

## ANais

### INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA FLORESTA CAMINHOS PARA A SUSTENTABILIDADE E COMPETITIVIDADE NO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

NELSON BARBOSA MEIRA FIORAVANTE

nelson.meiraddos@gmail.com

UFGD - FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

CLANDIO RUVIARO

clandioruviaro@ufgd.edu.br

UFGD

**RESUMO:** O agronegócio brasileiro, vital para a economia e a segurança alimentar, enfrenta o desafio de reduzir emissões de gases de efeito estufa mantendo sua competitividade global. Este estudo avalia o potencial da Avaliação do Ciclo de Vida e da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta como estratégias sustentáveis, por meio de revisão bibliográfica baseada em dados secundários. Os resultados mostram que a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta pode neutralizar até 100% das emissões de metano entérico bovino, alcançando um saldo positivo de 0,1645 Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>, e reduzir emissões em 41% frente a sistemas convencionais. A Integração Lavoura-Pecuária-Floresta também favorece a recuperação de pastagens degradadas e a eficiência no uso de recursos naturais, enquanto a Avaliação do Ciclo de Vida identifica pontos críticos nas cadeias produtivas, promovendo melhorias sustentáveis. Assim, combinadas a políticas como o Plano ABC e o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões, essas práticas alinham o setor às metas do Acordo de Paris, fortalecendo sua competitividade e posicionando o Brasil como líder em bioeconomia sustentável.

**PALAVRAS CHAVE:** ILPF; Agricultura de Baixo Carbono; Sustentabilidade; GEE; ACV.

**ABSTRACT:** Brazilian agribusiness, vital to the economy and food security, faces the challenge of reducing greenhouse gas emissions while maintaining its global competitiveness. This study evaluates the potential of Life Cycle Assessment and Crop-Livestock-Forest Integration as sustainable strategies, through a literature review based on secondary data. The results show that Crop-Livestock-Forest Integration can neutralize up to 100% of bovine enteric methane emissions, achieving a positive balance of 0.1645 Mg CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>, and reduce emissions by 41% compared to conventional systems. Crop-Livestock-Forest Integration also favors the recovery of degraded pastures and the efficient use of natural resources, while Life Cycle Assessment identifies critical points in production chains, promoting sustainable improvements. Thus, combined with policies such as the ABC Plan and the Brazilian Emissions Reduction Market, these practices align the sector with the goals of the Paris Agreement, strengthening its competitiveness and positioning Brazil as a leader in sustainable bioeconomy.

**KEY WORDS:** ILPF; Low Carbon Agriculture; Sustainability; GHG; LCA.

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro desempenha um papel crucial na economia global, destacando-se como um dos principais produtores e exportadores de alimentos. Contudo, essa relevância econômica está associada a desafios ambientais expressivos, sendo o setor responsável por uma parcela considerável das emissões de gases de efeito estufa (GEE) no país (SOARES; CUNHA, 2019). Dados do Observatório do Clima indicam que o Brasil figura entre os maiores emissores de GEE da América Latina, com o setor agropecuário desempenhando um papel determinante nesse cenário (SEEG, 2024).

Em 2023, o Brasil alcançou uma redução de 12% nas emissões de GEE, resultado impulsionado por políticas de controle do desmatamento e pela adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) (SEEG, 2024). A ILPF combina sistemas produtivos – agrícola, pecuário e florestal – em uma mesma área, de maneira integrada e planejada, buscando otimizar recursos naturais, elevar a produtividade e minimizar impactos ambientais. Um exemplo bem-sucedido é o sistema implementado na Embrapa Cerrados, que une a produção de grãos, a criação de gado e o cultivo de eucalipto, gerando benefícios econômicos e ambientais.

Apesar desses avanços, o setor agropecuário ainda contribui significativamente para as emissões nacionais, evidenciando a urgência de medidas eficazes para mitigar os impactos ambientais ligados à atividade agrícola (AMORIM et al., 2023). Nesse contexto, iniciativas voltadas à sustentabilidade ganham relevância, a exemplo do Plano de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que estimula tecnologias ecoeficientes e práticas agrícolas sustentáveis. A ILPF destaca-se como uma solução promissora, promovendo o uso eficiente do solo, a recuperação de áreas degradadas e a redução das emissões de carbono, o que reforça a ecoeficiência e a competitividade do setor (TELLES et al., 2021). Adicionalmente, a comercialização de créditos de carbono emerge como uma estratégia complementar valiosa, permitindo que produtores rurais sustentáveis acessem novas fontes de renda e contribuam para a neutralização das emissões globais de CO<sub>2</sub> (ANDRADE; SANTOS, 2023).

Este estudo busca avaliar como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), aplicada à ILPF, pode identificar estratégias de mitigação de GEE no agronegócio brasileiro. Reconhecida por sua abordagem abrangente, a ACV analisa os impactos ambientais em todas as etapas produtivas, desde a extração de matérias-primas até o descarte de resíduos, apontando caminhos para práticas mais eficientes e sustentáveis no setor agropecuário (BALDINI et al., 2017).

