PEGADA DE CARBONO E PILARES DO ESG NA BOVINOCULTURA LEITEIRA NO VALE DO PARAÍBA: ANÁLISE TÉCNICO-CIENTÍFICA DO EMPREENDA ON RURAL

Mateus Augusto dos Santos Baruel, Allan Reis Troni.

Universidade do Vale do Paraíba/Faculdade de Ciências da Saúde, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, mateusbaruel733@gmail.com, allan.troni@univap.br.

Resumo

A divisão de ESG do projeto Empreenda on Rural possui como objetivo quantificar a quantidade de GEEs liberados pelas fazendas leiteiras parceiras, a fim de avaliar os principais pontos positivos e negativos que impactam as emissões e informar sobre as possíveis mudanças para reduzir a pegada de carbono. A metodologia aplicada para realização dessa análise técnico-científica sobre os 17 produtores do projeto de extensão universitária Empreenda on Rural se baseou em uma coleta de dados de forma presencial e remota, com o propósito de inseri-los no banco de dados do software PECcalc, utilizado para o cálculo da pegada de carbono. Os resultados do setor de ESG evidenciaram de modo fidedigno a pegada de carbono de oito das fazendas, com valores entre 1,64 a 2,86 kgCO2eq./kgFPCM, sendo que as demais propriedades não forneceram informações suficientes para o cálculo. Junto disso, foi constatado a importância da governança rígida e eficaz no crescimento produtivo e a dificuldade social na contratação de mão-de-obra qualificada de forma estável. Por fim, é fundamental o acompanhamento técnico de produtores rurais para manutenção da atividade leiteira, crescimento produtivo e por consequência, a redução da pegada de carbono das fazendas.
Palavras-chave: Projeto. Extensão universitária. Metano entérico. Pecuária. Aquecimento global.

Área do Conhecimento: Medicina Veterinária.

Introdução

Quando se trata de bovinocultura de leite, os principais fatores a serem analisados em relação ao ambiente são a pegada de carbono, descarte de dejetos orgânicos e uso de recursos naturais como água e solo. A pegada de carbono é uma métrica de medição de Gases de Efeito Estufa (GEEs), sendo eles o dióxido de carbono, metano e óxido nitroso. Ela é influenciada por diversos fatores da criação animal, contemplando a genética, nutrição, produtividade, manejo, agricultura, sanidade e reprodução. O Bem-estar animal é mensurado qualitativamente de forma geral, apesar de existirem ferramentas digitais que avaliam de forma quantitativa os números, como o Software da ESGpec. Assim, é importante ressaltar que ele afeta a produtividade, qualidade do leite, da carcaça, e a relação da fazenda com o mercado consumidor, pois a população internacional tem se tornado mais rígida com as medidas de bem-estar animal, o que pode garantir um produto de maior valor agregado ao produtor que possuir certificações específicas.

A divisão de ESG, Pegada de carbono e bem-estar animal do Empreenda on Rural possui o objetivo de avaliar as práticas de ESG nas fazendas, quantificar a pegada de carbono e as medidas de bem-estar animal adotadas. Os produtores participantes do projeto são cooperados da Comevap, sendo assim, as diretrizes de ESG da cooperativa irão influenciar diretamente aos produtores, a fim de se adequarem ao mercado consumidor e terem valorização dos produtos. Além disso, algumas fazendas cooperadas podem comercializar derivados do leite de forma autônoma em sua região, com intuito de elevar a rentabilidade da produção. Nesse contexto, o Brasil desempenha um papel importante na cadeia global de laticínios, sendo o 3° maior produtor do planeta atualmente com uma produção de 34,8 bilhões de litros (Embrapa Gado de leite; 2026). Com isso, os principais impactos ambientais são devido a liberação de Gases de Efeito Estufa (GEEs) provenientes dos dejetos dos bovinos e da fermentação entérica, uso de fertilizantes (principalmente nitrogenados), consumo de energia elétrica e combustíveis para máquinas.

