UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

Emissões de Metano na Pecuária Brasileira: Estudo Comparativo de Cinco Estados e Implicações das Políticas Sustentáveis

Marília de Souza Pacheco

DOURADOS-MS
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS

Emissões de Metano na Pecuária Brasileira: Estudo Comparativo de Cinco Estados e Implicações das Políticas Sustentáveis

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, para obtenção do Título de Mestre em Agronegócios.

Discente: Marília de Souza Pacheco

Orientador: Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviaro

Coorientadora: Profa. Dra. Maria do Socorro Mascarenhas

DOURADOS-MS
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P116e Pacheco, Marília De Souza

Emissões de Metano na Pecuária Brasileira: Estudo Comparativo de Cinco Estados e Implicações das Políticas Sustentáveis [recurso eletrônico] / Marília De Souza Pacheco, Clandio Favarini Ruviaro, Maria do Socorro Mascarenhas. -- 2025.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Clandio Favarini Ruviaro.

Coorientadora: Maria do Socorro Mascarenhas.

Dissertação (Mestrado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em: https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio

1. Metano entérico. 2. Pecuária de baixo carbono. 3. Sustentabilidade agropecuária. I. Favarini Ruviaro, Clandio . II. Mascarenhas, Maria do Socorro. III. Ruviaro, Clandio Favarini. IV. Mascarenhas, Maria Do Socorro. V. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA POR MARÍLIA DE SOUZA PACHECO, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "AGRONEGÓCIOS E SUSTENTABILIDADE".

Aos vinte e três dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e cinco, às quatorze horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada **"Emissões de Metano na Pecuária Brasileira: Estudo Comparativo de Cinco Estados e Implicações das Políticas Sustentáveis"**, apresentada pela mestranda Marília de Souza Pacheco, do Programa de Pós-graduação em Agronegócios, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviaro/UFGD (presidente/orientador), Prof.ª Dr.ª Luciana Ferreira da Silva/UEMS (membro titular interno), Prof. Dr. Vinícius de Oliveira Ribeiro/UEMS (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer à candidata e aos integrantes da banca as normas a serem observadas na apresentação da Dissertação. Após a candidata ter apresentado a sua Dissertação, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada APROVADA. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 23 de julho de 2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br
CLANDIO FAVARINI RUVIARO
Data: 23/07/2025 18:27:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Clandio Favarini Ruviaro
Presidente/orientador

LUCIANA FERREIRA DA SILVA:26224648867
Assinado de forma digital por LUCIANA FERREIRA DA SILVA:26224648867
Dados: 2025.07.24 08:57:32 -04'00'

Prof.ª Dr.ª Luciana Ferreira da Silva
Membro Titular Interno

VINICIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO:00183405129
Assinado de forma digital por VINICIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO:00183405129
Dados: 2025.07.24 12:50:51 -04'00'

Prof. Dr. Vinícius de Oliveira Ribeiro
Membro Titular Externo

(PARA USO EXCLUSIVO DA PROPP)

ATA HOMOLOGADA PELO(A) PRÓ-REITOR(A) DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DA UFGD
PROPP/UFGD

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela força, perseverança e cuidado em todos os momentos. Sua presença constante, guiando meus caminhos, me mantendo firme nos momentos difíceis me fez chegar até aqui. A Ele graças e louvores sejam dados a todo o momento.

À minha mãe, meu exemplo de amor, força, fé, perseverança e sabedoria. Seu apoio e palavras de incentivo foram fundamentais para que eu pudesse chegar até aqui. Obrigada pelas orações incessantes e por acreditar em mim em todos os momentos.

À minha irmã, minha conselheira, que sempre esteve ao meu lado, compartilhando alegrias, desafios e palavras de encorajamento. Que cuidou do meu precioso tesouro, para que eu pudesse me dedicar aos estudos. Sem você eu não conseguiria. Obrigada pelo companheirismo e incentivo.

Ao meu filho, minha maior inspiração e razão de viver. Cada passo dessa jornada foi impulsionado pelo desejo de proporcionar um futuro melhor para você. Que esta conquista seja um exemplo de que, com dedicação e esperança, todos os sonhos podem ser realizados.

Ao meu orientador, professor Dr. Clandio Favarini Ruviaro, minha gratidão por sua orientação e compromisso em compartilhar conhecimento. Sua dedicação foi essencial para a realização deste trabalho e para meu crescimento acadêmico e pessoal. Ser sua orientanda foi um privilégio.

À minha coorientadora, professora Dr.ª Maria do Socorro Mascarenhas, agradeço pela paciência, pelo suporte, pelas contribuições valiosas e pelo cuidado em cada detalhe deste projeto. Sua tranquilidade, experiência e disponibilidade fizeram toda a diferença. Sem você isso não seria possível.

Aos amigos que me incentivaram, obrigada pelas palavras de apoio, pelos momentos de descontração, desabafo e por acreditarem em mim. Vocês são parte essencial desta conquista, e cada um de vocês tem um lugar especial em meu coração.

O meu muito obrigada...

Dedico este trabalho ao meu filho Rafael, meu maior tesouro, orgulho e inspiração de perseverança. Espero que o resultado deste esforço seja um exemplo para que seja estudioso, dedicado e persistente em qualquer situação em sua trajetória. Que você seja convicto no que acredita e nunca pare de sonhar. Tudo o que faço é pensando em você, por você. **A mamãe te ama**.

“A persistência é o caminho do êxito.” (Charles Chaplin)

Sumário

LISTAS DE ABREVIATURAS XI

LISTA DE TABELAS XIII

LISTA DE QUADROS XIV

LISTA DE FIGURAS XV

CAPÍTULO 1 – Considerações iniciais 16

Referências 25

CAPÍTULO 2 – Crescimento Regional da Pecuária e Emissões de Metano: Evidências em Estados Líderes da Produção 29

1. Introdução 29

2. Material e Métodos 33

3. Resultados e Discussão 37

4. Conclusão 50

5. Referências 50

CAPÍTULO 3 – Mato Grosso do Sul e a Mitigação do Metano na Pecuária: Análise de Estratégias Públicas 55

1. Introdução 55

2. Material e Métodos 58

3. Resultados e Discussão 60

4. Conclusão 70

5. Referências 72

CAPITULO 4 – Conclusão geral 76

ANEXOS 78

Emissões de Metano na Pecuária Brasileira: Estudo Comparativo de Cinco Estados e Implicações das Políticas Sustentáveis

RESUMO

A intensificação das mudanças climáticas impôs à agropecuária brasileira o desafio de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), em especial o metano entérico (CH_4) proveniente da fermentação ruminal de bovinos. Dada a relevância do país como maior exportador mundial de carne bovina, práticas de baixa emissão como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), recuperação de pastagens, manejo nutricional avançado e uso de bioinsumos tornaram-se centrais. Essas ações são fomentadas por políticas públicas, com destaque para o Plano ABC +, os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) e compromissos assumidos no Acordo de Paris. Para avaliar a efetividade dessas iniciativas, realizou-se um estudo exploratório qualitativo baseado em dados secundários de SEEG, IBGE, MAPA e literatura científica. Foram comparados indicadores de produtividade e emissões nos cinco principais estados pecuaristas (MS, MT, PA, GO e MG) no período 2010-2022, e analisados os programas estaduais alinhados ao Plano ABC +. Os resultados mostram avanços heterogêneos. Mato Grosso do Sul lidera em adoção de tecnologias de baixo carbono: ampla recuperação de pastagens, expansão de ILPF e SAFs, uso de bioinsumos, carne rastreável e metas de neutralidade climática pelo PROCLIMA e pelo projeto MS Carbono Neutro. Estados como Mato Grosso e Goiás também evoluíram, mas com menor amplitude de ações. Onde as políticas são mais consolidadas, observam-se ganhos de produtividade (maior peso de carcaça) e redução da intensidade de CH_4 por quilo de produto. Conclui-se que políticas públicas bem estruturadas, combinadas a inovação tecnológica e governança ambiental, são decisivas para compatibilizar eficiência econômica e mitigação de GEE. O exemplo sul-mato-grossense evidencia que integrar incentivos fiscais, capacitação, monitoramento e acesso a mercados de carbono possibilita uma pecuária competitiva e alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. A continuidade, transparência e expansão dessas estratégias regionais serão essenciais para consolidar a transição do Brasil rumo a uma agropecuária de baixo carbono.

Palavras-chave: Metano entérico. Pecuária de baixo carbono. Sustentabilidade agropecuária

Methane Emissions in Brazilian Livestock: A Comparative Study of Five States and Implications for Sustainable Policies

ABSTRACT

The intensification of climate change has imposed on Brazilian agriculture the challenge of reducing greenhouse gas (GHG) emissions, especially enteric methane (CH_4) from cattle rumen fermentation. Given the country's importance as the world's largest beef exporter, low-emission practices such as Integrated Crop-Livestock-Forestry (ILPF), pasture restoration, advanced nutritional management, and the use of bioinputs have become central. These actions are fostered by public policies, notably the ABC+ Plan, Payments for Environmental Services (PES), and commitments made under the Paris Agreement. To assess the effectiveness of these initiatives, a qualitative exploratory study was conducted based on secondary data from SEEG, IBGE, MAPA, and scientific literature. Productivity and emissions indicators were compared in the five main cattle-producing states (MS, MT, PA, GO, and MG) from 2010 to 2022, and state programs aligned with the ABC+ Plan were analyzed. The results show mixed progress. Mato Grosso do Sul leads the way in adopting low-carbon technologies: extensive pasture restoration, expansion of ILPF and AFS, use of bioinputs, traceable meat, and climate neutrality targets through PROCLIMA and the MS Carbon Neutral project. States like Mato Grosso and Goiás have also made progress, but with a smaller scope of action. Where policies are more consolidated, productivity gains (higher carcass weight) and a reduction in CH_4 intensity per kilogram of product are observed. The conclusion is that well-structured public policies, combined with technological innovation and environmental governance, are crucial for reconciling economic efficiency and GHG mitigation. The example of Mato Grosso do Sul demonstrates that integrating tax incentives, training, monitoring, and access to carbon markets enables a competitive livestock industry aligned with the Sustainable Development Goals. The continuity, transparency, and expansion of these regional strategies will be essential to consolidate Brazil's transition toward low-carbon agriculture.

Keywords: Enteric methane. Low-carbon livestock. Agricultural sustainability

LISTAS DE ABREVIATURAS

ABC+	Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC+, 2020–2030)
ABCZ	Associação Brasileira dos Criadores de Zebu
AGVs	Ácidos Graxos Voláteis
ALMG	Assembleia Legislativa de Minas Gerais
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CH_4	Metano
CO_2	Dióxido de Carbono
COP29	29ª Conferência das Partes da UNFCCC
FAEMG	Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais
FAO	Food and Agriculture Organization
FAMASUL	Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul
FAPEMAT	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso
FIP	Forest Investment Program (Programa de Investimento Florestal)
GEE	Gases de Efeito Estufa
GO	Goiás
H_2	Hidrogênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
LAPIG	Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MG	Minas Gerais
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
N_2O	Óxido Nitroso
NDCs	Contribuições Nacionalmente Determinadas
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PA	Pará
PCI	Produzir, Conservar e Incluir (Estratégia PCI)

PDAgro	Programa de Desenvolvimento da Agropecuária
PIB	Produto Interno Bruto
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PRECOCE MS	Subprograma Precoce MS (incentivo à carne de qualidade)
PROAP	Programa de Apoio à Produção (no contexto agropecuário de MS)
PROCLIMA	Programa Estadual de Mudanças Climáticas (MS)
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
SAFs	Sistemas Agroflorestais
SciELO	Scientific Electronic Library Online
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SEMADESC	Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação de Mato Grosso do Sul
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores utilizados para as análises dos dados. 33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Programas e Estratégias Sustentáveis Alinhados ao Plano ABC+ nos principais Estados Brasileiros de destaque na pecuária. 58

Quadro 2 – Ações sustentáveis implementadas em Mato Grosso do Sul. 65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dinâmica do rebanho bovino nas regiões brasileiras no período de 2010-2022. 35

Figura 2 – Quantitativo do rebanho bovino por estado, no período de 2010-2022. 36

Figura 3 – Emissões de metano (CH_4) por região do Brasil, no período de 2010-2022. 38

Figura 4 – Emissões de metano (CH_4) por estado, no período de 2010-2022. 40

Figura 5 – Níveis de vigor das pastagens. 41

Figura 6 – Evolução espacial do vigor das pastagens no Brasil entre os anos de 2010 (A), 2013 (B), 2016 (C), 2019 (D) e 2022 (E). 43

Figura 7 – 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). 45

Figura 8 – Evolução da quantidade de animais abatidos (milhões de cabeças) e do peso total de carcaças bovinas (kg) nos estados de Mato Grosso (A), Goiás (B), Mato Grosso do Sul (C), Pará (D) e Minas Gerais (E), no período de 2010 a 2022. 63

CAPÍTULO 1 – Considerações iniciais

Nas últimas décadas, a intensificação das mudanças climáticas tem colocado em evidência a necessidade de compreender os mecanismos de emissão de gases de efeito estufa (GEE) e suas implicações para diferentes setores da economia, especialmente o agropecuário. Os GEE são compostos atmosféricos que retêm o calor irradiado pela Terra, contribuindo para o efeito estufa natural, mas, em concentrações elevadas, intensificam o aquecimento global (Abreu et al, 2024). Entre os principais GEE destacam-se o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), sendo o metano particularmente relevante no contexto da pecuária conforme a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2023).

O metano entérico é produzido principalmente durante o processo de fermentação entérica, realizado por microrganismos presentes no rúmen dos ruminantes, como os bovinos (Santos et al, 2023). Esse processo digestivo é uma das principais fontes de emissões de CH_4 no setor agropecuário (Min et al., 2022; Morgavi et al., 2023). Por possuir um potencial de aquecimento global aproximadamente 28 vezes superior ao do CO_2, o CH_4 representa um dos maiores desafios na busca por uma pecuária mais sustentável (Yoro & Daramola, 2020; Kumar & Aravindakshan, 2022)

Nesse cenário, surgem os sistemas de baixa emissão de carbono, que englobam práticas e tecnologias agropecuárias voltadas à redução das emissões de GEE, ao aumento da eficiência produtiva e à conservação dos recursos naturais. Tais estratégias incluem o manejo integrado do solo, a recuperação de pastagens degradadas, o uso de tecnologias alimentares de mitigação e os sistemas integrados de produção, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (Abreu et al., 2024). Essas práticas são essenciais para alinhar a produtividade agropecuária às exigências ambientais e às metas internacionais de mitigação climática.

O Brasil passou a ocupar uma posição de grande visibilidade internacional no setor agropecuário. No entanto, essa visibilidade também tem implicado maior responsabilidade frente às questões ambientais globais. À medida que o país amplia sua atuação nos mercados externos, cresce a cobrança por práticas sustentáveis que atendam aos critérios socioambientais exigidos por

consumidores e organismos internacionais (Ayres; Caram, 2025). Com isso, a sustentabilidade da produção agropecuária brasileira torna-se cada vez mais relevante, especialmente no que diz respeito à mitigação de impactos ambientais e à redução das emissões de gases de efeito estufa.

O agronegócio brasileiro desempenha um papel estratégico na economia, contribuindo com aproximadamente 27% do Produto Interno Bruto (PIB) e representando cerca de 47% das exportações nacionais, conforme dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA, 2025). Além de garantir a produção de alimentos, o setor gera milhões de empregos diretos e indiretos, consolidando-se como um dos principais pilares econômicos do país (CEPEA, 2023). Sua competitividade no mercado global é sustentada por fatores como condições climáticas favoráveis, ampla disponibilidade de terras agricultáveis, avanços tecnológicos e uma cadeia produtiva robusta e bem estruturada (Sossa & Duarte, 2019).

A agropecuária ocupa cerca de 32,52% do território nacional (MapBiomas, 2023), com destaque para sua relevância internacional. Em 2020, o Brasil consolidou-se como o maior exportador mundial de carne bovina, atingindo 2,2 milhões de toneladas exportadas e detendo o maior rebanho comercial do mundo, com 217 milhões de cabeças de gado (Aragão & Contini, 2021; Brasil, 2021). Esses números refletem não apenas a capacidade produtiva do setor, mas também sua aptidão para atender a mercados altamente exigentes e competitivos. No entanto, o cenário global impõe desafios crescentes ao agronegócio, especialmente no que se refere à sustentabilidade e às metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE). O fortalecimento de políticas ambientais e os compromissos firmados em acordos ambientais exigem que os setores agropecuários se adaptem a padrões internacionais mais rigorosos (Thorstensen & Zuchieri, 2021).

Até a década de 1990, as preocupações ambientais na agropecuária eram limitadas, e muitas práticas produtivas não levavam em consideração seus impactos ecológicos (Gomes, 2019). Contudo, a partir dos anos 2000, a pressão global por sustentabilidade intensificou-se, impulsionando o agronegócio a adotar práticas mais responsáveis e ambientalmente sustentáveis (Pereira et al., 2024). Esse contexto levou à implementação de estratégias de mitigação de

impactos ambientais e ao alinhamento das cadeias produtivas às exigências do mercado global (Klink, Assunção & Vieira, 2021).

A transição para uma agropecuária sustentável tornou-se uma prioridade estratégica, não apenas para garantir acesso a mercados globais exigentes, mas também para reduzir a pegada ambiental do setor (Adisa et al., 2024). Em estados como Mato Grosso do Sul, esse desafio se torna ainda mais relevante, dada sua posição de destaque na produção agropecuária. A região precisa liderar iniciativas de adaptação que conciliem expansão produtiva e conservação ambiental (Reis et al., 2023).

