

Juiz de Fora, MG / Abril, 2025

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Pegada de carbono do leite brasileiro



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Leite
Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 1516-7453 / e-ISSN 2966-0866

Documentos 293

Abril, 2025

Pegada de carbono do leite brasileiro

*Vanessa Romário de Paula
Bruno Campos de Carvalho
Ellen de Almeida Moreira
Lorildo Aldo Stock
Rafael Gonçalves Tonucci
Thaís de Souza Miranda
Thierry Ribeiro Tomich
Virginia Mendonça Lourenço Benhami*

Embrapa Gado de Leite
Juiz de Fora, MG
2025

Embrapa Gado de Leite

Rua Eugênio do Nascimento, 610 - Bairro Dom Bosco
36038-330 Juiz de Fora, MG
Fone: (32) 3311-7405
<https://www.embrapa.br/gado-de-leite>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Jorge Fernando Pereira

Secretário-executivo

Carlos Renato Tavares de Castro

Membros

*Cláudio Antônio Versiani Paiva**Deise Ferreira Xavier**Edna Froeder Arcuri**Fausto de Souza Sobrinho**Fernando César Ferraz Lopes**Francisco José da Silva Ledo**Frank Ângelo Tomita Bruneli**Heloisa Carneiro**Jackson Silva e Oliveira**Juarez Campolina Machado**Leovegildo Lopes de Matos**Luiz Ricardo da Costa**Márcia Cristina de Azevedo Prata**Marta Fonseca Martins**Pérsio Sandir D'Oliveira**Rui da Silva Verneque**Virgínia de Souza Columbiano**William Fernandes Bernardo*

Edição executiva

Vanessa Romário de Paula

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Luiz Ricardo da Costa

Foto da capa

*Thais de Souza Miranda***1ª edição**

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Gado de Leite

Pegada de carbono do leite brasileiro / Vanessa Romário de Paula ... [et al.]... – Juiz de Fora : Embrapa Gado de Leite,
2025.

PDF (9 p.) : il. -- (Documentos / Embrapa Gado de Leite, e-ISSN 2966-0866 ; 293).

1. Produção leiteira. 2. Gases efeito estufa. 3. Dióxido de carbono. I. Paula, Vanessa Romário de. II. Carvalho, Bruno Campos de. III. Moreira, Ellen de Almeida. IV. Stock, Lorildo Aldo. V. Tonucci, Rafael Gonçalves. VI. Miranda, Thaís de Souza. VII. Tomich, Thierry Ribeiro. VIII. Benhami, Virgínia Mendonça Lourenço. IX. Série.

CDD (21. ed.) 637.1

Autores

Vanessa Romário de Paula

Administradora, mestre em Ambiente Construído, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Bruno Campos de Carvalho

Médico veterinário, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Ellen de Almeida Moreira

Biomédica, doutora em Ciência Animal, bolsista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Lorildo Aldo Stock

Agrônomo, PhD em Economia Agrícola, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Rafael Gonçalves Tonucci

Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Tháís de Souza Miranda

Graduada em Engenharia Ambiental, bolsista de Inovação da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Thierry Ribeiro Tomich

Médico veterinário, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Virginia Mendonça Lourenço Benhami

Engenharia Ambiental, mestre em Engenharia Ambiental, bolsista de Inovação da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG

Sumário

Introdução	4
Sistemas de produção de leite	5
Pegada de carbono do leite	6
Desafios e oportunidades	7
Considerações finais	8
Referências	8

Introdução

Recentemente, o Brasil apresentou uma nova meta de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2024 (COP 29). Estabeleceu entre 59% e 67% até 2035, comparada aos níveis de 2005 de GEE, e emissão líquida zero (0) até 2050.

O documento de formalização do compromisso do Brasil, Nationally Determined Contribution (Brazil's NDC, 2025), detalha as ações e setores prioritários, no qual a pecuária leiteira está incluída.

