

EFICIÊNCIA PRODUTIVA E EMISSÕES DE CH₄ NA PECUÁRIA BRASILEIRA

PRODUCTION EFFICIENCY AND CH₄ EMISSIONS IN BRAZILIAN LIVESTOCK FARMING

EFICIENCIA DE PRODUCCIÓN Y EMISIONES DE CH₄ EN LA GANADERÍA BRASILEÑA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n6-029>

Data de submissão: 04/05/2025

Data de publicação: 04/06/2025

Marília de Souza Pacheco

Mestranda no Mestranda no Programa de Pós Graduação em Agronegócio da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD e Técnica de Nível Superior na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS
E-mail: marilia.souza@uembs.br
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2536-3195>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/8823071116017908>

Maria do Socorro Mascarenhas

Doutora em Recursos Naturais
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS
E-mail: maria_mascarenhas@outlook.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5343-4502>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/8823071116017908>

Clandio Favarini Ruvíaro

Doutor em Agronegócios
Universidade Federal da Grande Dourados
E-mail: clandioruvíaro@ufgd.edu.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3117-5359>
LATTES: <http://lattes.cnpq.br/2973163586729275>

RESUMO

A pecuária bovina é uma das atividades mais relevantes do agronegócio brasileiro, sendo também uma das principais fontes de emissão de metano entérico (CH₄), um gás com elevado potencial de aquecimento global. Considerando a crescente demanda por práticas sustentáveis, torna-se essencial compreender a dinâmica das emissões pecuárias. Este estudo visou analisar a evolução do rebanho bovino e das emissões de CH₄ entre 2010 e 2022 nas cinco regiões brasileiras, com ênfase nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e Pará. A pesquisa adotou abordagem quantitativa, exploratória-descritiva, baseada em revisão bibliográfica e dados secundários obtidos em bases oficiais. Foram construídos indicadores produtivos e ambientais, e os dados tratados estatisticamente com auxílio do software Excel 2019 e os gráficos plotados no software OriginLab 8. Os resultados indicaram que o Centro-Oeste lidera em número de animais e emissões, especialmente o estado do Mato Grosso. No entanto, observou-se tendência de estabilização das emissões em alguns estados, sugerindo maior eficiência produtiva e adoção de práticas mitigadoras. O Pará apresentou aumento expressivo no rebanho com crescimento proporcionalmente menor das emissões, enquanto o Sudeste e o Sul mantiveram ou reduziram suas emissões absolutas. Conclui-se que o volume de CH₄

emitido não está diretamente relacionado ao tamanho do rebanho, sendo fortemente influenciado por políticas públicas, uso da terra e nível de intensificação tecnológica. A implementação de estratégias regionais de mitigação é fundamental para promover uma pecuária ambientalmente eficiente e economicamente viável.

Palavras-chave: Pecuária. Metano. Sustentabilidade. Emissões.

ABSTRACT

Cattle farming is one of the most important activities in Brazilian agribusiness, and is also one of the main sources of enteric methane (CH_4) emissions, a gas with high global warming potential. Considering the growing demand for sustainable practices, it is essential to understand the dynamics of livestock emissions. This study aimed to analyze the evolution of the cattle herd and CH_4 emissions between 2010 and 2022 in the five Brazilian regions, with emphasis on the states of Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, and Pará. The research adopted a quantitative, exploratory-descriptive approach, based on a literature review and secondary data obtained from official databases. Production and environmental indicators were constructed, and the data were statistically treated with the help of Excel 2019 software and the graphs plotted in OriginLab 8 software. The results indicated that the Central-West region leads in number of animals and emissions, especially the state of Mato Grosso. However, a trend toward stabilization of emissions was observed in some states, suggesting greater productive efficiency and adoption of mitigating practices. Pará showed a significant increase in herd size with proportionally lower growth in emissions, while the Southeast and South maintained or reduced their absolute emissions. It is concluded that the volume of CH_4 emitted is not directly related to herd size, but is strongly influenced by public policies, land use, and level of technological intensification. The implementation of regional mitigation strategies is essential to promote environmentally efficient and economically viable livestock farming.

Keywords: Livestock. Methane. Sustainability. Emissions.