A crescente conscientização dos consumidores em relação aos impactos ambientais da produção de alimentos, aliada ao endurecimento das normas e exigências internacionais, tem impulsionado o setor agropecuário brasileiro a reestruturar seus processos produtivos com foco em sustentabilidade e responsabilidade socioambiental (Amruddin et al., 2024). Essa mudança de paradigma reflete não apenas a busca por maior eficiência e menor impacto ambiental, mas também a necessidade de atender aos mercados globais, cada vez mais exigentes em critérios como rastreabilidade, pegada de carbono e uso responsável dos recursos naturais.

Nesse contexto, práticas como o manejo sustentável do solo tornam-se essenciais, uma vez que a degradação da terra compromete a produtividade a longo prazo e contribui significativamente para a emissão de gases de efeito estufa (GEE), sobretudo o óxido nitroso (N_2O), resultante do uso inadequado de fertilizantes nitrogenados (De Sousa Alves et al., 2021). A recuperação de áreas degradadas, a adoção do plantio direto, o uso racional de insumos e a rotação de culturas não apenas reduzem as emissões, mas também promovem a resiliência dos sistemas agrícolas diante das mudanças climáticas.

A adoção de tecnologias agrícolas de ponta, como a agricultura de precisão, sensores remotos, biotecnologia e softwares de gestão, tem possibilitado a otimização do uso de água, nutrientes e energia, tornando a produção mais eficiente e com menor impacto ambiental (Da Silva Freitas, Prudencio & Soares Filho, 2022). Essas ferramentas também permitem o monitoramento contínuo das condições do solo e das culturas, contribuindo para a tomada de decisão baseada em dados e a redução do desperdício de recursos.

Outro ponto importante é a substituição de práticas convencionais de alto impacto, como o uso intensivo de combustíveis fósseis e queimadas, por alternativas de baixo carbono, como o uso de bioinsumos, energias renováveis e sistemas integrados de produção. Essas estratégias são fundamentais para alinhar o agronegócio às Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) do Brasil e aos compromissos climáticos assumidos no âmbito do Acordo de Paris (Rajão et al., 2020). Assim, ao investir em inovação e sustentabilidade, o setor agropecuário não apenas responde às pressões ambientais e comerciais, mas também se posiciona como protagonista na transição para uma economia de baixo carbono, garantindo competitividade no cenário internacional e contribuindo efetivamente para o enfrentamento das mudanças climáticas.

Desafios ambientais e estratégias para mitigação de emissões no setor agropecuário

A pecuária brasileira, reconhecida pelo expressivo volume de carne e leite produzido, enfrenta o desafio de alinhar crescimento econômico com responsabilidade ambiental. Entre os gases de efeito estufa (GEE) emitidos pelo setor, o metano (CH_4) destaca-se pelo seu potencial de aquecimento global 28 vezes superior ao do dióxido de carbono (CO_2), enquanto o óxido nitroso (N_2O) se mantém como potente contribuinte para o aquecimento atmosférico e a destruição de ozônio (Yoro & Daramola, 2020; Kumar & Aravindakshan, 2022). Grande parte desse CH_4 provém da fermentação entérica em ruminantes, processo no qual o hidrogênio e dióxido de carbono são convertidos em metano. Esta fermentação ocorre no processo digestivo, em que microrganismos presentes no rúmen decompõem a matéria orgânica e produzem metano como subproduto, sendo posteriormente liberado através da eructação (Ribeiro et al., 2020). Estima-se que esse processo seja responsável por aproximadamente 50% das emissões totais de GEE do setor pecuário, o que evidencia a necessidade de ações específicas voltadas à redução desse tipo de emissão (Ribeiro et al., 2020; Min et al., 2022; Morgavi et al., 2023). Além disso, práticas inadequadas de manejo do solo, degradação de pastagens, uso excessivo de fertilizantes nitrogenados e descarte incorreto de resíduos orgânicos elevam as

emissões de N_2O e CO_2, ampliando os impactos ambientais da produção pecuária.

A expansão territorial da agropecuária brasileira, frequentemente realizada de forma desordenada e com baixo grau de tecnificação, contribui para a pressão sobre os biomas nativos, como o Cerrado e a Amazônia, além de gerar externalidades ambientais negativas, como o aumento do desmatamento, a compactação do solo e a perda da biodiversidade. Tais efeitos colocam em risco a capacidade do Brasil de cumprir suas metas climáticas internacionais, conforme os compromissos estabelecidos nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) e no Acordo de Paris (Rajão et al., 2020). Nesse cenário, torna-se urgente a implementação de sistemas produtivos sustentáveis e integrados, que promovam eficiência, conservação ambiental e agregação de valor à produção.

Entre as principais alternativas, destaca-se a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), um sistema multifuncional que associa diferentes componentes produtivos em uma mesma área, promovendo sinergias ecológicas e econômicas. A ILPF melhora a qualidade do solo, aumenta o sequestro de carbono, reduz a necessidade de insumos sintéticos e diversifica a renda do produtor, além de proporcionar conforto térmico aos animais, o que contribui para o bem-estar e produtividade. Diversos estudos têm demonstrado que a ILPF pode reduzir significativamente as emissões por unidade de produto e ainda recuperar áreas anteriormente degradadas, transformando passivos ambientais em ativos produtivos (Min et al., 2022; Morgavi et al., 2023).

Outra estratégia relevante é a substituição de insumos convencionais por alternativas mais eficientes e menos impactantes. O uso de fertilizantes de liberação controlada, por exemplo, permite uma liberação gradual e sincronizada do nitrogênio no solo, minimizando as perdas por volatilização e lixiviação. Essa prática reduz as emissões de óxido nitroso (N_2O), que possui um potencial de aquecimento global 298 vezes maior que o CO_2, além de melhorar a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas (De Sousa Alves et al., 2021). Em ambientes tropicais, onde as perdas de nitrogênio são elevadas devido às condições climáticas, essa tecnologia tem se mostrado promissora tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.

No campo da nutrição animal, a adoção de dietas de baixo impacto ambiental representa um avanço significativo na mitigação das emissões de metano entérico. A inclusão de compostos bioativos, como taninos condensados, que reduzem a metanogênese ao precipitar proteínas e inibir microrganismos ruminais específicos; lipídeos, que interferem no metabolismo microbiano e diminuem a produção de hidrogênio disponível; nitratos, que atuam como aceptores alternativos de elétrons no rúmen, convertendo-se em nitrito e, posteriormente, em amônia, competindo diretamente com a formação de metano; e extratos de algas, ricos em bromoformo e capazes de inibir enzimas-chave da metanogênese (Rashama; Ijoma & Matambo, 2021), tem demonstrado alta eficiência na redução da formação de metano no ambiente ruminal.

A formulação de rações com maior digestibilidade e adequado balanceamento de fibras contribui para o aumento da eficiência alimentar e para a redução da produção de CH_4 por quilo de carne ou leite produzido (Morgavi et al., 2023). Tais práticas, quando integradas a ações de manejo reprodutivo, seleção genética e controle sanitário, ampliam os ganhos em sustentabilidade sem comprometer a rentabilidade do sistema. É importante ressaltar que as ações de mitigação precisam estar acompanhadas de políticas públicas robustas, que incentivem financeiramente os produtores a adotarem práticas sustentáveis e reconheçam os serviços ambientais gerados pela agropecuária de baixo carbono (Zhu & Chen, 2024). Instrumentos como o Plano ABC+, os mecanismos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e os créditos de carbono voltados ao setor agropecuário devem ser fortalecidos para garantir a escalabilidade das soluções, como salientado por Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG Brasil, 2023).

Nesse contexto, o investimento em capacitação técnica, assistência rural, inovação tecnológica e monitoramento por sensoriamento remoto é crucial para garantir que as estratégias de mitigação sejam aplicadas de forma efetiva e mensurável. Portanto, diante da pressão global por soluções sustentáveis e das oportunidades comerciais ligadas à transição ecológica, a pecuária brasileira encontra-se em um ponto de inflexão. Reduzir as emissões de GEE e promover a intensificação sustentável não são apenas exigências ambientais, mas também estratégias essenciais para a valorização dos produtos agropecuários

no mercado internacional, a segurança alimentar e a resiliência climática da produção rural.

Compromissos internacionais e políticas públicas de mitigação

A agenda climática global tem se tornado um dos principais vetores de transformação das políticas públicas voltadas ao setor agropecuário, especialmente em países com forte presença do agronegócio, como o Brasil. O marco inicial dessa governança multilateral foi o Protocolo de Quioto (1997), que estabeleceu metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) para países desenvolvidos, criando mecanismos como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permitiu a realização de projetos de mitigação em nações em desenvolvimento (Anderson, Broderick & Stoddard, 2020). Posteriormente, o Acordo de Paris (2015) representou uma mudança de paradigma ao envolver todos os países signatários, independentemente de seu nível de desenvolvimento, na responsabilidade de implementar estratégias nacionais de descarbonização, respeitando os princípios de equidade, capacidade técnica e justiça climática (Dos Santos Oliveira, 2023).

No contexto brasileiro, essa agenda ganhou força com o compromisso formalizado nas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), que preveem a redução de 53% das emissões líquidas de GEE até 2030, com a meta ambiciosa de alcançar a neutralidade climática até 2050 (Brasil, 2024). Essas metas representam não apenas um desafio político e técnico, mas também uma oportunidade estratégica para reposicionar o país como líder global em agropecuária sustentável, considerando sua biodiversidade, extensão territorial e capacidade produtiva.

Dentre as principais ações previstas para alcançar esses compromissos climáticos, destaca-se o Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) ciclo 2020–2030, elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. O plano visa consolidar a adoção de tecnologias sustentáveis e baseadas em ciência, com ênfase na mitigação e adaptação às mudanças climáticas no meio rural. Entre as práticas incentivadas estão a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), o plantio direto na palha, a fixação biológica de

nitrogênio, a recuperação de pastagens degradadas, o uso de bioinsumos e a gestão de resíduos orgânicos (MAPA, 2025).

Essas ações são particularmente relevantes porque conciliam redução de emissões com aumento da produtividade, permitindo que o país avance simultaneamente nas agendas econômica, ambiental e social. Por exemplo, a recuperação de pastagens e a adoção da ILPF não apenas aumentam o sequestro de carbono no solo, como também melhoram os indicadores zootécnicos, promovem o uso racional da terra e reduzem a pressão sobre áreas de vegetação nativa. Além disso, o Plano ABC+ incorpora a inovação tecnológica e o monitoramento por sensoriamento remoto, o que garante maior rastreabilidade, transparência e potencial de mensuração dos resultados climáticos e produtivos conforme a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC, 2024).

No cenário internacional, o alinhamento do Brasil com essas metas também representa uma vantagem competitiva significativa e estratégica. A crescente demanda por produtos com certificação de baixo carbono, sustentabilidade, rastreabilidade e respeito ambiental por parte de países importadores, especialmente da União Europeia, fortalece ainda mais a necessidade de políticas públicas integradas com os compromissos climáticos (Carbonell et al., 2021; Perosa; Newton & Da Silva, 2023). Ao mesmo tempo, a agenda climática global abre oportunidades relevantes para o país no mercado de créditos de carbono e pagamentos por serviços ecossistêmicos, que podem estimular de forma consistente a adoção de boas práticas no campo e ampliar o acesso a linhas de financiamento verde.

Dessa forma, a articulação entre compromissos multilaterais, políticas públicas nacionais e inovações tecnológicas no setor agropecuário evidencia que a sustentabilidade não é um entrave, mas sim uma via estratégica essencial para o fortalecimento e a competitividade do agronegócio brasileiro no século XXI. O desafio, agora, é garantir que as metas estabelecidas se convertam efetivamente em ações concretas, com apoio técnico especializado, capacitação contínua e incentivos econômicos robustos, especialmente para os pequenos e médios produtores, promovendo assim uma transição mais justa, inclusiva e duradoura.

Lacunas no conhecimento e justificativa do estudo

Embora a pecuária esteja no centro dos debates sobre sustentabilidade ambiental, sobretudo em países de forte vocação agropecuária como o Brasil, ainda existe uma lacuna significativa na literatura científica quanto às análises regionalizadas das emissões de metano (CH_4), especialmente no que se refere à fermentação entérica do rebanho bovino. A maior parte dos estudos disponíveis trata as emissões de forma agregada, adotando modelos médios que não capturam as variações nos sistemas de produção, características edafoclimáticas, práticas de manejo e políticas públicas locais (Rajão et al., 2020). Essa visão homogeneizadora compromete a eficácia de políticas públicas e de estratégias de mitigação, que devem ser territorialmente adaptadas para alcançar melhores resultados.

O Brasil possui dimensões continentais e uma pecuária marcada por diversidade tecnológica e estrutural entre as regiões. Estados como Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Goiás e Minas Gerais concentram importantes rebanhos bovinos e representam diferentes modelos de ocupação do território, intensificação produtiva e inserção em políticas de sustentabilidade. O Mato Grosso, por exemplo, tem avançado na adoção de sistemas integrados de produção, enquanto o Pará lida com pressões associadas à expansão da fronteira agropecuária e ao desmatamento. Essas nuances influenciam diretamente os níveis de emissão de CH_4 e a capacidade de implementação de estratégias de mitigação, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), a recuperação de pastagens degradadas e o uso de suplementos alimentares que reduzem a produção de metano entérico.

Além disso, alguns programas como o Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) e mecanismos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), vêm sendo implementados em diferentes graus nos estados brasileiros, buscando incentivar práticas mais sustentáveis (Marques, 2022). A avaliação do impacto e da aderência dessas políticas em contextos regionais distintos é essencial para seu aprimoramento e expansão. Da mesma forma, o alinhamento com metas internacionais, como os compromissos firmados no Acordo de Paris e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), exige uma base de

dados sólida e territorializada sobre as emissões do setor agropecuário (Ngan et al., 2022).

Neste cenário, o presente estudo propõe-se a avaliar comparativamente as emissões de metano entérico em cinco estados-chave da pecuária nacional, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Goiás e Minas Gerais, à luz das políticas públicas e práticas de manejo adotadas em cada um. Ao preencher essa lacuna, a pesquisa contribui com evidências científicas para orientar decisões estratégicas, promover ações coordenadas entre diferentes entes federativos e subsidiar cadeias produtivas mais resilientes e de menor impacto ambiental.

A ampliação do entendimento sobre as disparidades regionais é, portanto, um passo fundamental para fortalecer a competitividade da pecuária brasileira em mercados que cada vez mais demandam comprovações de rastreabilidade, sustentabilidade e redução das emissões de GEE. Dessa forma, estudos regionais como este não apenas promovem a governança ambiental no setor agropecuário, mas também reforçam o papel do Brasil como líder em soluções sustentáveis para a segurança alimentar e climática global.

Referências

ABREU, Natan Lima et al**.** Mudanças de uso da terra e emissão de gases de efeito estufa: uma explanação sobre os principais drivers de emissão**. Ciência Animal Brasileira**, v. 25, e77646P, 2024. DOI: 10.1590/1809-6891v25e-77646P.

ADISA, Olawale et al. A comprehensive review of redefining agricultural economics for sustainable development: Overcoming challenges and seizing opportunities in a changing world. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, v. 21, n. 1, p. 2329-2341, 2024.

AMRUDDIN, Amruddin et al. Sustainable Agricultural Practices and Environmental Stewardship: A Global Analysis of Farmer Adoption and Impact. Global International Journal of Innovative Research, v. 2, n. 3, p. 595-603, 2024.

ANDERSON, Kevin; BRODERICK, John F.; STODDARD, Isak. A factor of two: how the mitigation plans of ‘climate progressive’nations fall far short of Paris-compliant pathways. **Climate Policy**, v. 20, n. 10, p. 1290-1304, 2020.

ARAGÃO, A.; CONTINI, E. O agro no Brasil e no mundo: Uma síntese do período de 2000 a 2020. Embrapa. 2021.

AYRES, Marcela; CARAM, Bernardo. Brazil to push social diversity as criteria for sustainable investments at COP30. Reuters, 6 fev. 2025. Disponível em: https://reuters.com. Acesso em: 28 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo/Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. – Brasília: MAPA, 2021.

BRASIL. NDC - a ambição climática do Brasil. Disponível em: https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/mudanca-do-clima/NDC. Acesso em 10 de outubro de 2024.

CARBONELL, Sergio AM et al. Bioeconomy in Brazil: Opportunities and guidelines for research and public policy for regional development. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 15, n. 6, p. 1675-1695, 2021.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Mercado de trabalho no agronegócio: recorde histórico em 2023. Disponível em: https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Boletim%20Mercado%20de%20Trabalho%20do%20Agronegocio%20-%204T2023.pdf. Acesso em 18 de janeiro de 2025.

DA SILVA FREITAS, Gabriela; PRUDENCIO, Marcelo Falaci; SOARES FILHO, Cecílio Viega. O uso de tecnologias para reduzir impactos ambientais na intensificação da pecuária de corte. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e17611830416-e17611830416, 2022.

DE SOUSA ALVES, Danielle et al. A Importância das Medidas de Mitigação e Adaptação Frente às Mudanças Climáticas na Agropecuária Brasileira The Importance of Mitigation and Adaptation Measures to Climate Change in Brazilian Agriculture. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 11, p. 108413-108425, 2021.

DOS SANTOS OLIVEIRA, Izadora Gabriele. Créditos De Metano: Um Instrumento Para Mitigação Das Emissões De Gases De Efeito Estufa Provenientes De Resíduos Sólidos. **Revista de Ciências Jurídicas e Sociais-IURJ**, v. 4, n. 1, p. 69-85, 2023.

FAO**.** Caminhos para emissões mais baixas – uma avaliação global das emissões de gases de efeito estufa e opções de mitigação de sistemas agroalimentares pecuários. Roma: FAO, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.4060/cc9029en. Acesso em: 04 maio 2025.

