

Reflexos da sustentabilidade na produção de leite em Goiás

Impacts of sustainability on milk production in Goiás

Matheus Lira Nogueira

UFG. Goiânia, GO, Brasil

Alcido Elenor Wander

UFG e EMBRAPA. Goiânia, GO, Brasil

GT4. Meio ambiente, agroecologia, sustentabilidade e mudanças climáticas:

Resumo:

O objetivo desta pesquisa é observar quais características da sustentabilidade influenciam no preço do leite. Adota-se o conceito de sustentabilidade baseado no *Triple Bottom Line*. Metodologicamente, realizou-se um survey com 42 produtores, com análise descritiva, correlação de Pearson e modelagem de equações estruturais por mínimos quadrados parciais (PLS-SEM). Os resultados indicam que a sustentabilidade, de forma agregada, exerce efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o preço do leite. Ao desagregar o construto, as dimensões ambiental e social apresentaram impactos mais robustos sobre o preço, enquanto a dimensão econômica, embora significativa, mostrou menor poder explicativo. Os achados sugerem que práticas socioambientais estão associadas a melhores condições de inserção em mercados que remuneram atributos de qualidade e sustentabilidade, reforçando o papel da sustentabilidade como potencial fator de competitividade na cadeia do leite.

Palavras-chave: Ambiental, social, econômico.

Abstract:

The objective of this study is to examine which sustainability characteristics influence the price of milk. The concept of sustainability adopted is based on the Triple Bottom Line. Methodologically, a survey was conducted with 42 producers, using descriptive analysis, Pearson correlation, and partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). The results indicate that sustainability, in aggregate terms, has a positive and statistically significant effect on the price of milk. When the construct is disaggregated, the environmental and social dimensions show more robust impacts on price, whereas the economic dimension, although significant, exhibits lower explanatory power. The findings suggest that socio-environmental practices are associated with better conditions of market insertion that reward quality and sustainability attributes, reinforcing the role of sustainability as a potential competitiveness factor in the milk value chain.

Keywords: Environmental, social, economic.

1. Introdução

A cadeia produtiva do leite e seus derivados constitui um setor de vital importância econômica e social para o Brasil. Segundo dados do Ministério da Agricultura e Pecuária (BRASIL, [2024]), o país consolida-se como o terceiro maior produtor mundial, com uma marca superior a 34 bilhões de litros anuais. Esta atividade está presente em 98% dos municípios brasileiros, sendo caracterizada pela predominância de pequenas e médias propriedades que, juntas, empregam cerca de 4 milhões de pessoas em mais de 1 milhão de unidades produtoras.

No cenário nacional, o estado de Minas Gerais lidera a produção, seguido pelos Estados do sul, o estado de Goiás ocupa uma posição de destaque com o quinto maior produtor do país, com uma produção expressiva que reforça a relevância da região para o abastecimento nacional (NOGUEIRA et al., 2025). Contudo, o setor enfrenta um cenário de transformação, projeções da Secretaria de Política Agrícola indicam que, até 2030, a permanência na atividade estará

condicionada à eficiência dos produtores, exigindo adaptação tecnológica, melhorias na gestão e maior eficiência técnica e econômica (BRASIL, [2024]).

Paralelamente à importância econômica, a sustentabilidade tornou-se um paradigma central e inevitável para o setor. O conceito de desenvolvimento sustentável busca conciliar o crescimento econômico com o uso racional dos recursos naturais (MARANGON; REMPEL, 2014). Na pecuária leiteira, isso implica em uma gestão equilibrada que considere não apenas a lucratividade, mas também a proteção ambiental como o manejo de dejetos e preservação de áreas de vegetação e o bem-estar social (BRUM et al., 2021).

A literatura sobre sustentabilidade no agronegócio aponta que a incorporação de práticas ambientais e sociais ao longo das cadeias produtivas pode contribuir para agregação de valor, acesso a mercados mais exigentes e fortalecimento da governança das cadeias, embora persistam entraves estruturais e institucionais para sua consolidação em escala mais ampla (MUNARSO et al., 2025).

Conforme apontam Brum et al. (2021), há uma tendência global onde consumidores buscam produtos com selos de sustentabilidade, estando dispostos, em muitos casos, a pagar um valor diferenciado por itens que comprovem responsabilidade socioambiental. Entretanto, a produção agroalimentar ainda enfrenta dificuldades para incorporar a sustentabilidade como um padrão sistêmico, em razão da fragmentação das políticas públicas, da concentração de investimentos em modelos produtivos convencionais e da fragilidade dos incentivos econômicos para práticas sustentáveis (FAVARÃO, 2024).

Diante deste cenário, surge a seguinte pergunta problema: Qual a influência das características de sustentabilidade no preço do leite?

O objetivo geral desta pesquisa é observar quais características da sustentabilidade influenciam no preço do leite. Como objetivos secundários, a pesquisa propõe-se a avaliação de quais medidas sustentáveis são tomadas pelos produtores no cotidiano das propriedades; identificar a percepção do produtor sobre o retorno financeiro de práticas ambientais;

A justificativa deste estudo reside na necessidade de compreender a sustentabilidade não apenas como imperativo normativo ou ambiental, mas como potencial fator de competitividade econômica na cadeia do leite. Ao investigar empiricamente a relação entre práticas sustentáveis e preços, o trabalho contribui para o debate sobre os incentivos econômicos à adoção de tecnologias e manejos ambientalmente responsáveis.