RESUMEN

La ganadería bovina es una de las actividades más importantes del sector agroindustrial brasileño, siendo también una de las principales fuentes de emisión de metano entérico (CH_4), un gas con alto potencial de calentamiento global. Teniendo en cuenta la creciente demanda de prácticas sostenibles, es esencial comprender la dinámica de las emisiones ganaderas. Este estudio tuvo como objetivo analizar la evolución del ganado bovino y las emisiones de CH_4 entre 2010 y 2022 en las cinco regiones brasileñas, con énfasis en los estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais y Pará. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, exploratorio-descriptivo, basado en una revisión bibliográfica y datos secundarios obtenidos de bases oficiales. Se construyeron indicadores productivos y ambientales, y los datos se trataron estadísticamente con la ayuda del software Excel 2019 y los gráficos se trazaron en el software OriginLab 8. Los resultados indicaron que el Centro-Oeste lidera en número de animales y emisiones, especialmente el estado de Mato Grosso. Sin embargo, se observó una tendencia a la estabilización de las emisiones en algunos estados, lo que sugiere una mayor eficiencia productiva y la adopción de prácticas de mitigación. Pará presentó un aumento significativo en el ganado con un crecimiento proporcionalmente menor de las emisiones, mientras que el Sudeste y el Sur mantuvieron o redujeron sus emisiones absolutas. Se concluye que el volumen de CH_4 emitido no está directamente relacionado con el tamaño del ganado, sino que está fuertemente influenciado por las políticas públicas, el uso de la tierra y el nivel de intensificación tecnológica. La implementación de estrategias regionales de mitigación es fundamental para promover una ganadería ambientalmente eficiente y económicamente viable.

Palabras clave: Ganadería. Metano. Sostenibilidad. Emisiones.

1 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira é um dos principais pilares da economia nacional, desempenhando um papel essencial na produção de alimentos, geração de empregos e desenvolvimento rural. O país lidera as exportações globais de carne bovina, beneficiando-se de extensas áreas de pastagem e condições climáticas favoráveis, que contribuem para a produção em larga escala (De Sousa et al., 2021). No entanto, essa expansão econômica está associada a desafios ambientais significativos, uma vez que a atividade pecuária responde por uma parcela expressiva das emissões de gases de efeito estufa (GEE), especialmente metano (CH_4), proveniente da fermentação entérica dos bovinos (Paredes, 2022).

No estado de Mato Grosso do Sul, o agronegócio ocupa uma posição central na economia, sendo um dos principais exportadores de carne bovina do Brasil. Sua contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB) estadual e nacional é expressiva (Luz & Focheratto, 2022; Eduardo et al., 2022), impulsionando o desenvolvimento rural e a infraestrutura local (Santos, 2023). Contudo, esse progresso também gera impactos ambientais relevantes, uma vez que o estado está entre os maiores emissores de CH_4 do país, devido ao predomínio do manejo extensivo e à conversão de áreas naturais em pastagens (Da Silva Cardoso et al., 2022).

O metano gerado pela fermentação entérica dos bovinos apresenta um potencial de aquecimento global aproximadamente 28 vezes maior que o dióxido de carbono (CO_2) em um horizonte de 100 anos (Džermeikaitė, Krištočaitė & Antanaitis, 2024). Essa característica torna a mitigação das emissões de CH_4 uma prioridade nas estratégias de combate às mudanças climáticas (Fellmann et al., 2021). Além disso, no estado, a expansão das pastagens está associada ao desmatamento, levando à perda de biodiversidade, degradação dos ecossistemas e alterações nos ciclos hidrológicos (Eldridge, Ding & Travers, 2022; Fushimi, De Lima & Capoane, 2024).

A crescente pressão dos mercados internacionais por produtos agropecuários sustentáveis reforça a necessidade de práticas que conciliem produtividade e conservação ambiental (Padhiary & Kumar, 2024). É fato que o Brasil enfrenta um paradoxo climático, pois, apesar de possuir uma matriz energética relativamente limpa, é um dos maiores emissores globais de GEE, principalmente devido à expansão da agropecuária (Walter, 2021). Estados como Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Goiás e Minas Gerais ilustram essa dualidade: altos índices de desenvolvimento rural coexistem com elevadas emissões de CH_4 (Vogel et al., 2023). Enquanto estados como Santa Catarina e São Paulo possuem baixas emissões, devido a sistemas mais intensificados e diversificados, estados do Centro-Oeste e Norte enfrentam desafios ligados à produção extensiva e à degradação ambiental (Dick et al., 2022; Barden et al., 2024). Esse cenário evidencia a necessidade de políticas públicas regionais, voltadas à sustentabilidade e à eficiência produtiva.

