gerar ganhos simultâneos

de produtividade e mitigação de emissões. Em sistemas pecuários, tais tecnologias podem ser agrupadas em cinco grandes eixos: (i) intensificação sustentável das pastagens; (ii) melhoramento genético; (iii) nutrição de precisão e aditivos alimentares; (iv) integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF); e (v) pecuária de precisão e digitalização.

A intensificação sustentável das pastagens constitui uma das principais estratégias para a pecuária tropical. Segundo o IPCC (2022), a recuperação de pastagens degradadas reduz a necessidade de abertura de novas áreas, diminui emissões associadas à mudança do uso da terra e aumenta a capacidade de sequestro de carbono no solo. No Brasil, estudos indicam que sistemas bem manejados podem elevar a taxa de lotação animal e reduzir a intensidade de emissões por unidade de produto (EMBRAPA, 2021).

O melhoramento genético também desempenha papel relevante na mitigação de emissões. Animais com maior eficiência alimentar e melhor desempenho produtivo reduzem a emissão de metano entérico por quilograma de carne produzida. Pesquisas indicam que ganhos genéticos contínuos contribuem para a redução da intensidade de carbono na pecuária bovina (Gerber et al., 2013; IPCC, 2022). Além disso, a seleção para características adaptativas aumenta a resiliência frente às mudanças climáticas.

No campo da nutrição, a adoção de dietas balanceadas e o uso de aditivos alimentares redutores de metano vêm sendo amplamente investigados. Compostos como nitratos, lipídios específicos e aditivos à base de algas têm demonstrado potencial de mitigação das emissões entéricas, mantendo ou elevando o desempenho animal (IPCC, 2022). Essas estratégias tornam-se particularmente relevantes em sistemas intensivos e confinamentos.

A integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) é considerada uma das principais inovações estruturais na agropecuária brasileira. Esse sistema promove diversificação produtiva, melhoria da fertilidade do solo e aumento do sequestro de carbono, além de proporcionar sombreamento e conforto térmico aos animais (EMBRAPA, 2021). Estudos demonstram que sistemas integrados podem reduzir significativamente a pegada de carbono da carne bovina quando comparados a sistemas extensivos convencionais.

Outro eixo emergente é a pecuária de precisão, que envolve o uso de sensores, softwares de gestão, identificação eletrônica, monitoramento remoto e análise de dados. A digitalização permite maior controle sobre desempenho zootécnico, eficiência alimentar, sanidade e bem-estar animal, contribuindo para decisões mais assertivas e redução de desperdícios (FAO, 2022). Tecnologias digitais também favorecem a rastreabilidade, elemento essencial para atender mercados internacionais cada vez mais exigentes em critérios ambientais, sociais e de



governança (ESG).

Adicionalmente, práticas de manejo sustentável, como o ajuste da taxa de lotação, rotação de pastagens e manejo reprodutivo eficiente, apresentam efeitos positivos na produtividade e na redução das emissões por unidade de produto (IPCC, 2022). A combinação entre inovação tecnológica e boas práticas de gestão é fundamental para maximizar resultados econômicos e ambientais.

Portanto, a literatura evidencia que a adoção de tecnologias na pecuária de corte não se limita ao aumento da produtividade, mas constitui elemento central para a transição rumo a sistemas de baixa emissão de carbono. A convergência entre intensificação sustentável, inovação genética, nutrição avançada, integração produtiva e digitalização configura um novo paradigma para a pecuária bovina, alinhado às metas climáticas globais e à Agenda 2030.

Diante desse cenário, torna-se pertinente investigar: quais tecnologias estão sendo efetivamente adotadas na pecuária de gado de corte? A identificação dessas tecnologias contribui para compreender o estágio atual de modernização do setor e seus potenciais impactos ambientais e produtivos.