Em relação à sociedade, um dos principais desafios da pecuária leiteira nacional, incluindo dos produtores parceiros do projeto, é a falta de mão de obra. Há alguns motivos para essa dificuldade em contratar e manter funcionários, principalmente a distância dos centros urbanos, baixa remuneração e condições trabalhistas (Leite, J.L.B; 2025). A maioria das propriedades leiteiras situam-se na zona rural do município, sendo assim, dificulta ao trabalhador que mora na região urbana se deslocar até a fazenda, normalmente sendo necessário que ele resida próximo ao local. Assim, o cidadão questiona se vale a pena essa mudança pela distância a hospitais, comércios, supermercados, lazer e entre outras atividades presentes nos centros urbanos. Esse movimento de êxodo rural teve seu pico no século XX e ainda hoje a agropecuária possui falta de mão de obra, com isso, pequenos produtores sem acesso a tecnificação da produção animal enfrentam dificuldades em manter a atividade.

A baixa remuneração dos funcionários está intimamente ligada ao baixo lucro líquido da fazenda e a governança. Os pequenos produtores têm dificuldade em escalar sua produção por falta de tecnificação, acompanhamento profissional e investimento, assim, a pecuária não se torna rentável suficiente para pagar melhores salários aos funcionários. Além disso, as condições de trabalho na pecuária leiteira são difíceis, pois há inflexibilidade de horário e dias da semana, riscos mecânicos devido ao rebanho, possibilidade de transmissão de zoonoses, exposição a fatores climáticos como frio ou calor extremo durante a jornada de trabalho.

Visto isso, fatores como esses e a baixa rentabilidade da produção vem reduzindo de forma progressiva a quantidade de pequenos produtores de todo o país. Segundo o Anuário da Embrapa Gado e Leite de 2025, apesar da produção nacional não apresentar alterações expressivas nos últimos dez anos, houve um êxodo intenso de produtores da atividade. Em 2017 havia cerca de 600 mil pecuaristas leiteiros, já em 2025 esse número desceu para 200-240 mil produtores em apenas oito anos, uma queda de 63,33%. Com isso, pode-se afirmar que há uma desigualdade produtiva, em que a produção nacional se mantém devido às grandes fazendas, que possuem alta tecnificação, valor agregado e produtividade, enquanto se torna cada dia mais inviável a escalada produtiva dos pequenos produtores.

Tendo em vista os aspectos descritos, essa publicação visa demonstrar os resultados obtidos pela equipe de ESG do Projeto de Extensão Empreenda on Rural, com ênfase na Pegada de Carbono dos produtores de baixa, média e alta produtividade, a fim de dissertar sobre as principais variáveis qualiquantitativas que influenciam as emissões de GEEs, positivamente e negativamente.

Metodologia

Essa publicação se trata de um relato técnico-científico de projeto de extensão aplicado, com ênfase na divisão de ESG do Empreenda on Rural, no qual foram abordados os dados obtidos e as premissas em relação ao desempenho dos 17 produtores parceiros localizados no Vale do Paraíba. Durante o primeiro semestre de 2026, as avaliações foram realizadas por meio de visitas às fazendas, reuniões online, formulários e planilhas fornecidas pelos proprietários, com auxílio de zootécnicos e médicos veterinários. O acompanhamento por esses profissionais ocorreu por meio de reuniões, palestras e conversas via whatsapp, tendo sido vital para identificar os desafios e reconhecer as possíveis soluções. Assim, houve embasamento científico e técnico a partir de artigos científicos consultados pela SciElo, e-books autorais da ESGpec e dados disponibilizados por instituições governamentais, a fim de possuir referências sólidas para as teses contidas neste relato.