A justificativa deste trabalho fundamenta-se na relevância da ILPF e da ACV para o cumprimento das metas do Acordo de Paris, que estabelece compromissos globais para reduzir as emissões de GEE e fomentar uma economia de baixo carbono. O Plano ABC, voltado à promoção de tecnologias de baixa emissão na agricultura, reforça o valor de práticas como a ILPF para a sustentabilidade do agronegócio brasileiro (MACHADO et al., 2022). A integração dessas abordagens com a ACV possibilita quantificar benefícios ambientais e subsidiar políticas públicas e estratégias de mercado que ampliem a competitividade global do setor.

Diante desse cenário, o objetivo principal deste estudo é investigar o potencial da ACV para identificar e quantificar as estratégias de mitigação de GEE proporcionadas pela ILPF no agronegócio brasileiro. Espera-se que a ACV revele pontos críticos nas cadeias produtivas, viabilizando melhorias que conciliem crescimento econômico e metas climáticas internacionais, além de fortalecer a posição do setor no mercado global.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo adotou uma abordagem exploratória e bibliográfica, baseada em dados secundários e qualitativos extraídos da literatura científica. A pesquisa foi realizada em bases

de dados amplamente reconhecidas, como Google Scholar, Portal Capes, Scopus e SciELO, priorizando publicações recentes para assegurar atualização e relevância. O período analisado abrangeu de 2013 a 2024, e as palavras-chave foram estrategicamente selecionadas para cobrir os principais aspectos do tema. Essas combinações refinaram a busca, permitindo identificar estudos altamente relevantes:

**QUADRO 1.** Palavras-chave utilizadas nas buscas

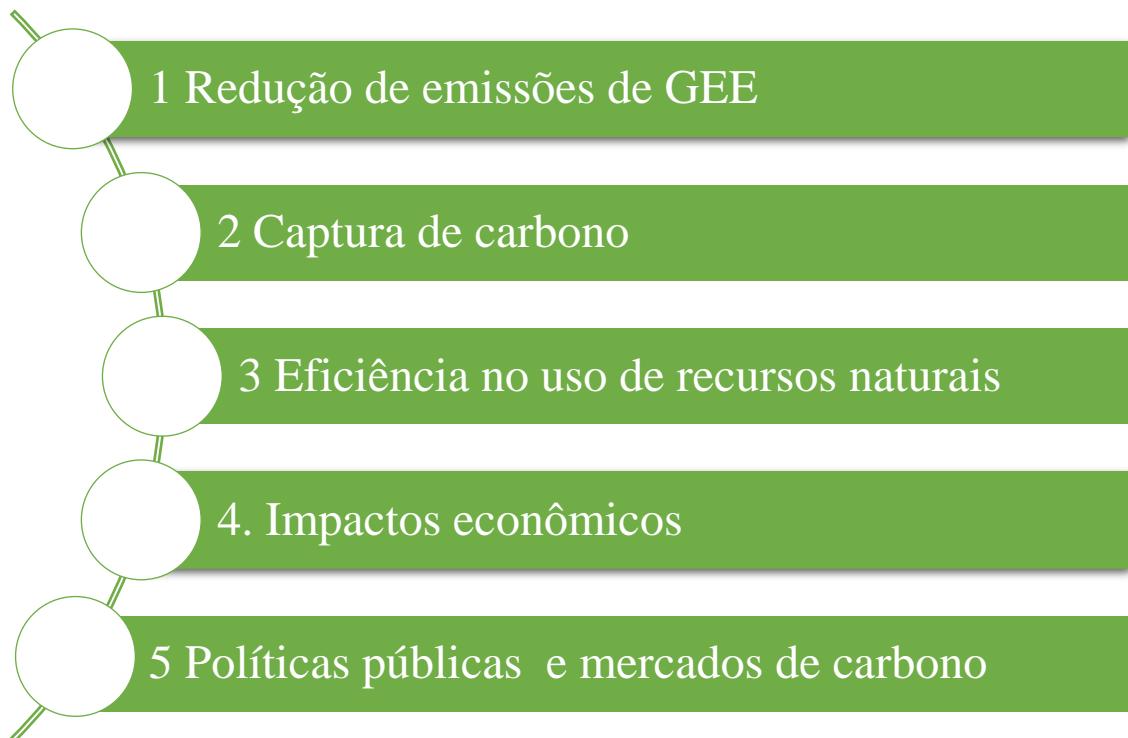
<b>PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS NAS BUSCAS</b>
<b>Práticas sustentáveis de baixo carbono</b>
<b>Avaliação do ciclo de vida no agronegócio</b>
<b>Mitigação de gases de efeito estufa no agronegócio</b>
<b>Integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF)</b>

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Além das bases científicas, foram consultados relatórios e documentos técnicos de organizações governamentais, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), bem como de organizações não governamentais, como o Observatório do Clima e o Imaflora. Esses materiais complementaram as informações sobre emissões de gases de efeito estufa (GEE) e práticas sustentáveis no agronegócio brasileiro.