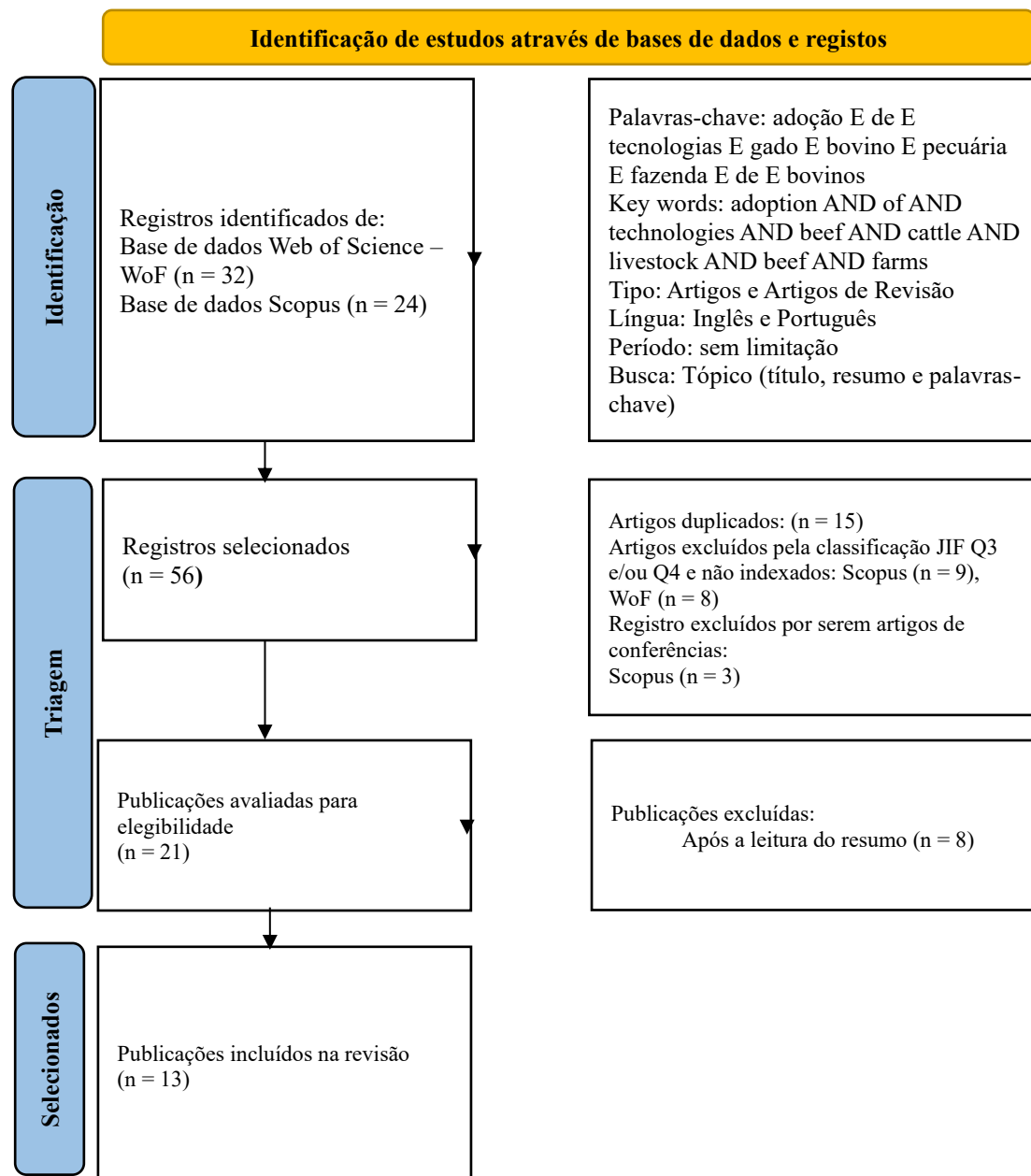
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As pesquisas foram realizadas nas bases de dados Scopus e Web of Science (WoS) em abril de 2023. O critério de busca utilizado para as palavras-chave foi o "Tópico" (título, resumo e palavras-chave) dos artigos, incluindo termos em inglês como adoption AND of AND technologies AND beef AND cattle AND livestock AND beef AND farms. Para o desenvolvimento e estruturação da pesquisa, foi utilizado o protocolo PRISMA (PAGE et al., 2021). Conforme as recomendações do protocolo PRISMA, não foram utilizados filtros de período para a triagem dos artigos. Além disso, foram considerados artigos somente no idioma inglês, resultando em uma lista de 56 artigos, sendo 32 da WoS e 24 da Scopus.

Os dados dos artigos foram exportados e em seguida organizados e tabulados pelo software R Studio utilizando o package Bibliometrix e o Microsoft Excel 365. Na primeira análise, foram excluídos os artigos duplicados, que corresponderam a n=15 artigos; na segunda análise, foram excluídos n=17 artigos (n=9 Scopus e n=8 WoS) que possuíam quartil igual ou inferior a Q3, conforme o índice do Journal Impact Factor (JIF). Na terceira análise, foram excluídos mais n=3 artigos (Scopus), por serem artigos publicados em conferências. Por fim, 8 artigos foram excluídos após a leitura do resumo, pois não estavam alinhados com o escopo da

pesquisa. Dessa forma, 13 artigos foram selecionados e incluídos na realização desta revisão sistêmica. A figura 1 apresenta a maneira de como foram selecionados os artigos utilizando o protocolo PRISMA.