Nessa mesma abordagem, empresas de laticínios já vinham apresentando metas para a redução das emissões e balanço líquido zero de emissões de GEE a ser alcançado até 2050.

Entre os dez (10) países que mais emitem GEE, o Brasil é o único que tem a agropecuária como setor que mais contribui para as emissões (Filonchik et al., 2024). Embora as estimativas possam variar conforme a fonte da informação, ressalta-se que cerca de 50% das emissões brasileiras estão relacionadas à mudança de uso da terra (MUT) e desmatamento, e aproximadamente 3% vinculadas diretamente à pecuária de leite (SEEG, 2022).

O alcance das metas de redução depende da quantificação inicial das emissões de GEE de determinada atividade, produto ou serviço e da padronização da metodologia empregada para mensuração das emissões.

A pegada de carbono (PC) é a soma das emissões de GEE associadas a um produto, expressa em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂ e), baseado na avaliação de ciclo de vida (Associação Brasileira de Normas

Técnicas, 2023). A PC do leite tem sido utilizada para nortear as ações de mitigação dos GEE de sistemas produtivos de escopo 3, que incluem as emissões indiretas associadas à atividade.

Aproximadamente 75% da PC dos produtos lácteos estão associados às emissões de GEE que ocorrem na etapa de produção de leite (International Dairy Federation, 2022). Por isso, o grande interesse das indústrias em quantificar a sua pegada de carbono do leite in natura para definir estratégias para redução das emissões de suas atividades e da pegada de carbono de seus produtos.

No Brasil, iniciativas de empresas do setor de laticínios, em parceria com a Embrapa Gado de Leite, têm possibilitado a coleta de dados em campo e a quantificação da pegada de carbono do leite bovino in natura produzido no país. A utilização da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) como metodologia empregada para o cálculo, conforme preconizado pela ISO NBR 14067 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023), define a abordagem científica nesse processo e permite a padronização, a comparação dos resultados e o reconhecimento internacional.

A ACV tem sido empregada globalmente para quantificar os potenciais impactos ambientais da produção do leite e sua pegada de carbono. A metodologia considera todas as etapas de produção e as entradas de recursos e materiais desde a extração de matérias-primas, transporte, energia, produção de alimento, manejo dos animais e dos dejetos, uso de combustível, adubação, uso da terra e as saídas como o leite e os animais vendidos e computando todas as emissões. A Figura 1 está representando o ciclo de vida do leite in natura, considerando como fronteira do sistema a porteira da fazenda.

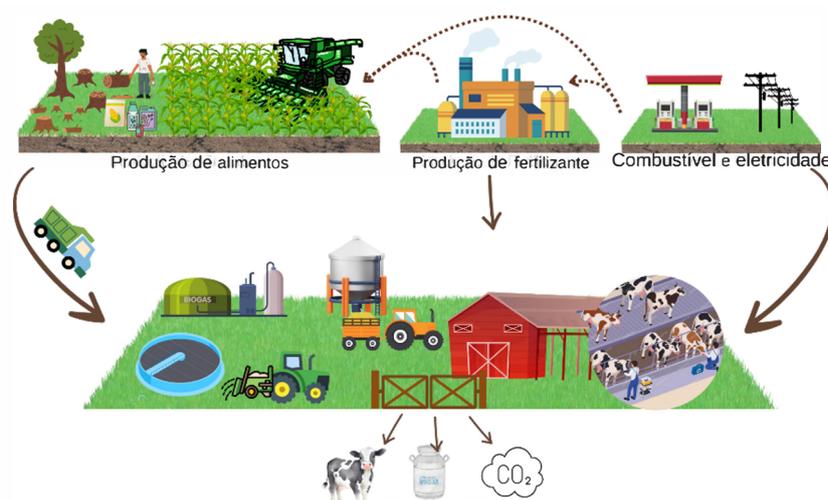


Figura 1. Fronteiras do ciclo de vida da produção de leite.