GOMES, Cecília Siman. Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. **Cadernos do Leste**, v. 19, n. 19, 2019.

KLINK, Carlos Augusto; ASSUNÇÃO, Juliano; VIEIRA, Marcelo WB. É possível conciliar o agronegócio e a sustentabilidade. **Sustentabilidade no Agronegócio. São Paulo: Manole**, p. 175-200, 2021.

KUMAR, B. Mohan; ARAVINDAKSHAN, Sreejith. Carbon footprints of the Indian AFOLU (Agriculture, Forestry, and Other Land Use) sector: a review. **Carbon Footprints**, v. 1, n. 7, 2022.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária**.** O agronegócio brasileiro: dados e contribuições. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos /camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/infraestrutura-e-logistica/2023/87a-ro-08-02-2023/apres-mt-escoamento-da-safra.pdf. Acesso em 18 janeiro 2025.

MAPBIOMAS – Plataforma MapBiomas uso e cobertura, 2023. Disponível em: https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura?activeBaseMap. Acesso em 22 de janeiro de 2025.

MARQUES, Marta Inez Medeiros. Financiamento Ambiental, Mudanças Climáticas e o Agronegócio no Brasil. MIOLA, IZ et al. Finanças Verdes no Brasil: perspectivas multidisciplinares sobre o financiamento da transição verde. São Paulo: Blucher, p. 143-170, 2022.

MIN, Byeng-Ryel et al. Enteric methane emissions and animal performance in dairy and beef cattle production: Strategies, opportunities, and impact of reducing emissions. Animals, v. 12, n. 8, p. 948, 2022.

MORGAVI, D. P. et al. Reducing enteric methane emissions improves energy metabolism in livestock: is the tenet right?. **Anima**l, v. 17, p. 100830, 2023.

NGAN, Sue Lin et al. Social sustainability of palm oil industry: A review. **Frontiers in Sustainability**, v. 3, p. 855551, 2022.

PEREIRA, Mariana de A. et al. From traditionally extensive to sustainably intensive: a review on the path to a sustainable and inclusive beef farming in Brazil. **Animals**, v. 14, n. 16, p. 2340, 2024.

PEROSA, Bruno; NEWTON, Peter; DA SILVA, Ramon Felipe Bicudo. A monitoring, reporting and verification system for low carbon agriculture: A case study from Brazil. **Environmental Science & Policy**, v. 140, p. 286-296, 2023.

RAJÃO, Raoni et al. The rotten apples of Brazil's agribusiness. **Science**, v. 369, n. 6501, p. 246-248, 2020.

RASHAMA, Charles; IJOMA, Grace N.; MATAMBO, Tonderayi S. The effects of phytochemicals on methanogenesis: insights from ruminant digestion and implications for industrial biogas digesters management. **Phytochemistry Reviews**, v. 20, n. 6, p. 1245-1271, 2021.

REIS, Jordane Aparecida Vieira dos et al. Training Sources and Preferences for Agricultural Producers and Professionals in Middle-North Mato Grosso, Brazil. **Sustainability**, v. 15, n. 6, p. 4712, 2023.

RIBEIRO, Angelita Alecchandra et al. Comparison of methods to measure enteric methane emissions from ruminants: an integrative review. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e8259118143-e8259118143, 2020.

SANTOS, Luana Darze et al. Estimativa das emissões de metano entérico pelo rebanho bovino pantaneiro. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2023. 6 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado técnico, 124). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1159725. Acesso em: 04 maio 2025.

SEEG BRASIL. Para redução das emissões de gases de efeito estufa: soluções baseadas em evidências. São Paulo: SEEG, 2023. Disponível em: https://seeg.eco.br/2023/12/SEEG-SOLUCOES.pdf. Acesso em: 27 jun. 2025.

SOSSA, Codjo Olivier; DUARTE, Leandro Batista. Análise da competitividade internacional do agronegócio brasileiro no período de 2003 a 2013. **Desenvolvimento em Questão**, v. 17, n. 49, p. 59-78, 2019.

THORSTENSEN, Vera Helena; ZUCHIERI, Amanda Mitsue. OCDE e agricultura: meio ambiente e mudança climática. 2021.

UNFCCC. Brazil's Nationally Determined Contribution (NDC). Bonn: United Nations Framework Convention on Climate Change, 2024. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/Brazil_NDC_2024.pdf. Acesso em: 27 jun. 2025.

YORO, Kelvin O.; DARAMOLA, Michael O. CO2 emission sources, greenhouse gases, and the global warming effect. In: Advances in carbon capture. **Goodhead Publishing**, 2020. p. 3-28.

ZHU, Yaying; CHEN, Juan. How do we motivate farmers to adopt low-carbon production? Analysis of extrinsic incentives' internalization. **Journal of Environmental Psychology**, v. 94, p. 102186, 2024.

CAPÍTULO 2 – Crescimento Regional da Pecuária e Emissões de Metano: Evidências em Estados Líderes da Produção

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 desempenha papel central na configuração econômica, social e territorial, sendo um dos pilares do desenvolvimento regional. A produção de carne bovina se destaca como uma das principais atividades econômicas, consolidando o estado como um dos maiores exportadores do país e responsável por significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) estadual e nacional (Luz & Fochezatto, 2022; Eduardo et al., 2022). Além de movimentar cadeias produtivas locais, o setor impulsiona a geração de empregos, fomenta a arrecadação pública e promove a expansão da infraestrutura rural, com impacto direto em rodovias, armazéns, frigoríficos e redes de abastecimento (Santos, 2023).

Contudo, essa trajetória de crescimento também impõe desafios socioambientais significativos, sobretudo no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa (GEE). O estado de Mato Grosso do Sul figura entre os maiores emissores de metano (CH_4) do Brasil, sendo a fermentação entérica de bovinos a principal fonte dessas emissões. Essa condição é agravada pelo predomínio do sistema de manejo extensivo, com baixa taxa de lotação animal e baixa produtividade por hectare, que, por sua vez, estimula a abertura de novas áreas para pastagens, frequentemente por meio da conversão de vegetação nativa (Da Silva Cardoso et al., 2022).

O metano apresenta um potencial de aquecimento global 28 vezes superior ao do dióxido de carbono (CO_2) em um período de 100 anos, o que o torna um dos gases mais preocupantes no contexto das mudanças climáticas (Džermeikaitė, Krištolaitytė & Antanaitis, 2024). Por isso, a mitigação das emissões entéricas se configura como prioridade estratégica nas políticas públicas e nos programas de sustentabilidade climática, tanto em nível nacional quanto estadual (Fellmann et al., 2021). Além de contribuir para a redução da pegada de carbono da pecuária, a diminuição dessas emissões pode melhorar a eficiência energética do processo digestivo dos animais e, consequentemente, os índices produtivos, representando uma oportunidade de modernização e valorização ambiental da cadeia produtiva da carne.

Outro aspecto preocupante da expansão pecuária no Mato Grosso do Sul é o seu efeito sobre os ecossistemas naturais. A substituição de vegetação nativa por pastagens tem causado sérios impactos ambientais, como a perda de biodiversidade, alterações nos ciclos hidrológicos, erosão do solo e fragmentação de habitats, especialmente em áreas de transição entre o Cerrado e o Pantanal. Esses processos comprometem a resiliência ecológica regional e reduzem a capacidade de adaptação aos eventos climáticos extremos (Eldridge, Ding & Travers, 2022; Fushimi, De Lima & Capoane, 2024).

Em especial, o desmatamento para expansão da fronteira agropecuária pode representar uma ameaça à imagem do produto sul-mato-grossense nos mercados internacionais, cada vez mais exigentes em critérios de sustentabilidade. A crescente pressão dos mercados internacionais por produtos agropecuários sustentáveis reforça a necessidade de práticas que conciliem produtividade e conservação ambiental (Padhiary & Kumar, 2024).

Práticas sustentáveis e estratégias de mitigação de emissões

Diante desses desafios, Mato Grosso do Sul tem adotado estratégias inovadoras para promover uma pecuária mais sustentável. Entre as principais iniciativas destacam-se:

- Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) – Esse sistema combina culturas agrícolas, pecuária e florestas na mesma área de forma planejada, promovendo benefícios mútuos. Além de aumentar a

produtividade e recuperar a qualidade do solo, a ILPF contribui para o sequestro de carbono, reduzindo as emissões líquidas de GEE (Sousa et al., 2022). A presença de árvores nesses sistemas proporciona conforto térmico ao gado, melhorando o bem-estar animal e a eficiência produtiva.

- Recuperação de pastagens degradadas – Uma estratégia essencial para otimizar o uso da terra, reduzir a pressão por novos desmatamentos e aumentar a capacidade de sequestro de carbono pelo solo. O manejo inadequado das pastagens compromete a produtividade, e sua recuperação pode elevar a eficiência da produção e mitigar os impactos climáticos (Leite et al., 2023).

Essas iniciativas estão alinhadas às metas nacionais e internacionais de mitigação das emissões agropecuárias, contribuindo para o cumprimento dos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil.

O paradoxo brasileiro: grande produtor com altas emissões

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).

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). Disparidades regionais também influenciam o impacto ambiental da pecuária. 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.

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).

Pecuária sustentável: caminho para o futuro

A pecuária de Mato Grosso do Sul sustenta parcela expressiva do PIB estadual e responde por fatia relevante das exportações brasileiras de carne bovina, funcionando como motor de emprego, renda e modernização da infraestrutura rural (Luz & Fochezatto, 2022; Eduardo et al., 2022; Santos, 2023). Ao mesmo tempo, a predominância de sistemas extensivos e a conversão de áreas nativas para pastagens colocam o estado entre os maiores emissores de metano (CH_4) do país, ampliando pressões sobre o Cerrado e o Pantanal (Da Silva Cardoso et al., 2022). Dada a elevada potência radiativa do CH_4—aproximadamente 28 vezes superior à do CO_2 em horizonte de cem anos—sua contenção figura entre as prioridades globais de mitigação climática (Džermeikaitė, Krištolaitytė & Antanaitis, 2024; Fellmann et al., 2021).

Para reduzir essa pegada climática sem comprometer a competitividade do setor, a transição para sistemas produtivos de baixa emissão passou a ocupar posição central na agenda pública estadual e federal. Diversas políticas públicas têm sido propostas e implementadas como estratégias para conciliar ganhos de produtividade, conservação dos recursos naturais e atendimento a nichos de mercado cada vez mais exigentes quanto à neutralidade de carbono (SEMADESC, 2024).

Diante desse contexto, este estudo propõe avaliar e comparar as emissões de metano (CH_4) 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 CH_4 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 CH_4, 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 do software R (versão 4.3.1) para elaboração de gráficos, análise de tendências e cálculo de correlações simples entre rebanho e emissões de CH_4.

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) – Base de dados científica que reúne publicações relevantes em diversas áreas do conhecimento.

- Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) – Fonte especializada na quantificação das emissões de gases de efeito estufa no Brasil.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Órgão oficial responsável por estatísticas e dados sobre produção agropecuária, uso da terra e impactos ambientais.

- Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) – informações sobre políticas públicas como o Plano ABC+ e programas estaduais de mitigação de emissões.

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

2.3. Critérios de inclusão e exclusão

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

2.3.1. 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;
- Pesquisas com enfoque direto no tema, incluindo estudos sobre pecuária, fermentação entérica e emissões de metano.

2.3.2. 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.

2.4. Indicadores utilizados

A utilização de indicadores constitui uma ferramenta metodológica imprescindível para análises comparativas que envolvem variáveis ambientais e produtivas, pois permitem a conversão de dados brutos em métricas interpretáveis, ajustadas às particularidades de escala, estrutura produtiva e grau de adoção tecnológica de cada localidade (Rocha; Dufloth, 2009; Gonçalves; De Santana, 2021). Assim, são essenciais para a realização de uma análise robusta que permita identificar padrões, comparar desempenhos e orientar políticas públicas direcionadas à mitigação das emissões e ao aprimoramento da sustentabilidade da atividade pecuária nos estados analisados.

Tabela 1 – Indicadores utilizados para as análises dos dados.

Indicador	Definição	Unidade de Medida	Fonte
Emissões Absolutas de Metano (CH_4)	Quantidade total de metano emitido pela fermentação entérica de bovinos	Toneladas (t)	SEEG (Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de GEE)
Efetivo Bovino	Número total de cabeças de gado bovino registradas no estado	Cabeças de bovinos	IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)
Área de Pastagens	Superfície territorial ocupada por pastagens naturais e cultivadas destinadas à pecuária	Hectares (ha)	IBGE e MapBiomas
Taxa de Emissão por Cabeça	Emissões absolutas divididas pelo efetivo bovino (eficiência ambiental relativa)	Toneladas de CH_4 por cabeça (t CH_4/cabeça)	Cálculo próprio a partir dos dados do SEEG e IBGE
Área com Práticas Sustentáveis	Área implementada com Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), sistemas agroflorestais (SAFs) e recuperação de pastagens	Hectares (ha)	MAPA (Ministério da Agricultura e Pecuária) e relatórios estaduais
Proporção de Práticas Sustentáveis	Área com práticas sustentáveis em relação à área total de pastagens	Percentual (%)	Cálculo próprio baseado em MAPA, IBGE e MapBiomas

Fonte: Elaborada pela autora com base nos principais dados encontrados na pesquisa.

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. Os dados obtidos estão disponibilizados nos Anexos.

3. Resultados e Discussão

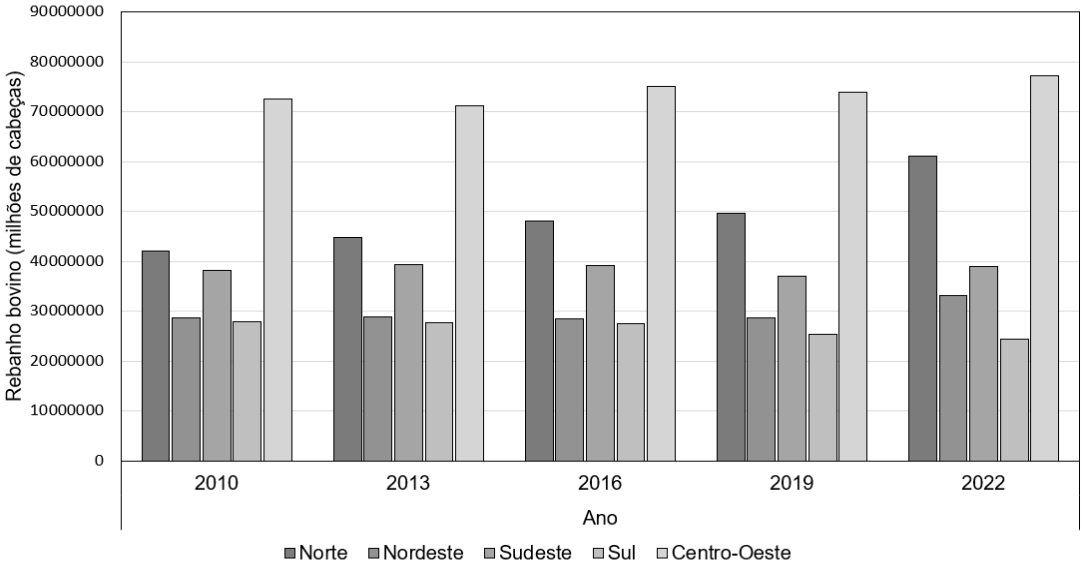
A pecuária desempenha um papel essencial na economia brasileira, sendo responsável por uma parte significativa da produção de alimentos e das exportações do país. A análise dos dados revelou pouca variação no crescimento do rebanho bovino ao longo do período analisado, sugerindo que esse comportamento pode estar relacionado a mudanças nos padrões de manejo, dinâmicas econômicas, políticas públicas ou fatores ambientais que influenciaram o setor (Figura 1).

No que se refere à evolução da distribuição do rebanho bovino nas regiões brasileiras entre 2010 e 2022, observou-se que:

- Centro-Oeste: manteve-se como a principal região pecuária do país, com um crescimento moderado do rebanho, passando de 74 milhões para 76 milhões de cabeças;
- Norte: registrou o maior crescimento, aumentando de 46 milhões para 53 milhões de cabeças, impulsionado principalmente pela expansão em áreas de fronteira agrícola;
- Nordeste: apresentou estabilidade, com uma leve variação de 27 milhões para 28 milhões de cabeças;
- Sudeste: manteve um rebanho relativamente estável, variando entre 21 e 22 milhões de cabeças;
- Sul: permaneceu com o menor rebanho do país, em torno de 14 milhões de cabeças.

Essas diferenças regionais refletem fatores econômicos e ambientais específicos de cada região, incluindo a disponibilidade de pastagens, políticas de incentivo, infraestrutura produtiva e restrições ambientais. O crescimento expressivo no Norte pode estar associado à expansão da agropecuária em novas áreas de produção, enquanto a estabilidade no Sudeste e no Sul pode estar relacionada à maior intensificação da pecuária e diversificação econômica nessas regiões.

Figura 1 – Dinâmica do rebanho bovino nas regiões brasileiras no período de 2010-2022.