A análise quantitativa da pegada de carbono foi obtida a partir do PECcalc, o software desenvolvido pela ESGpec, *start up* parceira do projeto de extensão universitária. Esse programa permite quantificar as emissões de GEEs a partir dos dados colhidos das fazendas leiteiras, entre eles os índices zootécnicos, uso de fertilizantes, adubação orgânica, descarte de dejetos, nutrição animal, composição de rebanho e entre outros.

A unidade utilizada se dá em "X$kgCO_2$eq./kgFPCM", que analisa quantos quilos de CO_2 equivalentes são emitidos a cada litro de leite produzido, corrigido para proteína e gordura. A equivalência para CO_2 ocorre pois o metano e o óxido nitroso possuem Potencial de Aquecimento Global (PAG) extremamente superiores ao dióxido de carbono. Além disso, o litro de leite produzido é corrigido para gordura e proteína, pois a composição desses macronutrientes afetam diretamente o valor nutricional e a produção de derivados do leite.

A pegada de carbono é ranqueada em três níveis: Alta, média e baixa pegada de carbono. É considerada alto um resultado superior a 2 kgCO2eq./kgFPCM, média está entre 1 e 2

kgCO2eq./kgFPCM e baixa é inferior a 1 kgCO2eq./kgFPCM.

O PECmap, programa desenvolvido pela ESGpec também, foi uma ferramenta que permitiu a análise dos dados da pegada de carbono e a partir de uma Inteligência Artificial própria, produz relatórios descrevendo os pontos positivos, negativos e oportunidades de redução nas emissões de GEEs.

Nos resultados, foram descritos a pegada de carbono e as características das três divisões de ESG, abordando pontos positivos e negativos de cada propriedade. As observações referentes a variáveis presentes no cálculo de pegada de carbono tiveram embasamento do setor de ESG e dos relatórios produzidos a partir do PECmap. Já as informações ambientais que não estão incluídas na pegada de carbono, como utilização de recursos hídricos, e os fatores sociais e de governança relatados são exclusivamente advindos dos relatos e percepção técnica da equipe do Empreenda on Rural.

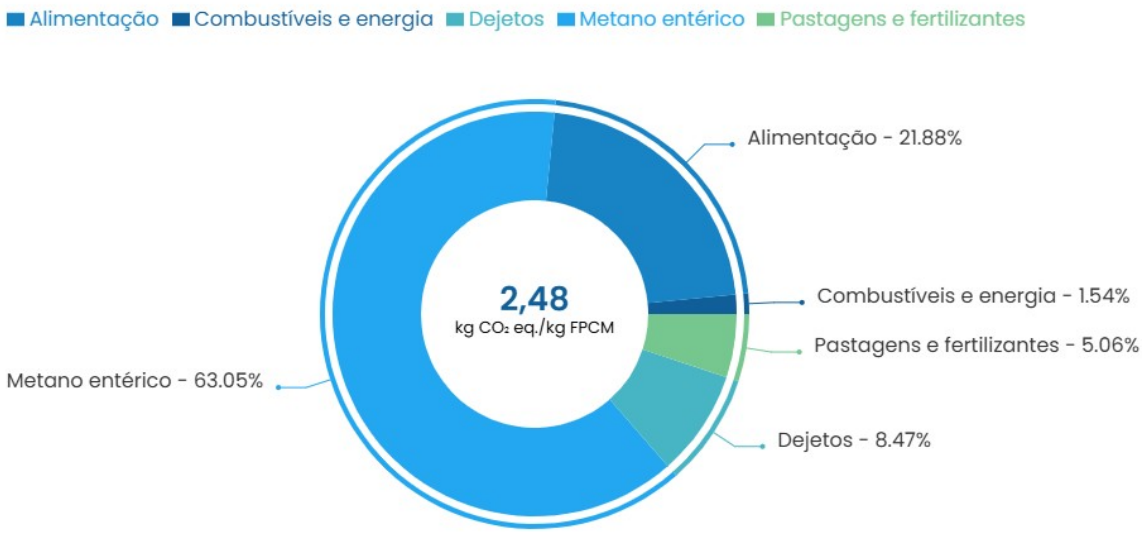
Todos os 17 produtores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para utilização dos dados que foram coletados por meio de conversas formais e informais, planilhas de campo ou coleta destes dados presencialmente pela equipe e análises que foram geradas pela demanda da área ESG.