A ACV é uma metodologia de amplo reconhecimento internacional que garante a padronização dos resultados, além de apoiar a tomada de decisões cientificamente embasadas para o desenvolvimento de estratégias que focam na redução do impacto ambiental, podendo contribuir para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas. O conteúdo desta publicação está alinhado às metas do ODS 2: “Acabar com a fome e promover a agricultura sustentável”; ODS 12: “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”; ODS 13: “Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos”; ODS 15: “Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade”.

Sistemas de produção de leite

A Embrapa Gado de Leite tem executado pesquisas para avaliação de impacto ambiental da pecuária de leite utilizando a metodologia de ACV desde 2019. Durante esse período, foram analisados dados de mais de duas mil (2.000) fazendas e deste total, 1.791 foram validadas, seguindo as normas de qualificação de dados para ACV.

As fazendas avaliadas estão distribuídas nas principais bacias leiteiras dos estados de Alagoas (AL), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Paraná (PR), Pernambuco (PE), Rio de Janeiro (RJ), Rio Grande do Sul (RS), Rondônia (RO), Santa Catarina (SC) e São Paulo (SP) (Figura 2). Esses estados concentram mais de 70% da produção de leite do país (Centro de Inteligência do Leite, 2024).

A diversidade tecnológica da produção de leite no Brasil é percebida pela heterogeneidade das características das fazendas leiteiras, nos manejos dos animais, raças, dietas e tratamento dos dejetos. Os sistemas de produção de leite mais comumente observados incluem:

- Confinado: sistema de *Free-Stall* e sistema *Compost Barn*;
- Semiconfinado;

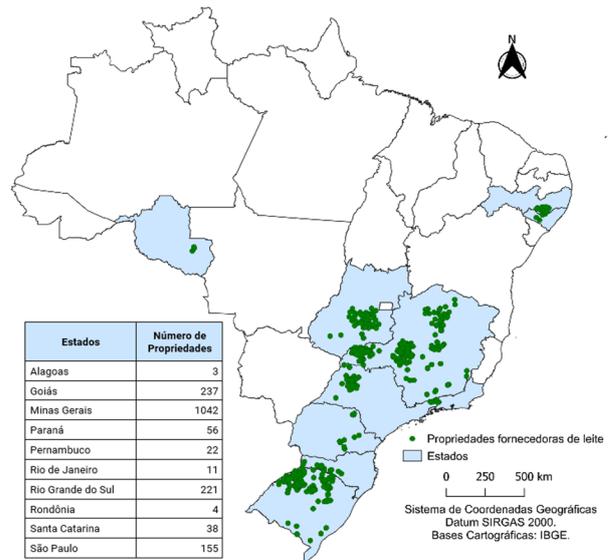


Figura 2. Mapa de distribuição das propriedades leiteiras.

- A pasto: com suplementação de concentrados (proteico e energético) e sem suplementação de concentrados.

O número de confinamentos em *Compost Barn* tem aumentado, principalmente devido às melhorias no bem-estar animal e menor custo por animal instalado quando comparado ao confinamento em *Free-Stall*. Por sua vez, o *Free-Stall* tem sido observado em fazendas com elevada produtividade animal e número elevado de cabeças no rebanho. O semiconfinamento é o sistema mais observado na amostra analisada, reconhecido pela flexibilidade e adaptabilidade do manejo. Os sistemas exclusivamente a pasto estão associados à menor produtividade individual e, geralmente, são mais simplificados tecnologicamente em relação aos demais. A representatividade de cada tipo de sistema de produção da amostra nos estados está associada ao volume de leite produzido (Figura 3).