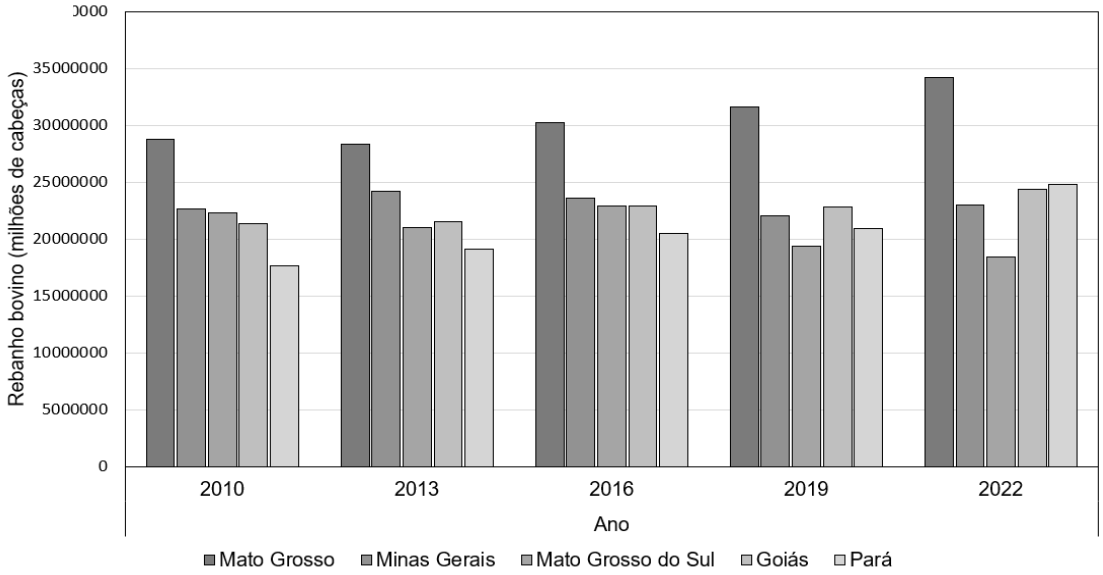
Fonte: Adaptado pela autora de Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA, 2025).

De acordo com Luna e Klein (2023), o crescimento da pecuária no Brasil tem sido impulsionado por um expressivo aumento na produtividade, alcançado por meio de melhorias no manejo e na eficiência dos processos produtivos. Esse avanço se deve, em grande parte, à incorporação de novas tecnologias, que resultaram em maiores ganhos de peso dos animais, redução das taxas de mortalidade, aumento da natalidade e menor idade de abate (De Oliveira et al., 2022).

A análise da evolução do rebanho bovino por estado, em milhões de cabeças, revela dinâmicas distintas de crescimento ao longo do período analisado (Figura 2):

- Mato Grosso destacou-se pelo crescimento consistente, aumentando de 28.757.438 cabeças em 2010 para 34.246.313 em 2022, o que representa o maior incremento absoluto e percentual entre os estados, com um acréscimo de 5.488.875 cabeças.
- Minas Gerais apresentou uma trajetória mais instável. O estado iniciou com 22.698.120 cabeças em 2010, atingiu um pico de 24.201.256 em 2013, mas experimentou declínio nos anos seguintes, encerrando 2022 com 22.993.105 cabeças.
- Mato Grosso do Sul registrou uma tendência de declínio contínuo, com seu rebanho reduzindo de 22.354.077 em 2010 para 18.433.728 em 2022.
- Goiás apresentou um crescimento moderado e gradual, passando de 21.347.881 cabeças em 2010 para 24.410.182 em 2022.
- Pará destacou-se como o segundo estado com maior crescimento absoluto e percentual, registrando um incremento de 7.157.721 cabeças, ao passar de 17.633.339 em 2010 para 24.791.060 em 2022.

Figura 2 – Quantitativo do rebanho bovino por estado, no período de 2010-2022.



Fonte: Adaptado pela autora de Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA, 2025).

Esses dados indicam que a evolução do rebanho bovino nos estados brasileiros está fortemente associada a fatores econômicos e produtivos, como a expansão da agropecuária, a disponibilidade de pastagens e a adoção de

tecnologias para intensificação da produção. Além disso, as variações observadas refletem diferenças regionais na gestão e no desenvolvimento da pecuária, evidenciando padrões distintos de crescimento e desafios específicos ao longo do período analisado.

A Figura 3 apresenta as emissões de metano (CH_4) provenientes da pecuária bovina por região do Brasil entre os anos de 2010 e 2022. Os dados evidenciam variações significativas no perfil regional das emissões ao longo do período, com destaque para o protagonismo da região Centro-Oeste, que se manteve como a maior emissora em todos os anos analisados. Essa região, que compreende importantes estados produtores como Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul, registrou emissões superiores a 4,5 milhões de toneladas de CH_4 em todos os anos, refletindo a elevada concentração de rebanhos bovinos e o caráter intensivo da produção pecuária local.

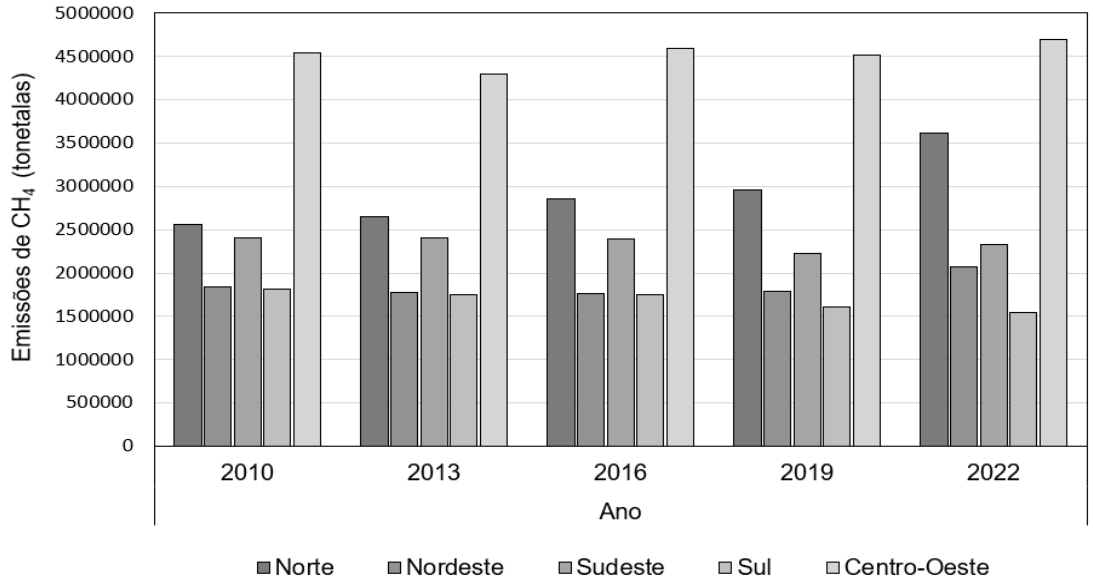
A região Norte apresentou um crescimento contínuo nas emissões ao longo da série temporal, com aumento mais expressivo a partir de 2016. Em 2022, as emissões do Norte superaram as registradas nas regiões Sudeste e Sul, aproximando-se das do Nordeste. Esse avanço pode ser atribuído à expansão da fronteira agropecuária, especialmente no estado do Pará, onde o rebanho bovino tem crescido de forma significativa. Tal crescimento pode estar relacionado ao uso de sistemas produtivos menos eficientes do ponto de vista ambiental, resultando em maior volume de emissões entéricas.

As regiões Sudeste e Nordeste mantiveram certa estabilidade nas emissões de metano ao longo do período analisado. No Sudeste, os valores variaram entre 2,3 e 2,5 milhões de toneladas, possivelmente devido à consolidação da estrutura pecuária e à adoção de práticas de mitigação, como suplementação alimentar e manejo intensivo. O Nordeste apresentou oscilações discretas e níveis intermediários de emissão, associados à predominância de sistemas extensivos com menor densidade animal. Já a região Sul foi a única a registrar uma leve tendência de redução nas emissões entre 2010 e 2022, possivelmente em função da substituição gradual da pecuária por atividades agropecuárias de maior valor agregado, da intensificação dos sistemas produtivos e da redução da área de pastagens em alguns estados.

De modo geral, os dados evidenciam a concentração das emissões de CH_4 na região Centro-Oeste, o crescimento significativo da região Norte e a

estabilização ou leve declínio das emissões nas demais regiões. Esses resultados refletem diferentes dinâmicas produtivas e reforçam a necessidade de estratégias regionais de mitigação das emissões, alinhadas às características específicas e ao nível tecnológico de cada região pecuária do Brasil.

Figura 3 – Emissões de metano (CH_4) por região do Brasil, no período de 2010-2022.



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

Entre 2002 e 2020, o estado de Mato Grosso destacou-se como líder nacional no crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), registrando uma taxa média anual de 5,42%, significativamente superior à média nacional de 1,96%, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023). Esse desempenho foi impulsionado, principalmente, pelo setor agropecuário, com contribuições relevantes da indústria e do setor de serviços.

Mato Grosso consolidou-se como o maior produtor de grãos do Brasil, sendo responsável por 29,3% da produção nacional. A soja representa 71,8% da produção estadual, enquanto o milho, na segunda safra, corresponde a 47,3% da produção nacional (IBGE, 2023). Além disso, o estado também possui o maior rebanho bovino do Brasil, reforçando sua posição de liderança na agropecuária (Heck, 2021).

A análise das emissões de metano (CH_4) provenientes da fermentação entérica de bovinos, expressas em toneladas, revela uma relação direta com o

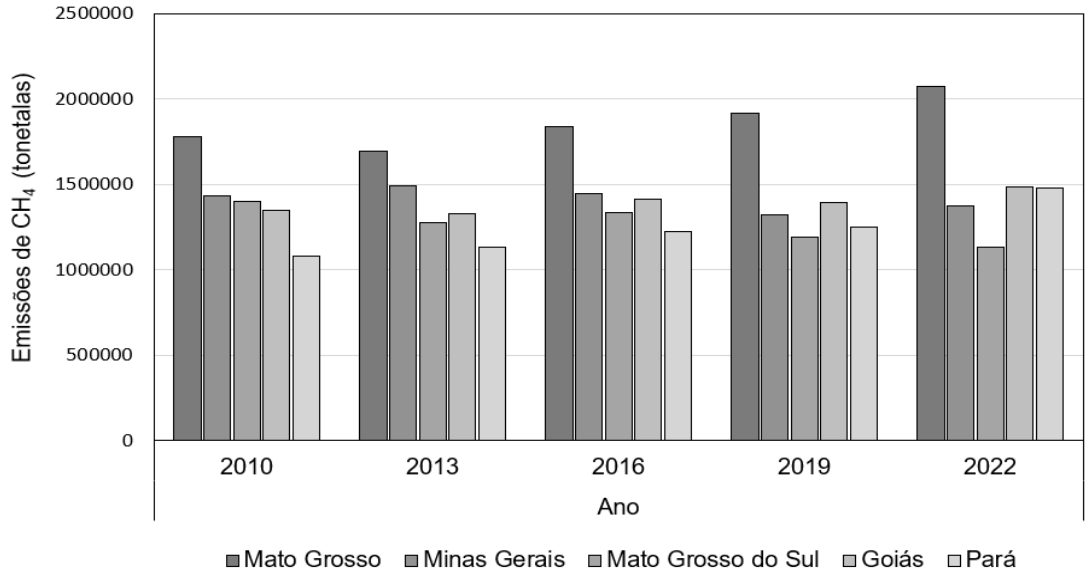
tamanho do rebanho bovino. Os dados indicam padrões distintos de crescimento e declínio entre os estados analisados (Figura 3):

- Mato Grosso apresentou um crescimento contínuo nas emissões de CH_4, passando de 1.781.356 toneladas em 2010 para 2.072.179 toneladas em 2022, acompanhando a expansão do rebanho no estado.
- Goiás também registrou crescimento, mas de forma mais moderada. Em 2010, as emissões eram de 1.350.050 toneladas, aumentando para 1.487.130 toneladas em 2022, o que representa um acréscimo de 137.080 toneladas.
- Pará destacou-se como o segundo estado com maior crescimento absoluto, passando de 1.079.104 toneladas em 2010 para 1.481.713 toneladas em 2022, um aumento de 402.609 toneladas. Esse crescimento expressivo está associado à expansão da pecuária em áreas de fronteira agrícola.
- Minas Gerais apresentou uma trajetória de declínio, iniciando com 1.437.100 toneladas em 2010, atingindo um pico de 1.489.989 toneladas em 2013, mas encerrando 2022 com 1.377.066 toneladas, representando uma redução de 60.034 toneladas.
- Mato Grosso do Sul registrou a maior redução absoluta no período analisado. Em 2010, as emissões eram de 1.400.709 toneladas, caindo para 1.130.604 toneladas em 2022, resultando em uma redução de 270.105 toneladas.

Essas variações podem estar associadas a fatores econômicos, sociais e ambientais específicos de cada estado, incluindo mudanças nos padrões de manejo, investimentos em intensificação pecuária, políticas ambientais e flutuações no mercado agropecuário. A redução observada em Mato Grosso do Sul e Minas Gerais pode indicar uma transição para sistemas produtivos mais eficientes e de menor impacto ambiental, enquanto o crescimento expressivo no Pará e Mato Grosso sugere uma expansão contínua da pecuária em novas áreas de produção. Pesquisas sobre emissões entéricas de metano na pecuária destacam a relação direta entre o tamanho do rebanho bovino e a produção de gases de efeito estufa (GEE). O Brasil, por possuir o maior rebanho bovino

comercial do mundo, registra emissões pecuárias significativas, contribuindo para a poluição atmosférica e os impactos climáticos globais (Adams et al., 2021; Oliveira et al., 2022).

Figura 4 – Emissões de metano (CH_4) por estado, no período de 2010-2022.



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

Estudos conduzidos por Mattei e Cunha (2021) demonstram que um aumento de 1% na população de gado resulta em um crescimento de 4,41% nas emissões de GEE ao longo do tempo, evidenciando a necessidade de estratégias eficazes para mitigar esses impactos.

No entanto, de acordo com Min et al. (2022), algumas abordagens podem ser adotadas para reduzir a intensidade das emissões, incluindo:

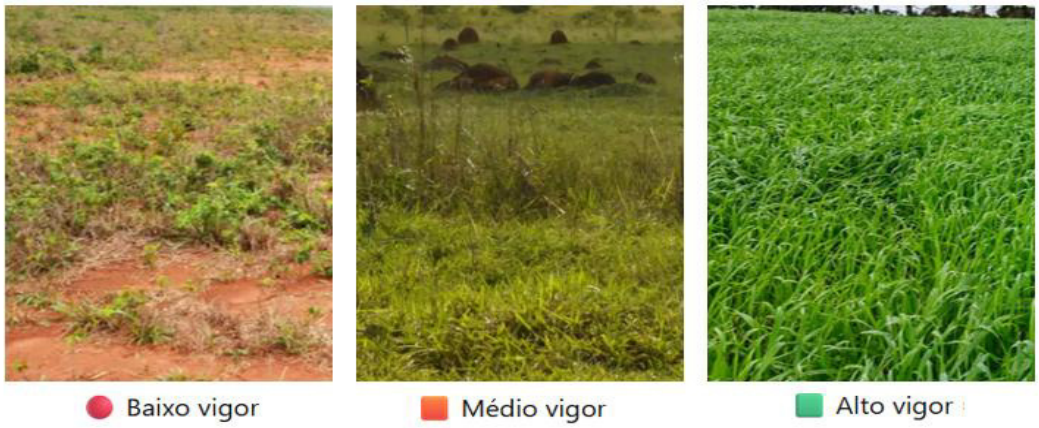
- Melhoria da eficiência alimentar – Otimizar a conversão dos nutrientes para reduzir a produção de metano por unidade de produto.
- Aprimoramento da eficiência produtiva – Sistemas mais eficientes diminuem a necessidade de grandes rebanhos para manter os mesmos níveis de produção.
- Suplementação com proteína e energia em pastagens tropicais – Estratégia que equilibra os nutrientes da dieta e pode mitigar as emissões

de metano, embora sejam necessários estudos adicionais para confirmar sua eficácia (De Carvalho et al., 2021).

Há um consenso de que existe uma relação entre as emissões de metano, a ingestão de matéria seca, a produção de leite e o ganho médio diário em bovinos de corte e leiteiros. No entanto, para compreender melhor essa dinâmica, são necessários estudos a longo prazo para estimar e reduzir a produção de metano entérico (Min et al., 2022).

A avaliação do vigor das pastagens ao longo do tempo constitui uma abordagem relevante para o monitoramento da sustentabilidade dos sistemas produtivos pecuários. O vigor da vegetação, é interpretado como a capacidade fotossintética, densidade da cobertura vegetal e potencial de crescimento da forragem, reflete de forma indireta o nível de manejo, a fertilidade do solo e o grau de degradação das áreas de pastagem conforme De Brito e Brito (2020). Assim, a classificação das pastagens pode ser realizada identificando três níveis de vigor: baixo, indicativo de pastagens degradadas, com vegetação escassa e baixa produtividade médio, associado a áreas ainda funcionais, mas que já demandam intervenções nutricionais e de manejo alto, referente a pastagens bem manejadas, com elevada taxa fotossintética e boa cobertura vegetal (Figura 5).

Figura 5 – Níveis de vigor das pastagens.



Fonte: Adaptado pela autora de De Brito e Brito (2020).

A análise do vigor das pastagens entre os anos de 2010, 2013, 2016, 2019 e 2022 revela uma variação espacial significativa nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Norte do Brasil, principalmente com destaque para os estados de

Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS), Goiás (GO), Minas Gerais (MG) e Pará (PA). Observou-se que entre 2010 e 2013, houve uma relativa estabilidade, com predomínio de áreas de médio e alto vigor, sobretudo em Goiás, no Triângulo Mineiro e em partes do Mato Grosso (Figura 6). No entanto, em 2016, verifica-se um ponto crítico, com ampla expansão de áreas classificadas com baixo vigor, sobretudo no Pará e em regiões de fronteira agrícola, o que pode ser associado à intensificação de eventos climáticos adversos, como secas prolongadas, e à baixa adoção de práticas conservacionistas. A partir de 2019, estados como Goiás e Mato Grosso do Sul apresentam sinais de recuperação, possivelmente devido à crescente adoção de práticas sustentáveis impulsionadas por políticas públicas como o Plano ABC+.

