

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**MARCELO RODRIGUES MARTINS**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL EM  
PROPRIEDADES LEITEIRAS UTILIZANDO O SISTEMA A PASTO E  
CONFINADO NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

**ALFENAS/MG**

**2022**

**MARCELO RODRIGUES MARTINS**

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL EM  
PROPRIEDADES LEITEIRAS UTILIZANDO O SISTEMA A PASTO E  
CONFINADO NO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Tese apresentada como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Doutor em Ciências  
Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas.  
Área de concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Salgado  
Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Lacerda Rezende

**ALFENAS/MG**

**2022**

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Central

Rodrigues Martins, Marcelo .

Avaliação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental em propriedades leiteiras utilizando o sistema a pasto e confinado no Estado de Minas Gerais / Marcelo Rodrigues Martins. - Alfenas, MG, 2022.

79 f. : il. -

Orientador(a): Eduardo Gomes Salgado.

Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2022.

Bibliografia.

1. Indicadores socioeconômicos e ambientais. 2. Sustentabilidade. 3. Produção de leite a pasto e confinada (compost barn e free stall). 4. Pagamento por serviços ambientais. I. Gomes Salgado, Eduardo, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

## MARCELO RODRIGUES MARTINS

" Avaliação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental de propriedades leiteiras utilizando o sistema a pasto e confinado no estado de Minas Gerais ”

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Ciências Ambientais.

Aprovada em: 07 de novembro de 2022.

Prof. Dr. Eduardo Gomes Salgado

Instituição: Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL-MG)

Profa. Dra. Dirlane de Fátima do Carmo

Instituição: : Universidade Federal Fluminense (UFF)

Prof. Dr. José Antônio de Freitas

Instituição: Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Prof. Dr. Joabe Jobson de Oliveira Pimentel

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano (IFBA)

Prof. Dr. Kleso Silva Franco Júnior

Instituição: Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado (CESEP)



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Gomes Salgado, Professor do Magistério Superior**, em 01/02/2023, às 15:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Dirlane de Fátima do Carmo, Usuário Externo**, em 01/02/2023, às 17:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Joabe Jóbson de Oliveira Pimentel, Usuário Externo**, em 02/02/2023, às 07:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Kleso Silva Franco Júnior, Usuário Externo**, em 02/02/2023, às 08:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Antônio de Freitas, Usuário Externo**, em 02/02/2023, às 15:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0911779** e o código CRC **BC347A0C**.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela vida, pela luz no caminho, por me permitir “ir além”.

Aos meus pais Hailton e Elecy, *in memoriam*, por acreditarem e me colocarem no caminho certo.

À minha família Mateus, Tomás, Aila Maria e Tatiana, pela motivação.

Ao meu orientador Eduardo pela oportunidade e ensinamentos e ao meu coorientador Marcelo, pelo estímulo e apoio imprescindíveis na conclusão deste trabalho.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## RESUMO

Sistemas de produção leiteira a pasto e confinados tem sua pegada de carbono diminuída com aumentos na produção de leite, consumo de pastagem, eficiência alimentar e o uso eficiente de insumos e a mitigação dos potenciais impactos ambientais levantam uma série de questões. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar o nível de sustentabilidade de 12 propriedades leiteiras, do Estado de Minas Gerais, considerando os aspectos ambientais, econômicos e sociais. Para tanto, foi empregado o sistema Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA). A metodologia ISA é composta por 21 indicadores agrupados em sete subíndices nas áreas socioeconômica e ambiental. O levantamento foi realizado em 12 propriedades leiteiras no ano de 2021, sendo 06 no sistema a pasto e 06 em sistema confinado. Entre todos os indicadores analisados para os dois sistemas de produção, a produtividade foi o único que apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p$ -valor = 0,03) pelo Teste U de Mann-Whitney com o software SPSS. A maior produtividade da área utilizada para a produção leiteira é fator decisivo tanto a pasto, quanto confinados, demonstram eficiência no uso dos recursos e menor impacto ambiental por litro de leite produzido. A ferramenta ISA se mostrou adequada para orientar e determinar ações que possam melhorar a situação das propriedades.

**Palavras-chave:** Indicadores socioeconômicos e ambientais; sustentabilidade; produção de leite a pasto e confinada (*compost barn* e *free stall*); pagamento por serviços ambientais.

## ABSTRACT

Grass-fed and confined dairy production systems have reduced their carbon footprint with increases in milk production, pasture consumption, feed efficiency and efficient use of inputs, and the mitigation of the potential environmental impacts raise a number of questions. The ISA methodology is composed of 21 indicators grouped into seven sub-indices in the socioeconomic and environmental areas. The study was carried out in twelve dairy farms in 2021 beeing, six in the pasture system, the same number in the confined condiction. Among all the indicators analyzed for the two production systems, productivity was the only one that showed a statistically difference (p-value = 0.03) by the Mann-Whitney U Test with the SPSS software. The greater productivity of the area used for dairy production is a decisive factor, both in pasture and confined areas, demonstrating efficiency in the use of resources and less environmental impact per liter of milk produced. The ISA tool proved to be adequate to guide and determine actions that can improve the development of the dairy farms.

**Keywords:** Socioeconomic and environmental indicators; sustainability; pasture and confined milk production (compost barn and free stall); payment for environmental services

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Resultado dos indicadores avaliados na propriedade 1 .....	28
Figura 2 -	Resultado dos indicadores avaliados na propriedade 2 .....	29
Figura 3 -	Resultados dos indicativos avaliados na propriedade 3.....	30
Figura 4 -	Valores do ISA e dos balanços econômico, social e ambiental para as 6 propriedades estudadas.....	42
Figura 5 -	Apresentação dos 09 indicadores socioeconômicos das 06 propriedades levantadas com a metodologia ISA. ....	43
Figura 6 -	Apresentação dos 12 indicadores ambientais das 06 propriedades levantadas com a metodologia ISA.....	46
Figura 7 -	Contribuições dos indicadores e do valor final do ISA para as duas dimensões, a partir da análise com os 21 indicadores e o valor final do ISA.....	49
Figura 8 -	Mapa perceptual incluindo o índice de sustentabilidade com os 21 indicadores e o indicador de produtividade .....	50
Figura 9 -	Balanço econômico. ....	63
Figura 10 -	Balanço social.....	64
Figura 11 -	Balanço ambiental .....	66

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 –	Recomendações para melhorar a sustentabilidade das propriedades .....	72
------------	---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Diversidade de renda nos imóveis rurais pesquisados (em %) .....	25
Tabela 2 -	Serviços básicos disponíveis nas propriedades estudadas.....	26
Tabela 3 -	Iniciativas em relação à gestão do conhecimento e da informação nas propriedades estudadas.....	27
Tabela 4 -	Forma de obtenção dos indicadores utilizados no Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) .....	38
Tabela 5 -	Caracterização das propriedades selecionadas no sistema de produção a pasto em Minas Gerais .....	40
Tabela 6 -	Dimensões e indicadores do Índice de Sustentabilidade de Agroecossistemas (ISA) .....	59
Tabela 7 -	Caracterização das propriedades selecionadas no sistema de produção a pasto (caso 1 a 6) e confinadas (caso 7 a 12) em Minas Gerais. ....	62
Tabela 8 -	Comparação da sustentabilidade para os indicadores do balanço econômico (mediana, mínimo e máximo, p-valor do Teste U de Mann-Whitney).....	69
Tabela 9 -	Comparação da sustentabilidade para os indicadores do balanço social (mediana, mínimo e máximo, p-valor do Teste U de Mann-Whitney).....	70
Tabela 10 -	Comparação da sustentabilidade para os indicadores do balanço ambiental (mediana, mínimo e máximo, p-valor do Teste U de Mann-Whitney).....	70

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	18
2.1	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DE PROPRIEDADES LEITEIRAS EM MINAS GERAIS UTILIZANDO O MÉTODO ISA.....	18
<b>2.1.1</b>	<b>Introdução</b> .....	19
<b>2.1.2</b>	<b>Materiais e métodos</b> .....	24
<b>2.1.3</b>	<b>Resultados e discussão</b> .....	24
<b>2.1.4</b>	<b>Conclusões</b> .....	31
	<b>Referências</b> .....	31
3.1	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE PRÁTICAS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO LEITEIRA EM SISTEMAS A PASTO .....	34
<b>3.1.1</b>	<b>Introdução</b> .....	34
<b>3.1.2</b>	<b>Materiais e métodos</b> .....	36
<b>3.1.3</b>	<b>Resultados e discussão</b> .....	37
3.1.3.1	Levantamento dos dados das propriedades .....	37
3.1.3.2	Avaliação do ISA e dos balanços socioeconômico e ambiental.....	41
3.1.3.2.1	<i>Análise dos indicadores socioeconômicos</i> .....	42
3.1.3.2.2	<i>Análise do balanço ambiental</i> .....	45
3.1.3.3	Relações entre a intensificação da produção e os desempenhos ambientais .....	48
<b>3.1.4</b>	<b>Conclusões</b> .....	51
	<b>Referências</b> .....	52
4.1	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM PROPRIEDADES LEITEIRAS NO SISTEMA A PASTO E CONFINADO PELO MÉTODO ISA NO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL .....	55
<b>4.1.1</b>	<b>Introdução</b> .....	55
<b>4.1.2</b>	<b>Materiais e métodos</b> .....	58
4.1.2.1	Fonte de dados.....	58
4.1.2.2	O Indicador de Sustentabilidade Ambiental (ISA).....	59
<b>4.1.3</b>	<b>Resultados e discussão</b> .....	60
4.1.3.1	Levantamento de dados .....	60
4.1.3.1.1	<i>Levantamento de dados das propriedades</i> .....	60
4.1.3.1.2	<i>Levantamento dos indicadores</i> .....	63
4.1.3.2	Comparação dos indicadores obtidos para os sistemas a pasto e confinado .....	68
4.1.3.3	Recomendações para a melhoria da sustentabilidade das propriedades.....	71
<b>4.1.4</b>	<b>Conclusões</b> .....	74

	<b>Referências.....</b>	<b>75</b>
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>77</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>79</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a primeira revolução agrícola, aproximadamente 10.000 anos atrás, o cultivo e a criação de animais estão entre as principais causas de degradação dos ecossistemas naturais. Hoje, 37% da superfície terrestre da Terra, com exceção da Antártica, são dedicados ao cultivo de alimentos: 12% são terras cultiváveis e 25% são áreas de pastagem. Assim, a agricultura foi responsável por cerca de 80% do desmatamento tropical entre 2000 e 2010 (REYTAR *et al.*, 2014). Nesse contexto, surge a necessidade de se criar uma agricultura mais sustentável. Na Europa, por exemplo, iniciativas vêm sendo desenvolvidas não apenas para aumentar a produtividade e qualidade das culturas, mas também no intuito de promover melhorias sociais e ambientais (FEHÉR; BEKE, 2013). O conceito de “agricultura sustentável” ganhou destaque após a publicação do Relatório Brundtland, em 1987, em consonância com o conceito abrangente de "desenvolvimento sustentável" (VELTEN *et al.*, 2015). Dessa forma, a sustentabilidade nos sistemas agrícolas é amplamente discutida e é vista em fóruns internacionais como essencial para a transição ao desenvolvimento sustentável global (BINDER *et al.*, 2010).

A Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 1989), define o Desenvolvimento Sustentável como sendo aquele que proporciona “o gerenciamento e conservação da base de recursos naturais e a orientação das mudanças tecnológicas e institucionais de maneira a garantir a obtenção e a satisfação contínua das necessidades humanas para as gerações atuais e futuras”. Hoje, 106 países possuem estratégias nacionais de desenvolvimento sustentável e mais de 200 padrões voluntários de sustentabilidade estão sendo implementados pela indústria de alimentos e agricultura.

O manejo inadequado das pastagens e do solo tem sido considerado um dos principais entraves para que os índices de sustentabilidade sejam atingidos nas propriedades rurais (SOLDÁ *et al.*, 2014). Diante disso, é essencial o desenvolvimento de técnicas alternativas de produção que possibilitem a redução da pegada ecológica da atividade pecuária.

LORENZ *et al.* (2018) avaliaram sistemas a pasto e confinados e os resultados mostram diminuição significativa na pegada de carbono do leite com a elevação na produção de leite, consumo de pastagem e eficiência alimentar, independente do sistema de produção. Uma redução da pegada de carbono pode ser alcançada por um aumento na produção de leite por vaca ou por kg de peso vivo, bem como um aumento na eficiência alimentar em sistemas baseados a pasto e sistemas mistos e pode ser ainda mais reduzida por um aumento da parcela

de pastagem na dieta. No entanto, o potencial de mitigação é limitado dependendo do sistemas de produção e seus limites de produtividade. Em uma produção de leite constante, a pegada de carbono é significativamente menor no sistema de pastagem em comparação para os sistemas misto e de confinamento, indicando que nos sistemas confinados, maiores produções de leite precisam ser alcançadas para produzir leite com um potencial de aquecimento global semelhante ao baseado em sistemas de pastagens.

Na bovinocultura leiteira, os resultados encontrados na avaliação de SEÓ; LUIZ FILHO; BRUGNARA (2017) apontam que os pontos críticos, que precisam receber atenção a fim de minimizar os impactos ambientais, são as emissões entéricas, produção e uso de fertilizante, uso de esterco, produção e transporte concentrado e a baixa produtividade animal.

BAVA *et al.* (2014) indicaram que não houve uma forma mais ecológica e sustentável para a produção do leite, comparando diferentes sistemas de produção. No entanto, a produção por animal, eficiência leiteira e a densidade de animais por área estiveram negativamente relacionados aos impactos por quilo de produto produzido, sugerindo que esses fatores podem estar relacionados a possíveis estratégias para mitigação de impactos ambientais na produção de leite. Por outro lado, CARDOSO *et al.* (2016) indicaram que a associação leguminosa-gramínea para a formação de pastagem constitui uma alternativa para redução de gases causadores do efeito estufa (GEE). Isso também é observado quando se tem uma pastagem bem manejada ou um sistema agrossilvipastoril, onde, conforme demonstrado por FIGUEIREDO *et al.* (2016), existe potencial para reduzir as emissões de GEE em termos de pegada de carbono (kg CO<sub>2</sub>eq) por animal, aumentando a produtividade da propriedade. Ainda neste sentido, STANLEY *et al.* (2018) sugeriram que o pastejo rotacionado intensivo pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas através do sequestro de carbono no solo, reduzindo a pegada geral de GEE da carne bovina por meio de maior produtividade.

Nota-se assim, que o uso eficiente de insumos no processo produtivo e a redução dos potenciais impactos ambientais da produção de leite são mitigados com a melhoria da produtividade e da eficiência ambiental, sendo que a melhor solução seria um aumento contínuo na produção de leite com uma diminuição concomitante de impactos ambientais indesejáveis, em um processo denominado “intensificação sustentável” de sistemas leiteiros, conforme definido por GODFRAY *et al.* (2010).

Em recente levantamento realizado no Rio Grande do Sul (EMATER/RS, 2021), verificou-se uma relevante mudança no perfil dos produtores de leite no estado entre os anos de 2015 e 2021. Neste período ocorreu uma redução do número de produtores existentes em 52,28%, e redução de apenas 4,52% na produção do estado, mas com queda de 25,51% do

número de vacas. Evidencia-se, portanto, uma intensificação da atividade, permanecendo os produtores mais eficientes economicamente e certamente ambientalmente com um menor plantel para produção de, praticamente, o mesmo volume de leite.

O rápido surgimento de novos desafios que moldam a sustentabilidade agrícola e a imprevisibilidade das forças motrizes por trás deles, torna necessário encontrar formas alternativas para avaliar esses sistemas. É necessário o uso de quadros de avaliação de sustentabilidade expeditos e rápidos que possam avaliar um grande conjunto de opções e identificar rapidamente sistemas alternativos sem a necessidade de avaliações profundas de todas as opções possíveis.

Historicamente, a propriedade rural tem como indicador de sucesso ou fracasso na atividade o saldo financeiro, que é um importante indicador econômico, mas não abrange áreas atualmente consideradas muito importantes na sustentabilidade, como por exemplo, indicadores sociais e ambientais. A grande maioria das propriedades, especialmente as de base familiar, não adotam práticas de gestão baseadas em anotações zootécnicas e econômicas realizadas cotidianamente. As poucas que fazem algumas anotações, não as interpretam adequadamente. Ficam, portanto, à mercê de um planejamento e gestão deficitários, especialmente no médio e longo prazo.

Apesar de existirem muitos estudos que abordem a dimensão econômica de sistemas de produção no País, poucos trabalhos abrangem outras dimensões tão, ou até mais, importantes para a sustentabilidade do sistema de produção e seu entorno, em uma abordagem mais ampla que, além da análise econômica, utilize parâmetros socioeconômicos e ambientais avaliados conjuntamente. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a sustentabilidade socioeconômica e ambiental da produção leiteira nos sistemas de produção a pasto e confinados e sua relação com os aumentos de produtividade, na região sul do estado de Minas Gerais.

Para tanto, esta tese será dividida em 5 capítulos, incluindo esta introdução. No capítulo 2 é analisado o nível de sustentabilidade de 3 propriedades leiteiras, considerando os aspectos ambientais, econômicos e sociais. No capítulo 3 são avaliados os impactos socioeconômicos e ambientais da produção leiteira a pasto, identificando as relações entre a intensificação da produção e os desempenhos ambientais. No capítulo 4, testa-se se existem diferenças no desempenho de sustentabilidade entre propriedades leiteiras no sistema a pasto e confinadas (*Free Stall* e *compost Barn*), que tem como principal meta a intensificação por área. No capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais, referentes aos estudos desenvolvidos nos capítulos anteriores.

Para a avaliação da sustentabilidade das propriedades foi utilizado o Indicador de Sustentabilidade Ambiental (ISA). Segundo Ferreira *et al.* (2012), o ISA tem o objetivo de realizar um diagnóstico dos balanços social, econômico e ambiental do estabelecimento, apontar pontos críticos ou riscos e os pontos positivos e oportunidades de negócios. Além disso, gera uma série de informações úteis para auxiliar o gestor público na identificação de vulnerabilidades socioeconômicas, fragilidades ambientais, entraves e potencialidades de atividades agrossilvipastoris na escala de uma sub bacia hidrográfica, bem como na elaboração e no monitoramento de programas específicos de intervenção em áreas ou situações problemáticas, de programas indutores para adoção de práticas de adequação ambiental e socioeconômica, ou de programas para o reconhecimento e premiação de produtores com bom desempenho socioeconômico e ambiental.

A avaliação com indicadores de sustentabilidade auxilia técnicos, agentes públicos, pesquisadores e produtores na tomada de decisão sobre políticas públicas, sistemas de produção mais adequados às dimensões continentais do País.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DE PROPRIEDADES LEITEIRAS EM MINAS GERAIS UTILIZANDO O MÉTODO ISA

Marcelo Rodrigues Martins<sup>1</sup>  
José Ricardo Miotto Gabrielle  
Alain Hernández Santoyo  
Eduardo Gomes Salgado  
Marcelo Lacerda Rezende

#### Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar o nível de sustentabilidade de três propriedades situadas no Sul de Minas Gerais, tendo como atividade principal a bovinocultura de leite, que adotam o sistema de produção a pasto e confiando e utilizando o Indicador de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA). O ISA é formado por 21 indicadores, que foram agrupados em sete subíndices, envolvendo as dimensões socioeconômica e ambiental. Esses sete subíndices são divididos em: Balanço Econômico, Balanço Social, Gestão do Estabelecimento Rural, Capacidade Produtiva do Solo, Qualidade da Água, Manejo dos sistemas de produção e Ecologia da paisagem Agrícola. O questionário do ISA foi aplicado no ano de 2021. O ISA da propriedade 1 atingiu 0,73 e superou o limiar de sustentabilidade (0,70), com balanço socioeconômico (0,83) e balanço ambiental de (0,67). A propriedade 2 atingiu o maior ISA (0,76), das 03 avaliadas, com maior balanço socioeconômico (0,87) e maior balanço ambiental (0,68). Já a propriedade 3 obteve o menor valor do ISA, 0,62, com o balanço socioeconômico mais baixo entre as três avaliadas (0,72) e o balanço ambiental (0,54), abaixo do limiar de sustentabilidade. A utilização do ISA permitiu observar os diversos parâmetros de sustentabilidade das propriedades, identificando pontos críticos que necessitam de mudanças. A partir disso, é possível orientar e determinar ações que possam melhorar a situação das propriedades.

**Palavras-chave:** Indicadores socioeconômicos e ambientais; sustentabilidade; pagamento por serviços ambientais

---

<sup>1</sup> <http://lattes.cnpq.br/5162384820340060>. Universidade Federal de Alfenas. marcelo.martins@sou.unifal-mg.edu.br

## **Abstract**

The objective of this work was to analyze the level of sustainability of three properties located in the south of Minas Gerais, whose main activity is dairy cattle, that adopt the pasture and confined production system and using the Indicator of Sustainability in Agroecosystems (ISA). The ISA is made up of 21 indicators, which were grouped into seven sub-indices, involving socioeconomic and environmental dimensions. These seven sub-indices are divided into: Economic Balance, Social Balance, Rural Establishment Management, Soil Productive Capacity, Water Quality, Management of production systems and Ecology of the Agricultural Landscape. The ISA questionnaire was applied in 2021. The ISA of property 1 reached 0.73 and exceeded the sustainability threshold (0.70), with a socioeconomic balance (0.83) and an environmental balance of (0.67). Property 2 reached the highest ISA (0.76), of the 03 evaluated, with the highest socioeconomic balance (0.87) and the highest environmental balance (0.68). Property 3 had the lowest ISA value, 0.62, with the lowest socioeconomic balance among the three evaluated (0.72) and the environmental balance (0.54), below the sustainability threshold. Using the ISA made it possible to observe the different sustainability parameters of the properties, identifying critical points that need to be changed. From this, it is possible to guide and determine actions that can improve the situation of the properties.