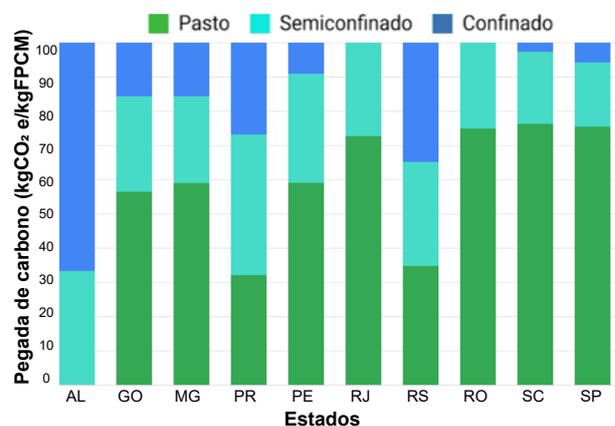


Figura 3. Distribuição das fazendas avaliadas divididas por tipo de sistema de produção nos estados da federação.

Outra forma de caracterizar os sistemas produtivos é usando a produção total, número de vacas em lactação e a produtividade individual das

propriedades para avaliar aquelas representativas em relação à diversidade de sistemas de produção de leite no país (Tabela 1).

Tabela 1. Estrato da estrutura dos sistemas de produção de leite avaliados.

Kg leite/vaca/dia	Vacas/fazenda	Kg leite/fazenda/dia	Produção leite total		Total de fazendas	
			Kg	%	Unidade	%
< 10	34	233	19.052.646	3,0%	214	12%
10 - 20	51	788	237.536.996	37,1%	809	45%
20 - 30	80	1.912	381.950.984	59,6%	528	29%
> 30	171	5753	2.208.380	0,3%	239	13%

As estruturas de produção dos sistemas avaliados refletem o estrato da produção de leite nacional (Centro de Inteligência do Leite, 2024). Este estudo indica ser a classe de propriedades com produtividade entre 10 e 30 kg de leite/vaca/dia são os sistemas de produção de leite mais representativo em volume de leite produzido (96,7%), e 74% do total de fazendas avaliadas.

A caracterização dos sistemas de produção é fundamental para subsidiar a definição de estratégias de mitigação de emissões de GEE. As orientações devem ser adequadas ao tipo de manejo, nível tecnológico e capacidade de produção, associados ao aumento de eficiência técnica produtiva.

Pegada de carbono do leite

As atividades relacionadas à produção de leite são fontes de emissões de GEE. No entanto, a diversidade de sistemas de produção incorre em

variações de manejo que podem alterar as fontes de emissão, bem como sua magnitude.

Neste trabalho, foi adotada a ACV, conforme normatizado pela NBR ISO 14067 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023), e seguidas as orientações e diretrizes para estudos de ACV da NBR ISO 14040 e 14044 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014a, 2014b). As fronteiras consideradas na avaliação foram do berço ao portão da fazenda, bem como o guia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2019), empregado para a quantificação das emissões diretas do sistema de produção de leite.

A PC média encontrada na amostra foi de 1,10 kg CO₂ e/kg FPCM (Fat Protein Corrected Milk - leite corrigido para gordura e proteína), valor mínimo de 0,58 kg CO₂ e/kg FPCM e máximo de 9,66 kg CO₂ e/kg FPCM. A larga amplitude é o indicativo da necessidade de compreensão detalhada da composição do banco de dados utilizado.

Além da grande variabilidade, a pegada de carbono do leite apresentou variações conforme o tipo de sistema de produção e a região em que estava localizado (Figura 4).

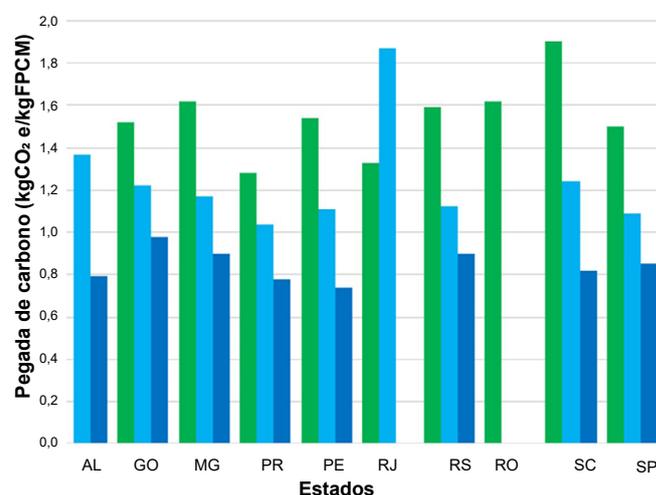


Figura 4. Pegada de carbono média por estado e tipo de sistema de produção de leite.