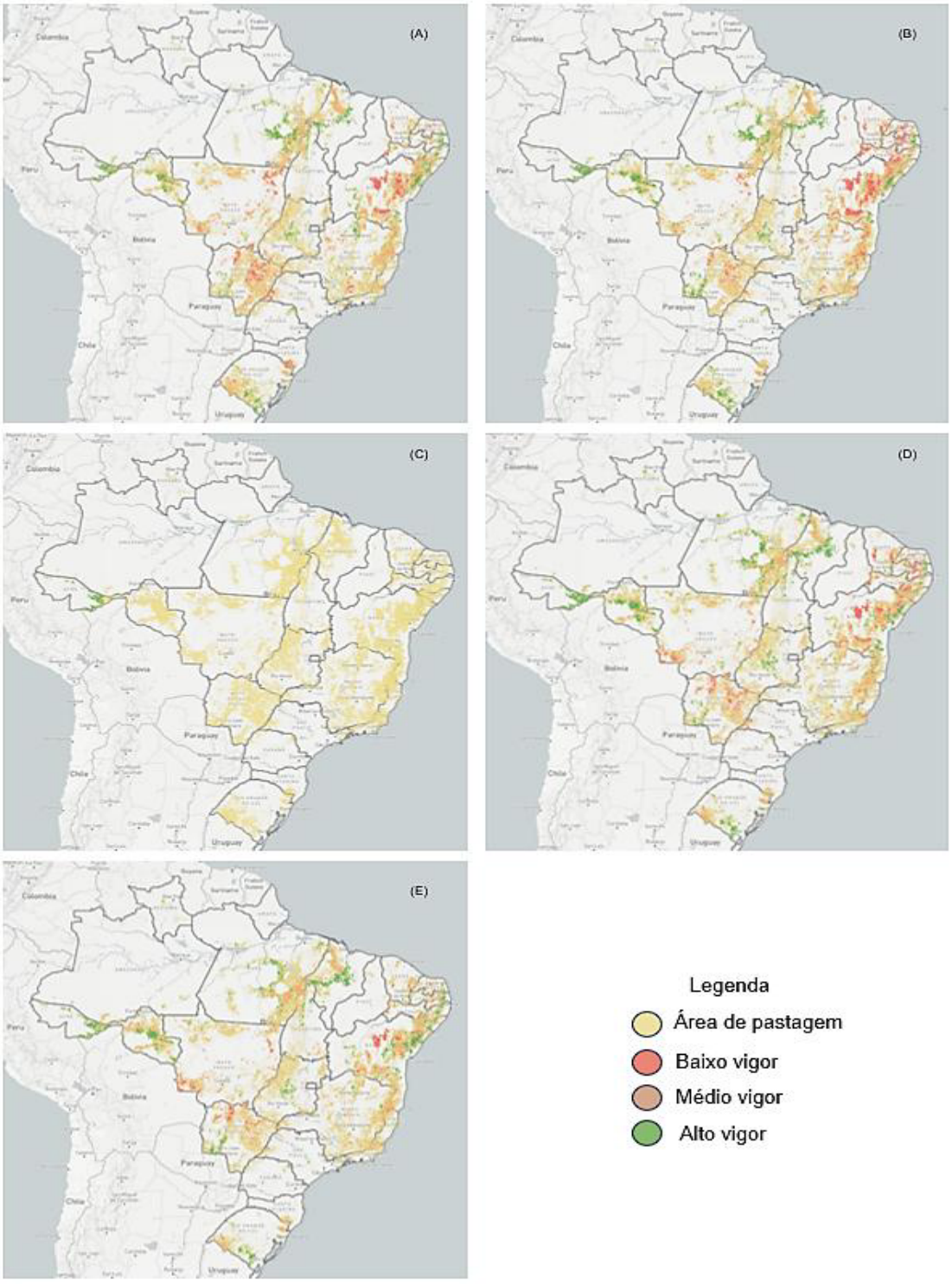
Do ponto de vista produtivo e ambiental, o vigor das pastagens está diretamente relacionado à eficiência na conversão alimentar e à intensidade das emissões de metano entérico (CH_4) (Machado et al., 2022). Estes mesmos autores salientam que pastagens com alto vigor oferecem maior valor nutricional, resultando em maior ganho de peso por unidade de tempo, redução do ciclo produtivo e, menores emissões por quilo de produto animal. Em contrapartida, áreas com baixo vigor exigem mais tempo e área por unidade produzida, elevando a pegada de carbono da produção e pressionando os ecossistemas.

Além disso, a degradação das pastagens implica diversos efeitos negativos, entre eles a redução da capacidade de sequestro de carbono do solo, o aumento do risco de erosão e a intensificação da perda de biodiversidade, fatores que comprometem diretamente a resiliência dos sistemas produtivos diante das mudanças climáticas (Hussain et al., 2021). No Cerrado e Pantanal, essa perda de cobertura vegetal afeta os serviços ecossistêmicos, incluindo a regulação hídrica, o controle biológico de pragas e a ciclagem de nutrientes, aprofundando a vulnerabilidade socioambiental das comunidades que dependem da pecuária.

Sob essa ótica, o vigor da pastagem não deve ser analisado apenas como um indicativo agronômico, mas como um marcador integrado de sustentabilidade que associa produtividade, conservação do solo e mitigação de emissões (Machado et al., 2022). A avaliação do vigor pode ser feita por meio de tecnologias de sensoriamento remoto, como índices de vegetação por satélite (ex.: NDVI), que permitem o monitoramento contínuo de grandes extensões

territoriais com alta resolução temporal. Isso torna possível a identificação precoce de áreas em processo de degradação, possibilitando a adoção de medidas corretivas com menor custo e maior eficiência.

Figura 6 – Evolução espacial do vigor das pastagens no Brasil entre os anos de 2010 (A), 2013 (B), 2016 (C), 2019 (D) e 2022 (E).



Fonte: Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG, 2025).

Nesse contexto, a análise do vigor das pastagens se apresenta como uma ferramenta estratégica para a formulação de políticas públicas, orientando a priorização de ações de recuperação ambiental, incentivos à adoção de tecnologias de baixo carbono como os sistemas integrados de produção (ILPF) e o manejo rotacionado de pastagens e o monitoramento da eficácia de programas como o Plano ABC+ (2020–2030).

A manutenção ou ampliação das áreas de alto vigor, especialmente nos estados com grande representatividade na pecuária nacional, como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Pará, é fundamental não apenas para garantir a competitividade do setor, mas também para o cumprimento dos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil no âmbito de suas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), estabelecidas no Acordo de Paris.

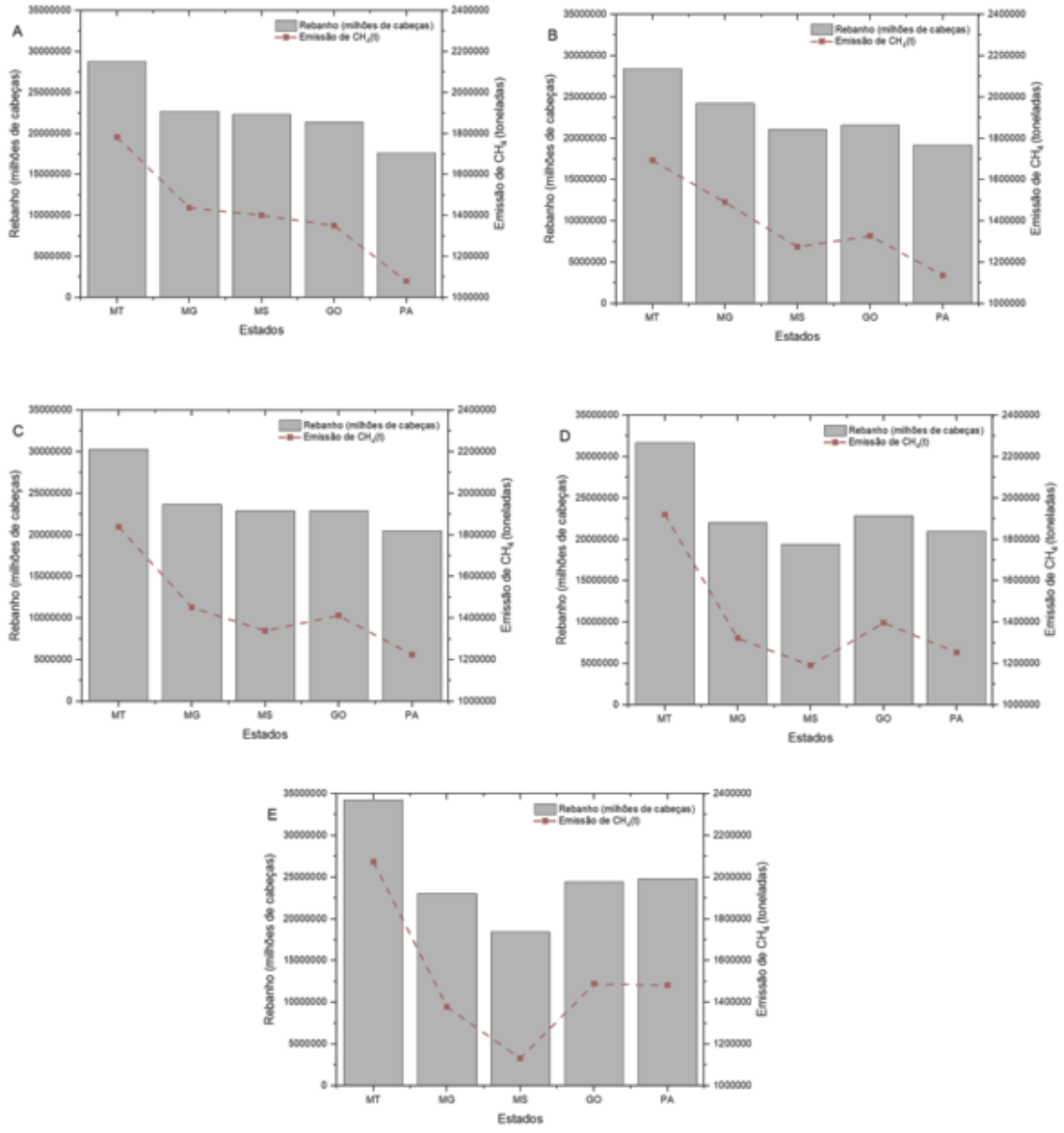
Adicionalmente, a recuperação e conservação de pastagens vigorosas contribuem para a geração de créditos de carbono e valorização ambiental dos produtos agropecuários brasileiros nos mercados internacionais, que cada vez mais exigem rastreabilidade, indicadores de sustentabilidade e neutralidade de carbono como critérios de acesso e competitividade. Portanto, o investimento na manutenção do vigor das pastagens deixa de ser uma questão apenas técnica e passa a integrar uma agenda estratégica para a segurança alimentar, a sustentabilidade ambiental e a valorização econômica da agropecuária nacional

A análise da evolução do rebanho bovino e das emissões de metano entérico (CH_4) entre os anos de 2010 e 2022 nos estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Pará revela padrões relevantes sobre o crescimento da atividade pecuária e sua eficiência ambiental ao longo do tempo (Figura 7A–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.

Desde 2013, as emissões de metano na pecuária brasileira apresentaram tendência de estabilização, mesmo com rebanhos estáveis ou em crescimento moderado. Esse cenário reflete o impacto positivo de práticas sustentáveis,

como a suplementação alimentar, a recuperação de pastagens e os sistemas integrados (ILPF). O Pará destacou-se pelo crescimento acelerado do rebanho entre 2016 e 2022, sem aumento proporcional nas emissões, sugerindo maior eficiência. Mato Grosso manteve-se como maior produtor e emissor, mas com desaceleração nas emissões, enquanto Mato Grosso do Sul registrou os menores índices, com estabilidade e eficiência ambiental ao longo do período.

Figura 7 – 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).



Fonte: Adaptado pela autora de Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2025). Apresentando as análises dos anos para os anos de 2010 (A), 2013 (B), 2016 (C), 2019 (D) e 2022 (E).

Esse descompasso entre a expansão da atividade pecuária e o crescimento das emissões aponta para ganhos reais de eficiência nos sistemas produtivos, especialmente no que se refere à conversão alimentar e à redução das emissões por unidade de produto. Nesse sentido, Machado et al. (2022) destacam que o manejo adequado das pastagens e a melhoria na qualidade nutricional das forragens elevam significativamente a produtividade animal, ao mesmo tempo em que contribuem para a mitigação das emissões entéricas de metano. Esses resultados reforçam o papel das práticas sustentáveis na dissociação entre crescimento produtivo e impacto ambiental, consolidando a intensificação eficiente como estratégia central para a construção de uma pecuária de baixo carbono no Brasil. No entanto, a rápida expansão da atividade em estados como o Pará exige atenção para garantir que esse avanço ocorra de forma ambientalmente responsável, assegurando a manutenção ou mesmo o aprimoramento da eficiência nas emissões de CH_4 por animal ou por unidade de produto.

A continuidade na implementação de medidas como a recuperação de pastagens degradadas, a adoção de sistemas integrados de produção como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e o uso estratégico da suplementação alimentar será determinante para compatibilizar o aumento da produtividade com os compromissos ambientais. De maneira geral, os dados apontam para uma evolução positiva em termos de sustentabilidade, com indícios de melhoria na relação entre o desempenho produtivo e o impacto ambiental. A redução da intensidade das emissões por unidade de produto desponta como um indicador-chave da eficiência dos sistemas pecuários, alinhando-se às metas estabelecidas pelo Plano ABC+ e contribuindo para o fortalecimento de uma pecuária de baixo carbono no Brasil.

Nesse contexto, destaca-se que estratégias como o manejo adequado das pastagens e a melhoria da qualidade da dieta animal são essenciais para aumentar a produtividade e, ao mesmo tempo, mitigar as emissões entéricas demonstrando o potencial da intensificação sustentável para dissociar crescimento produtivo e impacto ambiental (MACHADO et al., 2022).

4. Conclusão

O panorama de 2010 a 2022 mostra que o Brasil consolidou um rebanho bovino numeroso e relativamente estável, com predominância do Centro-Oeste e crescimento acelerado no Norte. Mato Grosso continua líder absoluto em cabeças de gado, mas sinaliza desaceleração nas emissões de metano; Pará, em contraposição, expande-se rapidamente tanto em rebanho quanto em emissões. Já Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás exibem leve variação nos plantéis e mantêm emissões mais moderadas, evidenciando maior estabilidade produtiva.

A evolução do vigor das pastagens ajuda a explicar esses contrastes: a estabilidade observada até 2013 foi rompida em 2016 por forte degradação sobretudo no Pará que elevou a intensidade de CH_4. A recuperação a partir de 2019 em Goiás e Mato Grosso do Sul revela o impacto positivo da recuperação de pastagens, da suplementação estratégica e dos sistemas integrados (ILPF) incentivados pelo Plano ABC+.

Os dados apontam para uma dissociação crescente entre tamanho do rebanho e emissões entéricas, resultado de ganhos de eficiência e de políticas públicas voltadas à intensificação sustentável. O êxito de estados que já apresentam emissões estáveis reforça a urgência de ampliar práticas mitigadoras, especialmente nas fronteiras pecuárias em expansão, para consolidar uma pecuária brasileira de baixo carbono.

5. Referências

ADAMS, Sander Martinho et al. Sistemas de produção de carne no Brasil e o passivo ambiental: uma revisão. Research, Society and Development, v. 10, n. 12, p. e212101220401-e212101220401, 2021.

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 caraterísticas. 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 BRITO, Brenda Nogueira; BRITO, Jorge Luís Silva. Mapeamento de qualidade em pastagens do Cerrado por meio de imagens Sentinel 2. Geografia Ensino & Pesquisa, p. e44-e44, 2020.

DE CARVALHO, Joilma Toniolo Honório et al. Metano entérico de bovinos de corte em condições de suplementação sob pastagem tropical Brachiaria brizantha cv. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 6, p. 59844-59854, 2021.

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. 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. 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.

GONÇALVES, Bruno Setton; DE SANTANA, José Ricardo. A state science and technology indicator: use of intellectual property as a proxy for technological innovation. Gestão & Regionalidade, v. 37, n. 111, p. 197-214, 2021.

HECK, Cláudia Regina. A expansão produtiva agropecuária no estado de Mato Grosso e seus impactos fundiários e ambientais a partir dos anos 2000. Informe Gepec, v. 25, n. 2, p. 62-84, 2021.

HUSSAIN, Sadam et al. Carbon sequestration to avoid soil degradation: A review on the role of conservation tillage. Plants, v. 10, n. 10, p. 2001, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama: Mato Grosso. 2023. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/ brasil/mt/panorama. Acesso em 20 de janeiro de 2025.

LAPIG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Atlas das Pastagens. Universidade Federal de Goiás. Disponível em: https://atlasdaspastagens.ufg.br. Acesso em: 27 jun. 2025.

LEITE, Fernanda Figueiredo Granja Dorilêo et al. Greenhouse gas emissions and carbon sequestration associated with Integrated crop–livestock–forestry (ICLF) systems. Environmental Reviews, v. 31, n. 4, p. 589-604, 2023.

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.

MACHADO, Juliana Medianeira et al. Strategies to mitigate the emission of methane in pastures: enteric methane: a review. Australian Journal of Crop Science, v. 16, n. 6, p. 682-690, 2022.

