

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM AGRONEGÓCIOS – CEPAN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

CARLOS ALBERTO PADILHA DIAS

**EFEITOS DE PRÁTICAS REGENERATIVAS NO DESEMPENHO PRODUTIVO-
AMBIENTAL DA PRODUÇÃO PASTORIL DE BOVINOS DE CORTE EM
DIFERENTES BIOMAS BRASILEIROS**

Porto Alegre

2023

CARLOS ALBERTO PADILHA DIAS

**EFEITOS DE PRÁTICAS REGENERATIVAS NO DESEMPENHO PRODUTIVO-
AMBIENTAL DA PRODUÇÃO PASTORIL DE BOVINOS DE CORTE EM
DIFERENTES BIOMAS BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios do Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (CEPAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Orientador: Prof. Dr. Homero Dewes

Porto Alegre

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Dias, Carlos Alberto Padilha
Efeitos de práticas regenerativas no desempenho
produtivo-ambiental da produção pastoril de bovinos de
corte em diferentes biomas brasileiros / Carlos
Alberto Padilha Dias. -- 2023.
67 f.
Orientador: Homero Dewes.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em
Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em
Agronegócios, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Agricultura Regenerativa. 2. Produção de bovinos
em pastagens. 3. Mitigação de Impactos Ambientais. 4.
Mudanças Climáticas. 5. Análise de Ciclo de Vida. I.
Dewes, Homero, orient.

CARLOS ALBERTO PADILHA DIAS

**EFEITOS DE PRÁTICAS REGENERATIVAS NO DESEMPENHO PRODUTIVO-
AMBIENTAL DA PRODUÇÃO PASTORIL DE BOVINOS DE CORTE EM
DIFERENTES BIOMAS BRASILEIROS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Agronegócios do Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (CEPAN) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócios.

Data da aprovação: ____ / ____ / _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Heinrich Hasenack - UFRGS
Doutor em Agronegócios

Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima - UFMS
Doutor em Agronomia

Prof. Dr. Homero Dewes - UFRGS - Orientador
PhD em Biologia

Prof. Dr. Marcelo Abreu da Silva - UFRGS
Doutor em Eco-etologia

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios – CEPAN, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, por me proporcionar a oportunidade de realizar o curso de Mestrado.

Ao Prof. Dr. Homero Dewes, pelo exemplo profissional, pelo valioso apoio como orientador e por possibilitar a vivência de gratas experiências, tanto no aspecto acadêmico quanto pessoal.

Ao Prof. Dr. Marcelo Abreu da Silva, pela ajuda imprescindível no decorrer do mestrado e pela amizade.

Aos professores membros da banca examinadora da defesa desta dissertação, tanto do projeto preliminar quanto da versão final, pela disponibilidade e contribuições feitas.

À Profa. Dra. Letícia de Oliveira, ao Prof. Dr. Jean Philippe P. Revillion, Dra Milene Dick e Profa. Luz Mary Padilha Dias pelo precioso incentivo e frutuosas conversas.

Ao servidor Augusto Cesar Hernandez Pinha, servidora Elisângela da Silva Rodrigues e Mara Neide Emmanuelli pelos serviços prestados durante todo o curso.

À minha família, por estar sempre ao meu lado.

Por fim, minha gratidão a todos amigos que me cativam, me ensinam e me acompanham, de perto e de longe, nessa trajetória enriquecedora do Mestrado.

A todos, muito obrigado.

RESUMO¹

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, criado quase que exclusivamente em pastagens, com mínima utilização de recursos externos às unidades produtivas. Estas características tendem a se transformar em fonte de oportunidades produtivas, bem como de agregação de valor aos produtos. Entretanto, o que tem sido observado é que a atividade, com frequência, é refém de críticas, por vezes infundadas, em meio à falta de informações que permitam sua valorização. Assim, os sistemas agropecuários brasileiros têm sido apontados como fontes de degradação ambiental, de emissão de gases de efeito estufa e de poluição de cursos d'água, apesar da baixa utilização de insumos que os caracteriza, em comparação com a produção de outros países. Por outro lado, diante do crescente interesse dos consumidores pelos impactos da produção de alimentos no meio ambiente e da possibilidade de pagamentos por serviços ambientais, entender como as práticas produtivas influenciam na produção e no ambiente pode ser fundamental para a tomada de decisões. Nesse contexto, é crescente a demanda por estudos voltados para a proposição de técnicas produtivas que não só impactem menos o ambiente, mas também atuem e colaborem para a sua regeneração. Entender o impacto dos sistemas bovinos e sugerir meios para mitigar seus efeitos sobre os ecossistemas é de suma importância para garantir a resiliência dos ambientes e da atividade pecuária e com isso promover a preservação da natureza, a geração de renda e a melhoria da qualidade de vida no meio rural. Neste sentido, o presente trabalho propôs analisar: (1) a evolução do uso do termo “agricultura regenerativa” (AR) nas publicações científicas a nível mundial e; (2) os efeitos da introdução de práticas reconhecidamente regenerativas sobre a performance produtiva-ambiental da produção de bovinos de corte em pastagens nos biomas Amazônia, Cerrado, Pampa e Pantanal. A evolução do uso do termo AR foi determinada por análise bibliométrica quantitativa, enquanto as estimativas de impacto ambiental foram realizadas por meio de análises de ciclo de vida (ACV). Na primeira parte do estudo, foi observado um aumento importante no número de publicações e um maior enfoque em questões ambientais a partir de 2019. A ausência de trabalhos brasileiros evidencia uma grande oportunidade para pesquisadores envolvidos na produção diferenciada de alimentos no Brasil. Quando analisados os efeitos da aplicação de práticas reconhecidamente regenerativas sobre os sistemas típicos dos diferentes biomas, foram observados diferentes níveis de redução ou mesmo reversão dos impactos da bovinocultura sobre os ecossistemas envolvidos, por meio da intensificação do pastejo, do melhoramento de campos nativos, da recuperação de pastagens degradadas e da introdução de leguminosas forrageiras. Nesse sentido, uma convergência de esforços para difundir e implementar essas e outras práticas nos sistemas típicos de produção das diferentes regiões brasileiras é fundamental para a sustentabilidade da bovinocultura de corte em termos ambientais, sociais e econômicos.

Palavras-chave: Agricultura regenerativa. Agronegócio. Cadeia de suprimentos. Produção verde. Sustentabilidade.

¹ Dias, Carlos Alberto Padilha. Efeitos de práticas regenerativas no desempenho produtivo-ambiental da produção pastoril de bovinos de corte em diferentes biomas brasileiros. 2023. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (CEPAN), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

ABSTRACT²

Brazil has the largest commercial cattle herd in the world, produced almost exclusively on pastures and with minimal use of resources outside the production units. These characteristics tend to become a source of productive opportunities, as well as adding value to products. However, what has been observed is that the activity is often hostage to criticism, sometimes unfounded, amidst the lack of information that allows its appreciation. Thus, Brazilian agricultural systems have become notable as sources of environmental degradation, greenhouse gas emissions and pollution of water courses, despite the low use of inputs that characterizes them, compared to what occurs in other countries. On the other hand, given the growing interest of consumers in the impacts of food production systems on the environment and the possibility of payments for environmental services, understanding how production practices influence production and the environment can be fundamental for decision-making. In this context, there is a growing demand for studies aimed at proposing productive techniques that not only have less impact on the environment, but also act and collaborate for its regeneration. Understanding the impact of bovine systems and suggesting ways to mitigate their effects on ecosystems is of paramount importance to ensure the resilience of environments and livestock activity and thereby promote the preservation of nature, income generation and improved quality of life in rural areas. In this sense, the present work proposes to analyze: (1) the evolution of the use of the term “regenerative agriculture” (RA) in scientific publications worldwide and; (2) the effects of the introduction of recognized regenerative practices on the productive-environmental performance of beef cattle production in pastures in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. The evolution of the use of RA was determined by quantitative bibliometric analysis, while the environmental impact estimates were carried out through life cycle analyzes (LCA). In the first part of the study, a significant increase in the number of publications and a greater focus on environmental issues since 2019 was observed. The absence of Brazilian works highlights a great opportunity for researchers involved in the differentiated production of food in Brazil. When analyzing the effects of the application of regenerative practices, different levels of reduction or even reversal of the impacts of raising cattle on the ecosystems involved were observed through the intensification of grazing, the improvement of native grasslands, the recovery of degraded pastures and the introduction of fodder legumes. In this sense, a convergence of efforts to disseminate and implement these and other practices in typical production systems of different Brazilian regions is essential for the sustainability of beef cattle in environmental, social, and economic terms.

Keywords: Agribusiness. Food supply chain. Green production. Regenerative agriculture. Sustainability.

² Dias, Carlos Alberto Padilha. Effects of regenerative practices on the productive-environmental performance of pastoral production of beef cattle in different Brazilian biomes. 2023. 66 p. Dissertation (Master in Agribusiness). Graduate Program in Agribusiness, Center for Studies, and Research in Agribusiness (CEPAN), Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS).

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	9
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2	HIPÓTESES	12
1.3	JUSTIFICATIVA	12
1.4	OBJETIVOS	13
1.4.1	Objetivo geral	13
1.4.2	Objetivos específicos.....	13
	REFERÊNCIAS	14
2	AGRICULTURA REGENERATIVA EM MEIO ÀS TENDÊNCIAS MUNDIAIS ...	16
2.1	INTRODUÇÃO.....	17
2.2	METODOLOGIA.....	18
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
	REFERÊNCIAS	27
3	MELHORIA PRODUTIVA E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.....	28
3.1	INTRODUÇÃO.....	29
3.2	METODOLOGIA.....	31
3.2.1	Definição do escopo, unidade funcional e limites dos sistemas.....	31
3.2.2	Descrição das práticas produtivas.....	31
3.2.3	Análise de inventário	32
3.2.4	Análise de impacto	32
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.4	CONCLUSÕES	35
	REFERÊNCIAS	36
4	REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PECUÁRIA NO BIOMA CERRADO POR MEIO DA INTENSIFICAÇÃO DO PASTOREIO	38
4.1	INTRODUÇÃO.....	39
4.2	METODOLOGIA.....	40
4.2.1	Definição do escopo, unidade funcional e limites do sistema.....	40
4.2.2	Descrição das práticas produtivas.....	40
4.2.3	Análise de inventário	41

4.2.4	Análise de impacto	41
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.4	CONCLUSÕES	44
	REFERÊNCIAS	45
5	MELHORAMENTO DE CAMPO NATIVO COMO ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA PECUÁRIA NO BIOMA PAMPA	48
5.1	INTRODUÇÃO.....	49
5.2	METODOLOGIA.....	50
5.2.1	Definição dos objetivos, escopo, unidade funcional e limites do sistema.....	50
5.2.2	Descrição das práticas produtivas.....	50
5.2.3	Análise de inventário	51
5.2.4	Análise de impacto	51
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
5.4	CONCLUSÕES	54
	REFERÊNCIAS	55
6	PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE BOVINOS DE CORTE NO BIOMA PANTANAL.....	57
6.1	INTRODUÇÃO.....	58
6.2	METODOLOGIA.....	59
6.2.1	Definição do escopo, unidade funcional e limites do sistema	59
6.2.2	Descrição das práticas produtivas.....	60
6.2.3	Análise de inventário	60
6.2.4	Análise de impacto	60
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	61
6.4	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS	64
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os problemas ambientais evidenciados nas últimas décadas tiveram diferentes consequências negativas para a humanidade, alertando diferentes agentes e setores da sociedade para a finitude dos recursos naturais, propalada há décadas, mas só recentemente assimilada como tanto ou mais importante que o desempenho econômico das atividades. Paralelamente, a preocupação com a saúde humana relacionada à nutrição, origem e formas de produção dos diferentes alimentos, tem aumentado cada vez mais junto aos consumidores (VAN ZATEN *et al.*, 2018), principalmente após a pandemia do COVID-19.

Assim, discussões sobre a sustentabilidade da produção agropecuária têm se destacado, principalmente no que se refere à produção de ruminantes e sua relação com a dinâmica solo-planta-animal (BLANCO *et al.*, 2007) e com o aquecimento global. Termos como intensificação sustentável, segurança alimentar, bioeconomia, economia circular têm sido recorrentes nas discussões internacionais, tencionando o desenvolvimento tecnológico, na busca de novas formas de comunicação e controle de processos.

Nesse sentido, o termo “agricultura regenerativa” surge como um novo patamar na discussão de sistemas sustentáveis à medida que inclui, não somente a redução dos impactos ambientais, mas também a reversão de seus efeitos negativos, por meio da expressão de processos que ocorrem nos ambientes naturais (TULL *et al.*, 1987).

A agricultura regenerativa é um conjunto de métodos e princípios de cultivo que aumentam a biodiversidade, enriquecem os solos, melhoram os ciclos da água e potencializam o desempenho dos ecossistemas (SCHREEFEL *et al.*, 2020). Baseia-se em décadas de pesquisa científica básica e aplicada, realizadas por comunidades globais que praticam a agricultura orgânica e biodinâmica, a agroecologia, gestão holística, agrossilvicultura e permacultura. Sua utilização visa acumular carbono no solo e na biomassa aérea (BERDENI *et al.*, 2021). Ao fazer isso, inverte a tendência global de acumulação de CO₂ na atmosfera, gera rendimentos mais elevados, oferece resiliência às mudanças climáticas e melhora a vitalidade das comunidades rurais (ASSIS, 2005).

Em meio a isso, o Brasil encontra-se numa posição de destaque por possuir o maior rebanho bovino comercial do mundo (218 milhões de bovinos, segundo IBGE (2022)), conduzido em cerca de 151 milhões de hectares de pastagens (MAPBIOMAS, 2023), com mínima utilização de insumos, como parte da atividade agropecuária que responde por mais de nove milhões de empregos (IBGE, 2022).

Parte substancial desta produção se deve à expansão da atividade agrícola e pecuária que ocorreu nas últimas décadas e que alavancou seu processo de desenvolvimento. No entanto, se por um lado, as áreas cultivadas passaram a apresentar produções vegetais muitas vezes maiores que as observadas em seu estado natural, por outro, foram expostas a perdas de biodiversidade e diferentes riscos a seu equilíbrio (NEPSTAD *et al.*, 2014).

Esta diversidade de aspectos e situações tenderia a se constituir em fonte de oportunidades de melhoria da produção, bem como, de promoção de seus produtos. Entretanto, o que tem se observado é que a atividade, com frequência, é refém da falta de dados que permitam sua valorização, em meio ao ambiente competitivo do setor agroalimentar mundial. Assim, sistemas agropecuários nacionais têm se notabilizado como fontes de degradação ambiental e, sobretudo, de emissão de gases de efeito estufa, apesar da baixa utilização de insumos externos às unidades produtivas, em comparação com o que ocorre em outros países.

Desta forma, além de conhecer os reais impactos das diferentes atividades pecuárias, adequar estes sistemas produtivos às atuais diretrizes ambientais, considerando as especificidades das diferentes situações regionais, se mostra uma necessidade primordial. Essa adequação deve envolver diferentes atores, como o meio acadêmico e a pesquisa científica, a fim de contribuir para a diferenciação de sistemas produtivos, criação de mercados especializados e agregação de valor aos produtos (RANGNEKAR, 2004).

A análise dos impactos ambientais destes sistemas, com vistas à escolha de práticas mais adequadas pode ser facilitada pela utilização de metodologias que auxiliam a determinação do alinhamento de diferentes atividades com os princípios do desenvolvimento sustentável: ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável. Entre estas, podemos destacar a Análise de Ciclo de Vida (ACV) devido à sua amplitude, difusão mundial e escopo (GOEDKOOP *et al.*, 2009), sendo mundialmente utilizada no estudo de sistemas de produção bovina (BEAUCHEMIN *et al.*, 2010; CASEY.; HOLDEN, 2006; CERRI *et al.* 2016; DICK *et al.*, 2015a; FIGUEIREDO *et al.* 2017; NGUYEN *et al.*, 2010; OGINO *et al.*, 2007; PELLETIER *et al.*, 2010; HUERTA *et al.*, 2018) e na proposição de cenários futuros (BEAUCHEMIN *et al.*,2011; DICK *et al.*, 2015b). Sua realização pode ser facilitada pela utilização de softwares e bases de dados reconhecidos internacionalmente, o que facilita a interação com trabalhos realizados em outras partes do mundo.

Neste contexto, o presente trabalho teve o objetivo de analisar, por meio de ACV's, os efeitos do uso de práticas mitigadoras de impactos ambientais nos sistemas de produção de bovinos de corte típicos dos biomas brasileiros onde a pecuária apresenta maior relevância (Figura 1).

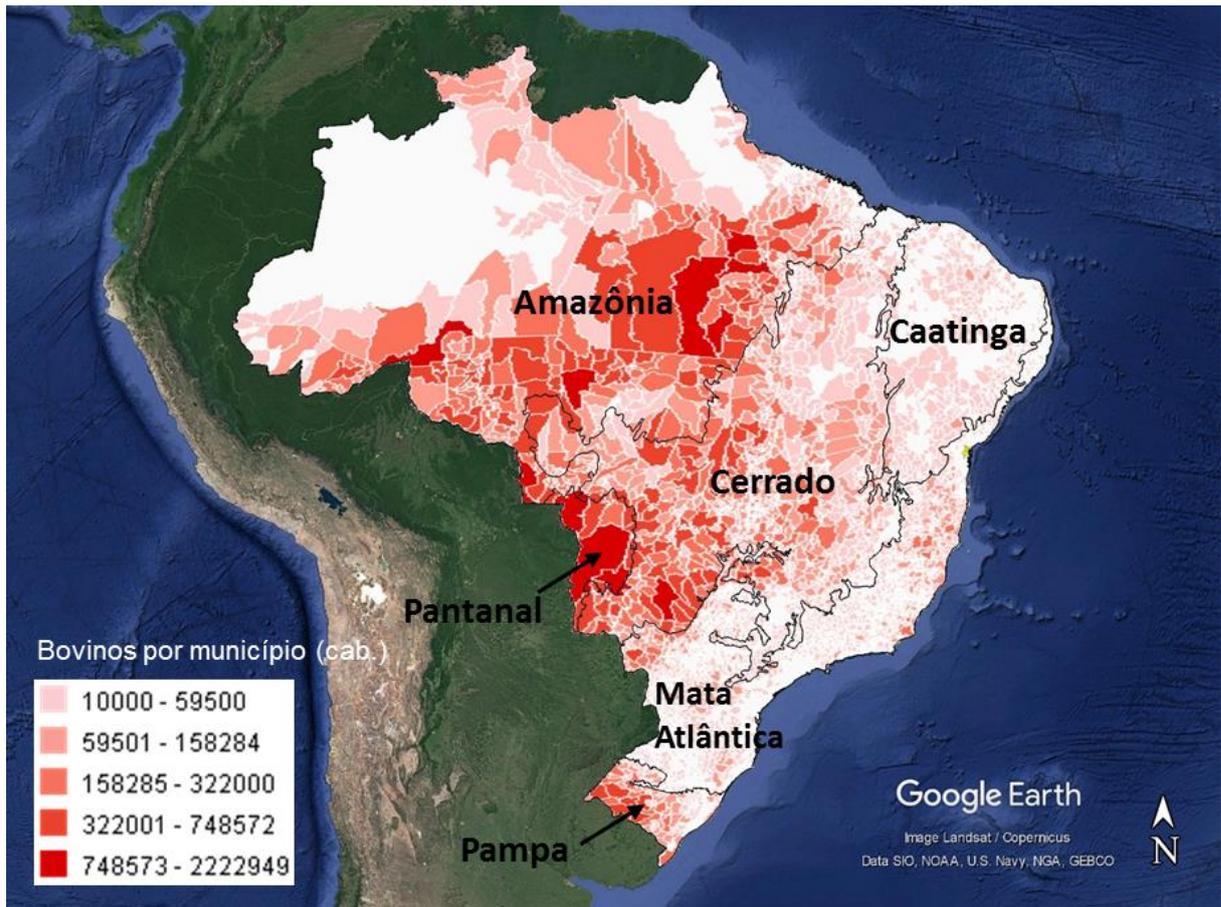


Figura 1. Distribuição do rebanho bovino por município e delimitação dos biomas terrestres brasileiros.