No banco de dados utilizado, as informações dos sistemas de produção dos estados de MG, RS, GO, SP, PR e SC apresentam elevada quantidade de dados, minimizando as incertezas sobre sua representatividade. Nos demais estados, devido à baixa quantidade de dados, os resultados podem não refletir as médias das realidades locais.

A PC do leite está diretamente relacionada à eficiência produtiva, considerando, a quantidade

produzida em relação à quantidade de insumos utilizados. A produtividade individual é um dos critérios utilizados para avaliar a eficiência técnica da propriedade leiteira e na Figura 5 se verifica a relação inversa da produtividade das vacas com PC do leite. Destaca-se que quanto mais produtivo for o animal menor será a PC.

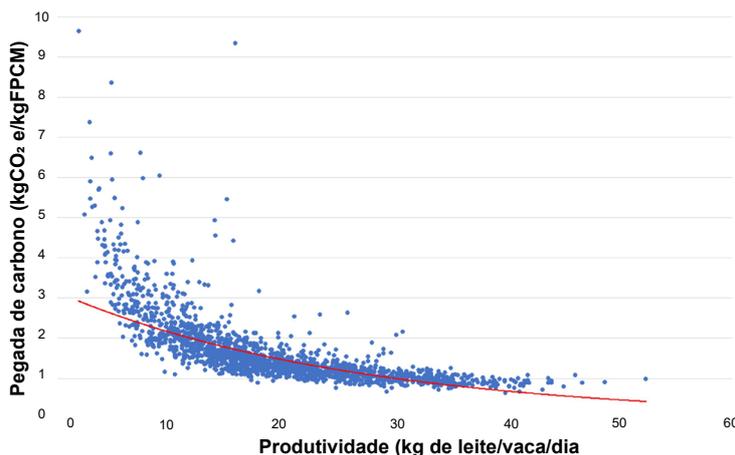


Figura 5: Relação entre produtividade animal e pegada de carbono do leite.

Nesta avaliação, a produtividade média foi de 19,5 kg de leite/vaca/dia, com valor mínimo encontrado de 3,2 e máximo de 52 kg de leite/vaca/dia. O aumento da produtividade individual na pecuária leiteira pode contribuir com até 40% da redução total da pegada de carbono (FAO, 2019). Já outro estudo com 400 fazendas do banco de dados do presente trabalho resultou em redução de 30% da pegada de carbono numa projeção de aumento de 10% na produtividade das vacas em lactação (Paula et al., 2024).

de carbono para mostrar o impacto econômico da redução da PC do leite conforme o estrato. A divisão das fazendas em níveis de PC foi associada ao esforço necessário para redução das emissões em relação à implementação de práticas e tecnologias mitigadoras, investimento de recursos financeiros e a estimativa de retorno em rentabilidade para o produtor de leite. A distribuição das fazendas avaliadas seguindo o critério proposto pela FAO está apresentado na Figura 6.

Desafios e oportunidades

A análise individual de dados de 1.791 propriedades de leite possibilitou identificar oportunidades e desafios para aumentar a eficiência dos sistemas produtivos e reduzir a PC da produção de leite no Brasil.

Como forma de nortear os caminhos e estratégias para a redução das emissões de GEE do leite, a Food and Agriculture Organization (IFCN, 2021) apresentou a estratificação da sua pegada

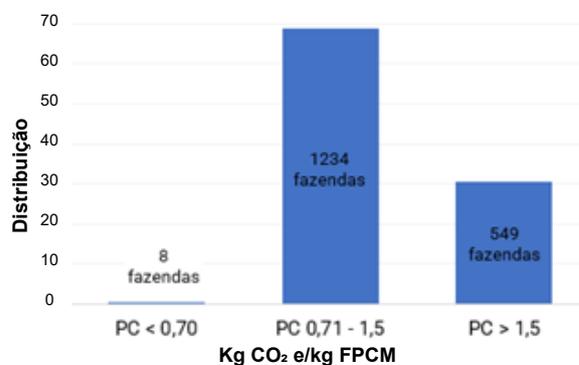


Figura 6. Distribuição das fazendas de acordo com a classificação da International Fact-Checking Network (2021).