Estudos apontam que a intensificação sustentável da produção, aliada a políticas públicas eficazes, pode reduzir as emissões por unidade de produto, sem comprometer a produtividade (Skidmore et al., 2022; Gianetti & De Souza Ferreira Filho, 2024; Nascimento et al., 2024). Tendo como pressuposto, ainda, a pressão do mercado internacional por produtos agropecuários sustentáveis exige a adoção de certificações ambientais e rastreabilidade na cadeia produtiva, fatores que agregam valor à carne brasileira no comércio global (Farias & Barreiros, 2020; Agripino, Maracajá & De Araújo Machado, 2021). Em Mato Grosso do Sul, alinhar-se a essas demandas fortalece sua posição de liderança no setor pecuário e reforça a imagem do estado como referência em responsabilidade socioambiental (Schwertner et al., 2022; De Castelo Branco et al., 2023).

A pecuária brasileira, especialmente em Mato Grosso do Sul, enfrenta o desafio de equilibrar sua relevância econômica com a sustentabilidade ambiental. A transição para sistemas produtivos mais sustentáveis, apoiada por políticas públicas, incentivos econômicos e inovação tecnológica, é essencial para reduzir as emissões de CH₄, preservar os recursos naturais e garantir a competitividade do setor no longo prazo (SEMADESC, 2024). Essa abordagem não apenas fortalece a posição do Brasil como referência global na produção agropecuária sustentável, mas também contribui significativamente para os esforços globais no combate às mudanças climáticas. Diante desse contexto, este estudo propõe avaliar e comparar as emissões de metano (CH₄) provenientes da fermentação entérica do rebanho bovino nos estados de Mato Grosso do Sul e em outras regiões líderes na pecuária brasileira, investigando as políticas de manejo sustentável e estratégias de mitigação adotadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 NATUREZA DA PESQUISA

A presente pesquisa possui uma abordagem quantitativa, de caráter exploratório-descritivo, fundamentada em uma revisão bibliográfica narrativa. A abordagem exploratória permite investigar as principais fontes e tendências relacionadas ao tema, enquanto o caráter descritivo contribui para a sistematização e análise detalhada das informações coletadas. De acordo com Machado (2023), a pesquisa quantitativa com enfoque exploratório e descritivo é essencial para investigações científicas, pois está vinculada à quantificação de dados e ao uso de ferramentas analíticas. Esse tipo de metodologia possibilita identificar padrões e tendências, contribuindo para a compreensão aprofundada do fenômeno estudado.

O caráter exploratório da pesquisa é enfatizado como uma etapa inicial essencial, permitindo mapear as principais fontes de informação, identificar lacunas no conhecimento existente e construir

uma visão geral do problema de pesquisa. Essa abordagem abre caminhos para futuras investigações, permitindo um diagnóstico inicial do tema e fornecendo subsídios para o desenvolvimento de novas estratégias de pesquisa (Cesário, Flauzino & Mejia, 2020).

2.2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

O delineamento metodológico da pesquisa foi desenvolvido em três etapas principais:

- Coleta de dados secundários sobre rebanho bovino, emissões de CH₄ e áreas de pastagens, para os estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Goiás e Minas Gerais, no período de 2010 a 2022, com base em sua relevância produtiva e diversidade de políticas públicas aplicadas ao setor pecuário.
- Construção de indicadores ambientais e produtivos, como emissões absolutas de CH₄, taxa de emissão por cabeça e proporção de práticas sustentáveis, para permitir comparações normalizadas entre estados com diferentes escalas de produção.
- Tratamento estatístico e visualização dos dados, com uso de planilhas eletrônicas (Excel) e OriginLab (versão 8) para elaboração de gráficos.

2.3 SELEÇÃO DAS FONTES DE PESQUISA

A seleção das fontes de pesquisa baseou-se em bases de dados científicas e institucionais reconhecidas. As principais fontes utilizadas foram: SciELO (Scientific Electronic Library Online); Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

Essas fontes foram escolhidas devido à credibilidade científica e institucional, garantindo a qualidade e confiabilidade dos dados analisados.

2.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Para assegurar a qualidade e relevância dos dados utilizados, foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

2.4.1 Critérios de inclusão

- Publicações científicas nos idiomas português e inglês;
- Estudos publicados nos últimos cinco anos para garantir a atualidade dos dados;
- Artigos de acesso aberto, priorizando transparência e acessibilidade à informação;

2.4.2 Critérios de exclusão

- Artigos sem clareza metodológica, isto é, estudos que não descrevem de forma detalhada seus procedimentos analíticos;
- Publicações não disponíveis em texto completo, impossibilitando a análise integral dos conteúdos.