**Keywords:** Socioeconomic and environmental indicators; sustainability; payment for environmental services

### **2.1.1 Introdução**

Desde a primeira revolução agrícola, aproximadamente 10.000 anos atrás, o cultivo e a criação de animais têm sido a principal causa de perda e degradação dos ecossistemas naturais. Hoje, 37% da superfície terrestre da Terra, com exceção da Antártica, são dedicados ao cultivo de alimentos, sendo 12% de terras cultiváveis e 25% são áreas usadas como pastagem. Assim, a agricultura foi responsável por cerca de 80% do desmatamento tropical entre 2000 e 2010 (REYTAR *et al.*, 2014).

Nesse contexto, é crescente a necessidade de se promover uma agricultura mais sustentável, sendo o grande desafio atingir níveis mais elevados de produção de alimentos seguros e de boa qualidade, preservando os recursos naturais dos quais depende a produtividade

agrícola (POPPE *et al.*, 2016). Assim, o entendimento dos agroecossistemas é necessário para a manutenção da produtividade agrícola e para minimizar os problemas ambientais causados pelos processos de produção derivados da revolução verde (CASALINHO *et al.*, 2007; VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Uma alternativa para facilitar a compreensão dos agroecossistemas é o uso de índices que incorporem a multidimensionalidade do espaço pesquisado, envolvendo variáveis quantitativas e, ou, qualitativas, padronizadas e sintetizadas em um número que indique o nível de sustentabilidade do território estudado (ASTIER; GONZÁLEZ, 2008). Esses índices são ferramentas essenciais na identificação de problemas e na busca de sua solução, através da participação e percepção das pessoas que vivem na área pesquisada, e por meio de indicadores analisados em laboratórios. Através dos indicadores podemos ter uma melhor análise do estado de saúde do agroecossistema, o que reflete o *status quo* do nível de sustentabilidade (ou falta dele) do sistema (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

Zhen e Routray (2003) propõem que indicadores incluam parâmetros ecológicos envolvendo quantidades de fertilizantes e pesticidas usados, água de irrigação usada, teor de nutrientes do solo, profundidade do lençol freático, eficiência do uso da água, qualidade das águas subterrâneas para irrigação e teor de nitrato tanto das águas subterrâneas quanto das culturas. Os indicadores econômicos incluem a produtividade das culturas, a renda agrícola líquida, a relação custo-benefício da produção e a produção de grãos/alimentos *per capita*. Os indicadores sociais englobam autossuficiência alimentar, igualdade na distribuição de alimentos e renda entre os agricultores, acesso a políticas públicas como saúde, segurança, educação e a recursos e serviços de apoio e conhecimento e conscientização dos agricultores sobre a conservação de recursos.

Segundo Altieri *et al.* (2000), os indicadores devem ainda serem relativamente certos e fáceis de interpretar; suficientemente sensíveis para refletir mudanças ambientais e o impacto de práticas de manejo sobre o solo, as culturas e criações. Deponti; Eckert e Azambuja (2002) ressaltam que a clareza quanto aos aspectos citados é fundamental, pois devem orientar a definição quanto ao tipo de indicador recomendado para monitorar um objeto proposto. Isso porque não são raros os casos de monitoramento de atividades que geram muitas informações, e que, posteriormente, são pouco utilizadas no monitoramento, planejamento e condução dos sistemas de produção agropecuário e florestal.

No Brasil alguns indicadores procuram medir a sustentabilidade e fornecer uma imagem de onde melhorias podem ser feitas. Entre eles, o Indicador de Sustentabilidade Ambiental (ISA), o Sistema de Avaliação de Impactos Ambientais de Inovações Tecnológicas

Agropecuárias (Ambitec-Agro), o método APOIA-Novo Rural, entre outros. (AMBITEC-AGRO, 2022; APOIA, 2022; EPAMIG, 2022). Entretanto, ainda são poucos os estudos relacionados à sustentabilidade ambiental, em especial na pecuária leiteira (ALMEIDA; BACHA, 2021).

A pecuária leiteira tem grande importância social e econômica no Brasil. O país possui mais de 1 milhão de propriedades produtoras de leite, com predomínio de pequenas e médias propriedades, empregando aproximadamente 4 milhões de pessoas. Essa produção concentra-se principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país, sendo o estado de Minas Gerais o principal produtor, com cerca de 27% da produção nacional (MAPA, 2019). Além disso, o Brasil é o quarto maior produtor de leite do mundo, precedido pela Índia, Paquistão e Estados Unidos da América, com uma produção estimada de 36.752 mil toneladas em 2020 (FAO, 2021).

Devido a essa importância, grande parte das políticas públicas brasileiras voltadas para o setor agrícola estão relacionadas ao aumento de produtividade. Observa-se que a maior parte dos estudos disponíveis na literatura buscam avaliar a eficiência técnica gerando, portanto, uma escassez de trabalhos sobre eficiência ambiental. Embora haja uma insuficiência de pesquisas a respeito do tema, as preocupações com o meio ambiente e a emissão de gases poluentes são tão relevantes quanto a análise do desempenho técnico da pecuária leiteira (SILVA; BRAGAGNOLO, 2018). Dessa forma, há uma busca constante, no Brasil e em outros países, por sistemas produtivos eficientes técnica, ambiental e economicamente, pois a demanda por mais produtos alimentícios, entre eles os derivados de bovinos, crescerá com o aumento populacional nas próximas décadas (FAO, 2018). Portanto, existe uma crescente pressão sobre o setor leiteiro brasileiro para que ele forneça soluções práticas que resultem numa pecuária mais tecnificada, que eleve a qualidade do leite, com menores perdas na produção, e que seja sustentável ambientalmente (ALMEIDA; BACHA, 2021).

Segundo Ferreira *et al.* (2012), o sistema ISA é apresentado como ferramenta de gestão para o produtor, com o objetivo de realizar um diagnóstico dos balanços social, econômico e ambiental do estabelecimento, apontar pontos críticos ou riscos e os pontos positivos e oportunidades de negócios. Além disso, gera uma série de informações úteis para auxiliar o gestor público na identificação de vulnerabilidades socioeconômicas, fragilidades ambientais, entraves e potencialidades de atividades agrossilvipastoris na escala de uma sub bacia hidrográfica, bem como na elaboração e no monitoramento de programas específicos de intervenção em áreas ou situações problemáticas, de programas indutores para adoção de práticas de adequação ambiental e socioeconômica, ou de programas para o reconhecimento e premiação de produtores com bom desempenho ambiental.

O ISA foi desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) com participação de entidades relacionadas à pesquisa, ensino e extensão rural no estado de Minas Gerais. Seu objetivo é de mensurar os impactos das atividades econômicas no meio rural e buscar a integração entre a produção agrícola, o processamento e as práticas de recuperação, preservação e conservação ambiental para garantir a sustentabilidade das atividades agrícolas, tendo o produtor como gestor do espaço rural. Em dezembro de 2012, um decreto do estado de Minas Gerais aprovou o uso desse indicador na formulação, implementação e monitoramento de planos, programas, projetos e ações que buscam a melhoria dos processos de produção agrícola (MINAS GERAIS, 2012). A seguir, utilizando-se a descrição apresentada por Ferreira *et al.* (2012), detalha-se os indicadores que compõe o ISA e que serão utilizados no presente trabalho.

O ISA utiliza um conjunto de indicadores agrupados em sete subíndices, envolvendo as dimensões econômica, social e ambiental. Os indicadores relacionados com o balanço econômico operam verificando a produtividade e o valor de venda das atividades de maior peso na receita monetária total do estabelecimento. É avaliada a composição da renda do produtor, considerando também se ocorre concentração de renda em uma única atividade. Além disso, verifica-se a evolução patrimonial do estabelecimento em um determinado tempo e seu grau de endividamento. Para o cálculo do ISA, esse grau de endividamento será ponderado de acordo com 3 faixas: até 7,5%, de 7,5 a 30% e acima de 30%.

Com os indicadores relacionados ao balanço social verificam-se questões relativas à disponibilidade de bens e de serviços essenciais como água, coleta de lixo, energia elétrica, telefone, internet, acesso regular ao transporte público e ao transporte escolar, serviço de saúde e segurança alimentar (disponibilidade plantios de frutas e hortaliças e criações como fontes de proteína animal). São verificados ainda o grau de escolaridade e o acesso a cursos de capacitação de todas as pessoas envolvidas no empreendimento, além da frequência de crianças em idade escolar no ensino regular. No cálculo do ISA, as classificações Satisfatório, Atende Parcialmente e Inexistente são transformadas nos valores 1, 0,5 e 0, respectivamente.

Os indicadores relacionados com a gestão avaliam a capacidade de gestão do produtor rural com base no uso de instrumentos adequados de controle, administração e acesso a informações relativas ao negócio, assim como alguns aspectos relacionados com a geração de resíduos e de medidas de segurança, quando se utilizam agrotóxicos e produtos veterinários. Verifica-se o grau de adoção de algumas ferramentas de gestão, tais como: contabilidade; acesso à assistência técnica; participação de formas associativas; regularização ambiental e acesso ao crédito. Verifica-se também se há busca de informações de mercado, aplicação de

tecnologias inovadoras, capacidade de inovação e de colocação de produtos em mercados diferenciados.

Os indicadores relacionados com a qualidade do solo e da água avaliam a capacidade de o ambiente prover os recursos mínimos necessários à manutenção dos sistemas de produção, assegurando uma produtividade estável com retorno econômico para o agricultor. São avaliados nove parâmetros relacionados com as propriedades químicas e físicas do solo. São feitas avaliações da qualidade da água de nascentes, dos corpos d'água que passam pelo estabelecimento, tanto a montante, quanto a jusante e da água subterrânea. Avalia-se também o potencial de contaminação da água com base nas características de todos os agrotóxicos, eventualmente utilizados no estabelecimento levando em conta a textura do solo e distância da gleba ao curso d'água.

Já os indicadores relacionados com o manejo dos sistemas de produção avaliam a adequação do manejo em curso com base no diagnóstico de sinais de degradação e erosão do solo, tais como a presença de erosão em vários níveis em áreas de culturas e pastagens. Avalia-se também o grau de adoção de medidas para a conservação dos solos em todos os sistemas de produção, tais como plantio direto na palha, curvas de nível, plantio em nível, rotação de culturas etc. e o estado de conservação das estradas internas e de acesso à propriedade e a adoção de medidas para sua conservação e drenagem.

Por fim, os indicadores relacionados com a diversificação da paisagem rural e conservação da vegetação nativa avaliam o estado de preservação das áreas com vegetação nativa e o nível de fragmentação destes habitats no estabelecimento. São verificados o estado de conservação das áreas para preservação permanente (APPs), e avaliado o cumprimento com a exigência de Reserva Legal (RL), em conformidade com o Código Florestal Brasileiro. Observa-se o grau de adoção de práticas que auxiliam na indução da agrobiodiversidade, a diversificação da paisagem na escala do estabelecimento agropecuário e o grau de diversificação das áreas fronteiriças em relação ao estabelecimento agropecuário. Ressalta-se que o pagamento por serviços ambientais passou a ser, especialmente após a COP 26, uma realidade em muitos países, inclusive no Brasil. Dessa forma, o monitoramento e avaliação dos empreendimentos carece de ferramental que avalie o grau de sustentabilidade e o ISA se apresenta como um instrumento para esse fim.

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo analisar o nível de sustentabilidade de três propriedades leiteiras, na região sul do Estado de Minas Gerais, considerando os aspectos ambientais, econômicos e sociais. Para tanto, foi empregado o sistema Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA).

### **2.1.2 Materiais e métodos**

Para este trabalho o Indicador de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA) foi aplicado em três propriedades leiteiras, situadas no sul de Minas Gerais, no período de março a outubro de 2021. As propriedades selecionadas são representativas da região e possuem climas Cwa, de acordo com a Classificação Climática de Köppen-Geiger.

Para cada propriedade uma planilha obtida em EPAMIG, 2020, foi preenchida com dados observados na propriedade, levantados junto ao produtor, obtidos de laudos de análises de solos, além de análise de potabilidade da água a montante e a jusante, além de águas subterrâneas.

Para cada um dos 21 indicadores é gerado um índice que varia de 0 a 1, obtido a partir de funções que atribuem valor às variáveis, ao comparar o valor aferido no estabelecimento com o valor de referência, utilizando-se fatores de ponderação para cada parâmetro avaliado. A seguir um índice final, também no intervalo de 0 a 1, é calculado a partir da média aritmética simples das notas atribuídas aos indicadores. A nota 0,7 é considerada o valor de base, ou limiar de sustentabilidade, para um bom desempenho ambiental, social e econômico. A planilha para cálculo do ISA está disponível em EPAMIG (2022).

### **2.1.3 Resultados e discussão**

Nesta seção, as propriedades rurais pesquisadas são descritas de acordo com os dados obtidos na aplicação do ISA. A propriedade 1 possui 87,33 hectares, sendo 56 ha de lavouras temporárias, no caso milho silagem e grão, 7 ha de lavouras permanentes (café), 12,70 de pastagens e 10,00 de vegetação nativa, com 11,68 hectares destinados a área de preservação permanente (APP). A propriedade 2 possui 44 hectares, com 38,50 de pastagens e 5,50 de vegetação nativa, sendo que 5,13 hectares destes são APP. A propriedade 3 possui 32,20 hectares no total, com 13,78 de pastagens, 10 ha de lavouras temporárias (milho), 2,25 ha de lavouras permanentes (café) e 5,00 de vegetação nativa (1,71 de APP). Em todas as 3 propriedades as áreas de reserva legal e de preservação permanente estão regularizadas.

A Tabela 1 apresenta as fontes de renda das propriedades pesquisadas. As 3 propriedades caracterizam-se pela predominância da produção de leite como principal fonte de renda. Entretanto, a propriedade 3 possui uma maior diversificação da renda, com participação da cafeicultura, avicultura e suinocultura, além da prestação de serviços fora da propriedade. A

propriedade 2 caracteriza-se pela prestação de serviços como uma fonte responsável por 25,5% da renda.

Tabela 1 - Diversidade de renda nos imóveis rurais pesquisados (em %)

Fontes de renda		Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3
Atividades desenvolvidas	Produção de leite	90,5	70,2	84,3
	Venda de animais	1,6	4,3	4,4
	Cafeicultura	7,8	-	11,3
	Suinocultura /Avicultura	-	-	8,2
	Outras atividades /prestação de serviços	-	25,5	7,1

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

O grau de endividamento das propriedades é calculado em relação à estimativa patrimonial da propriedade (%) feita durante a entrevista. Assim, quando maior a faixa de endividamento, maior seu impacto negativo no índice. Assim, o grau de endividamento da propriedade 1 era de 25%, para a propriedade 2 era de 12% e de 7% para a propriedade 3. Portanto, o grau de endividamento da propriedade 3 impacta menos a sua sustentabilidade do que nas demais propriedades.

A evolução patrimonial, nos últimos dois anos foi de 2,5% para a propriedade 1,6% para a 2 e 7,5% para a 3, sem considerar a valorização da terra.

Os serviços básicos disponíveis nas propriedades são apresentados na Tabela 2. Ressalta-se na Tabela 2 que a segurança no campo é o único serviço que atende parcialmente duas das propriedades. Os demais são satisfatórios.

As propriedades 1 e 2 possuem 3 integrantes da família no imóvel rural, com vínculo direto às atividades, sendo que todos possuem 9 anos de estudo ou curso superior completo. Essas propriedades contam com 2 trabalhadores permanentes, ambos com menos de 5 anos de estudo. Na propriedade 3, são 4 integrantes da família com vínculo direto, sendo 3 com mais de 9 anos de estudo e 1 com menos de 5 anos. Esta propriedade tem 1 trabalhador com vínculo permanente, com menos de 5 anos de estudo.

Tabela 2 - Serviços básicos disponíveis nas propriedades estudadas

<b>Serviços básicos disponíveis nas residências</b>	<b>Propriedade 1</b>	<b>Propriedade 2</b>	<b>Propriedade 3</b>
Disponibilidade de água (quantidade e qualidade)	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Acesso à energia elétrica	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Acesso regular para escoamento da produção	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Acesso ao serviço de saúde	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Acesso regular ao transporte escolar	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Segurança no campo (patrulha para policiamento rural)	Atende parcialmente	Satisfatório	Atende parcialmente
Telefone (celular, celular rural, ou fixo)	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Internet	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
Coleta pública de lixo	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A Tabela 3 apresenta as iniciativas em relação à gestão do conhecimento e da informação nas propriedades. Observa-se na propriedade 3 a inexistência de fluxo de caixa e do custo de produção das atividades.

Nas três propriedades existem fossas com manutenção adequada, que está relacionada com a forma de gerenciamento dos resíduos e efluentes gerados nos imóveis rurais. Na avaliação do solo, não foram encontradas áreas em processo de degradação na propriedade 1 e 3. Na propriedade 2 há um processo inicial de degradação em 30 ha e intermediário em outros 12,5 ha. Essa degradação se refere ao manejo e uso das pastagens, que são esporadicamente reformadas no sistema Integração Lavoura pecuária (ILP) usando milho pra silagem.

As práticas de conservação foram consideradas insuficientes nas áreas de pastagem das propriedades 2 e 3, e em áreas de culturas permanentes da propriedade 1. Por fim, em todas as propriedades foi detectada a presença de sistema de conservação e drenagem nas estradas.

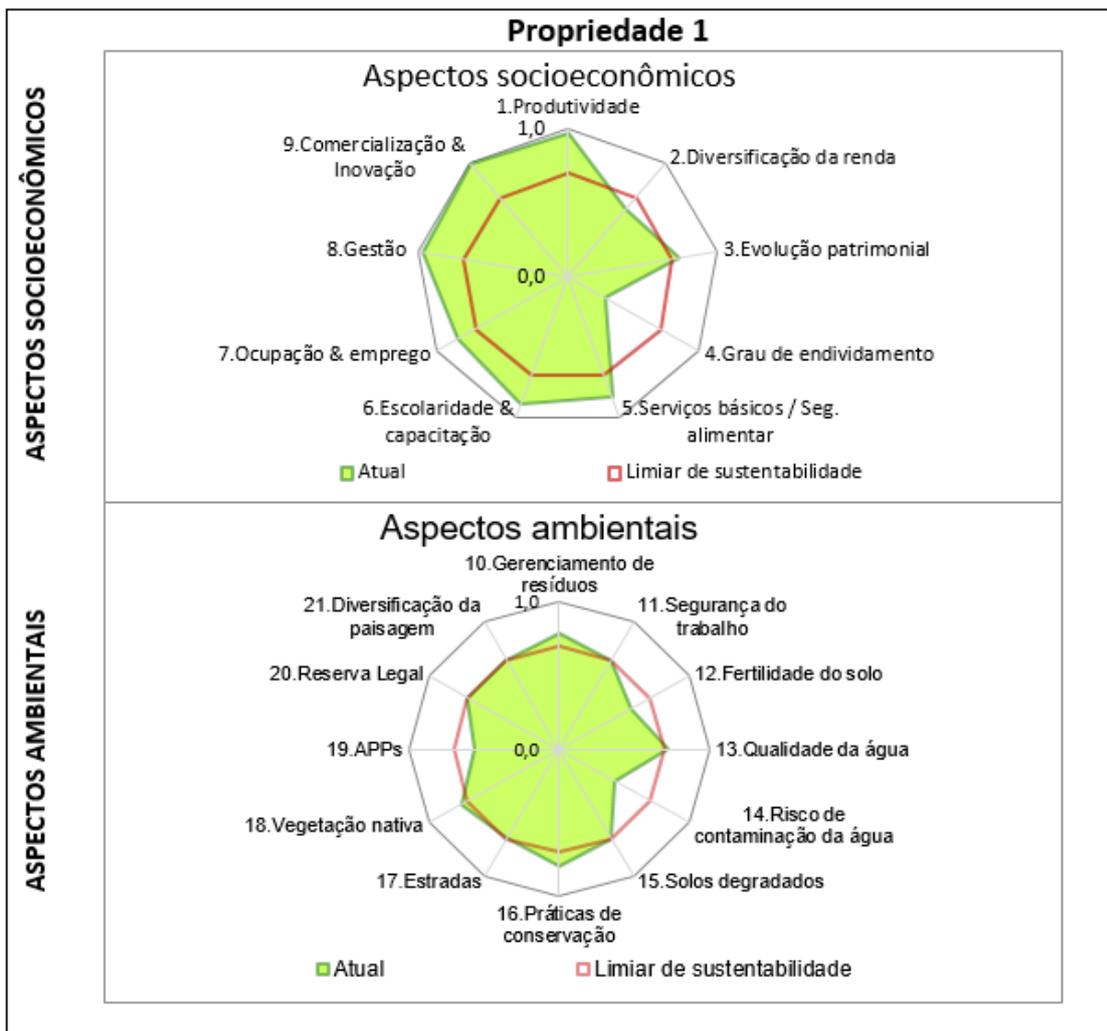
Tabela 3 - Iniciativas em relação à gestão do conhecimento e da informação nas propriedades estudadas

<b>Iniciativas</b>	<b>Propriedade 1</b>	<b>Propriedade 2</b>	<b>Propriedade 3</b>
Fluxo de caixa (receita/despesa)	Suficiente	Suficiente	Inexistente
Custo de produção das atividades	Suficiente	Suficiente	Inexistente
Acesso à assistência técnica (particular ou pública)	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Participação - formas associativas ativas	Suficiente	Suficiente	Suficiente
Busca informação para comercialização da produção / busca diversificar os compradores	Suficiente	Suficiente	Suficiente

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Com a avaliação das propriedades, a planilha ISA gera um relatório final, com os valores dos indicadores analisados e gráficos que possibilitam a visualização dos resultados. Os resultados da propriedade 1 estão apresentados na Figura 1. Os aspectos socioeconômicos da propriedade 1 atingem, em sua maioria, os limiares de sustentabilidade (maiores que 0,7), exceto para o Diversificação da renda (0,60) e Grau de endividamento (0,29). Por outro lado, 3 dos 12 indicadores relacionados aos aspectos ambientais estão abaixo do valor desejado: Fertilidade do solo (0,56), Risco de contaminação da água (0,43) e APP (0,56).