Os critérios de inclusão compreenderam: (1) artigos que abordassem a aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no agronegócio brasileiro, com ênfase em práticas sustentáveis como a ILPF; (2) estudos que apresentassem dados quantitativos ou qualitativos sobre mitigação de GEE, incluindo indicadores como emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O; (3) publicações em periódicos revisados por pares ou anais de congressos científicos. Foram excluídos artigos sem foco específico no contexto brasileiro ou que não detalhassem as etapas do ciclo de vida analisadas. Inicialmente, 49 artigos foram revisados, dos quais 16 atenderam aos critérios e foram selecionados para análise aprofundada. Adicionalmente, dados do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) foram utilizados para contextualizar as emissões brasileiras, destacando a redução de 12% registrada em 2023, atribuída a políticas de controle do desmatamento e à adoção de práticas como a ILPF (SEEG, 2023). O SEEG oferece informações detalhadas por setor, facilitando uma avaliação precisa do impacto das práticas agrícolas.

FIGURA 1: Categorias Temáticas Predefinidas



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A ACV, reconhecida na literatura como metodologia essencial para avaliar impactos ambientais de práticas agrícolas, analisa todas as etapas do ciclo de vida de um produto ou serviço, desde a extração de matérias-primas ("berço") até o descarte ou reaproveitamento de resíduos ("portão"). No agronegócio brasileiro, essa abordagem identifica pontos críticos de emissão de GEE em etapas como produção de insumos (fertilizantes, pesticidas), manejo do solo (preparo, adubação), transporte de produtos (da fazenda ao mercado) e emissões da pecuária (fermentação entérica, manejo de dejetos). O limite do sistema foi definido como "do berço ao portão" (*Cradle-to-Gate*), abrangendo as etapas produtivas, mas excluindo uso e descarte final pelo consumidor. Em alguns casos, a análise pode se estender "do berço ao túmulo" (*Cradle-to-Grave*), cobrindo todo o ciclo de vida, da produção ao descarte final, oferecendo uma visão holística dos impactos ambientais e apoiando a adoção de práticas mais sustentáveis e eficientes.

A análise de conteúdo baseou-se em categorias temáticas predefinidas: (1) redução de emissões de GEE (quantificação das reduções por diferentes práticas); (2) captura de carbono (potencial de sequestro em sistemas agrícolas); (3) eficiência no uso de recursos naturais (uso de água, energia e outros recursos); (4) impactos econômicos (custos e benefícios de práticas sustentáveis); e (5) políticas públicas e mercado de carbono (incentivos e oportunidades de mercado). Cada artigo foi classificado segundo os temas abordados, possibilitando uma análise comparativa e a identificação de padrões e lacunas na literatura.

Essa abordagem metodológica rigorosa assegurou alinhamento com padrões científicos e as demandas por sustentabilidade, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de mitigação de emissões e fortalecimento da sustentabilidade no agronegócio brasileiro. A

integração dos dados coletados permitiu destacar práticas promissoras e áreas que requerem maior atenção para um agronegócio mais sustentável e resiliente.

### 3. RESULTADOS

Os resultados deste estudo, baseados na análise bibliográfica e nas aplicações práticas da ACV, confirmam a relevância dessa metodologia como ferramenta estratégica para reduzir os impactos ambientais no agronegócio brasileiro. A literatura analisada evidencia que práticas como a ILPF possuem potencial significativo para mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE), ao mesmo tempo em que promovem a eficiência no uso de recursos naturais e a conservação da biodiversidade.

**FIGURA 2.** Sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF)



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A aplicação da ACV a sistemas produtivos revela sua capacidade de identificar pontos críticos de impacto ambiental em cadeias específicas, possibilitando a proposição de melhorias práticas, como o uso eficiente da água e a reciclagem de resíduos (CLAUDINO; TALAMINI, 2013). No contexto da ILPF, a metodologia permite quantificar benefícios como a recuperação de pastagens degradadas, que eleva o sequestro de carbono no solo, o aumento da captura de carbono por meio do plantio de árvores e a redução de emissões associadas à pecuária e ao uso de fertilizantes químicos. Esses fatores otimizam o balanço de carbono do sistema, conforme amplamente discutido no Plano ABC e em estudos sobre sistemas integrados de produção (SANTOS et al., 2023; ANDRADE; SANTOS, 2023). Além disso, a ACV facilita comparações entre diferentes cenários produtivos, auxiliando na seleção de opções mais sustentáveis e na identificação de oportunidades para tecnologias limpas e processos inovadores.

Um exemplo prático é a aplicação da ACV em sistemas de produção de carne bovina, que aponta a fase de criação como a de maior impacto ambiental devido às emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) provenientes da fermentação entérica. Com base nisso, estratégias como a suplementação alimentar com aditivos redutores de metano, o melhoramento genético para maior eficiência alimentar e o pastejo rotacionado podem ser implementados, reduzindo a pressão sobre pastagens e aumentando o sequestro de carbono no solo. Essas medidas não só diminuem as

emissões, mas também fortalecem a resiliência do agronegócio brasileiro às mudanças climáticas, consolidando o país como referência em práticas agrícolas sustentáveis.