Figura 1 – Protocolo PRISMA na seleção dos artigos



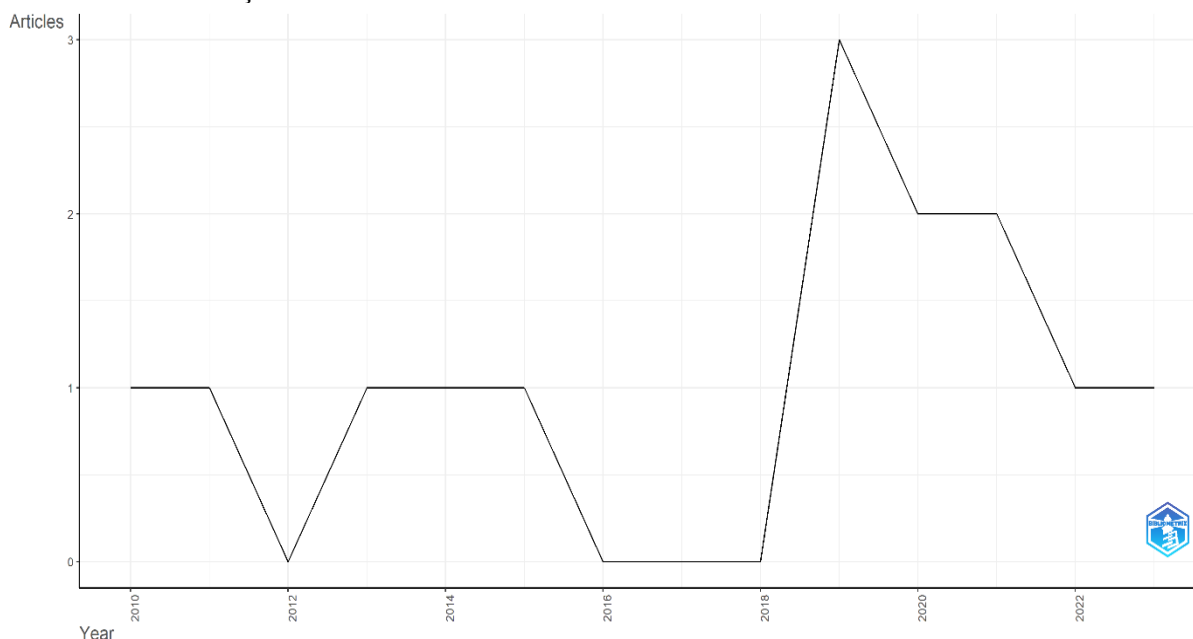
Fonte: Autor

Os 13 artigos selecionados foram lidos integralmente, e posteriormente analisados. Os resultados das análises, das figuras e das tabelas foram geradas pelo software R Studio com o package Bibliometrix usando o Biblioshiny.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Após realizado as análises, foi verificado a quantidade de artigos publicados ao longo do tempo. Embora nesta pesquisa fora utilizado sem limite de período, os artigos relevantes para essa revisão sistemática começaram no ano de 2010. O Gráfico 1 apresenta a quantidade de artigos publicados entre o período de 2010 a 2023.

Gráfico 1 – Produção científica anual entre os anos de 2010 e 2023



Fonte: Dados da pesquisa.

Pode ser observado no Gráfico 1 que as publicações dos artigos oscilaram durante esse período, observa-se que no período de 2016 a 2018 não ocorreram publicações de artigos, no entanto, as publicações retornaram em 2018, com uma tendência alta de publicações voltadas na adoção por novas tecnologias na pecuária de gado de corte. Além disso, os resultados demonstram que o Brasil foi o país que mais publicou artigos (n=7) sobre adoção de tecnologias na pecuária de corte, seguido por Austrália (n=2), Estados Unidos da América, Grécia, Suíça e Camboja (n=1), conforme apresentado no Tabela 1.