Figura 1 - Resultado dos indicadores avaliados na propriedade 1



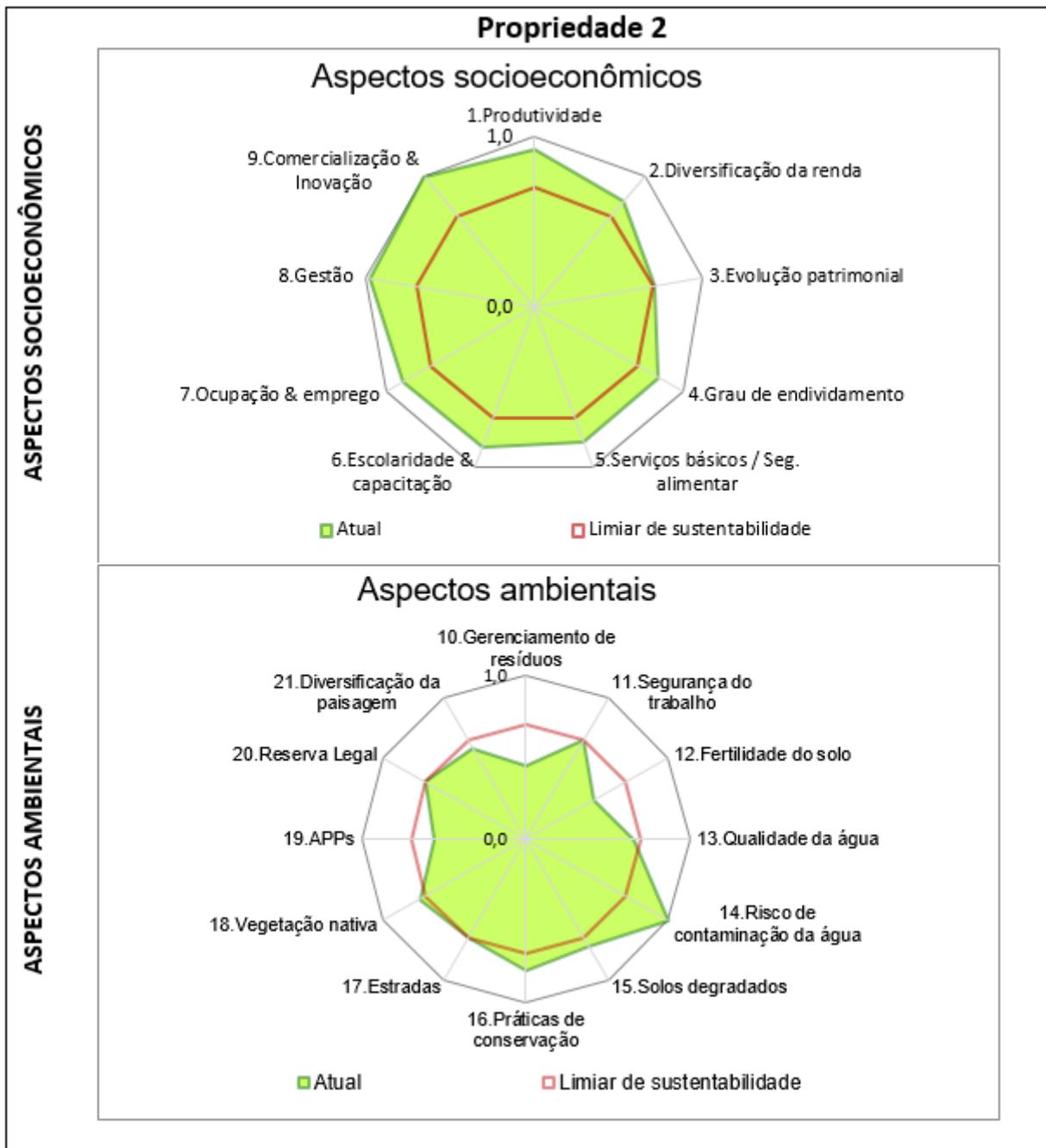
Fonte: Do autor (2022)

Os resultados da propriedade 2 estão apresentados na Figura 2. Os aspectos socioeconômicos da propriedade 2 atingem os limiares de sustentabilidade. Por outro lado, 5 dos 12 indicadores relacionados aos aspectos ambientais estão abaixo do valor desejado, com destaque para o Gerenciamento de resíduos (0,42). Os outros indicadores abaixo do limiar são a Fertilidade do solo (0,48), Qualidade da água (0,66), APP (0,56) e Diversificação da paisagem (0,66).

Assim, na propriedade 2, e em menor grau, nas propriedades 1 e 3 (Figura 3), há uma predominância dos aspectos socioeconômicos em relação aos ambientais. Esse fato também é observado por RIPOLL-BOSCH *et al.* (2012), que consideram que, em nível local (agricultores e consultores técnicos), é dada maior importância às questões econômicas e sociais do que à sustentabilidade ambiental. Os serviços ambientais prestados pelas propriedades, tais como conservação da biodiversidade ou manutenção de paisagens culturais (PIORR, 2003), são

também difíceis de medir devido às escalas temporais e espaciais envolvidas (DALE; POLASKY, 2007). Por essa razão, e apesar de sua importância, esses serviços tendem a ser até mesmo ignorados em análises de sustentabilidade.

Figura 2 - Resultado dos indicadores avaliados na propriedade 2



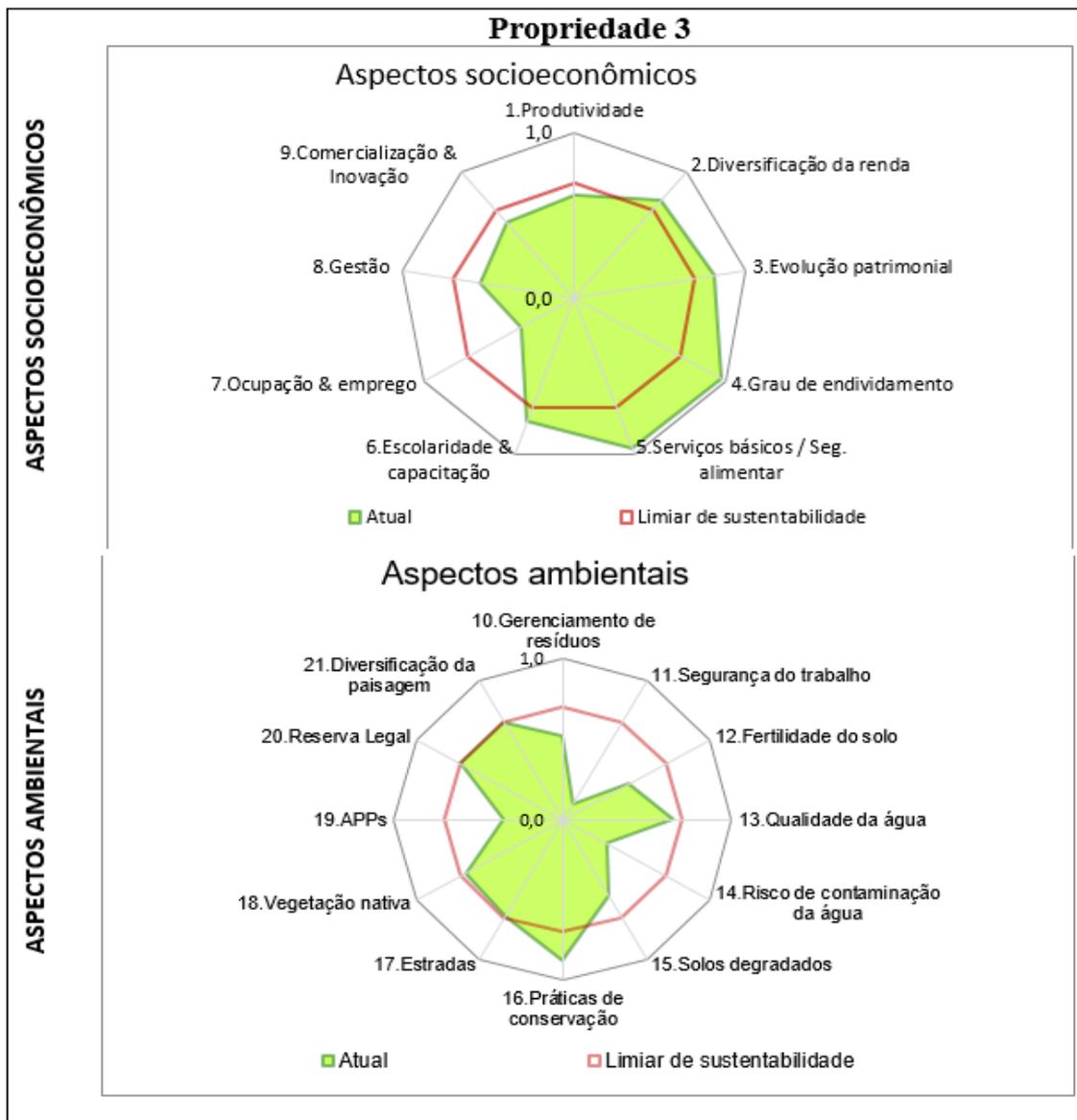
Fonte: Do autor (2022)

Em relação aos aspectos socioeconômicos, a propriedade 3 apresenta (Figura 3) valores abaixo do limiar de sustentabilidade para a Produtividade (0,63), Ocupação e emprego (0,35), Gestão (0,54) e Comercialização e Inovação (0,60). Em relação aos aspectos ambientais, estão

abaixo do limiar o Gerenciamento de resíduos (0,50), Segurança do trabalho (0,12), que foi o menor indicador em todas as propriedades devido ao fato do uso de mão de obra sem a regularização devida na legislação (carteira assinada), Fertilidade do solo (0,44), Qualidade da água (0,65), Risco e contaminação da água (0,30), Solos degradados (0,55), Vegetação nativa (0,67) e APP (0,35).

Assim, o ISA final desta propriedade é de 0,62. Portanto, inferior ao da propriedade 1 (0,72) e da 2 (0,76), sendo a única propriedade estudada com um valor de ISA inferior ao mínimo desejado.

Figura 3 - Resultados dos indicativos avaliados na propriedade 3



Fonte: Do autor (2022)

#### 2.1.4 Conclusões

No presente trabalho foi analisado a sustentabilidade de três propriedades rurais, tendo como atividade principal a pecuária leiteira, situadas em Minas Gerais. O ISA da propriedade 1 está acima do limiar de sustentabilidade (0,72). Entretanto, 5 dos 21 indicadores relacionados aos aspectos socioeconômicos e ambientais estão abaixo do valor desejado.

A propriedade 2 caracteriza-se principalmente por apresentar todos os indicadores socioeconômicos acima do desejado. Entre os indicadores ambientais, 5 estão abaixo dos valores desejados. É a propriedade com maior valor do ISA, 0,76.

A propriedade 3 destaca-se em relação às demais, com ISA igual a 0,62. É, portanto, a única com ISA abaixo do limiar de sustentabilidade. Essa situação se deve tanto a aspectos socioeconômicos quanto a ambientais, destacando por apresentar o menor indicador entre todas as propriedades avaliadas, o indicador segurança do trabalho.

De um modo geral, não se espera de um conjunto de indicadores uma análise aprofundada de qualquer dos seus parâmetros. Os 21 indicadores permitiram ter uma visão de como está o empreendimento sem um aprofundamento em cada um deles. Esses valores têm a vantagem de serem obtidos facilmente e de forma ágil, subsidiando uma intervenção nos indicadores ou conjunto de menor valor. Por outro lado, é difícil extrapolar os resultados de fazendas para sistemas agrícolas, pois precisa-se considerar muitas outras variáveis, incluindo tamanho e estrutura da fazenda, localização, atividades fora da propriedade, habilidades de manejo e, ou, os objetivos do agricultor.

Por fim, a utilização do ISA permitiu observar os diversos parâmetros de sustentabilidade das propriedades, identificando pontos críticos que necessitam de mudanças. A partir disso, é possível orientar e determinar políticas e ações que possam melhorar a situação das propriedades. Essa é uma oportunidade de melhorar a eficiência técnica e econômica da propriedade, atendendo a legislação vigente.

#### Referências

ALMEIDA, Mariza De e BACHA, Carlos José Caetano. Literatura sobre eficiência na produção leiteira brasileira. **Revista de Política Agrícola**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 20, 2021.

ALTIERI, M Y NICHOLLS, C. et al. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. **Diario de campo**, México, p. 1–16, 2000.

AMBITEC-AGRO. **Ambitec-Agro - Software Ambitec-Agro**. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1422/ambitec-agro---software-ambitec-agro>>. Acesso em: 21 feb. 2022.

APOIA. **APOIA-Novo Rural - Software APOIA-Novo Rural**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1423/apoia-novo-rural---software-apoia-novo-rural>>. Acesso em: 21 feb. 2022.

ASTIER, M e GONZÁLEZ, C. Formulación de indicadores socioambientales para evaluaciones de la sustentabilidade de sistemas de manejo complejos. ASTIER, M.; MASERA, O., R.; GÁLVAN-MIYOSHI, Y. (Eds.). **Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional**. 1. ed. Valencia: Sociedad Española de Agricultura Ecológica: [s.n.], Valencia, 2008. v. 1. p. 73–90.

CASALINHO, Helvio D. et al. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas soil quality as an indicator of agroecosystem sustainability. **Revista Brasileira de agrocência**, Pelotas, v. 13, n. 2, p. 195–203, 2007.

DALE, Virginia H. e POLASKY, Stephen. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. **Ecological Economics**, Estados Unidos, v. 64, n. 2, p. 286–296, 2007.

DEPONTI, C.M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J.L.B. **Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas**. 4. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2002. v. 3.

EPAMIG. **Projeto ISA: - Planilha 2020**. Disponível em: <<http://www.epamig.br/projeto-isa/%3E>>. Acesso em: 6 apr. 2022.

FAO. Dairy market review, Food and Agriculture Organisation of the United Nations. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Itália, n. April, p. 1–13, 2021.

FAO. **Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals**. 1. ed. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Itália, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/CA1201EN/ca1201en.pdf>>.

FERREIRA, J. et al. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p. 12–25, 2012.

GUIMARÃES, Roberto Pereira e FEICHAS, Susana Arcangela Quacchia. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p. 307–323, 2009.

MAPA. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo**. Brasília - DF: [s.n.], 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2018-2019-2028-2029/view>>.

MINAS GERAIS. **Diario Oficial do Executivo do Estado de Minas Gerais**. Imprensa Oficial de Minas Gerais, Belo Horizonte, 20 Dec. 2012. , v. 237, p. 72Disponível em: <<https://www.jornalminasgerais.mg.gov.br/Home/pesquisaAvancada?text=isa&datai=2012-12-20&dataf=2012-12-20>>.

PIORR, Hans Peter. Environmental policy, agri-environmental indicators and landscape indicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Alemanha, v. 98, n. 1–3, p. 17–33, 2003.

POPPE, Krijn e VROLIJK, Hans C J. FLINT – Farm-level Indicators for New Topics in policy evaluation: an FLINT – Farm-level Indicators for New Topics in policy evaluation: an introduction. **Studies in Agricultural Economics**, Holanda. n. January 2017, 2016.

REYTAR, Katie e HANSON, Craig e HENNINGER, Norbert. Installment 6 of “Creating a Sustainable Food Future” INDICATORS OF SUSTAINABLE AGRICULTURE: A SCOPING ANALYSIS. **World resources institute**, Estados Unidos, n. June, p. 1–20, 2014.

RIPOLL-BOSCH, R. et al. An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. **Agricultural Systems**, Espanha, v. 105, n. 1, p. 46–56, 2012.

SILVA, Camila Stefaní de Sousa e BRAGAGNOLO, Cassiano. Eficiência Técnica E Ambiental Da Pecuária Leiteira Na Região Do Triângulo Mineiro E Alto Paranaíba. **Revista de Economia e Agronegócio**, Sorocaba, v. 16, n. 2, p. 242–261, 2018.

VEZZANI, Fabiane Machado e MIELNICZUK, João. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Curitiba, v. 33, n. 4, p. 743–755, 2009.

ZHEN, Lin e ROUTRAY, Jayant K. Operational Indicators for Measuring Agricultural Sustainability in Developing Countries. **Environmental Management**, China, v. 32, n. 1, p. 34–46, 2003.

## 3.1 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE PRÁTICAS DE INTENSIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO LEITEIRA EM SISTEMAS A PASTO

### 3.1.1 Introdução

O Brasil é o quarto maior produtor de leite do mundo, precedido pela Índia, Paquistão e Estados Unidos da América, com uma produção estimada de 36.752 mil toneladas em 2020 (FAO, 2021). Além disso, possui mais de 1 milhão de propriedades produtoras de leite, com predomínio de pequenas e médias propriedades, empregando aproximadamente 4 milhões de pessoas. Essa produção concentra-se principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país, sendo o estado de Minas Gerais o principal produtor, com cerca de 27% da produção nacional (MAPA, 2019).

A produção de leite no Brasil aumentou em torno de 80% ao longo das últimas duas décadas, utilizando praticamente o mesmo número de vacas ordenhadas, graças à elevação da produtividade do rebanho. Outras mudanças ocorreram na estrutura de produção, entre elas uma redução expressiva do número de produtores e a intensificação dos sistemas de produção. Assim, devido à adoção de novas tecnologias, foi possível um aumento significativo da produtividade dos animais, da terra e da mão de obra e consequentemente da escala de produção das fazendas (ROCHA *et al.*, 2020).

A intensificação da produção de leite, em especial com base em pastagens, tem sido um fenômeno global e é cada vez mais significativa em países produtores de leite, como Nova Zelândia, Austrália, Estados Unidos, China, além do Brasil. Assim, cada vez mais atenção está sendo dada por pesquisadores e formuladores de políticas aos vários fatores relacionados à intensificação por causa de sua associação com o desempenho social, econômico e ambiental das fazendas leiteiras (MA *et al.*, 2020).

Entende-se por intensificação da produção leiteira, tanto a pasto, quanto em confinamento, uma maior produtividade animal e da área disponível aos animais (litros por animal/dia e L/ha.dia); das plantas forrageiras para alimentação (toneladas/ha); da mão de obra (litros/dia de serviço); maior utilização de tecnologias em genética animal e vegetal; aumento no uso de máquinas, equipamentos, mecanização e robotização; dentre outras técnicas que proporcionam uma maior produção, com menor custo e menor impacto ambiental (BAVA *et al.*, 2014; GONZALEZ-MEJIA *et al.*, 2018).

De acordo com a (FAO, 2018), com a tendência de aumento do consumo de produtos de origem animal, o setor pecuário precisa buscar alternativas para aumentar a produção sem que haja, necessariamente, expansão de áreas para essa finalidade. É necessário portanto, se concentrar na melhoria da eficiência do uso de recursos no setor pecuário para apoiar os meios de subsistência, a segurança alimentar a longo prazo e o crescimento econômico, salvaguardando os resultados relacionados aos aspectos ambientais e de saúde pública.

Entretanto, na pecuária leiteira, os efeitos da intensificação sobre o impacto ambiental da produção de leite não estão completamente esclarecidos (BAVA *et al.*, 2014). Alguns autores demonstram que essa intensificação pode gerar efeitos ambientais negativos, como desmatamento, perda de biodiversidade e emissões de gases de efeito estufa, entre outros (BAVA *et al.*, 2014; CHOBTANG *et al.*, 2017; JAN *et al.*, 2019; SOTERIADES *et al.*, 2016; STEINFELD, 2021). Resultados encontrados por SOTERIADES *et al.*, 2016, demonstram que em um conjunto de 185 fazendas leiteiras da França, a sustentabilidade ambiental está negativamente relacionada com a produção de leite/vaca e o uso de silagem de milho e concentrados obtidos fora da propriedade.

Por outro lado, (BERRE *et al.*, 2014) demonstraram a possibilidade de maximizar a produção de leite com a minimização dos impactos ambientais, trabalhando com diferentes cenários em uma região tropical (RYAN *et al.*, 2016), utilizando dados de propriedades irlandesas demonstraram que as fazendas de leite de melhor desempenho, do ponto de vista econômico, também tendem a ser as de melhor desempenho do ponto de vista da sustentabilidade ambiental. Na atividade de produção de carne, (BENOIT; LAIGNEL, 2010), encontraram uma melhor sustentabilidade ambiental em função da intensificação de sistemas com alta produtividade animal e autossuficiência de produção forrageira nas propriedades.

No Brasil, ainda há poucos estudos relacionados à eficiência ambiental na produção leiteira. SILVA; BRAGAGNOLO (2018) encontraram uma correlação positiva da eficiência técnica com a ambiental em fazendas no estado de Minas Gerais, nas regiões do Triângulo e Alto Paranaíba. Por outro lado, existem poucos estudos que busquem relacionar as eficiências técnica e econômica com a eficiência ambiental na produção de leite (ALMEIDA; BACHA, 2021). Estes resultados são obtidos, muitas das vezes, através da aplicação de indicadores de sustentabilidade.

Os indicadores de sustentabilidade utilizados para avaliar o desempenho de propriedades agrícolas têm se destacado por focarem nas dimensões econômicas, sociais e ambientais (DIAZABAKANA *et al.*, 2014). Podem também ser compreendidos como

instrumentos para mensurar as modificações nas características de um determinado sistema, avaliar uma situação presente e sua tendência de comportamento, bem como estabelecer um termo de comparação em escala temporal e espacial, quando o levantamento é refeito alguns anos após (FERREIRA *et al.*, 2012). De acordo com Rodrigues *et al.* (2018), a utilização dos indicadores favorece a identificação dos mecanismos adequados de intensificação, relacionados aos fatores agronômicos e às práticas adotadas no processo produtivo, que interferem positivamente no desempenho econômico e ambiental.

Neste contexto, observa-se que ainda existem uma série de questões que precisam ser mais bem esclarecidas em relação ao uso eficiente de insumos no processo produtivo e a mitigação dos potenciais impactos ambientais negativos da produção de leite. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais da produção leiteira por meio de indicadores de sustentabilidade e identificar as relações entre a intensificação da produção e os desempenhos ambientais.