A ACV, portanto, destaca-se como instrumento indispensável para decisões estratégicas no setor, orientando investimentos em tecnologias e práticas que aliam sustentabilidade à competitividade global. A transparência e a rastreabilidade proporcionadas pela metodologia agregam valor aos produtos agrícolas brasileiros, atendendo à crescente demanda por alimentos produzidos de forma responsável.

Nesse cenário, a ILPF emerge como prática exemplar, com dados quantitativos que comprovam seus benefícios ambientais e produtivos. Mais do que uma técnica agrícola, a ILPF representa uma abordagem sistêmica que otimiza o uso da terra, diversifica a produção e reduz a dependência de insumos externos. Entre os principais resultados associados à ILPF, destacam-se:

- Redução de emissões de GEE:** Estudos demonstram que o sistema ILPF pode neutralizar até 100% das emissões de metano entérico bovino, como observado na Fazenda Mogi Guaçu, em Paragominas-PA, onde o sequestro de carbono pelo componente florestal resultou em um saldo positivo de  $0,1645 \text{ Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$  (SILVA et al., 2021). Além disso, pesquisa da Embrapa Cerrados indica uma redução de 41% nas emissões de metano entérico, atribuída à integração do componente arbóreo – que captura e fixa  $\text{CO}_2$  – e à melhoria da fertilidade do solo, aliada à maior eficiência produtiva (SOUZA et al., 2019), conforme Tabela 1. A magnitude do sequestro de carbono varia conforme a espécie arbórea, o manejo adotado e as condições climáticas locais, sendo espécies de crescimento rápido e alta densidade de madeira mais eficazes nesse processo.

**TABELA 1:** Comparação das Emissões de  $\text{CH}_4$  entre Sistemas ILPF e Convencionais: Neutralização e Redução

Aspecto	ILPF	Sistemas Convencionais	Neutralização/Redução	Fonte
<b>Emissões de <math>\text{CH}_4</math> (pecuária)</b>	Neutraliza 100% do $\text{CH}_4$ entérico	Emissões significativas de $\text{CH}_4$	100% de neutralização	Silva et al., 2021
<b>Emissões de <math>\text{CH}_4</math> (pecuária)</b>	2,0 t $\text{CO}_2\text{e/ha/ano}$	3,4 t $\text{CO}_2\text{e/ha/ano}$	41% de redução	Souza et al., 2019

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

- Sequestro de carbono:** A ILPF destaca-se como uma das principais estratégias do Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) para mitigar as emissões de GEE no setor agropecuário. Além de promover a sustentabilidade, essa prática oferece uma abordagem integrada que otimiza o uso dos recursos naturais e fortalece a resiliência dos sistemas agrícolas, reduzindo sua vulnerabilidade a variações climáticas e pragas. Manzatto et al. (2019) apresentam dados quantitativos que comprovam o elevado potencial da ILPF para o sequestro de carbono. A integração de culturas agrícolas, pecuária e florestas em uma mesma área permite que o componente florestal funcione como um sumidouro de carbono, capturando  $\text{CO}_2$  atmosférico e armazenando-o na

biomassa (troncos, folhas e raízes) e no solo. Esse processo reduz as emissões líquidas de GEE e melhora a qualidade do solo, ao aumentar a matéria orgânica e a fertilidade, além de favorecer a biodiversidade local por meio da criação de habitats para diversas espécies.

- O sequestro de carbono representa um dos principais benefícios ambientais da ILPF, compensando emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), comuns em sistemas agropecuários convencionais, especialmente na pecuária e no uso intensivo de fertilizantes nitrogenados (Tabela 2). Em sistemas ILPF bem manejados, por exemplo, o estoque de carbono no solo pode crescer significativamente ao longo do tempo, contribuindo tanto para a mitigação das mudanças climáticas quanto para a saúde do solo.

**TABELA 2:** Indicadores de Sequestro de Carbono e Mitigação da ILPF: Valores e Projeções

– Indicador	– Valor
– <b>Fator de mitigação da ILPF</b>	– 3,79 Mg CO <sub>2</sub> eq/ha/ano
– <b>Sequestro total (2005-2016)</b>	– 33 milhões de Mg CO <sub>2</sub> eq
– <b>Sequestro (2005-2010)</b>	– 15,81 milhões de Mg CO <sub>2</sub> eq
– <b>Sequestro (2010-2015)</b>	– 17,18 milhões de Mg CO <sub>2</sub> eq
– <b>Área de adoção de ILPF (2015)</b>	– 11,5 milhões de hectares
– <b>Projeção de área de ILPF (2020)</b>	– 19,3 milhões de hectares
– <b>Potencial de mitigação (2020)</b>	– 18 a 22 milhões de Mg CO <sub>2</sub> eq
– <b>Taxa de sequestro em ILP</b>	– 0,82 a 2,58 Mg C/ha/ano (equivalente a 3,0 a 9,5 Mg CO <sub>2</sub> eq/ha/ano)