A contribuição teórica fundamenta-se na ampliação da literatura sobre sustentabilidade aplicada ao agronegócio e às cadeias produtivas agroalimentares, enquanto a contribuição

prática visa oferecer subsídios para que produtores e gestores em Goiás e no Brasil alinhem sua produção às demandas de um mercado cada vez mais consciente e valorizado.

2. Revisão da Literatura

O conceito de sustentabilidade consolida-se no debate acadêmico e político a partir da noção de desenvolvimento sustentável, definida como a capacidade de atender às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras (IMPERATIVES, 1987). Posteriormente, o enfoque passa a incorporar o tripé da sustentabilidade (econômico, ambiental e social) como base analítica para avaliar sistemas produtivos e orientar políticas públicas, ampliando a compreensão da sustentabilidade para além da dimensão estritamente ambiental (ELKINGTON; ROWLANDS, 1999).

No campo dos sistemas alimentares, a sustentabilidade passa a ser tratada de forma sistêmica, reconhecendo-se as interdependências entre produção, processamento, distribuição e consumo, bem como seus impactos socioambientais (FAVARÃO, 2024). Essa abordagem rompe com leituras setoriais centradas exclusivamente na produtividade agrícola, defendendo a necessidade de políticas integradas e de governança multiescalar para viabilizar transições sustentáveis em cadeias agroalimentares complexas (MUNARSO et al., 2025).

No contexto do agronegócio, a incorporação do paradigma da sustentabilidade ocorre de maneira heterogênea entre cadeias produtivas, como exemplo, na cadeia do leite, Brum et al. (2021) evidenciam a presença de iniciativas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, embora ainda fragmentadas e insuficientes para configurar um padrão sistêmico.

Em nível da unidade produtiva, Marangon e Rempel (2014) demonstram que propriedades leiteiras apresentam fragilidades recorrentes no manejo ambiental, especialmente no tratamento de dejetos e na proteção de áreas de preservação, indicando limitações estruturais à internalização efetiva da sustentabilidade no cotidiano produtivo. Desta forma a vertente ambiental da sustentabilidade no agronegócio refere-se à redução de impactos negativos sobre os ecossistemas e ao uso eficiente dos recursos naturais ao longo das cadeias produtivas (BRUM et al., 2021).

Portanto para compreender a parte do tripé ambiental na visão da pecuária leiteira, isso implica em uma gestão equilibrada que considere o manejo correto de dejetos animais para evitar a contaminação de bacias hidrográficas e do solo. Além disso, a manutenção de Áreas de

Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais é vital para a biodiversidade e para o equilíbrio hídrico das propriedades.

A vertente social da sustentabilidade abrange condições de trabalho, inclusão produtiva, bem-estar dos produtores e trabalhadores, permanência das famílias no meio rural e fortalecimento de capacidades locais (PINHEIRO et al., 2024). Na cadeia do leite, a relevância social da atividade está associada à geração de renda e ocupação no meio rural, com predominância de pequenas e médias propriedades, o que torna a sustentabilidade social um componente central para a resiliência territorial (NOGUEIRA et al., 2025).

Contudo, a literatura aponta que ganhos econômicos e ambientais nem sempre se traduzem automaticamente em melhorias sociais, demandando arranjos institucionais e políticas que promovam inclusão, capacitação e redução de assimetrias de poder ao longo da cadeia (FAVARÃO, 2024). Evidências em cadeias agropecuárias indicam que parcerias mediadas e mecanismos de governança colaborativa podem fortalecer a posição de pequenos produtores, com efeitos positivos sobre renda, acesso a mercados e estabilidade da atividade (PRABOWO et al., 2026).

Assim, para operacionalizar a vertente social do tripé da sustentabilidade no contexto da pecuária leiteira, este estudo avalia a oferta de treinamentos, a qualidade das condições de trabalho na propriedade, de fornecedores e parceiros institucionais, dimensões associadas à inclusão produtiva, ao fortalecimento de capacidades locais e à melhoria do bem-estar no meio rural.

A vertente econômica da sustentabilidade refere-se à viabilidade financeira e à capacidade de geração de valor no longo prazo, contemplando produtividade, eficiência e resiliência dos empreendimentos rurais (STROPARO et al. 2024). No agronegócio, a sustentabilidade econômica é condição necessária para a adoção contínua de práticas ambientais e sociais, uma vez que restrições de liquidez e rentabilidade limitam investimentos em tecnologias limpas e em capacitação (KRUGER; PETRI, 2018).

Nesse sentido, para operacionalizar a dimensão econômica do tripé da sustentabilidade na pecuária leiteira, o presente estudo avalia o faturamento da propriedade e o prazo de retorno dos investimentos, como proxies de viabilidade econômica e capacidade de sustentação financeira da atividade, em consonância com a literatura que associa desempenho econômico à adoção consistente de práticas sustentáveis no agronegócio.

Outras variáveis importantes para compreender o preço do leite e o tempo de atividade do produtor e a produção de sua propriedade. Em cadeias agroalimentares, a experiência do

produtor tende a reduzir assimetrias de informação e custos de transação, contribuindo para melhores resultados econômicos e maior estabilidade da atividade (PRABOWO et al., 2026; BRUM et al., 2021). Evidências na literatura do agronegócio indicam que a escala produtiva e a coordenação da cadeia influenciam a viabilidade econômica e a sustentabilidade dos empreendimentos rurais (MUNARSO et al., 2025).