2.5 ESTRATÉGIA DE BUSCA E PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

A busca de materiais foi realizada por meio da utilização de palavras-chave e operadores booleanos, permitindo refinar e otimizar os resultados obtidos nas bases de dados. Foram empregadas as seguintes combinações de termos:

- “Agronegócio” AND “Pecuária” AND “Metano” AND “Fermentação entérica”
- “Livestock” AND “Methane emissions” AND “Enteric fermentation”
- “Sustainable cattle production” AND “Greenhouse gases”.

As palavras-chave foram ajustadas conforme a especificidade das bases de dados utilizadas, garantindo abrangência e precisão na busca das informações. Após a coleta, os materiais foram submetidos a um processo de triagem e seleção, com base nos critérios estabelecidos. Os estudos selecionados foram lidos integralmente e categorizados conforme sua relevância para a pesquisa, assegurando uma análise detalhada e estruturada das informações obtidas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

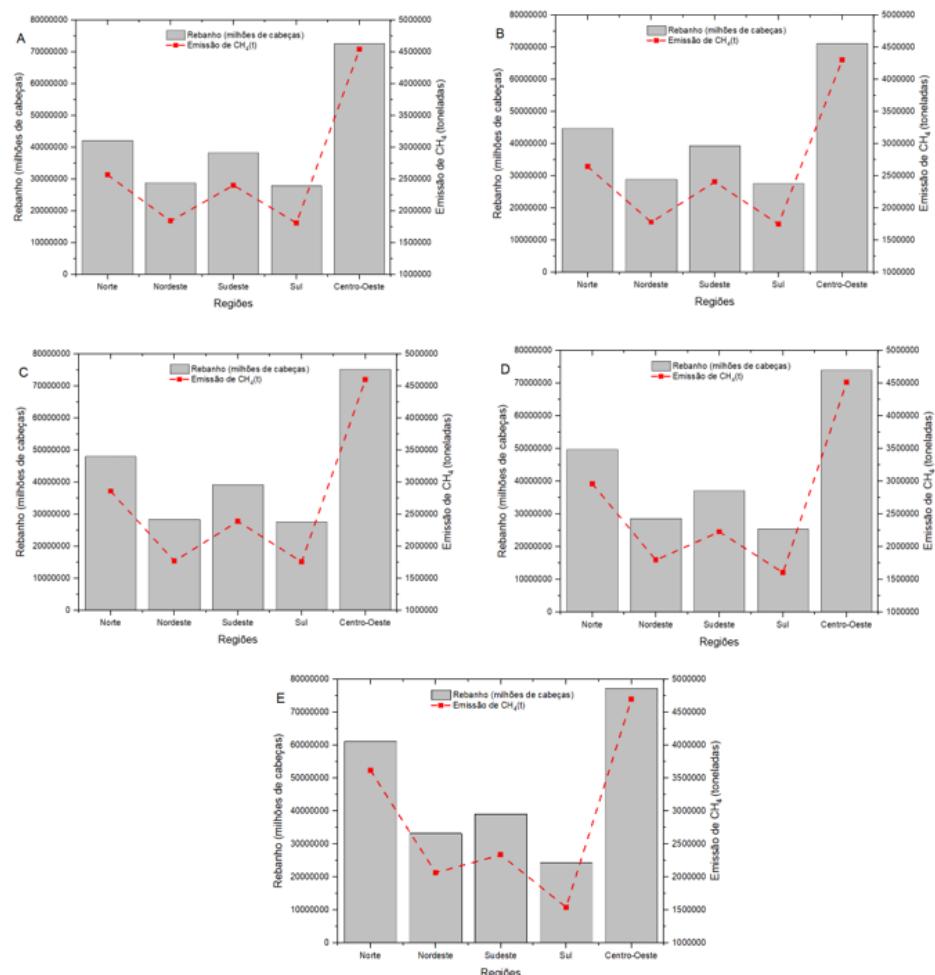
A pecuária bovina ocupa posição estratégica na economia brasileira, contribuindo de forma expressiva para a produção agropecuária nacional e para as exportações. A análise apresentada na Figura 1, retrata a evolução do rebanho bovino (em milhões de cabeças) e das emissões de metano entérico (CH_4) nas cinco grandes regiões do país em 2010 (A), 2013 (B), 2016 (C), 2019 (D) e 2022 (E). A revela padrões espaciais e temporais importantes para a compreensão das dinâmicas produtivas regionais. Observa-se que a estabilidade do rebanho bovino em nível nacional não se reflete em uniformidade nas emissões de CH_4 , as quais variam significativamente em função da eficiência dos sistemas de produção, do uso da terra e do grau de adoção tecnológica em cada região. Esses resultados reforçam a necessidade de implementação de políticas públicas de mitigação com enfoque regionalizado, alinhadas às especificidades ambientais e produtivas de cada território.