Fonte: Traduzida de Dick *et al.* (2022).

O estudo foi dividido em cinco partes, sendo que na primeira (seção 2) foi realizada uma análise bibliométrica do termo *regenerative agriculture* a fim de contextualizar as proposições de práticas reconhecidamente regenerativas diante das novas demandas mundiais.

Na seção 3 foram avaliados os impactos ambientais de melhorias nos sistemas de produção de bovinos de corte da Amazônia Brasileira, baseadas na restauração de áreas de pastagens, na intensificação de seu uso e na suplementação dos animais.

Na seção 4, a contribuição de diferentes formas de recuperação de áreas degradadas e da intensificação do pastoreio sobre o perfil de impactos da atividade pecuária no ambiente foi avaliada nas condições do Bioma Cerrado.

Na seção 5, o melhoramento dos campos naturais do Bioma Pampa foi analisado como alternativa de melhoria produtiva dos sistemas pastoris, por meio da introdução de gramíneas e leguminosas forrageiras, hibernais e estivais, a fim de garantir a produção de forragem de qualidade ao longo de todo o ano.

Por último, na seção 6, foram estudados os efeitos da implantação de diferentes práticas regenerativas (uso de leguminosas forrageiras, intensificação do pastoreio e aumento na produção e na qualidade da forragem) sobre os impactos ambientais dos sistemas produtivos típicos do Pantanal.

Os impactos ambientais estudados incluíram: mudanças climáticas (CC); ocupação de áreas agrícolas (ALO) e urbanas (ULO); transformação natural da terra (NLT); depleção da água (WD), de minerais (MD), de combustíveis fósseis (FD) e de ozônio (OD); acidificação terrestre (TA); eutrofização de água doce (WEu) e marinha (MEu); toxicidade humana (HT); ecotoxicidade terrestre (TEt), de água doce (WEt) e marinha (MEt); formação de oxidantes fotoquímicos (POF); e de material particulado (PMF); e radiação ionizante (IR).

Estas informações podem contribuir para um maior conhecimento das peculiaridades regionais, para a formação de recursos humanos e para a melhoria da produção bovina brasileira. De maneira mais abrangente, o estudo se insere num esforço maior do grupo de trabalho que busca, por meio de suas diferentes atividades, contribuir para a conscientização da importância e perspectivas da pesquisa e da educação ambiental para a determinação, aplicação, disseminação e consolidação de sistemas produtivos amigos do meio ambiente.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Quais as possibilidades de mitigação de impactos ambientais da produção pastoril de bovinos de corte nos diferentes biomas brasileiros?

1.2 HIPÓTESES

- A adoção de práticas produtivas “regenerativas” permite conciliar ganhos produtivos e ambientais.
- As peculiaridades regionais resultam em variações significativas nos impactos potenciais da atividade e nas práticas a serem utilizadas na adequação dos sistemas produtivos;

1.3 JUSTIFICATIVA

A presente proposta deve-se à crescente demanda por produtos e formas de produção que respeitem o meio ambiente, sejam socialmente justas e gerem renda aos produtores, que

inclui, de forma particularmente importante, a cadeia produtiva da carne. A identificação de práticas melhoradoras adequadas a cada situação é de vital importância para a satisfação destas demandas.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Propor alternativas de mitigação de impactos ambientais adaptadas às peculiaridades da produção agropecuária brasileira.

1.4.2 Objetivos específicos

De maneira mais específica pretende-se:

- Evidenciar a influência de práticas produtivas consideradas melhoradoras / regenerativas sobre a mitigação dos impactos ambientais dos diferentes sistemas pecuários brasileiros;
- Colaborar com a melhoria da produção de bovinos de corte como um todo e com sua adequação às exigências atuais e futuras do mercado.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, R. L. **Agricultura orgânica e agroecologia: questões conceituais e processo de conversão**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. (Documentos, 166).
- BEAUCHEMIN, K. A. *et al.* Life cycle assessment of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada: a case study. **Agriculture Systems**, Barking, v. 103, p. 371–379, 2010.
- BEAUCHEMIN, K. A. *et al.* Mitigation of greenhouse gas emissions from beef production in western Canada–Evaluation using farm-based life cycle assessment. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 166, p. 663-677, 2011.
- BERDENI, D. *et al.* Soil quality regeneration by grass-clover leys in arable rotations compared to permanent grassland: effects on wheat yield and resilience to drought and flooding. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 212, [art.] 105037, 2021.
- BLANCO, C.C. *et al.* On the overlap between effect and response plant functional types linked to grazing. **Community Ecology**, Budapest, v. 8, p. 57-65, 2007.
- CASEY, J. W.; HOLDEN, N. M. Quantification of GHG emissions from sucker-beef production in Ireland. **Agricultural Systems**, Barking, v. 90, p. 79-98, 2006.
- CERRI, C. C. *et al.* Assessing the carbon footprint of beef cattle in Brazil: a case study with 22 farms in the State of Mato Grosso. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 112, p. 2593-2600, 2016.
- DICK, M.; SILVA, M. A.; DEWES, H. Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 96, p. 426-434, 2015a.
- DICK, M.; SILVA, M. A.; DEWES, H. Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil–Evaluation using farm-based life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 87, p. 58-67, 2015b.
- DICK, M. *et al.* Climate change and land use from Brazilian cow-calf production amidst diverse levels of biodiversity conservation. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 342, [art.]130941, 2022.
- FIGUEIREDO, E. B. *et al.* Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 142, p. 420-431, 2017.
- GOEDKOOPE, M. *et al.* **ReCiPe 2008**: a life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. [S. l.]: Ruimte en Milieu. Ministerie van Volkshuisvesting. Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 2009.

HUERTA, A. R.; GÜERECA, L. P.; LOZANO, M. S. R. Environmental impact of beef production in Mexico through life cycle assessment. **Resources, Conservation and Recycling**, New York, v. 109, p. 44-53, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em síntese:** agropecuária. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria.html>. Acesso em: 22 set. 2022.

MAPBIOMAS. **Brasil:** evolução anual da cobertura e uso da terra (1985-2021). [S. l.]: MapBiomass, 2023. (Coleção 7.0). 1 mapa. col. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Infograficos/MBI-Infografico-7.0-BR-brasil-rev2.jpg>. Acesso em: 23 jan. 2023.

NEPSTAD, D. *et al.* Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, Washington, DC, v. 344, n. 6188, p.1118-1123, 2014.

NGUYEN, T. L. T.; HERMANSEN, J. E.; MOGENSEN, L. Environmental consequences of different beef production systems in the EU. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 18, p. 756–766, 2010.

OGINO, A. *et al.* Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow–calf system by the life cycle assessment method. **Animal Science Journal**, Richmond, v. 7, p. 424–432, 2007.

PELLETIER, N.; PIROG, R.; RASMUSSEN, R. Comparative life cycle environmental impacts of three beef production strategies in the Upper Midwestern United States. **Agricultural Systems**, Barking, v. 103, n. 6, p. 380-389, 2010.

RANGNEKAR, D. **The socioeconomics of geographical indications:** a review of empirical evidence from Europe. Geneva: UNCTAD-ICTSD, 2004. (Project on IPRs and Sustainable Development, Issue Paper, v. 8).

SCHREEFEL, L. *et al.* Regenerative agriculture—the soil is the base. **Global Food Security**, Amsterdam, v. 26, [art.] 100404, 2020.

TULL, K.; SANDS, M.; ALTIERI, M. **Experiences in success:** case studies in growing enough food through regeneration agriculture. Emmaus: Rodale International, 1987.

VAN ZANTEN, H. H. E. *et al.* Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. **Global Change Biology**, Oxford, v. 24, n. 9, p. 4185-4194, 2018.

2 AGRICULTURA REGENERATIVA EM MEIO ÀS TENDÊNCIAS MUNDIAIS

RESUMO: A busca por alimentos saudáveis, produzidos sem comprometer o meio ambiente e utilizando energias de fontes renováveis é cada vez mais frequente, direcionando ações de diferentes elos da cadeia produtiva. Nesse sentido, termos como segurança alimentar, bioeconomia, intensificação sustentável e economia circular se impõem na busca por novas formas de controle de processos. Nesse contexto, o conceito de agricultura regenerativa emerge como alternativa de consolidação da discussão de sistemas produtivos sustentáveis. Com o objetivo de mapear a produção científica mundial sobre o tema, o presente artigo consta de uma análise bibliométrica realizada a partir de publicações indexadas na base de dados *Web of Science*. Os trabalhos encontrados foram analisados em função do ano de publicação, número de citações, classificação *category quartis*, país de realização, área da publicação e palavras-chave. Foi observado um aumento importante das publicações e um maior enfoque das mesmas em questões ambientais a partir de 2019, assim como, uma forte concentração de trabalhos oriundos dos Estados Unidos e ausência de trabalhos brasileiros. A proposição de práticas e o desenvolvimento de estudos nessa linha representam, assim, grandes oportunidades para produtores, pesquisadores e demais entes envolvidos na produção de alimentos no Brasil. Tal realização poderá contribuir, não somente para o avanço do País, mas também para a conservação da biodiversidade e promoção de ambientes mais equilibrados por meio da produção de alimentos saudáveis para o mundo.

Palavras-chave: Agronegócio. Cadeia de suprimentos. Mapeamento. Produção Científica. Revisão sistêmica.

REGENERATIVE AGRICULTURE AMID WORLDWIDE TRENDS

ABSTRACT: The search for healthy food, produced without compromising the environment and using energy from renewable sources is increasingly frequent, directing actions from different links of the production chain. In this sense, terms such as food security, bioeconomy, sustainable intensification, and circular economy impose themselves in the search for new forms of process control. In this context, the concept of regenerative agriculture emerges as an alternative to consolidate the discussion of sustainable production systems. To map the world scientific production on the subject, this article consists of a bibliometric analysis carried out from publications indexed in the Web of Science database. The works found were analyzed according to the year of publication, number of citations, category quartile classification, country of production, publication area, and keywords. A significant increase in publications and a greater focus on environmental issues was observed from 2019 onwards, as well as a strong concentration of works from the United States and the absence of Brazilian works. The proposition of practices and the development of studies along these lines represent, therefore, great opportunity for producers, researchers and other entities involved in food production in Brazil. Such an achievement could contribute not only to the country's advancement, but also to the conservation of biodiversity and promotion of more balanced environments through the production of healthy foods for the world.

Keywords: Agribusiness. Food supply chain. Mapping. Scientific Production. Systemic review.

2.1 INTRODUÇÃO

A pressão crescente dos consumidores por alimentos saudáveis, produzidos sem comprometer o meio ambiente a partir de energia de fontes renováveis é uma realidade que tem direcionado esforços de todo o setor do agronegócio (DICK *et al.*, 2015). Termos como intensificação sustentável, segurança alimentar, bioeconomia, economia circular têm sido recorrentes nas discussões internacionais com foco socioeconômico e ambiental, tencionando o desenvolvimento tecnológico na busca de novas formas de comunicação e controle de processos. Nesse contexto, o termo “agricultura regenerativa” surge como um novo patamar na discussão de sistemas sustentáveis à medida que inclui não somente a redução dos impactos ambientais, e, sobretudo do uso de agroquímicos, mas também a reversão de seus efeitos negativos por meio da recuperação de processos que ocorrem nos ambientes naturais (TULL *et al.*, 1987).

A agricultura regenerativa é um conjunto de métodos e princípios de cultivo que aumentam a biodiversidade, enriquecem os solos, melhoram os ciclos da água e melhoram o desempenho dos ecossistemas (SCHREEFEL *et al.*, 2020). Baseia-se em décadas de pesquisa científica básica e aplicada, realizadas por comunidades globais que praticam a agricultura orgânica, agroecologia, gestão holística, agrossilvicultura e permacultura. Sua utilização visa acumular CO₂ como carbono no solo e na biomassa próxima ao solo (BERDENI *et al.*, 2021). Ao fazer isso, ela inverte a tendência global de acumulação de CO₂ na atmosfera, gera rendimentos mais elevados, oferece resiliência às mudanças climáticas e propicia melhor vitalidade para as comunidades rurais (ASSIS, 2005).

Essas questões surgem como grande oportunidade para o Brasil, que passou de importador de alimentos nos anos 1980, para maior exportador de várias *commodities* agrícolas para consumo humano e animal no século XXI (BUAINAIN .; BATALHA, 2007). Assim, compreender a evolução da produção científica ao redor do mundo sobre o tema “agricultura regenerativa” pode contribuir para que o agronegócio brasileiro continue se destacando por sua qualidade e pioneirismo na produção de alimentos saudáveis e com baixo impacto ambiental (DICK *et al.* 2021).

Nesse sentido, a bibliometria é um método de análise quantitativa da pesquisa científica que mensura a contribuição do conhecimento científico derivado das publicações em determinada área (SOARES *et al.*, 2016). As técnicas bibliométricas têm sido utilizadas para avaliar a produção acadêmica a nível nacional e internacional, identificar artigos, autores e temas mais relevantes e atuais, e investigar tendências de abordagem temática e metodológica

nas revistas científicas de maior impacto. Com isso, buscam estabelecer um maior alinhamento entre os temas pesquisados e a produtividade acadêmica disponível (PEREIRA *et al.*, 2019).

O objetivo do presente estudo foi mapear a produção científica mundial sobre o tema *regenerative agriculture* a fim de obter um melhor entendimento da situação do Brasil diante das novas tendências ambientais do agronegócio mundial e identificar oportunidades de pesquisa.

2.2 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma análise bibliométrica quantitativa. Foram analisados trabalhos indexados na base de dados *Web of Science*, incluindo artigos publicados em periódicos e anais de congressos e capítulos de livros.

A *Web of Science* é uma base multidisciplinar desenvolvida pela *Thomson Scientific – Institute for Science Information (ISI)*. O diferencial desta base e principal motivador de sua utilização está no fato de que concentra a publicação das principais revistas mundiais, o que permite traçar um panorama amplo acerca do tema (SOARES *et al.*, 2016), além de fornecer um conjunto de metadados necessários para a análise bibliométrica (PEREIRA *et al.*, 2019).

A primeira etapa do estudo consistiu em uma busca por tópicos, realizada em 20/07/2021, utilizando como palavra-chave o termo “*regenerative agriculture*”. A análise compreendeu o período de 1989 a 2021 devido a inexistência de publicações em períodos anteriores nessa base de dados. Todas as 69 publicações encontradas (Tabela 1) foram, numa segunda etapa, analisadas individualmente a fim de confirmar sua relação com o tema. Não foram considerados outros fatores de exclusão.

Tabela 1. Trabalhos sobre *regenerative agriculture* disponíveis na base *Web of Science*, por ano de publicação, entre 1989 e 2021.

Autores	Ano	Países	Tipo de Documento	Título	Nº citações*
Daw	1989	Scotland	Book Review	Experiences in success – case studies in growing enough food through regenerative agriculture – Tull; Sands	0
Pretty	1998	England	Proceedings Paper	Furthering cooperation between people and institutions	4
Sherwood ;, Uphoff	2000	USA/ Ecuador	Proceedings Paper	Soil health: research, practice, and policy for a more regenerative agriculture	33
Strong	2008	Australia	Proceedings Paper	Regenerative agriculture: the case for dialogue with nature	3
Francis	2016	USA	Book Review	The carbon farming solution: a global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security	1
Hartle	2016	USA	Book Review	The carbon farming solution: A global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security	0
Ridinger	2016	USA	Book Review	Review of the carbon farming solution: A global toolkit of perennial crops and regenerative agriculture practices for climate change mitigation and food security	1

Carr	2017	USA	Editorial Material	Guest editorial: Conservation tillage for organic farming	6
McDonald	2017	England	Letter	We can raise cattle in regenerative agriculture	0
Rhodes	2017	England	Article	The imperative for regenerative agriculture	36
Rhodes	2017	England	Editorial Material	The whispering world of plants: 'The Wood Wide Web'	2
Shelef <i>et al.</i>	2017	USA	Review	The value of native plants and local production in an era of global agriculture	39
Teague	2017	USA	Proceedings Paper	Bridging the research management gap to restore ecosystem function and social resilience	40
Teague .; Barnes	2017	USA	Review	Grazing management that regenerates ecosystem function and grazingland livelihoods	9
Elevitch <i>et al.</i>	2018	USA	Review	Agroforestry standards for regenerative egriculture	1
Hensel	2018	USA	Editorial Material	Will regenerative agriculture become the next 'organic'?	0
LaCanne .; Lundgren	2018	USA	Article	Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably	52
Stuart .; Clemens	2018	USA	Editorial Material	Regenerative agriculture takes root	0
Teague	2018	USA	Article	Forages and pastures symposium: cover crops in livestock production: whole-system approach: Managing grazing to restore soil health and farm livelihoods	3
Conway, C	2019	Australia	Article	Peer support model as catalyst for change	0
Gambato .; Zerbi	2019	Switzerland	Proceedings Paper	The regenerative building: A concept of total sustainability	2
Gosnell <i>et al.</i>	2019	USA/ Australia	Article	Transformational adaptation on the farm: Processes of change and persistence in transitions to 'climate-smart' regenerative agriculture	7
Gravuer <i>et al.</i>	2019	USA	Article	Organic amendment additions to rangelands: A meta-analysis of multiple ecosystem outcomes	2
Haas <i>et al.</i>	2019	Netherlands	Article	Combining agro-ecological functions in grass-clover mixtures	1
Li <i>et al.</i>	2019	China	Article	Buckwheat strip crops increase parasitism of <i>Apolygus lucorum</i> in cotton	5
Pecenka .; Lundgren	2019	USA	Review	Effects of herd management and the use of ivermectin on dung arthropod communities in grasslands	6
Provenza <i>et al.</i>	2019	USA/ New Zealand	Article	Is grassfed meat and dairy better for human and environmental health?	27
Sambell <i>et al.</i>	2019	Australia/ Netherlands/ Canada	Article	Local challenges and successes associated with transitioning to sustainable food system practices for a West Australian context: Multi-sector stakeholder perceptions	8
Sayre	2019	USA	Book Review	One size fits none: A farm girl's search for the promise of regenerative agriculture	0
Schier <i>et al.</i>	2019	USA/ Canada	Article	Comparative analysis of perennial and annual <i>Phaseolus</i> seed nutrient concentrations	5
White .; Andrew	2019	Australia	Article	Orthodox soil science versus alternative philosophies: A clash of cultures in a modern context	3
Al-Kaisi .; Lal	2020	USA	Review	Aligning science and policy of regenerative agriculture	
Ateljevic	2020	Croatia	Article	Transforming the (tourism) world for good and (re)generating the potential 'new normal'	25
Beelman <i>et al.</i>	2020	USA	Article	Is ergothioneine a 'longevity vitamin' limited in the American diet?	2
Colley <i>et al.</i>	2020	Denmark	Article	Delta life cycle assessment of Regenerative Agriculture in a sheep farming system	3
Eckberg .; Rosenzweig	2020	USA	Article	Regenerative agriculture: A farmer-led initiative to build resiliency in food systems	23
Gopal <i>et al.</i>	2020	India/ United Arab Emirates	Article	Biochars produced from coconut palm biomass residues can aid regenerative agriculture by improving soil properties and plant yield in humid tropics	0
Gosnell <i>et al.</i>	2020	USA	Article	A half century of holistic management: what does the evidence reveal?	14
Gosnell <i>et al.</i>	2020	USA	Article	Climate change mitigation as a co-benefit of regenerative ranching: insights from Australia and the United States	8
Guarnaccia <i>et al.</i>	2020	Scotland/ Italy	Article	Proposal of a bioregional strategic framework for a sustainable food system in sicily	4
Hagen <i>et al.</i>	2020	USA	Article	Mapping conservation management practices and outcomes in the corn belt using the operational tillage information system (OpTIS) and the denitrification-decomposition (DNDC) model	2
Hastings <i>et al.</i>	2020	USA	Article	Integrating co-production and functional trait approaches for inclusive and scalable restoration solutions	0
Jimenez-Alfaro <i>et al.</i>	2020	USA/ Spain/ Germany/ Italy	Article	Native plants for greening Mediterranean agroecosystems	9
Kleppel	2020	USA	Review	Do differences in livestock management practices influence environmental impacts?	0