Avanços recentes na literatura apontam que a consolidação da sustentabilidade depende da articulação entre inovação institucional, governança das cadeias e reconfiguração dos modelos de negócio (WANG; TIAN, 2025). Arranjos baseados em parcerias mediadas contribuem para ganhos de produtividade e sustentabilidade econômica de pequenos produtores, ao mitigar assimetrias de informação e ampliar o acesso a mercados (PRABOWO et al., 2026). De modo complementar, estratégias de servitização na agricultura permitem integrar dimensões econômicas, sociais e ambientais, ampliando a criação de valor sustentável no meio rural (VIDICKIENĖ; LANKAUSKIENĖ, 2025).

Sendo assim, tem-se as seguintes hipóteses de pesquisa:

H1: A sustentabilidade influencia no preço do leite

H1a: A sustentabilidade ambiental influencia no preço do leite

H1b: A sustentabilidade social influencia no preço do leite

H1c: A sustentabilidade econômica influencia no preço do leite

3. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza aplicada, com abordagem metodológica mista, combinando técnicas qualitativas e quantitativas (GIL, 2019). Do ponto de vista dos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva e exploratória, uma vez que busca identificar e analisar características de sustentabilidade em propriedades leiteiras e sua possível influência sobre o preço do leite recebido pelos produtores.

O problema de pesquisa, em conjunto com o objetivo a ser alcançado por este projeto, demandou a utilização de pesquisa do tipo *survey*, que é definida como um tipo de pesquisa que possui um instrumento estruturado, como um questionário, e este é aplicado a uma amostra com o objetivo de coletar dados com os respondentes (MONTROYA et al., 2024).

Os dados primários foram coletados por meio da aplicação de um questionário estruturado junto a 42 produtores de leite, da principal bacia leiteira de Goiás, que é composta pelos municípios de Orizona, Vianópolis, Silvânia, Leopoldo de Bulhões e Bonfinópolis

(NOGUEIRA et al., 2024), de forma presencial nas propriedades rurais, no período de agosto de 2024 a fevereiro de 2025.

O instrumento de pesquisa foi elaborado a partir da literatura sobre sustentabilidade no agronegócio e na cadeia produtiva do leite, contemplando dimensões ambientais, sociais e econômicas da atividade produtiva conforme observado na Figura 1. Variáveis do estudo. O questionário incluiu questões fechadas, para mensuração de práticas e percepções dos produtores, e ao logo das respostas das perguntas fechadas os produtores emitam opinião acerca do tema e assim foi possível à captação de aspectos qualitativos relacionados à gestão da propriedade e à percepção de retornos econômicos associados à adoção de práticas sustentáveis.

Figura 1 - Variáveis do estudo.

Variável	Descrição	Proxy	Referências
Variável Independente			
Preço	Valor do Litro de Leite	Numérico	Wang e Tian, 2025
Variáveis dependentes			
Sustentabilidade	Indicadores ambientais, Indicadores sociais, Indicador econômico	Escala Likert 5 pontos	Kruger e Petri (2018)
Variáveis de Controle			
Tempo de atividade	Anos na atividade	Numérico	Prabowo et al. (2026)
Produção	Quantidade de litros de leite produzido	Numérico	Munarso et al. (2025)
Tamanho	Quantidade de hectares	Numérico	Munarso et al. (2025)

Fonte: elaboração própria

Quanto aos procedimentos de análise, os dados quantitativos foram tratados por meio de estatística descritiva, com cálculo de medidas de tendência central e dispersão, além de em seguida foi realizado o teste de normalidade, o teste de correlação de *Pearson* e regressão por estimação por Mínimos Quadrados Parciais como métodos de análise dos dados (FAVERO; BELFIORE, 2024). Os dados coletados foram analisados por meio do software SmartPLS 3.

Devido à baixa quantidade amostral, os modelos contaram com apenas duas variáveis de controle, uma vez que a inclusão de mais variáveis poderia gerar forte correlação entre elas e dificultar a validação da regressão. Os modelos podem ser observados abaixo:

$$\text{Preço} = \beta_1(\text{Sustentabilidade}) + \beta_2(\text{Produção}) + \beta_3(\text{Tempo de atividade}) + \varepsilon$$

$$\text{Preço} = \beta_1(\text{Variáveis Ambiental}) + \beta_2(\text{Produção}) + \beta_3(\text{Tempo de atividade}) + \varepsilon$$

$$\text{Preço} = \beta_1(\text{Variáveis Social}) + \beta_2(\text{Produção}) + \beta_3(\text{Tempo de atividade}) + \varepsilon$$

$$\text{Preço} = \beta_1(\text{Variáveis Econômica}) + \beta_2(\text{Tamanho}) + \beta_3(\text{Tempo de atividade}) + \varepsilon$$

Observa-se que no modelo 4 foi necessário substituir a variável produção pela variável tamanho da propriedade devido a correlação muito alta entre os indicadores econômicos e a produção de leite, mostrando que quanto mais produz mais sustentável economicamente é a propriedade.

Já os dados qualitativos, provenientes dos debates durante as respostas do questionário, foram analisados por meio de análise de conteúdo temática, com categorização das respostas e identificação de padrões interpretativos relacionados às práticas de sustentabilidade e à percepção de valor econômico. A integração entre os resultados qualitativos e quantitativos permitiu uma compreensão mais abrangente do fenômeno investigado, conferindo robustez analítica ao estudo.