Entre 2010 e 2022, o Centro-Oeste consolidou-se como a principal região pecuária do Brasil, com rebanho superior a 70 milhões de cabeças e liderando consistentemente as emissões de metano entérico (CH_4), que superaram 450 mil toneladas ao longo de todo o período. Essa posição reflete a

elevada concentração de animais em estados como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, aliados a sistemas produtivos majoritariamente extensivos, ainda que se observe crescente adoção de práticas intensificadas e de integração lavoura-pecuária. A região Norte apresentou a maior expansão relativa do rebanho e das emissões, destacando-se a partir de 2016, quando ultrapassou o Sudeste e se aproximou do Nordeste em emissões absolutas. Esse crescimento está vinculado à expansão da fronteira agropecuária, especialmente no Pará, onde predominam sistemas menos eficientes em termos ambientais (Luna e Klein, 2023).

Sudeste e Nordeste mantiveram relativa estabilidade no rebanho e nas emissões, com destaque para o Sudeste, que apresentou práticas mais intensivas e estratégias de mitigação (De Oliveira et al., 2022). Já o Sul, com o menor rebanho nacional (cerca de 14 milhões de cabeças), foi a única região a registrar queda nas emissões, indicando possível transição para sistemas mais eficientes ou menor atividade pecuária.

Figura 1. Análise temporal da evolução do rebanho bovino (em milhões de cabeças) e das emissões de metano entérico (CH_4) associadas, nas regiões brasileiras nos anos de 2010 (A), 2013 (B), 2016 (C), 2019 (D) e 2022 (E).



Fonte: Adaptado pela autora de Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2025).

No entanto quando analisamos a evolução do rebanho bovino e as emissões de metano entérico (CH_4) entre os estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Pará nos anos de 2010 (A), 2013 (B), 2016 (C), 2019 (D) e 2022 (E), revelou padrões relevantes sobre o crescimento da atividade pecuária e sua eficiência ambiental ao longo do tempo (Figura 5A–E). Em 2010, havia uma relação direta entre o tamanho do rebanho bovino e as emissões de metano entérico (CH_4), com o estado de Mato Grosso destacando-se como principal produtor, ultrapassando 30 milhões de cabeças e 200 mil toneladas de CH_4 emitidas. Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás apresentavam rebanhos entre 20 e 25 milhões, com emissões variando de 160 a 180 mil toneladas, enquanto o Pará registrava os menores valores para ambos os indicadores.