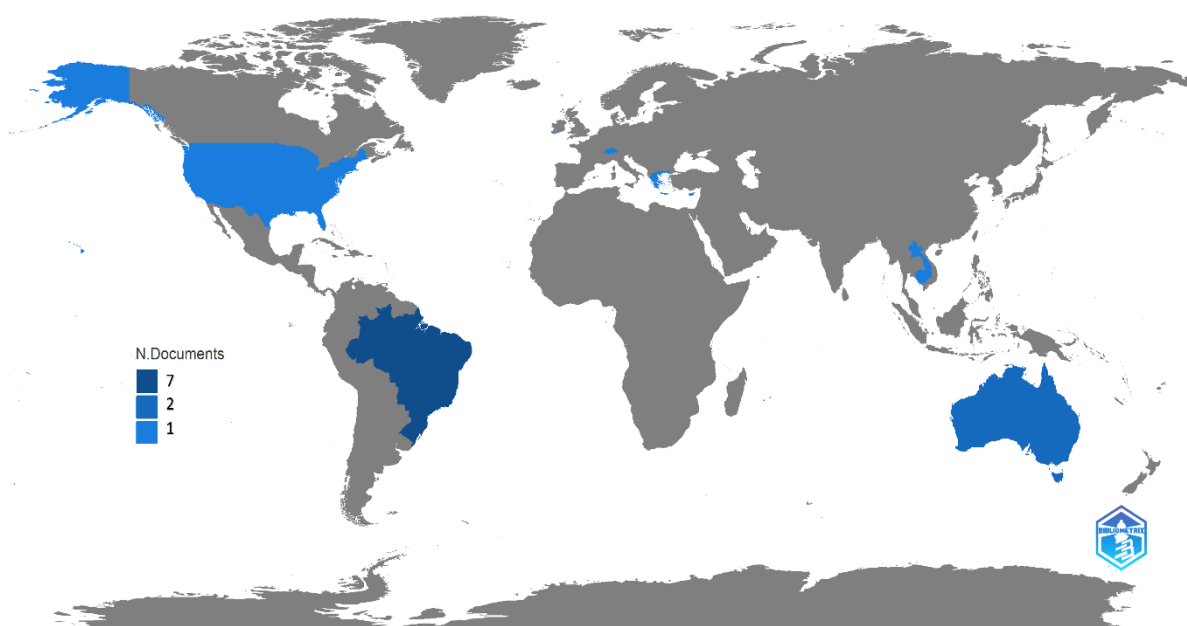
Tabela 1 – Países que publicaram artigos sobre adoção de tecnologia na pecuária de corte

Países	Nº publicações de artigos	(%)
Brasil	7	53,8
Austrália	2	15,4
Estados Unidos da América	1	7,7
Grécia	1	7,7
Suíça	1	7,7
Camboja	1	7,7

Fonte: Dados da pesquisa.

No mesmo sentido, mas de uma forma mais visual, a Figura 2 apresenta o mapa com os países que publicaram artigos sobre a adoção de tecnologias na pecuária de gado de corte. O país com azul na tonalidade mais escura evidencia o país com o maior número de publicações sobre o tema e as cores azuis com a tonalidade mais claras, os países com menos publicações em relação ao tema.

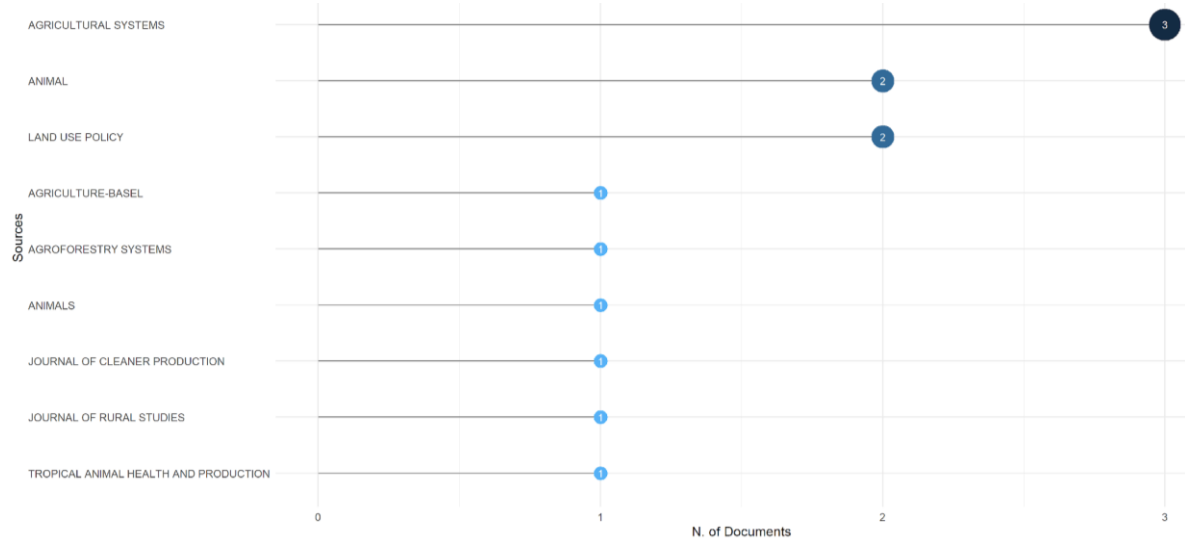
Figura 2 – Mapa dos países que publicaram artigos sobre adoção de tecnologias na pecuária de gado de corte



Fonte: Dados da pesquisa

Os artigos foram publicados em diferentes revistas, no entanto, vale destacar três revistas a Agricultural Systems com três publicações, a Animal e a Land Use Policy com duas publicações cada. O Gráfico 2 demonstra com detalhes as revistas mais relevantes com publicações sobre a adoção de tecnologia na pecuária de corte.