4. Resultados e Discussão dos Resultados

Os dados obtidos por meio de questionários foram organizados e analisados no Microsoft Excel, não sendo necessários procedimentos de depuração, uma vez que a coleta presencial contribuiu para a consistência e completude das informações. A amostra apresentou predominância masculina (88,1%), o que reflete a configuração tradicional da atividade leiteira, com idade média geral de 50,6 anos.

Observou-se, contudo, participação de mulheres mais jovens (39 anos, em média) em comparação aos homens (52,2 anos), além de maior nível de escolaridade entre elas: 40% das produtoras possuíam ensino médio completo, frente a 27% entre os homens, indicando maior engajamento feminino em processos de qualificação formal.

No que se refere ao perfil produtivo e socioeconômico, verificou-se que 69% dos entrevistados residem na própria propriedade rural e que 73,8% têm na comercialização do leite sua principal fonte de renda, o que evidencia elevada dependência econômica da atividade. O tempo médio de atuação na pecuária leiteira foi de 24,5 anos, enquanto a área das propriedades variou de 2 a 450 hectares, com média de 84,2 hectares, caracterizando um contexto

predominantemente familiar e de pequena escala produtiva, condição que tende a influenciar a incorporação de práticas sustentáveis.

Identificou-se que produtores com maior tempo de experiência tendem a preservar práticas produtivas mais tradicionais, ao passo que aqueles com menor tempo no setor demonstram maior propensão à adoção de inovações, incluindo ferramentas digitais, sistemas de gestão e aplicações emergentes de inteligência artificial. Esse padrão é consistente com a literatura sobre adoção de tecnologias no meio rural, que aponta diferenças geracionais no comportamento inovativo dos produtores, sugerindo um processo de transição tecnológica, com maior digitalização entre os produtores mais recentes (ABOAGYE-DARKO; MKHIZE, 2025).

Os resultados descritivos para a variável preço do leite indicam média de 2,60, com valores mínimo e máximo de 1,80 e 3,12, respectivamente, evidenciando amplitude relevante de variação entre as propriedades analisadas. A proximidade entre média (2,60) e mediana (2,60) sugere distribuição aproximadamente simétrica, o que é corroborado pelos coeficientes de assimetria negativos de pequena magnitude ($-0,492$) e curtose próxima de zero ($0,502$), indicando ausência de caudas extremas pronunciadas.

A produção apresentou média de 106.003 litros/mês no período considerado, com mediana de 30.000 litros, valores mínimo e máximo de 400 e 800.000 litros, respectivamente, e desvio-padrão de 171.331 litros, indicando forte dispersão e presença de unidades produtivas com escala muito superior à média do grupo.

Quanto a quantidade de vacas em lactação apresentou média de 172 animais, mediana de 100, com valores variando de 9 a 700 vacas e desvio-padrão de 182,25, reforçando a expressiva variabilidade de escala produtiva entre os estabelecimentos. Estes resultados sugerem concentração da produção em poucas propriedades de maior porte, padrão recorrente na pecuária leiteira brasileira, marcada por elevada heterogeneidade estrutural entre produtores.

Esses resultados são consistentes com a literatura que aponta elevada variabilidade de preços ao produtor de leite em função de fatores sazonais, qualidade do produto, escala de produção e poder de barganha frente à indústria (CEPEA, 2026). Do ponto de vista analítico, a dispersão observada reforça a pertinência de incorporar o preço como variável explicativa nos modelos de desempenho econômico da pecuária leiteira, uma vez que flutuações de preço

impactam diretamente a receita, a margem operacional e os incentivos à adoção de práticas produtivas e sustentáveis (SIMÕES et al., 2023).

Quanto à dimensão ambiental da sustentabilidade, os resultados indicam nível intermediário de adoção de práticas e instrumentos formais de gestão ambiental. O indicador “Sustentabilidade Ambiental 1”, associado à presença de mecanismos básicos de conformidade (como Licença Ambiental e CAR), apresentou média de 2,26 em escala de 1 a 3, com baixa dispersão, sugerindo que parcela relevante das propriedades atende a requisitos mínimos legais.

Já o indicador “Sustentabilidade Ambiental 2”, relacionado à adoção de práticas mais estruturadas no trato com os animais (medindo o bem estar animal), apresentou média de 4,02 em escala de 1 a 5, indicando adesão relativamente elevada, embora com heterogeneidade entre produtores. Esses achados convergem com Sesso et al. (2023), ao evidenciarem que o cumprimento formal de exigências ambientais e o manejo com animais tem avançado no setor leiteiro.

Foi corroborado pelas evidências empíricas observadas em campo, onde verificou-se que, na maioria das propriedades, os sistemas de ordenha dispõem de espaços adequados, com ambientes sombreados, ventilados e, em alguns casos, climatizados, além de estruturas próximas ao local de permanência dos animais, reduzindo deslocamentos prolongados e estresse. Observou-se também o uso de duchas durante o trajeto até a ordenha, prática associada à redução do estresse térmico e à melhoria do conforto animal, com potenciais reflexos positivos na produtividade (CHENG et al., 2022).