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

- A eficácia da ILPF na redução das emissões de GEE e no fortalecimento da sustentabilidade da produção agrícola é amplamente reconhecida, posicionando-a como elemento central nas estratégias de mitigação das mudanças climáticas no Brasil. Ao recuperar áreas degradadas, como pastagens, e aumentar a produtividade de forma sustentável, a ILPF contribui para a segurança alimentar e a conservação de recursos naturais, como água e solo. Além disso, a diversificação das atividades agrícolas e florestais no sistema proporciona benefícios econômicos adicionais aos produtores, incluindo novas fontes de renda (como a comercialização de madeira, frutos e outros produtos florestais) e a redução dos riscos associados à monocultura, vulnerável a pragas, doenças e oscilações de mercado. Um exemplo prático é a integração de árvores frutíferas com a pecuária, em que as árvores oferecem sombra ao gado – melhorando seu bem-estar e a qualidade da carne – enquanto os frutos geram receita complementar.
- Esses benefícios destacam a necessidade de políticas públicas que incentivem a adoção da ILPF e outras práticas sustentáveis, alinhando o agronegócio brasileiro aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e às metas climáticas internacionais, como o Acordo de Paris. A implementação eficaz dessas práticas demanda suporte técnico e financeiro,

como linhas de crédito específicas para sistemas ILPF, além de um compromisso contínuo com pesquisa e inovação. Estudos podem priorizar o desenvolvimento de variedades de plantas e raças de animais adaptadas à ILPF, bem como o aprimoramento de técnicas de manejo e monitoramento para assegurar a sustentabilidade a longo prazo. A capacitação de técnicos e produtores rurais também é essencial para garantir a aplicação correta e eficiente dessas práticas.

- **Eficiência no uso de recursos:** A adoção da ILPF reduz significativamente a dependência de insumos externos, como fertilizantes químicos e irrigação, promovendo uma economia circular e diminuindo os custos operacionais para os produtores (CASTAGNARA, 2024). Esse sistema integrado recicla nutrientes internamente, minimizando a necessidade de aportes adicionais. Por exemplo, a incorporação de matéria orgânica proveniente de árvores e resíduos de culturas ao solo melhora sua fertilidade e estrutura. A inclusão de leguminosas, como feijão-guandu ou crotalária, favorece a fixação biológica de nitrogênio, reduzindo a demanda por fertilizantes nitrogenados sintéticos. Além disso, as árvores contribuem para a conservação da umidade do solo ao proporcionar sombreamento, o que diminui a evaporação e mantém o solo úmido por mais tempo – um benefício particularmente valioso em regiões sujeitas a longos períodos de seca –, reduzindo a necessidade de irrigação. A menor utilização de fertilizantes químicos também corta as emissões de óxido nitroso ( $N_2O$ ), um potente gás de efeito estufa liberado durante a aplicação desses insumos. Assim, a ILPF otimiza os recursos hídricos, reduz a competição entre agricultura, pecuária e floresta e promove uma gestão mais eficiente da água no sistema produtivo.

Esses fatores evidenciam o potencial da ILPF como estratégia eficaz para mitigar os impactos ambientais do agronegócio, equilibrando produtividade e sustentabilidade. Aliada à aplicação da ACV, a ILPF não só reduz as emissões de GEE, mas também reforça a liderança do Brasil em práticas agrícolas sustentáveis no cenário global. A ACV desempenha um papel essencial ao quantificar os benefícios ambientais da ILPF, fornecendo dados concretos para embasar decisões estratégicas e dialogar com consumidores e stakeholders. Por exemplo, a metodologia permite comparar sistemas produtivos, identificando aqueles com menor impacto ambiental e maior capacidade de mitigação de GEE. Adicionalmente, a ACV pode facilitar a obtenção de certificações ambientais, cada vez mais valorizadas por mercados internacionais e consumidores, agregando valor aos produtos agrícolas brasileiros.

### 3.1 Implicações para o agronegócio

- **Competitividade global:** A adoção da ILPF, combinada à aplicação da ACV, alinha o agronegócio brasileiro às metas do Acordo de Paris, elevando sua competitividade em mercados que priorizam práticas sustentáveis e produtos certificados (MACHADO et al., 2022). Além de melhorar a eficiência ambiental, a ILPF possibilita a geração de créditos de carbono, um ativo financeiro crescentemente valorizado globalmente. Esses créditos, comercializáveis nos mercados nacional e internacional, geram novas fontes de renda para os produtores (ANDRADE; SANTOS, 2023), especialmente em um contexto de demanda crescente por produtos de baixo carbono, impulsionada por regulamentações rigorosas e conscientização dos consumidores. A certificação de carbono abre portas para mercados como a União Europeia, onde rastreabilidade e baixa pegada de carbono são exigências, como na exportação de carne bovina produzida em sistemas ILPF.