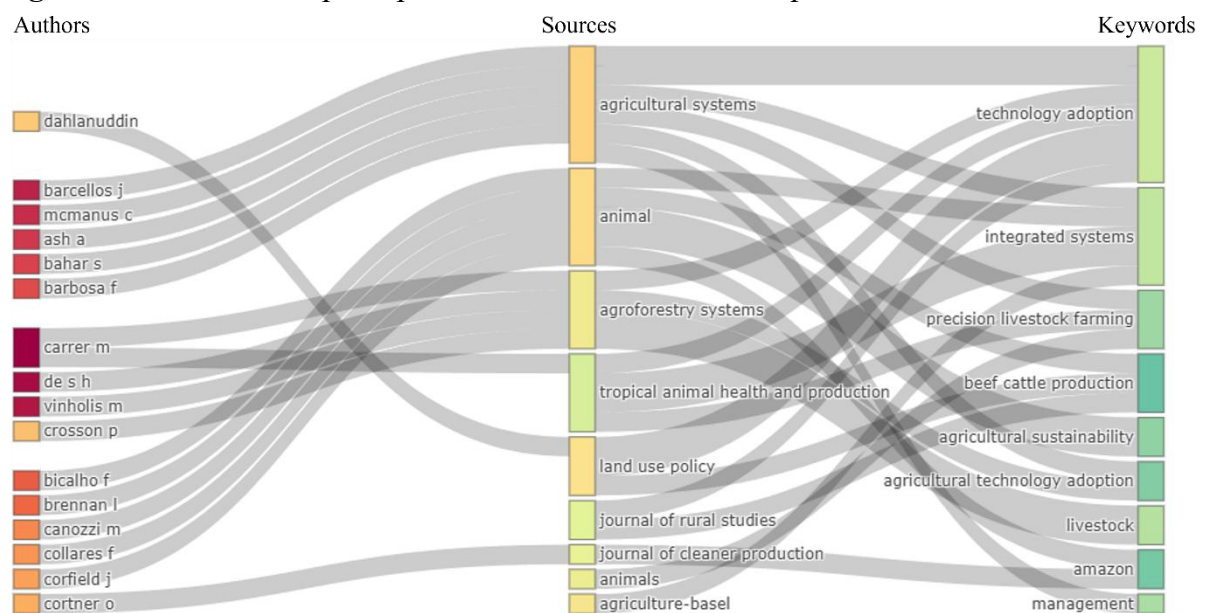
Gráfico 2 – Revistas mais relevantes com publicações sobre adoção de tecnologia na pecuária de corte



Fonte: Dados da pesquisa

A Figura 3 a seguir, demonstra as conexões de autores com as revistas e as palavras-chave. Destaca-se a formação de três grupos de autores com publicações na Agricultural Systems, Animal e Agroforestry Systems. Além disso, duas palavras-chave merecem destaque: Technology Adoption e Integrated Systems.

Figura 3 – Conexão dos principais autores, com as revistas e palavras-chaves



Fonte: Dados da pesquisa.

Com os avanços da ciência, novas tecnologias, ou formas de processo estão sendo desenvolvidos e adotados na pecuária de gado de corte. Essas tecnologias encontradas nos artigos estudados são apresentadas no Quadro 1. No Brasil, destacam-se as instituições



Embrapa – São Carlos, Universidade Federal de São Carlos e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul em pesquisas realizadas em adoção de tecnologia na pecuária de gado de corte.

Quadro 1 – Tecnologias utilizadas na pecuária de gado de corte, e o país onde foi desenvolvida a pesquisa.