Por outro lado, identificou-se o uso de hormônios para estímulo à produção de leite, prática autorizada por laticínios locais, com exceção de programas específicos de bonificação, como o da Nestlé, que remuneram produtores que optam por não utilizar tais insumos, em consonância com protocolos privados de qualidade e bem-estar animal. A literatura aponta que o uso de hormônios como a somatotropina bovina recombinante (rbST) é objeto de controvérsia internacional, sendo permitido em alguns países e restrito em outros, sobretudo por preocupações relacionadas ao bem-estar animal e à percepção do consumidor (BUSANELLO, 2025).

Adicionalmente, foram observadas práticas de reuso de água, captação de água da chuva e uso de energia solar em propriedades de maior porte para suprimento de sistemas de

refrigeração do leite e operação de equipamentos, indicando esforços de eficiência no uso de recursos naturais e de mitigação de impactos ambientais. Tais práticas são amplamente recomendadas na literatura como estratégias de ecoeficiência em sistemas agropecuários, contribuindo para redução de custos operacionais e pegada ambiental da produção leiteira (OECD, 2019).

Na dimensão social, os indicadores apontam patamar elevado de desempenho percebido entre as propriedades analisadas. O construto “Sustentabilidade Social 1”, associado ao incentivo à formação técnica ou superior dos gestores e/ou sucessores que atuam na atividade (em áreas como agronomia, zootecnia e gestão rural), apresentou média de 3,93 em escala de 1 a 5, com assimetria negativa, indicando concentração das respostas nos níveis mais elevados da escala.

De forma convergente, o indicador “Sustentabilidade Social 2”, relacionado à priorização de fornecedores comprometidos com práticas responsáveis, tais como recolhimento de resíduos, regularidade da mão de obra e orientação adequada para o uso de insumos, registrou média de 4,02, também com assimetria negativa.

Esses resultados refletem maior qualificação dos gestores e sucessores, bem como preocupação com práticas responsáveis na cadeia de suprimentos, especialmente no que se refere à destinação de resíduos e à regularidade da mão de obra. Tais evidências corroboram Callado et al. (2017), que destacam a centralidade da capacitação gerencial, das relações de trabalho e da governança socioambiental para o fortalecimento da sustentabilidade no agronegócio, especialmente em contextos de produção familiar.

Observou-se que a principal motivação para essa preocupação com a qualificação técnica decorre do caráter contínuo e diário da produção de leite, o que exige decisões operacionais frequentes e respostas rápidas a variações de manejo, sanidade e mercado. Nesse contexto, a incorporação de novas tecnologias e práticas de gestão tem sido percebida pelos produtores como fonte relevante de ganhos econômicos e de produtividade, razão pela qual a busca por capacitação técnica e formação específica tem contribuído de forma significativa para a melhoria do desempenho das propriedades (NOGUEIRA; WANDER, 2025).

Por fim, na dimensão econômica, observa-se elevada variabilidade entre as propriedades, o que reforça a heterogeneidade estrutural da pecuária leiteira. O indicador

“Sustentabilidade Econômica 1”, associado ao tempo de retorno do investimento, apresentou média de 6,36, mas com forte dispersão e assimetria positiva, indicando que poucas propriedades apresentam retornos significativamente mais longos, pressionando a viabilidade financeira.

O indicador “Sustentabilidade Econômica 2”, relacionado ao faturamento/escala econômica da produção, apresentou média de R\$ 290.635, com mediana de R\$ 78.000 e amplitude elevada (mínimo de R\$ 984 e máximo de R\$ 2.080.000), evidenciando concentração da renda em um número reduzido de unidades produtivas de maior porte.

Esses resultados são consistentes com a abordagem do Triple Bottom Line, segundo a qual a sustentabilidade econômica constitui condição necessária para a manutenção das dimensões ambiental e social, uma vez que restrições de liquidez e rentabilidade limitam investimentos em tecnologia, qualificação e práticas ambientais (SARGANI et al., 2020).

Para aprofundar a compreensão das relações entre as dimensões da sustentabilidade e as características produtivas e econômicas das propriedades, procedeu-se à análise de correlação entre os indicadores ambientais, sociais e econômicos e as variáveis estruturais e de desempenho da atividade leiteira. A matriz de correlação apresentada na Figura 2. Oferece subsídios para interpretar como práticas de sustentabilidade se articulam com escala produtiva, preço do leite, tempo de atividade e estrutura das propriedades.

Figura 2. Correlação de Pearson.

Variáveis	Ambient al 1	Ambient al 2	Soci al 1	Soci al 2	Econo m. 1	Econo m. 2	Temp o	Produç ão	Quantida de	Taman ho	Preç o
Sustentabilid ade ambiental 1	1,000										
Sustentabilid ade ambiental 2	0,271	1,000									
Sustentabilid ade Social 1	0,179	0,458	1,000								
Sustentabilid ade Social 2	0,074	0,605	0,721	1,000							
Sustentabilid ade econômica 1	-0,067	0,190	0,041	0,261	1,000						
Sustentabilid ade econômica 2	0,382	0,467	0,218	0,378	0,308	1,000					

Tempo de atividade	-0,148	0,162	0,059	0,058	0,301	-0,036	1,000				
Produção	0,366	0,456	0,194	0,362	0,320	0,997	-0,039	1,000			
Quantidade de Vacas	0,249	0,481	0,144	0,368	0,470	0,812	0,077	0,815	1,000		
Tamanho	0,017	0,029	0,043	0,194	0,106	0,109	0,344	0,112	0,322	1,000	
Preço do leite	0,368	0,745	0,654	0,595	0,089	0,327	0,126	0,298	0,381	0,092	1,000

Fonte: elaboração própria

Observa-se correlação moderada a forte entre os indicadores das dimensões social e ambiental, com destaque para a associação entre Sustentabilidade Ambiental 2 e Sustentabilidade Social 2 ($r = 0,605$), bem como entre Sustentabilidade Social 1 e Sustentabilidade Social 2 ($r = 0,721$), sugerindo que propriedades mais atentas ao bem-estar animal e às práticas ambientais tendem também a apresentar maior preocupação com qualificação, responsabilidade social e governança na cadeia de suprimentos.