MATTEI, Taíse Fátima; DA CUNHA, Marina Silva. Emissão de gases do efeito estufa no Brasil: análise de curto e longo prazo. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 14, n. 4, p. 953-967, 2021.

MIN, Byeng-Ryel et al. Enteric methane emissions and animal performance in dairy and beef cattle production: Strategies, opportunities, and impact of reducing emissions. Animals, v. 12, n. 8, p. 948, 2022.

NACIMENTO, Rafael Araujo et al. Sustainability and Brazilian Agricultural Production: A Bibliometric Analysis. Sustainability, v. 16, n. 5, p. 1833, 2024.

OLIVEIRA, João Pedro da Costa Alves et al. Emissão e mitigação de gases do efeito estufa produzidos por bovinos. Archivos de zootecnia, v. 71, n. 274, p. 108-112, 2022.

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.

ROCHA, Elisa Maria Pinto da; DUFLOTH, Simone Cristina. Análise comparativa regional de indicadores de inovação tecnológica empresarial: contribuição a partir dos dados da pesquisa industrial de inovação tecnológica. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 14, p. 192-208, 2009.

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.

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br. Acesso em 20 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.

SOUSA, Mateus Pereira et al. Sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta. Brazilian Journal of Science, v. 1, n. 10, p. 53-63, 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.

CAPÍTULO 3 – Mato Grosso do Sul e a Mitigação do Metano na Pecuária: Análise de Estratégias Públicas

1. Introdução

O estado de Mato Grosso do Sul destaca-se no cenário brasileiro pelo seu robusto agronegócio, abrangendo a produção de grãos, carnes e fibras. Sua agricultura diversificada e a expressiva pecuária bovina desempenham um papel crucial na economia local. No entanto, essa atividade é uma fonte significativa de emissão de metano (CH4), um dos principais gases de efeito estufa (GEE) associados às mudanças climáticas (Paredes, 2022).

No setor agropecuário, a fermentação entérica dos bovinos representa uma das maiores fontes de emissão de metano. Esse processo ocorre no rúmen, o primeiro compartimento do estômago dos ruminantes, onde microrganismos, como bactérias, protozoários e arqueias, decompõem carboidratos complexos, como celulose e hemicelulose, presentes em alimentos fibrosos (Da Silva Miranda et al., 2024). Durante a fermentação, esses carboidratos são convertidos em ácidos graxos voláteis (AGVs), que fornecem energia ao animal, enquanto gases como hidrogênio (H2) e dióxido de carbono (CO2) são liberados. O metano gerado nesse processo é eliminado principalmente por eructação (arrotos) e, em menor grau, por flatulência (Pereira et al., 2022).

As emissões de metano da fermentação entérica contribuem significativamente para o aquecimento global, especialmente em países com grandes rebanhos bovinos, como o Brasil. Estados como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Goiás e Minas Gerais concentram a maior parte do rebanho brasileiro e, consequentemente, produzem volumes expressivos desse gás (De Carvalho et al., 2021). A quantidade de CH_4 emitida varia de acordo com fatores como a composição da dieta, a eficiência digestiva, o tamanho do rebanho e o manejo genético dos animais (Dressler et al., 2024). Dietas ricas em fibras, predominantes nos sistemas extensivos de pastagem, tendem a aumentar a produção de metano, enquanto a inclusão de alimentos mais energéticos, como grãos, pode reduzir essas emissões (Santander et al., 2023). Além disso, práticas de manejo sustentável, como a melhoria da qualidade das pastagens e

a suplementação alimentar estratégica, são alternativas promissoras para a mitigação desse gás.

Diversas estratégias têm sido desenvolvidas e testadas com o objetivo de reduzir as emissões de metano entérico (CH_4) na pecuária, especialmente diante dos compromissos ambientais assumidos pelo Brasil e da crescente exigência por uma produção agropecuária mais sustentável. Uma das abordagens mais promissoras envolve a suplementação alimentar com aditivos naturais, como taninos condensados, óleos essenciais e nitratos, que atuam na inibição das arqueias metanogênicas presentes no rúmen, responsáveis pela formação do metano durante a digestão fermentativa (Almeida et al., 2021). Além disso, práticas de melhoramento genético animal têm ganhado destaque, com foco na seleção de bovinos mais eficientes na conversão alimentar e com menor intensidade de emissão por unidade de produto.

Outras estratégias, como o manejo adequado de pastagens, a recuperação de áreas degradadas e a substituição parcial de forragens por alimentos concentrados, também são relevantes, pois permitem melhorar a qualidade da dieta e reduzir a produção de CH_4 por quilo de carne ou litro de leite produzido (Adams et al., 2021). A integração dessas técnicas com sistemas de monitoramento ambiental possibilita não apenas a mitigação efetiva das emissões, mas também ganhos em produtividade e competitividade, ampliando a inserção da pecuária brasileira em mercados internacionais que exigem compromissos com a sustentabilidade (Dos Santos Oliveira, 2023).

Reconhecendo a importância de alinhar o crescimento econômico ao equilíbrio ambiental, o governo de Mato Grosso do Sul tem adotado políticas públicas específicas para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na agropecuária. Um exemplo é a reformulação de sua legislação de incentivos fiscais, que passou a vincular benefícios tributários à adoção de tecnologias e práticas produtivas de baixo carbono (Ribeiro et al., 2024). Entre as ações incentivadas, destacam-se os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), que promovem o uso eficiente da terra, aumentam a produtividade e contribuem significativamente para a mitigação de GEE, consolidando o estado como referência nacional em estratégias sustentáveis para o setor agropecuário (Cordeiro et al., 2024).

Outra estratégia essencial para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa na pecuária é a recuperação de pastagens degradadas. Pastagens mal manejadas não apenas comprometem a produtividade animal, como também contribuem para o aumento das emissões de CO2, em virtude da degradação da matéria orgânica do solo e da perda de cobertura vegetal. A recuperação dessas áreas, por meio de práticas como correção do solo, adubação, introdução de espécies forrageiras mais resilientes e manejo rotacionado, promove o aumento da matéria orgânica no solo, melhora a sua estrutura física e eleva a capacidade de sequestro de carbono. Nesse sentido, o Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), coordenado pelo governo federal, tem sido um importante instrumento de orientação aos produtores, incentivando a adoção de tecnologias sustentáveis e resilientes, como a recuperação de pastagens, com foco na mitigação das emissões e na adaptação às mudanças climáticas (Da Rocha Mendes et al., 2024). Essa iniciativa contribui tanto para a conservação ambiental quanto para o aumento da eficiência produtiva, consolidando a pecuária de baixa emissão como uma estratégia viável e necessária no cenário agropecuário brasileiro contemporâneo.

Além das iniciativas estaduais, o Brasil tem assumido compromissos internacionais cada vez mais expressivos para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Durante a Conferência das Partes (COP29), o governo brasileiro reforçou sua posição como ator-chave na agenda climática global, apresentando metas mais ambiciosas de mitigação, com foco na eliminação do desmatamento ilegal, na restauração de áreas degradadas e na ampliação de práticas agrícolas de baixa emissão de carbono (Netto et al., 2021). Essas ações se articulam com políticas públicas estruturantes, como o Plano ABC+, que estimula tecnologias sustentáveis no campo, incluindo o uso eficiente de recursos naturais, o manejo integrado do solo e a intensificação produtiva com conservação ambiental.

Nesse contexto, o estado de Mato Grosso do Sul tem desempenhado um papel relevante ao alinhar o desenvolvimento do agronegócio com a sustentabilidade ambiental. Por meio da Secretaria de Meio Ambiente, Desenvolvimento, Ciência, Tecnologia e Inovação (SEMADESC, 2024), o estado tem promovido programas de incentivo à recuperação de pastagens, à adoção

de sistemas integrados e à redução da pressão sobre ecossistemas sensíveis. Essa abordagem integrada busca garantir competitividade econômica ao setor produtivo, ao mesmo tempo em que contribui para o cumprimento das metas nacionais e internacionais de redução de emissões.

A implementação de bioinsumos também tem ganhado relevância como alternativa para reduzir as emissões na agricultura. O uso desses insumos pode diminuir a dependência de fertilizantes químicos, cuja produção e aplicação estão associadas à liberação de óxido nitroso (N2O), um GEE com alto potencial de aquecimento global (Vidal & Dias, 2023). Entretanto, desafios persistem, pois a expansão agrícola pode levar a impactos ambientais adversos, como desmatamento e degradação de ecossistemas, resultando no aumento das emissões de GEE (Suela, et al., 2024). Conflitos territoriais, observados em Mato Grosso do Sul, evidenciam a necessidade de políticas públicas que conciliem desenvolvimento econômico, justiça social e conservação ambiental (Santos; Missio, 2021).

Notadamente, a adoção de práticas sustentáveis, incentivada por legislações estaduais e federais, aponta para um futuro em que a produção agropecuária pode coexistir harmoniosamente com a preservação ambiental. A continuidade e o fortalecimento dessas políticas são essenciais para que Mato Grosso do Sul alcance suas metas de sustentabilidade e contribua de forma efetiva para os compromissos climáticos nacionais e globais. Diante do exposto este estudo visou analisar as políticas públicas implementadas em Mato Grosso do Sul para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e analisar as estratégias de mitigação das emissões de metano na pecuária bovina.

2. Material e Métodos

2.1. Pesquisa exploratória

A presente pesquisa adotou uma abordagem exploratória, com o objetivo de analisar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas à pecuária bovina e avaliar as políticas públicas e práticas sustentáveis implementadas no estado de Mato Grosso do Sul. Considerando a relevância desse setor para a economia regional e seu impacto ambiental, o estudo buscou mapear as práticas

existentes, identificar lacunas no conhecimento e examinar as iniciativas voltadas à mitigação das emissões de GEE, incluindo aquelas vinculadas a programas de incentivo, como o Plano ABC+, e à adoção de tecnologias de baixo carbono que promovem maior eficiência produtiva.

A escolha da pesquisa exploratória se justifica por permitir uma abordagem ampla e flexível do tema, possibilitando um entendimento inicial aprofundado das interações entre o setor pecuário e os desafios impostos pelas mudanças climáticas. Essa abordagem também forneceu uma base para futuras investigações e para a formulação de recomendações direcionadas à adoção de práticas mais sustentáveis, considerando as especificidades regionais e o potencial de replicabilidade das estratégias analisadas.

Segundo Prodanov e De Freitas (2013), a pesquisa exploratória é um método apropriado para embasar a tomada de decisões, pois possibilita compreender um contexto de forma objetiva e fundamentada. Dessa forma, este estudo representa um ponto de partida para análises mais detalhadas e para a aplicação de metodologias complementares.

2.2. Estratégia de levantamento de informações

A coleta de dados foi realizada por meio de uma revisão bibliográfica sistematizada, baseada na análise de fontes secundárias diversificadas. O objetivo dessa estratégia foi identificar, reunir e organizar informações sobre as emissões de GEE na pecuária, as práticas de mitigação adotadas e as políticas públicas aplicadas ao estado de Mato Grosso do Sul.

A metodologia adotada visou garantir a abrangência e a confiabilidade das informações coletadas, permitindo a construção de uma visão integrada e atualizada do tema. Para isso, foram selecionadas fontes reconhecidas pela sua relevância científica e institucional, incluindo bases de dados, publicações técnicas e documentos governamentais.

2.3. Fontes de dados e processo de análise

Foram utilizadas fontes de dados primárias e secundárias, agrupadas nas seguintes categorias:

- Relatórios institucionais: Foram analisadas publicações de órgãos nacionais e internacionais, incluindo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Esses documentos forneceram informações estatísticas sobre a produtividade pecuária, o manejo do rebanho e as práticas de mitigação das emissões de GEE.
- Documentos governamentais: Foram examinadas leis, resoluções e programas públicos relacionados à mitigação das emissões de GEE na agropecuária. O Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) e outras iniciativas federais e estaduais foram analisados para compreender o escopo e a efetividade das políticas públicas voltadas à sustentabilidade do setor pecuário.

Após a coleta, os dados foram sistematizados e analisados de forma crítica. O processo envolveu a leitura detalhada das fontes, a extração das informações mais relevantes e a organização dos conteúdos em categorias temáticas para facilitar a interpretação dos resultados. Esse procedimento garantiu a coerência e a robustez das análises apresentadas no estudo.

3. Resultados e Discussão

O Plano ABC+ (Agricultura de Baixo Carbono) constitui um marco estratégico para a promoção de práticas sustentáveis na agropecuária brasileira, desempenhando um papel fundamental na mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e na adaptação do setor às mudanças climáticas. Sua implementação ocorre de maneira descentralizada, com ações específicas desenvolvidas no âmbito estadual, de modo a alinhar as diretrizes nacionais às particularidades produtivas e ambientais regionais. Esse modelo permite otimizar a eficiência produtiva e, simultaneamente, promover a conservação dos recursos naturais, resultando em impactos positivos tanto para a competitividade do agronegócio quanto para a sustentabilidade ambiental (Quadro 1).

Quadro 1 – Programas e Estratégias Sustentáveis Alinhados ao Plano ABC+ nos principais Estados Brasileiros de destaque na pecuária.

Estado	Programa/Estratégia e Metas	Ações	Referência
MT	A Estratégia PCI busca eficiência produtiva, conservação, recuperação, inclusão de 82 mil famílias e sequestrar 6 gigatoneladas de CO_2 até 2030.	O projeto visa recuperar pastagens, dobrar a produtividade, conservar vegetação, reduzir desmatamento e promover inclusão até 2030.	Produzir, Conservar, Incluir (2025)
	O projeto "Novas Dietas para Bovinos com Base em Espécies Nativas na Amazônia Mato-grossense", que desenvolve dietas para bovinos com espécies nativas da Amazônia mato-grossense, visando aumentar a produtividade e reduzir emissões de metano, com apoio do governo de Mato Grosso.	O projeto incentiva o uso das espécies nativas "Amarelinho" (*Chloroleucon acacioides*) e "Bordão de Velho" (*Samanea tubulosa*) na alimentação bovina, visando a redução as emissões de metano e aumenta o ganho de peso dos animais de corte.	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – (FAPEMAT, 2024a).
	Ampliar e fortalecer a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e os Sistemas Agroflorestais (SAFs) para às metas do planejamento sustentável na agropecuária para 2030	O projeto ampliará 1,3 milhão de hectares com ILPF até 2030, recuperando pastagens e integrando produção agrícola e pecuária. Prevê também 311 hectares em SAFs, com apoio técnico, financiamento e políticas ambientais.	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – (FAPEMAT, 2024b).
MG	Integra Zebu - Desenvolvido pela Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ), tem objetivo de incentivar a recuperação de pastagens degradadas em todo o país.	Recuperar pastagens degradadas por meio dos sistemas de Integração Lavoura e Pecuária (ILP) e Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF).	Associação Brasileira dos Criadores de Zebu (ABCZ, 2025).
	O FIP Paisagens Rurais promove conservação ambiental, recuperação de áreas degradadas e agricultura sustentável no Cerrado, com apoio do Banco Mundial e parceiros.	Na Bacia do Rio Tijuco, em Minas Gerais, 1.287 pecuaristas de 12 municípios recebem assistência gratuita por dois anos para recuperar pastagens, APPs e Reservas Legais.	Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais (FAEMG, 2023).
	A Lei 25.127/2025 incentiva a agricultura de baixo carbono com tecnologias sustentáveis, incentivos financeiros e simplificação tributária.	A lei incentiva a agricultura de baixo carbono, promovendo práticas como recuperação de pastagens, sistemas agroflorestais, ILPF, plantio direto, bioinsumos e arborização para o bem-estar animal.	Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG, 2025).

GO	A Estratégia Goiás Carbono Neutro 2050 busca alcançar o net-zero com uma matriz produtiva sustentável, tecnologia avançada, conservação ambiental e resiliência hídrica.	A Estratégia Goiás Carbono Neutro foca em agricultura sustentável, metas climáticas até 2025 e mercado de carbono para preservar o Cerrado até 2026.	Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Governo de Goiás, 2024
	O Plano ABC+ Goiás, em desenvolvimento, integra ações do Plano ABC+ do MAPA para promover agricultura sustentável, baixa emissão de carbono e adaptação climática.	O ABC+ promove práticas sustentáveis como recuperação de pastagens, integração produtiva e manejo de resíduos.	Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Governo de Goiás, 2024
MS	O Plano ABC+ 2020-2030 busca reduzir emissões, aumentar a fixação de CO_2 e promover tecnologias sustentáveis na agropecuária de MS.	Recuperar pastagens, expandir ILPF e SAF, promover sistemas sustentáveis e valorizar resíduos para biogás e compostos orgânicos.	Ministério da Agricultura e Pecuária (2024)
	O PROCLIMA visa neutralizar as emissões de GEE em MS até 2030, antecipando a meta do Acordo de Paris.	O Plano MS busca Emissão Líquida Zero em 9 anos com ações no agronegócio, florestas, energia, resíduos e indústria.	Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL, 2021)
	O Subprograma Precoce MS incentiva carne de qualidade com técnicas modernas e sustentáveis.	O programa oferece até 67% de desconto no ICMS para produtores com criação precoce e de qualidade, reduzindo emissões de GEE em Mato Grosso do Sul.	Ministério da Agricultura e Pecuária (2024)
	Subprograma incentiva carne sustentável e orgânica com redução de ICMS de até 67%.	A produção valoriza tradição, sustentabilidade e carne sem químicos.	Ministério da Agricultura e Pecuária (2024)
	Florestas plantadas - Entre 2010 e 2020, Mato Grosso do Sul implantou mais de 795 mil hectares de eucalipto, com 95% concentrados na mesorregião Leste do Estado. (integrante do ABC+)	A recuperação de pastagens sequestrou 30 milhões de toneladas de carbono, e o plantio de seringueiras cresceu 590%, atingindo 22,6 mil hectares.	Ministério da Agricultura e Pecuária (2024)
PA	O Plano ABC+ Pará 2020-2030 promove agropecuária sustentável com controle de emissões, eficiência produtiva, tecnologias de baixo carbono e parcerias	O Plano ABC+ (2020-2030) prioriza recuperação de pastagens, integração sustentável (ILPF e SAF's), bioinsumos, manejo de resíduos e	Ministério da Agricultura e Pecuária (2024)

	para um desenvolvimento inclusivo.	produção orgânica.	
	Programa Conexões Transamazônicas - está alinhado com as estratégias do governo do Pará, como a Plataforma Territórios Sustentáveis da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). Ela complementa a Política de Atuação Integrada de Territórios Sustentáveis do governo do estado, que visa promover a transição para uma economia de baixo carbono, oferecendo contrapartidas que vão desde a regularização ambiental e fundiária até o fomento à produção sustentável	Com duração até 2027, a proposta é fazer com que o modelo criado no município de Novo Repartimento - cujos pecuaristas são majoritariamente de base familiar e especializados na produção de bezerros - seja replicado para outros da região. Com uma abordagem de paisagem, seus objetivos incluem, além da redução do desmatamento e das emissões de GEE, a preservação da biodiversidade, a melhoria dos meios de vida de famílias produtoras, o atendimento às exigências do Código Florestal e a promoção de melhores práticas agrícolas.	Proforest (2023)

No Mato Grosso (MT), observa-se uma forte integração entre conservação e produção agropecuária. A Estratégia PCI (Produzir, Conservar e Incluir) estabelece metas ambiciosas, como o sequestro de 6 gigatoneladas de CO_2 até 2030, promovendo iniciativas como a recuperação de pastagens degradadas, a adoção de sistemas integrados de produção, como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs), e o desenvolvimento de dietas bovinas baseadas em espécies nativas da Amazônia mato-grossense. Essas estratégias não apenas reduzem a emissão de metano, mas também aumentam a produtividade, demonstrando como a adoção de tecnologias sustentáveis pode simultaneamente atender às demandas econômicas e ambientais.