### **3.1.2 Materiais e métodos**

Para este trabalho o Indicador de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA) foi aplicado em seis propriedades com produção de leite a pasto, situadas no sul de Minas Gerais, no período de março a outubro de 2021. De forma geral, a produção a pasto nesta região pode ser caracterizada pela utilização de forrageiras tropicais como fonte principal de volumoso nos meses quentes e úmidos (outubro a março) e alimentação no cocho, tais como silagens, cana picada nos períodos de seca do ano (abril a setembro).

As propriedades selecionadas são representativas da região, com nível tecnológico considerado baixo, médio e alto. A distinção entre os níveis tecnológicos, adotada no presente trabalho, foi feita com base em valores considerados por técnicos, extensionistas, pesquisadores e programas de assistência técnica (COSTA, 2005; GOMES, 2005). Assim, sistemas de baixo nível tecnológico são aqueles com produção até 5.000 L/ha.ano. Sistemas com produtividade entre 5.001 a 10.000 L/ha.ano caracterizam nível tecnológico médio. Finalmente, sistemas com alto nível tecnológico, seja por utilização de pastagens melhoradas, adubadas, divididas em piquetes rotacionados, bem como maior eficiência na produção de forrageiras a serem oferecidas no cocho durante o período seco do ano, estão com produtividades acima de 10.000 L/ha.ano.

Entre as propriedades pesquisadas, aquelas com médio nível tecnológico apresentam uma maior eficiência no uso da terra e mostraram-se diversificadas, com outros produtos gerando renda tais como café, grãos e animais (Tabela 5). Todas as propriedades possuem climas Cwa, de acordo com a Classificação Climática de Köppen-Geiger.

O ISA foi desenvolvido pela Epamig - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, com participação de entidades relacionadas à pesquisa, ensino e extensão rural no estado de Minas Gerais. Seu objetivo é de mensurar os impactos das atividades econômicas no meio rural e buscar a integração entre a produção agrícola, o processamento e as práticas de recuperação, preservação e conservação ambiental para garantir a sustentabilidade das atividades agrícolas, tendo o produtor como gestor do espaço rural. Em dezembro de 2012, um decreto do estado de Minas Gerais aprovou o uso desse indicador na formulação, implementação e monitoramento de planos, programas, projetos e ações que buscam a melhoria dos processos de produção agrícola (MINAS GERAIS, 2012). A seguir, detalha-se os indicadores que compõem o ISA e que serão utilizados no presente trabalho.

O ISA utiliza um conjunto de indicadores agrupados em sete subíndices, envolvendo as dimensões econômica, social e ambiental (FERREIRA *et al.*, 2012), conforme Tabela 4 a seguir.

Para cada um dos 21 indicadores é gerado um índice que varia de 0 a 1, obtido a partir de funções que atribuem valor às variáveis, ao comparar o valor aferido no estabelecimento com o valor de referência, utilizando-se fatores de ponderação para cada parâmetro avaliado. A seguir um índice final, também no intervalo de 0 a 1, é calculado a partir da média aritmética simples das notas atribuídas aos indicadores. A nota 0,7 foi definida, pelos criadores do índice, como o valor de base, ou limiar de sustentabilidade, para um bom desempenho ambiental, social e econômico.

### **3.1.3 Resultados e discussão**

#### **3.1.3.1 Levantamento dos dados das propriedades**

A Tabela 5 mostra as principais características das 06 propriedades levantadas, sendo os no sistema a pasto utilizadas para a obtenção dos indicadores de sustentabilidade.

Tabela 4 - Forma de obtenção dos indicadores utilizados no Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA)

Subíndices	Indicadores	Forma de obtenção dos indicadores para lançamento na planilha ISA
1 - Indicadores econômicos	1. Produtividade e preço de venda	Obter e lançar na planilha ISA, a renda bruta anual estimada de atividades agrossilvipastoris no imóvel rural, com a produtividade média e preço médio de venda da propriedade e a produtividade média e preços de venda na região, verificando se o produtor se destaca entre os pares.
	2. Diversificação da renda	Obter a renda bruta anual estimada de outras atividades gerada dentro do imóvel rural, as rendas fora do estabelecimento, verificando a concentração de renda em poucas atividades.
	3. Evolução patrimonial	É feito um inventário de bens móveis e imóveis do empreendimento e um histórico do mesmo nos últimos anos verificando se houve evolução do patrimônio em instalações/benfeitorias, máquinas e equipamentos, animais e terra.
	4. Grau de endividamento	É levantado e lançado na planilha o valor atual das dívidas relacionadas ao imóvel, verificando o seu percentual em relação a estimativa patrimonial.
2 - Indicadores Sociais	5. Serviços básicos / Seg. alimentar	Lançar na planilha ISA se há em todas as residências da propriedade, disponibilidade de água (quantidade e qualidade), acesso à energia elétrica, acesso regular para escoamento da produção, serviço de saúde, transporte escolar, segurança no campo, sinal de telefone (celular ou fixo), internet e coleta pública de lixo, além da segurança alimentar (disponibilidade plantios de frutas e hortaliças e criações.
	6. Escolaridade & capacitação	Verificar e lançar na ISA o grau de escolaridade e o acesso a cursos de capacitação de todas as pessoas envolvidas no empreendimento, além da frequência de crianças em idade escolar no ensino regular.
	7. Ocupação & emprego	Verificar e lançar se a legislação trabalhista em vigor vem sendo cumprida para contratações efetivas e temporárias, tais como: Registro de funcionários (carteira de trabalho), hora extra, auxílio alimentação, moradia, educação e transporte, participação nos lucros, seguro contra acidentes, acesso a lazer e espaço para cultivo de alimentos.
3 - Gestão do estabelecimento	8. Gestão	Avaliar o grau de adoção de algumas ferramentas de gestão, tais como: contabilidade; acesso à assistência técnica; participação de formas associativas; regularização ambiental e acesso ao crédito.
	9. Comercialização & Inovação	Verificar e lançar na ISA se há busca de informações de mercado, aplicação de tecnologias inovadoras, capacidade de inovação e de colocação de produtos em mercados diferenciados.
	10. Gerenciamento de resíduos	Avaliar e lançar na ISA o destino do esgoto gerado, se há coleta e tratamento, fossa rudimentar, negra, séptica, com biodigestor, separação das águas cinzas, além do destino do lixo (doméstico e das atividades), se é queimado/descartado em local inapropriado, se é enterrado em qual local ou se é levado pelo produtor ou coletado.
	11. Segurança do trabalho	Verificar quantas pessoas fazem o manuseio de agrotóxicos e se utilizam EPI adequadamente, e também se há local para armazenamento adequado das embalagens e se faz devolução das embalagens de agrotóxicos.

Tabela 4 – Forma de obtenção dos indicadores utilizados no Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA) (continuação)

Subíndices	Indicadores	Forma de obtenção dos indicadores para lançamento na planilha ISA
Solo	12.Fertilidade do solo	Através de uma análise de solos representativa da propriedade, obter e lançar na ISA a textura do solo, os teores de argila e matéria orgânica e fósforo disponíveis, além do Ca, Mg e K trocável, a acidez ativa (pH), Al trocável, CTC efetiva e a Saturação por bases.
Qualidade da água	13.Qualidade da água	Avaliar o tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade), as alterações antrópicas, o sombreamento a partir da cobertura vegetal no leito (a partir das margens), se há erosão próxima e/ou nas margens do corpo d'água e assoreamento em seu leito, avaliar a transparência, odor, oleosidade da água, odor do sedimento e tipo de fundo. A análise de pH, Turbidez, coliformes termotolerantes e nitrato, tanto a montante, quanto a jusante do empreendimento é realizada com kits simplificados de análise em campo (Alfakit).
	14.Risco de contaminação da água	O potencial de contaminação da água com base nas características de todos os agrotóxicos, eventualmente utilizados no estabelecimento, levando em conta a textura do solo e distância da gleba e o curso d'água.
Manejo dos sistemas de produção	15.Solos degradados	Avaliar a adequação do manejo e se há sinais de degradação e erosão do solo e a tendência.
	16.Práticas de conservação	Avalia-se também o grau de adoção de medidas para a conservação dos solos em todos os sistemas de produção e o estado de conservação das estradas internas e de acesso à propriedade e a adoção de medidas para sua conservação e drenagem
	17.Estradas	Observar, avaliar e lançar na ISA se há presença de declividade transversal ou abaulamento das estradas, bem como a existência de lombadas para desvio de enxurrada e de caixas de infiltração
Diversificação da paisagem rural	18.Vegetação nativa	Observar, avaliar e lançar o estágio sucessional da vegetação nativa.
	19.APPs	Avaliar e lançar como está o uso e ocupação do solo nas APPs, as áreas antropizadas com uso consolidado passível de ser explorada + vegetação nativa e área com supressão vegetal com obrigação de recomposição da vegetação nativa, além da proporção das APPs efetivamente protegidas e com bom estado de conservação.
	20.Reserva Legal	Verificar e lançar se a vegetação nativa excedente à reserva legal(RL) exigida pelo código florestal brasileiro e se há área de RL fora do imóvel rural, avaliando se há áreas de RL não passíveis de recomposição ou que necessitem de recomposição
	21.Diversificação da paisagem	Observar o grau de adoção de práticas que auxiliam na indução da agrobiodiversidade, a diversificação da paisagem na escala do estabelecimento agropecuário e o grau de diversificação das áreas fronteiriças em relação ao estabelecimento agropecuário.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Tabela 5 - Caracterização das propriedades selecionadas no sistema de produção a pasto em Minas Gerais

Propriedades	Área Total (ha)/área para o leite	Atividades desenvolvidas	Sistema	% vacas em lactação/ total do rebanho	Produção por área (L/ha.ano)	Nível Tecnológico*	Nível de intensificação e tecnologias
<b>Caso 1</b>	33,43/16,06	Leite, Café e Milho Grão	Familiar	28	5.000	Médio	Controle parcial com fluxo de caixa e custo da atividade; Sala de ordenha canalizada com fosso e cocheira coberta; Pastagens degradadas e volumoso no cocho a maior parte do ano; não aduba pastagens.
<b>Caso 2</b>	44,00/38,47	Leite, animais e laticínios	Familiar	38	7.590	Médio	Controle de fluxo de caixa e custo total; Sala de ordenha canalizada com fosso e cocheira coberta; Pastagens reformadas em ILP e volumoso no cocho somente nas secas. Aduba pastagens nas reformas com ILP.
<b>Caso 3</b>	24,00/19,00	Leite e Animais	Familiar	34	11.500	Alto	Controle parcial com fluxo de caixa e custo da atividade; Sala de ordenha plana e canalizada e cocheira descoberta, mas sombreada; Piquetes rotacionados, formados com ILP e volumoso no cocho especialmente nas águas; aduba intensivamente as pastagens.
<b>Caso 4</b>	64,60/50,25	Leite, Animais e queijos	Patronal	29	2.138	Baixo	Controle parcial com fluxo de caixa e custo da atividade; Sala de ordenha canalizada plana com cocheira; Piquetes rotacionados adubados e mau manejados; volumoso no cocho
<b>Caso 5</b>	66,50/60,00	Leite e Animais	Patronal	36	2.550	Baixo	Controle parcial com fluxo de caixa e custo da atividade; Sala de ordenha com fosso e transferidor; Pista de trato coberta/calçada; Pastagens adubadas sem critério e degradadas; Volumoso no cocho somente nas secas.
<b>Caso 6</b>	32,20/23,80	Leite, animais e café	Familiar	31	3.823	Baixo	Não controla fluxo de caixa e custos da atividade; Curral de alimentação e sala de ordenha plana juntas; Pastagens degradadas; volumoso no cocho período seco (silagem de milho).

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

\*Nível tecnológico: Baixo < 5.000 L/ha.ano; Médio – entre 5001 L e 10000 L/ha.ano e Alto > 10.000 L/ha.ano

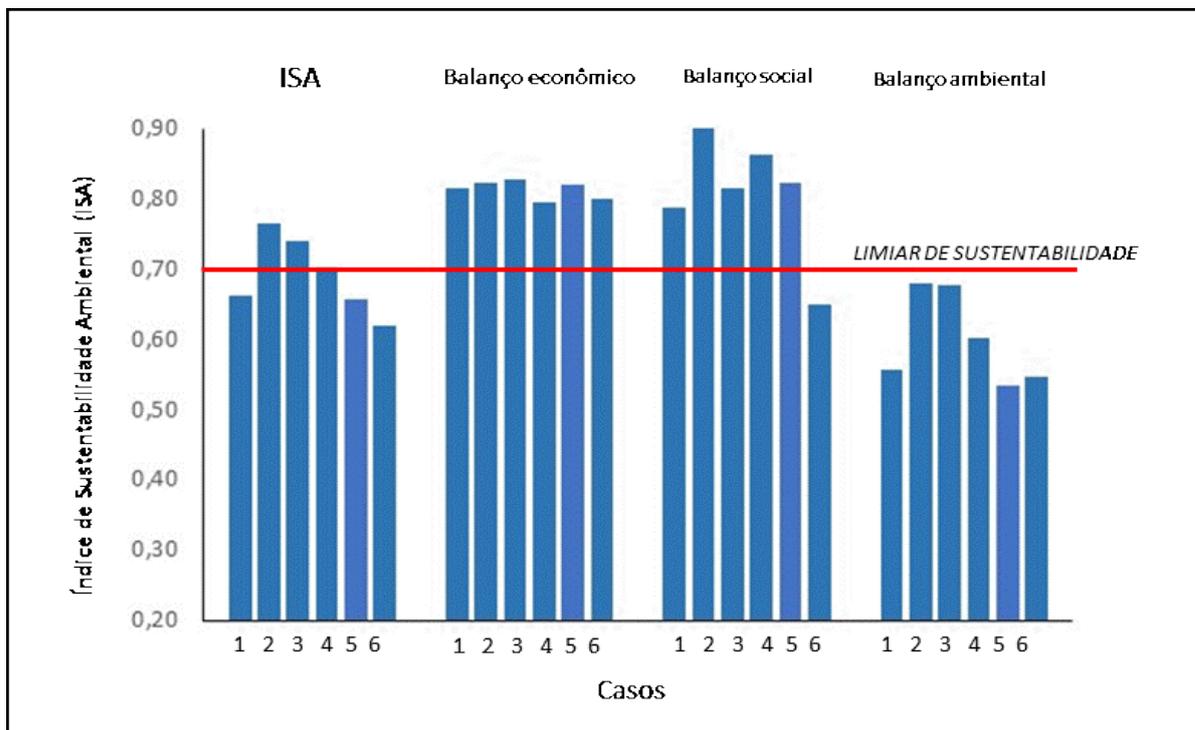
### 3.1.3.2 Avaliação do ISA e dos balanços socioeconômico e ambiental

Realizado o levantamento nas propriedades, os valores obtidos para o ISA são apresentados na Figura 4, assim como os resultados dos balanços econômico, social e ambiental. Os valores dos balanços correspondem às médias dos indicadores que compõem as três dimensões. Observa-se que três propriedades apresentaram o ISA superior ou igual a 0,7 (casos 2, 3 e 4), considerado o limiar de sustentabilidade, e três tiveram índices inferiores a esse limiar (casos 1, 5 e 6).

Ao desagregar o ISA, nos balanços econômico (4 indicadores), social (5 indicadores) e ambiental (11 indicadores), nota-se que o balanço ambiental foi inferior ao limiar de sustentabilidade em todas as propriedades. Por outro lado, todas as propriedades foram sustentáveis do ponto de vista do balanço econômico e social, exceto no caso 6. Assim, há uma predominância nas propriedades estudadas de voltar sua atenção para os aspectos econômicos e sociais. Esse fato também é observado por RIPOLL-BOSCH *et al.* (2012), que consideram que, em nível local (agricultores e consultores técnicos), é dada maior importância às questões econômicas e sociais do que à sustentabilidade ambiental.

Esforços significativos, como o caso do ISA, visam estudar quais indicadores ambientais usar e como avaliá-los, valorizá-los e integrá-los nos quadros de avaliação. Serviços ambientais prestados pelas propriedades, tais como conservação da biodiversidade ou manutenção de paisagens culturais (PIORR, 2003), são também difíceis de medir devido às escalas temporais e espaciais envolvidas (DALE; POLASKY, 2007). Por essa razão, e apesar de sua importância, esses serviços tendem a ser até mesmo ignorados em análises de sustentabilidade.

Figura 4 - Valores do ISA e dos balanços econômico, social e ambiental para as 6 propriedades estudadas



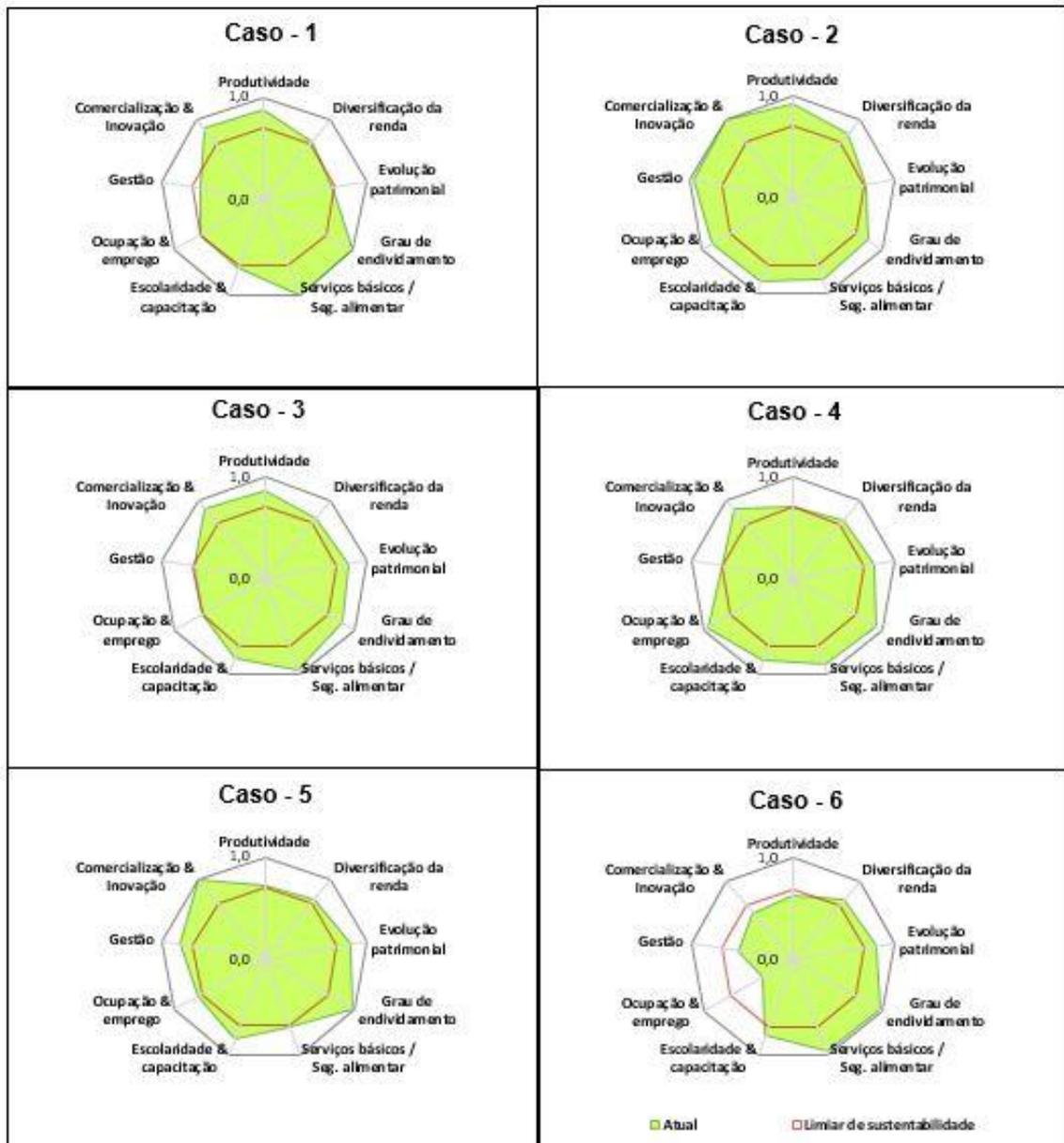
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

### 3.1.3.2.1 Análise dos indicadores socioeconômicos

Os valores dos indicadores relacionados ao balanço socioeconômico para as seis propriedades avaliadas estão apresentados na Figura 5. De um modo geral, as propriedades obtiveram bons níveis de sustentabilidade quanto aos parâmetros socioeconômicos. Nesse sentido, é possível observar que em relação à Produtividade, o caso 2 obteve maior índice final com 0,93 e, com exceção da propriedade 6, cujo índice obtido foi de 0,63, todas as demais obtiveram valores superiores ao limiar de sustentabilidade 0,7.

A Evolução Patrimonial, mostra uma estimativa do valor patrimonial do imóvel rural, analisando se houve uma evolução ou regressão ao longo do tempo. Para isso, verifica-se o preço da terra na região durante o período, as benfeitorias, equipamentos e animais existentes e adquiridos durante o período avaliado, além da ampliação ou diminuição das áreas de produção agrossilvipastoril e de agricultura irrigada. Neste caso, somente o caso 1 apresentou valor inferior a 0,7 com a menor evolução (24%) no período de 24 meses entre as 06 propriedades avaliadas, que evoluíram em 24% e 244%.

Figura 5 - Apresentação dos 09 indicadores socioeconômicos das 06 propriedades levantadas com a metodologia ISA.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Na Diversificação da Renda, todas as 06 propriedades estiveram acima do limiar 0,7, sendo que o caso 1, foi o menor indicador (0,74) e o caso 2 obteve o maior indicador, 0,81, mostrando que as propriedades estão diversificando a produção, no caso com café, milho ou agregando valor ao produto leite com a fabricação de queijos (Tabela 5).

O Grau de Endividamento apresentou a maior média global do balanço econômico atingindo 0,93. No ISA, o grau de endividamento é calculado considerando o tamanho da dívida em relação ao valor patrimonial. Dos 06 casos, o maior indicador foi o caso 1 com 0,98, que também foi a com maior índice final de sustentabilidade e o menor foi o caso 2 com 0,84.