Resultados

As fazendas leiteiras parceiras do projeto foram classificadas em baixa (<10 litros/vaca/dia), média (10-20 litros/vaca/dia) e alta produtividade (>20 litros/vaca/dia), a fim de analisar os manejos e desafios similares dentro de uma mesma classe de produção. Assim, dentre os produtores acompanhados, seis são de baixa produtividade, sete são de média produtividade e quatro são classificados em alta produtividade.

Dentre as seis fazendas de baixa produtividade, somente foi possível calcular a pegada de carbono de uma, com resultado em 2,48 kgCO2eq./kgFPCM. Essa ausência da maior parte dos resultados se deve a escassez de índices zootécnicos fornecidos pelos proprietários, um fator que esclarece um ponto negativo importante dessa categoria, a governança ineficaz. Assim, a má administração financeira e zootécnica por parte dos proprietários advém de uma visão tradicional da bovinocultura, acarretando equívocos de manejo em sanidade, nutrição, reprodução, bem-estar animal e infraestrutura. O gráfico 1 demonstra as fontes de GEEs da única fazenda de baixa produtividade que possibilitou o cálculo, a Fazenda Santa Rita de Cássia.

Gráfico 1 – Detalhamento de emissões de GEEs da Fazenda Santa Rita de Cássia



Fonte: Empreenda on Rural, 2026.

Visto isso, em relação a sociedade, pode-se salientar que cinco de seis das propriedades (16,67%) não possuem mão-de-obra externa à família, sendo realizada a gestão unicamente pelo proprietário e

na melhor das hipóteses, com auxílio de outro membro da família. A dependência da produção animal de uma única pessoa torna a rotina exaustiva, desorganizada e reduz a eficácia dos manejos. Além disso, ocorre uma comercialização de leite e derivados diretamente com moradores da região, sendo mais rentável ao produtor, porém sem a garantia sanitária.

Já a categoria dos produtores de média produção tiveram resultados consistentes na pegada de carbono para três das sete fazendas, com amplitude de 1,98 kgCO2eq./kgFPCM a 2,47 kgCO2eq./kgFPCM. Nessa categoria encontram-se produtores mais estruturados de forma geral, porém a falta de informações ainda está presente, principalmente em relação a quantidade exata de alimentos na dieta do rebanho. No tabela 1 é possível analisar os resultados obtidos, sendo importante salientar que frequentemente a pegada de carbono e metano entérico seguem uma tendência proporcional entre si, visto que as emissões de GEEs mais significativas vem do metano entérico da câmara fermentativa dos bovinos e ambos dependem da qualidade e quantidade de leite produzido.

Tabela 1 - Pegada de carbono e meta

Fazenda	Pegada de carbono	Metano entérico	Produtividade
Fazenda Freitas	1,98 kg CO_2 eq./kg FPCM	26,86g CH_4/kg FPCM	14,08 litros/vaca/dia
Sítio Cedro	Ausência de resultados	Ausência de resultados	11 litros/vaca/dia
APTA pindamonhangaba	2,47 kg CO_2 eq./kg FPCM	46,86g CH_4/kg FPCM	12,82 litros/vaca/dia
Fazenda 2M	Ausência de resultados	Ausência de resultados	12,12 litros/vaca/dia
Sítio 4J	Ausência de resultados	Ausência de resultados	18,59 litros/vaca/dia
Fazenda Recanto Morro Alto	Ausência de resultados	Ausência de resultados	14,98 litros/vaca/dia
Agropecuaria Ribeiro	2,44 kg CO_2 eq./kg FPCM	35,82g CH_4/kg FPCM	18 litros/vaca/dia

no entérico emitidos por litro de leite produzido.