Esses resultados reforçam a interdependência entre os pilares ambiental e social do Triple Bottom Line, conforme argumentado por Elkington (1999) e operacionalizado em estudos empíricos no agronegócio (CALLADO et al., 2017).

No âmbito da dimensão econômica, a variável Sustentabilidade Econômica 2 apresentou correlação praticamente perfeita com a produção ($r = 0,997$) e associação forte com a quantidade de vacas ($r = 0,812$), indicando que o desempenho econômico está fortemente condicionado à escala produtiva das propriedades. Esse achado sugere que unidades com maior volume de produção e maior rebanho tendem a apresentar melhores indicadores econômicos, o que é consistente com a literatura sobre economias de escala na pecuária leiteira (NOGUEIRA et al., 2024).

Por sua vez, o tempo de atividade apresentou correlação fraca com a maioria dos indicadores de sustentabilidade, indicando que a experiência, por si só, não garante melhor desempenho socioambiental ou econômico, reforçando a importância da capacitação e da adoção de práticas gerenciais contemporâneas.

Destaca-se ainda a correlação elevada entre o preço do leite e os indicadores de sustentabilidade ambiental 2 ($r = 0,745$) e social 1 ($r = 0,654$), sugerindo que propriedades que adotam melhores práticas ambientais e investem mais em qualificação tendem a acessar mercados ou laticínios que remuneram melhor o produto, seja por bonificações de qualidade,

certificações ou exigências contratuais. Esse resultado é coerente com evidências de que mecanismos de pagamento por qualidade e protocolos privados de sustentabilidade afetam positivamente a remuneração do produtor de leite.

Em síntese, os achados indicam que as três dimensões da sustentabilidade não se comportam de forma isolada, mas apresentam relações de complementaridade, sendo a escala produtiva e a inserção em arranjos de mercado com maior exigência socioambiental fatores centrais para o desempenho econômico das propriedades.

Com vistas a avançar na análise foi realizado a testagem inferencial das relações entre as dimensões da sustentabilidade e o preço do leite, adotou-se a modelagem de equações estruturais por mínimos quadrados parciais (PLS-SEM), operacionalizada no software SmartPLS. Foram desenvolvidos 4 modelos para avaliar se as hipóteses seriam confirmadas, conforme Figura 3. Testes das hipóteses, juntamente com o teste do R^2 e o VIF dos testes, o qual foi aplicada para examinar a significância dos coeficientes e a adequação do modelo, garantindo que os resultados sejam estatisticamente robustos e confiáveis.

Figura 3. Testes das hipóteses

	Hipótese	VIF	f²	Coeficiente estrutural	Erro Padrão	Valor - t	Valor -p	R²
Preço (modelo 1)								
Sustentabilidade	H1(+)	1,814	1,578	0,995	0,097	10,304	0,000	0,654
Tempo		1,024	0,002	0,027	0,094	0,290	0,772	
Produção		1,804	0,206	-0,358	0,111	3,226	0,001	
Preço (modelo 2)								
Ambiental	H1a(+)	1,337	1,144	0,811	0,092	8,773	0,000	0,584
Tempo		1,013	0,009	0,063	0,092	0,687	0,492	
Produção		1,382	0,025	-0,119	0,123	0,967	0,333	
Preço (modelo 3)								
Social	H1b(+)	1,102	0,695	0,635	0,106	5,985	0,000	0,474
Tempo		1,100	0,016	0,091	0,115	0,790	0,430	
Produção		1,008	0,022	0,114	0,089	1,287	0,198	
Preço (modelo 4)								
Econômica	H1c(+)	1,016	0,106	0,309	0,139	2,221	0,026	0,112
Tempo		1,135	0,012	0,108	0,156	0,694	0,488	
Tamanho		1,150	0,000	0,016	0,201	0,080	0,936	

Fonte: Elaboração própria

Os resultados dos modelos estruturais estimados via SmartPLS indicam evidências robustas de que a sustentabilidade exerce influência positiva e estatisticamente significativa

sobre o preço do leite. No modelo 1, a sustentabilidade agregada apresentou forte efeito positivo sobre o preço ($\beta = 0,995$; $t = 10,304$; $p < 0,001$), com elevado tamanho de efeito ($f^2 = 1,578$) e poder explicativo substancial ($R^2 = 0,654$), confirmando a hipótese H1. A variável produção apresentou efeito negativo e significativo ($\beta = -0,358$; $p = 0,001$), sugerindo possível pressão de escala sobre o preço recebido, enquanto o tempo de atividade não foi significativo.