Para o indicador de Ocupação e Emprego, o caso 6 teve seu índice final bem inferior aos demais (0,35), devido a existência de um trabalhador sem o devido registro em carteira de trabalho, mesmo que provisoriamente, como informado pelo produtor. Quanto ao indicador de Gestão, as propriedades 1 e 6 tiveram seus índices finais inferiores a 0,7, não atingindo o limiar de sustentabilidade. Ambas possuem pouca ou nenhuma anotação dos gastos e índices da propriedade. Essa situação é recorrente na grande maioria das propriedades da agricultura familiar no Brasil que não anota, não faz custos e não toma decisões em função de dados conforme OLIVEIRA; PEREIRA (2009). Já para a Comercialização e Inovação, no caso 6, o produtor está inserido em uma região onde não há grupos de comercialização e a venda é de volumes pequenos, feita a compradores de menor estrutura, que pagam valores inferiores aos demais. Esse é o único caso abaixo do limiar de sustentabilidade.

O indicador Serviços Básicos e Segurança Alimentar, que faz parte do Balanço Social, obteve a segunda maior média entre todos os 21 indicadores atingindo o valor de 0,96, abaixo somente da Evolução Patrimonial. Nesse cenário, o caso 1 obteve nota 1, a maior das 06 propriedades avaliadas, além de obter o maior valor entre todos os 21. O caso 5 obteve o menor valor no conjunto das 06 propriedades atingindo 0,72. Esse resultado reflete a região onde está inserida as propriedades estudadas. O sul de minas gerais é uma das regiões com maior desenvolvimento do estado, com elevado IDH, municípios com área territorial menor que facilita o apoio da gestão pública municipal e acesso às demais políticas públicas de saúde, educação, segurança etc.

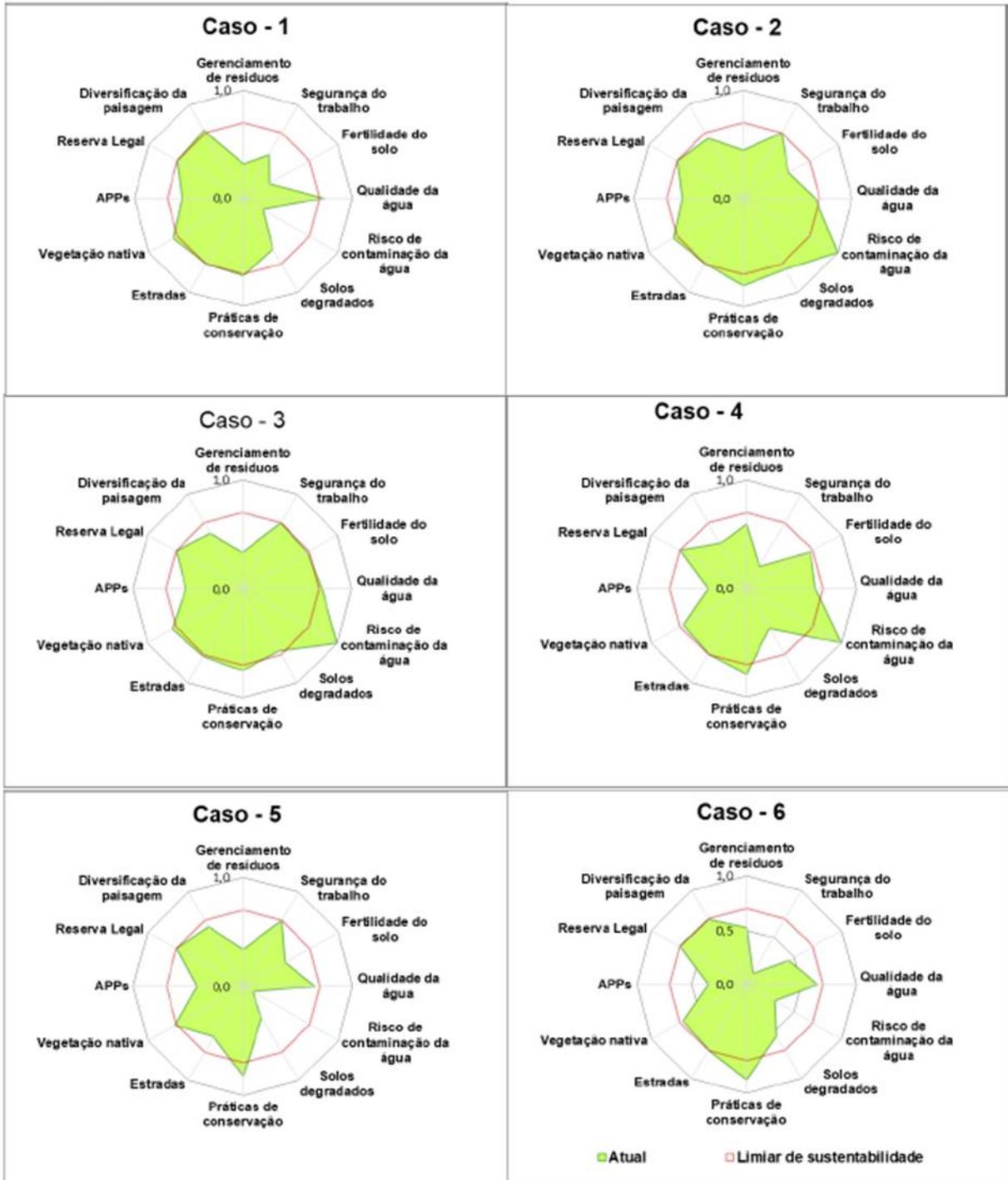
Na Escolaridade e Capacitação, todas as 06 propriedades estiveram acima do limiar de sustentabilidade 0,7, alcançando média de 0,82, com o máximo de 0,88, no caso 2, e 0,72 no caso 1. Neste caso, encontramos um jovem que por decisão própria não estava frequentando a escola, no momento em regime de ensino à distância, devido a ações preventivas contra a Covid-19.

Finalmente, no último indicador do Balanço Social, a Comercialização e Inovação atingiu a segunda maior média com o valor de 0,88, sendo que o caso 6 foi a única abaixo do limiar, obtendo 0,60. A maior pontuação foi a propriedade caso 2, que atingiu o valor 1 e foi a com maior índice final. Esse produtor agrega valor a sua produção, por meio de um pequeno laticínio, o qual reparte a produção de leite da fazenda com a venda para um laticínio regional.

### 3.1.3.2.2 *Análise do balanço ambiental*

Os resultados para os indicadores pertencentes ao Balanço Ambiental estão apresentados na Figura 6. O Gerenciamento de Resíduos foi o ponto mais crítico nos seis casos avaliados, encontrando os menores subíndices e a menor média global (0,43), estando todos abaixo do limiar de sustentabilidade. Esses valores variaram de 0,42 (caso 1) a 0,60 (caso 4). Para o indicador de Segurança no Trabalho, a média obtida foi de 0,43, sendo que três propriedades (1, 4 e 6) estavam abaixo do limiar 0,7. Nesse caso, a propriedade 6 apresentou o menor índice (0,12) pois não usava equipamentos de proteção individual (EPI's) para aplicação de agrotóxicos e não possuía um local adequado para armazenamento dos produtos e embalagens vazias para devolução, estando sujeito inclusive a penalidades pelo órgão fiscalizador do estado de minas, no caso o instituto mineiro de agropecuária(IMA). Os casos 2, 3 e 5 obtiveram o subíndice equivalente a 0,7.

Figura 6 - Apresentação dos 12 indicadores ambientais das 06 propriedades levantadas com a metodologia ISA.



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Considerando a Fertilidade do Solo, todas as propriedades ficaram abaixo do limiar de sustentabilidade, com uma média global de 0,5, sendo o caso 1 aquele com o menor subíndice (0,27). No levantamento do ISA, utiliza-se um resultado de análise de solo para esse indicador. Entretanto, muitas propriedades possuem disponível apenas uma análise da pior gleba ou área que, há muitos anos, é utilizada para plantio de silagem em sistema convencional com safra

seguida de safrinha de milho e sem cultura de cobertura no inverno. Práticas de Integração Lavoura Pecuária (ILP) têm sido difundidas na região como forma de melhorar a estrutura e fertilidade do solo, bem como mantê-lo coberto durante o inverno.

Já para a Qualidade da Água, a média global foi 0,68, e dois casos (1 e 3) apresentaram subíndice maior que o limiar, com valores de 0,74 e 0,73 respectivamente. Esse resultado indica uma melhor proteção, devido ao cercamento e replantio de essências nativas nas áreas de preservação permanente conforme previstas no Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012).

A não observação da legislação em relação a APP úmida, no entorno dos corpos d'água, bem como a falta de proteção de nascentes estão entre os fatores responsáveis pelas baixas pontuações nas propriedades. Em relação ao indicador Risco de Contaminação da Água, apenas os casos 2, 3 e 4 atingiram valores superiores ao limiar de sustentabilidade, com valor de 1. Para os demais casos, 1, 5 e 6, os valores foram, respectivamente, 0,21; 0,10 e 0,30. No levantamento utilizando a ferramenta ISA, uma limitação é o fato da não avaliação das áreas de arrendamentos e até mesmo não contíguas à propriedade avaliada, mesmo sendo utilizadas para a produção de insumos, tais como forragem e grãos para a produção. Nesse estudo, os casos 1,3 e 4 possuíam áreas arrendadas para produção de silagem e milho grão, com a utilização de agrotóxicos e os mesmos não foram avaliados pelo ISA. Assim, potenciais riscos de contaminação da água e solo, nessas áreas, não são considerados no levantamento.

Ao se observar os valores encontrados para o indicador de Solos Degradados, nota-se que somente o caso 2 obteve valor superior ao limiar (0,76), sendo também a propriedade com o maior índice final. A média global dos 06 casos foi 0,54, portanto abaixo do limiar 0,7. A maioria das propriedades na região, bem como as avaliadas no projeto, estão melhorando áreas degradadas para implantar pastagens com o sistema ILP - Integração Lavoura Pecuária, usando milho e capim para produzir silagem e após usar os piquetes ou utilizar a área já com cobertura para produzir milho em sistema de plantio direto nas safras seguintes.

Sobre as Práticas de Conservação, a média global do subíndice foi de 0,79, sendo que todos os casos obtiveram valores acima do limiar. Entretanto, os 06 casos e muitas propriedades de pecuária na região ainda possuem equipamentos antigos e ultrapassados e não utilizam plantio direto na palha, trabalhando com solo exposto e sem fazer grandes investimentos em conservação de solos. Para o indicador de Estradas, somente a propriedade 5 obteve valor menor que o limiar (0,54), sendo a média global de 0,67. No geral, nas 06 propriedades, não há problemas de acesso e escoamento da produção, apesar de obras de manutenção, tais como abaulamento do leito e caixas de contenção de enxurradas ou barraginhas com lombadas para desvio de água, ainda são bem escassas.

Em relação à vegetação Nativa, a média das 06 propriedades ficou acima do limiar, alcançando 0,71, embora duas propriedades (4 e 6) obtivessem valor 0,67. No geral, as áreas remanescentes nas propriedades estudadas e na região são protegidas pelos produtores e fiscalizadas pelo órgão competente. O indicador APP foi o que obteve a segunda pior média do total dos 21 indicadores, atingindo 0,46 de média global. Todas as 06 propriedades obtiveram valores abaixo do limiar, sendo que as piores foram o caso 4 e 6, com o subíndice 0,35. O resultado mostra claramente a falta de informação e consciência dos produtores estudados em atender a legislação federal e estadual que preconiza o não acesso de animais domésticos às áreas de APP 's através do cercamento delas.

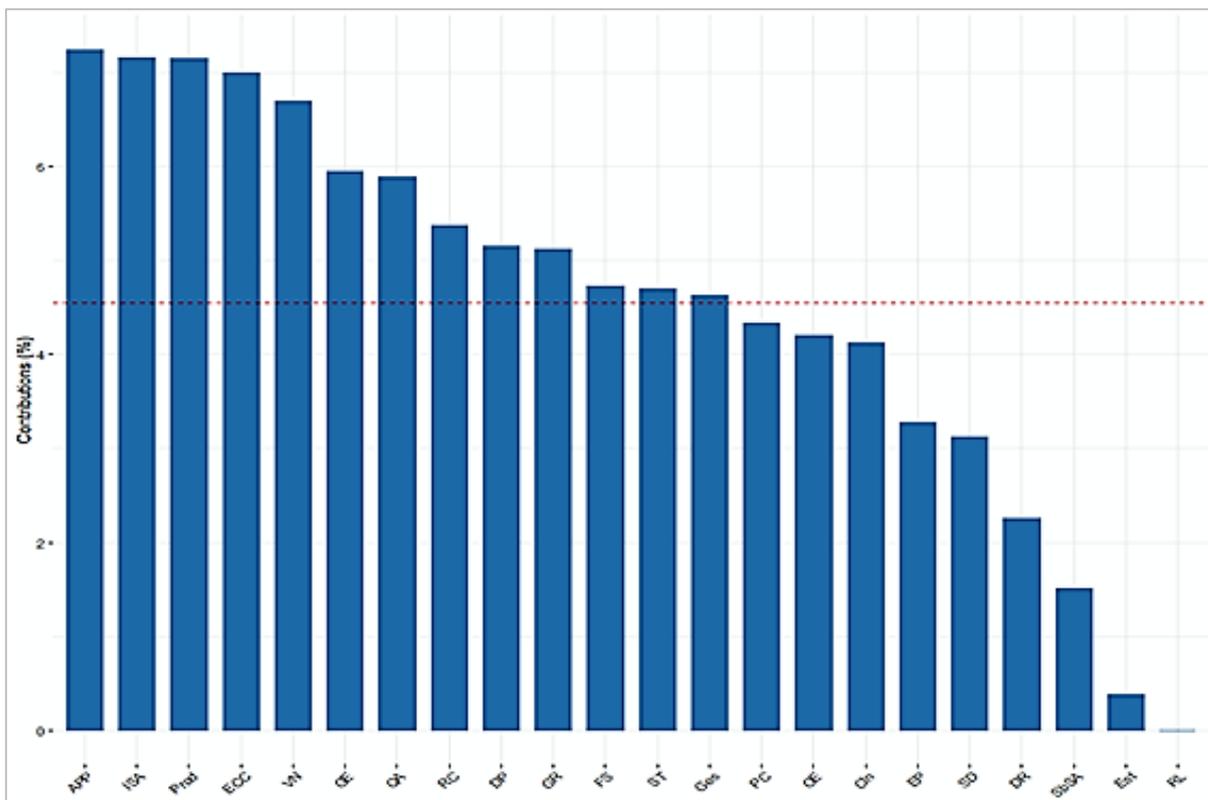
O indicador de Reserva Legal demonstrou que todas as seis propriedades já haviam elaborado o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que é um cadastro informatizado e georreferenciado da propriedade rural, indicando onde estão as áreas de uso agropecuário consolidado, bem como as nascentes, córregos, matas etc. O CAR é exigido de toda propriedade rural no País pelo código florestal brasileiro (BRASIL, 2012). Nesse aspecto todas obtiveram o valor 0,7, atingindo o limiar de sustentabilidade, o que demonstra que a legislação ambiental é atendida no que tange a Reserva Legal e reforça a importância de leis e políticas públicas que determinem aspectos e níveis de sustentabilidade a serem atingidos pelos produtores.

A Diversificação da Paisagem apresentou uma média de 0,63, sendo que apenas os casos 1 e 6 conseguiram obter valores dentro do limiar de sustentabilidade. A propriedade caso 4 obteve o menor subíndice (0,48) e o caso 1 o maior com 0,73, seguida da propriedade caso 6 com 0,7. Observa-se que não há uma preocupação em rotacionar lavouras, fazer culturas de inverno para cobrir e proteger o solo, além ligar áreas de remanescentes de mata de uma propriedade com áreas dos vizinhos buscando formar corredores ecológicos.

### 3.1.3.3 Relações entre a intensificação da produção e os desempenhos ambientais

Para a identificação das relações entre a intensificação da produção e os desempenhos ambientais foi utilizada a análise de componentes principais. As contribuições de cada um dos indicadores, além do valor final do ISA, com as duas dimensões estão apresentadas na Figura 7. A linha vermelha, delimita as variáveis com contribuições significativas. Assim, enquanto o indicador Gestão (Ges) oferece a menor contribuição às dimensões, Práticas de Conservação (PC) não oferece uma contribuição significativa.

Figura 7 - Contribuições dos indicadores e do valor final do ISA para as duas dimensões, a partir da análise com os 21 indicadores e o valor final do ISA.



Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: AAPP – área de preservação permanente, ISA – indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas, Prod – produtividade, ECC – escolaridade e cursos de capacitação, VN- vegetação nativa, GE- grau de endividamento, QA- qualidade da água, RC- risco de contaminação, DP – diversificação da paisagem, GR- gerenciamento de resíduos, FS- fertilidade dos solos, ST- segurança no trabalho, Ges – gestão, PC- práticas de conservação, GE- grau de endividamento, Cin – comercialização e inovação, EP – evolução patrimonial, SD- solos degradados, DR- diversificação da renda, Sbsa- serviços básicos e segurança alimentar, Est – Estradas e RL – reserva legal

Na Figura 8, a primeira dimensão explica 36,7% do total da variância dos dados, enquanto a segunda dimensão explica 28,3%. Observa-se também que as variáveis relacionadas no lado direito do gráfico estão positivamente correlacionadas. Assim, o índice de sustentabilidade (ISA) está correlacionado com o indicador de produtividade (Prod), expresso em L/ha.ano. Isso ocorre principalmente nos casos 2 e 3. Assim, a intensificação no sistema a pasto melhora a sustentabilidade socioeconômica e ambiental das propriedades. (BÁNKUTI *et al.*, 2020), também observaram maior sustentabilidade em propriedades leiteiras no Paraná que apresentavam maior produtividade. Resultado semelhante foi encontrado por (TOMICICH *et al.*, 2016), que analisaram sistemas a pasto, confinados e mistos. O aumento da produtividade, quando acompanhado de práticas de conservação de solos e de água tais como, plantio direto



Observa-se ainda, na Figura 8, que os indicadores ambientais Qualidade da água (QA), Vegetação nativa (VN), Área de proteção permanente (APP), Segurança do trabalho (ST) e Solos degradados (SD) são os mais correlacionados com a produtividade.

Existe uma correlação negativa nos casos avaliados entre o grau de endividamento com a maioria dos indicadores e o índice de sustentabilidade e a produtividade. Apesar da dívida não ser elevada em todos os casos, pois na avaliação do ISA, esse indicador melhora do nível de dívida “zero” elevando até o percentual de dívida de 7,5% em relação ao valor do patrimônio e decresce a partir daí, (DEPONTI; ECKERT; AZAMBUJA, 2002; FERREIRA *et al.*, 2012; RODRIGUES; CAMPANHOLA, 2003). Segundo esses autores, uma dívida contraída para investimentos e custeio da atividade a até um montante de 7,5% do valor total do patrimônio indica que a empresa rural está evoluindo tecnicamente.

Houve uma correlação positiva entre a produtividade e as áreas de APP e vegetação nativa, que pode indicar que produtores à medida que atingem melhores produtividades passam a ter maior preocupação ambiental e a atender a legislação vigente no que tange a isolar áreas de preservação permanente - APP, restringindo o acesso de animais domésticos a essas áreas com cercamento a princípio facilitando uma regeneração natural. O licenciamento ambiental ou dispensa deste, além da outorga de uso da água ou dispensa por uso insignificante, bem como o cadastro ambiental rural - CAR são exigidos nas operações de crédito rural, sendo, portanto, necessários para viabilizá-lo. De fato, observa-se que tendo sanado as questões econômicas o produtor começa a se dedicar a resolver os problemas ambientais e atender a legislação vigente.

### **3.1.4 Conclusões**

O presente trabalho objetivou avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais da produção leiteira por meio do ISA e identificar as relações entre a intensificação da produção e os desempenhos ambientais. Entre as propriedades estudadas, três propriedades apresentaram o ISA superior ou igual a 0,7, considerado o limiar de sustentabilidade, e três tiveram índices inferiores a valor.

Ao desagregar o ISA nota-se que o balanço ambiental foi inferior ao limiar de sustentabilidade em todas as propriedades. Por outro lado, as propriedades foram sustentáveis do ponto de vista do balanço econômico e social, exceto em um caso. Assim, observa-se, por parte dos produtores, uma atenção maior aos aspectos econômicos e sociais do que à sustentabilidade ambiental. Embora haja maior dificuldade em avaliar alguns aspectos

ambientais, os indicadores presentes no ISA permitiram uma avaliação integrada desses aspectos, assim como da parte econômica e social. Esse proporciona ainda uma visão global do sistema da propriedade apontando fragilidades que podem ser tratadas através de um plano de adequação socioeconômica e ambiental e potencialidades que podem ser alavancadas pelo empreendedor.

Observou-se também uma correlação positiva entre a intensificação da produção, medida em L.ha/ano, os desempenhos ambientais nas propriedades estudadas e indicadores econômicos e sociais. Esse resultado demonstra que o aumento da produtividade, quando acompanhado de práticas ambientalmente corretas, permite uma manutenção ou melhoria dos indicadores ambientais.

É difícil extrapolar os resultados de fazendas para sistemas agrícolas ou tipos agrícolas, pois é necessário considerar muitas outras variáveis, incluindo tamanho e estrutura da fazenda, localização, atividades fora da fazenda, habilidades de manejo ou os objetivos do agricultor. Entretanto, os resultados encontrados no presente trabalho contribuem para a discussão sobre a relação entre aumento de produtividade e preservação ambiental, indicando caminhos para auxiliar produtores rurais e gestores de políticas públicas a atingirem essa meta.

## Referências

ALMEIDA, Mariza De e BACHA, Carlos José Caetano. Literatura sobre eficiência na produção leiteira brasileira. **Revista de Política Agrícola**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 20, 2021.

BÁNKUTI, F I et al. Farmers ' actions toward sustainability : a typology of dairy farms according to sustainability indicators. **Animal, The International Journal of Animal Biosciences**, Paraná, v. 14, p. s417–s423, 2020.

BAVA, L. et al. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production?. **Journal of Dairy Science**, Itália, v. 97, n. 7, p. 4579–4593, 2014.