Lal	2020	USA	Editorial Material	Regenerative agriculture for food and climate	8
Lynde	2020	USA	Article	Innovation & entrepreneurship driving food system transformation	6
Marks	2020	USA	Article	(Carbon) Farming our way out of climate change	0
Newton et al.	2020	USA	Review	What is Regenerative Agriculture? A review of scholar and practitioner definitions based on processes and outcomes	3
Rosenzweig et al.	2020	USA	Article	A dryland cropping revolution? Linking an emerging soil health paradigm with shifting social fields among wheat growers of the high plains	4
Rowntree et al.	2020	USA	Article	Ecosystem impacts and productive capacity of a multi-species pastured livestock system	2
Schreefel et al.	2020	Netherlands	Article	Regenerative agriculture - the soil is the base	9
Soto et al.	2020	Spain	Article	Participatory selection of soil quality indicators for monitoring the impacts of regenerative agriculture on ecosystem services	3
Storr et al.	2020	England	Article	Using frost-sensitive cover crops for timely nitrogen mineralization and soil moisture management	1
Teague .; Kreuter	2020	USA	Review	Managing grazing to restore soil health, ecosystem function, and ecosystem services	1
White	2020	USA	Article	Why regenerative agriculture?	0
Williams et al.	2020	USA	Article	Ecosystem services in vineyard landscapes: a focus on aboveground carbon storage and accumulation	3
Berdeni et al.	2021	England	Article	Soil quality regeneration by grass-clover leys in arable rotations compared to permanent grassland: Effects on wheat yield and resilience to drought and flooding	0
Giller et al.	2021	England/ Netherlands	Article	Regenerative Agriculture: An agronomic perspective	4
Gosnell	2021	USA	Article	Regenerating soil, regenerating soul: an integral approach to understanding agricultural transformation	28
Horton et al.	2021	USA/ England/ Scotland	Article	Technologies to deliver food and climate security through agriculture	1
Ikerd	2021	USA	Editorial Material	The economic pamphleteer John Ikerd. Realities of regenerative agriculture	1
Leake	2021	Australia	Editorial Material	Investment in land restoration: New perspectives with special reference to Australia	0
Mahmud et al.	2021	USA	Review	Nitrogen losses and potential mitigation strategies for a sustainable agroecosystem	3
Soto et al.	2021	Spain	Article	Restoring soil quality of woody agroecosystems in Mediterranean drylands through regenerative agriculture	3
Stephens	2021	Canada	Article	Social finance investing for a resilient food future	0
Thompson et al.	2021	USA/ Germany/ Ecuador	Article	Land use change in the Ecuadorian paramo: The impact of expanding agriculture on soil carbon storage	0
Toll	2021	USA	Book Review	Growing our future: scaling regenerative agriculture in the United States of America	0
Velasco-Munoz et al.	2021	England / Spain	Article	Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies, and indicators	2
Walker et al.	2021	England	Article	Thematic collages in participatory photography: A process for understanding the adoption of zero budget natural farming in India	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

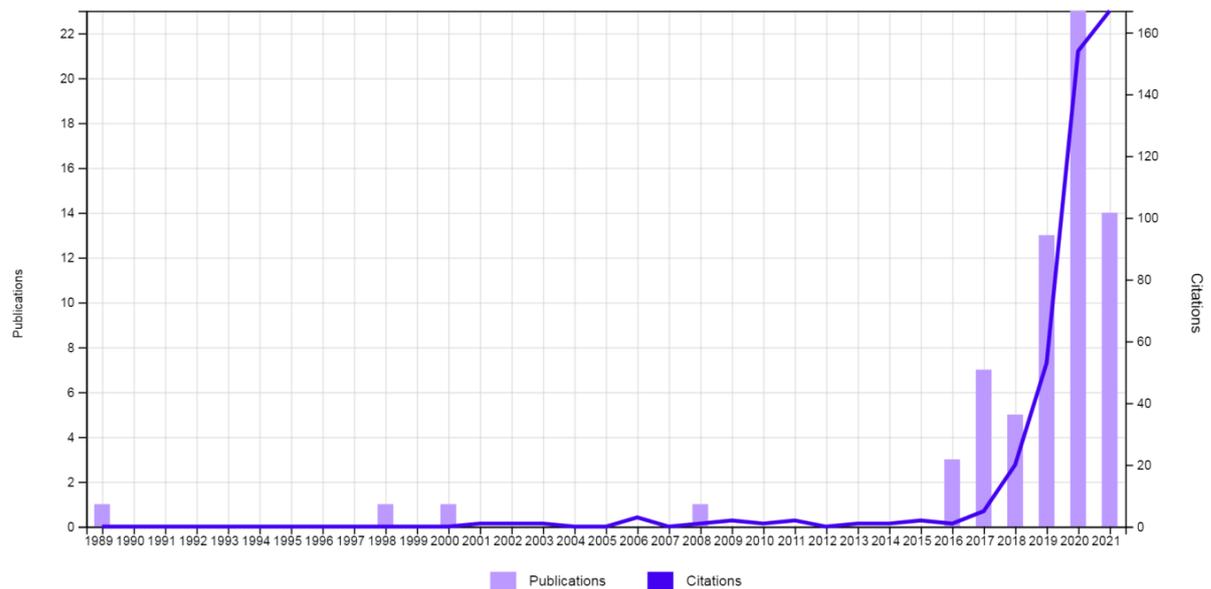
Posteriormente, a fim de determinar as tendências da temática no âmbito nacional e mundial, foi realizada uma análise mais detalhada dessas publicações em relação a ano, países, quantidade de citações, classificação *category quartis*, áreas de conhecimento e palavras-chaves, com o auxílio de ferramentas do *Web of Science*, dos softwares Excel e *Wordclouds*. A classificação *category quartis* divide igualmente os periódicos de uma dada categoria temática em quatro quartis (Q1, Q2, Q3, Q4), sendo o primeiro quarto (Q1) ocupado pelos 25% principais periódicos da lista.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na análise dos dados, observou-se um aumento do número de publicações a partir de 2016, com uma importante aceleração em 2019 (Figura 1).

Figura 1. Número de trabalhos sobre regenerative agriculture disponíveis e de citações por ano de publicação entre 1989 e 2021.

Fonte: Web of Science. (2021)



Em relação à difusão do conhecimento por meio de citações, foi possível verificar um aumento significativo nos últimos anos, sendo 42 até 2018, 53 em 2019, 154 em 2020 e 155 até a data da coleta das informações em 2021, reforçando o crescente interesse pelo tema.

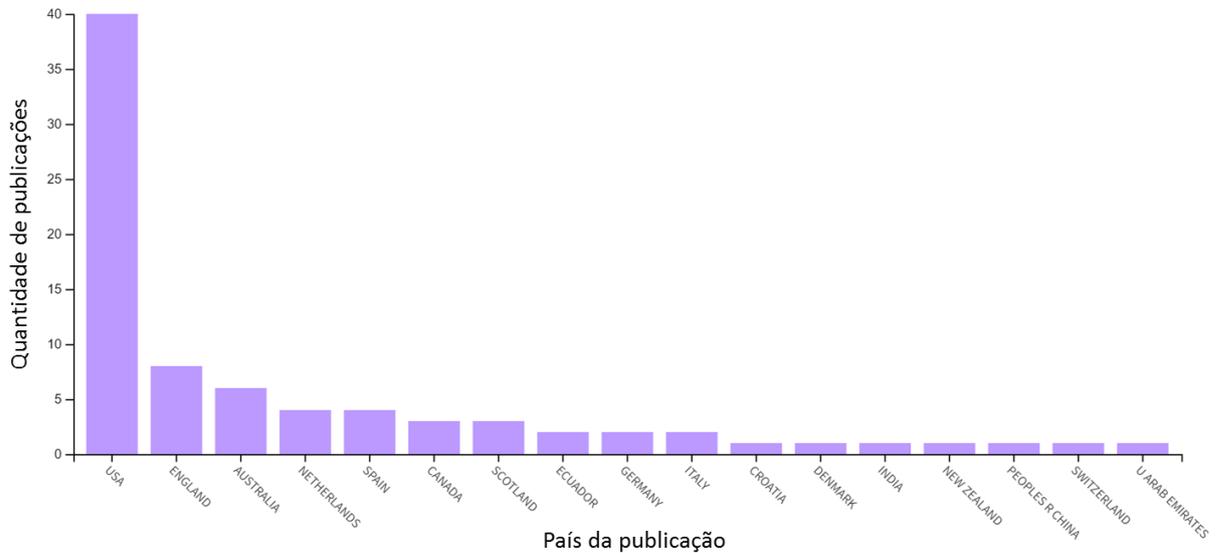
Ao analisar o histórico desse conceito, encontra-se menções à expressão “*regenerative*” em literaturas dos anos 1950 com foco na produção de alimentos integrada com o meio ambiente, como por exemplo em “*Productivité de l’herbe*” de André Voisin (1957). Entretanto, uma maior difusão começa a ocorrer nos anos 1980, quando o Instituto Rodale passa a incentivar a produção “orgânica regenerativa” (RODALE, 1985), visando minimizar os efeitos da atividade agrícola na América do Norte.

Entre os trabalhos encontrados, 58% foram oriundos dos Estados Unidos, 11,5% da Inglaterra, 8,7% da Austrália e nenhum do Brasil (Figura 2). A inexpressividade brasileira nessa temática reflete a baixa prioridade científico-política para atividades de pesquisa relacionadas ao meio ambiente, em relação a outros países. Por outro lado, evidencia um campo de pesquisa potencialmente favorável no atual contexto socioeconômico mundial, onde mercados e

consumidores cada vez mais buscam e valorizam alimentos produzidos de forma sustentável (PEDERSEN *et al.*, 2020).

Figura 2. Número de publicações sobre regenerative agriculture por país de realização do estudo entre 1989 e 2021.

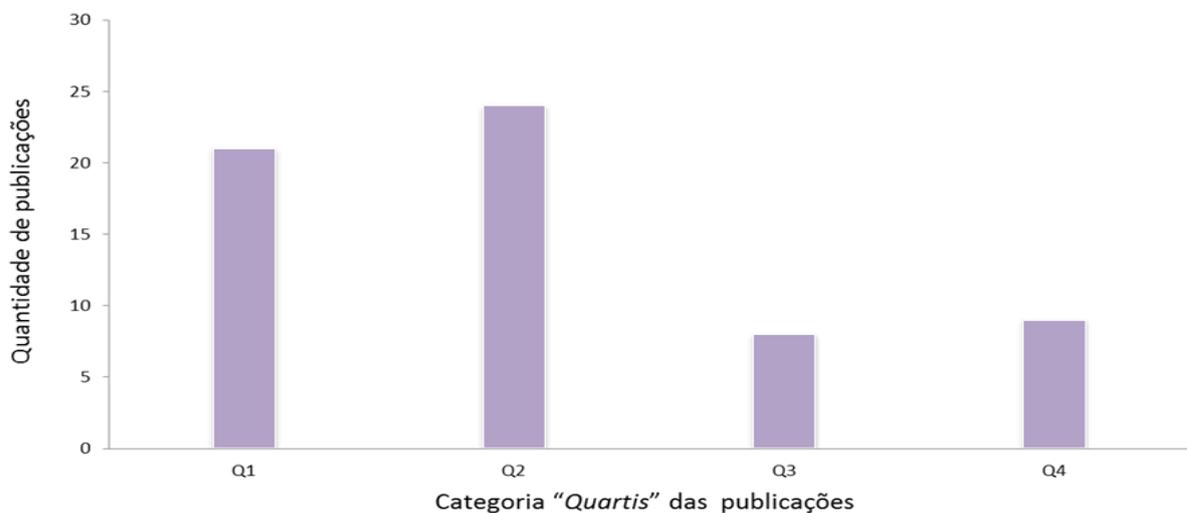
Fonte: Web of Science. (2021)



No que se refere à classificação das publicações segundo a categoria quartis, observou-se uma dominância de publicações das categorias Q1 e Q2 (65% do total), evidenciando o alto padrão da produção científica disponível nessa base de dados sobre a temática estudada (Figura 3).

Figura 3. Número de publicações sobre regenerative agriculture por categoria quartis entre 1989 e 2021.

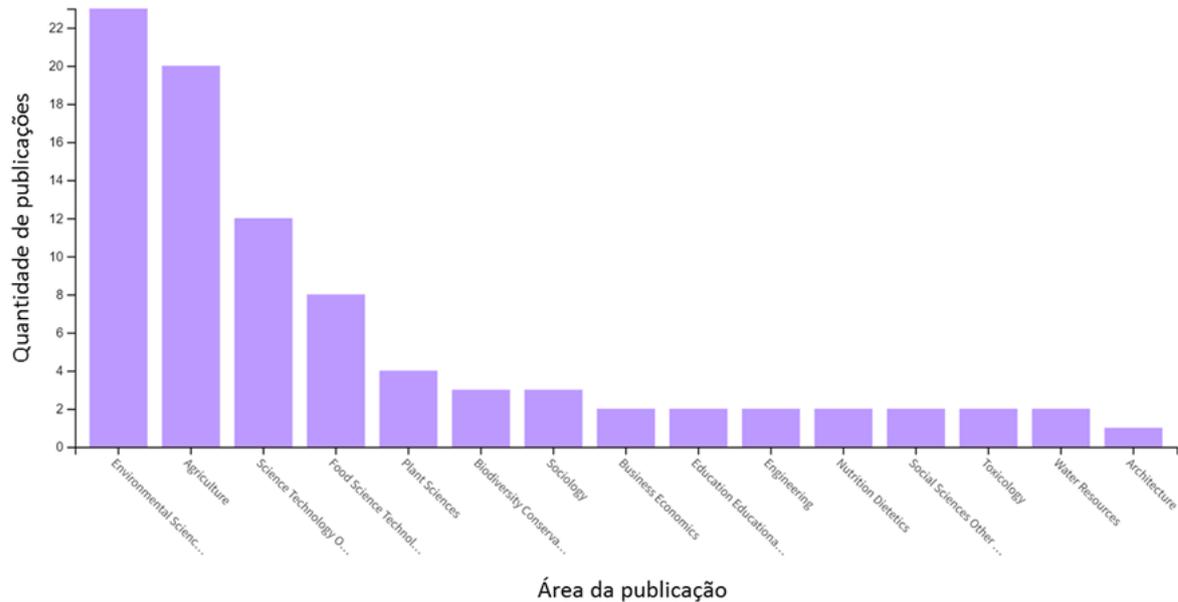
Fonte: Elaborado pelo autor



Já quanto à distribuição das publicações por área de pesquisa, observa-se uma maior participação das áreas de Ciências Ambientais/ Ecologia e Agricultura, que juntas respondem por 62% dos trabalhos (Figura 4).

Figura 4. Número de trabalhos publicados sobre regenerative agriculture por área de pesquisa entre 1989 e 2021.

Fonte: Web of Science. (2021)



Uma análise mais detalhada permite, no entanto, observar uma evolução deste quesito ao longo do período considerado. De forma concomitante com o importante aumento no número publicações observado a partir de 2019, demonstrado na figura 1, observou-se uma mudança na distribuição dos trabalhos entre as áreas de pesquisa. Até 2018 (Figura 5a), verifica-se uma provável maior ênfase em questões de natureza produtiva, com a dominância de trabalhos nas áreas de Agricultura e Ciências Tecnológicas, seguidos de trabalhos em Ciências Ambientais/ Ecologia, Ciências dos Alimentos e Educação/ Pesquisas Educacionais.

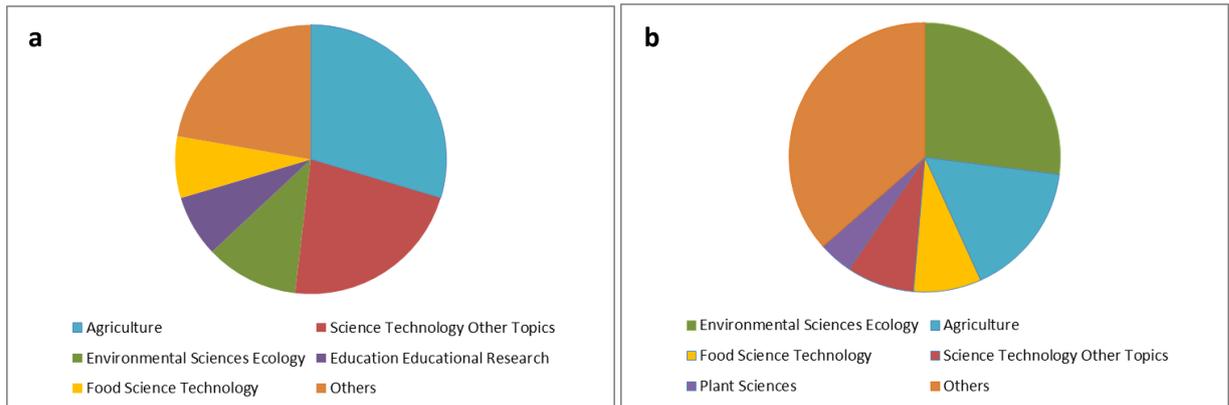


Figura 5. Distribuição das publicações sobre *regenerative agriculture* por área de pesquisa até 2018 (a) e a partir de 2019 (b).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir de 2019, a crescente consciência ecológica, somada a uma atenção cada vez maior com a saúde humana e do ambiente, potencializada pela pandemia de Covid-19, explica, provavelmente, o aumento de trabalhos na área das Ciências Ambientais/ Ecologia e uma maior participação de trabalhos de outras áreas de pesquisa (Figura 5b).

Estas evoluções, ao permitirem contribuições de um maior número de áreas de pesquisa, propiciam novas oportunidades de consolidação de estudos interdisciplinares e fornecem subsídios para o avanço do entendimento da complexidade de sistemas e processos envolvidos na agricultura regenerativa.