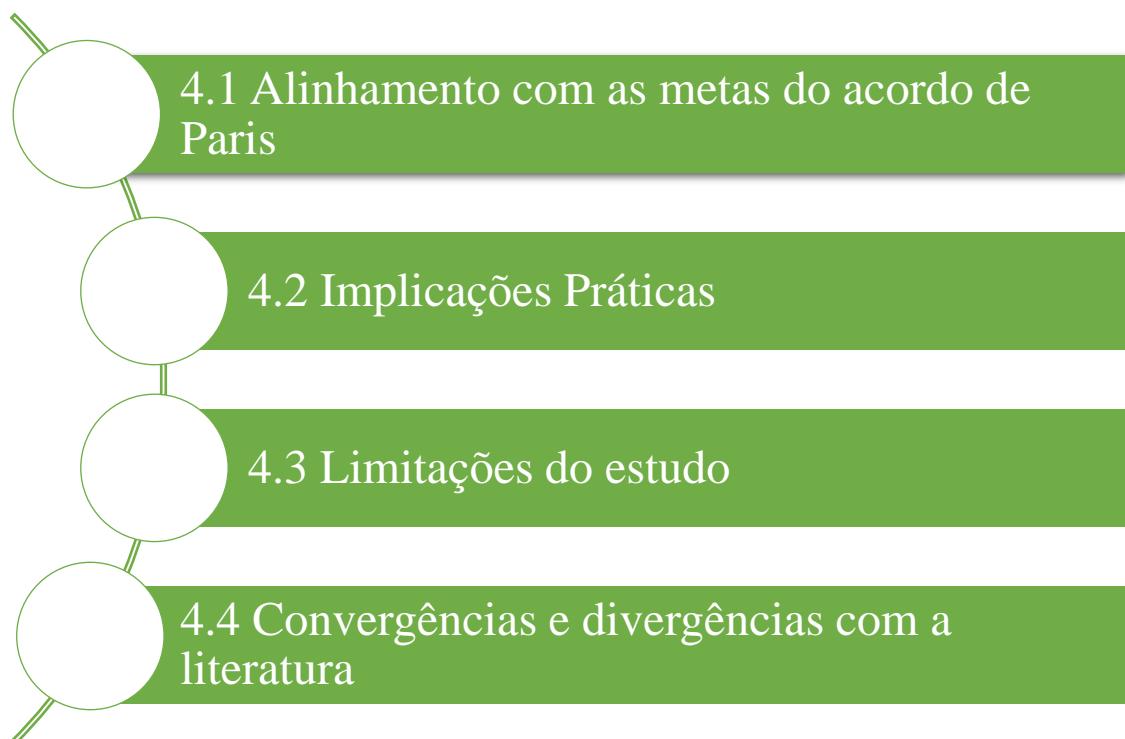
- **Resiliência climática:** A recuperação de pastagens degradadas e o aumento do sequestro de carbono no solo fortalecem a resiliência dos sistemas produtivos às mudanças climáticas, assegurando sustentabilidade a longo prazo (VINHOLIS et al., 2021). A ILPF transforma essas áreas em sumidouros de carbono, melhorando a produtividade do solo, a retenção de água e reduzindo a erosão (TELLES et al., 2021). No Cerrado brasileiro, por exemplo, sistemas ILPF têm elevado a capacidade hídrica do solo, mitigando riscos de seca e incrementando a produtividade agrícola e pecuária. A diversificação de culturas e a integração com árvores também ampliam a biodiversidade e a resistência a pragas e eventos climáticos extremos, consolidando sistemas mais adaptáveis.
- **Certificação de carbono:** A ILPF viabiliza a comercialização de créditos de carbono, atendendo às exigências de mercados internacionais por cadeias produtivas sustentáveis (ANDRADE; SANTOS, 2023). Esse processo agrupa valor aos produtos agrícolas e reforça a imagem do Brasil como líder em sustentabilidade. A rastreabilidade e a certificação das reduções de emissões GEE conferem diferencial competitivo, especialmente onde a sustentabilidade influencia decisões de compra. Padrões como o *Verified Carbon Standard* (VCS) ou o *Gold Standard* garantem credibilidade, exigindo rigor na quantificação e verificação das emissões reduzidas, o que fortalece a confiança no mercado de carbono.

A integração da ACV com a ILPF permite mensurar e ampliar os benefícios dessas práticas, alinhando ecoeficiência, sustentabilidade e competitividade global. A ACV identifica pontos críticos de emissão no ciclo de vida – como o uso de fertilizantes ou o manejo do solo – e orienta medidas para otimizá-los, potencializando o sequestro de carbono (MACHADO et al., 2022). Essa abordagem robusta posiciona a ILPF como essencial para mitigar as emissões de GEE, promover cadeias produtivas resilientes e atender aos princípios da bioeconomia, contribuindo para a segurança alimentar, a qualidade de vida rural e o desenvolvimento econômico sustentável.

#### 4. DISCUSSÕES

Esta discussão está agrupada em quatro subseções: a primeira (4.1) aborda o alinhamento da ILPF e da ACV com as metas do Acordo de Paris, destacando sua eficácia na redução de emissões de GEE; a segunda (4.2) explora as implicações práticas, como políticas públicas e mercados de carbono; a terceira (4.3) analisa as limitações do estudo, incluindo a dependência de dados secundários; e a quarta (4.4) discute convergências e divergências com a literatura, evidenciando variações nos benefícios conforme condições locais.