Ao decompor a sustentabilidade em suas dimensões, observa-se que a vertente ambiental (modelo 2) manteve impacto positivo e relevante sobre o preço ($\beta = 0,811$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,584$), corroborando H1a, ao passo que tempo e produção não apresentaram efeitos estatisticamente significativos. A dimensão social (modelo 3) também exerceu influência positiva e significativa ($\beta = 0,635$; $p < 0,001$; $R^2 = 0,474$), confirmando H1b. Por fim, a dimensão econômica (modelo 4) apresentou efeito positivo, porém de menor magnitude ($\beta = 0,309$; $p = 0,026$; $R^2 = 0,112$), validando H1c, ainda que com baixo poder explicativo.

Em conjunto, os resultados descritivos, correlacionais e inferenciais indicam que a sustentabilidade, sobretudo em suas dimensões ambiental e social, está associada a melhores condições de inserção dos produtores em arranjos de mercado que remuneram o leite com preços superiores, seja por meio de bonificações por qualidade, exigências contratuais ou protocolos privados de sustentabilidade, conforme evidenciado pelas correlações elevadas com o preço e pelos coeficientes positivos e estatisticamente significativos nos modelos PLS-SEM.

Esses achados são coerentes com a literatura que aponta a crescente valorização de atributos socioambientais ao longo das cadeias agroalimentares (BRUM et al., 2021; WANG; TIAN, 2025), bem como com evidências de que mecanismos de coordenação e governança da cadeia afetam a formação de preços ao produtor (SIMÕES et al., 2023). Ao mesmo tempo, o efeito negativo da produção no modelo agregado sugere que ganhos de escala não se traduzem automaticamente em melhores preços médios, reforçando a relevância de estratégias de diferenciação baseadas em qualidade e sustentabilidade.

5. Considerações finais

Este estudo teve como objetivo analisar a influência das características de sustentabilidade sobre o preço do leite recebido por produtores da principal bacia leiteira de Goiás. Os resultados permitem afirmar que o objetivo foi alcançado, uma vez que a

sustentabilidade, de forma agregada, apresentou efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o preço do leite, com elevado poder explicativo.

Quando analisadas separadamente, as dimensões ambiental e social mostraram-se particularmente relevantes, com impactos robustos sobre o preço, ao passo que a dimensão econômica, embora significativa, apresentou menor magnitude explicativa, sugerindo que práticas socioambientais são mais diretamente reconhecidas pelos mecanismos de remuneração vigentes no mercado do leite.

Entre os resultados adicionais relevantes, destaca-se a evidência de complementaridade entre as dimensões da sustentabilidade, observada nas correlações moderadas a fortes entre os indicadores ambientais e sociais, indicando que propriedades mais atentas ao bem-estar animal e à conformidade ambiental tendem também a investir em qualificação, governança e relações responsáveis com fornecedores.

Ademais, a associação elevada entre desempenho econômico e escala produtiva reforça a persistência de economias de escala na pecuária leiteira, ao mesmo tempo em que o efeito negativo da produção sobre o preço no modelo agregado aponta possíveis assimetrias de poder de barganha frente à indústria, em consonância com Simões et al. (2023).

O estudo apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A principal refere-se ao tamanho reduzido da amostra e à concentração geográfica em uma única bacia leiteira de Goiás, o que restringe a generalização dos achados para outros contextos regionais. Adicionalmente, as medidas de sustentabilidade baseiam-se, em parte, em autorrelato dos produtores, o que pode introduzir vieses de desejabilidade social. Por fim, o desenho transversal da pesquisa limita inferências de causalidade estrita, ainda que a modelagem PLS-SEM forneça evidências consistentes de associação estrutural entre os construtos.

Como agenda para pesquisas futuras, sugere-se a ampliação da amostra e a inclusão de outras regiões produtoras, permitindo análises comparativas entre bacias leiteiras com diferentes níveis de coordenação da cadeia. Estudos longitudinais poderiam aprofundar a compreensão da dinâmica temporal entre adoção de práticas sustentáveis e evolução dos preços recebidos. Recomenda-se ainda a incorporação de variáveis institucionais e contratuais, como participação em programas de bonificação, certificações e relações com laticínios específicos,

bem como o uso de indicadores objetivos de desempenho ambiental (por exemplo, métricas de emissões e uso de recursos), fortalecendo a robustez empírica das análises.

Referências

ABOAGYE-DARKO, David; MKHIZE, Peter. Unearthing the determinants of digital innovation adoption in the agricultural sector: The role of food security awareness and agricultural experience. **Heliyon**, v. 11, n. 1, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e41695>

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa do Leite**. Brasília, DF: MAPA, [2024]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 16 fev. 2026.

BRUM, Argemiro Luís et al. As práticas sustentáveis na cadeia produtiva do leite e os objetivos de desenvolvimento sustentável: um panorama do estado do Rio Grande do Sul. **Campo-Território: revista de geografia agrária**, v. 16, n. 40, p. 31-65, abr. 2021.

BUSANELLO, Marcos. Differences in lactation curve parameters and milk yield responses between artificially induced and naturally calved cows milked in an automatic milking system. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, v. 49, n. 6, p. 259-268, 2025. DOI: 10.55730/1300-0128.4398

CALLADO, Aldo Leonardo Cunha; SILVA, Sabrina Costa; DA SILVA, Aline Romão. Sustentabilidade empresarial no contexto do agronegócio: um estudo bibliométrico. **Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 3, n. 1, p. 4-19, 2017.