Por fim, a análise das palavras-chave mais utilizadas na totalidade do período considerado mostra que as dez mais citadas (*regenerative, agriculture, soil, food, ecosystem, services, sustainable, carbon, grazing, management*) representaram 60,8% do total de ocorrências (Figura 6). Apesar dessa concentração, a diversidade das temáticas aí representadas reflete a amplitude do sistema produtivo e a complexidade da temática estudada.

cadeias de suprimentos para os benefícios de ambientes e de alimentos saudáveis e suas sinergias.

Sabe-se que grandes civilizações pereceram devido a desequilíbrios do ambiente. A terra como um todo holístico é diversa, incluindo insetos, roedores, pássaros, ervas daninhas, bactérias e vírus, conectados por processos de degradação e construção de vida. Nessa ótica, seu conhecimento e valorização, através da maior ênfase ambiental e do acúmulo interdisciplinar ora demonstrado, oferece uma nova perspectiva via agricultura regenerativa: a de produzir alimentos saudáveis de forma simultânea à manutenção da biodiversidade e à recuperação dos ecossistemas.

Esta possibilidade requer, no entanto, informação ampla e específica às diferentes peculiaridades que caracterizam a diversidade dos ambientes agrícolas planetários. A identificação de lacunas de conhecimento é uma das etapas a serem cumpridas na busca de novos comportamentos, pensamentos mais adequados e alimentos, ambientes e vida saudáveis.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, R. L. **Agricultura orgânica e agroecologia: questões conceituais e processo de conversão**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. (Documentos, 166).
- BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. **Cadeia produtiva de carne bovina**. Série Agronegócios. MAPA, v. 8, 87p., 2007.
- BERDENI, D. *et al.* Regeneração da qualidade do solo por gramíneas-trevo em rotações aráveis em comparação com pastagens permanentes: Efeitos na produtividade do trigo e na resiliência à seca e inundações. **Soil and Tillage Research**, v. 212, [art] 105037, 2021.
- DICK, M.; ABREU DA SILVA, M.; DEWES, H. Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 426-434, 2015.
- DICK, M. *et al.* Environmental impacts of Brazilian beef cattle production in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. **Journal of Cleaner Production**, p. 127750, 2021.
- PEDERSEN, S. *et al.* Economic gain vs. ecological pain - Environmental sustainability in economies based on renewable biological resources. **Sustainability**, v. 12, n. 9, p. 3557, 2020.
- PEREIRA, R. S. *et al.* Metanálise como instrumento de pesquisa: Uma revisão sistemática dos estudos bibliométricos em Administração. RAM. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 20, 2019.
- RODALE, R. Internal resources, and external inputs~ the two sources of all production needs. In **Workshop Report: Regenerative Farming Systems** (pp. 3-17). USAID Washington, DC. 1985.
- SCHREEFEL, L. *et al.* Regenerative agriculture—the soil is the base. **Global Food Security**, v. 26, p. 100404, 2020.
- SOARES, P. B. *et al.* Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, v. 16, p. 175-185, 2016.
- TULL, K. *et al.* Experiences in success. Case studies in growing enough food through regeneration agriculture. **Rodale International**, Rodale Institute, 1987.
- VOISIN, A. **Productivité de l'herbe**. Paris: Flammarion. 505p., 1957.

3 MELHORIA PRODUTIVA E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

RESUMO: Com a expansão da produção pecuária sobre a Amazônia, a intensificação da atividade pode ser uma aliada da preservação ambiental, reduzindo a pressão de uso sobre zonas sensíveis e liberando áreas já consolidadas para outras atividades. Assim, conhecer os impactos dos sistemas de produção animal e estabelecer parâmetros e práticas que mitiguem seus efeitos são objetivos fundamentais. Por meio de análise de ciclo de vida (ACV), buscou-se avaliar como a adoção de práticas produtivas melhoradoras influenciam os impactos ambientais da produção de bovinos de corte no Bioma Amazônico. A partir de um sistema base, verificou-se que a melhoria da pastagem e do controle sobre o pastejo dos animais reduziu os impactos por kg de ganho de peso vivo em 16 dos 18 indicadores avaliados, atuando como mitigador dos impactos de toxicidade humana e depleção de combustíveis fósseis. Por outro lado, o uso de concentrados os aumentou as emissões em 10 categorias. Assim, a intensificação de sistemas pastoris por meio da melhoria do manejo dos animais é uma alternativa que permite aumentos de produtividades com benefícios diretos sobre o meio ambiente, se impondo como ferramenta na consolidação de sistemas economicamente viáveis e ambientalmente corretos.

Palavras-chave: Agricultura regenerativa. Estratégia ganha-ganha. Intensificação sustentável. Pastejo rotativo. Serviços ecossistêmicos.

PRODUCTIVE IMPROVEMENT AND MITIGATION OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF BEEF CATTLE PRODUCTION IN THE BRAZILIAN AMAZON

ABSTRACT: With the expansion of livestock production in the Amazon, the intensification of activity can be an ally of environmental preservation, reducing the pressure of use on sensitive areas and freeing areas already consolidated for other activities. Thus, knowing the impacts of animal production systems and establishing parameters and practices that mitigate their effects are fundamental objectives. Through life cycle analysis (LCA), we sought to assess how the adoption of productive practices influences the environmental impacts of beef cattle production in the Amazon Biome. From a baseline system, it was verified that the improvement of the pasture and the control over the grazing of the animals reduced the impacts per kg of live weight gain in 16 of the 18 evaluated indicators, acting as a mitigator of the impacts of human toxicity and depletion of fossil fuels. On the other hand, the use of concentrates increased emissions by 10 categories. Thus, the intensification of pastoral systems through improved animal management is an alternative that allows increases in productivity with direct benefits on the environment, imposing itself as a tool in the consolidation of economically viable and environmentally correct systems.

Keywords: Ecosystem services. Regenerative agriculture. Sustainable intensification. Win-win strategy. Rotational grazing.

3.1 INTRODUÇÃO

A pecuária é um grande impulsionador das paisagens rurais e das economias em todo o mundo, ao mesmo tempo em que polariza debates sobre impactos ambientais, bem-estar animal e saúde humana (DUMONT *et al.*, 2019). No Brasil, questões naturais, como clima favorável e água em abundância, além da estrutura social e econômica fortemente dependente do setor agrícola, fazem com que a produção de bovinos de corte seja de suma importância.

O Bioma Amazônico representa 49,3% do território nacional e possui a maior floresta tropical úmida do planeta (MMA, 2022). Atualmente, 31% do rebanho bovino brasileiro é produzido na Amazônia (IBGE, 2022). A expansão da atividade nesse bioma esteve relacionada, em um primeiro momento, às políticas governamentais de expansão das fronteiras nas décadas de 1960, 1970 e 1980. A partir dos anos 1990, acompanhando a lógica econômica mundial, se tornou atraente em relação a outras regiões pelo valor da terra e potencial de expansão (NEVES *et al.*, 2014).

A expansão pecuária nessa região tem sido associada a impactos sobre áreas nativas e, devido ao alto impacto sobre a floresta Amazônica, tem estado em grande evidência internacional. Assim, a necessidade de adequação dos produtores à legislação ambiental, a consciência crescente dos produtores e a exigência dos mercados consumidores de uma produção pecuária mais sustentável têm exigido mudanças no modo de produção. Nesse sentido, conhecer seus efeitos e direcionar práticas produtivas rumo à sustentabilidade são metas fundamentais à manutenção dos serviços ecossistêmicos da região e para a valorização da carne brasileira no mundo.

Diversos esforços têm surgido no sentido de controlar o desmatamento da floresta e ao mesmo tempo, garantir que as populações locais tenham qualidade de vida. Um dos grandes entraves é a baixa produtividade dos sistemas pecuários dessa região (VALENTIM .; ANDRADE, 2009). Essa ineficiência dos sistemas produtivos é relacionada principalmente à degradação das pastagens e aos baixos índices sanitários e reprodutivos da atividade (NEVES *et al.*, 2014).

É sabido que a intensificação pode colaborar com preservação ambiental, produzindo menores emissões por unidade de produto (DICK *et al.*, 2015a). Além disso, o melhor uso dos recursos naturais, como terra e água, tem consequentes menores pressões de uso sobre locais sensíveis (GARNETT *et al.*, 2013), liberando áreas para outras atividades e contribuindo para a redução do desmatamento. Por outro lado, o tipo de intensificação é definidor da sustentabilidade do sistema de produção. Uma maior industrialização do setor nos moldes

tradicionais não tem sido associada a maior lucratividade dos produtores, mas sim, a maiores impactos ambientais (MERRY .; SOARES-FILHO, 2017).

A intensificação entendida como “verde” ou “moderada”, baseada principalmente em alimentação a base de pastos (BOGAERTS *et al.*, 2017), pode apresentar resultados produtivos semelhantes aos de sistemas mais insumistas (VALE *et al.* 2019). Nesse sentido, a intensificação de sistemas pastoris pode contribuir com a redução dos impactos ambientais da atividade enquanto contribui com a melhoria da produtividade. Dessa maneira, a agricultura regenerativa surge como um novo patamar na discussão de sistemas sustentáveis à medida que inclui não somente a redução dos impactos ambientais, e, sobretudo do uso de agroquímicos, mas também a reversão de seus efeitos negativos por meio da recuperação de processos que ocorrem nos ambientes naturais (TULL *et al.*, 1987).

Devido às características da atividade pecuária no Bioma Amazônico, elevar a produtividade através do melhoramento de pastagens, com a renovação de áreas já abertas e incorporadas ao processo produtivo, tornando-as viáveis economicamente e evitando novos desmatamentos, é uma premissa de base nessa região. Esses esforços são fundamentais para garantir a manutenção do padrão de chuvas regional, o fluxo dentro da normalidade dos rios, a diminuição de assoreamento e principalmente, a preservação da biodiversidade em suas diferentes escalas (NEVES *et al.*, 2014). Além desses efeitos positivos diretos sobre o ambiente, essa melhoria das pastagens acarreta também melhorias nutricionais e sanitárias nos rebanhos com efeitos positivos complementares na eficiência produtiva dos rebanhos.

Estudos enfocando as emissões de gases de efeito estufa (GEE) da pecuária na Amazônia têm sido realizados (CARDOSO *et al.*, 2016; BOGAERTS *et al.* 2017), porém análises amplas, que incluam diferentes categorias de impacto ambiental visando minimizar falhas na proposição de alternativas produtivas, são escassas. Nesse sentido, o uso da Análise de Ciclo de Vida (ACV), propicia uma visão ampla do sistema, permitindo a avaliação de um maior número de categorias de impacto ambiental e da totalidade do sistema produtivo, bem como, a discussão de formas sustentáveis de produção (DICK *et al.*, 2015b). Assim, no presente trabalho, buscamos comparar diferentes formas de intensificação da produção de bovinos sobre o meio ambiente.

3.2 METODOLOGIA

Por meio de Análise de Ciclo de Vida (ACV), foram avaliados os efeitos da adoção de diferentes práticas produtivas sobre os impactos ambientais da produção de bovinos de corte no Bioma Amazônico.

3.2.1 Definição do escopo, unidade funcional e limites dos sistemas

A ACV foi realizada com base nas normas ISO14040 (2006) e ISO14044 (2006) em uma abordagem *cradle to gate*. A unidade funcional adotada foi a produção de 1 kg de ganho de peso vivo (GPV). A descrição do sistema típico (baseline - BL) foi realizada a partir de referências bibliográficas e incluiu os animais, as pastagens, a água e os suplementos fornecidos aos animais, bem como os insumos, a energia e o transporte comumente utilizados para a produção de bovinos na região. A descrição detalhada desse sistema está disponível em DICK *et al.* (2021).

3.2.2 Descrição das práticas produtivas

Como estratégias de mitigação dos impactos da atividade pecuária no ecossistema natural, foram simuladas: (1) a recuperação de pastagens degradadas com introdução de gramíneas e fertilização nitrogenada, em conjunto com a melhoria do manejo dos animais via pastoreio rotacionado com trocas diárias de piquetes; (2) a recuperação proposta no cenário 1 com a introdução de leguminosas forrageiras em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados; o uso de alimentação concentrada nas etapas de (3) terminação e (4) recria-terminação dos animais. As principais características produtivas impactadas por essas estratégias estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Principais características nos cenários da produção de bovinos de corte no Bioma Amazônico.

Indicadores	Baseline	1	2	3	4
Consumo forragens (kg matéria-seca/animal/dia)	8,4	12,2	12,2	4	4
Consumo concentrado (kg MS/animal/dia)	-	-	-	8,5	8,5
Digestibilidade da dieta (%)	54	62	66	70	75
Proteína bruta da dieta (%)	13	15	17	16,5	17,5
Fator Ym (% de energia bruta ingerida)	6,8	6,2	6	5	4
Eficiência de uso das pastagens (%)	60	85	85	85	85
Taxa de desmama (%)	61,75	80,19	85,14	85,14	85,14
Peso de desmama - machos (kg)	170	200	210	210	210
Peso de desmama - fêmeas (kg)	155	180	190	190	190
Idade à primeira cria (meses)	36	24,00	24,00	24,00	24,00
Idade média de abate - machos (meses)	43	19,74	17,19	17,19	17,19
Idade média de abate - fêmeas (meses)	43	18,51	17,59	17,59	17,59
Ganho de peso - fêmeas plantel (kg/animal/dia)	0,28	0,8	0,9	0,9	0,9

Ganho de peso - machos (kg/animal/dia)	0,31	0,8	1	1,1	1,2
Ganho de peso - fêmeas (kg/animal/dia)	0,22	0,8	0,9	0,9	0,9
Peso de abate - machos (kg)	480	510	520	520	520
Peso de abate - fêmeas (kg)	380	460	480	480	480

Fonte: Baseline a partir de Dick *et al.* (2021) e cenários elaborados pelo autor.

3.2.3 Análise de inventário

A participação das diferentes categorias de animais foi estimada por meio da simulação da evolução do rebanho conforme recomendação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006). Os impactos da alimentação e da suplementação dos animais foram analisados, considerando as necessidades nutricionais das diferentes categorias. Os dados dos diferentes componentes do sistema foram adaptados à unidade funcional e ao escopo do estudo, bem como verificados para o balanço de massa e energia, conforme sugerido pela ISO14044 (2006).

3.2.4 Análise de impacto

O método *Recipe midpoint*, versão 1.13, incluído no software SimaPro® 8.4.0.0, com o padrão de normalização World H e a perspectiva hierárquica (GOEDKOOOP *et al.*, 2010), foi utilizado para organizar os processos e estimar os impactos ambientais potenciais em diferentes categorias. Os fatores de caracterização foram determinados segundo FORSTER *et al.* (2007), GOEDKOOOP *et al.* (2009) e MUÑOZ *et al.* (2013), considerando o potencial de aquecimento global em um horizonte de tempo de 100 anos (GWP 100). As categorias de impacto analisadas foram: mudanças climáticas (CC); ocupação de áreas agrícolas (ALO) e urbanas (ULO); transformação natural da terra (NLT); depleção da água (WD), de minerais (MD), de combustíveis fósseis (FD) e de ozônio (OD); acidificação terrestre (TA); eutrofização de água doce (WEu) e marinha (MEu); toxicidade humana (HT); ecotoxicidade terrestre (TEt), de água doce (WEt) e marinha (MEt); formação de oxidantes fotoquímicos (POF); e de material particulado (PMF); e radiação ionizante (IR).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A intensificação da atividade via melhoria da dieta reduziu os impactos em termos de CC, ALO, WD, WEu e MEu em todos os cenários (Tabela 2). Esses resultados são devidos, principalmente, ao menor impacto dos animais que ocorreu em função da redução no tempo de permanência dos mesmos nos diferentes sistemas.

O uso de concentrados na etapa de recria-terminação (cenário 4) aumentou os impactos ambientais nos demais indicadores (ULO, NLT, MD, FD, OD, TA, HT, TEt, WEt, MEt, POF, PMF e IR). Já o melhoramento de pastagens com intensificação do pastejo, quando associado ao uso de fertilizantes nitrogenados (cenário 1), e o uso de concentrados na etapa de terminação (cenário 3) aumentaram os impactos em termos de ULO, NLT, MD, FD, OD, TA, HT, TEt, WEt, MEt, PMF e IR.

Tabela 2. Resultados obtidos pela intensificação da produção de bovinos de corte no Bioma Amazônico via melhoria da dieta.

Sigla	Unidade (*kg GPV⁻¹)	BL	1	2	3	4
CC	kg CO ₂ eq	10,38	2,62	0,71	4,10	6,44
ALO	m ² a	89,29	7,22	6,60	7,70	9,92
ULO	m ² a	0,024	0,026	0,020	0,081	0,208
NLT	m ²	2,57E-04	3,51E-04	7,66E-05	1,00E-03	2,95E-03
WD	m ³	0,205	0,109	0,048	0,069	0,119
MD	kg Fe eq	0,072	0,118	0,053	0,106	0,267
FD	kg oil eq	0,154	0,332	-0,007	0,272	0,896
OD	kg CFC-11 eq	6,54E-08	1,24E-07	4,27E-09	1,05E-07	3,31E-07
TA	kg SO ₂ eq	0,005	0,008	0,002	0,038	0,112
WEu	kg P eq	2,80E-03	7,41E-04	5,32E-04	1,04E-03	2,10E-03
MEu	kg N eq	0,100	0,002	0,001	0,026	0,077
HT	kg 1,4-DB eq	-1,23	0,24	-0,05	0,39	1,32
TEt	kg 1,4-DB eq	-0,005	0,001	0,000	0,005	0,013
WEt	kg 1,4-DB eq	0,005	0,008	0,001	0,010	0,028
MEt	kg 1,4-DB eq	0,005	0,008	0,001	0,009	0,025
POF	kg NMVOC	0,008	0,005	0,003	0,007	0,016
PMF	kg PM10 eq	0,002	0,003	0,001	0,007	0,021
IR	kBq U235 eq	0,039	0,055	0,009	0,059	0,169

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em contrapartida, o uso de pastoreio intensivo, quando acompanhado pelo uso de leguminosas (cenário 2), reduziu os impactos em 16 das 18 categorias avaliadas, sendo que para HT e FD os valores foram negativos. O maior volume e qualidade das pastagens associados ao uso de leguminosas, geraram alterações na dinâmica ambiente-solo-planta-animal, que resultaram em benefícios para o sistema como um todo. O menor uso de insumos externos à propriedade, com consequente redução do transporte colaborou para esses resultados.

Atualmente, a pecuária no Brasil enfrenta trajetória de diminuição da margem de lucro dos produtores (MERRY .; SOARES-FILHO, 2017). Paralelamente, a forte relação com os impactos ambientais nos diferentes biomas, particularmente na Amazônia, tem tencionado para a busca por modelos produtivos mais sustentáveis. Nesse contexto, tem se destacado estratégias que visam aumentar a qualidade e a quantidade da forragem fornecida aos animais, além de aumentar as taxas de lotação e diminuir a idade de abate, parâmetros que por si só resultam em

maiores lucros para os produtores (UNDERSANDER *et al.*, 2014), e que têm o potencial de diminuir os impactos no ambiente.

A manutenção de sistemas menos produtivos pode gerar benefícios locais (GARNETT *et al.*, 2013), porém, as consequências indiretas potenciais, em particular o risco de que a terra seja desmatada em outro lugar para compensar rendimentos locais mais baixos, devem ser consideradas. Nesse sentido, melhorias produtivas podem representar oportunidades importantes para a redução do uso da terra e de pressões locais envolvendo disputas fundiárias, permitindo interromper ou mesmo reverter a expansão da produção em ecossistemas onde há claro interesse em manter seu estado natural (CEDERBERG *et al.*, 2009), que é o caso da Amazônia Brasileira.