BENOIT, M. e LAIGNEL, G. Energy consumption in mixed crop-sheep farming systems: What factors of variation and how to decrease?. **Animal**, França, v. 4, n. 9, p. 1597–1605, 2010.

BERRE, David et al. Finding the right compromise between productivity and environmental efficiency on high input tropical dairy farms: A case study. **Journal of Environmental Management**, França, v. 146, p. 235–244, 2014.

BRASIL. **Lei Nº 12.727 de 17 DE outubro DE 2012. Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012.** Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 7 nov. 2021.

CHOBTANG, Jeerasak et al. Life cycle environmental impacts of high and low intensification

pasture-based milk production systems: A case study of the Waikato region, New Zealand. **Journal of Cleaner Production**, Nova Zelândia, v. 140, p. 664–674, 2017.

COSTA, José Ladeira Da. Indicadores técnicos de eficiência e renda na propriedade leiteira. **Economia Aplicada**. Viçosa, n. 5, p. 1–10, 2005.

DALE, Virginia H. e POLASKY, Stephen. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. **Ecological Economics**, Estados Unidos, v. 64, n. 2, p. 286–296, 2007.

DEPONTI, C.M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J.L.B. **Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas** \*. 4. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2002. v. 3.

DIAZABAKANA, Ambre et al. **A review of farm level indicators of sustainability with a focus on cap and fadn about the FLINT Project - FLINT Farm Level Indicators for New Topics in Policy Evaluation**. Holanda, n. 613800, p. 1–101, 2014.

FAO. Dairy market review, Food and Agriculture Organisation of the United Nations. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Itália, n. April, p. 1–13, 2021.

FAO. Transforming the livestock sector through the Sustainable Development Goals. 1. ed. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Roma, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/CA1201EN/ca1201en.pdf>>.

FERREIRA, J. et al. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p. 12–25, 2012.

GOMES, Sebastião Teixeira. Síntese do Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais. **Ocean Modelling**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 1361–1369, 2005.

GONZALEZ-MEJIA, Alejandra et al. Metrics and methods for characterizing dairy farm intensification using farm survey data. **PLoS ONE**, Estados Unidos, v. 13, n. 5, p. 1–18, 2018.

JAN, Pierrick et al. Production intensity in dairy farming and its relationship with farm environmental performance: Empirical evidence from the Swiss alpine area. **Livestock Science**, Suíça, v. 224, n. March, p. 10–19, 2019.

KANTER, David R. et al. Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. **Agricultural Systems**. Elsevier Ltd. Estados Unidos, Jun. 2018.

MA, Wanglin e BICKNELL, Kathryn e RENWICK, Alan. Production intensification and animal health expenditure on dairy farms in New Zealand. **Journal of Dairy Science**, Nova Zelândia, v. 103, n. 2, p. 1598–1607, 2020.

MAPA. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo**. Brasília - DF: [s.n.], 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2018-2019-2028-2029/view>>.

MINAS GERAIS. **Diário Oficial do Executivo do Estado de Minas Gerais**. Imprensa Oficial

de Minas Gerais, Belo Horizonte, 20 Dec. 2012. , v. 237, p. 72. Disponível em: <<https://www.jornalminasgerais.mg.gov.br/Home/pesquisaAvancada?text=isa&datai=2012-12-20&dataf=2012-12-20>>.

OLIVEIRA, A. e PEREIRA, D. Gestão econômica de sistemas de produção de bovinos leiteiros. **I Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável**, Mato Grosso, v. 1, n. December, p. 106–133, 2009.

PIORR, Hans Peter. Environmental policy, agri-environmental indicators and landscape indicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Alemanha, v. 98, n. 1–3, p. 17–33, 2003.

RIPOLL-BOSCH, R. et al. An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification. **Agricultural Systems**, Espanha, v. 105, n. 1, p. 46–56, 2012.

ROCHA, Denis Teixeira Da e CARVALHO, Glauco Rodrigues e RESENDE, João Cesar De. Cadeia Produtiva Do Leite No Período. **Revista de Economia e Agronegócio**, Juiz de Fora, v. 8, n.2, p. 177–198, 2020.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti e CAMPANHOLA, Clayton. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do Novo Rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Jaguariúna, v. 38, n. 4, p. 445–451, 2003.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti e MARTINS, Carlos Roberto e DE BARROS, Inácio. Sustainability assessment of ecological intensification practices in coconut production. **Agricultural Systems**, Brasil, v. 165, n. January 2018, p. 71–84, 2018.

RYAN, Mary et al. Developing farm-level sustainability indicators for Ireland using the Teagasc National Farm Survey. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, Irlanda, v. 55, n. 2, p. 112–125, 2016.

SILVA, Camila Stefaní de Sousa e BRAGAGNOLO, Cassiano. Eficiência Técnica E Ambiental Da Pecuária Leiteira Na Região Do Triângulo Mineiro E Alto Paranaíba. **Revista de Economia e Agronegócio**, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 242–261, 2018.

SOTERIADES, Andreas Diomedes et al. The relationship of dairy farm eco-efficiency with intensification and self-sufficiency. Evidence from the French dairy sector using life cycle analysis, data envelopment analysis and partial least squares structural equation modelling. **PLoS ONE**, Reino Unido, v. 11, n. 11, p. 1–21, 2016.

STEINFELD, H. et Al. **Designing genetic impact assessment for crossbreeding with exotic beef breeds in mixed farming systems**. 1. ed. [S.l.]: FAO 2006, 2021. v. 50. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/a0701e/a0701e00.htm>>.

TOMICH, T. e PEREIRA, L. e PAIVA, C. Pecuária de leite no Brasil - Cenários e avanços tecnológicos. **Avanços tecnológicos para a redução do impacto da pecuária no meio ambiente**. 1ª ed. Embrapa, Brasília, 2016. p. 383–400.

## 4.1 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM PROPRIEDADES LEITEIRAS NO SISTEMA A PASTO E CONFINADO PELO MÉTODO ISA NO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

### 4.1.1 Introdução

A pecuária leiteira tem grande importância social e econômica no Brasil. O país possui mais de 1 milhão de propriedades produtoras de leite, com predomínio de pequenas e médias propriedades, empregando aproximadamente 4 milhões de pessoas (MAPA, 2019). Além disso, o Brasil é o quarto maior produtor de leite do mundo, precedido pela Índia, Paquistão e Estados Unidos da América (FAO, 2021), tendo produzido, em 2020, 35,4 bilhões de litros, com 16,1 milhões de vacas ordenhadas. O estado de Minas Gerais foi o maior produtor no país com 9,7 bilhões de litros, o que equivale a 27% da produção nacional (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).

Ao longo das últimas duas décadas, a produção de leite no Brasil aumentou em torno de 80%, utilizando praticamente o mesmo número de vacas ordenhadas, graças à elevação da produtividade do rebanho. Outras mudanças ocorreram na estrutura de produção, entre elas uma redução expressiva do número de produtores e a intensificação dos sistemas de produção. Assim, devido à adoção de novas tecnologias, foi possível um aumento significativo da produtividade dos animais, da terra e da mão de obra e conseqüentemente da escala de produção das fazendas (ROCHA *et al.*, 2020).

A produtividade e gestão das propriedades estão diretamente relacionadas com os sistemas de produção do leite. De acordo com Sorio (2018), o sistema típico no Brasil é o extensivo em pastagens, mas existem sistemas mais tecnificados que utilizam de suplementação com volumosos e concentrados (semi-intensivos), além de sistemas intensivos em confinamento, especialmente nas regiões de maior produção e produtividade.

Desde 2020, a pecuária leiteira brasileira passa por uma migração de sistemas semiconfinados para sistemas em que há o confinamento total das vacas em lactação, conforme o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA (2022). De acordo com esse relatório, levantamentos identificaram uma mudança no perfil produtivo das propriedades leiteiras em importantes regiões produtoras do país, como oeste do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e no sul de Minas Gerais.

Para Bewley *et al.* (2017), nos sistemas confinados é possível unir os principais elementos que geram eficiência na pecuária leiteira, redução de custos e aumento da receita, tanto em volumes totais quanto em valor por litro. Segundo esses autores, esta é, portanto, uma

alternativa que tende a aumentar a produção média por animal, além de propiciar um melhor aproveitamento das áreas agricultáveis (BEWLEY *et al.*, 2017). Entretanto, os efeitos dessa intensificação sobre o impacto ambiental da produção de leite não estão completamente esclarecidos (BAVA *et al.*, 2014), sendo que, no Brasil, existem poucos estudos que busquem relacionar as eficiências técnica e econômica com a eficiência ambiental na produção de leite (ALMEIDA; BACHA, 2021).

Autores como BAVA *et al.* (2014), CHOBTANG *et al.* (2017), JAN *et al.* (2019), e SOTERIADES *et al.* (2016) demonstraram que a intensificação pode gerar efeitos ambientais negativos, como desmatamento, perda de biodiversidade e emissões de gases de efeito estufa, relacionando negativamente a sustentabilidade ambiental com a produção de leite/vaca e com o uso de silagem de milho e concentrados obtidos fora da propriedade. Por outro lado, Berre *et al.* (2014) demonstraram a possibilidade de maximizar a produção de leite com a minimização dos impactos ambientais, trabalhando com diferentes cenários em uma região tropical. Já RYAN *et al.* (2016) e BENOIT; LAIGNEL (2010) demonstraram que as fazendas de leite de melhor desempenho, do ponto de vista econômico, também tendem a ser as de melhor desempenho do ponto de vista da sustentabilidade ambiental.

No Brasil, três sistemas intensivos são usados para produzir leite em confinamento: *free stall*, *compost barn* e pista de alimentação. O sistema *free stall*, que foi criado em 1960 no estado de Washington nos Estados Unidos Unidos (ALBRIGHT, 1964), consiste em um galpão com camas individuais (geralmente de areia), com acesso livre para os animais a corredores de concreto que levam a uma pista concretada com os comedouros e bebedouros, além da sala de ordenha.

O sistema de *compost barn*, também teve origem nos Estados Unidos, no estado de Minnesota em 2001 e consiste em um galpão para uso comum de todas as vacas, com uma área de cama de maravalha de madeira, palha de café ou outro material absorvente que fornece carbono para a reação de compostagem, juntamente com os dejetos dos animais. Há uma pista de alimentação usualmente concretada, com cochos para volumosos e bebedouros (BARBERG *et al.*, 2007).

Também há um sistema de produção confinada, onde os animais, assim como nos dois anteriores, recebem alimentação volumosa e concentrada no cocho o ano todo, mas ficam em áreas abertas, normalmente sem pavimentação ou cobertura, tendo livre acesso a uma pista usualmente coberta e concretada onde recebem alimentação.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar se existem diferenças no desempenho de sustentabilidade entre propriedades leiteiras no sistema a pasto e confinadas,

no sul do estado de Minas Gerais. Para isso, o desempenho desses dois grupos foi analisado usando o Indicador de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA). Analisadas as diferenças, foram propostas mudanças para melhorar a sustentabilidade das propriedades pesquisadas.

O ISA foi desenvolvido pela Epamig - Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, com participação de entidades relacionadas à pesquisa, ensino e extensão rural no estado de Minas Gerais. Seu objetivo é de mensurar os impactos das atividades econômicas no meio rural e buscar a integração entre a produção agrícola, o processamento e as práticas de recuperação, preservação e conservação ambiental para garantir a sustentabilidade das atividades agrícolas, tendo o produtor como gestor do espaço rural. Em dezembro de 2012, um decreto do estado de Minas Gerais aprovou o uso desse indicador na formulação, implementação e monitoramento de planos, programas, projetos e ações que buscam a melhoria dos processos de produção agrícola (MINAS GERAIS, 2012).

Os indicadores relacionados com o balanço econômico operam verificando a produtividade e o valor de venda das atividades de maior peso na receita monetária total do estabelecimento. É avaliada a composição da renda do produtor, considerando também se ocorre concentração de renda em uma única atividade. Além disso, verifica-se a evolução patrimonial do estabelecimento em um determinado tempo e seu grau de endividamento.

Com os indicadores relacionados ao balanço social verificam-se questões relativas à disponibilidade das pessoas envolvidas na produção de bens e de serviços essenciais como água, coleta de lixo, energia elétrica, telefone, internet, acesso regular ao transporte público e ao transporte escolar, serviço de saúde e segurança alimentar (disponibilidade de frutas, hortaliças e criações como fontes de proteína animal). São verificados ainda o grau de escolaridade e o acesso a cursos de capacitação de todas as pessoas envolvidas no empreendimento, além da frequência de crianças em idade escolar no ensino regular.

Os indicadores relacionados com a gestão avaliam a capacidade do produtor rural nessa área, com base no uso de instrumentos adequados de controle, administração e acesso a informações relativas ao negócio, assim como alguns aspectos relacionados com os resíduos gerados e de medidas de segurança, quando se utilizam agrotóxicos e produtos veterinários. Verifica-se o grau de adoção de algumas ferramentas de gestão, tais como: contabilidade; acesso à assistência técnica; participação de formas associativas; regularização ambiental e acesso ao crédito.

Verifica-se também se há busca de informações de mercado, aplicação de tecnologias inovadoras, capacidade de inovação e de colocação de produtos em mercados diferenciados.

Os indicadores relacionados com a qualidade do solo e da água avaliam a capacidade do ambiente para prover os recursos mínimos necessários à manutenção dos sistemas de produção, assegurando uma produtividade estável com retorno econômico para o agricultor. São avaliados nove parâmetros relacionados com as propriedades químicas e físicas do solo. São feitas avaliações da qualidade da água de nascentes, dos corpos d'água que passam pelo estabelecimento, tanto a montante, quanto a jusante e da água subterrânea, avaliando o impacto das atividades produtivas nos corpos hídricos. Avalia-se também o potencial de contaminação da água com base nas características dos agrotóxicos, eventualmente utilizados no estabelecimento levando em conta a textura do solo e distância da gleba e o curso d'água, modalidade de plantio com e sem revolvimento.

Já os indicadores relacionados com o manejo dos sistemas de produção avaliam a adequação do manejo em curso com base no diagnóstico de sinais de degradação e erosão do solo. Avalia-se também o grau de adoção de medidas para a conservação dos solos em todos os sistemas de produção e o estado de conservação das estradas internas e de acesso à propriedade e a adoção de medidas para sua conservação e drenagem.

Por fim, os indicadores relacionados com a diversificação da paisagem rural e conservação da vegetação nativa avaliam o estado de preservação das áreas com vegetação nativa e o nível de fragmentação destes habitats no estabelecimento. São verificados o estado de conservação das áreas de preservação permanente (APP), e avaliado o cumprimento da legislação em vigor em relação à exigência de Reserva Legal (RL), em conformidade com o Código Florestal Brasileiro. Observa-se o grau de adoção de práticas que auxiliam na indução da agrobiodiversidade, a diversificação da paisagem na escala do estabelecimento agropecuário e o grau de diversificação das áreas fronteiriças em relação ao estabelecimento agropecuário.

## **4.1.2 Materiais e métodos**

### **4.1.2.1 Fonte de dados**

Para este trabalho o Indicador de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA) foi aplicado em seis propriedades com produção de leite a pasto e seis com sistema confinado (*compost barn*(04), *free stall*(01) e pista de trato(01)), situadas no sul de Minas Gerais, no período de março a outubro de 2021. De forma geral, a produção a pasto nesta região pode ser caracterizada pela utilização de forrageiras tropicais como fonte principal de volumoso nos meses quentes e úmidos (outubro a março) e alimentação volumosa no cocho, tais como

silagens e cana-de-açúcar picada nos períodos de baixas temperatura e umidade do ano (abril a setembro).

#### 4.1.2.2 O Indicador de Sustentabilidade Ambiental (ISA)

O ISA utiliza um conjunto de 21 indicadores agrupados em sete subíndices, envolvendo as dimensões econômica, social e ambiental (FERREIRA *et al.*, 2012), conforme a Tabela 6 e detalhados a seguir.

Tabela 6 - Dimensões e indicadores do Índice de Sustentabilidade de Agroecossistemas (ISA)

ISA	Dimensões	Indicadores
Índice de Sustentabilidade de Agroecossistemas	Balanço econômico $BalEc = \frac{\sum_{i=1}^4 I_i}{4}$	Produtividade (Prod)
		Diversificação da renda (DR)
		Evolução patrimonial (EP)
		Grau de endividamento (GE)
	Balanço social $BalS = \frac{\sum_{i=1}^5 I_i}{5}$	Serviços básicos/Seg. alimentar (SbSA)
		Escolaridade e Cursos de Capacitação (ECC)
		Ocupação e Emprego (OE)
		Gestão da informação (Ges)
		Comercialização & Inovação (Cin)
	Balanço ambiental $BalAm = \frac{\sum_{i=1}^{12} I_i}{12}$	Gerenciamento de resíduos (GR)
		Segurança do trabalho (ST)
		Fertilidade do solo (FS)
Qualidade da água (QA)		
		Risco de contaminação da água (RC)
		Solos degradados (SD)
		Práticas de conservação (PC)
		Estradas (Est)
		Vegetação nativa (VN)
		APPs (APP)
		Reserva Legal (RL)
		Diversificação da paisagem (DP)

Fonte: Elaborada pelos autores com base em FERREIRA *et al.* (2012)

Para cada um dos 21 indicadores é gerado um índice que varia de 0 a 1, obtido a partir de funções que atribuem valor às variáveis, ao comparar o valor aferido no estabelecimento com o valor de referência, utilizando-se fatores de ponderação para cada parâmetro avaliado. A seguir um índice final, também no intervalo de 0 a 1, é calculado a partir da média aritmética simples das notas atribuídas aos indicadores. A nota 0,7 é considerada o valor de base, ou limiar de sustentabilidade, para um bom desempenho ambiental, social e econômico. O sistema ISA permite, após concluído o preenchimento da planilha, identificar os indicadores abaixo da linha de base 0,7 e, em conjunto com o responsável pelo empreendimento, traçar um plano de adequação socioeconômica e ambiental (PASEA) para a propriedade, visando corrigir os pontos críticos encontrados na propriedade ao longo do tempo.

No balanço econômico identificou-se a produtividade e o preço de venda apurados, que foram comparadas com referências técnicas da região. Foi avaliado o perfil e diversificação da renda, procurando identificar se a propriedade está concentrando a produção em um único produto. Foi ainda identificada a evolução patrimonial, onde se avalia os investimentos em melhorias de infraestrutura de produção, além do grau de endividamento da propriedade e do empreendimento.

Para o balanço social, foi avaliada a disponibilidade de serviços básicos disponíveis para as famílias do produtor e funcionários, além da segurança alimentar no entorno das residências considerando a existência de hortas, pomares e criações para autoconsumo. Também se avalia o nível de escolaridade e a participação em cursos direcionados às atividades agrossilvipastoris e finalmente observa-se a qualidade da ocupação e do emprego gerado na propriedade.

O Balanço Ambiental corresponde a uma avaliação do gerenciamento de resíduos e efluentes da propriedade, além da qualidade da água superficial e subterrânea utilizada, bem como do risco de contaminação da água por agrotóxicos. Também é avaliado o estágio de degradação e as práticas conservacionistas nas áreas de produção. O estado de conservação da vegetação nativa, áreas de preservação permanente (APPs) e reserva legal (RL), além da diversificação da paisagem agrícola também são avaliados.

### **4.1.3 Resultados e discussão**

#### 4.1.3.1 Levantamento de dados

##### 4.1.3.1.1 *Levantamento de dados das propriedades*

A Tabela 7 mostra as principais características das 12 propriedades levantadas, sendo os casos 1 a 6 no sistema a pasto e casos 7 a 12 no sistema confinado utilizadas para a obtenção dos indicadores de sustentabilidade.

Tabela 7 - Caracterização das propriedades selecionadas no sistema de produção a pasto (caso 1 a 6) e confinadas (caso 7 a 12) em Minas Gerais.

Propriedades/ Sistema	Área total usada para a atividade de leite (%)	Atividades desenvolvidas	Sistema de trabalho	Nº Vacas Lactação/ Nº total animais	Produtividade (L/ha.ano)	Nível Tecnológico*	ISA
Caso 1/Pasto	48,0	Leite, Café e Milho Grão	Familiar	11/38	5.000	Médio	0,66
Caso 2/Pasto	87,5	Leite, animais e laticínios	Familiar	61/160	7.590	Médio	0,76
Caso 3/Pasto	79,0	Leite e Animais	Familiar	32/95	11500	Alto	0,74
Caso 4/Pasto	77,0	Leite, animais e queijo	Patronal	23/80	2.138	Baixo	0,70
Caso 5/Pasto	90,2	Leite e Animais	Patronal	36/100	2.550	Baixo	0,66
Caso 6/Pasto	74,0	Leite, animais e café	Familiar	20/65	3.823	Baixo	0,62
Caso 7/Confin.	55,5	Leite, café, milho e aves com abatedouro	Patronal	50/130	8.100	Médio	0,70
Caso 8/Confin.	78,4	Leite e café	Familiar	130/270	22.300	Alto	0,73
Caso 9/Confin.	93,5	Leite	Patronal	169/50	5.570	Médio	0,65
Caso 10/Confin.	82,2	Leite	Familiar	252/110	19.000	Alto	0,71
Caso 11/Confin.	53,0	Leite	Patronal	120/60	21.000	Alto	0,70
Caso 12/Confin.	51,8	Leite	Familiar	73/30	11.283	Alto	0,73

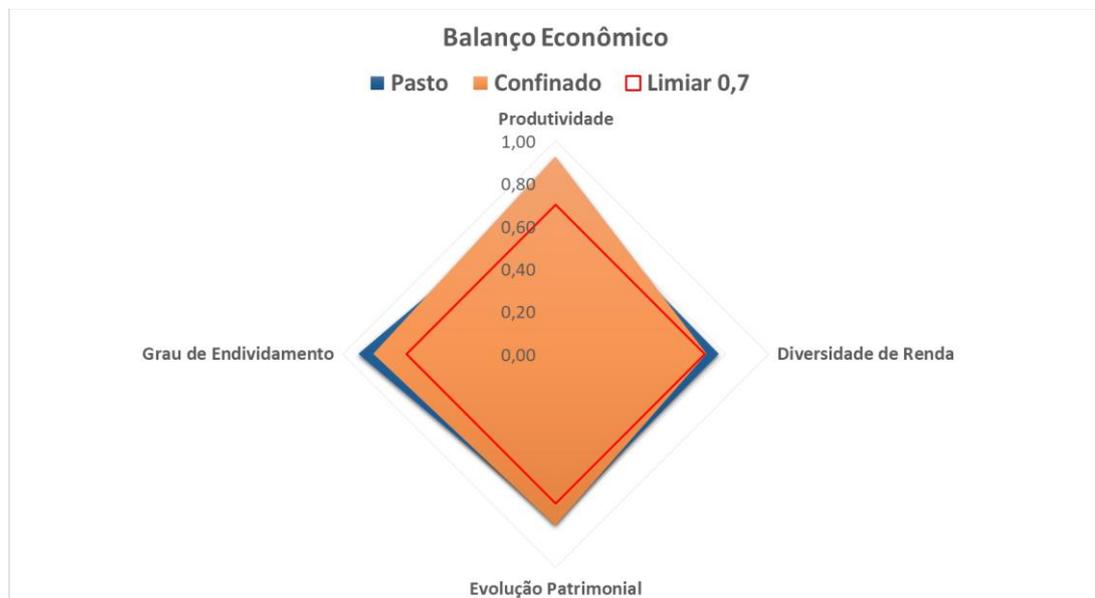
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Nota: \*Nível tecnológico: Baixo < 5.000 L/ha.ano; Médio – entre 5001 L e 10000 L/ha.ano e Alto > 10.0001L/ha.ano.