As propriedades com PC menor que 0,7 kg CO₂ e/kg FPCM estão associadas a sistemas de produção de alta eficiência e elevado nível tecnológico. As ações para redução da pegada são limitadas e envolvem investimento sem previsibilidade de retorno financeiro. Em propriedades com PC entre 0,7 e 1,5 kg CO₂ e/kg FPCM são fazendas com elevado nível de eficiência, mas com alternativas para redução das emissões que requerem investimento que, geralmente, provê retorno financeiro. Propriedades com PC acima de 1,5 kg CO₂ e/kg FPCM possuem eficiência menor e/ou baixo nível tecnológico e as ações para redução da PC, prioritariamente, não demandam investimentos iniciais, mas apenas melhorias na gestão da atividade. As faixas de valores da PC podem orientar a tomada de decisão de investimento, estimativas de redução das emissões e grau de dificuldade de alterações nos sistemas.

A divisão dos sistemas de produção de leite conforme os valores de PC também apresentam diferenças nos percentuais de contribuição das principais fontes de emissão de GEE, conforme demonstrado na (Figura 7). Os resultados podem nortear a definição de estratégias para alteração dos sistemas com foco na redução da PC do leite.

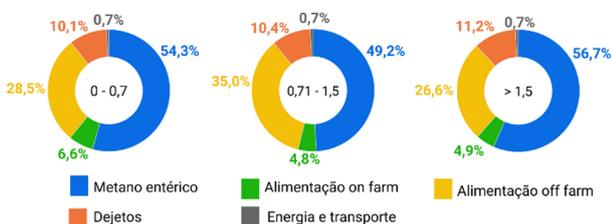


Figura 7. Principais fontes de emissões de acordo com as faixas da pegada de carbono.

Os sistemas de produção com PC mais baixa apresentaram eficiência alimentar elevada maior produtividade animal, no entanto, maior impacto da alimentação nas emissões totais. Os resultados demonstram que o aumento da PC está diretamente associado ao aumento das emissões de metano entérico e inversamente relacionado às emissões ligadas à alimentação. Os números apresentados mostram oportunidades de aumento de eficiência estão relacionados, principalmente, às áreas de nutrição, genética, reprodução, manejo de dejetos, produção de alimentos e bem-estar animal.

A produtividade animal pode ser incrementada, entre outras abordagens, com ajustes na dieta, melhoria do bem-estar dos animais, da genética e da eficiência reprodutiva do rebanho. Estudos

apontam que o aumento na qualidade nutricional da dieta pode reduzir em 39% a PC. Nos últimos 20 anos, o Programa de Melhoramento Genético do Girolando (PMGG), coordenado pela Embrapa Gado de Leite, por exemplo, obteve um aumento de 60% na produtividade de bovinos Girolando no Brasil, impactando na redução de 39% das emissões de metano por litro de leite produzido.

A extensão territorial do Brasil, a heterogeneidade climática e geográfica, assim como a diversidade cultural impactam na heterogeneidade dos modelos de sistemas de produção. Isto exige pesquisas regionais adaptadas às condições locais, às tecnologias adotadas e à disponibilidade de recursos

Atualmente, os projetos de pesquisa em cooperação técnica com empresas privadas e órgãos de extensão têm permitido a coleta de dados massiva de propriedades leiteiras e a estimativa acurada da PC do leite. Os resultados possibilitam a identificação de pontos críticos e oportunidades de melhoria em todas as etapas de produção. Além de prospectar e avaliar estratégias de mitigação e monitoramento das ações orientadas por pesquisa científica e transferência de tecnologias adequadas e adaptadas à realidade regional e aos tipos de sistemas de produção.