A conversão da floresta para agricultura e pecuária, além da adoção de práticas agropecuárias inadequadas e do uso indiscriminado de agroquímicos têm levado à degradação dos solos, poluição das águas, perda da biodiversidade, entre outras (DUMONT *et al.*, 2019). Nesse sentido, a avaliação dos impactos como um todo evita problemas adicionais que podem acompanhar a implementação de estratégias de mitigação (DICK *et al.*, 2015b).

Como é possível observar nos diferentes cenários propostos, o tipo de intensificação é que define seu impacto sobre o ambiente ao qual o sistema produtivo está inserido. O manejo adequado dos sistemas de produção pode reduzir, ou mesmo mitigar os impactos ambientais. Assim, com base nas premissas do pastoreio racional e do manejo holístico (VOISIN, 1957; SAVORY .; BUTTERFIELD, 2016), a melhoria dos sistemas pecuários da Amazônia deve incluir a adequação da condução dos bovinos nas áreas de pastagens. Dessa maneira, o manejo se direciona para as dejeções animais a fim de incrementar a ciclagem de nutrientes entre os diferentes componentes desse ecossistema (solo-planta-animal).

Essas mudanças de manejo, por si só já contribuem para a melhoria do sistema numa ótica regenerativa. A manutenção das pastagens com cobertura verde e raízes vivas ao longo do ano permite, entre outros benefícios, incrementos na produção de alimento e no sequestro de carbono no solo e nas plantas, bem como maior eficiência no uso da terra e na absorção hídrica do solo (DICK *et al.*, 2022). Adicionalmente, uma maior diversidade de espécies e a minimização do revolvimento do solo e do uso de insumos (combustíveis fósseis e agroquímicos), além de dinamizar ainda mais o sistema produtivo, podem contribuir para a preservação ambiental, e mesmo, para a reversão de alguns impactos negativos gerados pela atividade.

No Brasil, onde o setor agropecuário é de grande importância e a promoção da sustentabilidade dos sistemas de produção tem sido vista como um dos diferenciais dos

produtos, essa abordagem se mostra um caminho promissor. Ainda mais no contexto atual de urgência ambiental e com consumidores cada vez mais atentos e em busca de produtos saudáveis e oriundos de sistemas que prezam o bem-estar animal e a consciência ecológica.

3.4 CONCLUSÕES

A melhoria produtiva dos rebanhos bovinos na Amazônia, por meio da adequação do manejo e da redução do uso de fertilizantes nitrogenados e demais insumos externos à fazenda, é uma via promissora de minimização dos impactos da atividade pecuária e de redução da pressão de uso de áreas naturais remanescentes. A intensificação dos sistemas pastoris por meio da melhoria do manejo das pastagens permite aumentos de produtividade, dando origem, assim, a sistemas economicamente viáveis e ambientalmente corretos, com consequentes benefícios sociais para as populações locais. A produção regenerativa de carne na Amazônia Brasileira abre novas oportunidades para a manutenção e valorização de seus recursos naturais. Estudos contemplando a integração de atividades, principalmente com o uso de leguminosas arbóreas nativas, podem contribuir ainda mais para a sustentabilidade da produção bovina nessa região.

REFERÊNCIAS

- Bogaerts, M., Cirhigiri, L., Robinson, I., Rodkin, M., Hajjar, R., Junior, C. C., & Newton, P. (2017). Climate change mitigation through intensified pasture management: Estimating greenhouse gas emissions on cattle farms in the Brazilian Amazon. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1539-1550.
- Cardoso, A. S., Berndt, A., Leytem, A., Alves, B. J., de Carvalho, I. D. N., de Barros Soares, L. H., ... & Boddey, R. M. (2016). Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*, 143, 86-96.
- Cederberg, C., Meyer, D., & Flysjö, A. (2009). Life cycle inventory of greenhouse gas emissions and use of land and energy in Brazilian beef production. SIK Institutet för livsmedel och bioteknik.
- Dick, M., da Silva, M. A., & Dewes, H. (2015a). Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil—Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 87, 58-67.
- Dick, M., da Silva, M. A., & Dewes, H. (2015b). Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96, 426-434.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franklin da Silva, R.R.F., Ferreira, O.G.L., Maia, M.S., Lima, S.F., Paiva Neto, V.B., Dewes, H. (2021). Environmental impacts of Brazilian beef cattle production in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127750.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franckin da Silva, R.R., Ferreira, O.G.L., Maia, M.S., de Lima, S.F., ... & Dewes, H. (2022). Climate change and land use from Brazilian cow-calf production amidst diverse levels of biodiversity conservation. *Journal of Cleaner Production*, 342, 130941.
- Dumont, B., Ryschawy, J., Duru, M., Benoit, M., Chatellier, V., Delaby, L., ... & Vollet, D. (2019). Associations among goods, impacts and ecosystem services provided by livestock farming. *Animal*, 13(8), 1773-1784.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., ... & Nganga, J. (2007). Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2. In *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*.
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., ... & Herrero, M. (2013). Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*, 341(6141), 33-34.
- Goedkoop, M., De Schryver, A., & Oele, M. (2010). Introduction into LCA with SimaPro 7. Pré Consultants, The Netherlands.

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. D., Struijs, J., & Zelm, R. (2009). Report I: Characterisation, ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Ministry of Housing, Spatial planning, and the Environment (VROM), The Netherlands.

IBGE. (2022). Municipal Livestock Production - PPM. In: <https://www.ibge.gov.br/en/statistics/economic/agriculture-forestry-and-fishing/17353-municipal-livestock-production.html?=&t=series-historicas>. (Accessed 07/31/2022).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). Chapter 10. Emissions from livestock and manure management. Guidelines for National Greenhouse Inventories, 4.

ISO14040. (2006). 14040 Environmental management-life cycle assessment-principles and framework. London: International Organization for Standardization.

ISO14044. (2006). 14044: Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines. International Organization for Standardization.

Merry, F., & Soares-Filho, B. (2017). Will intensification of beef production deliver conservation outcomes in the Brazilian Amazon?. *Elem Sci Anth*, 5.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). (2022). Amazônia. Brasília. In: <https://www.mma.gov.br/>. (Accessed 11/31/2022).

Muñoz, I., Rigarlsford, G., i Canals, L. M., & King, H. (2013). Accounting for greenhouse gas emissions from the degradation of chemicals in the environment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(1), 252-262.

Neves, K.A.L., Ximenes, T., Martinez, G.B., Morini, A.C., Minervino, A.H.H., & Vale, W.G. (2014). A pecuária na Amazônia: a busca por um modelo sustentável (Paper 330). *Papers do NAEA*, 23(1).

Savory, A., & Butterfield, J. (2016). *Holistic management: a commonsense revolution to restore our environment*. Island Press.

Tull, K., Sands, M., & Altieri, M. (1987). *Experiences in success. Case studies in growing enough food through regeneration agriculture*. Rodale International, Rodale Institute.

Undersander, D. J., Albert, B., Cosgrove, D., Johnson, D., & Peterson, P. (2002). *Pastures for profit: A guide to rotational grazing*. Cooperative Extension Publications, University of Wisconsin-Extension.

Vale, P., Gibbs, H., Vale, R., Christie, M., Florence, E., Munger, J., & Sabaini, D. (2019). The expansion of intensive beef farming to the Brazilian Amazon. *Global Environmental Change*, 57, 101922.

Valentim, J.F., Andrade, C.M.S. (2009). Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia brasileira. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*. Belém, 4(8), 9-32.

Voisin, A. (1957). *Productivité de l'herbe*. Paris: Flammarion. 505p.

4 REDUÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PECUÁRIA NO BIOMA CERRADO POR MEIO DA INTENSIFICAÇÃO DO PASTOREIO

RESUMO: A importância da preservação do Bioma Cerrado no contexto mundial das mudanças climáticas trouxe à tona as discussões sobre a expansão da atividade pecuária nessa região. Conhecer os impactos dessa atividade no ecossistema e analisar alternativas produtivas mais sustentáveis é fundamental para o adequado desenvolvimento econômico e social da região. Assim, no presente estudo, utilizando a metodologia de Análise de Ciclo de Vida (ACV), foram avaliados os impactos da intensificação do pastoreio sobre diferentes indicadores ambientais a fim de contribuir para a bovinocultura na região. A partir do sistema típico da região, verificou-se que a adoção de práticas voltadas para a maior produção e a melhor qualidade das pastagens permitiu a redução dos impactos em todas as 18 categorias analisadas. A intensificação do uso das pastagens por meio da melhoria do controle do pastejo também se mostrou uma forma viável de permitir ganhos ambientais associados a melhorias de remuneração dos produtores.

Palavras-chave: Agricultura regenerativa. Economia circular. Estratégia ganha-ganha. Pastejo rotacionado. Recuperação de pastagens degradadas.

REDUCTION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF LIVESTOCK IN THE CERRADO BIOME THROUGH GRAZING INTENSIFICATION

ABSTRACT: The expansion of livestock activity in the Cerrado Biome has raised discussions about the importance of its preservation in the global context of climate change. Knowing the impacts of this activity on the ecosystem and analyzing more sustainable productive alternatives are essential for the proper economic and social development of the region. Thus, in the present study, using the Life Cycle Analysis (LCA) methodology, we analyzed the impacts of grazing intensification on different environmental indicators in order to contribute to cattle farming in the region. Based on the typical system in the region, we verified that the greater production and quality of forage allowed for the reduction of impacts in all categories analyzed. Intensifying the use of pastures by improving grazing control has also proved to be a viable way to allow environmental gains associated with improvements in the remuneration of producers.

Keywords: Circular economy. Degraded pastures restoration. Regenerative agriculture. Rotational grazing. Win-win strategy.

4.1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupa 23,92% do território nacional e apresenta interações com os demais, com exceção do Bioma Pampa (IBGE, 2022). É reconhecido como a maior savana do mundo e possui em sua área as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (MMA, 2022).

A expansão da produção agrícola ocorrida a partir da década de 1970 impactou fortemente esse ecossistema, tornando-o foco de diferentes discussões sobre a necessidade de manutenção de seu ambiente natural (MYERS *et al.*, 2000). De acordo com o MapBiomas (2021) o gado responde pela maior parte da ocupação do bioma (47 milhões de hectares), sendo que, destas áreas de pastagens, mais de 57% apresentam algum processo de degradação.

Esta situação, além de provocar a insustentabilidade dos sistemas produtivos, tem como resultado o aumento da pressão sobre a expansão das fronteiras agrícolas. Em resposta, avanços tecnológicos nas áreas de manejo das pastagens, suplementação alimentar, melhoramento genético animal, controle sanitário e integração de atividades (EUCLIDES FILHO, 2008) têm sido apontados como promissores no sentido de melhorar os sistemas produtivos e sua interação com o meio ambiente.

Estudos enfocando os impactos ambientais da atividade humana, principalmente agrícola, sobre esse bioma, geralmente são voltados para o controle do desmatamento (OLIVEIRA SILVA *et al.*, 2016) e não propriamente para a atividade pecuária. Discussões sobre alternativas produtivas mais sustentáveis focadas nessa realidade têm surgido (CARDOSO *et al.*, 2016; MOLOSSI *et al.*, 2020), em geral, limitadas à emissão de gases de efeito estufa (GEE), com o risco de propor práticas que tenham outros impactos sobre os ecossistemas (DICK *et al.*, 2015a). Nesse sentido, o uso da Análise de Ciclo de Vida (ACV), propicia uma visão ampla do sistema, permitindo a avaliação de um maior número de categorias de impacto ambiental e da totalidade do sistema produtivo, bem como, a discussão de formas sustentáveis de produção (DICK *et al.*, 2015b).

Produzir de maneira regenerativa é a chave para enfrentar grande parte dos problemas atuais de degradação ambiental, diminuição da biodiversidade, mudança climática e pobreza persistente e injustiças associadas (SCHULTE *et al.*, 2022). Assim, estratégias de intensificação “verde” ou “moderada” (VALE *et al.*, 2019), principalmente voltadas para a recuperação e melhor uso das áreas de pastagens, podem garantir níveis adequados de produtividade, em termos sociais e econômicos, e ao mesmo tempo, minimizar ou mesmo reverter os impactos da pecuária sobre os ecossistemas.

Nesse sentido, o conceito de economia circular, que associa o desenvolvimento a um melhor uso de recursos naturais (EMF, 2015), se justapõe às premissas da agricultura regenerativa de produzir alimentos preservando o ambiente. Esses modelos de produção e consumo dissociam o desenvolvimento econômico da dinâmica linear de extração, uso e descarte de recursos finitos (VELASCO-MUÑOZ *et al.*, 2021). Porém, enquanto inicialmente na economia circular o sistema é de ciclos fechados (EMF, 2013), na agricultura regenerativa, a integração e diversificação de espécies e culturas numa mesma área torna a ciclagem dentro do agro ecossistema muito mais efetiva (SCHREEFEL *et al.*, 2020).

Assim, utilizar os animais como catalizadores dos processos naturais de fertilização, e cobertura do solo, enquanto contribui para o incremento da biodiversidade e para a minimização do uso de fertilizantes sintéticos na agricultura se mostra uma alternativa promissora. No presente estudo, o objetivo foi avaliar o efeito de mudanças no manejo de sistemas *pastoris* sobre os impactos da bovinocultura no meio ambiente do bioma cerrado por meio da simulação de dois níveis de intensificação do pastoreio e da análise de diferentes categorias de impacto ambiental.

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Definição do escopo, unidade funcional e limites do sistema

A Análise de Ciclo de Vida foi realizada em uma abordagem *cradle to gate*, com base nas normas ISO14040 (2006) e ISO14044 (2006). A unidade funcional adotada foi a produção de 1 kg de ganho de peso vivo (GPV). A descrição do sistema típico (baseline - BL) foi realizada a partir de referências bibliográficas e incluiu: os animais, as pastagens, a água e os suplementos fornecidos aos animais, bem como, os insumos, a energia e o transporte comumente utilizados para a produção de bovinos na região. Esse sistema está detalhado em DICK *et al.* (2021).

4.2.2 Descrição das práticas produtivas

Nesse sentido, como estratégias de mitigação dos impactos da atividade pecuária no Cerrado foram simuladas: (1) a recuperação de pastagens degradadas com introdução de gramíneas e fertilização nitrogenada, em conjunto com a melhoria do manejo dos animais via pastoreio rotacionado com trocas semanais de piquetes; (2) a recuperação proposta no cenário 1 com a introdução de leguminosas forrageiras, em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados; (3 e 4) a recuperação de pastagens degradadas, com a intensificação na utilização das pastagens por meio da troca diária dos animais nos piquetes (pastoreio rotativo intensivo)

e do uso de (3) fertilização nitrogenada e de (4) leguminosas (Tabela 1). As características do rebanho e das pastagens impactadas nos diferentes cenários estão descritas na tabela 2.

Tabela 1. Descrição dos cenários analisados na pecuária no Cerrado.

	1	2	3	4
<i>Recuperação de pastagens degradadas</i>				
Fertilização nitrogenada	X		X	
Introdução de leguminosas		X		X
<i>Melhoria no manejo animal</i>				
Rotação semanal	X	X		
Rotação diária			X	X

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2. Principais características dos cenários simulados para a pecuária no Cerrado.

Indicadores	Baseline	1	2	3	4
Consumo (kg Matéria-seca/animal/dia)	9	10	11,7	10,5	12,7
Digestibilidade (%)	55	60	64	62	66
Proteína bruta da dieta (%)	14	14	15	15	17
Fator Ym (% de energia bruta ingerida)	6,6	6,4	6,2	6,2	6
Eficiência de uso das pastagens (%)	60	70	70	85	85
Taxa de desmama (%)	65,8	78,21	83,16	80,19	85,14
Peso desmama machos (kg)	170	190	200	200	210
Peso desmama fêmeas (kg)	155	170	180	180	190
Idade à primeira cria (meses)	36	27,05	24,14	24,00	24,00
Idade média de abate machos (meses)	38	26,90	22,55	22,24	19,94
Idade média de abate fêmeas (meses)	38	25,94	21,71	21,01	20,09
Ganho de peso fêmeas plantel (kg/animal/dia)	0,28	0,5	0,7	0,8	0,9
Ganho de peso machos (kg/animal/dia)	0,37	0,6	0,8	0,8	1
Ganho de peso fêmeas (kg/animal/dia)	0,26	0,5	0,7	0,8	0,9
Peso abate machos (kg)	480	500	510	510	520
Peso abate fêmeas (kg)	380	420	440	460	480

Fonte: Baseline a partir de Dick *et al.* (2021) e cenários elaborados pelo autor.

4.2.3 Análise de inventário

A participação das diferentes categorias de animais foi estimada por meio da simulação da evolução do rebanho conforme recomendação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006). Os impactos da alimentação e da suplementação dos animais foram analisados, considerando as necessidades nutricionais das diferentes categorias. Os dados dos diferentes componentes do sistema foram adaptados à unidade funcional e ao escopo do estudo, bem como verificados para o balanço de massa e energia, conforme sugerido pela ISO14044 (2006).

4.2.4 Análise de impacto

O método Recipe midpoint, versão 1.13, incluído no software SimaPro® 8.4.0.0, com o padrão de normalização World H e a perspectiva hierárquica (GOEDKOOP *et al.*, 2010), foi utilizado para organizar os processos e estimar os impactos ambientais potenciais em diferentes

categorias. Os fatores de caracterização foram determinados de acordo com FORSTER *et al.* (2007), GOEDKOOOP *et al.* (2009) e MUÑOZ *et al.* (2013), considerando o potencial de aquecimento global em um horizonte de tempo de 100 anos (GWP 100). As categorias de impacto analisadas estão descritas na tabela 3.

Tabela 3. Categorias de impacto ambiental analisadas na pecuária do Cerrado.

Sigla	Categoria	Sigla	Categoria
CC	Mudanças climáticas	WEu	Eutrofização de água doce
ALO	Ocupação de áreas agrícolas	MEu	Eutrofização marinha
ULO	ocupação de áreas urbanas	HT	Toxicidade humana
NLT	Transformação natural da terra	TEt	Ecotoxicidade terrestre
WD	Depleção da água	WEt	Ecotoxicidade de água doce
MD	Depleção de metais	MEt	Ecotoxicidade marinha
FD	Depleção de combustíveis fósseis	POF	Formação de oxidantes fotoquímicos
OD	Depleção de ozônio	PMF	Formação de material particulado
TA	Acidificação terrestre	IR	Radiação ionizante

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise comparativa entre os diferentes cenários e o BL está representada na figura 1.