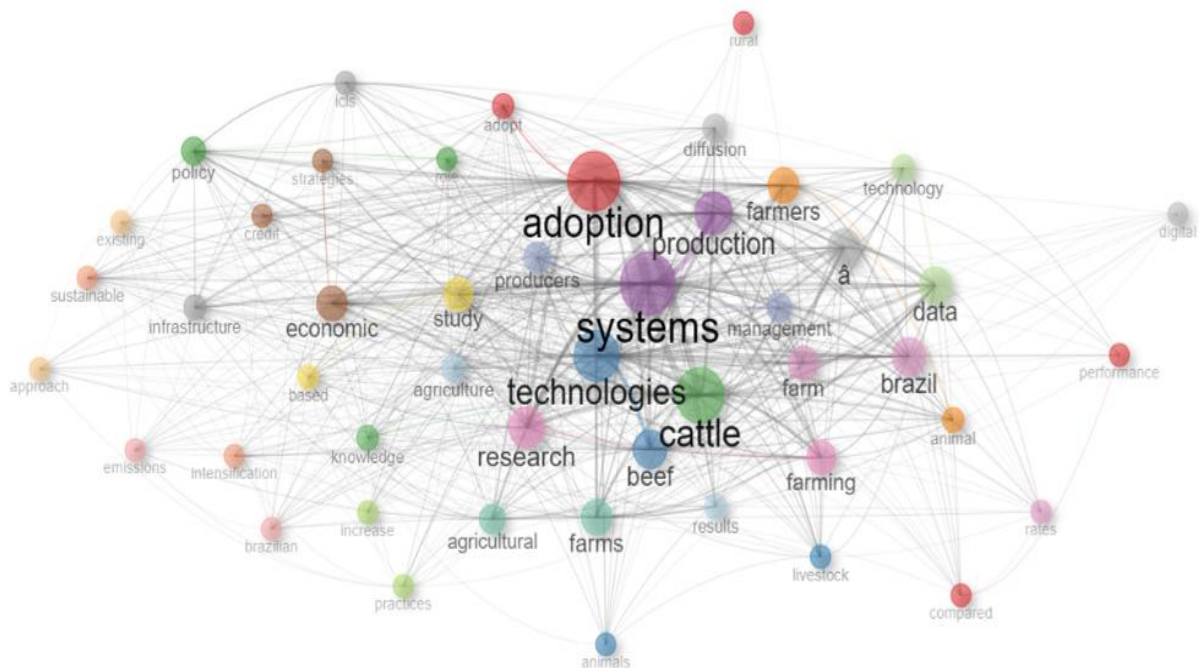
Tecnologia	Autor	País
Integração lavoura-pecuária	MARQUES et al. 2011;	Brasil
	CORTNER et al. 2019;	
	CARRER et al. 2020;	
	VINHOLIS et al. 2021	
Integração lavoura-pecuária-floresta	DE SOUZA et al. 2021	Brasil
Melhoramento da pastagem natural	DILL et al. 2015	Brasil
Gestão da taxa de lotação		
Boas práticas agrícolas.	MANDARINO et al. 2019	Brasil
Utilização de forragem na alimentação do gado	LISSON et al. 2010	Indonésia
	PHILP et al. 2019	Camboja
	DILL et al. 2015	Brasil
Pecuária de precisão	HAY; PEARCE, 2014	Austrália
	DILL et al. 2015	Brasil
	GROHER; HEITKAMPER; UMSTATTER, 2020	Suíça
	TZANIDAKIS et al. 2023	Grécia
Rotação de pastagem; cobertura do solo com outras culturas.	CAMPBELL; KING, 2022	EUA

Fonte: Dados da pesquisa.

Como pode ser observado no Quadro 1, o Brasil tem destaque em pesquisas voltadas a adoção de tecnologias na pecuária de gado de corte. No entanto, os estudos apontam que a maioria dessas pesquisas são direcionadas a integração lavoura-pecuária. Por outro lado, os estudos realizados nos demais países (Suíça e Grécia) demonstram que a adoção de tecnologia na pecuária de gado de corte é mais voltada a pecuária de precisão e a utilização de novas forragem no cuidado alimentar do gado. Uma possível explicação da adoção pela Integração lavoura-pecuária no Brasil é devido ao seu território continental, e a heterogeneidade de produtores rurais e as estações climáticas favoráveis para a diversificação e a rotação de culturas permitindo a Integração lavoura-pecuária (FOGUESATTO; BORGES; MACHADO, 2019). Diferentemente do que acontece nos outros países estudados nesta pesquisa, que possuem climas bem definidos, onde tanto o verão como o inverno são rigorosos (IPCC, 2001).

A Figura 4 apresenta as inter-relações das palavras-chave e das palavras do resumo, deixando em destaque as palavras “Systems”, “Adoption”, “Technologies” e “Cattle” estão no centro das inter-relações de todas as palavras.

Figura 4 – Inter-relações das palavras-chave e do resumo dos artigos.



Fonte: Dados da pesquisa.

Seguindo com os resultados, a Figura 5 apresenta uma nuvem de palavras baseada nas palavras-chave dos autores. As palavras com maiores destaques foram, “Technology Adoption” e “Livestock”, deixando evidente a importância destas palavras-chave na busca por artigos relacionados a adoção de tecnologia na pecuária de corte.

Figura 5 – Nuvem de palavras formada com base nas palavras-chave dos autores



Fonte: Dados da pesquisa.

Por fim, foram identificados alguns gaps para futuras pesquisas. Esses gaps são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Gaps identificados nos artigos para pesquisas futuras.