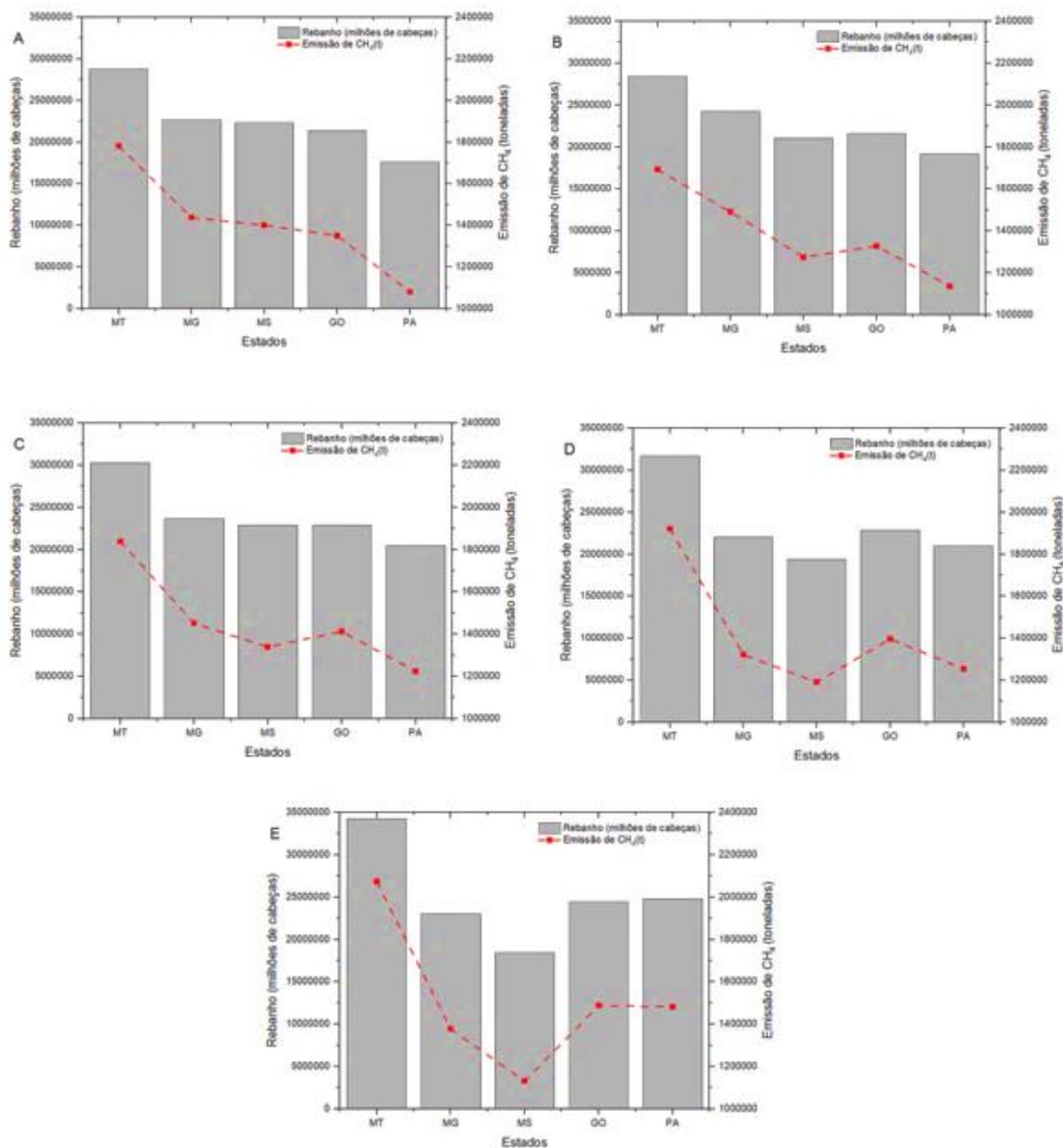
Nos anos seguintes, apesar da estabilidade ou do crescimento moderado dos rebanhos, observou-se uma tendência de estabilização ou leve queda nas emissões de metano a partir de 2013, possivelmente refletindo a possível adoção de práticas produtivas mais sustentáveis, como a suplementação alimentar, a recuperação de pastagens e a implantação de sistemas integrados, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Entre os estados analisados, o Pará destacou-se pelo expressivo crescimento do rebanho bovino entre 2016 e 2022, superando Minas Gerais e Goiás. Esse avanço, no entanto, não foi acompanhado por aumento proporcional nas emissões de CH_4 , indicando ganhos em eficiência produtiva possivelmente vinculados ao uso de tecnologias mitigadoras. Mato Grosso permaneceu como o principal produtor e emissor, mas apresentou desaceleração no ritmo de crescimento das emissões frente ao rebanho, sugerindo maior sustentabilidade. Por sua vez, Mato Grosso do Sul manteve os menores valores de rebanho e emissão ao longo do período, com estabilidade nos indicadores, o que pode refletir estratégias de manejo mais eficientes e controle ambiental mais rigoroso.

Ao comparar os dados das regiões com os dos principais estados produtores, nota-se uma coerência interna entre os grandes centros produtores e as macrorregiões correspondentes. A forte representatividade do Centro-Oeste pode ser explicada, sobretudo, pela dominância do Mato Grosso, que sozinho concentra volume expressivo do rebanho nacional e das emissões. De forma semelhante, a ascensão da região Norte nas emissões totais pode ser atribuída em grande parte ao crescimento do Pará, o único estado da região presente entre os cinco maiores produtores.