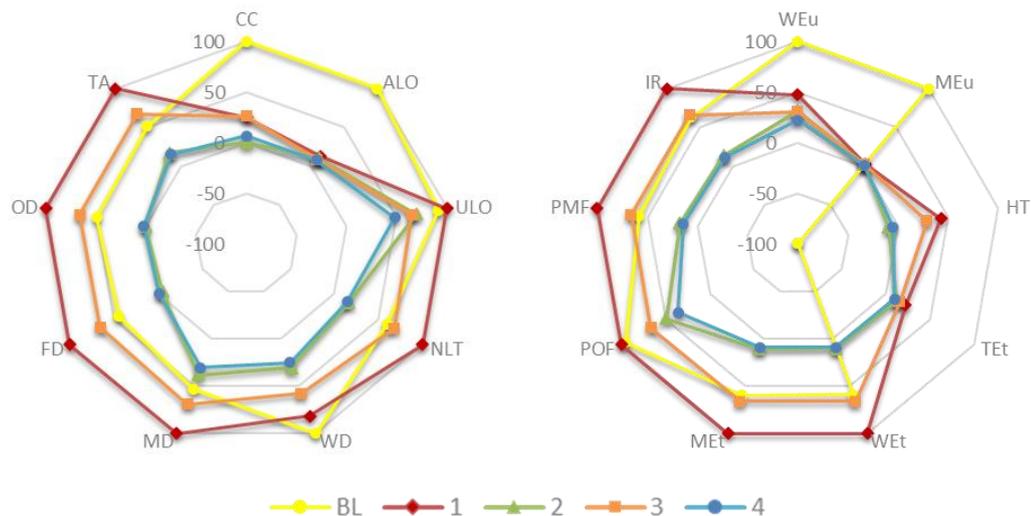


Figura 1. Impactos ambientais da pecuária bovina no Cerrado sob efeito de diferentes níveis de intensificação do pastejo. Representação esquemática (100% = máximo valor absoluto). Mudanças climáticas (CC); ocupação de áreas agrícolas (ALO) e urbanas (ULO); transformação natural da terra (NLT); depleção da água (WD), de minerais (MD), de combustíveis fósseis (FD) e de ozônio (OD); acidificação terrestre (TA); eutrofização de água doce (WEu) e marinha (MEu); toxicidade humana (HT); ecotoxicidade terrestre (TEt), de água doce (WEt) e marinha (MEt); formação de oxidantes fotoquímicos (POF); e de material particulado (PMF); e radiação ionizante (IR).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação ao BL, todos os cenários apresentaram maiores impactos de HT e TEt, sendo que o uso de fertilizantes nitrogenados resultou em um aumento nos impactos em 13 das 18

categorias analisadas (Tabela 4). Quando comparados entre si, os sistemas com uso de fertilizantes nitrogenados (cenários 1 e 3) foram mais impactantes do que os que utilizaram leguminosas forrageiras (cenários 2 e 4), como parte da estratégia de intensificação, em todas as categorias analisadas.

Tabela 4. Resultados obtidos na intensificação do pastejo no Cerrado.

Sigla	Unidade (*kg GPV⁻¹)	BL	1	2	3	4
CC	kg CO ₂ eq	9,81	2,43	-0,01	2,57	0,66
ALO	kg CFC-11 eq	87,93	11,32	9,69	7,22	6,60
ULO	kg SO ₂ eq	0,037	0,041	0,028	0,026	0,020
NLT	kg P eq	0,0003	0,0005	0,0001	0,0004	0,0001
WD	kg N eq	0,189	0,154	0,057	0,109	0,048
MD	kg 1,4-DB eq	0,091	0,172	0,066	0,118	0,053
FD	kg NMVOC	0,225	0,504	-0,024	0,332	-0,007
OD	kg PM10 eq	9,2E-8	1,9E-7	1,1E-9	1,2E-7	4,3E-9
TA	kg 1,4-DB eq	0,0064	0,0124	0,0022	0,0083	0,0019
WEu	kg 1,4-DB eq	0,0024	0,0012	0,0008	0,0007	0,0005
MEu	kg 1,4-DB eq	0,0790	0,0023	0,0014	0,0016	0,0011
HT	kBq U235 eq	-0,86	0,37	-0,08	0,24	-0,05
TEt	m ² a	-0,004	0,0009	0,0005	0,0006	0,0004
WEt	m ² a	0,0073	0,0123	0,0013	0,0081	0,0011
MEt	m ²	0,0072	0,0121	0,0013	0,0080	0,0011
POF	m ³	0,0078	0,0082	0,0040	0,0055	0,0029
PMF	kg Fe eq	0,0025	0,0043	0,0008	0,0028	0,0006
IR	kg oil eq	0,0526	0,0831	0,0113	0,0547	0,0093

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando a intensificação de uso das pastagens, nos cenários com leguminosas (2 e 4), o potencial de sequestro pelas pastagens resultou em valores negativos de CC e FD quando a intensificação foi mais moderada (troca semanal dos animais nos piquetes – cenário 2), demonstrando a capacidade de reverter os impactos da atividade por meio da melhoria das práticas produtivas. Isso ocorreu devido ao efeito de diluição por unidade de produto, uma vez que os animais com maior controle do pastejo tendem a permanecer menos tempo no sistema, consumindo, desta forma, uma menor quantidade total de forragens. Esses resultados incluem o sequestro de carbono pelas pastagens, devido ao aumento de sua produtividade e que tendem a estabilizar após 20 anos da mudança de uso da terra, segundo o IPCC (2006). Para as demais 14 categorias o manejo intensivo do pastoreio se mostrou mais mitigador dos impactos da pecuária sobre o ambiente.

A adoção de alternativas produtivas mais sustentáveis na atividade pecuária do Cerrado pode auxiliar não somente na sua preservação, como também na redução da pressão sobre as áreas de fronteira agrícola, em particular, a Amazônia (COHN *et al.*, 2014). Segundo OLIVEIRA SILVA *et al.*, (2016), o cômputo do desmatamento evitado pode representar uma contribuição ainda maior para esses resultados. Assim, o tipo de intensificação é definidor da

sustentabilidade da produção (MERRY & SOARES-FILHO, 2017). Nesse sentido, VALE *et al.*, (2019) verificaram que sistemas baseados em pastagens podem apresentar resultados produtivos semelhantes aos de sistemas que utilizam mais insumos, em confinamento, com pegadas ambientais menores.

Os aumentos observados na oferta, qualidade e distribuição da forragem ao longo do ano e na eficiência de utilização da forragem devido à adoção do pastejo rotativo, impactaram fortemente nos parâmetros produtivo-ambientais. Dessa maneira, sistemas de intensificação do uso de pastagens trazem na sua essência as premissas da intensificação sustentável (GARNETT *et al.*, 2013) e da agricultura regenerativa (SCHREEFEL *et al.*, 2020), aumentando a produção agrícola enquanto garante uma melhor cobertura do solo com efeitos diretos nas emissões de GEE, uso da terra, e demais indicadores relacionados com perdas de nutrientes (DICK *et al.*, 2022). Contemplam também a economia circular (EMF, 2015), uma vez que a rotação dos animais nas pastagens concentra as dejeções e urinas, intercalando com períodos nos quais as plantas se desenvolvem sem a interferência do pastejo, privilegiando, assim, a multiplicação da micro, meso e macrofauna do solo, e a ciclagem e disponibilidade de nutrientes para as plantas, num círculo virtuoso.

4.4 CONCLUSÕES

A maior qualidade e quantidade das pastagens permitiu aumentar a produtividade do sistema e minimizou os impactos ambientais de maneira geral. Esses resultados corroboram com as premissas da intensificação sustentável, da agricultura regenerativa e da economia circular. A adequação da pecuária do Cerrado às novas demandas mundiais por produtos que sejam ambientalmente amigáveis e com foco no bem-estar dos animais pode permitir vantagens adicionais em termos de manutenção e expansão de mercados, com efetivas perspectivas de agregação de valor aos produtos.

REFERÊNCIAS

- Cardoso, A. S., Berndt, A., Leytem, A., Alves, B. J., de Carvalho, I. D. N., de Barros Soares, L. H., ... & Boddey, R. M. (2016). Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems*, 143, 86-96.
- Cohn, A. S., Mosnier, A., Havlík, P., Valin, H., Herrero, M., Schmid, E., ... & Obersteiner, M. (2014). Cattle ranching intensification in Brazil can reduce global greenhouse gas emissions by sparing land from deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(20), 7236-7241.
- Dick, M., da Silva, M. A., & Dewes, H. (2015a). Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil—Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 87, 58-67.
- Dick, M., da Silva, M. A., & Dewes, H. (2015b). Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96, 426-434.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franklin da Silva, R.R.F., Ferreira, O.G.L., Maia, M.S., Lima, S.F., Paiva Neto, V.B., Dewes, H. (2021). Environmental impacts of Brazilian beef cattle production in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127750.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franckin da Silva, R.R., Ferreira, O.G.L., Maia, M.S., de Lima, S.F., ... & Dewes, H. (2022). Climate change and land use from Brazilian cow-calf production amidst diverse levels of biodiversity conservation. *Journal of Cleaner Production*, 342, 130941.
- EMF. (2015). *Towards a Circular Economy: business rationale for an accelerated transition* accessed. Ellen MacArthur Foundation. 20p. In. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf. (Accessed 24 January 2023).
- EMF (2013). *Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation. 98p. In. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>. (Accessed 23 January 2023).
- Euclides Filho, K. (2008). *A pecuária de corte no cerrado brasileiro*. FG Faleiro, & ALF Neto, Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., ... & Nganga, J. (2007). Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2. In *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*.

Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., ... & Herrero, M. (2013). Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*, 341(6141), 33-34.

Goedkoop, M., De Schryver, A., & Oele, M. (2010). Introduction into LCA with SimaPro 7. Pré Consultants, The Netherlands.

Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. D., Struijs, J., & Zelm, R. (2009). Report I: Characterisation, ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Ministry of Housing, Spatial planning and the Environment (VROM), The Netherlands.

IBGE. (2022). **Brasil em síntese**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. In: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria.html>. (Accessed 07/31/2022).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). Chapter 10. Emissions from livestock and manure management. Guidelines for National Greenhouse Inventories, 4.

ISO14040. (2006). 14040 Environmental management-life cycle assessment-principles and framework. London: International Organization for Standardization.

ISO14044. (2006). 14044: Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines. International Organization for Standardization.

MapBiomass. (2023). Coleção 7.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. In: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Infograficos/MBI-Infografico-7.0-BR-brasil-rev2.jpg>. (Accessed 01/23/2023).

Merry, F., & Soares-Filho, B. (2017). Will intensification of beef production deliver conservation outcomes in the Brazilian Amazon?. *Elem Sci Anth*, 5.

MMA. (2022). Ministério do Meio Ambiente. Biomass. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/>. (Accessed 01/17/2023).

Molossi, L., Hoshide, A. K., Pedrosa, L. M., Oliveira, A. S. D., & Abreu, D. C. D. (2020). Improve Pasture or Feed Grain? Greenhouse Gas Emissions, Profitability, and Resource Use for Nelore Beef Cattle in Brazil's Cerrado and Amazon Biomes. *Animals*, 10(8), 1386.

Muñoz, I., Rigarlsford, G., i Canals, L. M., & King, H. (2013). Accounting for greenhouse gas emissions from the degradation of chemicals in the environment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(1), 252-262.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

Oliveira Silva, R., Barioni, L. G., Hall, J. A. J., Matsuura, M. F., Albertini, T. Z., Fernandes, F. A., & Moran, D. (2016). Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. *Nature Climate Change*, 6(5), 493-497.

Schreefel, L., Schulte, R.P.O., De Boer, I.J.M., Schrijver, A.P., & Van Zanten, H.H.E. (2020). Regenerative agriculture—the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 100404.

Schulte, L.A., Dale, B.E., Bozzetto, S., Liebman, M., Souza, G.M., Haddad, N., ... & Arbuckle, J. G. (2022). Meeting global challenges with regenerative agriculture producing food and energy. *Nature Sustainability*, 5(5), 384-388.

Vale, P., Gibbs, H., Vale, R., Christie, M., Florence, E., Munger, J., & Sabaini, D. (2019). The expansion of intensive beef farming to the Brazilian Amazon. *Global Environmental Change*, 57, 101922.

Velasco-Muñoz, J.F., Mendoza, J.M.F., Aznar-Sánchez, J.A., & Gallego-Schmid, A. (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies, and indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105618.

5 MELHORAMENTO DE CAMPO NATIVO COMO ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DA PECUÁRIA NO BIOMA PAMPA

RESUMO: A produção de bovinos no Bioma Pampa influencia fortemente suas características e é um importante componente sociocultural. O melhor entendimento dessas interações, além de colaborar para a sustentação da atividade, pode contribuir para a preservação desse ecossistema. Assim, o objetivo desse estudo foi analisar a influência do melhoramento das pastagens nativas sobre os impactos ambientais da produção de bovinos de corte na porção brasileira do Pampa. Foi observado, por meio de Análise de Ciclo de Vida (ACV) que o uso de leguminosas em substituição aos fertilizantes nitrogenados permitiu reduções nos impactos ambientais em todas as categorias analisadas. Esses resultados reforçam as premissas da intensificação sustentável, segundo as quais melhorias produtivas podem auxiliar na preservação dos espaços naturais. Estudos adicionais voltados para a preservação da biodiversidade e para um melhor zoneamento de áreas sensíveis são necessários para garantir efetivamente o equilíbrio desse agro ecossistema.

Palavras-chave: Agricultura regenerativa. Cobertura do solo. Estratégia ganha-ganha. Pastagens temperadas. Pastejo rotacionado.

IMPROVEMENT OF NATIVE FIELDS AS A STRATEGY TO MITIGATE THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF LIVESTOCK IN THE PAMPA BIOME

ABSTRACT: Cattle production in the Pampa Biome strongly influences its characteristics and is a strong sociocultural component. A better understanding of these interactions, in addition to contributing to support the activity, can contribute to the preservation of this ecosystem. Thus, the aim of this study was to analyze the influence of native pasture improvement on the environmental impacts of beef cattle production in the Brazilian portion of the Pampa. We observed, through Life Cycle Analysis (LCA), that the use of legumes in substitution of nitrogenous fertilizers allowed reductions in environmental impacts in all analyzed categories. These results reinforce the assumptions of sustainable intensification, according to which productive improvements can help preserve natural spaces. Additional studies aimed at preserving biodiversity and better zoning of sensitive areas are needed to effectively guarantee the balance of this agroecosystem.

Keywords: Regenerative agriculture. Rotational grazing. Soil covered. Win-win strategy. Winter pastures.

5.1 INTRODUÇÃO

O Pampa totaliza cerca de 75 milhões de hectares entre o sul do Brasil, o Uruguai e parte da Argentina (MMA, 2022). A vegetação natural é caracterizada pelo predomínio de pastagens nativas e formações arbustivas. Durante décadas foi um ecossistema negligenciado, sofrendo fortes pressões de uso devido a sua facilidade de modificação sem grandes mudanças na paisagem (OVERBECK *et al.*, 2009). A produção pastoril é uma das atividades tradicionais da região e é reconhecida como um componente ativo na manutenção de suas características fisionômicas (PILLAR *et al.* 2012). A sustentabilidade da atividade pecuária nessa região é particularmente importante para minimizar pressões de uso por outras atividades, assim como preservar aspectos socioculturais construídos ao longo de séculos de ocupação pastoril.

O aumento do cultivo de grãos e espécies arbóreas tem modificado os espaços rurais nas últimas décadas e trouxe à tona a importância da viabilidade socioeconômica das atividades como forma de preservação dos espaços naturais, uma vez que atividades que não geram renda são mais facilmente substituídas por outras, em geral, mais invasivas. Nesse sentido, entender como a pecuária interage com esse ecossistema pastoril e identificar práticas produtivas que auxiliem na preservação desses espaços, com garantia de renda e adequada qualidade de vida aos produtores é fundamental para a preservação da região.

Nesse sentido, o uso da Análise de Ciclo de Vida (ACV), propicia uma visão ampla do sistema, permitindo a avaliação de um maior número de categorias de impacto ambiental e da totalidade do sistema produtivo, bem como, a discussão de formas sustentáveis de produção (DICK *et al.*, 2015a). Estudos sobre os impactos ambientais da atividade pecuária já demonstraram que a intensificação de sistemas pastoris é uma via promissora para melhorar os índices produtivos e ainda minimizar os impactos no ambiente (DICK *et al.*, 2015b). Porém, análises amplas, envolvendo diversas categorias de impacto e considerando o efeito de diferentes práticas produtivas ainda são escassos (DICK *et al.*, 2015a).

Nesse sentido, sistemas agrícolas regenerativos, biodiversos, resilientes ao clima, equitativos e economicamente sustentáveis (SCHULTE *et al.*, 2022) passaram a ser preconizados na produção de alimentos e energia a fim de minimizar, ou mesmo reverter, os impactos das atividades humanas sobre o planeta. Diversos métodos e princípios de cultivo que aumentam a biodiversidade, enriquecem os solos, melhoram os ciclos da água e melhoram o desempenho dos ecossistemas (SCHREEFET *et al.*, 2020) têm sido agrupados sob a ótica da agricultura regenerativa. Essa temática amplia o conceito de produção sustentável (WCED, 1987) à medida que inclui não somente a redução dos impactos ambientais, mas também a

reversão de seus efeitos negativos por meio da recuperação de processos que ocorrem nos ambientes naturais (TULL *et al.*, 1987).

Dessa maneira, avaliar como a adoção de práticas regenerativas na produção de bovinos em pastagens no Bioma Pampa pode influenciar na dinâmica clima-solo-planta-animal e assim contribuir para a minimização ou mesmo a reversão dos impactos ambientais da produção nesse ecossistema é fundamental para garantir a resiliência dos ambientes e da atividade pecuária e assim promover a preservação da natureza, a geração de renda e a melhoria na qualidade de vida no meio rural.

5.2 METODOLOGIA

5.2.1 Definição dos objetivos, escopo, unidade funcional e limites do sistema

O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos de práticas consideradas melhoradoras do campo nativo sobre os diferentes impactos ambientais da atividade pecuária do Bioma Pampa. A análise de ciclo de vida (ACV) foi realizada com base nas normas ISO14040 (2006) e ISO14044 (2006), considerando a abordagem *cradle to gate*. A unidade funcional adotada foi a produção de 1 kg de ganho de peso vivo (GPV).

A descrição do sistema típico (baseline - BL) está detalhada em DICK *et al.* (2021) e foi realizada a partir de referências bibliográficas. Essa análise incluiu: os animais, as pastagens, a água e os suplementos fornecidos aos animais, bem como os insumos, a energia e o transporte comumente utilizados para a produção de bovinos na região. A partir desse sistema base foram propostas as melhorias produtivas.

5.2.2 Descrição das práticas produtivas

Assim, a partir do BL, foram simulados os impactos ambientais da adoção de estratégias produtivas voltadas para a melhoria das pastagens por meio da melhoria do pastoreio, com troca semanal dos animais de poteiros, e introdução de gramíneas e leguminosas adaptadas à região (Tabela 1) e às diferentes épocas do ano, a fim de permitir a cobertura do solo com raízes vivas o ano todo. As características impactadas pelas melhorias propostas estão descritas na tabela 2.

Tabela 1. Descrição do tipo de melhoramento do campo nativo no Bioma Pampa nos diferentes cenários.

	1	2	3	4
Melhoramento das pastagens de inverno com uso de fertilização nitrogenada	X		X	
Melhoramento das pastagens de inverno com introdução de leguminosas		X		X
Melhoramento das pastagens de verão com uso de fertilização nitrogenada			X	
Melhoramento das pastagens de verão com introdução de leguminosas				X

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 2. Características dos cenários simulados afetadas em relação ao BL no Bioma Pampa.