Gaps	Autor
Comparação entre o custo orçamental da política de crédito rural e os retornos sociais decorrentes da difusão do SILP	CARRER et al. 2020
Identificar e analisar políticas públicas que incentivem e facilitem a adoção de tecnologias para produção rural sustentável	VINHOLIS et al. 2021
Identificar a percepção de produtores rurais em relação às barreiras para a adoção de tecnologia.	GROHER; HEITKAMPER; UMSTATTER, 2020
Identificar e analisar o perfil sociodemográfico do produtor rural, para melhor oferecer tecnologias voltada a sua realidade.	CAMPBELL; KING, 2022
Avaliar os parâmetros dos baseados em análises econômicas realistas e completas, demonstrando seu impacto benéfico.	TZANIDAKIS et al. 2023

Fonte: Dados da pesquisa

5 CONCLUSÕES

A literatura revisada sustenta que as tecnologias adotadas na pecuária de gado de corte formam um portfólio complementar, com diferentes níveis de maturidade e difusão. No Brasil, destaca-se a centralidade de (i) recuperação e manejo de pastagens, (ii) sistemas integrados (ILP/ILPF/ICLF), (iii) tecnologias de reprodução como a IATF, e (iv) digitalização em sistemas intensivos como confinamentos todas com evidências de adoção relevante e inserção em políticas públicas e estratégias setoriais.

No plano climático, os maiores ganhos potenciais recaem sobre a redução de intensidade de emissões via eficiência produtiva e sobre a redução de emissões líquidas via desacoplamento de desmatamento, isto é, intensificação em áreas já abertas com governança territorial. Tecnologias emergentes de mitigação do metano (como 3-NOP e Asparagopsis) exibem forte potencial técnico, mas sua incorporação ampla dependerá de viabilidade econômica, logística e regulação, além de adequação a diferentes sistemas produtivos (pasto vs confinamento).

Em termos de agenda científica, a lacuna mais sensível é integrar avaliações: medir simultaneamente produtividade, emissões (CH₄, N₂O, CO₂), carbono no solo/biomassa, bem-estar animal, custos, risco e efeitos de “vazamento” territorial. Em termos de política pública, a evidência recente sugere que crédito precisa ser combinado com assistência técnica,

monitoramento e incentivos reputacionais/mercadológicos para alcançar escala com integridade.

O objetivo deste trabalho foi identificar as tecnologias adotadas na pecuária de gado de corte. Para isso, foi realizado uma revisão sistemática abrangendo as tecnologias adotadas na pecuária de gado de corte.

Vários países desenvolveram estudos voltados a adoção de tecnologia na pecuária de gado de corte, no entanto, ressalta-se o Brasil como um grande e importante desenvolvedor de pesquisas relacionados a adoção de tecnologia na pecuária de gado de corte. Vale destacar, que grande parte das pesquisas abordaram a integração-lavoura-pecuária. Por outro lado, os outros países abordam as tecnologias de pecuária de precisão.

REFERÊNCIAS

ABIEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. *Beef Report 2025*. São Paulo: ABIEC, 2025. Disponível em: <https://abiec.com.br/wp-content/uploads/2025/07/Beef-Report-2025-ENG-WEB.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2026.

ALMEIDA, A. K. et al. Effect of 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions of feedlot cattle: dose-response experiment. *Journal of Animal Science*, Oxford, 2023. DOI: 10.1093/jas/skad237. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article/doi/10.1093/jas/skad237/7222391>. Acesso em: 2 abr. 2026.

ALMEIDA, I.; HEGARTY, R. S.; COWIE, A. Meta-analysis quantifying the potential of dietary additives to reduce enteric methane emissions from ruminants. 2021. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/863/o/Almeida__Hegart__Cowie__2021.pdf. Acesso em: 2 abr. 2026.

ASBIA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL. IATF é a tecnologia utilizada em mais de 91% das inseminações no Brasil. São Paulo: ASBIA, 2024. Disponível em: <https://asbia.org.br/iatf-e-a-tecnologia-utilizada-em-mais-de-91-das-inseminacoes-no-brasil-segundo-usp/>. Acesso em: 2 abr. 2026.

AZEVEDO, T. R. de et al. SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. *Scientific Data*, v. 5, 2018.

BARUSELLI, P. S. IATF em números: evolução e projeção futura. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, Belo Horizonte, v. 46, n. 2, p. 76–83, 2022.

CAMPBELL, A.; KING, A. Choosing sustainability: decision making and sustainable practice adoption with examples from US Great Plains cattle grazing systems. *Animals*, v. 12, n. 3, 2022.

CARDOSO, A. da S. et al. Pasture management and greenhouse gases emissions. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 2022.



CARRER, M. et al. Assessing the effectiveness of rural credit policy on the adoption of integrated crop-livestock systems in Brazil. *Land Use Policy*, v. 92, 2020.

CONGIO, G. F. S. de et al. Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in Latin America: a meta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 312, 2021.