#### 4.1.3.1.2 Levantamento dos indicadores

No balanço econômico, conforme pode ser observado na Figura 9, a média das propriedades do indicador produtividade no sistema confinado (0,93) foi superior ao sistema pasto (0,78), mostrando que nesse sistema a produção por área (L/ha) e por animal (L/vaca) é superior. Mas os sistemas confinados apresentam uma maior especialização na produção leiteira, focando em um único produto, fato que é comprovado pela média menor na diversidade de renda (0,71) em comparação com o sistema a pasto (0,78), no qual os produtores obtêm renda de outras atividades, como grãos e até mesmo a agroindustrialização de pequeno porte. Na evolução patrimonial, a média das propriedades nos sistemas confinados (0,80) foi maior que a média das propriedades no sistema a pasto (0,78) pelo fato das propriedades confinadas estarem investindo mais em maquinários, equipamentos e instalações para otimizar a produção e produtividade. O indicador do grau de endividamento do sistema confinado foi menor (0,86), que a média do sistema a pasto (0,93), apesar dos valores nominais das dívidas das propriedades confinadas serem elevados, o patrimônio global dessas propriedades é bem superior à do sistema a pasto.

Figura 9 - Balanço econômico.

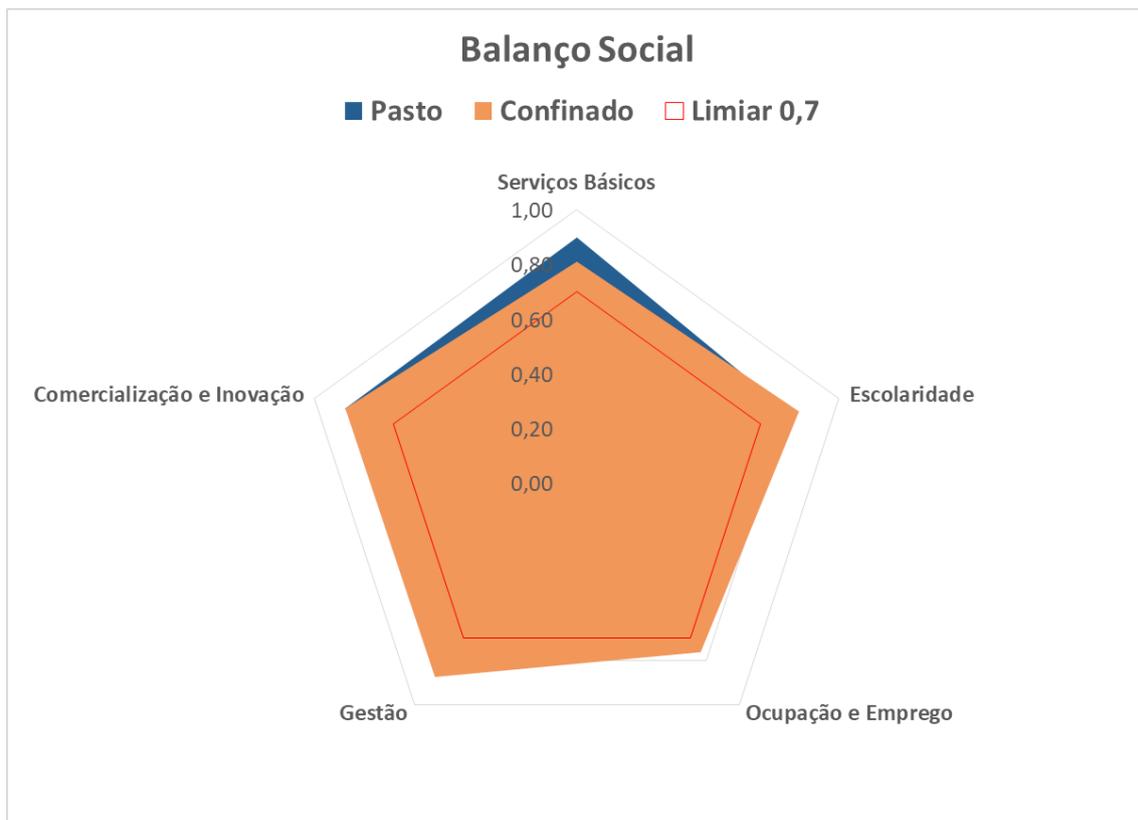


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O balanço social, conforme observa-se na Figura 10, a média do indicador serviços básicos ofertados às famílias dos trabalhadores residentes no imóvel das propriedades do sistema a pasto foi superior (0,90) ao sistema confinado (0,81). Isso pode ser explicado pelo

fato de as propriedades no sistema a pasto serem conduzidas basicamente pelos proprietários, com poucos funcionários e que investem mais nos componentes desse indicador do que as fazendas no sistema confinado, com mais funcionários contratados. O nível de escolaridade do sistema confinado foi superior (0,85) a média do sistema a pasto (0,82), mostrando um maior investimento nessa área, provavelmente por ser esta uma atividade mais tecnificada. Também foi superior no sistema confinado (0,76) em relação à média do sistema a pasto (0,72) o indicador ocupação em emprego, o que pode ser explicado por uma maior atenção às legislações trabalhistas quando se tem funcionários contratados. A gestão nas propriedades do sistema confinado foi superior (0,88), ao sistema a pasto (0,72), mostrando um maior investimento e especialização para administrar as propriedades confinadas. Por fim, o indicador: comercialização e inovação, não mostrou diferença entre os sistemas apresentando média 0,88. Provavelmente devido a elevada presença de cooperativas e associações de produtores na região e pelo adequado acesso a informações digitais atualmente acessíveis a todos os produtores.

Figura 10 - Balanço social



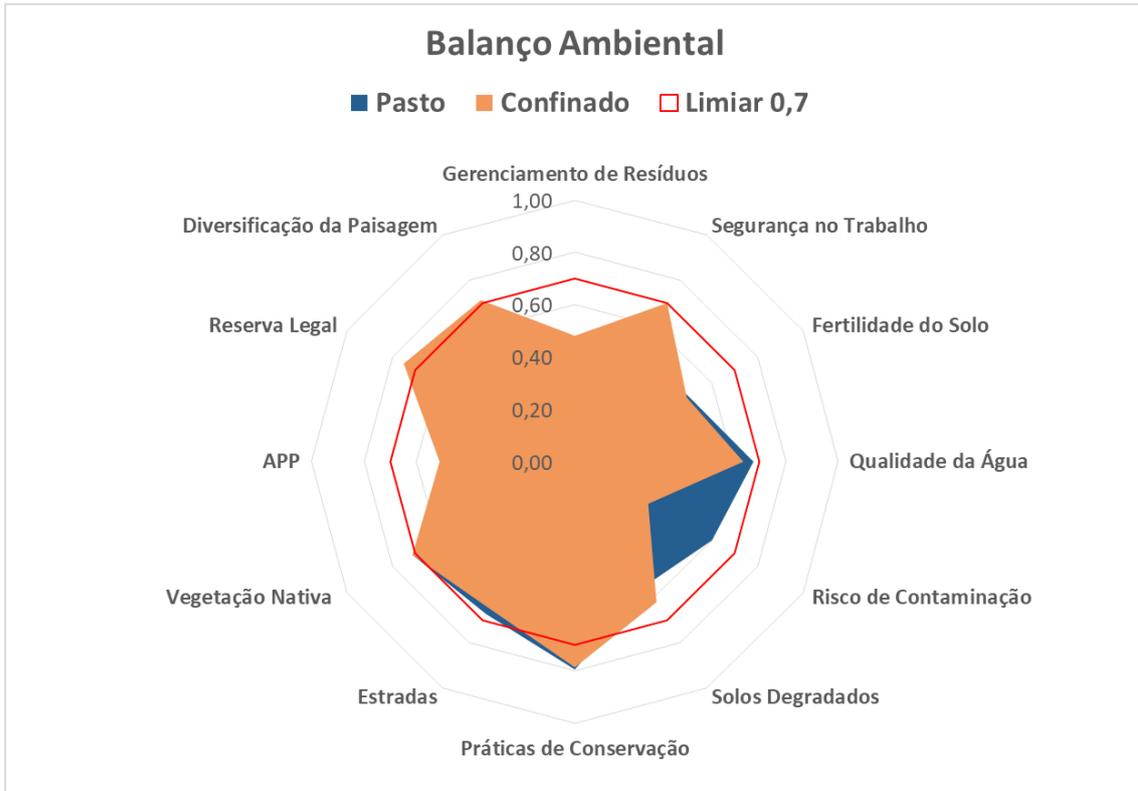
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O balanço ambiental foi a dimensão com menor índice final médio das 12 propriedades (0,61), sendo que no sistema confinado obtiveram média ligeiramente superior (0,61) em relação as no sistema a pasto (0,59). Essa situação, provavelmente se explica por uma atenção maior dos produtores, independente do sistema de produção, às questões econômicas focadas em primeiro plano para permanência no mercado, às sociais, principalmente no que se refere a fiscalização quanto a legislação trabalhista. Já as questões ambientais, mesmo com o elevado interesse da sociedade nos últimos anos, não recebem na mesma intensidade das outras dimensões.

Conforme observa-se na figura 11, o indicador gerenciamento de resíduos foi o ponto mais crítico entre os 21 indicadores avaliados no ISA nas 12 propriedades. Apesar disso, a medida em que a fiscalização ambiental vem chegando mais próxima às propriedades, aliado a orientação dos ganhos econômicos e ambientais no tratamento e uso dos dejetos, muitos sistemas tem sido implantados com sucesso na região.

Para o indicador de Segurança no Trabalho, a média obtida foi de 0,59, com tendência de melhor desempenho nas propriedades confinadas (média 0,70), em comparação com as do sistema a pasto (média 0,44). As três propriedades no sistema a pasto (1, 4 e 6) estavam abaixo do limiar 0,7. Nesse caso, a propriedade 6 apresentou o menor índice (0,12) pois não usava equipamentos de proteção individual (EPI's) para aplicação de agrotóxicos e não possuía um local adequado para armazenamento dos produtos e embalagens vazias para devolução, estando sujeito inclusive a penalidades pelo órgão fiscalizador do Estado de Minas Gerais, no caso o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) ou a polícia militar ambiental.

Figura 11 - Balanço ambiental



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Na avaliação da Fertilidade do Solo, todas as propriedades ficaram abaixo do limiar de sustentabilidade. O caso 1, que está no sistema a pasto, obteve o menor subíndice (0,27). Uma possível explicação para essa média baixa, é pelo fato que no levantamento do ISA, é utilizado um resultado de análise de solo disponível na propriedade para esse indicador. Entretanto, muitas propriedades possuem disponível apenas uma análise da pior gleba ou área que, há muitos anos é utilizada para plantio de milho silagem em sistema convencional com safra seguida de safrinha de milho e sem cultura de cobertura no inverno, que ocasiona esgotamento de solo. A prática de Integração Lavoura Pecuária (ILP) têm sido difundidas na região como forma de melhorar a estrutura e fertilidade do solo, bem como o uso de plantas de cobertura durante o inverno.

Também para a Qualidade da Água, a média global foi 0,66, ficando abaixo do limiar de sustentabilidade, sendo que a média do sistema a pasto foi 0,68, contra 0,64 do sistema confinado. Entre as 12 propriedades avaliadas, 05 casos (1, 3, 8, 9 e 10) apresentaram subíndice maior que o limiar. Esse resultado indica uma maior atenção e proteção, com o cercamento e replantio de essências nativas nas áreas de preservação permanente conforme previstas no Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), além de uma preocupação com estruturas, mesmo

que simplificadas de captação de água nas nascentes. Já a não observação da legislação em relação a APP úmida, no entorno dos corpos d'água, bem como a falta de proteção de nascentes estão entre os fatores responsáveis pelas baixas pontuações nas propriedades.

Em relação ao indicador Risco de Contaminação da Água, a média foi 0,46, a 2ª menor média entre os 21 indicadores, sendo que o sistema a pasto obteve média de 0,60 e o confinado 0,32. Apenas os casos 2, 3 e 4, todas no sistema a pasto, atingiram valores superiores ao limiar de sustentabilidade, com valor de 1. No sistema confinado, todas as 06 propriedades não atingiram o limiar 0,7. Esses resultados provavelmente são explicados por uma maior intensificação das propriedades confinadas com maior uso de insumos, especialmente agrotóxicos, sem as devidas precauções no uso, armazenamento, sistemas de plantio com revolvimento de solo, áreas de produção próximas a cursos d'água, etc. No levantamento utilizando a ferramenta ISA, uma limitação é o fato da não avaliação das áreas de arrendamentos e até mesmo não contíguas à propriedade avaliada, mesmo sendo utilizadas para a produção de insumos, tais como forragem e grãos para a produção. Nesse estudo, os casos 1, 3 e 4 possuíam áreas arrendadas para produção de silagem e milho grão, com a utilização de agrotóxicos e os mesmos não foram avaliados pelo ISA. Assim, potenciais riscos de contaminação da água e solo, nessas áreas, não são considerados no levantamento. Já as propriedades confinadas, tinham áreas próprias para a produção que foram avaliadas pelo ISA.

Ao se observar os valores encontrados para o indicador de Solos Degradados, a média das propriedades foi 0,58, portanto abaixo do limiar de sustentabilidade 0,7, sendo que o desempenho das no sistema pasto foi 0,54 e as do sistema confinado 0,62, nota-se que somente uma propriedade no sistema a pasto, o caso 2, obteve valor superior ao limiar (0,76) e no sistema confinado, os casos 08, 09 e 10 atingiram o limiar 0,7. Uma possível justificativa para esse baixo desempenho desse indicador, é que a maioria das propriedades na região, bem como as avaliadas no projeto, ainda utiliza o sistema convencional de plantio de milho safra para produção de silagem, seguido muitas vezes de safrinha e sem a utilização de culturas de cobertura de solos no inverno.

Sobre as Práticas de Conservação, a média global do indicador nas 12 propriedades foi de 0,79, e tanto as no sistema a pasto, quanto confinadas obtiveram o mesmo resultado médio, que todos os casos obtiveram valores acima do limiar. Entretanto, os 12 casos e muitas propriedades de pecuária na região ainda possuem equipamentos antigos e ultrapassados e não utilizam plantio direto na palha, trabalhando com solo exposto e sem fazer grandes investimentos em conservação de solos. ,

Para o indicador de Estradas, a média global das 12 propriedades foi de 0,66 e somente uma propriedade no sistema a pasto, o caso 5 obteve valor menor que o limiar (0,54), sendo que o sistema a pasto obteve média ligeiramente superior (0,67) ao sistema confinado (0,66). No geral, não há problemas de acesso e escoamento da produção, apesar de obras de manutenção, tais como abaulamento do leito e caixas de contenção de enxurradas ou barraginhas ou caixas de captação acopladas a lombadas para desvio de água, ainda são bem escassas.

Em relação à Vegetação Nativa, a média do indicador das 12 propriedades ficou acima do limiar, alcançando 0,71. No geral, as áreas remanescentes nas propriedades estudadas e na região são protegidas pelos produtores e fiscalizadas pelo órgão competente.

O indicador APP obteve média 0,49. Todas as 06 propriedades no sistema a pasto obtiveram valores abaixo do limiar. Já o sistema confinado obteve média 0,51 com somente o caso 1 atingindo o limiar 0,7. O resultado reflete um cenário geral de falta de fiscalização e de informação e consciência dos produtores, inclusive os estudados, em atender a legislação federal e estadual que preconiza o não acesso de animais domésticos às áreas de APP 's através do cercamento.

O indicador de Reserva Legal obteve média 0,73, sendo pasto 0,70 e confinado 0,75. Constatou-se que todas as 12 propriedades já haviam elaborado o Cadastro Ambiental Rural (CAR), atingindo o limiar de sustentabilidade, exceto o caso 12. Esse fato demonstra que a legislação ambiental é atendida no que tange a Reserva Legal e reforça a importância de leis e políticas públicas que determinem aspectos e níveis de sustentabilidade a serem atingidos pelos produtores.

A Diversificação da Paisagem apresentou uma média de 0,67, sendo a média das 06 propriedades a pasto 0,64 e as 06 confinadas 0,73. Apenas casos 1(0,73) e 6(0,70) conseguiram obter valores dentro do limiar de sustentabilidade no sistema a pasto e somente o caso 8(0,62) ficou abaixo no sistema confinado. Observa-se que há uma maior preocupação em rotacionar lavouras, fazer culturas de inverno para cobrir e proteger o solo, além ligar áreas de remanescentes de mata de uma propriedade com áreas dos vizinhos buscando formar corredores ecológicos, nas propriedades confinadas do que a pasto.

#### 4.1.3.2 Comparação dos indicadores obtidos para os sistemas a pasto e confinado

Realizado o levantamento nas propriedades, os indicadores dos dois grupos de propriedades foram comparados utilizando-se o Teste U de Mann-Whitney, com o software SPSS, de acordo com Berbéc *et al.* (2018). A Tabela 8 apresenta os resultados para a

comparação entre os indicadores pertencentes ao balanço econômico. Para o indicador produtividade, houve diferença significativa entre os sistemas, mostrando ser este um fator relevante na composição do índice final de sustentabilidade. Tanto no sistema a pasto, quanto no confinado, uma maior produtividade por área dos alimentos necessários à produção ou por animal alojado na fazenda, demonstram eficiência no uso dos recursos e menor impacto ambiental por litro de leite produzido. Observa-se ainda na Figura 9 que todos os indicadores do balanço econômico apresentaram média superior ao limiar de sustentabilidade (0,70).

Tabela 8 - Comparação da sustentabilidade para os indicadores do balanço econômico (mediana, mínimo e máximo, p-valor do Teste U de Mann-Whitney)

<b>Balanço econômico</b>	<b>Pasto</b>	<b>Confinado</b>	<b>p-Valor</b>
Produtividade	0,79 (0,63-0,93)	0,94 (0,87-0,98)	<b>0,030*</b>
Diversificação da renda	0,76 (0,74-0,81)	0,73 (0,60-0,85)	0,091
Evolução patrimonial	0,81 (0,66-0,84)	0,80 (0,71-0,91)	0,470
Grau de endividamento	0,95 (0,84-0,98)	0,86 (0,70-0,98)	0,170

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Legenda: \* Valor estatisticamente significativo com um 95% de confiabilidade.

A Tabela 9 apresenta os resultados da comparação dos indicadores de sustentabilidade para os indicadores do balanço social, enquanto a Tabela 9 apresenta os do balanço ambiental. Observa-se que para esses dois balanços não houve diferença estatisticamente significativa entre o grupo de propriedades a pasto e confinadas. Para o balanço social, não houve diferença estatística entre os sistemas pasto e confinados e todos os indicadores apresentaram média superior ao limiar de sustentabilidade (0,70). Esse resultado ocorreu provavelmente devido ao fácil acesso, independente do sistema, a estrutura de serviços públicos existente em toda a região como transportes, telecomunicações, educação tanto a nível técnico, quanto superior na área de ciências agrárias, além da existência de várias cooperativas não só na área de leite, mas também em café que oferecem vários serviços aos seus cooperados.

Tabela 9 - Comparação da sustentabilidade para os indicadores do balanço social (mediana, mínimo e máximo, p-valor do Teste U de Mann-Whitney)

<b>Balanço social</b>	<b>Pasto</b>	<b>Confinado</b>	<b>p-Valor</b>
Serviços básicos/Seg. alimentar	0,93 (0,72-1,00)	0,82 (0,74-0,85)	0,076
Escolaridade e Cursos de Capacitação	0,83 (0,72-0,88)	0,86 (0,72-1,00)	0,517
Ocupação & emprego	0,72 (0,35-0,96)	0,81 (0,52-0,85)	0,630
Gestão da informação	0,70 (0,54-0,97)	0,87 (0,76-0,97)	0,074
Comercialização & Inovação	0,90 (0,60-1,00)	1,00 (0,40-1,00)	0,432

Fonte: Dados da pesquisa

Legenda: \* Valor estatisticamente significativo com um 95% de confiabilidade.

Já o balanço ambiental, apresentado na Tabela 9, apresentou os indicadores mais baixos entre os 21 avaliados, tanto para o sistema a pasto, quanto para o confinado, sendo que 07 dos 12 avaliados apresentaram valores inferiores ao limiar de sustentabilidade (0,7), mostrando que deficiências na gestão ambiental é comum em ambos os casos. O gerenciamento de resíduos da atividade e o risco de contaminação apresentaram os valores mais baixos em ambos os sistemas, demonstrando uma deficiência dos empreendimentos em adequar suas instalações às normas vigentes, fato que leva a um maior risco, além de deixar de utilizar de forma econômica os dejetos produzidos. Os indicadores relativos a práticas de conservação de solos, vegetação nativa e reserva legal, em ambos os sistemas estão acima do limiar (0,70), demonstrando uma preocupação em atender a legislação e otimizar a produção.