**FIGURA 3:** Representação das quatro Subseções da Discussão



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Os resultados deste estudo demonstram que a ILPF e a ACV são estratégias eficazes para mitigar as emissões de GEE no agronegócio brasileiro. Essas práticas não só reduzem as emissões, mas também alinham o setor agropecuário às metas do Acordo de Paris, que busca limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais.

#### **4.1 Alinhamento com as metas do acordo de paris**

O Brasil assumiu compromissos voluntários na COP15, reforçados na Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), visando reduzir as emissões de GEE em 37% até 2025 e 43% até 2030, com base nos níveis de 2005 (BRASIL, 2017). A queda de 12% nas emissões em 2023 (SEEG, 2023) sinaliza progresso, embora desafios permaneçam. A ILPF destaca-se por neutralizar até 100% das emissões de metano entérico bovino, como observado na Fazenda Mogi Guaçu, Paragominas-PA, com saldo positivo de  $0,1645 \text{ Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$  (SILVA et al., 2021), e por reduzir essas emissões em 41% em sistemas da Embrapa Cerrados (SOUZA et al., 2019). Esses dados confirmam seu potencial para cumprir metas climáticas, gerar créditos de carbono e diversificar a renda rural.

#### **4.2 Implicações práticas**

A integração da ILPF com a ACV tem implicações políticas e econômicas relevantes. Políticas públicas, como o Plano ABC, devem oferecer linhas de crédito subsidiadas, assistência técnica e capacitação para superar barreiras como custos iniciais e lacunas de conhecimento (ANDRADE; SANTOS, 2023). Além disso, mercados de carbono que remunerem o sequestro de carbono podem incentivar a sustentabilidade, criando novas fontes de renda.

- **Incentivos fiscais e financeiros:** O Plano ABC disponibiliza incentivos para tecnologias sustentáveis, essenciais para pequenos e médios produtores enfrentarem custos e falta de capacitação técnica (ANDRADE; SANTOS, 2023).
- **Certificação de carbono:** Iniciativas como a Carne Carbono Neutro, da Embrapa, agregam valor aos produtos e facilitam o acesso a mercados internacionais que exigem sustentabilidade (ALVES et al., 2015), melhorando a imagem da pecuária brasileira.

#### 4.3 Limitações do estudo

Apesar dos resultados promissores, o estudo baseou-se em revisão bibliográfica e dados secundários, o que limita a especificidade regional frente à diversidade de biomas brasileiros. A falta de padronização na quantificação do sequestro de carbono e das emissões em sistemas ILPF também gera incertezas. Pesquisas futuras devem priorizar dados primários, metodologias robustas de monitoramento e avaliações dos impactos na biodiversidade, qualidade do solo, resiliência climática e aspectos sociais, como geração de empregos e qualidade de vida rural.

#### 4.4 Convergências e divergências com a literatura

Os achados convergem com a literatura ao destacar o potencial da ILPF na mitigação de GEE, com neutralização de até 100% do metano entérico (SILVA et al., 2021) e redução de 41% nas emissões (SOUZA et al., 2019), atribuídas ao componente florestal e à fertilidade do solo. Contudo, a magnitude desses benefícios varia conforme condições edafoclimáticas, manejo, densidade arbórea, escolha de forrageiras e suplementação animal, sugerindo a necessidade de adaptações locais para otimizar os resultados.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que a ILPF, integrada à ACV, é uma estratégia eficaz para reduzir as emissões de GEE e elevar a ecoeficiência no agronegócio brasileiro. A ILPF promove a recuperação de pastagens degradadas, otimiza o uso de recursos naturais e aumenta o sequestro de carbono no solo, alinhando o setor às metas do Acordo de Paris e contribuindo para a mitigação das mudanças climáticas. Dados quantitativos mostram que a ILPF pode neutralizar até 100% das emissões de metano entérico bovino, como evidenciado na Fazenda Mogi Guaçu, Paragominas-PA, com saldo positivo de  $0,1645 \text{ Mg CO}_2\text{eq ha}^{-1}$ , e reduzir essas emissões em 41%, conforme estudos da Embrapa Cerrados, graças ao componente florestal e à melhoria da fertilidade do solo. A ACV, por sua vez, identifica pontos críticos nas cadeias produtivas e propõe melhorias, fortalecendo a competitividade em mercados internacionais que priorizam sustentabilidade.

Para aprofundar esses impactos, recomenda-se estudos futuros com dados primários regionais, considerando a diversidade de biomas e sistemas produtivos brasileiros, com foco em:

- Monitoramento de longo prazo: Avaliar os efeitos da ILPF e da ACV ao longo do tempo, sob diferentes condições climáticas e de manejo.
- Metodologias robustas: Desenvolver padrões para quantificar sequestro de carbono e emissões de GEE, reduzindo incertezas nas estimativas.
- Integração de tecnologias: Empregar sensoriamento remoto, inteligência artificial e dados geoespaciais para validar benefícios ambientais em larga escala.