CORTNER, O. et al. Perceptions of integrated crop-livestock systems for sustainable intensification in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, v. 82, p. 841–853, 2019.

COSTA JR., C. et al. South America's pasture intensification can increase beef production while lowering greenhouse gas emission intensity. *Scientific Reports*, 2025.

CRIPPA, M. et al. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, v. 2, p. 198–209, 2021.

DAVID, L. C. da S. et al. Transformação digital da pecuária de corte intensiva no Brasil. In: CONGRESSO SOBER, 61., 2023. Anais [...]. Piracicaba: SOBER, 2023.

DE SOUZA, H. et al. Determinants of adoption of integrated systems by cattle farmers in São Paulo. *Agroforestry Systems*, v. 95, p. 103–117, 2021.

DILL, M. et al. Technologies that affect the weaning rate in beef cattle production systems. *Tropical Animal Health and Production*, v. 47, p. 1255–1260, 2015.

EMBRAPA. Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF): adoção e potencial de expansão. Brasília: Embrapa, [s.d.]. Disponível em: <https://www.embrapa.br>.

FAO. *Meat Market Review 2022*. Roma: FAO, 2022.

FENG, X. Y. et al. Antimethanogenic effects of nitrate supplementation in cattle. *Journal of Dairy Science*, 2020.

FOGUESATTO, C. R.; BORGES, J. A. R.; MACHADO, J. A. D. Farmers' typologies regarding environmental values and climate change. *Journal of Cleaner Production*, v. 232, p. 400–407, 2019.

GÓMEZ-SANABRIA, A. et al. Circular waste systems and GHG reduction. *Nature Communications*, v. 13, 2022.

GROHER, T.; HEITKAMPER, K.; UMSTATTER, C. Digital technology adoption in livestock production. *Animal*, v. 14, p. 2404–2413, 2020.

HAWKINS, J. W. et al. High-yield dairy cattle and GHG reduction. *Nature Food*, v. 3, p. 957–967, 2022.

HAY, R.; PEARCE, P. Technology adoption by rural women. *Journal of Rural Studies*, v. 36, p. 318–327, 2014.

INSper Agro Global. Challenges for cattle traceability in Brazil. São Paulo: Insper, [s.d.].

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *AR6 WGIII – Agriculture, Forestry and Other Land Uses*. Geneva: IPCC, 2022.

LISSON, S. et al. Farming systems approach to cattle production. *Agricultural Systems*, v. 103, p. 486–497, 2010.

MANDARINO, R. et al. Sustainability indicators in livestock systems. *Agricultural Systems*, v. 174, p. 32–38, 2019.

MARQUES, P. R. et al. Competitiveness of beef farming in Brazil. *Agricultural Systems*, v. 104, p. 689–693, 2011.

MAZZETTO, A. M. et al. Pasture and herd management to reduce GHG emissions. *Livestock Science*, v. 175, p. 101–111, 2015.

MEQ-FILHO, P. et al. Seaweed supplementation reduces methane emissions. *PNAS*, 2024.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). *Plano ABC+*. Brasília: MAPA, 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). *Conversion of degraded pastures*. Piracicaba: MAPA, 2024.

OLIVEIRA, M. H. de et al. Effects of 3-nitrooxypropanol in cattle. *Animal*, 2026.

OLIVEIRA SILVA, R. de et al. Beef production and emissions in Brazil. *Nature Climate Change*, v. 6, p. 493–497, 2016.

ONU. *Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. 2015.

PHILP, J. et al. Forage options for sustainable intensification. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 39, 2019.

ROQUE, B. M. et al. Seaweed supplementation reduces methane emissions. *PLOS ONE*, 2021.

SOARES, L. H. de B. et al. Intensification of beef production and emissions. *Agricultural Systems*, 2016.

TEKLU, A.; SIMANE, B.; BEZABIH, M. Climate-smart agriculture adoption. *Climate Risk Management*, v. 39, 2023.

THOMPSON, L. R. et al. Methane mitigation in beef systems. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2020.

TZANIDAKIS, C. et al. Precision livestock farming for grazing animals. *Agriculture*, v. 13, 2023.

UNFCCC. *The Glasgow Climate Pact*. Bonn: UNFCCC, 2021.

UNITED NATIONS. *Transforming our world: the 2030 Agenda*. New York: UN, 2015.

USDA. Production: Beef. Washington, DC: USDA, [s.d.].

VINHOLIS, M. et al. Adoption of sustainable agricultural technology. *Journal of Cleaner*

Production, v. 280, 2021.

XU, X. et al. Global greenhouse gas emissions from animal-based foods. *Nature Food*, v. 2, 2021.

ZHANG, C. et al. Transportation decarbonization trade-offs. *Nature Communications*, v. 14, 2023.