Tabela 10 - Comparação da sustentabilidade para os indicadores do balanço ambiental (mediana, mínimo e máximo, p-valor do Teste U de Mann-Whitney)

<b>Balanço ambiental</b>	<b>Pasto</b>	<b>Confinado</b>	<b>p-Valor</b>
Gerenciamento de resíduos	0,38 (0,32-0,60)	0,42 (0,38-0,79)	0,335
Segurança do trabalho	0,59 (0,12-0,70)	0,70 (0,70-0,70)	0,059
Fertilidade do solo	0,46 (0,27-0,68)	0,50 (0,36-0,61)	0,936
Qualidade da água	0,66 (0,63-0,74)	0,69 (0,50-0,73)	0,810
Risco de contaminação da água	0,65 (0,10-1,00)	0,33 (0,10-0,43)	0,568
Solos degradados	0,55 (0,34-0,76)	0,68 (0,42-0,70)	0,373

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Legenda: \* Valor estatisticamente significativo com um 95% de confiabilidade.

Tabela 10 - Comparação da sustentabilidade para os indicadores do balanço ambiental (mediana, mínimo e máximo, p-valor do Teste U de Mann-Whitney) (continuação)

<b>Balanço ambiental</b>	<b>Pasto</b>	<b>Confinado</b>	<b>p-Valor</b>
Práticas de conservação	0,80 (0,72-0,88)	0,76 (0,71-0,93)	0,629
Estradas	0,70 (0,54-0,72)	0,70 (0,48-0,73)	0,721
Vegetação nativa	0,73 (0,67-0,74)	0,73 (0,64-0,75)	0,515
APPs	0,47 (0,35-0,56)	0,56 (0,35-0,70)	0,397
Reserva Legal	0,70 (0,70-0,70)	0,70 (0,70-1,00)	0,317
Diversificação da paisagem	0,64 (0,48-0,73)	0,73 (0,62-0,75)	0,065

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Legenda: \* Valor estatisticamente significativo com um 95% de confiabilidade.

#### 4.1.3.3 Recomendações para a melhoria da sustentabilidade das propriedades

As avaliações de sustentabilidade das propriedades, realizadas para o presente trabalho, mostraram que em ambos os grupos existem alguns problemas relacionados à produção que devem ser resolvidos para melhorar o nível de sustentabilidade. O Quadro 1 apresenta essas recomendações, que se aplicam para os dois sistemas de produção, elaboradas a partir do levantamento dos indicadores

Quadro 1 – Recomendações para melhorar a sustentabilidade das propriedades

	<b>INDICADORES</b>	<b>PROPRIEDADES A PASTO E CONFINADO</b>
<b>BALANÇO ECONÔMICO</b>	1. Produtividade	Elevar a produção por área com uso de insumos, sementes e práticas agrícolas melhoradas, além de melhorar a nutrição, reprodução, sanidade e genética dos animais; Buscar formas associativas de venda e melhores condições de preço, além de melhorar a qualidade dos produtos.
	2. Diversificação da renda	Diversificar as fontes de receita da propriedade.
	3. Evolução patrimonial	Investir na melhoria de bens móveis, além da manutenção e melhoria dos bens imóveis, visando a evolução no valor de mercado do empreendimento ao longo dos anos avaliados.
	4. Grau de endividamento	O endividamento entre 5 e 10% do patrimônio total é tido como saudável ao negócio e mostra que está evoluindo positivamente.
<b>BALANÇO SOCIAL</b>	5. Serviços básicos / Seg. alimentar	Prover nas residências de familiares e de funcionários no imóvel rural, o acesso a serviços básicos como: água em quantidade e qualidade; energia elétrica, estradas para escoamento da produção e recebimento de insumos; Ter acesso ao serviço de saúde, transporte escolar; segurança no campo; telefone; internet; e coleta pública de lixo; Disponibilizar área para a produção de alimentos (hortaliças, frutas, tubérculos e fontes de proteína animal).
	6. Escolaridade & capacitação	Investir na escolaridade e na participação em cursos de capacitação dos integrantes da família e da mão de obra contratada efetiva. Prover o acesso das crianças em idade escolar, que residem no imóvel rural, à rede básica de ensino.
	7. Ocupação e emprego	Cumprir a legislação trabalhista e as recomendações e determinações do Ministério do Trabalho para os estabelecimentos que empregam pessoas nos sistemas de produção (mão de obra contratada efetiva e temporária).
	8. Gestão	Uso de instrumentos de administração, controle de custos, contabilidade, no acesso ao crédito e à assistência técnica, na regularização ambiental do imóvel rural e no grau de organização dos produtores da região.
	9. Comercialização e Inovação	Uso de ferramentas de gestão para buscar informações de mercado para a comercialização de sua produção, e o acesso a mercados diferenciados ou de mercados institucionais.

Quadro 1 - Recomendações para melhorar a sustentabilidade das propriedades (continuação)

B A L A N Ç O  A M B I E N T A L	10.Gerenciamento de resíduos	Coleta e destinação adequada do lixo produzidos no imóvel rural, bem como do esgoto doméstico; Reaproveitar os resíduos sólidos orgânicos gerados no imóvel rural e tratar os efluentes líquidos e gasosos.
	11.Segurança do trabalho	Utilizar equipamentos de proteção individual (EPI), bem como possuir estrutura de armazenamento e disposição adequada das embalagens destes produtos.
	12.Fertilidade do solo	Ajustar a atividade e a produção à capacidade do ambiente, assegurando uma produtividade estável com retorno econômico para o agricultor, buscando melhorar os parâmetros relacionados com as propriedades químicas e físicas do solo.
	13.Qualidade da água	Buscar melhorar os parâmetros de qualidade da água superficial no imóvel rural, a partir de uma análise qualitativa dos ecossistemas aquáticos e da avaliação da turbidez, pH, nitrato e coliformes termotolerantes de amostras de água superficial e subterrânea.
	14.Risco de contaminação da água	Observar a persistência do princípio ativo no ambiente, sua mobilidade no perfil do solo e a toxicidade da formulação, o volume aplicado e a vulnerabilidade de cada talhão, levando em conta, a granulometria do solo, a proximidade dos corpos d'água e o tipo de manejo do solo.
	15.Solos degradados	Verificar a presença de solos em estágio de degradação, dimensionar a área equivalente e sua intensidade (escala e potencial de impacto) e avaliar a tendência de comportamento do processo de degradação (intensificação, estabilização ou diminuição).
	16.Práticas de conservação	Implementar medidas para a conservação do solo e água em todos os sistemas de produção no imóvel rural. Buscando implantar estratégias para o convívio com a seca ou estresse hídrico e para a conservação e preservação da água no imóvel rural.
	17.Estradas	Implantar abaulamentos ou declividade transversal, lombadas para o desvio de enxurrada, bacias ou caixas de infiltração para captar a água proveniente do escoamento das estradas, quando necessário, eliminando buracos e sulcos de erosão.
	18.Vegetação nativa	Preservar e/ou recuperar os remanescentes de vegetação nativa, favorecendo a ligação de fragmentos de vegetação nativa vizinhos
	19.APPs	Proteger, evitando o acesso de animais domésticos nas APPs conforme reza o Novo Código Florestal, e favorecer das APPs no entorno de nascentes e corpos d'água (cursos d'água, represas, lagoas, etc.).
	20.Reserva Legal	Cumprir a exigência de Reserva Legal (RL), conforme o Novo Código Florestal, promovendo a manutenção e recuperação dessas áreas.
21.Diversificação da paisagem	Diversificar a paisagem na escala da propriedade e de lavouras e talhões com práticas que auxiliem na indução da agrobiodiversidade (culturas intercalares, consórcios, integração LP, LPF, PF, policultivos, SAFs, adubação verde, roçadas em faixas alternadas, presença de barreiras vegetais no talhão, presença de corredores ecológicos no talhão, rotação de culturas, entre outros), evitando monoculturas.	

#### 4.1.4 Conclusões

Pelo presente trabalho objetivou analisar as diferenças no desempenho de sustentabilidade entre propriedades leiteiras no sistema a pasto e confinadas, no sul do estado de Minas Gerais, utilizando o método ISA. Entre todos os indicadores analisados, a produtividade foi o único que apresentou diferença estatisticamente significativa para os dois sistemas de produção. A maior produtividade da área utilizada para a produção leiteira é fator decisivo no sucesso de empreendimentos tanto a pasto, quanto confinados. Mas, estes últimos, intensificam mais todos os fatores de produção, como área, máquinas e equipamentos, mão de obra dentre outros recursos, tornando-se, portanto, mais eficientes neste quesito, o que justifica os resultados encontrados. Normalmente, esses sistemas mais intensivos se dedicam a uma única atividade, no caso produção de leite, fato que prejudica a diversidade de renda, tornando o sistema mais vulnerável. Entretanto não houve diferença estatística neste indicador, apesar do sistema a pasto apresentar ISA (0,76) e o confinado ISA (0,73).

Outro ponto importante na utilização da ferramenta ISA é a possibilidade de uma avaliação rápida dos pontos que mais estão comprometendo o sistema de produção na propriedade. No caso da avaliação das 12 propriedades nos sistemas pasto e confinado, observou-se que a maior vulnerabilidade se encontra no balanço ambiental especialmente no tocante ao gerenciamento de resíduos nas propriedades.

A intensificação das atividades agropecuárias, sem as devidas preocupações com a sustentabilidade, pode promover o desequilíbrio nos ecossistemas como, por exemplo, a utilização dos solos até o esgotamento e a degradação, tornando-os impróprios para explorações futuras. Assim, o desenvolvimento e utilização de ferramentas para aferir, avaliar e ajustar o desempenho socioeconômico e ambiental das propriedades rurais são, a cada dia, mais necessários.

Neste trabalho, observou-se que a intensificação das áreas já antropizadas pelos produtores, com utilização de tecnologias a fim de melhorar a produção e produtividade das culturas forrageiras e de grãos, uso responsável de adubos e agrotóxicos, além de otimização na nutrição animal, melhoramento genético e de conforto para os animais, além de outras, proporcionou um incremento de produtividade animal, da mão de obra, da área, sem afetar os indicadores ambientais, ou seja, com menor impacto por unidade de produto produzida.

Tendo os 21 indicadores em mãos, foi possível apresentar soluções para melhorar a adequação socioeconômica e ambiental das propriedades, com ações que irão mitigar as vulnerabilidades e melhorar o resultado do ISA em aplicação *a posteriori*.

## Referências

- ALBRIGHT, J. L. Dairy Cattle Housing with Emphasis on Economics, Sanitation, Health, and Production. **Journal of Dairy Science**, Estados Unidos, v. 47, n. 11, p. 1273–1281, 1964.
- ALMEIDA, Mariza De e BACHA, Carlos José Caetano. Literatura sobre eficiência na produção leiteira brasileira. **Revista de Política Agrícola**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 20, 2021.
- BARBERG, A. E. et al. Performance and welfare of dairy cows in an alternative housing system in Minnesota. **Journal of Dairy Science**, Estados Unidos, v. 90, n. 3, p. 1575–1583, 2007.
- BAVA, L. et al. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production?. **Journal of Dairy Science**, Itália, v. 97, n. 7, p. 4579–4593, 2014.
- BENOIT, M. e LAIGNEL, G. Energy consumption in mixed crop-sheep farming systems: What factors of variation and how to decrease?. **Animal**, França, v. 4, n. 9, p. 1597–1605, 2010.
- BERBEĆ, Adam Kleofas et al. Assessing the sustainability performance of organic and low-input conventional farms from Eastern Poland with the RISE indicator system. **Sustainability**, Suíça, v. 10, n. 6, 2018.
- BERRE, David et al. Finding the right compromise between productivity and environmental efficiency on high input tropical dairy farms: A case study. **Journal of Environmental Management**, França, v. 146, p. 235–244, 2014.
- BEWLEY, J. M. e ROBERTSON, L. M. e ECKELKAMP, E. A. A 100-Year Review: Lactating dairy cattle housing management. **Journal of Dairy Science**, Estados Unidos, v. 100, n. 12, p. 10418–10431, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13251>>.
- CEPEA. Boletim do leite. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**, Piracicaba, Ano 28, nº324, p. 8, Jun. 2022. Disponível em: <<https://cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0126283001656007859.pdf>>.
- CHOBTANG, Jeerasak et al. Life cycle environmental impacts of high and low intensification pasture-based milk production systems: A case study of the Waikato region, New Zealand. **Journal of Cleaner Production**, Nova Zelândia, v. 140, p. 664–674, 2017.
- FAO. Dairy market review, Food and Agriculture Organisation of the United Nations. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Estados Unidos, n. April, p. 1–13, 2021.
- FERREIRA, J. et al. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p. 12–25, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 10 aug. 2022.
- JAN, Pierrick et al. Production intensity in dairy farming and its relationship with farm

environmental performance: Empirical evidence from the Swiss alpine area. **Livestock Science**, Suíça, v. 224, n. March, p. 10–19, 2019.

MAPA. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo**. Brasília - DF: [s.n.], 2019. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2018-2019-2028-2029/view>>.

MINAS GERAIS. **Diário Oficial do Executivo do Estado de Minas Gerais**. Imprensa Oficial de Minas Gerais, Belo Horizonte, 20 Dec. 2012. , v. 237, p. 72. Disponível em: <<https://www.jornalminasgerais.mg.gov.br/Home/pesquisaAvancada?text=isa&datai=2012-12-20&dataf=2012-12-20>>.

ROCHA, Denis Teixeira Da e CARVALHO, Glauco Rodrigues e RESENDE, João Cesar De. Cadeia Produtiva Do Leite No Período. **Revista de Economia e Agronegócio**, Juiz de Fora, v. 8, n.2, p. 177–198, 2020.

RYAN, Mary et al. Developing farm-level sustainability indicators for Ireland using the Teagasc National Farm Survey. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, Irlanda, v. 55, n. 2, p. 112–125, 2016.

SORIO, André. Cadeia Agroindustrial do Leite - Diagnóstico dos Fatores Limitantes à Competitividade. **Agronegócios e Desenvolvimento Econômico**, Brasília, p. 167, 2018.

SOTERIADES, Andreas Diomedes et al. The relationship of dairy farm eco-efficiency with intensification and self-sufficiency. Evidence from the French dairy sector using life cycle analysis, data envelopment analysis and partial least squares structural equation modelling. **PLoS ONE**, Reino Unido, v. 11, n. 11, p. 1–21, 2016.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou avaliar a sustentabilidade ambiental, econômica e social de propriedades rurais, tendo como atividade principal a pecuária leiteira, situadas na região sul do estado de Minas Gerais. Além disso, analisou-se o impacto do aumento da produtividade sobre esta sustentabilidade.

Entre as 12 propriedades avaliadas, 8 apresentaram o ISA superior ao limiar de sustentabilidade (0,70). Ao desagregar o ISA nota-se que o balanço ambiental foi inferior ao limiar de sustentabilidade em todas as propriedades. Por outro lado, as propriedades foram sustentáveis do ponto de vista do balanço econômico e social, exceto em um caso que não atendia a legislação trabalhista. Assim, observa-se, por parte dos produtores, uma atenção maior aos aspectos econômicos e sociais do que à sustentabilidade ambiental. Embora haja maior dificuldade em avaliar alguns aspectos ambientais, os indicadores presentes no ISA permitiram uma avaliação integrada desses aspectos, assim como da parte econômica e social.

A partir disso, é possível orientar e sugerir ações que possam melhorar a situação das propriedades. Essa é uma oportunidade de melhorar a eficiência técnica e econômica da propriedade, atendendo a legislação ambiental e trabalhista vigente.

Na comparação das propriedades com sistemas a pasto, observou-se uma correlação positiva entre a intensificação da produção, medida em litros/hectare.ano, os desempenhos ambientais nas propriedades estudadas e indicadores econômicos e sociais. Esse resultado demonstra que o aumento da produtividade, quando acompanhado de práticas ambientalmente corretas, permite uma manutenção ou melhoria dos indicadores ambientais.

Na comparação entre os sistemas a pasto e confinado, a produtividade foi o único índice que apresentou diferença estatisticamente significativa entre os dois sistemas. Este resultado é importante uma vez que a maior produtividade da área utilizada para a produção leiteira é fator decisivo no sucesso de empreendimentos tanto a pasto, quanto confinados. Como a intensificação ocorre em áreas já antropizadas pelos produtores, com utilização de tecnologias a fim de melhorar a produção e produtividade das culturas forrageiras e de grãos, uso responsável de adubos e agrotóxicos, além de otimização na nutrição animal, melhoramento genético e de conforto para os animais, além de outras, proporcionou um incremento de produtividade animal, da mão de obra, da área, sem afetar os indicadores ambientais, ou seja, com menor impacto por unidade de produto produzida.

Entretanto, esses sistemas mais intensivos se dedicam a uma única atividade, no caso produção de leite, fato que prejudica a diversidade de renda, tornando o sistema mais

vulnerável. Entretanto não houve diferença estatística neste indicador, apesar do sistema a pasto apresentar ISA (0,76) e o confinado ISA (0,73).

É recorrente o argumento de que a intensificação das atividades agropecuárias, sem as devidas preocupações com a sustentabilidade, pode promover o desequilíbrio nos ecossistemas como, por exemplo, a utilização dos solos até o esgotamento e a degradação, tornando-os impróprios para explorações futuras. Assim, o desenvolvimento e utilização de ferramentas para aferir, avaliar e ajustar o desempenho socioeconômico e ambiental das propriedades rurais são, a cada dia, mais necessários.

Na utilização de indicadores, como o ISA, é difícil extrapolar os resultados de fazendas para sistemas agrícolas ou tipos agrícolas, pois é necessário considerar muitas outras variáveis, incluindo tamanho e estrutura da fazenda, localização, atividades fora da fazenda, habilidades de manejo ou os objetivos do agricultor. Entretanto, os resultados encontrados no presente trabalho contribuem para a discussão sobre a relação entre aumento de produtividade e preservação ambiental, indicando caminhos para auxiliar produtores rurais e gestores de políticas públicas a atingirem essa meta.

Outro ponto importante na utilização da ferramenta ISA é a possibilidade de uma avaliação rápida dos pontos que mais estão comprometendo o sistema de produção na propriedade. No caso da avaliação das 12 propriedades nos sistemas pasto e confinado, observou-se que a maior vulnerabilidade das mesmas se encontra no balanço ambiental especialmente no tocante ao gerenciamento de resíduos nas propriedades.

Em relação aos valores do ISA encontrados, mesmo não diferindo estatisticamente entre os sistemas pasto e confinado, observou-se uma média maior no sistema confinado e um maior número de propriedades com ISA superior ao limiar de sustentabilidade (0,70).

O sistema confinado que obteve uma maior produtividade animal (18,22 L/vaca em lactação.dia) e por hectare (10.188 L/hectare.ano) que nas com sistema a pasto onde a produtividade animal foi 13,56 L/vaca em lactação.dia e por área foi 4.879 L/hectare.ano.

Outro aspecto relevante do ISA é que, observando-se as pontuações mais baixas dos indicadores das propriedades, é possível traçar um plano de ação para mitigar as deficiências e elevar a pontuação para futuras reaplicações do ISA. Assim, o sistema ISA se mostrou eficiente como metodologia de avaliação de uma propriedade, proposição de ajustes e para comparação de sistemas de produção.

## REFERÊNCIAS

- BAVA, L. et al. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? **Journal of Dairy Science**, Itália, v. 97, n. 7, p. 4579–4593, 2014.
- BINDER, Claudia R. e FEOLA, Giuseppe e STEINBERGER, Julia K. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessments in agriculture. **Environmental Impact Assessment Review**, Suíça, v. 30, p. 71–81, 2010.
- CARDOSO, Abmael S. et al. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. **Agricultural Systems**, Jaboticabal, v. 143, p. 86–96, 2016.
- EMATER/RS. **Relatório socioeconômico da cadeia produtiva do leite no Rio Grande do Sul: 2021**. Porto Alegre, RS: Emater/RS-Ascar. , 2021
- FAO. **Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems (SAFA)**. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/sustainability/sustainability-assessments-safa/en/>>. Acesso em: 22 sep. 2022.
- FEHÉR, I e BEKE, J. THE RATIONALE OF SUSTAINABLE AGRICULTURE. **Iustum Aequum Salutare**, Alemanha, v. 3, p. 73–88, 2013.
- FERREIRA, J. et al. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 271, p. 12–25, 2012.
- FIGUEIREDO, Eduardo Barretto De et al. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Jaboticabal, v. 142, p.420-431, 2016.
- GODFRAY, H. et al. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. **Science**, Reino Unido, v. 327, p. 812–818, 2010.
- LORENZ, Heike et al. Is low-input dairy farming more climate friendly? A meta-analysis of the carbon footprints of different production systems. **Journal of Cleaner Production**, Alemanha, v. 211, p. 161-170, 2018.
- REYTAR, Katie e HANSON, Craig e HENNINGER, Norbert. Installment 6 of “Creating a Sustainable Food Future” INDICATORS OF SUSTAINABLE AGRICULTURE: A SCOPING ANALYSIS. **World resources institute**, Estados Unidos, June, p. 1–20, 2014.
- SEÓ, Hizumi L.S. e FILHO, Luiz C.P.Machado e BRUGNARA, Daniel. Rationally managed pastures stock more carbon than no-tillage fields. **Frontiers in Environmental Science**, Santa Catarina, v. 5, n. DEC, p. 1–8, 2017.
- SOLDÁ, C. C. et al. Avaliação da Sustentabilidade em Pastagens. **Rev. Bras. de Agroecologia**, Santa Catarina, v. 09, n. 1, 2014. Disponível em: <<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez37.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>>.
- STANLEY, Paige L. et al. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. **Agricultural Systems**, Estados Unidos, v. 162, n. November 2017, p. 249–258, 2018.
- VELTEN, Sarah et al. What Is Sustainable Agriculture? A Systematic Review. **Sustainability**, Alemanha, v. 7, p. 7833–7865, 2015.