Indicadores	BL	1	2	3	4
Consumo (kg MS/animal/dia)	8,5	9	9,5	10	11,7
Digestibilidade (%)	53	56	58	60	64
Proteína bruta da dieta (%)	13	14	15	14	15
Fator Ym (% de energia bruta ingerida)	7	6,6	6,5	6,4	6,2
Eficiência de uso das pastagens (%)	55	70	70	70	70
Taxa de desmama (%)	52,25	52,8	52,8	52,8	52,8
Peso desmama machos (kg)	160	170	180	190	200
Peso desmama fêmeas (kg)	145	155	165	170	180
Idade à primeira cria (meses)	44,99	30,42	27,38	27,05	24,14
Idade média de abate machos (meses)	39,99	30,38	26,90	26,90	22,55
Idade média de abate fêmeas (meses)	39,99	31,28	27,58	26,60	22,18
Ganho de peso fêmeas plantel (kg/animal/dia)	0,19	0,4	0,5	0,5	0,7
Ganho de peso machos (kg/animal/dia)	0,33	0,5	0,6	0,6	0,8
Ganho de peso fêmeas (kg/animal/dia)	0,27	0,4	0,5	0,5	0,7
Peso abate machos (kg)	460	480	490	500	510
Peso abate fêmeas (kg)	400	420	440	430	450

MS = matéria seca

Fonte: Baseline a partir de Dick *et al.* (2021) e cenários elaborados pelo autor.

5.2.3 Análise de inventário

A participação das diferentes categorias de animais foi estimada por meio da simulação da evolução do rebanho conforme recomendação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006). Os impactos da alimentação e da suplementação dos animais foram analisados considerando as necessidades nutricionais das diferentes categorias. Os dados dos diferentes componentes do sistema foram adaptados à unidade funcional e ao escopo do estudo, bem como verificados quanto ao balanço de massa e energia, conforme sugerido pela ISO14044 (2006).

5.2.4 Análise de impacto

O método Recipe midpoint, versão 1.13, incluído no software SimaPro® 8.4.0.0, com o padrão de normalização World H e a perspectiva hierárquica (GOEDKOOOP *et al.*, 2010), foi utilizado para organizar os processos e estimar os impactos ambientais potenciais nas diferentes categorias. Os fatores de caracterização foram definidos com base em FORSTER *et al.* (2007), GOEDKOOOP *et al.* (2009) e MUÑOZ *et al.* (2013), considerando o potencial de aquecimento

global em um horizonte de tempo de 100 anos (GWP 100). As categorias de impacto analisadas estão descritas na tabela 3.

Tabela 3. Categorias de impacto ambiental analisadas no Bioma Pampa.

Sigla	Categoria	Sigla	Categoria
CC	Mudanças climáticas	WEu	Eutrofização de água doce
ALO	Ocupação de áreas agrícolas	MEu	Eutrofização marinha
ULO	ocupação de áreas urbanas	HT	Toxicidade humana
NLT	Transformação natural da terra	TEt	Ecotoxicidade terrestre
WD	Depleção da água	WEt	Ecotoxicidade de água doce
MD	Depleção de metais	MEt	Ecotoxicidade marinha
FD	Depleção de combustíveis fósseis	POF	Formação de oxidantes fotoquímicos
OD	Depleção de ozônio	PMF	Formação de material particulado
TA	Acidificação terrestre	IR	Radiação ionizante

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O incremento da qualidade e do volume dos pastos por meio da introdução de espécies forrageiras adaptadas à região variou conforme a estratégia adotada. Na figura 1 está representado um esquema comparativo entre os cenários estudados.

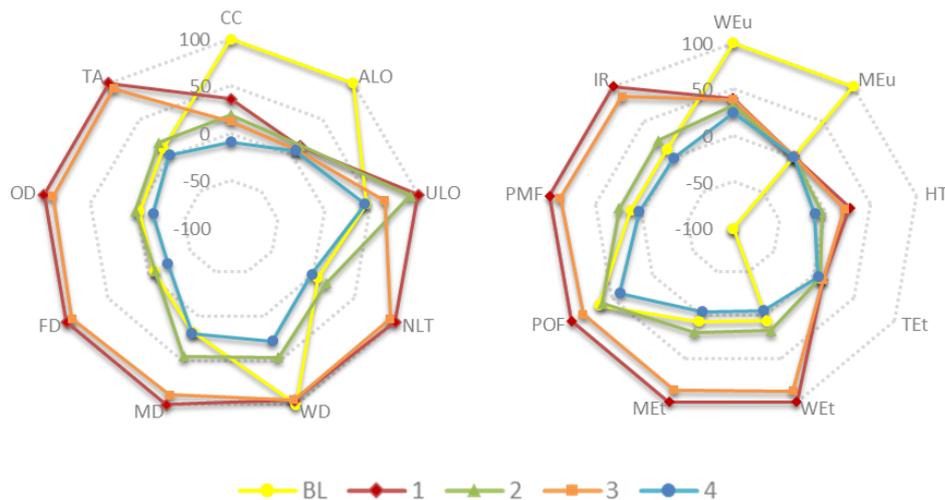


Figura 1. Impactos ambientais da produção pecuária no Pampa sob efeito de diferentes práticas produtivas. Representação esquemática (100% máximo valor absoluto).

Mudanças climáticas (CC); ocupação de áreas agrícolas (ALO) e urbanas (ULO); transformação natural da terra (NLT); depleção da água (WD), de minerais (MD), de combustíveis fósseis (FD) e de ozônio (OD); acidificação terrestre (TA); eutrofização de água doce (WEu) e marinha (MEu); toxicidade humana (HT); ecotoxicidade terrestre (TEt), de água doce (WEt) e marinha (MEt); formação de oxidantes fotoquímicos (POF); e de material particulado (PMF); e radiação ionizante (IR).

Fonte: Elaborado pelo autor.

A introdução de gramíneas hibernais por sobressemeadura no campo nativo com uso de fertilização nitrogenada (cenário 1) aumentou os impactos em relação ao BL em termos de

ULO, NLT, MD, FD, OD, TA, HT, TEt, WEt, MEt, POF, PMF e IR (Tabela 4). O uso de agroquímicos externos impactou nos indicadores relacionados a maiores emissões de poluentes e uso de recursos naturais, apesar de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e o uso da terra agrícola (ALO) e da água (WD). Quando foram introduzidas adicionalmente gramíneas estivais, com uso de nitrogênio sintético (cenário 3), os impactos seguiram a mesma tendência com uma leve redução nos valores absolutos devido à maior diluição das emissões por unidade de produto pelo aumento da produtividade das pastagens.

Tabela 4 - Resultados obtidos para os diferentes cenários produtivos da pecuária no Bioma Pampa.

Sigla	Unidade (*kg GPV⁻¹)	BL	1	2	3	4
CC	kg CO ₂ eq	11,70	4,24	2,27	1,47	-1,10
ALO	m ² a	158,84	20,26	21,36	11,36	9,71
ULO	m ² a	0,027	0,060	0,055	0,039	0,026
NLT	m ²	2,88E-5	4,86E-4	8,13E-5	4,55E-4	-8,22E-6
WD	m ³	0,158	0,150	0,074	0,149	0,044
MD	kg Fe eq	0,027	0,153	0,069	0,136	0,030
FD	kg oil eq	-0,035	0,501	-0,041	0,466	-0,118
OD	kg CFC-11 eq	-4,4E-9	1,9E-7	3,6E-9	1,7E-7	-3,2E-8
TA	kg SO ₂ eq	0,0012	0,0119	0,0021	0,0110	0,0001
WEu	kg P eq	0,0029	0,0012	0,0010	0,0011	0,0007
MEu	kg N eq	0,1143	0,0015	0,0010	0,0015	0,0007
HT	kg 1,4-DB eq	-1,542	0,420	-0,049	0,327	-0,167
TEt	kg 1,4-DB eq	-0,0062	0,0007	0,0005	0,0007	0,0003
WEt	kg 1,4-DB eq	0,001	0,013	0,002	0,011	-0,001
MEt	kg 1,4-DB eq	0,001	0,013	0,003	0,011	-0,001
POF	kg NMVOC	0,0064	0,0097	0,0060	0,0083	0,0039
PMF	kg PM10 eq	0,0005	0,0044	0,0011	0,0039	0,0001
IR	kBq U235 eq	0,010	0,091	0,022	0,078	-0,001

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, no cenário 2, o uso de leguminosas forrageiras hibernais trouxe benefícios em termos de CC, ALO, WD, FD, WEu, MEu e POF, em relação ao BL. Essa substituição dos fertilizantes nitrogenados sintéticos pelo uso de leguminosas reduziu os impactos em todos os indicadores em relação ao cenário 1, com exceção da ALO.

Já o uso de gramíneas e leguminosas hibernais e estivais (cenário 4) acarretou reduções em todas as categorias de impacto em relação ao uso de fertilização sintética. Nas categorias CC, NLT, FD, OD, HT, WEt, MEt e IR o sistema atuou como mitigador desses impactos, corroborando com as premissas da agricultura regenerativa que incluem o manejo dos animais e o uso de leguminosas como práticas que recuperam os ecossistemas (DICK et al, 2022).

A melhoria da produtividade ao longo do ano dos campos nativos do bioma Pampa gera vantagens tanto produtivas quanto sociais e ambientais, numa estratégia ganha-ganha,

indicando efetivas possibilidades de produção de forma sustentável. Analisando o uso de suplementação com grãos na pecuária do Sul do Brasil, PEREIRA *et al.* (2018), postularam que o campo nativo tem a grande vantagem de ser autossustentável, dependendo de poucos recursos externos para a viabilidade do sistema, podendo ser mais lucrativo do que sistemas mais insumistas, com menores impactos no ambiente, dependendo do manejo.

A vantagem ambiental desses ecossistemas, onde há ausência de longos períodos de estiagem e frio moderado, permite uma produção pastoril à base de forrageiras C3 e C4 ao longo do ano que é exequível em pouquíssimas regiões do planeta. Técnicas produtivas, com foco na agricultura regenerativa, que buscam atuar junto com o ambiente e não somente usando os recursos do mesmo de maneira espoliativa, podem, e devem, ser estimuladas nas regiões onde o ecossistema predominante é pastoril. Os benefícios descritos pelo manejo dos animais no controle do fogo e de plantas indesejáveis (PILLAR *et al.* 2012) ou mesmo em aspectos lúdicos, como paisagens (DUMONT *et al.*, 2019) e culturais reforçam a necessidade de se pensar e implementar modelos produtivos que integrem os agroecossistemas como um todo.

Estudos adicionais voltados para a preservação da biodiversidade são fundamentais nesse bioma, uma vez que a introdução de espécies forrageiras exógenas pode ser uma alternativa produtiva importante, porém deve-se ter em conta seu impacto sobre as espécies nativas. Neste contexto, as práticas produtivas devem ser propostas numa ótica de intensificação sustentável, por meio da priorização de áreas de maior potencial ou de uso já consolidado na aplicação de melhorias, propiciando uma diminuição da pressão de uso sobre locais mais sensíveis (GARNETT *et al.* 2013).

5.4 CONCLUSÕES

O incremento na produtividade das pastagens nativas com uso de gramíneas e leguminosas permitiu reduzir os impactos da bovinocultura na maioria das categorias analisadas. Esses resultados reforçam os postulados da agricultura regenerativa, segundo os quais sistemas de produção integrados ao ambiente podem permitir a melhoria e a preservação de espaços naturais. A adoção de práticas produtivas numa estratégia ganha-ganha pode garantir a manutenção dos ambientes naturais enquanto gera mais renda e qualidade de vida aos produtores. Estudos adicionais voltados para a preservação da biodiversidade e para um melhor zoneamento de áreas sensíveis são necessários para promover o equilíbrio produtivo-ambiental desses sistemas.

REFERÊNCIAS

- Dick, M., Abreu da Silva, M., & Dewes, H. (2015a). Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96, 426-434.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., & Dewes, H. (2015b). Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil–Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 87, 58-67.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franklin da Silva, R.R.F., Ferreira, O.G.L., Maia, M.S., Lima, S.F., Paiva Neto, V.B., Dewes, H. (2021). Environmental impacts of Brazilian beef cattle production in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127750.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franckin da Silva, R.R., Ferreira, O.G.L., Maia, M.S., de Lima, S.F., ... & Dewes, H. (2022). Climate change and land use from Brazilian cow-calf production amidst diverse levels of biodiversity conservation. *Journal of Cleaner Production*, 342, 130941.
- Dumont, B., Ryschawy, J., Duru, M., Benoit, M., Chatellier, V., Delaby, L., ... & Vollet, D. (2019). Associations among goods, impacts and ecosystem services provided by livestock farming. *Animal*, 13(8), 1773-1784.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., ... & Nganga, J. (2007). Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2. In *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*.
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., ... & Herrero, M. (2013). Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*, 341(6141), 33-34.
- Goedkoop, M., De Schryver, A., & Oele, M. (2010). Introduction into LCA with SimaPro 7. Pré Consultants, The Netherlands.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. D., Struijs, J., & Zelm, R. (2009). Report I: Characterisation, ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Ministry of Housing, Spatial planning and the Environment (VROM), The Netherlands.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). Chapter 10. Emissions from livestock and manure management. *Guidelines for National Greenhouse Inventories*, 4.
- ISO14040. (2006). 14040 Environmental management-life cycle assessment-principles and framework. London: International Organization for Standardization.
- ISO14044. (2006). 14044: Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines. International Organization for Standardization.

MMA. (2022). Ministério do Meio Ambiente. Biomass. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/>. (Accessed 01/17/2023).

Muñoz, I., Rigarlsford, G., i Canals, L. M., & King, H. (2013). Accounting for greenhouse gas emissions from the degradation of chemicals in the environment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(1), 252-262.

Overbeck, G., Müller, S., & Fidelis, A. (2009). Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade. VDP Pillar, *et al.*

Pillar, V. D., Tornquist, C. G., & Bayer, C. (2012). The southern Brazilian grassland biome: soil carbon stocks, fluxes of greenhouse gases and some options for mitigation. *Brazilian Journal of Biology*, 72(3), 673-681.

Pereira, C. H., Patino, H. O., Hoshide, A. K., Abreu, D. C., Rotz, C. A., & Nabinger, C. (2018). Grazing supplementation and crop diversification benefits for southern Brazil beef: A case study. *Agricultural Systems*, 162, 1-9.

Schreefel, L., Schulte, R.P.O., De Boer, I.J.M., Schrijver, A.P., & Van Zanten, H.H.E. (2020). Regenerative agriculture—the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 100404.

Schulte, L.A., Dale, B.E., Bozzetto, S., Liebman, M., Souza, G.M., Haddad, N., ... & Arbuckle, J. G. (2022). Meeting global challenges with regenerative agriculture producing food and energy. *Nature Sustainability*, 5(5), 384-388.

Tull, K., Sands, M., & Altieri, M. (1987). Experiences in success. Case studies in growing enough food through regeneration agriculture. Rodale International, Rodale Institute.

WCED. (1987). Our common future: the Report of the World Commission on Environment and Development. World Commission on Environment and Development (WCED). New York: Oxford University Press.

6 PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE BOVINOS DE CORTE NO BIOMA PANTANAL

RESUMO: A produção bovina é um importante definidor socioeconômico na região do Pantanal brasileiro. Entender como essa atividade impacta o meio ambiente é fundamental para mitigar seus efeitos e contribuir para o incremento de renda e de qualidade de vida na região. Nesse sentido, buscou-se avaliar como melhorias da produção animal em pastagens interferem em diferentes indicadores ambientais. Por meio de Análises de Ciclo de Vida (ACV) verificou-se que o uso de leguminosas forrageiras permitiu um melhor equilíbrio clima-solo-plant-animal com redução dos impactos em 15 dos 18 indicadores analisados, atuando como mitigador dos efeitos de depleção de combustíveis fósseis e ozônio, toxicidade humana, ecotoxicidade terrestre e de água doce e marinha. Esses resultados corroboram as premissas da produção regenerativa, visando propiciar vantagens produtivas concomitantes à preservação e recuperação da biodiversidade. O conhecimento dos efeitos da aplicação de práticas melhoradoras contribui para a manutenção de serviços ecossistêmicos e para a valorização da produção de carne brasileira como um todo. Estes diferentes efeitos podem contribuir para a sustentabilidade da atividade pecuária na região, promovendo a preservação de suas áreas de vegetação natural.

Palavras-chave: Agricultura regenerativa. Biodiversidade. Estratégia ganha-ganha. Pastejo rotacionado. Serviços ecossistêmicos.

SUSTAINABLE PRODUCTION OF BEEF CATTLE IN THE PANTANAL BIOME

ABSTRACT: Beef cattle production is an important socioeconomic defining factor in the Pantanal region. Understanding how this activity impacts the environment is essential to mitigate its effects and contribute to increasing income and quality of life in the region. In this sense, we seek to assess how the increase in animal production in pastures interferes with different environmental indicators.

Through Life Cycle Analysis (LCA) it was verified that the use of forage legumes allowed a better climate-soil-plant-animal balance with reduced impacts on 15 of the 18 analyzed indicators, acting as a mitigator of the effects of depletion of fossil fuels and ozone, human toxicity, terrestrial, freshwater and marine ecotoxicity. These results corroborate the assumptions of regenerative production, aiming to provide productive advantages concomitant with the preservation and recovery of biodiversity. Knowledge of the effects of the application of improvement practices contributes to the maintenance of ecosystem services and to the appreciation of Brazilian meat production as a whole. These different effects can contribute to the sustainability of livestock activity in the region, promoting the preservation of its areas of natural vegetation.

Keywords: Biodiversity. Ecosystem services. Regenerative agriculture. Win-win strategy. Rotational grazing.

6.1 INTRODUÇÃO

A produção de bovinos no Brasil é de suma importância, seja em termos econômicos, ou em decorrência do contexto histórico, uma vez que o gado pode ser considerado parte integrante de alguns ecossistemas, tendo uma importante função na modulação da vegetação (OVERBECK *et al.*, 2009). Em contrapartida, a esta produção são imputadas altas emissões de gases de efeito estufa (GEE), uso da terra e da água, quando comparada com outras fontes de proteína animal (ESHEL *et al.*, 2014).

No Pantanal, a pecuária existe há mais de 300 anos (GIRARDI & ROSSETO, 2011). As características edafoclimáticas da região, com inundações periódicas que exigem grandes movimentações dos rebanhos, ao mesmo tempo em que são um entrave para as atividades agrícolas, são as grandes conservadoras da biodiversidade (DICK *et al.*, 2022). Ademais, essas peculiaridades fazem esse bioma estratégico em termos de fornecimento de serviços ecossistêmicos.

Serviços ecossistêmicos são contribuições diretas ou indiretas dos ecossistemas para o bem-estar humano (KUMAR, 2012). De modo geral incluem: os serviços de provisão, de regulação, culturais e de suporte (MEA, 2005). Os serviços de provisão correspondem a todo tipo de material (alimentos, matéria-prima para construção, água etc.) produzido pelos ecossistemas e consumido pelas pessoas. Os serviços de regulação, como o próprio nome já diz, que são reguladores das condições ambientais naturais, ou seja, influenciam no equilíbrio climático, manutenção da qualidade do ar, entre outras atividades. Os serviços culturais estão relacionados com a ideia de espaços para recreação, turismo ecológico etc., e seus principais benefícios são aproveitados de maneira indireta. Por fim, os serviços de suporte estão ligados à formação de solos, produção de oxigênio, desenvolvimento de habitats, biodiversidade de espécies e outras funções.