Considerações finais

Os resultados aqui apresentados visam contribuir para o avanço do conhecimento sobre a PC do leite brasileiro, as variáveis que afetam as emissões de GEE e os esforços para mitigação

A pecuária de leite no Brasil possui grande potencial para a redução da PC e ainda aumentar a produção total do país, o que decorre da ampla possibilidade de aumento da eficiência e produtividade animal. Ainda, a atividade leiteira está inserida em uma cadeia com capacidade de prover alimentos para um mercado crescente e impactar no aumento da renda do produtor, possuindo potencial para que o país assuma protagonismo no mercado mundial de lácteos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2014b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14067**: gases de efeito estufa: pegada de carbono de produtos: requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação. Rio de Janeiro, 2023.

BRAZIL'S NDC: national determination to contribute and transform. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/2024-11/Brazil_Second%20Nationally%20Determined%20Contribution%20%28NDC%29_November2024.pdf. Acesso em: 10 jan. 2025.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DO LEITE. **Leite em números**. Disponível em: <https://www.cileite.com.br/content/leite-numeros>. Acesso: em: 8 nov. 2024.

FAO. **Climate change and the global dairy cattle sector**: the role of the dairy sector in a low-carbon future. Rome, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/CA2929EN/ca2929en.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2024.

FILONCHYK, M. ; PETERSON, M. P.; YAN, H. ; GUSEV, A. ; ZHANG, L. ; HE, Y. ; YANG, S. Greenhouse gas emissions and reduction strategies for the world's largest greenhouse gas emitters. **Science of the Total Environment**, v. 944, 173895, 2024. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173895>.

GAVRILOVA, O.; LEIP, A.; DONG, H.; MACDONALD, J. D.; GOMEZ BRAVO, C. A.; AMON, B.; BARAHONA ROSALES, R.; PRADO, A. del; LIMA, M. A. de; OYHANTÇABAL, W.; WEERDEN, T. J. van der; WIDIAWATI, Y. Emissions from livestock and manure management. In: CALVO BUENDIA, E.; TANABE, K.; KRANJC, A.; BAASANSUREN, J.; FUKUDA,

M.; NGARIZE, S.; OSAKO, A.; PYROSHENKO, Y. SHERMANAU, P.; FEDERICI, S. (ed.). **2019 Refinement to the 2006 guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**: agriculture, forestry and other land use. Geneve: IPCC, 2019. v. 4 p, 10.9-10.167. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch10_Livestock.pdf. Acesso em: 10 jan. 2025.

INTERNATIONAL FACT-CHECKING NETWORK. Carbon neutral dairy farming in 2050 is possible. In: IFCN Dairy Conference, 22., 2021, Kiel. **[Proceedings...]**. Kiel: IFCN Dairy Research Network, 2021. Disponível em: https://ifcndairy.org/wp-content/uploads/2021/06/IFCN_Dairy_Conference_2021_Press_release.pdf. Acesso em: 20 jul. 2024.

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **The IDF global Carbon Footprint standard for the dairy sector**. Schaerbeek 2022. (Bulletin, 520). Disponível em : <https://doi.org/10.56169/FKRK7166>. Acesso em: 30 set. 2023.

PAULA, V. R. de; CARVALHO, B. C. de; TOMICH, T. R.; BENHAMI, V. L. M.; MOREIRA, E. de A.; SILVA, D. V. da; SILVA, D. A. L.; MIRANDA, T. S.; PEREIRA, L. G. R. Strategies for mitigating the carbon footprint of milk production in the South and Southeast of Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ASSESSMENT OF FOOD, 14., 2024, Barcelona. **Book of abstracts**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2024. p. 593-595.

SEEG. **Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa**. Piracicaba, 2022. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em: 10 out 2024.

Parceria