Por outro lado, a participação do Sudeste e do Sul, que apresentam maior diversificação econômica e uso de tecnologias intensivas, tende a estabilizar ou reduzir suas emissões, mesmo com rebanhos significativos, o que pode estar associado à maior eficiência produtiva e políticas regionais voltadas à sustentabilidade. Essa comparação evidencia que as emissões de metano não seguem linearmente o tamanho do rebanho, sendo também influenciadas por fatores como manejo, intensidade

dos sistemas produtivos e políticas públicas de mitigação. Portanto, estratégias eficazes de redução das emissões devem considerar essas dinâmicas regionais e estaduais, promovendo tecnologias adaptadas ao contexto produtivo de cada localidade.

Figura 2. Análise temporal da evolução do rebanho bovino (em milhões de cabeças) e das emissões de metano entérico (CH_4) associadas, nos estados do Mato Grosso (MT), Minas Gerais (MG), Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO) e Pará (PA), para os anos de 2010 (A), 2013 (B), 2016 (C), 2019 (D) e 2022 (E).



Fonte: Adaptado pela autora de Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2025).

4 CONCLUSÃO

A análise temporal e espacial da pecuária bovina brasileira entre 2010 e 2022 evidencia padrões heterogêneos na distribuição do rebanho e nas emissões de metano entérico (CH_4), revelando que tais emissões não seguem uma linearidade direta com o tamanho do rebanho, mas são moduladas por fatores como eficiência dos sistemas produtivos, uso da terra, grau de intensificação tecnológica e políticas públicas regionais. A consolidação do Centro-Oeste como principal polo pecuário, notadamente em função da expressiva participação do estado de Mato Grosso, sustenta sua posição de liderança nas emissões. Por sua vez, o crescimento das emissões na região Norte está fortemente associado à expansão da pecuária no Pará, ainda marcada por práticas menos eficientes.

Em contrapartida, Sudeste e Sul demonstram maior estabilidade ou decréscimo relativo nas emissões, possivelmente em decorrência da adoção de sistemas intensivos, suplementação nutricional e estratégias de mitigação. A análise dos dados estaduais complementa e corrobora os padrões regionais, destacando avanços na eficiência ambiental, sobretudo em estados como Mato Grosso do Sul e Pará. Neste sentido, a adoção de estratégias de mitigação das emissões de CH_4 devem ser formuladas com enfoque territorializado, promovendo a adoção de tecnologias sustentáveis adaptadas às condições produtivas e ambientais de cada região.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Grande Dourados/UFGD; a Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios; as agências de fomento; a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

REFERÊNCIAS

- AGRIPINO, Najara Escarião; MARACAJÁ, Kettrin Farias Bem; DE ARAÚJO MACHADO, Petruska. Sustentabilidade Empresarial no agronegócio: Percursos e implicações nas práticas brasileiras. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 7, p. e30210716567-e30210716567, 2021.
- BARDEN, Júlia Elisabete et al. Produção pecuária e desafios ambientais: agricultura familiar no Vale do Taquari, RS. *Interações* (Campo Grande), v. 25, n. 2, p. e2523836, 2024.
- CESÁRIO, Jonas Magno dos Santos; FLAUZINO, Victor Hugo de Paula; MEJIA, Judith Victoria Castillo. Metodologia científica: Principais tipos de pesquisas e suas características. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 5, n. 11, p. 23-33, 2020.
- DA SILVA CARDOSO, Abmael et al. Pasture management and greenhouse gases emissions. *Bioscience Journal*, v. 38, n. e38099, p. 1981-3163, 2022.
- DE CASTELO BRANCO, Lucivone Maria Peres et al. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) em projetos de responsabilidade social da indústria alimentícia de carnes e derivados. *Gestão & Regionalidade*, v. 39, p. e20238506-e20238506, 2023.
- DE OLIVEIRA, Vinícyo Luan Chagas et al. Estudo dos Agronegócios 4.0–Tecnologias, desafios e benefícios nos Agronegócios. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 13, p. e363111335379-e363111335379, 2022.
- DE SOUSA, Silvio Braz et al. Crédito rural e atividade pecuária bovina (2013-2016): distribuição espacial, finalidades e destinações/Rural credit and cattle ranching (2013-2016): spatial distribution, purposes and destinations. *Ra'e Ga*, v. 50, p. 183-207, 2021.
- DICK, Milene et al. Climate change and land use from Brazilian cow-calf production amidst diverse levels of biodiversity conservation. *Journal of Cleaner Production*, v. 342, p. 130941, 2022.
- DŽERMEIKAITĖ, Karina; KRIŠTOLAITYTĖ, Justina; ANTANAITIS, Ramūnas. Relationship between Dairy Cow Health and Intensity of Greenhouse Gas Emissions. *Animals*, v. 14, n. 6, p. 829, 2024.
- EDUARDO, Antônio Sérgio et al. Dimensionamento do setor sucroenergético no estado de Mato Grosso do Sul: uma aplicação através da matriz insumo-produto ano 2015: Dimensioning the sugar-energetic sector in the state of Mato Grosso do Sul: a deployment through the input-output in 2015. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 7, p. 54328-54341, 2022.
- ELDRIDGE, David J.; DING, Jingyi; TRAVERS, Samantha K. A global synthesis of the effects of livestock activity on hydrological processes. *Ecosystems*, v. 25, n. 8, p. 1780-1791, 2022.
- FARIAS, Aline Januário; BARREIROS, Nicoly. Análise da adoção da ASG (ambiente, social e governança) no mercado brasileiro e internacional. *Revista de Direito Internacional e Globalização Econômica*, v. 7, n. 07, p. 38-52, 2020.