Fonte: Empreenda on Rural, 2026.

Em relação ao pilar da sociedade na categoria de média produtividade, pode-se atentar que cinco dos produtores (71,43%) possuem mão-de-obra externa ao núcleo familiar, um crescimento percentual relevante em relação à categoria anterior. Além disso, o Sítio 4J realiza participações e recebeu prêmios em torneios leiteiros na região do Vale do Paraíba e de âmbito nacional, sendo um ponto extremamente positivo para uma pecuária leiteira de pequeno porte, isso porque ocorre a valorização das vacas premiada, assim, sua prole, material genético ou embrião podem ser vendidos com um alto valor agregado (Gouveia, J.F; 2018).

Por fim, na categoria de fazendas de alta produtividade, foi possível calcular a pegada de carbono e metano entérico de todos os quatro produtores. A tabela 2, apresenta os resultados das quatro fazendas, junto da sua produtividade diária. A eficiência de governança é comum nessa categoria, tornando possível o escalonamento da atividade e o conhecimento mais aprofundado e registrado sobre os índices zootécnicos, reprodução, nutrição e sanidade animal. Além disso, de forma geral a comercialização informal de lacticínios é rara, há um teor de proteína e gordura mais balanceado, há mais acesso a mão-de-obra externa e capacidade de investimento.

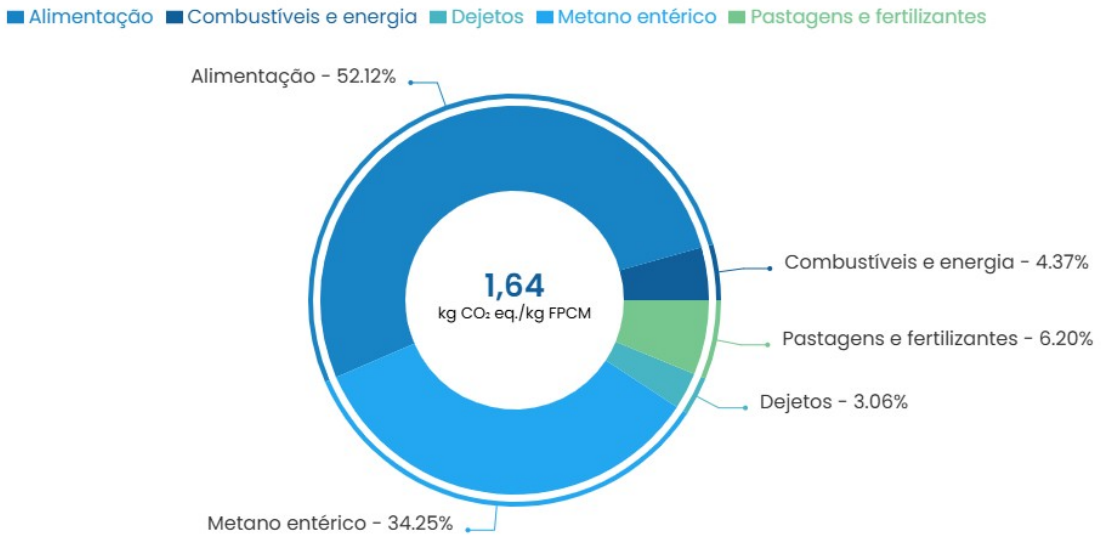
No gráfico 2, estão os dados do produtor que emite a menor quantidade de equivalente em CO_2 dos produtores presentes no projeto.

Tabela 2 - Pegada de carbono das fazendas de alta produtividade.

Fazenda	Pegada de carbono	Metano entérico	Produtividade
Fazenda Indiani	1,64kg CO_2 eq./kg FPCM	19,56g CH_4/kg FPCM	24,3 litros/vaca/dia
Fazenda Santa Lúzia	2,86kg CO_2 eq./kg FPCM	38,15 g CH_4/kg FPCM	21,56 litros/vaca/dia
Fazenda Santa Helena	2,13kg CO_2 eq./kg FPCM	14,74g CH_4/kg FPCM	39,55 litros/vaca/dia
Sítio 3 Irmãos	2,10kg CO_2 eq./kg FPCM	26,24g CH_4/kg FPCM	29,53 litros/vaca/dia

Fonte: Empreenda on Rural, 2026.