Em Minas Gerais (MG), as iniciativas de sustentabilidade agropecuária destacam-se pela integração entre recuperação ambiental e práticas de baixo carbono. Programas como Integra Zebu e FIP Paisagens Rurais, além da legislação estadual voltada à agricultura de baixo carbono, priorizam a recuperação de pastagens degradadas e a expansão de sistemas produtivos sustentáveis. A Lei 25.127/2025, por exemplo, reforça a importância das políticas públicas na promoção de incentivos fiscais e tecnológicos para estimular a adoção de práticas sustentáveis.

Goiás (GO), por sua vez, estruturou a Estratégia Goiás Carbono Neutro 2050, que adota um modelo abrangente de agricultura sustentável e conservação ambiental. O estado prioriza a integração entre metas climáticas e ações práticas, promovendo a implementação de tecnologias de baixo carbono, o manejo eficiente de resíduos agropecuários e a melhoria da eficiência produtiva. A combinação dessas medidas com o desenvolvimento de mercados de carbono demonstra uma abordagem inovadora, que alinha sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica.

Já Mato Grosso do Sul (MS) apresenta o maior número de ações no âmbito do Plano ABC+, consolidando-se como referência na adoção de práticas de baixo carbono na agropecuária, conta ainda com subprogramas como Precoce MS e Carne Sustentável e Orgânica do Pantanal incentivam o uso de técnicas modernas de manejo, elevando a qualidade da produção ao mesmo tempo que reduzem as emissões de GEE. O estado também se destaca pela expansão de florestas plantadas, a recuperação de pastagens degradadas e a

implementação de sistemas integrados (ILPF e SAFs). Essa abordagem reforça um modelo de desenvolvimento sustentável, capaz de conciliar ganhos econômicos e benefícios ambientais.

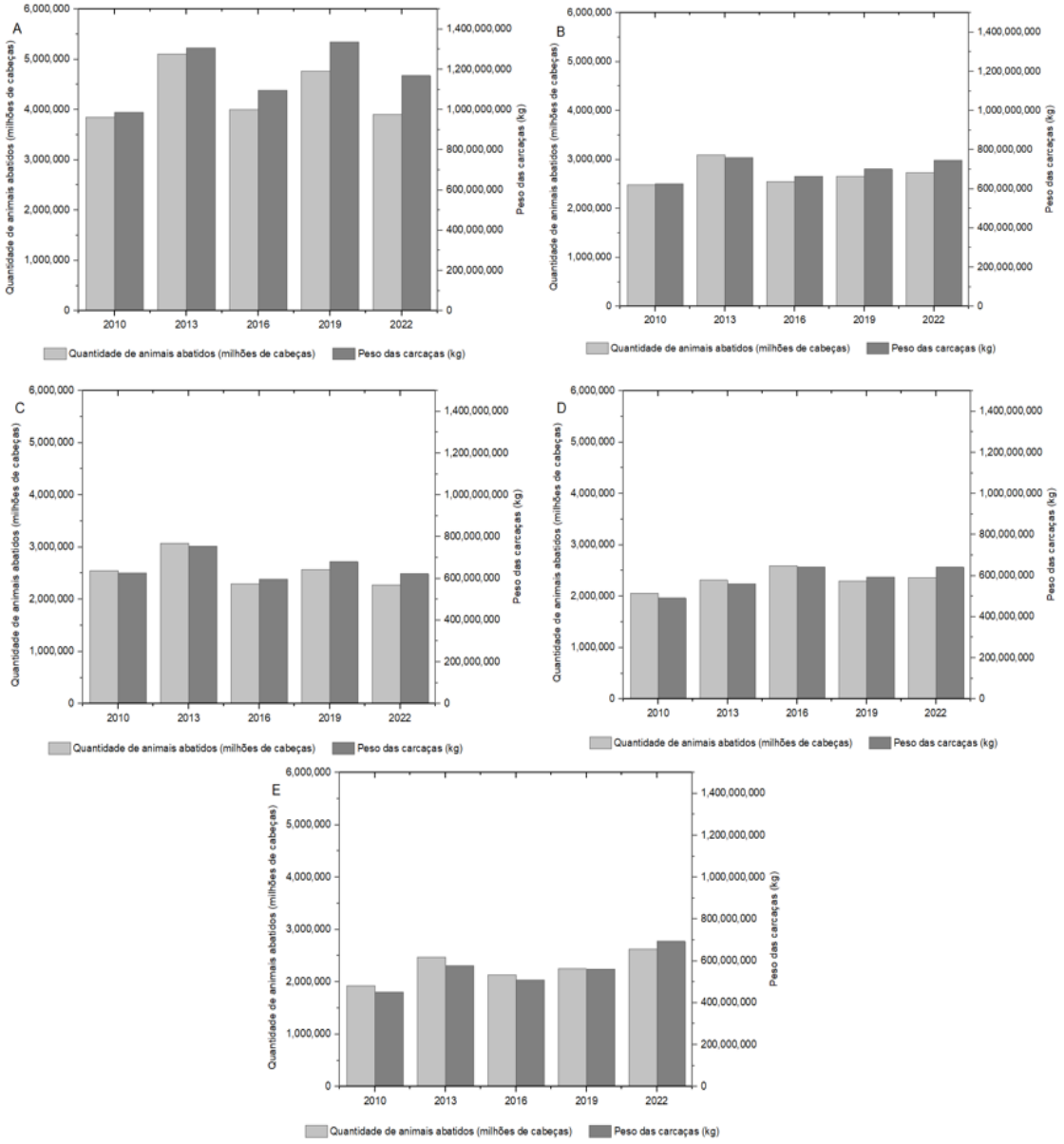
No Pará (PA), a adoção de tecnologias de baixo carbono e o fortalecimento de sistemas produtivos sustentáveis são os principais focos do Plano ABC+ Pará 2020-2030. Estratégias como a recuperação de pastagens, o manejo sustentável de resíduos agropecuários e o incentivo à produção orgânica desempenham um papel fundamental na transição para uma agropecuária mais resiliente e adaptada às mudanças climáticas.

A presente análise da dinâmica da produção pecuária nos estados de Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, Pará e Minas Gerais, no período de 2010 a 2022, com base em dois indicadores principais: a quantidade de animais abatidos (em milhões de cabeças) e o peso total das carcaças (em quilogramas), permite identificar padrões regionais de produtividade, acompanhar tendências temporais e avaliar os efeitos práticos das políticas públicas e práticas sustentáveis implementadas no setor (Figura 8).

Nesse contexto, e considerando a diversidade de ações vinculadas ao Plano ABC+ e às estratégias estaduais voltadas à mitigação das emissões de gases de efeito estufa, a análise desses dados fornece subsídios importantes para verificar possíveis ganhos de eficiência produtiva e redução da intensidade das emissões. A comparação entre os principais polos pecuaristas do país permite aferir em que medida as medidas adotadas têm contribuído para tornar os sistemas de produção bovina mais sustentáveis e alinhados aos compromissos ambientais nacionais.

Os resultados revelam comportamentos distintos entre os estados analisados. Mato Grosso apresentou crescimento expressivo tanto na quantidade de abates quanto no peso total das carcaças até 2019, indicando avanços na produtividade associados à adoção de tecnologias sustentáveis. Goiás manteve relativa estabilidade nos dois indicadores, sugerindo um sistema consolidado, com possíveis melhorias na eficiência zootécnica. Em Mato Grosso do Sul, observou-se uma leve redução nos abates e no peso das carcaças em 2022, o que pode refletir uma reestruturação produtiva com foco na qualidade e na redução do tempo de permanência dos animais no sistema, em consonância com as metas do Plano MS Carbono Neutro.

Figura 8 – Evolução da quantidade de animais abatidos (milhões de cabeças) e do peso total de carcaças bovinas (kg) nos estados de Mato Grosso (A), Goiás (B), Mato Grosso do Sul (C), Pará (D) e Minas Gerais (E), no período de 2010 a 2022.



Fonte: Adaptada pelos autores de IBGE (2025).

O estado do Pará apresentou crescimento contínuo nos dois indicadores, o que evidencia a expansão da atividade pecuária na região amazônica. No entanto, tal crescimento demanda atenção quanto à adoção de práticas efetivamente sustentáveis para evitar o aumento das emissões. Já Minas Gerais demonstrou uma recuperação no peso das carcaças em 2022, sinalizando possível ganho de produtividade individual, possivelmente impulsionado por

programas de incentivo à agricultura de baixo carbono indicando que os estados com políticas públicas bem estruturadas tendem a apresentar avanços mais consistentes em eficiência produtiva, o que pode contribuir significativamente para a redução da intensidade das emissões de metano entérico no setor pecuário brasileiro.

Já Mato Grosso do Sul, possui múltiplas ações que vão desde a recuperação de áreas degradadas até a promoção de cadeias produtivas de alto valor agregado, consolida-se como referência na integração entre sustentabilidade e eficiência produtiva. Esse cenário reforça a importância da formulação de políticas públicas baseadas em evidências científicas, garantindo que as estratégias de mitigação de GEE sejam eficazes e alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Este estado tem se consolidado como referência nacional na agenda climática, destacando-se pelo pioneirismo na mitigação de gases de efeito estufa e pelo compromisso com a neutralidade de carbono até 2030. Em resposta ao Acordo de Paris, o estado foi o primeiro a instituir, em 2016, o Programa Estadual de Mudanças Climáticas (PROCLIMA), coordenado pela SEMADESC (2024). O programa articula políticas públicas em parceria com o setor produtivo, com destaque para a pecuária, principal fonte de metano no estado, promovendo práticas e tecnologias sustentáveis voltadas à redução das emissões da fermentação entérica.

Como desdobramento do PROCLIMA, foi lançado o Projeto Estratégico Estado Carbono Neutro, que define diretrizes integradas para viabilizar a neutralidade climática até 2030. Este projeto apresenta um conjunto de iniciativas e programas já implementados pelo governo de Mato Grosso do Sul que compõem a base operacional do projeto Estado Carbono Neutro, refletindo em uma abordagem integrada da sustentabilidade, combinando regulação ambiental, incentivos econômicos, inovação tecnológica e capacitação do setor produtivo (Quadro 2).

As iniciativas em curso baseiam-se em inovação tecnológica, pesquisa científica e governança ambiental, buscando integrar, de forma equilibrada, os pilares econômico, social e ecológico. Nesse contexto, a mitigação do metano entérico prioriza a recuperação de pastagens degradadas, a adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), a suplementação alimentar

estratégica e o estímulo à pecuária de baixo carbono, práticas capazes de reduzir as emissões de CH_4 por unidade de carne ou leite (BRASIL, 2024).

Quadro 2 – Ações sustentáveis implementadas em Mato Grosso do Sul.

Programa / Iniciativa	Objetivo / Descrição
ICMS Ecológico	Instrumento fiscal que estimula práticas ambientais em municípios. MS é referência nacional.
ZEE / ZAE	Zoneamentos (econômico-ecológico e agroecológico) que orientam o uso sustentável do solo.
Projeto BIOTA	Apoia o desenvolvimento do Pantanal com foco na bioeconomia e conservação ambiental.
SIGA/MS	Sistema de monitoramento da produção agrícola, em parceria com FAMASUL e Aprosoja.
CAR, PRA, ANALISA CAR	Plataformas digitais para regularização e análise ambiental das propriedades rurais.
Programa Terra Boa	Conversão de 1 milhão de ha degradados em áreas produtivas, com manutenção da pecuária.
Conservação de Solo e Água	Ações estruturais e educativas voltadas à redução da erosão e à proteção de mananciais.
Ilumina Pantanal	Programa de eletrificação rural com energia solar em comunidades isoladas do Pantanal.
Logística Reversa	Política estadual de reciclagem de embalagens, regulamentada pelo Decreto 15.340/2019.
Programa Leitão Vida	Gestão de resíduos da suinocultura com foco em licenciamento ambiental e reaproveitamento.
PROAP, PRECOCE MS, PDAgro, Carne Sustentável	Programas que promovem produção rastreável com base em critérios de sustentabilidade.

Fonte: Adaptado pela autora de Marques (2021).

Para alcançar a neutralidade climática, Mato Grosso do Sul realiza mapeamentos sistemáticos e contínuos das emissões de GEE, elabora inventários estaduais detalhando inclusive a fermentação entérica, aperfeiçoa metodologias avançadas e inovadoras de mensuração e fortalece sistemas integrados de monitoramento ambiental, governança climática e participação social (FAMASUL, 2021). Essa abordagem integrada e estratégica lança as bases de uma gestão climática eficaz, transparente, inclusiva e participativa, tornando o controle do metano entérico elemento indissociável da meta ambiciosa de tornar-se o primeiro Estado Carbono Neutro do Brasil.

A estratégia combina ações de redução direta, manejo sustentável do solo e da água, incentivo à pecuária de baixo carbono e expansão das fontes renováveis de energia com mecanismos de compensação, como a recuperação de florestas degradadas, restauração de áreas estratégicas, integração de sistemas agroflorestais e participação ativa em mercados nacionais e internacionais de crédito de carbono. Essa abordagem dual demonstra, de forma concreta, que é plenamente possível conciliar neutralidade climática, produtividade agropecuária e competitividade econômica, elevando o posicionamento do estado no cenário global da sustentabilidade.

No setor agropecuário, historicamente responsável por parcela expressiva das emissões de GEE no país, MS já vem aplicando soluções inovadoras e integradas: incentivo à ILPF, aproveitamento de biogás proveniente de resíduos agroindustriais, uso estratégico de tecnologias digitais e promoção de práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis (BRASIL, 2024). Tais medidas aumentam substancialmente a eficiência produtiva, reduzem significativamente as emissões da pecuária e da agricultura e contribuem para diversificar a matriz energética rural. Além disso, a meta de zerar o desmatamento ilegal reforça o compromisso com a preservação dos biomas, a manutenção dos serviços ecossistêmicos essenciais e a consolidação de uma produção rural ambientalmente sustentável, economicamente competitiva e socialmente inclusiva no estado.

A proposta de consolidar Mato Grosso do Sul como líder nacional em sustentabilidade e mitigação de GEE é coerente com as ações já implementadas e seus impactos positivos. Além de servir como referência para outras regiões, o estado fortalece sua competitividade no mercado global, que demanda cada

vez mais produtos com baixa pegada de carbono. Essa liderança ambiental também contribui para posicionar o Brasil como um ator estratégico nas negociações climáticas internacionais.

Entretanto, desafios persistem, especialmente no que diz respeito à divulgação e ao monitoramento dos resultados do projeto “MS Carbono Neutro”. Para que as metas de neutralidade de carbono sejam efetivamente alcançadas, é fundamental fortalecer a transparência nos processos de compensação, ampliar parcerias entre os setores público e privado e engajar as comunidades locais. Dessa forma, Mato Grosso do Sul não apenas atingirá a meta de se tornar um estado carbono neutro, mas consolidará sua posição como líder em sustentabilidade e inovação ambiental no Brasil.

4. Conclusão

A avaliação das políticas estaduais voltadas à mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) revela avanços consistentes na articulação entre sustentabilidade ambiental, inovação tecnológica e competitividade econômica no setor agropecuário brasileiro. Os estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Goiás, Pará e, especialmente, Mato Grosso do Sul, têm adotado estratégias sólidas fundamentadas nas diretrizes do Plano ABC+, considerando as especificidades produtivas, ecológicas e socioeconômicas de cada região. Essas ações envolvem a recuperação de pastagens degradadas, a implementação de sistemas integrados como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs), o uso de bioinsumos e a consolidação de programas estaduais voltados à neutralidade de carbono.