FELLMANN, Thomas et al. Greenhouse gas mitigation technologies in agriculture: Regional circumstances and interactions determine cost-effectiveness. *Journal of Cleaner Production*, v. 317, p. 128406, 2021.

FUSHIMI, Melina; DE LIMA, Gabriela Narcizo; CAPOANE, Viviane. Changes in Land Use and Cover and Their Environmental Impacts in the Cerrado of Mato Grosso Do Sul, Brazil. *Sustainability*, v. 16, n. 10, p. 4266, 2024.

GIANETTI, Giovani William; DE SOUZA FERREIRA FILHO, Joaquim Bento. Pasture recovery, emissions, and the Brazilian Paris agreement commitments. *Land Use Policy*, v. 141, p. 107118, 2024.

LUNA, Francisco Vidal; KLEIN, Herbert S. A evolução da pecuária bovina no Brasil. *História Econômica & História de Empresas*, v. 26, n. 3, p. 561-598, 2023.

LUZ, Antônio da; FOCHEZATTO, Adelar. O transbordamento do PIB do Agronegócio do Brasil: uma análise da importância setorial via Matrizes de Insumo-Produto. *Revista de economia e sociologia rural*, v. 61, p. e253226, 2022.

MACHADO, JR F. Metodologias de pesquisa: um diálogo quantitativo, qualitativo e quali-quantitativo. *Devir Educação*, v. 7, n. 1, 2023.

PADHIARY, Mrutyunjay; KUMAR, Raushan. Assessing the environmental impacts of agriculture, industrial operations, and mining on agro-ecosystems. In: *Smart Internet of Things for Environment and Healthcare*. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 107-126.

PAREDES, Katherine Paola Tigmasa. Contribución de las emisiones de gas metano producidas por el ganado bovino al cambio climático. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, v. 5, p. e215-e215, 2022.

SANTOS, Ananias Francisco. Tendências e Desafios. Um estudo das percepções dos produtores rurais e representantes da agroindústria sobre o futuro do agronegócio brasileiro. *Revista Competitividade e Sustentabilidade*, v. 10, n. 1, p. 81-104, 2023.

SCHWERTNER, Johannes José Gottselig et al. Desempenho dos principais estados brasileiros exportadores de carne bovina (2000-2020). *SINERGIA-Revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis*, v. 26, n. 2, p. 27-45, 2022.

SEEG – Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em 10 de janeiro de 2025.

SEMADESC – Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação. Governo de Mato Grosso do Sul avança com o Roadmap Território Carbono Neutro como resposta estratégica às mudanças climáticas, 2024. Disponível em: <https://www.semadesc.ms.gov.br/governo-de-mato-grosso-do-sul-avanca-com-o-roadmap-territorio-carbono-neutro-como-resposta-estrategica-as-mudancas-climaticas/>. Acesso em 10 de janeiro de 2025.

SKIDMORE, Marin Elisabeth et al. Sustainable intensification in the Brazilian cattle industry: the role for reduced slaughter age. *Environmental Research Letters*, v. 17, n. 6, p. 064026, 2022.

VOGEL, Everton et al. Environmental efficiency and methane abatement costs of dairy farms from Minas Gerais, Brazil. Food Policy, v. 119, p. 102520, 2023.

WALTER, Arnaldo. Emissões de gases de efeito estufa no setor de energia, no Brasil. Revista Brasileira de Energia, v. 21, p. 103-115, 2021.