CEPEA. “LEITE/CEPEA: Preços acumulam queda de 25,8% em 2025”, 28 de janeiro de 2026. Disponível em: <https://cepea.org.br/br/releases/leite-cepea-precos-acumulam-queda-de-25-8-em-2025.aspx>? Acesso em: 18 fev. 2026.

CHENG, Muxi; MCCARL, Bruce; FEI, Chengcheng. Climate change and livestock production: a literature review. **Atmosphere**, v. 13, n. 1, p. 140, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13010140>

ELKINGTON, John; ROWLANDS, Ian H. Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business. **Alternatives Journal**, v. 25, n. 4, p. 42, 1999.

FAVARÃO, Cesar. Desafios na implementação de políticas sistêmicas para a transição sustentável dos sistemas alimentares. **SciELO Preprints**, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.9779>. Acesso em: 16 fev. 2026.

FÁVERO, Luiz Paulo; BELFIORE, Patrícia. Manual de Análise de Dados: Estatística e Machine Learning Com Excel®, SPSS®, Stata®, R® e Python®, 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. Editora Atlas SA, 2019.

IMPERATIVES, Strategic. Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future. **Accessed Feb**, v. 10, n. 42,427, p. 1-223, 1987.

KRUGER, Silvana Dalmutt; PETRI, Sérgio Murilo. Avaliação da sustentabilidade da produção suinícola sob o enfoque das externalidades. **Revista Universo Contábil**, v. 14, n. 2, p. 137-161, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4270/ruc.2018215>

MARANGON, Lidiamar Rovadoschi; REMPEL, Claudete. Sustentabilidade ambiental em propriedades produtoras de leite do município de Anta Gorda/RS. **RGSN - Revista Gestão, Sustentabilidade e Negócios**, v. 2, n. 1, p. 164-183, jun. 2014.

MONTOYA, Luis Horacio Botero et al. Innovation management model for functional food ingredients and additives. Alignment with hype cycle, Python S-curves, and open innovation variables. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 10, n. 3, p. 100365, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100365>

MUNARSO, S. J. et al. Strategic sustainability assessment of rural agribusiness infrastructure systems in humid tropical regions. **Global Journal of Environmental Science and Management**, v. 11, n. 4, p. 1769-1790, 2025. DOI: 10.22034/gjesm.2025.04.22

NOGUEIRA, Matheus Lira; WANDER, Alcido Elenor; DUARTE, Jheneffer Duarte Silva Santos. Produtividade da cadeia leiteira em Goiás. **Revista de Política Agrícola**, p. e02022-e02022, 2025. DOI: 10.35977/2317-224X.rpa2025.v34.02022

NOGUEIRA, Matheus Lira; WANDER, Alcido Elenor. Capacidade inovativa dos produtores de leite em Goiás, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 63, p. e294646, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2025.294646>

OECD. *Innovation, Productivity and Sustainability in Food And Agriculture*; Trade and Agriculture Directorate—Organisation for Economic Cooperation and Development: Paris, France, 2019.

PINHEIRO, Vinicius de Souza; MARTINS, Fernanda Cristina Bernardes Chagas; DO CARMO AZEVEDO, Delner. A PREVIDÊNCIA SOCIAL COMO INSTRUMENTO DE INCLUSÃO SOCIAL NO SETOR RURAL: UMA ANÁLISE JURÍDICA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 11, p. 7039-7050, 2024. DOI: doi.org/10.51891/rease.v10i11.17087

PRABOWO, Tri; ERWANTO; ABIDIN, Zainal; MUHTARUDIN; RIYANTI. *Bridging gaps in poultry agribusiness: the impact of mediated partnerships on viability, productivity, and sustainability in small-scale layer farming*. **Multidisciplinary Science Journal**, v. 8, e2026348, 2026. DOI: 10.31893/multiscience.2026348.

SARGANI, Ghulam Raza et al. Sustainable entrepreneurship in the agriculture sector: The nexus of the triple bottom line measurement approach. **Sustainability**, v. 12, n. 8, p. 3275, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12083275>

SESSO, Patrícia Pompermayer et al. Agronegócio de países selecionados: análise de sustentabilidade entre o PIB e emissões de CO2. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 2, p. e258543, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.258543>

SIMÕES, Andre Rozemberg Peixoto; NICHOLSON, Charles Frederick; CARVALHO, Glauco Rodrigues. Components of farm milk price behavior in Brazil from 2005 to 2020. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 52, p. e20220116, 2023. DOI: <https://doi.org/10.37496/rbz5220220116>

STROPARO, Telma Regina; ZAZULA, F.; HRYCYNA, Heniuane Micheli; KRECZKIUSKI, Stefanye; KOTULA, Priscila. Da ecoinovação à sustentabilidade econômica: caminhos para a autossuficiência e inovação em pequenas propriedades rurais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 15, n. 3, p. 1-10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2024.003.0001>

VIDICKIENĖ, Dalia ; LANKAUSKIENĖ, Rita. *Sustainability through the prism of innovative service-oriented business model in farming*. **Journal of Cleaner Production**, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01151-7>

WANG, Zhongping.; TIAN, Xiaoying. *From greenwashing to sustainability: the mediating effect of green innovation in the agribusiness sector on financial performance*. **Sustainability**, v. 17, n. 3, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15121316>