Gráfico 2 - Menor pegada de carbono dentre as fazendas do projeto: Fazenda Indiani



Discussão

Durante as análises das pegadas de carbono das fazendas participantes do Empreenda on Rural, foi possível diagnosticar alguns fatores positivos e negativos que influenciam a pegada de carbono, entre os principais estão: Produtividade por vaca, quantia de concentrado consumido, percentual de proteína e gordura, manejo de dejetos, fertilização da pastagem/volumoso, número de animais das diferentes categorias, energia elétrica e combustíveis.

A produtividade e a quantidade de vacas em lactação representam a eficiência do rebanho como um todo, visto que a pegada de carbono das demais categorias emissoras de GEEs da fazenda são fracionadas de acordo com o volume e qualidade do leite produzido. Sendo assim, intervalos entre partos prolongados, baixo percentual de vacas em lactação (<60%) entre as vacas adultas, desequilíbrio entre vacas e novilhas/bezerros podem reduzir a taxa de desfrute, problemas frequentes entre pequenos e médios produtores. A exemplo disso, a Fazenda Nossa Senhora Aparecida apresentou uma produtividade de 8,64 litros/vaca/dia e somente 41,18% das vacas adultas estavam em lactação, tendo uma baixa produtividade e desfrute, devido ao irregular manejo reprodutivo.

A proteína e gordura são os dados de qualidade do leite utilizados para a pegada de carbono, sendo assim, a dieta do rebanho e a genética são seus principais determinantes. Assim, pode-se constatar

que esses nutrientes variam entre a categoria de baixa e alta produtividade de forma não linear, não sendo variáveis que irão ter um aprimoramento de acordo com a escala produtiva necessariamente. Com isso, houve uma amplitude de 3,11% a 3,46% (0,35 p.p.) em proteínas totais e 2,94% a 4,39% (1,45 p.p.) em gordura do leite.

A quantidade de energia elétrica e de combustíveis consumida por vacas em lactação é outra variável que influencia diretamente as emissões de GEEs. A quantidade varia principalmente de acordo com o sistema de produção e o uso de máquinas, pois sistemas intensivos tendem a ter custos mais elevados com esses insumos. Dito isso, apenas uma das fazendas parceiras utiliza fontes de energia renováveis próprias, a energia solar, o que reduz a pegada de carbono final.

Por fim, a quantidade de concentrado (alimento de percentual inferior a 18% de fibras totais) fornecido às vacas em lactação na pista de alimentação é um fator importante para avaliar a eficiência produtiva e alimentar dos bovinos. Dessa forma, avalia-se a conversão alimentar contabilizando os quilos de leite produzido por quilos de concentrado consumido, de forma que a menor eficiência foi do Sítio Santa Lúzia e Santa Rita de Cássia, com 0,38 kg de leite/ kg de concentrado e a maior eficiência na Fazenda APTA regional, com 3,22 kg de leite/ kg de concentrado fornecido.

O ESG na bovinocultura leiteira é um conceito amplo que abrange as mais diversas áreas da medicina veterinária, sendo necessário conhecimentos e os manejos adequados de reprodução, genética, nutrição, sanidade e bem-estar animal.

O gerenciamento da pecuária leiteira com aplicação dos manejos zootécnicos indicados, auxiliado por profissionais da área, tendem a elevar a produção e qualidade do leite, além de reduzir a pegada de carbono e a liberação de GEEs pelas fazendas. Apresentar essa preocupação com o meio ambiente tende a se tornar importante no cenário brasileiro, visto que o país é um dos protagonistas na produção leiteira e vem sendo dado destaque a necessidade de reduzir as emissões de GEEs, devido às mudanças climáticas. Assim, há a necessidade dos produtores se adaptarem ao novo mercado consumidor mais exigente em relação ao bem-estar animal e sustentabilidade ambiental, além de futuras políticas públicas ambientais. Como foi estruturado anteriormente, o crescimento produtivo por consequência reduz a emissão de GEEs por quilo de leite produzido, tornando-se um motivador para redução da pegada de carbono.

Por fim, em relação à sociedade e governança, é vital compreender as dificuldades dos pequenos e médios produtores no que tange os fatores sociais e de governança, fundamentais para manutenção da atividade. Tendo em vista que os principais fatores para o êxodo de pecuaristas da atividade estão ligados aos desafios de governança e mão-de-obra, políticas públicas que visem dar suporte ao produtor rural poderiam mitigar essa problemática.

Conclusão

Em relação à pegada de carbono e sustentabilidade ambiental, os profissionais atuantes na bovinocultura leiteira devem desenvolver conhecimentos específicos relacionados aos fatores ambientais, sociais e de governança, a fim de acompanhar as atuais e futuras legislações vigentes e demandas de um mercado consumidor cada vez mais exigente quanto ao ESG, bem-estar animal e sustentabilidade nos produtos de origem animal. As variáveis que influenciam as emissões de GEEs na pecuária leiteira são diversas, como: manejos nutricionais, reprodutivos, de sanidade, bem-estar animal, pastagem, dejetos e entre outros. Essa complexidade de informações pode ser mensurada a partir de índices qualiquantitativos relatados, entretanto, um reconhecimento desses desafios nas propriedades rurais e desenvolvimento de possíveis melhorias requerem técnicos capacitados.

Referências

EMBRAPA GADO DE LEITE. Anuário Leite 2026: seleção de embriões baseado na genética. **Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite**, 2026. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1187298/anuario-leite-2026-selecao-de-embrioes-baseada-na-genetica

GOUVEIA, J.F. Importância de atividades zootécnicas em torneios leiteiros. **Biblioteca central UFR**, 2018. Disponível em: https://biblioteca.ufr.edu.br/pergamumweb/vinculos/000039/000039fd.pdf

LEITE, J.L.B. Situação e principais desafios da produção de leite no Brasil. **MilkPoint**, 2025. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/situacao-e-principais-desafios-da-producao-de-leite-no-brasil-238126/

SILPER, B; DUARTE, H; PEREIRA, L. G. Comportamento e bem estar na pecuária leiteira. **ESGpec**, 2025. Disponível em: https://www.esgpec.com.br/ebook-comportamento

SILPER, B; DUARTE, H; PEREIRA, L. G. Aditivos alimentares para mitigação de metano. **ESGpec**, 2025. Disponível em: https://www.esgpec.com.br/post/aditivosmitigadoresdemetano

SILPER, B; DUARTE, H; PEREIRA, L. G. Pegada de carbono na produção de leite: Guia prático para produtores e técnicos. **ESGpec**, 2024. Disponível em: https://www.esgpec.com.br/ebook-pegada-de-carbono-no-leite

TERRA, M.L. **Desafios da mão de obra no campo.** MilkPoint, 2025. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/colunas/interleite-brasil/desafios-da-mao-de-obra-no-campo-238946/?utm_source

Agradecimentos

Agradeço a orientação do professor Allan Reis Troni na minha graduação e por me convidar para participar do Empreenda on Rural, o projeto de extensão universitária que deu origem a essa publicação e reforçou meu desenvolvimento acadêmico, profissional e social, tendo sido uma oportunidade única. Também agradeço o auxílio dos técnicos e colegas no cumprimento das atividades desenvolvidas, com ênfase ao meu auxiliar no setor de ESG, André Goulart Spreng, visto que durante o ano de 2026 me forneceu apoio logístico de modo valoroso.