A ILPF posiciona o Brasil como líder em bioeconomia sustentável, conciliando crescimento econômico e metas climáticas. Sua adoção em larga escala, potencializada pelo Mercado Brasileiro de Redução de Emissões, abre oportunidades para a geração de créditos de

carbono e a certificação de produtos, agregando valor às cadeias produtivas e acelerando a transição para uma economia de baixo carbono. Essa abordagem holística, embasada na ACV, reduz emissões, valoriza serviços ecossistêmicos e melhora a qualidade de vida rural, consolidando o agronegócio como referência global em sustentabilidade. Assim, a ampla implementação de ILPF e ACV pode transformar o setor em um modelo de competitividade e responsabilidade ambiental, contribuindo para a segurança alimentar mundial e a luta contra as mudanças climáticas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A. Carne carbono neutro: um novo conceito para carne sustentável produzida nos trópicos. - Portal Embrapa. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1056155/carne-carbono-neutro-um-novo-conceito-para-carne-sustentavel-produzida-nos-tropicos>. Acesso em: 11 mar. 2025.
- AMORIM, D. I. M. *et al.* Greenhouse gas emissions from Brazilian agriculture and convergence clubs. **International Review of Applied Economics**, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 532–552, 4 jul. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02692171.2023.2240250>. Acesso em: 27 nov. 2024.
- ANDRADE, E. S. D.; SANTOS, Y. R. Gás de Efeito Estufa(GEE): Causas Ambientais e Mercado de Créditos de Carbono. [S. l.], , p. 20, 2023. . Acesso em: 31 out. 2024.
- BALDINI, C.; GARDONI, D.; GUARINO, M. A critical review of the recent evolution of Life Cycle Assessment applied to milk production. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 140, p. 421–435, 1 jan. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616307557>. Acesso em: 14 mar. 2025.
- BRASIL. Decreto nº 9.073, de 5 de Junho de 2017. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção–Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em 12 de dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016. Diário Oficial da União, 6 jun. 2017. Seção I, p. 3.
- CASTAGNARA, D. D. *et al.* Crop-livestock integration in Brazilian lands | Seven Editora. [S. l.], , p. 26, 2024. Disponível em: <https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/view/5691>. Acesso em: 30 nov. 2024.
- CLAUDINO, E. S.; TALAMINI, E. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 17, p. 77–85, jan. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/s43vSgWwdvvCVxSsTf8Mw5C/?lang=pt>. Acesso em: 30 nov. 2024.
- MACHADO, Pedro Luiz Oliveira de Almeida *et al.* Mudança do clima e a agropecuária brasileira Noções, mitigação e adaptação. Santo Antônio de Goiás, GO, , p. 38, nov. 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1148256/1/doc-322-cnpaf.pdf>. Acesso em: 31 out. 2024.
- MANZATTO, C. V. *et al.* SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO BRASIL. [S. l.], , p. 400–424, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1118865/estimativas-de-reducao-de-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-pela-adocao-de-sistemas-ilpf-no-brasil?form=MG0AV3>. Acesso em: 8 mar. 2025.
- SANTOS, D. D. O.; AMARANTE, P. A.; AMARANTE, J. C. A. DIAGNÓSTICO DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA PELA PECUÁRIA PARAIBANA. **Caderno de Geografia**, [S. l.], v. 33, n. 75, p. 1359, 14 ago. 2023. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/30247>. Acesso em: 2 dez. 2024.

## ANAI

SEEG - SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES. [2024]. Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em: 8 mar. 2025.

SILVA, A. R. *et al.* Estoque de carbono e mitigação de metano produzido por bovinos em sistema integração pecuária-floresta (IPF) com eucalipto no Sudeste Paraense/ Carbon stock and methane mitigation produced by cattle in a integrated livestock-forestry system (IPF) with eucalyptus in southeast Pará State. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 39997–40016, 18 abr. 2021. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/28454>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SOARES, T. C.; CUNHA, D. A. da. Emissões de gases de efeito estufa e eficiência ambiental no Brasil. **Nova Economia**, [S. l.], v. 29, p. 429–458, 10 out. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/r5yxTNfpKqCtgBNxKwKFCDF/?lang=pt>. Acesso em: 31 out. 2024.

SOUZA, K. W. de *et al.* Integração lavoura-pecuária floresta como estratégia para compensação das emissões de gases de efeito estufa. Planaltina - DF, , p. 12, mar. 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1110815/1/Circ39.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2025.

TELLES, T. S. *et al.* TD 2638 - Desenvolvimento da Agricultura de Baixo Carbono no Brasil. **Texto para Discussão**, [S. l.], , p. 1–41, 31 mar. 2021. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_2638.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2638.pdf). Acesso em: 29 nov. 2024.

VINHOLIS, M. de M. B. *et al.* Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no estado de São Paulo: estudo multicasos com adotantes pioneiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S. l.], v. 60, p. e234057, 14 jun. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/nn4P4r3vDcjRDJmVzVTv5gg/?form=MG0AV3>. Acesso em: 30 nov. 2024.