Os dados analisados entre 2010 e 2022 indicam que essas políticas têm gerado impactos mensuráveis na pecuária, especialmente na melhoria da eficiência zootécnica e na redução da intensidade de emissões de metano entérico (CH_4/kg de carne). Estados com maior grau de institucionalização e continuidade, como Mato Grosso do Sul, apresentaram estabilidade ou redução no número de animais abatidos e avanços na produtividade, com aumento do peso médio das carcaças e menor tempo de permanência nos sistemas de engorda. Tais resultados demonstram ser possível associar crescimento econômico à mitigação climática por meio da modernização do setor.

Mato Grosso do Sul destaca-se como um modelo de referência nacional. A adoção de instrumentos como o Programa Estadual de Mudanças Climáticas (PROCLIMA), o Projeto MS Carbono Neutro e os subprogramas voltados à produção sustentável, como Precoce MS e Carne Sustentável do Pantanal, reflete uma abordagem integrada e estratégica de governança climática. A articulação entre incentivos fiscais, capacitação técnica contínua, monitoramento ambiental avançado, inovação tecnológica e participação ativa de produtores tem permitido ao estado avançar significativamente no cumprimento das metas climáticas e, simultaneamente, consolidar sua competitividade em mercados internacionais que valorizam produtos certificados, com rastreabilidade e baixa pegada de carbono.

Além disso, a integração de ações de mitigação com mecanismos compensatórios, como a recuperação de florestas nativas, a expansão das áreas plantadas, o fortalecimento de sistemas agroflorestais e a participação crescente em mercados de crédito de carbono, reforça a viabilidade de alcançar a neutralidade climática sem comprometer o desempenho produtivo. Essa estratégia dual — redução e compensação — é essencial para garantir que a transição para sistemas agropecuários de baixo carbono seja economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente eficaz.

No entanto, o sucesso dessas políticas depende de fatores estruturais, como a continuidade administrativa, a disponibilidade de recursos técnicos, humanos e financeiros e a adesão efetiva dos produtores. A transparência na comunicação dos resultados, a consolidação de bancos de dados atualizados e o fortalecimento das parcerias intersetoriais são elementos críticos para ampliar o impacto dessas iniciativas e permitir sua replicabilidade. Estados como o Pará, embora apresentem políticas promissoras, como o Plano ABC+ Pará e o Programa Conexões Transamazônicas, ainda enfrentam desafios relevantes, como a regularização fundiária, o acesso restrito à assistência técnica e a pressão da expansão agropecuária sobre áreas de floresta.

Por fim, as evidências analisadas reforçam que as experiências estaduais brasileiras, quando bem estruturadas e adequadamente contextualizadas às diferentes realidades locais, podem contribuir de forma significativa para os compromissos assumidos pelo país no Acordo de Paris e nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente para a ação climática, a

produção responsável e a conservação dos ecossistemas terrestres. A liderança demonstrada por estados como Mato Grosso do Sul não apenas posiciona o Brasil como protagonista na agenda ambiental global, mas também sinaliza um caminho sólido e viável para o futuro da agropecuária: um setor produtivo que alia inovação, sustentabilidade e rentabilidade competitiva.

5. Referências

ABCZ – Associação Brasileira dos Criadores de Zebu. Disponível em: https://www.abcz.org.br/produtos-e-servicos/integra-zebu. Acesso em 10 de janeiro de 2025.

ADAMS, Sander Martinho et al. Sistemas de produção de carne no Brasil e o passivo ambiental: uma revisão. Research, Society and Development, v. 10, n. 12, p. e212101220401-e212101220401, 2021.

ALMEIDA, Amelia K.; HEGARTY, Roger S.; COWIE, Annette. Meta-analysis quantifying the potential of dietary additives and rumen modifiers for methane mitigation in ruminant production systems. Animal Nutrition, v. 7, n. 4, p. 1219-1230, 2021.

ALMG – Assembleia Legislativa de Minas Gerais. Publicada norma de incentivo à agricultura de baixo carbono, 2025. Disponivel em: https://www.almg.gov.br/comunicacao/noticias/arquivos/Publicada-norma-de-incentivo-a-agricultura-de-baixo-carbono/. Acesso em 8 de janeiro de 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Conversão de pastagens degradadas em sistemas de produção agropecuários e florestais sustentáveis: priorização de áreas e estimativas de investimentos. Piracicaba, SP: MAPA, 2024. 295 p. il. color.

CARDOSO, Eleonora Ribeiro; DOS SANTOS, Guilherme Cuoghi; SANTOS, Ademir Oliveira. Potencial de redução de emissões de gases de efeito estufa na agroindústria do médio norte de Mato Grosso–Brasil. Latin American Journal of Development, v. 5, n. 1, p. 44-61, 2023.

CORDEIRO, Ricardo Augusto Martins et al. Importância da fertilidade do solo na integração lavoura pecuária e floresta. OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA, v. 22, n. 5, p. e4888-e4888, 2024.

DA ROCHA MENDES, Bruno et al. O potencial da recuperação de pastagens degradadas no Cerrado do MATOPIBA. Caderno Pedagógico, v. 21, n. 12, p. e11171-e11171, 2024.

DA SILVA MIRANDA, Gilmara et al. Microbiologia ruminal sob a perspectiva metagenômica: Uma revisão das novas descobertas e tendências. LUMEN ET VIRTUS, v. 15, n. 39, p. 4022-4041, 2024.

DE CARVALHO, Joilma Toniolo Honório et al. Metano entérico de bovinos de corte em condições de suplementação sob pastagem tropical brachiaria brizantha cv. Xaráes. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 6, p. 59844-59854, 2021.

DOS SANTOS OLIVEIRA, Izadora Gabriele. Créditos de metano: um instrumento para mitigação das emissões de gases de efeito estufa provenientes de resíduos sólidos. Revista de Ciências Jurídicas e Sociais-IURJ, v. 4, n. 1, p. 69-85, 2023.

DRESSLER, Elizabeth A. et al. Use of methane production data for genetic prediction in beef cattle: A review. Translational Animal Science, v. 8, p. txae014, 2024.

FAENG – Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais, 2023. Disponível em: https://www.sistemafaemg.org.br/senar/noticias/projeto-recupera-mais-de-30-mil-hectares-degradados-em-minas. Acesso em 10 de janeiro de 2025.

FAMASUL. Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul. Estado Carbono Neutro. Campo Grande: Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul, 2021. Disponível em: https://www.famasul.com.br/artigos/estado-carbono-neutro. Acesso em: 29 jun. 2025.

FAPEMAT. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso. Pesquisadores desenvolvem estudos para melhorar a produtividade e reduzir emissões de metano na pecuária de MT, 2024. Disponível em: https://www.fapemat.mt.gov.br/-/pesquisadores-desenvolvem-estudos-para-melhorar-a-produtividade-e-reduzir-emiss%C3%B5es-de-metano-na-pecu%C3%A1ria-de-mt. Acesso em 10 de janeiro de 2025a.

FAPEMAT. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso. Mato Grosso quer ampliar áreas integradas de lavoura-pecuária-floresta para reduzir emissões de carbono, 2024. Disponível em: https://www.secom.mt.gov.br/web /sedec/w/mato-grosso-quer-ampliar-%C3%A1reas-integradas-de-lavoura-pecu%C3%A1ria-floresta-para-reduzir-emiss%C3%B5es-de-carbono. Acesso em 10 de janeiro de 2025b.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Abate de animais: quantidade de cabeças e peso das carcaças, por grandes regiões e unidades da federação. Tabela 1092. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela /1092. Acesso em: 8 jul. 2025.

IMASUL – Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. MS oficializa Plano Estado Carbono Neutro em 2030 e vai para COP-26 com metas ousadas, 2021. Disponível em: https://www.imasul.ms.gov.br/ms-oficializa-plano-estado-carbono-neutro-em-2030-e-vai-para-cop-26-com-metas-ousadas/. Acesso em 10 de janeiro de 2025.

MARQUES, Daniele Coelho. Estado Carbono Neutro. Federação da Agricultura e Pecuária de Mato Grosso do Sul – FAMASUL, 28 set. 2021. Disponível em: https://www.famasul.com.br. Acesso em: 29 jun. 2025.

MAPA, Ministério da Agricultura e Pecuária. Plano de Ação Estadual (PAE) – Pará. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc/gge-abc/para/plano-de-acao-estadual-pae. Acesso em Acesso em 8 de fevereiro de 2025.

MAPA, Ministério da Agricultura e Pecuária. Plano Estadual para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono – ABC Mato Grosso do Sul 2020-2030. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc/gge-abc/mato-grosso-do-sul/plano-de-acao-estadual-pae/plano-estadual-para-adaptacao-a-mudanca-do-clima-e-baixa-emissao-de-carbono-abc-mato-grosso-do-sul-2020-2030.pdf/view. Acesso em 8 de fevereiro de 2025.

NETTO, Anna Luisa Abreu et al. Panorama das políticas públicas e estratégias para desenvolvimento da captura e armazenamento de carbono: reflexões para o Brasil. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 10, n. 1, p. e19305-e19305, 2021.

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.

PCI – Produzir, Conservar e Incluir. Disponível em: https://pcimt.org/. Acesso em 10 de janeiro de 2025.

PEREIRA, Ana Margarida; DE LURDES NUNES ENES DAPKEVICIUS, Maria; BORBA, Alfredo ES. Alternative pathways for hydrogen sink originated from the ruminal fermentation of carbohydrates: Which microorganisms are involved in lowering methane emission?. Animal Microbiome, v. 4, n. 1, p. 5, 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição. Editora Feevale, 2013.

PROFOREST. Aliança pela Redução do Desmatamento e Promoção da Pecuária de Baixo Carbono na Transamazônica Paraense. 17 out. 2023. Disponível em: https://www.proforest.net/pt/news-events/news/alianca-pela-reducao-do-desmatamento-e-promocao-da-pecuaria-de-baixo-carbono-na-transamazonica-paraense/. Acesso em 8 de fevereiro de 2025.

RIBEIRO, Simone Pereira et al. Desafios e perspectivas da legislação tributária na promoção da responsabilidade ambiental no Brasil: incentivos fiscais como ferramenta de estímulo. Revista JRG de Estudos Acadêmicos, v. 7, n. 14, p. e141062-e141062, 2024.

SANTANDER, Daniel et al. Beef steers and enteric methane: reducing emissions by managing forage diet fiber content. Animals, v. 13, n. 7, p. 1177, 2023.

SANTOS, Kaully Furiama; MISSIO, Fabrício J. The regional development public policies in Mato Grosso do Sul. Nova Economia, v. 30, p. 921-950, 2021.

Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Goiás elabora plano de ação para implementar ABC no estado. Agência Cora de Notícias, 2024. Disponível em: https://agenciacoradenoticias.go.gov.br/129318-goias-elabora-plano-de-acao-para-implementar-abc-no-estadoSecretaria%20de%20Agricultura,%20Pecu%C3%A1ria%20e%20Abastecimento%20-%20Governo%20de%20 Goi%C3%A1s,%202024. 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.

SUELA, Attawan Guerino Locatel et al. Análise comparativa das emissões de gases de efeito estufa nas regiões do SEALBA e MATOPIBA. Caderno Pedagógico, v. 21, n. 9, p. e7410-e7410, 2024.

VIDAL, Mariane Carvalho; DIAS, Rogerio Pereira. Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 18, n. 1, p. 171-192, 2023.

CAPITULO 4 – CONCLUSÃO GERAL

Esta dissertação teve como objetivo avaliar comparativamente as emissões de metano entérico associadas à pecuária bovina em cinco estados estratégicos do Brasil (Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Pará, Goiás e Minas Gerais) à luz das práticas de manejo adotadas e das políticas públicas de mitigação em vigor. Com base em dados secundários e indicadores ambientais e produtivos, foi possível identificar padrões regionais distintos de emissão, relacionando-os com estratégias de intensificação produtiva, uso do solo e aplicação de tecnologias sustentáveis.

Os resultados mostram que o Brasil, apesar de ter um dos maiores rebanhos bovinos do mundo, apresenta uma tendência de dissociação entre crescimento do rebanho e aumento proporcional das emissões, especialmente em estados que vêm adotando práticas mais eficientes como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, a recuperação de pastagens degradadas e o uso de suplementos alimentares de baixo impacto. A análise espacial do vigor das pastagens e a evolução temporal das emissões reforçam a importância de políticas públicas robustas, como o Plano ABC+, no fomento à sustentabilidade da atividade pecuária.

Entretanto, a expansão da fronteira agropecuária em estados como o Pará evidencia desafios persistentes na governança ambiental e na adoção de práticas mitigadoras em escala. As disparidades regionais observadas ressaltam a necessidade de políticas diferenciadas e adaptadas às realidades locais, bem como de monitoramento contínuo por meio de indicadores confiáveis e integrados.

Como contribuição científica, este trabalho preenche lacunas relevantes na literatura ao oferecer uma análise regionalizada das emissões de metano na pecuária brasileira, com potencial para subsidiar políticas públicas mais eficazes e alinhadas aos compromissos internacionais de redução de gases de efeito estufa. Entre as limitações da pesquisa, destaca-se a dependência de dados secundários e a ausência de mensuração direta das emissões, o que abre espaço para investigações futuras com métodos primários e maior aprofundamento qualitativo. Ademais, a análise dos dados exigiu revisões sucessivas dos indicadores utilizados, especialmente na comparação entre os

estados, o que evidenciou a complexidade de capturar diferenças estruturais regionais."

Os achados desta dissertação reforçam que a intensificação sustentável da pecuária não apenas é viável, como também representa um caminho estratégico para compatibilizar competitividade econômica, conservação ambiental e inserção do Brasil em mercados globais cada vez mais exigentes em termos de sustentabilidade e rastreabilidade.

ANEXOS

Dados referentes ao Rebanho bovino por região do Brasil.

Rebanho – Bovino (em milhões de cabeças)					
Grande Região	Ano				
	2010	2013	2016	2019	2022
Norte	42.100,695	44.705,617	47.983,190	49.682,199	61.103,379
Nordeste	28.762,119	28.958,676	28.393,671	28.596,654	33.212,878
Sudeste	38.251,950	39.341,429	39.123,700	37.047,182	38.990,889
Sul	27.866,349	27.634,241	27.577,786	25.393,333	24.368,623
Centro-Oeste	72.559,996	71.124,329	75.112,421	73.970,616	77.175,767

Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal.

Link: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas

Dados referentes ao Rebanho bovino nos principais estados.

Rebanho – Bovino (em milhões de cabeças)					
Principais Estados	Ano				
	2010	2013	2016	2019	2022
Mato Grosso	28.757,438	28.395,205	30.296,096	31.654,882	34.246,313
Minas Gerais	22.698,120	24.201,256	23.637,803	22.020,979	22.993,105
Mato Grosso do Sul	22.354,077	21.047,274	22.919,070	19.407,908	18.433,728
Goiás	21.347,881	21.580,398	22.919,070	22.823,401	24.410,182
Pará	17.633,339	19.165,028	20.476,783	20.953,429	24.791,060

Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal.

Link: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas

Dados referentes as Emissões de Metano entérico por região do Brasil.

Emissões de Metano (Toneladas)					
Principais Estados	Ano				
	2010	2013	2016	2019	2022
Norte	2,565,452	2,645,890	2,858,188	2,961,983	3,617,611
Nordeste	1,839,285	1,779,486	1,766,665	1,794,477	2,065,160
Sudeste	2,402,413	2,405,178	2,389,079	2,226,873	2,334,798
Sul	1,809,781	1,747,694	1,755,198	1,602,765	1,540,879
Centro-Oeste	4,538,977	4,300,733	4,597,224	4,512,397	4,695,831

Fonte: Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

Link: https://plataforma.seeg.eco.br/.

Dados referentes as Emissões de Metano entérico por estado.

Emissões de Metano (Toneladas)					
Principais Estados	Ano				
	2010	2013	2016	2019	2022
Mato Grosso	1,781,356	1,692,618	1,839,271	1,919,836	2,072,179
Minas Gerais	1,437,100	1,489,989	1,450,483	1,321,289	1,377,066
Mato Grosso do Sul	1,400,709	1,274,324	1,339,312	1,190,522	1,130,604
Goiás	1,350,050	1,327,001	1,411,926	1,396,230	2,072,179
Pará	1,079,104	1,136,737	1,223,890	1,253,846	1,481,713

Fonte: Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

Link: https://plataforma.seeg.eco.br/.

Dados referentes a quantidade de animais abatidos/cabeças.

Animais abatidos (Cabeças)					
Principais Estados	Ano				
	2010	2013	2016	2019	2022
Mato Grosso	3,848,593	5,104,229	4,000,037	4,765,975	3,899,809
Minas Gerais	1,924,294	2,475,065	2,132,714	2,247,436	2,622,138
Mato Grosso do Sul	2,550,976	3,069,612	2,298,142	2,567,747	2,280,149
Goiás	2,482,714	3,095,326	2,553,384	2,658,492	2,734,092
Pará	2,059,580	2,315,320	2,592,795	2,297,879	2,360,561

Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal.

Link: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas

Dados referentes ao peso em quilos (kg) totais das carcaças.

Peso total da carcaça (kg)					
Principais Estados	Ano				
	2010	2013	2016	2019	2022
Mato Grosso	986.150,031	1,306,527,285	1,095,845,255	1,336,734,545	1,168,887,347
Minas Gerais	450.849,339	577,929,336	509,545,585	560,709,537	693,451,923
Mato Grosso do Sul	625.693,692	753,980,185	596,833,052	679,582,371	622,652,269
Goiás	625.780,694	760,140,792	663,916,369	701,585,353	745,638,264
Pará	491.056,466	561,642,319	642,252,947	593,506,779	641,673,380

Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal.

Link: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas