

# Avaliação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental em propriedades rurais de Minas Gerais a partir do método ISA

## *Assessment of socio-economic and environmental sustainability in rural properties in Minas Gerais using the ISA method*

José Ricardo Miotto Gabrielli<sup>1</sup> , Alain Hernández Santoyo<sup>1</sup> , Marcelo Rodrigues Martins<sup>2</sup> , Marcelo Lacerda Rezende<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> Instituto de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG), Varginha (MG), Brasil. E-mails: jricardogabrielle@gmail.com; santoyocuba@gmail.com; alain.santoyo@unifal-mg.edu.br

<sup>2</sup> Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater-MG), Alfenas (MG), Brasil. E-mail: marcelo.martins@emater.mg.gov.br

<sup>3</sup> Instituto de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Alfenas (Unifal-MG), Alfenas (MG), Brasil. E-mail: marcelo.rezende@unifal-mg.edu.br

**Como citar:** Gabrielli, J. R. M., Santoyo, A. H., Martins, M. R., & Rezende, M. L. (2023). Avaliação da sustentabilidade socioeconômica e ambiental em propriedades rurais de Minas Gerais a partir do método ISA. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 61(4), e260860. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.260860>

**Resumo:** Quantificar e qualificar a sustentabilidade em unidades de produção agrícolas vêm se tornando uma necessidade para muitos produtores rurais, assim como para gestores de políticas voltadas ao setor. O objetivo deste estudo foi avaliar a sustentabilidade de propriedades rurais em municípios de Minas Gerais por meio da aplicação do método ISA. A partir de uma amostra de 39 unidades de produção familiar, foram avaliados indicadores relacionados à qualidade do solo, da água e da vegetação, e aos aspectos socioeconômicos dos agroecossistemas. As informações coletadas permitiram uma classificação das propriedades em quatro grupos distintos. O valor médio do ISA para as propriedades foi de 0,57 – abaixo do valor de 0,70, que é considerado ideal –, sendo esse conjunto classificado como em estado de desenvolvimento. Foi realizada uma comparação entre o ISA de 39 propriedades aplicadas nos anos de 2013 e 2016, permitindo verificar uma melhoria das condições de sustentabilidade após a implantação de diversas ações identificadas após a primeira aplicação. Assim, através dos resultados encontrados, chegou-se à conclusão de que o ISA é uma ferramenta adequada para avaliar a sustentabilidade de propriedades rurais, sugerir melhorias e ainda identificar *trade-offs* em termos de sustentabilidade, entre os aspectos socioeconômicos e ambientais.

**Palavras-chave:** indicadores de sustentabilidade, sustentabilidade ambiental, sustentabilidade socioeconômica, agroecossistemas, propriedades rurais.

**Abstract:** Quantifying and qualifying sustainability in agricultural production units has become a necessity for many rural producers, as well as for managers of policies aimed at the sector. The objective of this study was to evaluate the sustainability of rural properties in municipalities of Minas Gerais through the application of the ISA method. From a sample of 39 family production units, indicators related to the quality of soil, water, vegetation and the socioeconomic aspects of agroecosystems were evaluated. The information collected allowed a classification of properties into 4 distinct groups. The average value of the ISA for the properties was 0.57, below the value of 0.70, which is considered ideal, and this set is classified as in a state of development. A comparison was made between the ISA of 39 properties applied in the years 2013 and 2016, allowing to verify an improvement in sustainability conditions after the implementation of several actions identified after the first application. Thus, through the results found, it was concluded that the ISA is an adequate tool to assess the sustainability of rural properties, suggest improvements and identify trade-offs in terms of sustainability between socioeconomic and environmental aspects.

**Keywords:** sustainability indicators, environmental sustainability, socioeconomic sustainability, agroecosystems, rural properties.



## 1. INTRODUÇÃO

O modelo convencional predominante de agricultura, baseado em monoculturas, resulta em significativos impactos ambientais e sociais. No âmbito ambiental, provoca a perda da biodiversidade, a degradação do solo e a contaminação e a escassez de água, além do risco causado pela intensa utilização de produtos químicos, que afetam o meio ambiente, os consumidores e os trabalhadores rurais. No que se refere à questão social, este tipo de sistema está diretamente relacionado à exclusão dos pequenos produtores, em razão dos altos custos dos insumos utilizados, maquinários e equipamentos, entre outros custos impostos pelo pacote tecnológico disponível para o manejo das culturas, o que tem como resultado o aumento do êxodo rural e da pobreza (Borlachenco & Gonçalves, 2017; Engler, 2022).

Diante desta situação, surge a necessidade de mudanças significativas na forma do uso da terra, com a busca de sistemas produtivos sustentáveis que considerem, além da produtividade, os aspectos socioeconômicos e ambientais. Nesse contexto, a sustentabilidade na agricultura tornou-se temática prioritária nas discussões da agenda 21 brasileira, tratando principalmente dos impactos causados por esta atividade nos biomas nacionais. Dentro desta temática, discutem-se as condições ideais para aliar os ganhos de produtividade e a conservação do meio ambiente, aperfeiçoar a produção utilizando a menor quantidade possível de insumos externos e garantir o retorno apropriado ao produtor, além de atender às necessidades sociais das famílias e comunidades rurais (Zhang et al., 2016; Bianco, 2016).

Assim, quantificar e qualificar a sustentabilidade em unidades de produção agrícolas vêm se tornando uma necessidade para muitos produtores rurais, assim como para gestores de políticas voltadas ao setor (Lankoskia & Thiem, 2020; Bertocchi et al., 2016).

Frente a essa constante necessidade, Rasmussen et al. (2017) reforçam a importância de utilizar ferramentas que permitam analisar o agrossistema, evidenciando seu desempenho, sua eficiência como um sistema produtivo e os problemas que estão sendo enfrentados.

Atualmente, são vários os métodos que podem ser utilizados para mensurar e avaliar a sustentabilidade de uma unidade de produção. Entre estes, a utilização de indicadores procura descrever um processo específico e/ou particular da realidade local. Entretanto, não há um conjunto de indicadores globais adaptáveis a qualquer realidade (Mili & Martínez-Veja, 2019).

Os indicadores de sustentabilidade possibilitam avaliar a viabilidade de um sistema produtivo, apontando possibilidades de diminuição dos impactos ambientais e contribuindo para a recuperação e a proteção do meio ambiente. Além disso, geram uma série de informações úteis para auxiliar o gestor público na elaboração e no monitoramento de programas específicos de intervenção em áreas ou situações problemáticas (Xavier et al., 2018; Poppe et al., 2016).

No Brasil, entre outras estratégias, estabeleceu-se o projeto denominado "Adequação Socioeconômica e Ambiental das Propriedades Rurais", capitaneado pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA-MG), com o objetivo de orientar os produtores na gestão de suas atividades produtivas, bem como do espaço rural, compreendidos nos limites de sua propriedade, com vistas à sustentabilidade. Para sua execução, foi desenvolvido o sistema Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA), em uma parceria com diversas instituições (Ferreira et al., 2012).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo geral avaliar a sustentabilidade de propriedades rurais em municípios de Minas Gerais, por meio da aplicação do método ISA. Esse método possibilita uma abordagem ampla da propriedade, incluindo os fatores de influência e interdependência que caracterizam o ambiente onde ela está inserida, destacando os sistemas de produção, gestão, habitats naturais, estradas de acesso, ecossistemas aquáticos, diversificação da paisagem agrícola, entre outros. Nesse contexto, cada propriedade é compreendida pelos

produtores e extensionistas rurais em sua totalidade, a partir do seu universo particular, destacando o produtor como gestor de todo o conjunto, caracterizado por um agroecossistema.

Especificamente, pretende-se: caracterizar o perfil dos agroecossistemas de propriedades rurais, considerando seus aspectos econômicos, sociais e ambientais; classificar as diferentes propriedades de acordo com suas características apontadas pelo método ISA; comparar os indicadores socioeconômicos e ambientais, e o ISA, entre os grupos, e analisar a evolução dos indicadores socioeconômicos e ambientais das propriedades no período de 2013 a 2016.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento sustentável no campo das ciências agrárias foi fortalecido pelo conceito acadêmico de Agroecossistema. Esse conceito se refere a uma unidade fundamental de estudo, nos quais os ciclos minerais, as transformações energéticas, os processos biológicos e as relações socioeconômicas são vistas e analisadas em seu conjunto, como uma unidade de análise englobando princípios, conceitos e metodologias para aferir o desempenho ambiental, social e econômico (Diazabakana et al., 2014).

De acordo com Gliessman (2009), o processo de transição para agroecossistemas sustentáveis envolve o incremento da eficiência das práticas convencionais para reduzir o uso e consumo de insumos externos caros e escassos ao meio ambiente, sendo a principal meta substituir os insumos e práticas intensivas em capital, contaminantes e degradadoras do meio ambiente por outras mais ecológicas; e o redesenho dos agroecossistemas, para que funcionem com base em novos conjuntos de processos ecológicos.

Assim, na tentativa de compreender e monitorar o processo de degradação dos recursos naturais, desde 1990, a comunidade científica tem discutido as propriedades físicas e químicas dos agroecossistemas de forma integrada para melhor compreendê-los. 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 (Martins et al., 2007; Vezzani & Mielniczuk, 2009).

Uma alternativa para facilitar a compreensão dos agroecossistemas é o uso de um índice que incorpore 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 et al., 2008). Esse índice consiste em indicadores de sustentabilidade, que 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 (Guimarães & Feichas, 2009), e também por meio de indicadores analisados em laboratórios (Camargo & Alleoni, 1997; Iori et al., 2012).

Essa avaliação, por meio dos indicadores de sustentabilidade para os aspectos sociais, econômicos e ambientais dos agroecossistemas tem sido utilizada em estudos de caso em diversas regiões do mundo (Astier et al., 2008; García et al., 2012; Humberto et al., 2012; Moldan et al., 2012; Yao et al., 2013).

Na utilização desses indicadores, Marzall & Almeida (2000) destacam a importância de definir a escala espacial e temporal e o público-alvo, sem perder de vista a aplicabilidade dos indicadores selecionados para determinar os aspectos mais relevantes a serem monitorados. Depois de estabelecido o conjunto de indicadores, é essencial promover as interações entre os componentes e suas dimensões, refletindo o sistema na sua forma mais global, ou seja, realizando uma abordagem sistêmica.

De acordo com Braga & Freitas (2002), indicadores de sustentabilidade seguem três vertentes principais. A vertente biocêntrica é focada na busca por indicadores biológicos, físico-químicos ou energéticos de equilíbrio ecológico de ecossistemas. A vertente econômica é centrada em avaliações monetárias do capital natural e do uso de recursos naturais. Por fim, a terceira vertente é a que busca a interação entre indicadores relacionados ao ecossistema natural com indicadores referentes ao sistema econômico e à qualidade de vida humana.

Outro aspecto associado à utilização dos indicadores e índices são os termos empregados durante a sua aplicação, como parâmetro, indicador, subíndice e índice. Muitas vezes esses termos são apenas citados na literatura, o que pode contribuir para uma interpretação equivocada durante a aplicação dos indicadores, descrição e discussão dos resultados. Diante disso, é fundamental que os conceitos desses termos sejam relatados a fim de esclarecer também possíveis dúvidas. De acordo com Silva & Souza-Lima (2010), estes termos podem ser definidos como:

- a) parâmetro - corresponde a uma grandeza que pode ser medida com precisão ou avaliada qualitativamente/quantitativamente, e que se considera relevante para a avaliação dos sistemas ambientais, econômicos, sociais e institucionais;
- b) indicador - parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo de especial pertinência para refletir determinadas condições dos sistemas em análise;
- c) subíndice - constitui uma forma intermédia de agregação entre indicadores podendo também utilizar métodos de agregação;
- d) índice - corresponde a um nível superior de agregação, no qual após aplicado um método de agregação aos indicadores, e/ou aos subíndices, é obtido um valor final.

Segundo Altieri & Nichols (1999), os indicadores devem ser 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; capazes de integrar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; e relacionar-se com processos do agroecossistema, como, por exemplo, capturar a relação entre diversidade vegetal e estabilidade de populações de pragas e doenças. Assim, a escolha do conjunto de indicadores deve ser coerente com os propósitos da avaliação. Para tanto, é necessário ter clareza sobre o que avaliar; por que avaliar; como avaliar; por quanto tempo; quais os indicadores utilizados e que maneira serão expostos, integrados e aplicados os resultados da avaliação para melhorar os sistemas analisados.

Deponti et al. (2002) ainda 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.

Dessa forma, após definido o conjunto de indicadores, a partir das suas características, é realizado uma análise conjunta dos mesmos. Entretanto, a geração de um índice, apesar de ser uma alternativa de tornar mais clara e prática a informação, pode reduzir a riqueza dos detalhes, tornando importante que o indicador seja analisado tanto em conjunto como isoladamente (Silva & Souza-Lima, 2010). Portanto, indicadores bem desenvolvidos devem ter a capacidade de sintetizar de forma bem clara dados relevantes, quantificando, qualificando e transmitindo informações de uma maneira que seja fácil de entender (Kurka & Blackwood, 2013).

Um bom equilíbrio entre qualidade e quantidade de informação e seus custos também é muito importante (Bertocchi et al., 2016). Selecionar poucos indicadores pode impedir o reconhecimento de fatores importantes. Por outro lado, selecionar muitos requer muitas

despesas de coleta de dados, tempo e recursos financeiros, além de tornar mais difícil a interpretação dos dados.

Os indicadores devem permitir também uma análise histórica dos dados, possibilitando mensurar a sua evolução ou progresso (Rasmussen et al., 2017). Quanto à efetividade, um indicador deve ser validado socialmente, através de estudos de caso comparados com padrões definidos pela sociedade. Por isso, deve-se sempre avaliar uma variável considerando uma situação padrão ou ideal a ser alcançada (Marzall & Almeida, 2000). Ressalta-se que os indicadores devem ser dirigidos aos usuários, sendo compreensível, útil e significativo aos seus propósitos. Por fim, é essencial que as medidas e parâmetros definidos para analisar e interpretar os dados sejam sempre claros, de forma a não restar dúvidas sobre os métodos usados no processo de avaliação (Ferreira et al., 2012; Marzall & Almeida, 2000).

Segundo Ferreira & Silva (2019), existem uma série de métricas como o ISA, Ambitec-Agro, o método APOIA-Novo Rural, entre outros. Esses indicadores funcionam no mesmo caminho: obter, processar e quantificar dados para medir a sustentabilidade e, assim, fornecer uma imagem de onde melhorias podem ser feitas.

No caso do ISA, busca-se apontar potencialidades que, às vezes, o produtor não consegue enxergar, no sentido de maximizar pontos positivos. Como, por exemplo, acesso a mercados, recebimentos por serviços ambientais, melhoria na organização dos produtores e fortalecimento das redes sociais, melhoria na gestão financeira, maior eficiência no aporte e ciclagem de nutrientes nos sistemas de produção agrossilvipastoris, e aproveitamento de resíduos orgânicos (Ferreira et al., 2012).

Didaticamente, os indicadores podem ser divididos segundo as dimensões econômica, social e ambiental. A dimensão econômica envolve principalmente a medição da renda líquida dos produtores e o rendimento (Rasmussen et al., 2017). Outros indicadores frequentemente utilizados nessa dimensão são a capacidade de um estabelecimento rural sobreviver a vários riscos e choques, diversificação e multifuncionalidade (Bertocchi et al., 2016).

A dimensão social refere-se ao bem-estar, educação, saúde, questões legais e arranjos institucionais (Rasmussen et al., 2017). Outros indicadores utilizados são as condições de trabalho, a qualidade dos produtos, o desenvolvimento cultural e humano da comunidade rural (Bertocchi et al., 2016), a autossuficiência alimentar, mão de obra total necessária, a quantidade de tempo de lazer e prevalência de problemas de saúde relacionados ao trabalho (Dogliotti et al., 2014).

Já a dimensão ambiental é geralmente focada na qualidade da água e do solo, na manutenção da biodiversidade e sobre questões relacionadas às mudanças climáticas (Bertocchi et al., 2016).

Por fim, segundo Ferreira & Silva (2019), é de extrema importância a utilização de indicadores de sustentabilidade na escala de um agroecossistema, permitindo o gerenciamento desse complexo sistema, envolvendo a atividade agrícola e os outros fatores que compõem a paisagem rural (clima, relevo, água, aspectos socioeconômicos, entre outros), além das características próprias da região onde o mesmo se situa para auxiliar na interpretação dos resultados.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Área de estudo**

A área de estudo são as propriedades rurais, situadas nas regiões central e metropolitana de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, as quais foram avaliadas utilizando-se o ISA. A Figura 1 mostra a localização das propriedades no estado de Minas Gerais.



outro (2013 e 2016), considerando os dados disponíveis no momento inicial da aplicação do ISA e a sua posterior réplica, três anos mais tarde, nas mesmas propriedades, e, assim, avaliar a gestão da sustentabilidade. O Quadro 1 apresenta um resumo das técnicas de análise que foram utilizadas para atingir os objetivos especificados.

**Quadro 1** - Resumo de Técnicas de Análise por objetivo específico

Objetivos	Método	Características
Caracterizar o perfil dos agroecossistemas de propriedades rurais de regiões do Estado de Minas Gerais, considerando seus aspectos econômicos, sociais e ambientais.	Análise descritiva	As propriedades rurais serão caracterizadas por atividades com maior produtividade, tamanho da propriedade e localização.
Classificar as diferentes propriedades de acordo com suas características apontadas pelo método ISA.	Análise multivariada, técnica de interdependência (Análise de conglomerados)	Formar grupos através da semelhança entre as propriedades utilizando a medida de distância Euclidiana e o processo hierárquico pelo método de Ward, com a definição do número de grupos através de análise por dendrograma.
Comparar os indicadores socioeconômicos e ambientais, e o ISA entre os grupos.	Análise descritiva (Medidas de tendência central e dispersão)	Avaliar a dispersão das médias dos indicadores para identificar aqueles que apresentam a menor dispersão e fazer a comparação entre eles.
Analisar a evolução dos indicadores socioeconômicos, ambientais e ISA das propriedades no período de 2013 a 2016.	Análise inferencial (Testes de hipótese não paramétricos)	Utilizar os indicadores com menor dispersão como amostra para o teste não paramétrico de sinais de Wilcoxon para amostras dependentes e avaliar a evolução.

Fonte: Elaboração Própria.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização das Propriedades Rurais Avaliadas

O tamanho das 39 propriedades varia de 8,5 até 55,6 hectares, sendo que 100% se enquadram como propriedades familiares. Deste total, 19 propriedades possuem áreas de proteção permanente (APP) com mais de três hectares e 16 possuem mais de seis hectares de vegetação nativa. Em todas as propriedades, as áreas de reserva legal e de preservação permanente estão regularizadas. Além disso, 1 (uma) propriedade não tem água disponível em quantidade e qualidade para consumo humano e desenvolvimento de suas atividades.

As atividades de suinocultura, avicultura e lavoura temporária destinam-se, em sua maioria, exclusivamente ao consumo familiar, e a bovinocultura, juntamente com as lavouras permanentes, são, em geral, responsáveis pela renda das propriedades.

Com relação à diversidade da renda, a Tabela 1 apresenta a variação da renda, em porcentagem, para o conjunto dos imóveis estudados. Em média, o balanço patrimonial das propriedades decresceu 2,11% durante um período de três anos, sendo que, em sete propriedades, esse crescimento foi positivo, e em 15, a evolução foi negativa.

**Tabela 1** - Diversificação da renda nos imóveis rurais

DIVERSIDADE DE RENDA	Proporção média da renda (%)
Atividades agrícolas, pecuárias e florestais realizadas no estabelecimento	22,5
Outras atividades realizadas no estabelecimento	1,9
Atividades realizadas fora do estabelecimento	75,0
Aposentadoria; Pensão; Ajuda Financeira; outras fontes de renda	0,6
Verificação da ocorrência de concentração da renda agropecuária em uma única atividade (> 80% da renda total apurada dentro e fora do empreendimento rural)	Sim = 37,5% Não = 62,5%

Fonte: Dados da Pesquisa.

As propriedades possuem, em média, uma residência para familiares dos produtores e uma residência para funcionários e/ou meeiros. São verificados dois integrantes da família, em média, no imóvel rural, com vínculo direto às atividades, sendo dois dependentes menores de 18 anos e um trabalhador permanente. Entre os integrantes da família, dois possuem menos de 5 anos de estudo, um integrante possui de 5 a 9 anos de estudo, um integrante tem acima de 9 anos de estudo e nenhum com curso superior.

Foi levantada a forma de gerenciamento dos resíduos e efluentes gerados nos imóveis rurais (Tabela 2), sendo que, em três propriedades, existiu algum risco de contaminação da água por agrotóxicos.

Na avaliação de áreas com solo em processo de degradação, três propriedades apresentaram locais com estágios iniciais de degradação e 27, com estágios intermediários. Pontos com estágios avançados de degradação ocorreram em nove imóveis.

Práticas consideradas suficientes para a conservação dos solos e águas foram adotadas em 15 propriedades, entre elas a adoção de curvas de nível, uso de plantas de cobertura do solo, cercamento de nascentes e adoção de áreas de preservação permanente. A presença de sistema de conservação e drenagem nas estradas foi observada em 14 propriedades, sendo que, em 12 delas, havia algum ponto crítico desfavorável.

**Tabela 2** - Resíduos e efluentes gerados nos imóveis pesquisados

	Número de propriedades
Destino do esgoto gerado nas residências	
Ausência de qualquer estrutura de coleta e tratamento de esgoto	5
Fossa rudimentar; fossa negra	7
Fossa indicada sem manutenção	16
Fossa indicada com manutenção adequada	9
Fossa com biodigestor; separação das águas cinzas	3
Destino do lixo (doméstico e das atividades)	
Queimado/descartado em local inapropriado	0
Enterrado em local inapropriado	1
Enterrado em local indicado	2
Lixo levado pelo produtor	3
Lixo coletado	34

Fonte: Dados da Pesquisa.

#### 4.2 Classificação das Propriedades Rurais Com Base no ISA

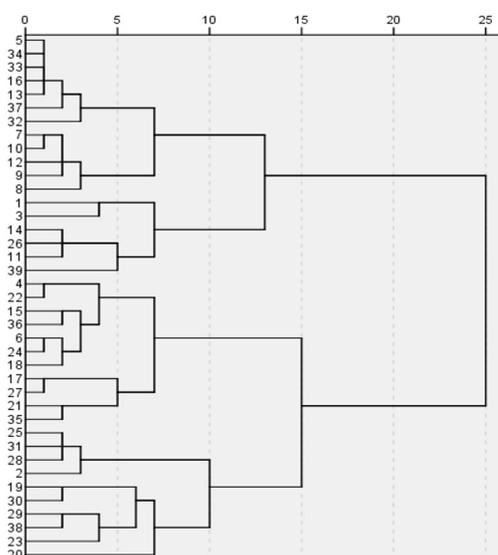
A análise de agrupamento foi utilizada com o objetivo de classificar as propriedades rurais de acordo com os indicadores do ISA (Tabela 3). Optou-se pela medida de distância euclidiana,

que, segundo Lattin et al. (2011) e Hair et al. (2009), é a mais comumente utilizada. O método de Ward possibilitou o maior número de grupos sem a presença significativa de *outliers*. A Figura 2 apresenta o dendrograma com a distribuição dos quatro grupos.

**Tabela 3** - Grupos de propriedades formados a partir da análise de agrupamentos

Grupos	Propriedades nos grupos	Total
1	39; 11; 14; 26; 3 e 1.	6
2	38; 19; 23; 31; 20; 25; 28; 2; 30 e 29.	10
3	27; 4; 6; 18; 35; 24; 15; 22; 36; 21 e 17.	11
4	7; 5; 37; 33; 34; 16; 13; 12; 9; 10; 8 e 32.	12

Fonte: Dados da pesquisa.



**Figura 2** - Dendrograma de agrupamentos, utilizando o método de Ward. Fonte: Elaboração própria.

Para verificar a presença destes agrupamentos, foram realizados testes de comparação de médias para  $k$  amostras independentes (Tabelas 4 e 5). Uma vez que os indicadores socioeconômicos e ambientais não seguiram uma distribuição normal (Shapiro-Wilk) e não apresentaram homogeneidade de variâncias (teste de Levene), essa comparação de médias foi feita utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis, com nível de significância de 5%.

**Tabela 4** - Teste de Kruskal Wallis – Dimensão Socioeconômica

	Qui-quadrado	Amostras	Significância Assintótica*
Produtividade	12,191	3	<b>0,007</b>
Diversificação da renda	15,479	3	<b>0,001</b>
Evolução patrimonial	1,429	3	0,699
Grau de endividamento	0	3	1
Serviços básicos Seg. alimentar	5,492	3	0,139
Escolaridade/capacitação	1,991	3	0,574
Qualidade do emprego gerado	5,111	3	0,164
Gestão do empreendimento	3,184	3	0,364
Gestão da informação	4,809	3	0,186
Gerenciamento de resíduos	2,834	3	0,418
Segurança do trabalho	16,82	3	<b>0,001</b>

\*Dados em negrito com significância menor ou igual a 5%. Fonte: Dados da pesquisa.

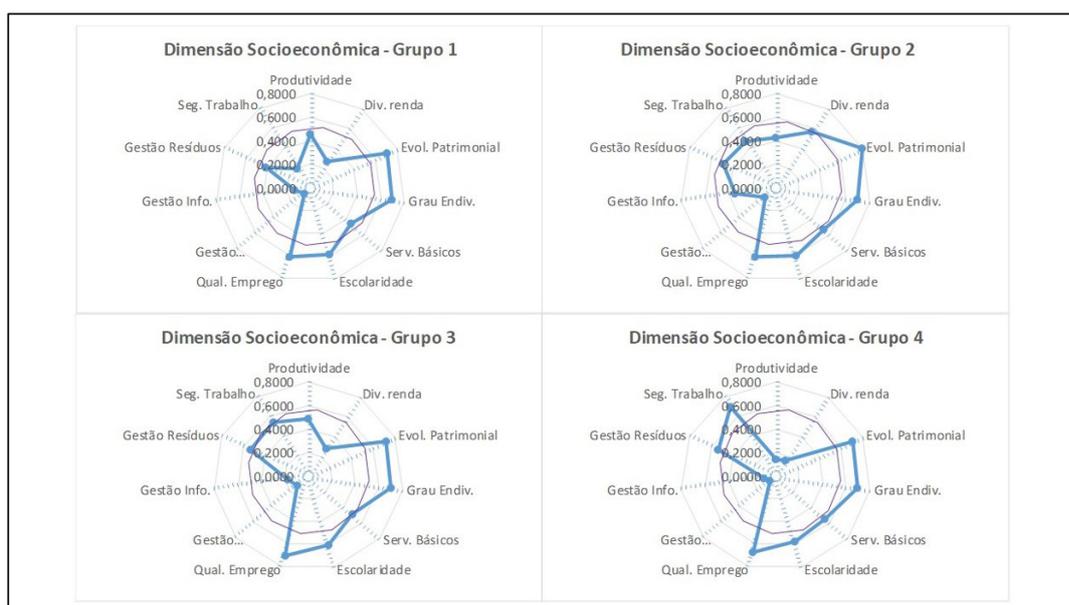
**Tabela 5** - Teste de Kruskal Wallis – Dimensão Ambiental

	Qui-quadrado	Amostras	Significância Assintótica*
Fertilidade do solo	0,627	3	0,89
Qualidade da água	4,887	3	0,18
Risco de contaminação	7,677	3	0,053
Avaliação solos degradados	2,537	3	0,469
Práticas de conservação	4,716	3	0,194
Estradas	9,308	3	0,025
Vegetação nativa	5,099	3	0,165
APPs	24,123	3	0
Reserva Legal	23,347	3	0
Diversificação da paisagem	3,583	3	0,31

\*Dados em negrito com significância menor ou igual a 5%. Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 3 apresenta a situação da dimensão socioeconômica dos grupos. Observa-se que os grupos 1 e 3 destacam-se por maiores valores no indicador Produtividade; entretanto, o grupo 3 possui valores mais altos para os indicadores de Qualidade do Emprego e Serviços Básicos, quando comparado ao grupo 1. O grupo 2 destaca-se pelos maiores valores na Gestão da Informação e Divisão da Renda, enquanto o grupo 4 possui os menores valores para os indicadores Produtividade, Gestão da Informação e Divisão da Renda.

Na Figura 4, com indicadores da dimensão ambiental, observa-se que os grupos 3 e 4 possuem características parecidas, com exceção do indicador relativo a APPs. No grupo 4, esse indicador é maior que o do grupo 3, indicando que a área de APPs é maior no grupo 4 que no grupo 3. Entretanto, esses dois grupos apresentam pontuação melhor, ou seja, são melhores que o Grupo 2 em relação aos indicadores de Reserva Legal e Diversificação da Paisagem. O Grupo 1 se destaca em relação aos demais no indicador de Práticas de Conservação.



**Figura 3** - Média dos indicadores da dimensão Socioeconômica. Fonte: Dados da pesquisa.

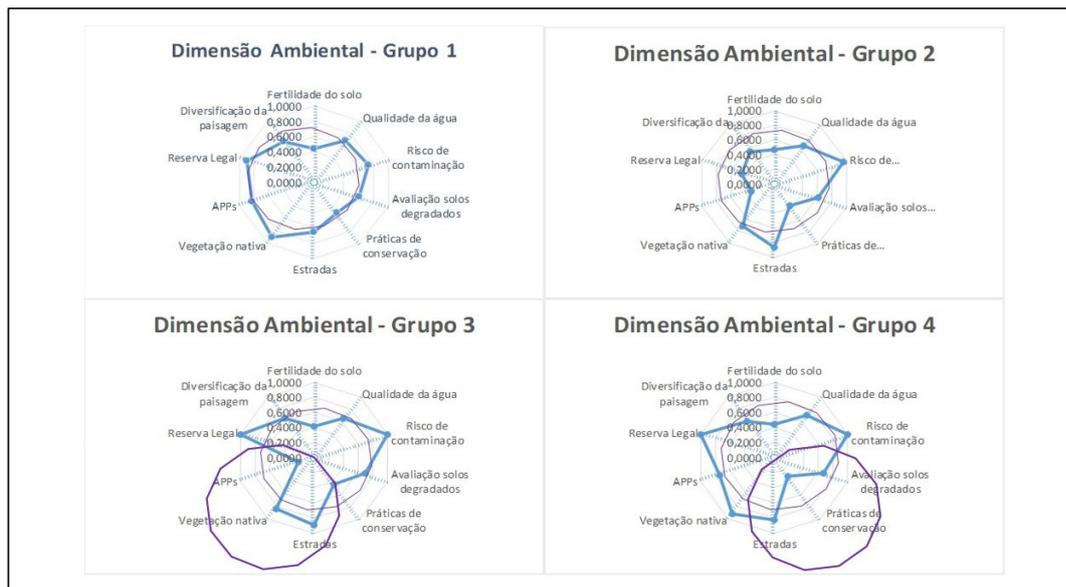


Figura 4 - Média dos indicadores da dimensão ambiental. Fonte: Dados da pesquisa.

### 4.3 Comparação entre os indicadores do ISA nos agrupamentos

A Tabela 6 descreve as características dos quatro grupos obtidos. Todas as propriedades da amostra se enquadram como agricultura familiar. Entretanto, somente o grupo 2 tem uma renda proveniente da atividade agropecuária maior que a renda obtida fora da propriedade; portanto, são os proprietários mais dependentes da atividade agropecuária. Eles ainda se destacam pela maior área média de lavouras permanentes e a maior quantidade média de cursos d'água nas propriedades.

As propriedades do grupo 4 podem ser definidas como de "subsistência", no sentido de que cultivam alimentos para atender às próprias necessidades, de suas famílias ou de sua comunidade, em pequenas propriedades, ou seja, praticam agricultura para suprimento próprio e não para fins comerciais. Esse grupo é o que possui a menor área total média e a maior diversificação de produtos agrícolas, tendo como principal diferencial a obtenção de lucros com a locação de terras para pastagem.

As famílias dos grupos 1 e 3 também não possuem uma forte dependência das atividades desenvolvidas nas propriedades. A renda bruta do empreendimento corresponde a 26,79% da renda bruta total no grupo 1, e a 11,83%, no grupo 3. Portanto, este grupo é menos dependente ainda da renda do empreendimento quando comparado ao grupo 1, apesar de possuírem propriedades com características semelhantes. Mesmo os dois grupos possuindo, como atividade principal, a pecuária de leite, o grupo 1 utiliza também a pecuária de corte como atividade de renda, utilizando uma área de pastagem um pouco menor que o grupo 3, evidenciando a atividade de corte como complemento importante na renda bruta do empreendimento.

As maiores áreas de lavoura se encontram nos grupos 1 e 2, sendo estes os grupos, juntamente com o grupo 3, os que também possuem as maiores áreas de pastagens. Verificam-se culturas para consumo familiar no grupo 1 e uma maior variedade de produtos nos grupos 2, 3 e 4, como: abacaxi, banana, cana-de-açúcar para ração bovina, feijão, milho e mandioca. Destaca-se, ainda, a criação de suínos nos grupos 3 e 4, além da presença, em todos os grupos, da criação de aves do tipo "caipira" para consumo familiar.

**Tabela 6** - Características predominantes dos quatro grupos de propriedades

Características	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Municípios	Conceição do Mato Dentro e Pedro Leopoldo	Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro e Inimutaba	Conceição do Mato Dentro e Dom Joaquim	Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro e Dom Joaquim
Área Total (média)	30,23 ha	24,07 ha	30,35 ha	14,65 ha
Idade dos proprietários (média)	56 anos	47 anos	52 anos	56 anos
Quant. Funcionários	Entre 0 e 1 funcionário	Entre 0 e 1 funcionário	Nenhum	Nenhum
Quant. de Residências (média)	1 Residência	2 Residências	1 Residência	1 Residência
Lavouras Permanentes (média)	0,4 ha	0,5 ha	0,1 ha	0,2 ha
Lavouras Temporárias (média)	0,96 ha	0,71 ha	0,31 ha	0,22 ha
Áreas de Pastagem (média)	20,19 ha	18,72 ha	21,11 ha	8,93 ha
Cultura animal predominante	Pecuária de corte e leite (principal) e aves do tipo "caipira".	Pecuária de leite (principal) e aves do tipo "caipira".	Pecuária de leite (principal), aves e suínos do tipo "caipira".	Pecuária (locação de terra), aves e suínos do tipo "caipira".
Agricultura predominante	Pomar e horta para consumo familiar	Feijão, milho e cana-de-açúcar	Banana caturra, cana-de-açúcar, cítricos e mandioca	Abacaxi, feijão, milho, cana-de-açúcar, pomar e horta para consumo familiar
Área não agrícola (média)	0,3 ha	0,7 ha	0,5 ha	0,1 ha
Vegetação Nativa (média)	7,89 ha	3,39 ha	8,23 ha	5,16 ha
Número médio de cursos d'água nos imóveis	1	2	1	1
Área de APPs (média)	3,86 ha	3,32 ha	3,81 ha	2,19 ha
Renda bruta empreendimento (média/ano)	R\$ 10.211,67	R\$ 19.877,70	R\$ 2.850,09	R\$ 805,00
Renda bruta fora empreendimento (média/ano)	R\$ 27.901,36	R\$ 15.154,20	R\$ 21.244,55	R\$ 10.058,50
Valor total médio estimado do imóvel	R\$ 546.835,00	R\$ 419.130,44	R\$ 546.529,55	R\$ 269.982,59

Fonte: Dados da Pesquisa.

Na comparação dos indicadores entre os grupos, foram analisados somente aqueles com Coeficientes de Variação menor ou igual a 30% para evitar uma dispersão de dados muito elevada e, assim, permitir ter, como medida, a média aritmética deles (Tabela 7).

Baseando-se neste critério, somente os indicadores Grau de Endividamento (GD), Serviços Básicos e Segurança Alimentar (SB), Escolaridade/Capacitação (ES) e Qualidade do Emprego Gerado (QE), na dimensão socioeconômica, e Qualidade da Água (QA), Avaliação dos Solos

**Tabela 7** - Dados estatísticos dos indicadores socioeconômicos e ambientais

	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS (2013)													ASPECTOS AMBIENTAIS (2013)										ISA	
	PD	DR	EP	GD	SB	ES	QE	GE	GI	GR	ST	FT	QA	RC	SD	PC	ED	VN	AP	RL	DP	ISA			
<b>GRUPO 1</b>																									
Mín.	0,20	0,10	0,58	0,45	0,39	0,49	0,37	0,00	0,00	0,12	0,00	0,23	0,57	0,10	0,33	0,20	0,25	0,71	0,59	0,70	0,52	0,48			
Máx.	0,75	0,55	1,00	0,63	0,50	0,69	0,70	0,14	0,40	0,83	0,47	0,69	0,76	1,00	0,70	0,93	0,83	1,00	1,00	1,00	0,84	0,61			
Méd.	0,46	0,27	0,71	0,54	0,45	0,59	0,61	0,07	0,13	0,41	0,20	0,44	0,67	0,73	0,60	0,50	0,66	0,90	0,83	0,90	0,66	0,56			
Mna	0,47	0,27	0,67	0,53	0,45	0,60	0,70	0,07	0,00	0,39	0,23	0,43	0,69	1,00	0,68	0,48	0,75	0,93	0,86	1,00	0,64	0,57			
DPd	0,22	0,17	0,15	0,07	0,04	0,08	0,15	0,05	0,21	0,24	0,18	0,15	0,08	0,42	0,15	0,25	0,23	0,10	0,19	0,15	0,13	0,05			
CV	0,49	0,62	0,21	0,12	0,09	0,14	0,24	0,63	1,55	0,58	0,91	0,33	0,11	0,57	0,25	0,50	0,35	0,11	0,23	0,17	0,20	0,08			
<b>GRUPO 2</b>																									
Mín.	0,00	0,10	0,59	0,52	0,39	0,49	0,37	0,07	0,00	0,29	0,00	0,23	0,55	0,60	0,40	0,07	0,60	0,05	0,05	0,08	0,33	0,51			
Máx.	0,95	0,97	1,00	0,89	0,67	0,74	0,70	0,29	0,75	0,63	0,70	0,91	0,79	1,00	0,70	0,62	1,00	0,97	0,71	0,70	0,76	0,64			
Méd.	0,43	0,57	0,80	0,66	0,54	0,60	0,61	0,11	0,35	0,48	0,47	0,46	0,65	0,96	0,61	0,36	0,86	0,71	0,32	0,45	0,55	0,56			
Mna	0,46	0,64	0,74	0,65	0,52	0,60	0,70	0,07	0,30	0,51	0,58	0,42	0,65	1,00	0,68	0,33	0,87	0,78	0,28	0,42	0,57	0,54			
DPd	0,29	0,25	0,15	0,11	0,09	0,07	0,15	0,07	0,31	0,11	0,27	0,19	0,06	0,13	0,12	0,16	0,14	0,29	0,24	0,22	0,13	0,04			
CV	0,68	0,44	0,19	0,16	0,17	0,11	0,25	0,61	0,88	0,23	0,58	0,41	0,10	0,13	0,19	0,44	0,16	0,41	0,73	0,50	0,24	0,07			
<b>GRUPO 3</b>																									
Mín.	0,26	0,10	0,43	0,42	0,33	0,44	0,70	0,00	0,00	0,28	0,00	0,39	0,55	1,00	0,65	0,20	0,53	0,57	0,00	1,00	0,43	0,53			
Máx.	0,70	0,48	1,00	0,68	0,59	0,75	0,70	0,43	0,80	0,77	0,70	0,48	0,71	1,00	0,78	0,93	1,00	1,00	0,63	1,00	0,82	0,65			
Méd.	0,49	0,28	0,72	0,55	0,50	0,61	0,70	0,12	0,18	0,54	0,54	0,42	0,65	1,00	0,69	0,45	0,90	0,82	0,21	1,00	0,64	0,58			
Mna	0,45	0,33	0,71	0,56	0,50	0,63	0,70	0,07	0,00	0,54	0,70	0,41	0,67	1,00	0,70	0,48	1,00	0,82	0,11	1,00	0,66	0,57			
DPd	0,14	0,15	0,15	0,08	0,08	0,09	0,00	0,14	0,27	0,17	0,25	0,03	0,04	0,00	0,05	0,22	0,17	0,16	0,24	0,00	0,14	0,04			
CV	0,29	0,54	0,21	0,14	0,15	0,15	0,00	1,10	1,51	0,31	0,46	0,07	0,07	0,00	0,07	0,50	0,19	0,19	1,14	0,00	0,22	0,07			
<b>GRUPO 4</b>																									
Mín.	0,00	0,10	0,00	0,26	0,39	0,49	0,37	0,00	0,00	0,28	0,70	0,38	0,49	1,00	0,52	0,20	0,70	0,74	0,41	1,00	0,53	0,54			
Máx.	0,45	0,60	1,00	0,73	0,72	0,75	0,70	0,14	0,40	0,83	0,70	0,50	0,79	1,00	0,78	0,53	0,98	1,00	1,00	1,00	0,73	0,64			
Méd.	0,15	0,15	0,71	0,51	0,55	0,58	0,67	0,06	0,10	0,54	0,70	0,43	0,70	1,00	0,67	0,31	0,83	0,90	0,74	1,00	0,60	0,59			
Mna	0,00	0,10	0,79	0,53	0,56	0,60	0,70	0,07	0,00	0,56	0,70	0,44	0,73	1,00	0,70	0,27	0,83	0,89	0,76	1,00	0,59	0,60			
DPd	0,20	0,14	0,31	0,12	0,11	0,08	0,10	0,05	0,16	0,16	0,00	0,04	0,08	0,00	0,07	0,13	0,11	0,09	0,17	0,00	0,05	0,03			
CV	1,31	0,93	0,44	0,24	0,20	0,14	0,14	0,86	1,60	0,31	0,00	0,09	0,12	0,00	0,11	0,42	0,13	0,10	0,23	0,00	0,08	0,05			

PD: Produtividade. DR: Diversificação da Renda. EP: Evolução Patrimonial. GD: Grau de Endividamento. SB: Serviços. Básicos e Seg. Alimentar. ES: Escolaridade Capacitação. QE: Qualidade do Emprego Gerado. GE: Gestão do Empreendimento. GI: Gestão da Informação. GR: Gerenciamento de Resíduos. ST: Segurança do Trabalho. FT: Fertilidade do Solo. QA: Qualidade da Água. RC: Risco de Contaminação. SD: Avaliação Solos Degradados. PC: Práticas de Conservação. ED: Estradas. VN: Vegetação Nativa. AP: APPs. RL: Reserva Legal. DP: Diversificação da Paisagem. ISA: Índice Geral ISA. Fonte: Dados da Pesquisa. Elaboração própria.

Degradados (SD), Estradas (ED) e Diversificação da Paisagem (DP), na dimensão ambiental, atingiram valores de coeficiente de variação menores que 30%.

Os indicadores que tiveram os valores mais baixos na dimensão socioeconômica estão isolados nos grupos 1 e 4, sendo estes: Serviços Básicos e Qualidade do Emprego, no grupo 1, e Grau de Endividamento e Escolaridade, no grupo 4. Na dimensão ambiental, também existe a concentração dos indicadores em dois grupos: Qualidade da Água e Diversificação da Paisagem, no grupo 2, e Solos Degradados e Estradas, no grupo 1.

A maior quantidade de indicadores com melhor desempenho nas duas dimensões está no grupo 3 e com pior desempenho está no grupo 1. Comparando as características desses grupos, verifica-se que são muito parecidos em relação à área total média das propriedades. Entretanto, possuem características notadamente diferentes em relação a área média de lavouras, áreas de pastagens e renda bruta gerada no empreendimento, havendo um maior aproveitamento produtivo da terra no grupo 1, em relação ao grupo 3. Porém, ao analisar o valor do ISA, percebe-se que o grupo 3 possui valor maior que os grupos 1 e 2, ficando somente atrás do grupo 4.

Assim, considerando a análise das duas dimensões, o grupo 4 é aquele que, na dimensão ambiental, contém a maior quantidade de indicadores com valores a partir de 70%. Com isso, contribui com o maior valor médio do ISA. Porém, verifica-se também que os grupos 1 e 2 possuem características produtivas maiores que os grupos 3 e 4, ou seja, utilizam os recursos da terra de forma mais intensa, gerando uma maior degradação ambiental e fazendo com que os indicadores ISA, nesses grupos, sejam os menores.

Embora o grupo pesquisado indique essa relação inversa entre os indicadores socioeconômicos e ambientais, essa não é necessariamente uma regra. Slatmo et al. (2017) avaliaram três estudos com indicadores de sustentabilidade diferentes, utilizados em populações distintas. Em um deles, não se observou nenhuma relação entre os indicadores socioeconômicos e ambientais, portanto os autores concluíram que “é possível ter uma boa sustentabilidade econômica, preservando a qualidade do meio ambiente”. Por outro lado, nos outros dois estudos, a sustentabilidade econômica foi obtida com o comprometimento da sustentabilidade ambiental.

Esses estudos indicam possíveis *trade-offs* entre as sustentabilidades ecológica, econômica e social. Ou seja, melhorias na sustentabilidade ecológica poderiam causar reduções na sustentabilidade econômica e/ou social. Entretanto, somente obtendo informações acerca da realidade e das particularidades das comunidades rurais, é que será possível compreender melhor a existência e a dinâmica desses possíveis *trade-offs*.

Observa-se também que, com exceção do grupo 2, a renda fora da propriedade é maior que a renda no empreendimento. Segundo Schneider (2001), essa combinação permanente de atividades agrícolas e não agrícolas, em uma mesma família, é que caracteriza e define a pluriatividade. A pluriatividade pode ainda adquirir significados diversos e servir para satisfazer projetos coletivos ou como resposta às decisões individuais. Nesse caso, variáveis externas à unidade familiar, como o mercado de trabalho e a infraestrutura disponível, entre outras, são fatores determinantes da evolução e das tendências de tal fenômeno.

Schneider (2001) também coloca que a contribuição da pluriatividade para a manutenção da propriedade e para a sustentabilidade econômica é, de fato, fundamental para estas famílias, pois a grande maioria dos pluriativos declarou que fornecem “algum tipo de ajuda” nas atividades dentro da propriedade, sendo que a maior parte destas ajudas é realizada em caráter regular.

Por fim, observa-se que os grupos 1 e 2 são os mais produtivos, principalmente na atividade de pecuária, enquanto os grupos 3 e 4 possuem propriedades que se dedicam mais a agricultura

e pecuária familiar, com foco na produção de alimentos e insumos para seu próprio consumo, sem intenção de ter a propriedade como a principal geradora de renda para os proprietários.

#### 4.4 Evolução dos indicadores socioeconômicos, ambientais e ISA, entre 2013 e 2016

Para verificar a existência de diferenças nos 21 indicadores socioeconômicos e ambientais das 24 propriedades analisadas em 2013 e reanalisadas em 2016, aplicou-se o teste de Wilcoxon para amostras emparelhadas, fazendo a comparação um a um de cada um desses indicadores. Os indicadores socioeconômicos que apresentaram melhora no desempenho foram: Produtividade (PD), Serviços Básicos e Segurança Alimentar (SB), Gestão do Empreendimento (GE) e Gestão da Informação (GI), conforme a Tabela 8.

**Tabela 8** - Teste de Wilcoxon para indicadores socioeconômicos 2013- 2016

	PD		SB		GE		GI	
	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016
Média	0,3555	0,6587	0,5228	0,6959	0,0960	0,4186	0,1850	0,3625
Z	-3,665 <sup>b</sup>		-4,108 <sup>b</sup>		-3,953 <sup>b</sup>		-2,916 <sup>b</sup>	
Sig. Assint. (2 caudas)	0,000		0,000		0,000		0,004	

PD: Produtividade; SB: Serviços Básicos e Segurança Alimentar; GE: Gestão do conhecimento; GI: Gestão da Informação. b. Com base em postos positivos. c. Com base em postos negativos. Fonte: Dados da pesquisa.

Já na dimensão ambiental, os indicadores que apresentaram diferenças com significância estatística de 5% foram: Práticas de Conservação (PC), Estradas (ED), Reserva Legal (RL) e Diversificação da Paisagem (DP) (Tabela 9).

**Tabela 9** - Teste de Wilcoxon para indicadores ambientais 2013- 2016

	PC		ED		RL		DP	
	2013	2016	2013	2016	2013	2016	2013	2016
Média	0,3977	0,4843	0,8092	0,9021	0,8401	0,9207	0,5927	0,7166
Z	-2,156 <sup>c</sup>		-2,795 <sup>c</sup>		-2,023 <sup>c</sup>		-3,741 <sup>c</sup>	
Sig. Assint. (2 caudas)	0,031		0,005		0,043		0,000	

PC: Práticas de Conservação; ED: Estradas; RL: Reserva Legal; DP: Diversificação da Paisagem. b. Com base em postos positivos. c. Com base em postos negativos. Fonte: Dados da Pesquisa.

O indicador do ISA, com média de 0,5538 em 2013 e 0,6475 em 2016, também apresentou melhora, utilizando o teste de Wilcoxon ( $Z = -4,111$ ; Sig. Assint. 2 caudas = 0,000). Nota-se, portanto, que, em todos os indicadores apresentados, houve melhora na reavaliação de 2013 para 2016, nas 24 propriedades estudadas, tanto nos indicadores socioeconômicos como também nos ambientais, além da evolução no indicador geral do ISA. Assim, as ações sugeridas, quando adequadamente implementadas, geraram um retorno positivo no índice de sustentabilidade.

## 5. CONCLUSÕES

O presente trabalho objetivou avaliar a sustentabilidade de propriedades rurais em municípios de Minas Gerais, por meio da aplicação do método ISA. As informações coletadas com a planilha ISA permitiram uma caracterização do conjunto das 39 propriedades assim

como uma classificação em quatro grupos distintos. O valor médio do ISA para as propriedades foi de 0,57, abaixo do valor de 0,70, que é considerado ideal, sendo esse conjunto classificado como em estado de desenvolvimento.

O grupo 2 foi composto pelas propriedades com renda proveniente majoritariamente da atividade leiteira. Os demais grupos têm, como principal fonte de renda, recursos provenientes de fora da propriedade, sendo o grupo 4 o que mais se caracteriza como propriedades de subsistência e com maior valor de ISA. As atividades produtivas do grupo 3 se assemelham às do grupo 4, entretanto o tamanho e o valor da propriedade se assemelham aos dos grupos 1 e 2. O grupo 1 possui 26,8% da renda proveniente da atividade na propriedade e, entre os três grupos, é o grupo com maior capacidade para se tornar sustentável economicamente a partir das atividades desenvolvidas na propriedade.

Quanto à sustentabilidade econômica, pode-se observar que a pluriatividade tem um papel importante na dimensão socioeconômica das propriedades e ainda contribui diretamente no processo produtivo, trazendo informações adquiridas em atividades externas que são importantes para a gestão do empreendimento. Assim, reforça-se a ideia de que a pluriatividade se revela uma estratégia das famílias rurais para viabilizar a manutenção da propriedade e para a agregação do grupo doméstico.

A análise dos indicadores também apontou possíveis *trade-offs* entre as sustentabilidades ecológica, econômica e social. Entretanto, somente obtendo informações acerca da realidade e das particularidades das comunidades rurais, é que será possível compreender melhor a existência e a dinâmica desses possíveis *trade-offs*. Este é um aspecto a ser abordado em trabalhos futuros, com esse conjunto de propriedades ou em outras situações.

Os indicadores possibilitaram ainda um diagnóstico da situação dos agroecossistemas em dois momentos, demonstrando que, ao passo que as ações sugeridas são implementadas, pode-se verificar que o retorno do capital investido e os investimentos em produtividade melhoram os valores dos indicadores.

Os resultados das análises destacam também a importância do uso de indicadores de sustentabilidade voltados para as propriedades rurais, com o intuito de contribuir com melhores práticas de preservação do meio ambiente e com a adoção de práticas sustentáveis nas atividades rurais.

Portanto, verifica-se que os indicadores de sustentabilidade possibilitam avaliar a viabilidade de um sistema produtivo, apontando possibilidades de diminuição dos impactos ambientais e contribuindo para a recuperação e proteção do meio ambiente. Além disso, geram uma série de informações úteis para auxiliar o gestor público na elaboração e no monitoramento de programas específicos de intervenção em áreas ou situações problemáticas.

## REFERÊNCIAS

- Altieri, M. A., & Nichols, C. I. (2000). *Agroecologia: teoria y aplicaciones para una agricultura sustentable*. Berkeley: PNUMA.
- Astier, M., Masera, O. R., & Gálvan-Miyoshi, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad: un enfoque dinámico y multidimensional*. Valencia: Sociedad Española de Agricultura Ecológica.
- Bertocchi, M., Demartini, E., & Marescotti, M. E. (2016). Ranking farms using quantitative indicators of sustainability: the 4Agro method. *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, 223, 726-732.
- Bianco, A. (2016). Green jobs and policy measures for a sustainable agriculture. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8, 346-352.

- Borlachenco, N. G. C., & Gonçalves, A. B. (2017). Expansão agrícola: elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. *Interações*, 18(1), 119-128.
- Braga, T. M., & Freitas, A. P. G. (2002). Índice de Sustentabilidade Local : uma avaliação da sustentabilidade dos municípios do entorno do Parque Estadual do Rio Doce (MG). *WORLD (Oakland, Calif.)*, 13, 1-16.
- Camargo, O. A., & Alleoni, L. R. F. (1997). *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: ESALQ.
- Deponti, C. M., Eckert, C., & Azambuja, J. L. B. (2002). Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, 3(4), 44-52.
- Diazabakana, A., Latruffe, L., Bockstaller, C., Desjeux, Y., Finn, J., Kelly, E., Ryan, M., & Uthes, S. (2014). *A review of farm level indicators of sustainability with a focus on cap and fadn*. FLINT project. Recuperado em 27 de agosto de 2022, de [https://www.flint-fp7.eu/downloads/reports/FLINT%20WP1%20\\_D1\\_2.pdf](https://www.flint-fp7.eu/downloads/reports/FLINT%20WP1%20_D1_2.pdf)
- Dogliotti, S., Garcia, M. C., Peluffo, P. J., Dieste, A. J., Pedemonte, G. F., Bacigalupe, M., Scarlato, F., Alliaume, F., Alvarez, J., Chiappe, M., & Rossing, W. A. H. (2014). Co-innovation of family farm systems: a systems approach to sustainable agriculture. *Agricultural Systems*, 126, 76-86.
- Engler, M. (2022). Recuperado em 18 de novembro de 2022, de [https://www.esalqjrflorestal.org.br/post/sistemas-agroflorestais-o-que-voc%C3%AA-precisa-saber-sobre-esta-forma-de-policultivo#:~:text=Os%20Sistemas%20Agroflorestais%20\(SAFs\)%20s%C3%A3o,assim%20benef%C3%ADcios%20econ%C3%B4micos%20e%20ecol%C3%B3gicos](https://www.esalqjrflorestal.org.br/post/sistemas-agroflorestais-o-que-voc%C3%AA-precisa-saber-sobre-esta-forma-de-policultivo#:~:text=Os%20Sistemas%20Agroflorestais%20(SAFs)%20s%C3%A3o,assim%20benef%C3%ADcios%20econ%C3%B4micos%20e%20ecol%C3%B3gicos)
- Ferreira, J. M. L., Viana, J. H. M., da Costa, A. M., Sousa, D., & Fontes, A. A. (2012). Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. *Informe Agropecuário (Belo Horizonte)*, 33, 12-25.
- Ferreira, J. M., & Silva, P. D. O. (2019). *Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas*. Viçosa: CEAD, 2019.
- García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos : una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-137.
- Gliessman, S. R. (2009). *Agroecologia: Processos ecológicos em agricultura sustentável*. (4. ed.). Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Governo de Minas Gerais. (2021). *Regiões de Minas Gerais, Belo Horizonte*. Recuperado em 9 de fevereiro de 2022, de <https://www.mg.gov.br/pagina/geografia>
- Guimarães, R. P., & Feichas, S. A. Q. (2009). Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. *Ambiente & Sociedade*, 12(2), 307-323.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Andreson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Multivariate data analysis*. London: Bookman.
- Humberto, T., Ferreira, R. G., Marzaroli, J., & Gutiérrez, R. (2012). Indicadores de sustentabilidad para la producción lechera familiar en Uruguay: análisis de tres casos. *Agrociencia Uruguay*, 16(1), 166-176.
- Iori, P., Dias Júnior, M. S. D., & Silva, R. B. (2012). Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente. *Bioscience Journal*, 28(1), 185-195.
- Kurka, T., & Blackwood, D. (2013). Participatory selection of sustainability criteria and indicators for bioenergy developments. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 24, 92-102.

- Lankoskia, J., & Thiem, A. (2020). Linkages between agricultural policies, productivity and environmental sustainability. *Ecological Economics*, 178, 106809.
- Lattin, J. M., Carrol, J., & Green, P. E. (2011). *Análise de dados multivariados*. São Paulo: Cengage Learning.
- Martins, S. R., Casalinho, H., & Silva, J. (2007). Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Agrociencia*, 13(2), 195-203.
- Marzall, K., & Almeida, J. (2000). Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 17(1), 41-59.
- Mili, S., & Martínez-Veja, J. (2019). Accounting for regional heterogeneity of agricultural sustainability in Spain. *Sustainability*, 11(2), 299.
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4-13.
- Poppe, K., Vrolijk, H., Dolman, M., & Silvis, H. (2016). FLINT – Farm-level Indicators for New Topics in policy evaluation: an introduction. *Studies in Agricultural Economics (Budapest)*, 118(3), 116-122.
- Rasmussen, L. V., Bierbaum, R., & Oldekop, J. A. (2017). Bridging the practitioner-researcher divide: Indicators to track environmental, economic, and sociocultural sustainability of agricultural commodity production. *Global Environmental Change*, 42, 33-46.
- Schneider, S. (2001). A pluriatividade como estratégia de reprodução social da agricultura familiar no Sul do Brasil. *Estudos Sociedade e Agricultura*, 16, 164-184.
- Silva, C. L., & Souza-Lima, J. E. (2010). *Políticas públicas e indicadores para o desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Saraiva.
- Slatmo, E., Fischer, K., & Roos, E. (2017). The framing of sustainability in sustainability assessment frameworks for agriculture. *Journal of the European Society for Rural Sociology*, 57(3)
- Vezzani, F. M., & Mielniczuk, J. (2009). Uma visão sobre qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33(4), 743-755.
- Xavier, A., Freitas, M. D. B. C., Fragoso, R., & do Socorro Rosário, M. (2018). A regional composite indicator for analysing agricultural sustainability in Portugal: a goal programming approach. *Ecological Indicators*, 89, 84-100.
- Yao, R. J., Yang, J. S., Zhang, T. J., & Gao, P. (2013). Short-term effect of cultivation and crop rotation systems on soil quality indicators in a coastal newly reclaimed farming area. *Journal of Soils and Sediments*, 13(8), 1335-1350.
- Zhang, X. H., Rong, Z., Jun, W., Yanzhong, Z., Lili, L., Shihuai, D., Li, L., Gang, Y., Xiaoyu, Y., Hui, Q., & Hong, P. (2016). An emergy evaluation of the sustainability of Chinese crop production system during 2000-2010. *Ecological Indicators*, 60, 622-633.

**Recebido:** Fevereiro 09, 2022

**Aceito:** Agosto 27, 2022

**JEL Classification:** Q56