Por outro lado, os baixos índices zootécnicos têm tornado a atividade insustentável em termos econômicos e sociais, aumentando a pressão de uso por outras atividades e, conseqüentemente, colocando em risco a vegetação natural. Considerando a estreita relação entre índices zootécnicos e impactos ambientais por unidade de produto, a intensificação da produção pecuária pastoril pode contribuir com a redução dos impactos ambientais da atividade enquanto contribui com a melhoria da produtividade e da qualidade de vida da população local. Menores emissões por unidade de produto (DICK *et al.*, 2015a) e melhor uso dos recursos naturais, como terra e água, resultam, conseqüentemente, em menor pressão de uso sobre áreas sensíveis (GARNETT *et al.*, 2013).

Nesse sentido o conceito de agricultura regenerativa surge para enfrentar grande parte dos problemas atuais de degradação ambiental, diminuição da biodiversidade, mudança climática e pobreza persistente e injustiças associadas (SCHULTE *et al.*, 2022). Em um novo patamar na discussão de sistemas sustentáveis, inclui não somente a redução dos impactos ambientais, e, sobretudo do uso de agroquímicos, mas também a reversão de seus efeitos negativos por meio da recuperação de processos que ocorrem nos ambientes naturais (TULL *et al.*, 1987).

Por fim, estudos analisando estratégias produtivas voltadas para esta região são escassos e, em geral, limitados a emissões de GEE (BULLER *et al.*, 2015). Análises amplas, enfocando diversos impactos ambientais com vistas à minimização de falhas de interpretação (DICK *et al.* 2015b) são inexistentes. Nesse sentido, o uso da Análise de Ciclo de Vida (ACV), propicia uma visão ampla do sistema, permitindo a avaliação de um maior número de categorias de impacto ambiental e da totalidade do sistema produtivo, bem como, a discussão de formas sustentáveis de produção (DICK *et al.*, 2015b). Assim, no presente trabalho, buscou-se sanar parte destas deficiências analisando os efeitos da implantação de práticas regenerativas sobre os impactos ambientais dos sistemas produtivos típicos dessa região.

6.2 METODOLOGIA

Por meio de Análises de Ciclo de Vida (ACV), foram avaliados os efeitos da adoção de diferentes práticas produtivas sobre os impactos ambientais da produção de bovinos de corte no Bioma Pantanal.

6.2.1 Definição do escopo, unidade funcional e limites do sistema

A ACV foi realizada com base nas normas ISO14040 (2006) e ISO14044 (2006) em uma abordagem *cradle to gate*. A unidade funcional adotada foi a produção de 1 kg de ganho de peso vivo (GPV).

A descrição do sistema típico (baseline - BL) está detalhada em DICK *et al.* (2021) e foi realizada a partir de referências bibliográficas. Essa análise incluiu: os animais, as pastagens, a água e os suplementos fornecidos aos animais, bem como os insumos, a energia e o transporte comumente utilizados para a produção de bovinos na região. A partir desse sistema base foram propostas as melhorias produtivas abaixo.

6.2.2 Descrição das práticas produtivas

Como estratégias de mitigação dos impactos da atividade pecuária no ecossistema natural, foram analisadas de maneira cumulativa: (1) a introdução de leguminosas forrageiras e a melhoria do manejo dos animais via pastoreio rotacionado com trocas semanais de piquetes; (2) a recuperação proposta no item 1, com a introdução de gramíneas forrageiras para aumentar o volume de forragem ofertada aos animais; e (3) os mesmos parâmetros dos itens 1 e 2, porém com uma maior intensificação do pastoreio, via trocas diárias dos animais nos piquetes (pastoreio rotativo intensivo). As características de cada cenário estão descritas na tabela 1.

Tabela 1. Principais características dos cenários simulados para a pecuária de corte no Pantanal.

Indicadores	Baseline	1	2	3
Consumo (kg matéria-seca/animal/dia)	9	9,5	11,7	12,2
Digestibilidade (%)	50	57	64	66
Proteína bruta da dieta (%)	13	14	15	17
Fator Ym (% de energia bruta ingerida)	7,2	6,7	6,2	6
Eficiência de uso das pastagens (%)	56	65	65	80
Taxa de desmama (%)	40	47,5	76,4	79,2
Peso desmama machos (kg)	150	160	180	190
Peso desmama fêmeas (kg)	135	150	170	180
Idade à primeira cria (meses)	48	33,59	26,77	24,64
Idade média de abate machos (meses)	48	32,75	24,12	21,77
Idade média de abate fêmeas (meses)	48	33,04	23,15	21,92
Ganho de peso fêmeas plantel (kg/animal/dia)	0,2	0,35	0,55	0,7
Ganho de peso machos (kg/animal/dia)	0,026	0,4	0,75	0,9
Ganho de peso fêmeas (kg/animal/dia)	0,2	0,35	0,65	0,8
Peso abate machos (kg)	440	460	490	500
Peso abate fêmeas (kg)	360	390	430	470

Fonte: Baseline a partir de Dick *et al.* (2021) e cenários elaborados pelo autor.

6.2.3 Análise de inventário

A participação das diferentes categorias de animais foi estimada por meio da simulação da evolução do rebanho conforme recomendação do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006). Os impactos da alimentação e da suplementação dos animais foram analisados considerando as necessidades nutricionais das diferentes categorias. Os dados dos diferentes componentes do sistema foram adaptados à unidade funcional e ao escopo do estudo, bem como verificados para o balanço de massa e energia, conforme sugerido pela ISO14044 (2006).

6.2.4 Análise de impacto

O método Recipe midpoint, versão 1.13, incluído no software SimaPro® 8.4.0.0, com o padrão de normalização World H e a perspectiva hierárquica (GOEDKOOOP *et al.*, 2010), foi utilizado para organizar os processos e estimar os impactos ambientais potenciais em diferentes

categorias. Os fatores de caracterização foram adotados de acordo com FORSTER *et al.* (2007), GOEDKOOP *et al.* (2009) e MUÑOZ *et al.* (2013), considerando o potencial de aquecimento global em um horizonte de tempo de 100 anos (GWP 100). As categorias de impacto analisadas estão listadas na tabela 2.

Tabela 2. Categorias de impacto ambiental analisadas para a pecuária de corte no Pantanal.

Sigla	Categoria	Sigla	Categoria
CC	Mudanças climáticas	WEu	Eutrofização de água doce
ALO	Ocupação de áreas agrícolas	MEu	Eutrofização marinha
ULO	ocupação de áreas urbanas	HT	Toxicidade humana
NLT	Transformação natural da terra	TEt	Ecotoxicidade terrestre
WD	Depleção da água	WEt	Ecotoxicidade de água doce
MD	Depleção de metais	MEt	Ecotoxicidade marinha
FD	Depleção de combustíveis fósseis	POF	Formação de oxidantes fotoquímicos
OD	Depleção de ozônio	PMF	Formação de material particulado
TA	Acidificação terrestre	IR	Radiação ionizante

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nos diferentes cenários estão descritos na tabela 3. A aplicação acumulativa das práticas produtivas resultou em diferentes formas de reduzir os impactos ambientais nas categorias analisadas, reiterando a importância de melhorias produtivas (DICK *et al.*, 2015b), de acordo com as premissas da agricultura regenerativa e da intensificação sustentável: produzir mais nutrientes totais com benefícios ambientais em sistemas regenerativos, biodiversos, resilientes ao clima, equitativos e economicamente sustentáveis (GARNETT *et al.*, 2013; SCHULTE *et al.*, 2022).

Tabela 3. Resultados obtidos nos diferentes cenários para a pecuária de corte no Pantanal.

Sigla	Unidade (*kg GPV ⁻¹)	BL	1	2	3
CC	kg CO ₂ eq	15,70	3,06	-1,48	-0,05
ALO	m ² a	148,26	34,38	12,29	8,51
ULO	m ² a	0,03	0,02	0,03	0,02
NLT	m ²	2,34E-04	5,25E-05	2,06E-04	1,63E-04
WD	m ³	0,19	0,06	0,08	0,06
MD	kg Fe eq	0,07	0,07	0,09	0,07
FD	kg oil eq	0,16	-0,10	0,13	0,10
OD	kg CFC-11 eq	6,80E-08	-1,86E-08	5,64E-08	4,32E-08
TA	kg SO ₂ eq	0,0054	0,0010	0,0051	0,0040
WEu	kg P eq	0,0034	0,0013	0,0009	0,0006
MEu	kg N eq	0,1361	0,0467	0,0015	0,0012
HT	kg 1,4-DB eq	-1,67	-0,70	0,04	0,04
TEt	kg 1,4-DB eq	-0,0073	-0,0020	0,0006	0,0005
WEt	kg 1,4-DB eq	0,0051	-0,0008	0,0044	0,0033
MEt	kg 1,4-DB eq	0,0050	-0,0006	0,0044	0,0033
POF	kg NMVOC	0,0097	0,0056	0,0056	0,0042

PMF	kg PM10 eq	0,0019	0,0004	0,0018	0,0014
IR	kBq U235 eq	0,04	0,01	0,03	0,02

Fonte: Elaborado pelo autor.

A adoção de estratégias produtivas que visam aumentar a qualidade e a quantidade da forragem fornecida aos animais, além de aumentar as taxas de lotação e diminuir a idade de abate, os quais normalmente rendem maiores lucros para os produtores (UNDERSANDER *et al.*, 2014), têm o potencial de diminuir os impactos da pecuária. Assim, em relação ao BL, todos os cenários apresentaram redução dos impactos em 15 das 18 categorias analisadas, sendo que, quando somente introduzidas leguminosas (cenário 1), seis indicadores (FD, OD, HT, TEt, WEt e MEt) apresentaram valores negativos. Esses resultados condizem com as premissas da restauração de ecossistemas por meio do uso de forrageiras fixadoras de nitrogênio.

Quando foram introduzidas gramíneas (cenário 2), houve reduções em termos de CC, ALO, WEu, MEu e POF, porém nos demais indicadores os impactos foram maiores do que no cenário 1. Esses resultados são justificados pelo maior uso de insumos para a formação dessas pastagens. Analisando separadamente o efeito do pastoreio intensivo com troca diária dos animais nos piquetes (cenário 3), verificou-se que, em relação ao cenário 2, a única categoria que aumentou as emissões foi a CC, reforçando o benefício da melhoria do manejo dos animais sobre os impactos ambientais.

O aumento na categoria CC se deveu à redução no efeito de diluição por unidade de produto, uma vez que o animal permanece menos tempo nas pastagens. Considerando a estabilização nos estoques de carbono no solo que ocorre após um longo período sem mudanças de uso da terra, as emissões de gases de efeito estufa ficam 9,14; 6,79 e 5,26 kg CO₂ eq * kg GPV⁻¹, respectivamente nos cenários 1, 2 e 3. Essa análise reforça a importância de serem considerados múltiplos indicadores para minimizar falhas na proposição de práticas ambientalmente amigáveis.

Como é possível observar nos diferentes cenários propostos, a partir do uso e manejo adequado, os sistemas de produção podem contribuir para a melhoria e aumento da provisão de serviços ecossistêmicos (DUMONT *et al.*, 2019). Esses resultados reiteram a contribuição das pastagens como sumidouro de C, bem como a importância das leguminosas na otimização das relações clima-solo-planta-animal.

Assim, a melhoria dos sistemas deve incluir a adequação da condução dos bovinos nas áreas de pastagens de maneira a permitir o rebrote das plantas, e a direcionar suas dejeções a fim de incrementar a ciclagem de nutrientes entre os diferentes componentes desse ecossistema

(solo-planta-animal) com base nas premissas do pastoreio racional e do manejo holístico (VOISIN, 1957; SAVORY & BUTTERFIELD, 2016).

A adoção de práticas agropecuárias inadequadas e o uso indiscriminado de agroquímicos têm levado à degradação dos solos, poluição das águas, perda da biodiversidade, entre outras consequências (DUMONT *et al.*, 2019). Esses impactos têm comprometido o funcionamento e a regulação naturais do meio ambiente e, conseqüentemente, a capacidade deste em suprir os serviços ecossistêmicos.

Em contrapartida, a promoção da multifuncionalidade da paisagem rural, além da sua função primária de produtora de alimentos, fibra e energia, pode contribuir com suporte, regulação, provisão, preservação da cultura local, controle da erosão, ciclagem de nutrientes, manutenção da fertilidade do solo, conservação da biodiversidade, agroturismo, dentre outros (PIORR, 2003).

Nesse sentido, o uso de leguminosas, associado a aumentos na quantidade de forragem fornecida e a melhorias no manejo, contribuem para a melhoria do sistema numa ótica regenerativa, onde a manutenção das pastagens com cobertura verde e raízes vivas ao longo do ano permite um incremento na produção de alimento, maior sequestro de carbono no solo e nas plantas, maior eficiência no uso da terra, maior eficiência na absorção hídrica do solo, entre outros benefícios (DICK *et al.*, 2022).

6.4 CONCLUSÕES

O uso de leguminosas, o incremento na quantidade de forragem e a intensificação do pastejo dos animais com trocas semanais e diárias de piquetes permitiram reduções em diferentes categorias de impacto ambiental. Esses resultados reforçam as premissas da agricultura regenerativa onde práticas produtivas adequadas podem auxiliar na preservação de espaços naturais. A adoção de práticas produtivas numa estratégia ganha-ganha pode garantir a manutenção dos ambientes naturais enquanto gera mais renda e qualidade de vida aos produtores da região. Estudos adicionais voltados para a preservação da biodiversidade são necessários para garantir efetivamente o equilíbrio desses agroecossistemas.

REFERÊNCIAS

- Buller, L. S., Bergier, I., Ortega, E., Moraes, A., Bayma-Silva, G., & Zanetti, M. R. (2015). Soil improvement and mitigation of greenhouse gas emissions for integrated crop–livestock systems: Case study assessment in the Pantanal savanna highland, Brazil. *Agricultural Systems*, 137, 206-219.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., & Dewes, H. (2015a). Mitigation of environmental impacts of beef cattle production in southern Brazil–Evaluation using farm-based life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 87, 58-67.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., & Dewes, H. (2015b). Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 96, 426-434.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franklin da Silva, R.R.F., Ferreira, O.G.L., Maia, M.S., Lima, S.F., Paiva Neto, V.B., Dewes, H. (2021). Environmental impacts of Brazilian beef cattle production in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. *Journal of Cleaner Production*, 311, 127750.
- Dick, M., Abreu da Silva, M., Franklin da Silva, R.R.F., Ferreira, O.G.L., Maia, M.S., Lima, S.F., Paiva Neto, V.B., Dewes, H. (2022). Climate change and land use from Brazilian cow-calf production amidst diverse levels of biodiversity conservation. *Journal of Cleaner Production*, 342, 130941.
- Dumont, B., Ryschawy, J., Duru, M., Benoit, M., Chatellier, V., Delaby, L., ... & Vollet, D. (2019). Associations among goods, impacts and ecosystem services provided by livestock farming. *Animal*, 13(8), 1773-1784.
- Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., & Milo, R. (2014). Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(33), 11996-12001.
- Forster, P., Ramaswamy, V., Artaxo, P., Berntsen, T., Betts, R., Fahey, D. W., ... & Nganga, J. (2007). Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. Chapter 2. In *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*.
- Garnett, T., Appleby, M. C., Balmford, A., Bateman, I. J., Benton, T. G., Bloomer, P., ... & Herrero, M. (2013). Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*, 341(6141), 33-34.
- Girardi, E. P., & Rossetto, O. C. (2011). Análise da pecuária no pantanal mato-grossense. *Revista Geográfica de América Central*, 2(47E).
- Goedkoop, M., De Schryver, A., & Oele, M. (2010). Introduction into LCA with SimaPro 7. Pré Consultants, The Netherlands.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., Schryver, A. D., Struijs, J., & Zelm, R. (2009). Report I: Characterisation, ReCiPe 2008: A life cycle impact assessment method which

comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Ministry of Housing, Spatial planning, and the Environment (VROM), The Netherlands.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). Chapter 10. Emissions from livestock and manure management. Guidelines for National Greenhouse Inventories, 4.

ISO14040. (2006). 14040 Environmental management-life cycle assessment-principles and framework. London: International Organization for Standardization.

ISO14044. (2006). 14044: Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines. International Organization for Standardization.

Kumar, P. (2012). The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations. 1st ed. Routledge. 456p.

MEA. (2002). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC. 80p.

Muñoz, I., Rigarlsford, G., i Canals, L. M., & King, H. (2013). Accounting for greenhouse gas emissions from the degradation of chemicals in the environment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(1), 252-262.

Overbeck, G., Müller, S., & Fidelis, A. (2009). Campos Sulinos: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade. VDP Pillar, *et al.*

Piorr, H.P. (2003). Environmental policy, agri-environmental indicators, and landscape indicators. *Agric Ecosyst Environ* 98, 17–33.

Savory, A., & Butterfield, J. (2016). *Holistic management: a commonsense revolution to restore our environment*. Island Press.

Schulte, L.A., Dale, B.E., Bozzetto, S., Liebman, M., Souza, G.M., Haddad, N., ... & Arbuckle, J. G. (2022). Meeting global challenges with regenerative agriculture producing food and energy. *Nature Sustainability*, 5(5), 384-388.

Tull, K., Sands, M., & Altieri, M. (1987). *Experiences in success. Case studies in growing enough food through regeneration agriculture*. Rodale International, Rodale Institute.

Undersander, D. J., Albert, B., Cosgrove, D., Johnson, D., & Peterson, P. (2002). *Pastures for profit: A guide to rotational grazing*. Cooperative Extension Publications, University of Wisconsin-Extension.

Voisin, A. (1957). *Productivité de l'herbe*. Paris: Flammarion. 505p.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao evidenciar os efeitos da adoção de diferentes práticas produtivas regenerativas sobre a produção de bovinos em pastagens nos diferentes ecossistemas brasileiros, as conclusões deste estudo reiteram as premissas de que a produção de alimentos e a preservação ambiental não são processos antagônicos. Nesse sentido, o estabelecimento de políticas de longo prazo é requisito fundamental para que potenciais de melhoria produtivo-ambiental se tornem realidade.

No entanto, tais intervenções devem levar em conta as peculiaridades de seus principais sistemas produtivos, bem como, diferentes categorias de impacto ambiental, devido à grande variabilidade do território nacional. Com isso, diminui-se o risco da proposição de conclusões precipitadas e da implementação de proposições que pareçam vantajosas, mas que considerem somente parte de sua complexidade.

Nesse sentido, a análise de sistemas produtivos como um todo, considerando peculiaridades intrínsecas de cada ecossistema e diferentes níveis de organização, se mostrou fundamental para a definição de estratégias de uso que propiciem novas oportunidades de agregação de valor, de melhoria da qualidade de vida e de conservação de áreas sensíveis.

Diante do desafio global do aumento da produção de alimentos saudáveis e ambientalmente corretos, o Brasil, com sua abundância de recursos naturais, poderá participar de forma preponderante, sobretudo, no fornecimento de produtos de origem animal baseados em pastagens e demais fontes alimentares não consumíveis pelo homem.

Essa perspectiva otimista se deve às condições edafoclimáticas e culturais brasileiras, que diferentemente das características da maioria dos demais países produtores de carne, permitem a expressão do caráter preservacionista da produção animal em pastagens.

Entretanto, a efetiva participação do País nesse panorama depende da conscientização dos entes públicos nacionais para a importância da manutenção de marcos regulatórios e do fortalecimento de programas socioambientais, com vistas à satisfação de interesses coletivos.

Estudos futuros enfocando a integração de atividades, com ênfase para sistemas que incluam a participação do componente arbóreo, podem contribuir ainda mais na definição de sistemas regenerativos que beneficiem os diferentes ecossistemas que compõem a diversidade da agropecuária brasileira.